



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL
ESTADO DE MÉXICO



FACULTAD DE ECONOMÍA

“MODELO DE SIMULACIÓN MONTECARLO PARA LA DETERMINACIÓN
DEL LÍMITE MÁXIMO DE RETENCIÓN EN LA OPERACIÓN DE
SEGUROS VIDA GRUPO”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
LICENCIADO EN ACTUARÍA

PRESENTAN:

JOSÉ JUAN BASTIDA DÍAZ

ALINA JAZMÍN CASTRO DELGADO

ASESOR:

M. EN E. MA. LUISA HERNÁNDEZ MARTÍNEZ

REVISORES:

DR. EN A. OSWALDO GARCÍA SALGADO

M. EN E. FÉLIX HÉCTOR ALCÁNTARA CRUZ

Agradecimiento

A mi papá y mi mamá por todo su cariño, apoyo incondicional, por sus sacrificios y esfuerzos constantes, por compartir conmigo tristezas, alegrías, éxitos y fracasos, por creer en mí, porque gracias a sus consejos logré titularme, sin ustedes nada de esto hubiera sido posible.

A mi tía Rita por todo el cariño, apoyo, consejos y motivación que me has brindado desde que era muy pequeño, gracias por todos esos fines de semana de aventuras junto con mi tío Pancho y mis primas Dani y Caro.

A mi tío Pedro por todos tus consejos, y libros que me has recomendado me son de gran utilidad para ir alcanzando cada uno de mis logros personales y profesionales.

A Mamá Toña gracias por todo tu cariño, cuidados, regaños y consejos que me diste, fuiste de mis principales inspiraciones para terminar este proceso, te extraño mucho.

A Alina por todo tu cariño apoyo y momentos inolvidables que he pasado a tu lado; por ti quiero ser mejor cada día.

A toda mi familia y amigos que han compartido conmigo grandes momentos, les dedico este logro.

José Juan

Agradecimiento

Ustedes son los cimientos de mi desarrollo, todos y cada uno de ustedes: mamá, papá, hermana, abuela, tíos, tías y primos, han destinado tiempo para enseñarme nuevas cosas, para brindarme aportes invaluableles que servirán para toda mi vida. Especialmente estuvieron presentes en la evolución y posterior desarrollo total de mi tesis, les agradezco con creces. Los quiero mucho.

A José Juan por ser mi compañero de vida... sin ti esto no sería posible. Mi más profundo amor hacia ti.

A mí querida maestra Ma. Luisa por su apoyo total, paciencia y guía.

A Dios gracias por darme salud, fuerza y fe. Por rodearme de las mejores personas con quienes disfruto la vida.

A mi Universidad, mi casa por tantos años, gracias por todo lo brindado.

Gracias a la vida por este nuevo triunfo.

Con cariño, Alina

Contenido

	Pág.
Introducción.....	7
<u>Capítulo 1. Marco teórico conceptual</u>	
1.1 Riesgo.....	11
1.2 El Seguro.....	12
1.2.1 Tipos de operaciones de seguros.....	12
1.3 Seguro de Vida.....	13
1.3.1 Clasificación de los seguros de vida en función de la finalidad del seguro de vida.....	13
1.3.2 Clasificación de los seguros de vida en función a la cantidad de asegurados cubiertos en la póliza.....	18
1.3.3 Antecedentes del seguro Vida Grupo.....	19
1.4 Principios generales del seguro de vida grupo.....	20
1.4.1 Grupos asegurables.....	21
1.5 Tipos de primas.....	23
1.6 Capital mínimo de garantía.....	26
1.7 Requerimiento bruto de solvencia.....	29
1.8 Reserva Técnica.....	31
1.9 Solvencia.....	33
1.10 Límites máximos de retención.....	34
1.10.1 Métodos Determinísticos.....	35
1.10.2 Fundamento legal de los límites máximos de retención.....	36
1.11 Reaseguro.....	41
1.11.1 Clasificación de los tipos de Reaseguro más comunes.....	42
1.11.2 Combinaciones de facultativo y no facultativo.....	43
1.11.3 Contratos Proporcionales.....	43
1.11.4 Contratos de Reaseguro No Proporcional.....	48
1.12 Simulación.....	53
1.12.1 Simulación Montecarlo.....	56
1.12.2 Aplicaciones del método.....	58

1.12.3 Análisis por medio de simulación Montecarlo.....	59
---	----

Capítulo 2. Análisis estadístico para la construcción del modelo de simulación Montecarlo para la determinación del límite máximo de retención en la operación de seguros de vida grupo

2.1 Particularidades del seguro de Grupo.....	65
2.2 Análisis de la base de datos de la cartera de clientes para el desarrollo del modelo.....	66
2.3 Obtención de la base de datos.....	68
2.4 Características generales de los clientes de la cartera.....	68
2.5 Elementos necesarios para el análisis estadístico de la base de datos.....	70
2.6 Medidas de tendencia central.....	71
2.6.1 Media Aritmética.....	71
2.6.2 Mediana.....	72
2.6.3 Moda.....	72
2.6.4 Cuartiles, deciles y percentiles.....	73
2.7 Medidas de dispersión.....	73
2.7.1 Rango.....	74
2.7.2 Desviación media.....	74
2.7.3 Varianza.....	75
2.7.4 Desviación Estándar.....	75
2.7.5 Coeficiente de Variación.....	76
2.7.6 Curtosis.....	77
2.8 Análisis estadístico de la edad.....	78
2.9 Análisis estadístico de la suma asegurada.....	80
2.10 Análisis estadístico de la prima anual.....	82
2.11 Análisis de Asegurados.....	84

Capítulo 3. Metodología del modelo de simulación Montecarlo para la determinación del límite máximo de retención en la operación de seguros vida grupo

3.1 Explicación general de los elementos necesarios para el desarrollo de las macros.....	93
3.2 Hoja de Trabajo “Base de Datos”	94
3.3 Hoja de trabajo “Simulador”	104
3.4 Hoja de trabajo “Escenarios”	113
3.5 Hoja de trabajo “Tabla 2000-G”	114
3.6 Hoja de trabajo “RBS” (Requerimiento Bruto de Solvencia).....	116

Capítulo 4. Resultados e interpretación de la simulación Montecarlo

4.1 Escenario: Sin límite de retención.....	121
4.2 Escenario: Límite de retención de \$500,000 mxn.....	123
4.3 Escenario: Límite de retención de \$750,000 mxn.....	125
4.4 Escenario: Límite de retención de \$1, 000,000 mxn.....	127
4.5 Escenario: Límite de retención de \$2, 000,000 mxn.....	129
4.6 Escenario: Límite de retención de \$3, 000,000 mxn.....	131
4.7 Escenario: Límite de retención de \$4, 000,000 mxn.....	133
4.8 Escenario: Límite de retención de \$5, 000,000 mxn.....	135
4.9 Escenario: Límite de retención de \$10, 000,000 mxn.....	137
4.10 Análisis general de los resultados obtenidos de la simulación.....	139
4.11 Análisis estadístico de los resultados de la Simulación Montecarlo.....	149

Conclusiones de la aplicación del método de simulación Montecarlo.....	175
Anexos.....	178
Referencias.....	207

INTRODUCCIÓN

En el entorno de la globalización e integración de las redes financieras, se hacen evidentes los grandes retos financieros resultantes, es por ello que a lo largo de la historia se han implementado diversos mecanismos para tratar de reducir los riesgos inherentes a las operaciones financieras.

Actualmente tanto las personas como las empresas estamos interactuando en un mundo de incertidumbre gobernada por una situación general de desconocimiento futuro, mundo en el que debemos realizar inversiones financieras para obtener rentabilidades de forma que justifique el riesgo tomado.

Enfocándonos en las empresas financieras, particularmente en las aseguradoras, están expuestas a diferentes riesgos como falta de homogeneidad en las sumas aseguradas, epidemias, la reducción y aumento de las tasas de interés, a los rendimientos bajos de los mercados financieros, malos negocios, inadecuada supervisión, violación a la normas prudenciales, el fraude, los ajustes estructurales en la economía, errores en la política macroeconómica, inestabilidad macroeconómica, sistemas de control inadecuados, fallas operacionales, entre otros.

A raíz de los riesgos antes mencionados surge la Administración de Riesgos como una disciplina sofisticada y en continua evolución, que se ocupa de los procesos que tienen lugar, primordialmente, en el seno de las instituciones financieras, pero que conlleva implicaciones generales en la economía. La selección y evaluación de portafolios es uno de los tópicos de su estudio. (Besley, 2009)

La necesidad de controlar, medir y cuantificar los riesgos que las aseguradoras asumen es un factor determinante ya que al ocurrir algún siniestro de gran magnitud podría costar la continuidad de la empresa en el mercado.

En la presente tesis se expone una propuesta de modelo de simulación para calcular los límites máximos de retención por riesgo de la operación de seguro vida grupo con el

propósito de maximizar la retención para este sub-ramo sin poner en riesgo la estabilidad financiera de la aseguradora.

La razón por la cual se optó por realizar un método probabilístico es debido a que el modelo de simulación a desarrollar tomó en cuenta cada uno de los registros, cuestión que un método determinístico (fórmula matemática) no lo hace ya que toma la cartera completa, por lo tanto un método probabilístico tiende a dar un resultado más cercano a la realidad.

El modelo es de gran utilidad para los profesionales del área técnica de seguros ya que con éste se puede obtener un límite máximo de retención más cercano al óptimo. Es así que el cálculo que se realizó en la tesis se centró en la determinación de un modelo probabilístico que ayude a las empresas aseguradoras a determinar su límite de retención para garantizar con un alto grado de confiabilidad su solvencia financiera.

La importancia de esta investigación radica en que propone al área técnica de las aseguradoras, una herramienta para la toma de decisiones respecto al cálculo de los límites de retención que cada aseguradora pueda considerar al realizar los productos de seguros que ofrecen al mercado.

Se aplicó la simulación Montecarlo para determinar el riesgo mediante el comportamiento de la distribución de cada una de las premisas que conforman la cartera de clientes, así como su comportamiento en forma conjunta al momento de conformar el modelo.

El objetivo general es construir un modelo de simulación para encontrar un límite de retención para la operación de seguros vida grupo tal que, ante un escenario adverso de ocurrencia de siniestros debido a la falta de homogeneidad en las sumas aseguradas en una cartera de riesgos del mismo tipo, asegure en un alto grado de confiabilidad la solvencia de la empresa. Mientras los objetivos secundarios son: a) Determinar el monto total de suma asegurada que la compañía tiene en riesgo en el seguro de vida grupo. b) Determinar límites de retención de diferentes escenarios de

tolerancia al riesgo. c) Conocer el impacto que causarán la elección de cada límite de retención. d) Proponer ideas y soluciones para disminuir la severidad de los riesgos tomados por la compañía aseguradora.

La hipótesis planteada en este trabajo es la siguiente: “El cálculo del límite máximo de retención para la operación de seguros de vida grupo a través de un modelo de simulación Montecarlo puede asegurar un alto grado de confiabilidad de que, no se producirán pérdidas mayores a las que puede afrontar una compañía de seguros.”

La metodología que se utilizó inicia con una revisión a la literatura para identificar los principales conceptos sobre seguros, reaseguros, límites de retención, medidas de tendencia central para la realización del análisis estadístico y enfoque y aplicaciones de modelo Montecarlo.

Una vez recopilada la información para la comprensión y análisis de la base de datos que se ocupó para el desarrollo del modelo, se depuró la base validando las variables de estudio y comprobando su confiabilidad. Se buscó la optimización del modelo planteado mediante la técnica de optimización basada en simulación Montecarlo.

Apoyados en ésta técnica, se demuestra que se puede construir un modelo de simulación para encontrar el límite de retención tal que asegure con un alto grado de confiabilidad la solvencia de la empresa. Los paquetes de software a utilizar son hojas electrónicas en Microsoft Excel y programación basada en Visual Basic para el desarrollo del modelo.

El contenido de ésta investigación se encuentra dividido en cuatro capítulos y una sección de conclusiones. En el capítulo uno, se desarrolló el marco teórico que está compuesto por conceptos y definiciones necesarios para el desarrollo y comprensión del modelo. En el capítulo dos, se abordó el análisis estadístico para la revisión en la construcción del modelo de límite máximo de retención del seguro de vida grupo. En capítulo tres se analizó la metodología planteada en la exposición del modelo de simulación Montecarlo, esto abarca desde la construcción de la base de datos, el

proceso de la utilización de la macro para obtener las simulaciones, la tabla de mortalidad usada para las fórmulas que se aplicaron al modelo, y la obtención del requerimiento bruto de solvencia. En el capítulo cuarto, se muestran los resultados de las simulaciones para cada uno de los escenarios, es decir, para cada límite de retención propuesto. Para finalizar se llevó a cabo la discusión de los principales resultados y se puntualizaron las conclusiones de la investigación.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

El marco teórico que fundamenta ésta investigación proporcionará al lector una idea más clara acerca de este tema. Se encontrarán los conceptos muy básicos, los complementarios y específicos.

1.1 Riesgo

La palabra riesgo proviene del latín “*risicare*” que significa “atreverse”. En finanzas, el concepto de riesgo está relacionado con la posibilidad de que ocurra un evento que se traduzca en pérdidas para los principiantes en los mercados financieros, como pueden ser inversionistas, deudores o entidades financieras (aseguradoras). (Aventín, 2012).

El riesgo es producto de la incertidumbre que existe sobre el valor de los activos financieros, ante movimientos adversos de los factores que determinan su precio; a mayor incertidumbre mayor riesgo. Lara Haro (2005) considera que dentro de las operaciones financieras existen diferentes naturalezas de riesgos, como son el riesgo de mercado, riesgo de crédito, riesgo de liquidez, riesgo legal, riesgo operativo y riesgo de reputación.

Para ésta investigación el tipo de riesgo que se consideró es el riesgo operacional debido a que puede ser el ocasionado por errores y/o fallos en los sistemas informáticos, pérdidas irreversibles o temporales de información, errores en las transacciones y los procesos, en los empleados, fallos de control y supervisión, etc.; y también riesgo de liquidez que es el producido por el desfase entre el grado de exigibilidad de los pasivos que tiene la empresa y el grado de realización de los activos.

1.2 El Seguro

El seguro es un medio para la cobertura de los riesgos transferidos a una aseguradora que se va a encargar de garantizar o indemnizar todo o parte del perjuicio producido por la aparición de determinadas situaciones accidentales. (Fundación Mapfre, 2015).

Es un contrato a través del cual el asegurador se obliga, mediante el cobro de una prima, a indemnizar dentro de los límites pactados, el daño producido al asegurado cuando ocurra un siniestro sobre los riesgos objeto de cobertura de dicho seguro. (Gran Rico, 2015)

También se considera como un contrato por medio del cual la empresa aseguradora, recibe el pago de una prima y se obliga a relevar al asegurado, en los términos convenidos, de las consecuencias de un evento dañoso e incierto; la prestación de la aseguradora consiste en resarcir el daño o pagar una suma de dinero dice el artículo 1° de la Ley sobre el Contrato de Seguro. (Quálitas, 2015).

1.2.1 Tipos de operaciones de seguros

Los tipos de operaciones de seguros según el artículo 7° de la Ley General de Instituciones y Sociedades Mutualistas de Seguros son los siguientes:

- | | |
|--|---|
| I.- Vida; | a).- Responsabilidad civil y riesgos profesionales; |
| II.- Accidentes y enfermedades, en alguno o algunos de los ramos siguientes: | b).- Marítimo y transportes; |
| a).- Accidentes personales; | c).- Incendio; |
| b).- Gastos médicos; y | d).- Agrícola y de animales; |
| c).- Salud; | e).- Automóviles; |
| III.- Daños, en alguno o algunos de los ramos siguientes: | f).- Crédito; |
| | g).- Crédito a la vivienda; |
| | h).- Garantía financiera; |
| | i).- Diversos; |

- | | |
|---|--|
| j).- Terremoto y otros riesgos catastróficos, y | Público, conforme a lo dispuesto por el artículo 9o.de la ley general de |
| k).- Los especiales que declare la Secretaría de Hacienda y Crédito | instituciones y sociedades mutualistas de seguro. |

1.3 Seguro de Vida

Es uno de los tipos del seguro para personas en el que el pago por el asegurador de la cantidad estipulada en el contrato se hace depender del fallecimiento o supervivencia del asegurado en una época determinada. (Fundación Mapfre, 2015).

Citando a Gustavo Alexi Osorio (Manual Básico del Seguro, 2003), otra definición de Seguro de Vida es:

“Contrato mediante el cual una parte (el contratante), se compromete a pagar en uno o varios pagos un monto determinado (prima) y la otra parte (el asegurador) se compromete a pagar a la o las designadas por el contratante (beneficiarios), en uno o varios pagos, el importe convenido (la suma asegurada) siempre que, en el plazo convenido (duración del seguro), ocurra sobre la vida asegurada o las eventualidades (riesgos cubiertos) señaladas en el contrato.”

1.3.1 Clasificación de los seguros de vida en función de la finalidad (Bowers, 1997):

a) Seguro de vida completo: La compañía de seguros pagará la suma asegurada a los beneficiarios cuando la muerte del asegurado ocurra. La fórmula del valor presente esperado, valor presente actuarial o prima neta única es:

$$A_x = E[Z_x] = \sum_{k=1}^{\infty} v^k * Pr(K_x = k), \quad \text{Caso discreto} \quad (1.1)$$

donde:

A_x : Valor presente actuarial discreto de un seguro de vida completa

Z_x : Variable aleatoria discreta del valor presente de un seguro de vida completa

k : Variable aleatoria de tiempo

v^k : Variable aleatoria del valor presente

K_x : Intervalo de tiempo en el que una persona muere dado que esta viva a edad x

$$\bar{A}_x = E[\bar{Z}_x] = \int_0^{\infty} v^t * {}_tP_x * M_{x+t} dt, \quad \text{Caso continuo} \quad (1.2)$$

donde:

\bar{A}_x : Valor presente actuarial continuo de un seguro de vida completo

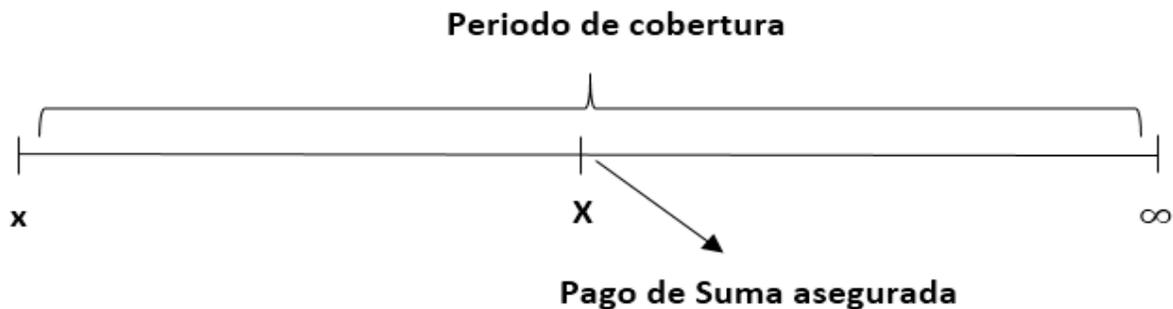
\bar{Z}_x : Variable aleatoria continua del valor presente de un seguro de vida completa

t : Variable aleatoria de tiempo

v^t : Variable aleatoria del valor presente

${}_tP_x$: Probabilidad de que una persona de edad x sobreviva t años

M_{x+t} : Fuerza de mortalidad de una persona de edad $x + t$



b) Seguro de vida temporal n años: La compañía de seguros pagará la suma asegurada en el momento en que la muerte del asegurado ocurra, sí y solo sí la muerte del asegurado ocurre dentro de los primeros n años. La fórmula del valor presente esperado, valor presente actuarial o prima neta única es:

$$A_{x:n|}^1 = E[Z_{x:n|}^1] = \sum_{k=1}^n v^k * Pr(K_x = k), \quad \text{Caso discreto} \quad (1.3)$$

donde:

$A_{x:n}^1$: Valor presente actuarial discreto de un seguro de vida temporal

$Z_{x:n}^1$: Variable aleatoria discreta del valor presente de un seguro de vida temporal

k : Variable aleatoria de tiempo

v^k : Variable aleatoria del valor presente

K_x : Intervalo de tiempo en el que una persona muere dado que esta viva a edad x

$$\bar{A}_{x:n}^1 = E[\bar{Z}_{x:n}^1] = \int_0^n v^t * {}_tP_x * M_{x+t} dt, \quad \text{Caso continuo} \quad (1.4)$$

donde:

$\bar{A}_{x:n}^1$: Valor presente continuo actuarial de un seguro de vida completa

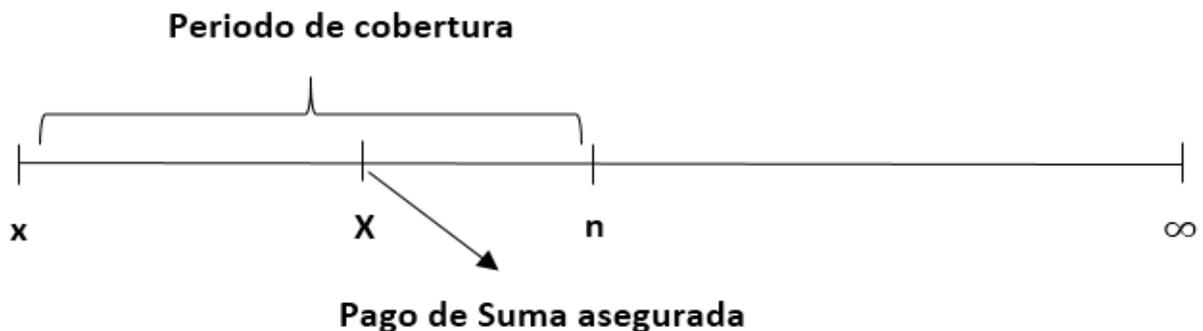
$\bar{Z}_{x:n}^1$: Variable aleatoria continua del valor presente de un seguro de vida temporal

t : Variable aleatoria de tiempo

v^t : Variable aleatoria del valor presente

${}_tP_x$: Probabilidad de que una persona de edad x sobreviva t años

M_{x+t} : Fuerza de mortalidad de una persona de edad $x + t$



c) Seguro de vida diferido n años: La compañía de seguros pagará la suma asegurada en el momento en que la muerte del asegurado ocurra, sí y solo sí la muerte del asegurado ocurre después de los primeros n años. La fórmula del valor presente esperado, valor presente actuarial o prima neta única es:

$${}_n|A_x = E[{}_n|Z_x] = \sum_{k=n+1}^{\infty} v^k * Pr(K_x = k), \quad \text{Caso discreto} \quad (1.5)$$

donde:

$n|A_x$: Valor presente actuarial discreto de un seguro de vida diferido

$n|Z_x$: Variable aleatoria discreta del valor presente de un seguro de vida diferido

k : Variable aleatoria de tiempo

v^k : Variable aleatoria del valor presente

K_x : Intervalo de tiempo en el que una persona muere dado que esta viva a edad x

$$n|\bar{A}_x = E[n|\bar{Z}_x] = \int_{n+1}^{\infty} v^t * {}_tP_x * M_{x+t} dt, \quad \text{Caso continuo} \quad (1.6)$$

donde:

$n|\bar{A}_x$: Valor presente actuarial continuo de un seguro de vida diferido

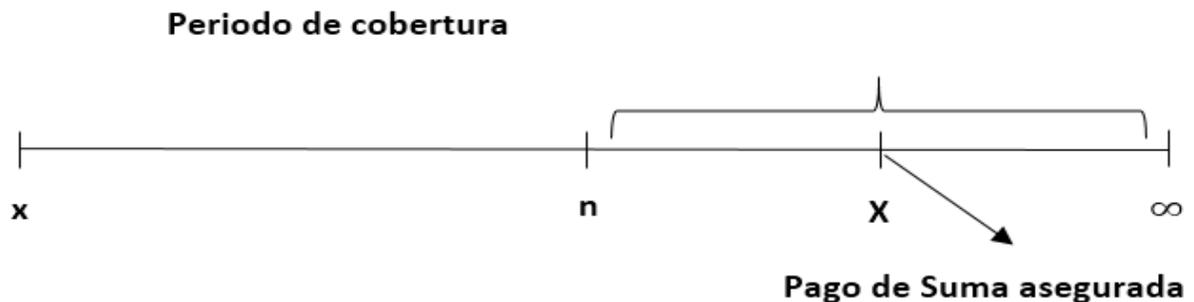
$n|\bar{Z}_x$: Variable aleatoria continua del valor presente de un seguro de vida diferido

t : Variable aleatoria de tiempo

v^t : Variable aleatoria del valor presente

${}_tP_x$: Probabilidad de que una persona de edad x sobreviva t años

M_{x+t} : Fuerza de mortalidad de una persona de edad $x + t$



d) Seguro de vida dotal puro n años: La compañía de seguros pagará la suma asegurada en el tiempo n , sí y solo sí la muerte del asegurado ocurre después de los primeros n años. La fórmula del valor presente esperado, valor presente actuarial o prima neta única es:

$$A_{\frac{1}{x:n}} = E\left[Z_{\frac{1}{x:n}}\right] = v^n * Pr(K_x > n), \quad \text{Caso discreto} \quad (1.7)$$

donde:

$A_{\overline{x:n}|}^1$: Valor presente actuarial discreto de un seguro de vida dotal puro

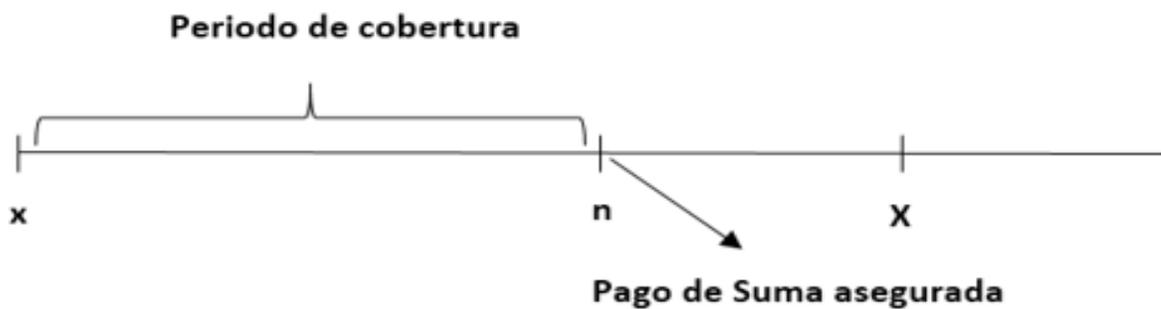
$Z_{\overline{x:n}|}$: Variable aleatoria discreta del valor presente de un seguro de vida dotal puro

n : Variable aleatoria de tiempo

v^n : Variable aleatoria del valor presente

K_x : Intervalo de tiempo en el que una persona muere dado que esta viva a edad x

En este caso no existe caso continuo ya que el pago es justo en el tiempo n



e) Seguro de vida dotal n años: Éste es un caso especial que resulta de la combinación de un seguro temporal n años y un seguro de vida dotal puro n años, entonces en este seguro la compañía de seguros pagará la suma asegurada en el momento en que la muerte del asegurado ocurra, o en el tiempo n si la muerte del asegurado ocurre después de los primeros n años. La fórmula del valor presente esperado, valor presente actuarial o prima neta única es:

$$A_{x:n|} = A_{x:n|}^1 + A_{\overline{x:n}|}^1, \quad \text{Caso discreto} \quad (1.8)$$

donde:

$A_{x:n|}$: Valor presente actuarial discreto de un seguro de vida dotal

$A_{x:n|}^1$: Valor presente actuarial discreto de un seguro de vida temporal

$A_{\overline{x:n}|}^1$: Valor presente actuarial discreto de un seguro de vida dotal puro

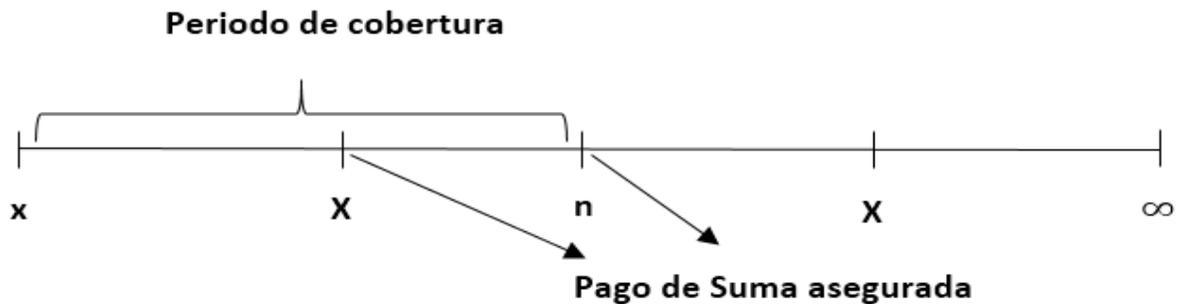
$$\bar{A}_{x:n|} = \bar{A}_{x:n|}^{-1} + A \frac{1}{x:n|}, \quad \text{Caso continuo} \quad (1.9)$$

donde:

$\bar{A}_{x:n|}$: Valor presente actuarial continuo de un seguro de vida dotal

$\bar{A}_{x:n|}^{-1}$: Valor presente actuarial continuo de un seguro de vida temporal

$A \frac{1}{x:n|}$: Valor presente actuarial de un seguro de vida dotal puro



1.3.2 Clasificación de los seguros de vida en función a la cantidad de asegurados cubiertos en la póliza

Los *seguros de vida individuales* son seguros donde se cubre a un solo asegurado. Mientras que los *seguros de vida colectivos* son aquellos que se refieren a agrupaciones de personas que tienen una característica en común que las une pero para efectos del seguro de vida ni es obligatorio y es contributivo; es decir, lo toma el que le interesa y lo paga de su bolsa. Es aprovechar las ventajas que te brinda el volumen o masa crítica de la agrupación para obtener mejores costos y/o condiciones. Aquí entran muchos sindicatos, clubes, asociaciones, un grupo de asegurados, etc. (Jones, 1998).

Por otro lado, los *seguros de vida grupo* están dirigidos a los integrantes de empresas y organizaciones que enfrentan el riesgo de pérdidas financieras a causa de eventos aleatorios, por lo que busca brindar protección contra los riesgos de fallecimiento, invalidez y accidentes. En este seguro, las decisiones se toman en forma colectiva para incrementar el bienestar de toda la agrupación. (Jones, 1998).

En el seguro de grupo se aseguran conjuntos de individuos, aprovechando el vínculo que los agrupa, para obtener condiciones de contratación más atractivas y accesibles, eliminar requisitos para la contratación y ofrecer condiciones favorables de costo y una fácil administración (Grupo Nacional Provincial, 2015).

1.3.3 Antecedentes del seguro Vida Grupo

El desarrollo del Seguro de Vida Grupo comenzó en la última década del siglo XIX, y finalmente vio la luz en el siglo XX. Este tipo de seguro, en los Estados Unidos, era un concomitante natural de la industrialización que llegó con el cambio de siglo. (Saavedra, 2006)

Cuando la economía gradualmente cambió de agricultura a manufactura, y posteriormente a industrias orientadas a servicios, se volvió común que las personas trabajarán como empleados en grupos definidos (Jones, 1998).

En este contexto, el hecho de trabajar en un ambiente industrializado fue cada vez más reconocido. Legislaciones sobre el trabajo, y después, leyes de compensaciones a trabajadores, dieron nacimiento a algunos beneficios para empleados, como compensaciones por accidentes o fallecimiento, los cuales fueron incorporados en lo que hoy conocemos como Seguro de Grupo. Al mismo tiempo, los académicos empezaron a identificar las necesidades de seguridad económica de los trabajadores y comenzaron a buscar soluciones sociales. (Jones, 1998).

La primera forma de agrupamiento de pólizas se conoce en 1905 con la empresa “United Cigar Stores” para la cual el patrón recolectaba las primas de todos sus empleados, mismos que contaban con un seguro temporal individual renovable anualmente. Es hasta 1912 cuando el concepto de “Seguro de Grupo” es reconocido al ser aprobado un contrato de seguros con el nombre “Póliza Temporal Renovable de Grupo para empleados” por el Departamento de Seguros de Nueva York (Jones, 1998).

El Seguro de Vida Grupo ha crecido principalmente desde la 2da. Guerra mundial ya que ha sido incluido como un beneficio adicional dentro de los acuerdos en los contratos colectivos de trabajo. (Jones, 1998). Desde 1980, en Estados Unidos, se ha visto un gran crecimiento de los seguros de beneficios flexibles o planes tipo “cafetería”, dirigidos a grupos con un volumen de participantes de mediano a grande.

Estos planes están basados en la idea de que cada empleado recibirá una suma anual propiciada por el patrón para que la use en beneficios de muerte, invalidez y otros varios beneficios médicos. Generalmente el dinero provisto no es suficiente para permitir a un empleado comprar una cobertura completa de cada uno de los beneficios disponibles, por lo que cada empleado tiende a escoger aquellos beneficios de más valor para él y su familia. (Jones, 1998).

En México, el Seguro de Grupo tradicional comenzó a utilizarse a finales de la década de los cuarenta. Las primeras instituciones aseguradas fueron Cerillera La Central y el Banco de México (Rendón, 2003). En los últimos años el Seguro de Grupo ha crecido considerablemente, principalmente hubo un mayor crecimiento durante 1999.

1.4 Principios generales del seguro de vida grupo

El Seguro de Vida Grupo está diseñado para proteger a los miembros de un grupo de personas unidas por un vínculo diferente al de contratar el seguro, ofreciendo condiciones sumamente favorables en su costo, y en su manejo ágil y sencillo. (Saavedra, 2006)

Están orientados a incrementar el bienestar general del conjunto de personas, por lo que son considerados como un elemento más de la previsión social. Las principales diferencias con los seguros individuales son la manera de seleccionar, de tarificar, de cotizar y de administrar el seguro. El Seguro de Grupo es una de las pocas líneas de seguros para la cual existe un marco regulatorio tan particular como lo es su Reglamento. El primer reglamento del Seguro de Grupo en México fue creado el 13 de noviembre de 1936, mismo que fue modificado para obtener el reglamento actual del

Seguro de Grupo con fecha 7 de Julio de 1962. Desde 1971 a la fecha se han hecho varias recomendaciones para modificar el reglamento, sin embargo no se ha logrado tener una respuesta consistente con las necesidades verdaderas del ramo. (Saavedra, 2006)

En cuanto a la parte técnica, existen Estándares de Práctica Actuarial de Seguros de Corto Plazo adoptados por el Colegio Nacional de Actuarios enfocados a establecer elementos y criterios considerados en el proceso del cálculo actuarial de las primas y reservas. La Comisión Nacional de Seguros y Fianzas (CNFS), mediante la circular S-8.1.1 del 2 de junio de 2004 dio a conocer de manera oficial estos estándares indicando que deben aplicarse para la elaboración de las notas técnicas.

1.4.1 Grupos asegurables

El Seguro de Vida Grupo tiene su fundamento en el artículo 191 de la Ley del Contrato de Seguro, (2004):

“En el Seguro de Grupo o empresa, el asegurador se obliga por la muerte o la duración de la vida de una persona determinada, en razón simplemente de pertenecer al mismo grupo o empresa, mediante el pago de primas periódicas, sin necesidad de examen médico obligatorio”

Como el objetivo de la selección de riesgos es que se obtengan resultados aleatorios, en el Seguro de Grupo, en lugar de tener selección individual, se observa una selección natural de acuerdo a las características del Grupo Asegurable.

Son grupos asegurables en los términos del Reglamento del Seguro de Grupo (2009) en su artículo 2º:

- a) Los empleados y obreros de un mismo patrón o empresa, los grupos formados por una misma clase en razón de su actividad o lugar de trabajo, que presten su servicio a ese patrón o empresa.

- b) Los miembros de sindicatos, uniones o agrupaciones de trabajadores y sus secciones o grupos.
- c) Los cuerpos del ejército, de la policía o de los bomberos, así como las unidades regulares de los mismos.
- d) Las agrupaciones legalmente constituidas y que por la clase de trabajo u ocupación de sus miembros, constituyan Grupos Asegurables.

Sólo en el caso de éste inciso, las instituciones aseguradoras presentarán para su aprobación ante la Comisión Nacional de Seguros, las características del grupo que pretendan asegurar y las reglas que sirvan para determinar las sumas aseguradas.

Según el mismo reglamento, algunos ejemplos de Grupos Asegurables son:

- Empleados de empresas legalmente constituidas: Industriales, Farmacéuticas, Automotrices, Siderúrgicas, Alimenticias, Textiles y Calzado; Agrícolas, Ganaderas y Silvicultura; Pesca, Papeleras, Constructoras, Transformación en general.
- Comerciales, Distribuidoras, Importadoras y Exportadoras; de Servicios, Financieros Profesionales y Técnicos; Turísticos, Hoteles, Preparación de alimentos y bebidas; Hospitalarios, Educativos; Escuelas, Bibliotecas, Recreativos, Centros Deportivos, Teatros, Cines, Transportes y Comunicaciones; Aéreas, Marítimas y Terrestres.
- Empleados de organismos gubernamentales, Empresas paraestatales y descentralizadas; Gobierno Federal, Secretarías de Estado, Ayuntamientos, Gobiernos de los Estados y Municipios.
- Miembros de Sindicatos, Uniones, Afiliados y Federaciones.
- Agrupaciones legalmente constituidas, Colegios como: Colegios de médicos, de actuarios, de abogados, de ingenieros, de arquitectos, etc.

Para todos aquellos grupos que no entran en la definición de grupo asegurable, establecida en el Reglamento, se creó el Seguro Colectivo, mismo que en la práctica es

operado de manera similar al Seguro de Grupo. (Reglamento del Seguro de Grupo, 2009)

Para los grupos que entran en la definición del inciso d) y debido al requisito de ser aprobados por la CNSF, las compañías aseguradoras generalmente evitan el trámite y deciden ofrecerles un Seguro Colectivo en lugar de un Seguro de Grupo.

Un ejemplo de agrupaciones que generalmente no son tomadas en cuenta por las compañías como grupos asegurables, son los clubes de rotarios que a pesar de tratarse de agrupaciones de profesionistas vinculadas por otros fines distintos al de obtener un seguro de vida, no se consideran asegurables bajo el esquema de Seguro de Grupo.

De acuerdo al artículo 1º del Reglamento del Seguro de Grupo, una vez definido el grupo asegurable, éste debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Si se trata de empleados u obreros de un mismo patrón o empresa, debe participar por lo menos el 75% del personal que forme el Grupo Asegurable, con base en las políticas de elegibilidad, y en ningún caso el número de asegurados podrá ser inferior a 10.
- Para cualquier otro Grupo Asegurable, debe participar al menos el 75% del mismo, con un mínimo de 25 asegurados.

1.5 Tipos de primas

Prima de riesgo puro: La prima de riesgo puro es el costo del seguro por el beneficio básico, representa la participación del asegurado en el reparto del riesgo por fallecimiento, y ésta se calcula directamente de las tablas de mortalidad (Cunningham, 2013). Para fines metodológicos en el desarrollo del modelo, la prima de riesgo puro es igual a la prima anual debido a que la simulación se proyectó para un año únicamente y no se consideró ningún tipo de beneficio adicional al momento de calcular esta prima.

Por lo tanto el tipo de prima que se utilizó en la exposición del modelo de simulación Montecarlo corresponde a la prima de riesgo puro.

Para el desarrollo del cálculo de la prima de riesgo de los seguros para cualquier plazo se tiene de base los siguientes principios: (Gerber, 1979)

- a. La función l_x con los valores de $l_x = 0$, con $w=0$, lo que significa que la probabilidad de que un individuo llegue con vida a la edad de 100 años es igual a 0.
- b. Dependiendo de las políticas de la empresa, el cálculo de la prima de riesgo se basa en la edad alcanzada o la edad actuarial del asegurado; para el primer supuesto se considera a x como el número entero de años cumplidos, y en el segundo caso de edad de cálculo se ajusta al cumpleaños del solicitante más próximo a la fecha de contratación del plan.
- c. Las probabilidades de supervivencia y de fallecimiento, se calculan para individuos de edad exacta x y por periodos de meses. Por lo que para obtener estas probabilidades se hace el siguiente análisis:
 - El periodo de pago de las primas es flexible
 - Se establece el supuesto de que los siniestros ocurren al final del año, independientemente del momento real en que éstos se verifiquen.
 - Se presenta una relación directa entre la edad del asegurado a la fecha de emisión de la póliza, la suma asegurada contratada, el plazo del seguro y el monto de la prima a pagar.

Prima de tarifa: La prima de tarifa es la prima de riesgo junto con los gastos, recargos, y un margen de utilidad, los cuales son inevitables en una institución comercial, como en una compañía de seguros. Conocida también como la prima que sale al mercado o prima comercial (Asociación Mexicana de Actuarios, 2010).

Prima neta: Es aquella necesaria para que el asegurador otorgue el beneficio correspondiente a la póliza. Las variables que se consideran en el cálculo de tarifas de primas netas son: las tasas de mortalidad, los ingresos por inversiones y las tasas de

caducidad. La tasa de caducidad se refiere a la tasa a la cual los propietarios de la póliza deciden eliminar su cobertura o dejarla vencer por falta de pago de prima antes de finalizar el periodo de pago de primas especificado en la póliza; éste término es importante pues debe considerarse la situación en la que el asegurador no cubre lo suficiente en primas para cubrir los costos de suscripción y emisión de la cobertura. Por lo tanto debe agregarse un monto adicional a la prima neta, el cual compensa los costos incurridos por emitir pólizas que serán disminuidas o caducarán (Castelo, 1992).

Adicionalmente, al fijar el precio de las primas las aseguradoras deben considerar los costos de operación, tales como costos de venta y comisiones, impuestos, sueldos de personal, y el costo de establecer y mantener una casa matriz, oficinas regionales (si las hay) y oficinas de venta. Además, los costos de llevar registros, incluida la operación de sistemas manuales y computacionales. Todos los anteriores constituyen gastos de operación importantes para las compañías de seguros. (Castelo, 1992).

Se debe agregar a la prima neta una cantidad para cubrir todos los costos de operación y permitir la generación de utilidades. La cantidad total agregada a la prima neta para cubrir la totalidad de los costos inherentes a la realización del negocio del asegurador, se denomina recargo, a la prima neta más el recargo se le denomina prima bruta y corresponde a la prima que el asegurador cobra al propietario de la póliza para conservar la vigencia de la misma (Castelo, 1992).

Prima uniforme o nivelada: Las primas uniformes o niveladas permiten al contratante pagar el mismo monto de prima en cada año de vigencia de la póliza vigente. Éste sistema se utiliza para fijar el precio a los seguros de vida entera, los seguros temporales que proporcionan cobertura durante más de un año y los seguros dotales. Como sabemos conforme las tasas de mortalidad incrementan con la edad, también lo hace el costo de los seguros en los últimos años cuando las tasas de mortalidad son más altas. Con el fin de ofrecer cobertura de seguro de vida por un lapso mayor a un año a una prima de tarifa que no aumentará cada año con la edad del asegurado, la industria del seguro de vida ha desarrollado el sistema de determinación de precios de primas niveladas (Castelo, 1992).

1.6 Capital mínimo de garantía

El Capital Mínimo de Garantía (CMG) fortalece el patrimonio de las aseguradoras de modo que puedan hacer frente a variaciones adversas preservando su viabilidad financiera. (Banco de México, 2016)

El CMG se define como el monto de recursos, adicional a las reservas técnicas, con el que una aseguradora debe contar para hacer frente a los riesgos y a las obligaciones contraídas con los asegurados. El CMG se calcula restando las deducciones del Requerimiento Bruto de Solvencia (RBS). (Banco de México, 2016)

Conforme al artículo 60 de la Ley General de Instituciones y Sociedades Mutualistas de Seguros, corresponde a la Secretaría de Hacienda y Crédito Público determinar, mediante reglas de carácter general, los procedimientos de cálculo que deben aplicar las instituciones de seguros para mantener recursos de capital suficientes para cubrir el requerimiento de capital mínimo de garantía que deben conservar, sin perjuicio de mantener el capital mínimo pagado para cada operación o ramo autorizado, a que se refiere el artículo 29, fracción I, de la citada Ley.

El artículo 29 de la Ley General de Instituciones y Sociedades Mutualistas de Seguros menciona que deben contar con un capital mínimo pagado por cada operación o ramo que se les autorice, expresado en Unidades de Inversión, el cual se debe cubrir en moneda nacional en el plazo previsto en esta fracción y que es determinado por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público durante el primer trimestre de cada año, para lo cual deben considerarse, entre otros aspectos, los recursos que sean indispensables para apoyar la adecuada prestación del servicio que representa la actividad aseguradora, la suma de los capitales pagados y reservas de capital con que opere el conjunto de instituciones que integren el sistema asegurador, la situación económica del país y el principio de procurar el sano y equilibrado desarrollo del sistema y una adecuada competencia.

El capital mínimo debe estar totalmente suscrito y pagado a más tardar al 30 de junio del año en que la Secretaría de Hacienda y Crédito Público lo haya fijado. Cuando el capital social exceda del mínimo debe estar pagado cuando menos en un 50%, siempre que este porcentaje no sea menor del mínimo establecido. (LGISMS, 2015)

Reglas para el capital mínimo de garantía de las instituciones de seguros

De acuerdo al documento emitido por la Secretaria de Hacienda y Crédito Público titulado “Reglas para el capital mínimo de garantía de las instituciones de seguros” (2009), se establece que dentro de los veinte días naturales posteriores al cierre de los trimestres que concluyen en los meses de marzo, junio y septiembre y dentro de los treinta días naturales posteriores al cierre del trimestre que concluye en el mes de diciembre de cada ejercicio, las Instituciones deben presentar, informar y comprobar a la Comisión, en la forma y términos que ésta determine mediante disposiciones administrativas de carácter general, el cálculo y la cobertura de su capital mínimo de garantía, así como de su margen de solvencia, conteniendo cuando menos, la información relativa a dichos cálculos y a las inversiones correspondientes a los meses del trimestre de que se trate, a fin de que la propia Comisión compruebe si el cálculo y la cobertura del capital mínimo de garantía se ajustan a lo establecido en las presentes Reglas.

En el mismo documento se especifica que la Comisión, en uso de las facultades de inspección y vigilancia que le otorga la LGISMS, podrá, en los casos que estime necesarios, modificar la periodicidad en que las Instituciones deben presentar, informar y comprobar todo lo concerniente a su capital mínimo de garantía.

El capital mínimo de garantía (CMG) que de conformidad con estas Reglas, deben mantener las Instituciones, se determina como la cantidad que resulte de sumar los requerimientos individuales para cada operación de seguros y sus ramos respectivos, según corresponda, integrantes del requerimiento bruto de solvencia (RBS) que se establecen de la sexta a la vigésima primera bis-2 de las presentes Reglas, menos las

deducciones (D) establecidas en la vigésima segunda y vigésima tercera de las presentes Reglas, es decir que:

$$CMG = RBS - D \quad (1.10)$$

Deducciones

a) El saldo que reporte al cierre de cada trimestre la reserva de previsión correspondiente a cada una de las operaciones o ramos, con excepción de los requerimientos contenidos en la Octava, Décima Quinta, Décima Sexta y Décima Octava de las presentes Reglas, sin que la suma de tales deducciones pueda exceder a la suma de los montos de dichos requerimientos. (SHCP, 2009)

b) El saldo que reporte al cierre de cada trimestre la reserva de previsión correspondiente a los seguros de pensiones, derivados de las leyes de seguridad social, así como la reserva para fluctuación de inversiones adicional, en el caso del requerimiento establecido en la Octava de las presentes Reglas, excluyendo el requerimiento de capital por descalce entre activos y pasivos, sin que tal deducción pueda exceder al monto de dicho requerimiento. Así mismo, el saldo de la reserva para fluctuación de inversiones adicional, no podrá en ningún momento ser superior al 15% del requerimiento bruto de solvencia de la institución de seguros de que se trate. (SHCP, 2009)

En lo relativo al requerimiento de capital por descalce entre activos y pasivos se podrá deducir el saldo de la reserva de fluctuación de inversiones básicas de beneficios básicos y de beneficios adicionales, sin que tal deducción pueda exceder al monto de dicho requerimiento. (SHCP, 2009)

1.7 Requerimiento bruto de solvencia

El Requerimiento Bruto de Solvencia (RBS) es el monto de recursos que las instituciones deben mantener para hacer frente a la exposición de desviaciones en la siniestralidad esperada de las distintas operaciones del seguro, la exposición a quebrantos por insolvencia de reaseguradores, fluctuaciones adversas en el valor de los activos que respalden a las obligaciones contraídas con los asegurados, así como el descalce entre activos y pasivos. Se calcula de la siguiente manera: Las instituciones de seguros deben cubrir el CMG con inversiones que cumplan con los requisitos mínimos de seguridad y liquidez, de acuerdo con lo establecido por la regulación. A esta cobertura se le denomina Índice de Cobertura del Capital Mínimo de Garantía y debe ser igual o superior a uno. (Banco de México, 2016).

El requerimiento bruto de solvencia (RBS) para las Instituciones que practiquen el seguro directo es igual a la cantidad que resulte de sumar los siguientes requerimientos de solvencia individuales (R_i), es decir, que:

$$RBS = \sum_{i=1}^{11} R_i \quad (1.11)$$

donde:

R_i Es el requerimiento de solvencia para:

(R1) Operación de vida,

(R2) Seguros de pensiones, derivados de las leyes de seguridad social,

(R3) Operación de accidentes y enfermedades, (ramos de accidentes personales y gastos médicos, excepto el ramo de salud)

(R4) Ramo de salud,

(R5) Ramo agrícola y de animales,

(R6) Ramo de automóviles,

(R7) Ramo de crédito,

(R8) Ramo de responsabilidad civil y riesgos profesionales,

(R9) Los demás ramos de la operación de daños, (marítimo y de transportes, incendio y diversos)

- (R10) Operación de reafianzamiento,*
- (R11) Inversiones,*
- (R12) Seguros de terremoto y otros riesgos catastróficos,*
- (R13) Ramo de crédito a la vivienda,*
- (R14) Ramo de garantía financiera, y*
- (R15) Seguros de huracán y otros riesgos hidrometeorológicos*

El requerimiento para la operación de vida (R1), sin considerar a los seguros de pensiones derivados de las leyes de seguridad social, es el 0.03% del promedio de las sumas aseguradas (SA) del total de riesgos asumidos (básico y beneficios adicionales) de todas las pólizas en vigor de los últimos doce meses, anteriores a la fecha de su determinación:

$$R1 = 0.03\% * \overline{SA} \quad (1.12)$$

Las Instituciones deben mantener invertidos, en todo momento, los activos destinados a respaldar su capital mínimo de garantía, de conformidad con lo establecido en el artículo 61 de la LGISMS (2015). Dichos activos son adicionales de aquellos que se destinen para la cobertura de las reservas técnicas y de otros pasivos de las Instituciones. La información relativa a la cobertura del capital mínimo de garantía debe presentarse a la Comisión de conformidad:

- a) Valores, títulos, créditos y otros activos considerados y de acuerdo a los requisitos que en su caso se estipulen en las Reglas para la Inversión de las Reservas Técnicas de las Instituciones y Sociedades Mutualistas de Seguros, con excepción de las inversiones que en términos de la LGISMS pueden realizar las Instituciones de manera indirecta o directa en el capital pagado de otras instituciones de seguros o de reaseguro o de instituciones de fianzas del país o del extranjero, así como en los otros intermediarios financieros a que se refiere la propia LGISMS.
- b) Mobiliario y equipo, inmuebles, derechos reales, que no sean de garantía, y acciones de las sociedades que se organicen exclusivamente para adquirir el

dominio y administrar inmuebles que cumplan con los requisitos señalados en la trigésima y trigésima primera de las presentes Reglas.

- c) Gastos de establecimiento, de instalación y de organización, así como la suma de los saldos a cargo de agentes e intermediarios, documentos por cobrar y deudores diversos.
- d) Préstamos quirografarios, caja y bancos, préstamos al personal, dividendos por cobrar sobre acciones y activos adjudicados.

Adicionalmente a los activos señalados en el párrafo anterior, las Instituciones podrán considerar como activos computables al capital mínimo de garantía los siguientes: a) los sobrantes que reporte la cobertura de inversión de las reservas técnicas al mes de que se trate; b) los que expresamente y de manera específica, les autorice la Secretaría, oyendo previamente la opinión de la Comisión. (LGISMS, 2015)

Requerimiento Bruto de Solvencia según la Teoría de Probabilidad

Éste dato responde a la siguiente fórmula:

$$CI = \text{Valor } N \text{ en tablas al } 95\% * \sqrt{\text{Var}(S)} \quad (1.13)$$

donde:

CI = Capital Inicial

Valor N en tablas al 95% = 1.645

$\sqrt{\text{Var}(S)}$ = Desviación estándar de (S)

Éste cálculo asegura en un 95% que la empresa es lo suficientemente capaz de hacer frente a las obligaciones en caso de siniestralidad. (Vélez, 2009)

1.8 Reserva Técnica

Las compañías de seguros deben mantener activos que excedan sus pasivos de reserva de póliza de tal modo que cuenten con los fondos necesarios para pagar los reclamos cuando éstos se presenten. Además, las reservas de pólizas deben ser

adecuadas para pagar reclamos y los fondos que respaldan tales reservas deben ser invertidos en forma segura (Fuerte, 1996). Si se presentan condiciones menos favorables que las esperadas al efectuar el cálculo de tarifa de las primas, la compañía de seguros debe ser capaz de pagar siniestros a pesar de éstas. Es posible que existan fluctuaciones a pesar de las estadísticas arrojadas por una tabla de mortalidad, por ejemplo, el caso de una epidemia. (Fuerte, 1996)

En algunas ocasiones el recargo aplicado a la prima neta incluye una pequeña cantidad para cubrir estos eventos inusuales. Se utilizan estos fondos extraordinarios para establecer la reserva de previsión o contingencia, las cuales constituyen reservas contra condiciones no habituales. Las reservas de previsión proporcionan un margen de seguridad en caso de que la experiencia real en cualquier área, ya sea mortalidad, ingresos sobre inversiones o gastos, sea menos favorable que lo esperado por el asegurador. Las reservas de previsión se establecen de manera más común en los seguros de salud que en pólizas de seguros de vida. Por otro lado, las reservas técnicas representan las provisiones necesarias que las instituciones de seguros deben realizar para dotarse de liquidez, a fin de financiar el pago de reclamaciones (Fuerte, 1996).

Las reservas técnicas que deben constituir las instituciones de seguros son las siguientes: (Osorio, 2003)

- Reservas para riesgos en curso: destinadas a cubrir la siniestralidad ocurrida durante la vigencia del seguro.
- Reservas de obligaciones pendientes de cumplir: son las reservas realizadas para siniestros ocurridos pendientes de ser cubiertos.
- Reservas especiales (contingencia y de riesgos catastróficos, entre otras): destinadas a hacer frente a desviaciones en la siniestralidad o riesgos de naturaleza catastrófica.

Las inversiones que respaldan las reservas técnicas deben cumplir con condiciones adecuadas de seguridad y liquidez. Para ello, la regulación establece un esquema

explícito de inversión con la finalidad de garantizar la obtención de los mayores rendimientos financieros posibles y al mismo tiempo limitar los riesgos financieros. (Fuerte, 1996)

En general, las reservas técnicas pueden invertirse en valores emitidos o respaldados por el Gobierno Federal, en valores aprobados por la Comisión Nacional Bancaria y de Valores, en depósitos en bancos (con excepción de la cuenta maestra empresarial y la cuenta de cheques) y en sociedades de inversión comunes y sociedades de inversión en instrumentos de deuda. De manera muy limitada, también podrán utilizar estos recursos para otorgar créditos e invertir en inmuebles. Si las reservas técnicas fueron constituidas en moneda extranjera, deben invertirse en valores denominados en moneda extranjera de acuerdo con lo establecido en la regulación. Por otra parte, en caso de que la suma asegurada esté indizada al comportamiento de la inflación, las reservas deben invertirse exclusivamente en valores que ofrezcan un rendimiento garantizado superior o igual a la inflación. En todos los casos, la inversión en títulos y valores privados se realizará siempre y cuando los valores estén calificados. (Fuerte, 1996)

1.9 Solvencia

Se considera margen de solvencia (MS) a la cantidad que resulta de deducir al monto de los activos computables al capital mínimo de garantía (A_c CMG) el monto del capital mínimo de garantía (CMG), es decir: (LGISMS, 2015)

$$MS = A_c \text{ CMG} - \text{CMG} \quad (1.14)$$

Cuando el margen de solvencia adopte valores negativos, se entiende que existe un faltante en la cobertura del capital mínimo de garantía de la Institución de que se trate. Cuando el margen de solvencia adopte valores positivos, la Institución podrá considerar el resto de los activos computables al capital mínimo de garantía, en exceso a las limitantes establecidas en la vigésima séptima de las presentes Reglas, siempre y cuando dichos activos sean adicionales de aquellos que se destinen para la cobertura

de las reservas técnicas y de otros pasivos, para calcular el margen de solvencia global (MSG), como se resume a continuación: (LGISMS, 2015)

$$MSG = A_c \text{ CMG} + A_c \text{ Exc CMG} - \text{CMG} \quad (1.15)$$

donde:

MSG = Margen de solvencia global.

A_c CMG = Activos computables al CMG.

A_c Exc CMG = Activos computables al CMG, en exceso a las limitantes

CMG = Capital Mínimo de Garantía

1.10 Límites máximos de retención

Límite máximo de retención: Es la cantidad máxima que las Instituciones de Seguros podrán retener, en el seguro directo o tomado, en cada uno de los riesgos asegurados en las pólizas en vigor, una vez deducida la parte cedida en los diversos contratos de Reaseguro en que participen. (Comisión Nacional de Seguros y Fianzas, 2009).

Límite máximo de retención: Es el parámetro que le permite a una compañía de seguros establecer qué parte de la suma asegurada puede enfrentar de manera directa y qué parte transferir al reaseguro de acuerdo a su capacidad financiera estratégica y de su política de retención de riesgos. La determinación de un límite de retención es necesario cuando no existe una cartera homogénea en cuanto a las sumas aseguradas o cuando los recursos de capital no son suficientes para cumplir con los requerimientos de solvencia. (Esteva, 1994).

Los límites de retención se pueden calcular por: (Esteva, 1994)

- Métodos determinísticos (mediante el uso de fórmula)
- Métodos probabilísticos (simulación aleatoria)

1.10.1 Métodos Determinísticos

Anteriormente para operaciones de daños, enfermedades y accidentes las reglas emitidas por la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas indicaban que el límite de retención se determinaría de la siguiente manera:

$$LMR = 5\%(Reserva de previsión + ACCMG + ACECMG) \quad (1.16)$$

donde:

ACCMG: Activos computables al capital mínimo de garantía

ACECMG: Activos computables en exceso al capital mínimo de garantía

Para la operación de vida existían 3 métodos: (Cunningham, 2013)

1. Business Mens Assurance:

$$LR = 1\%(Prima emitida + Reserva legal - \Delta Reserva técnica) \quad (1.17)$$

2. Método de Landre (Para empresas pequeñas):

$$LR = 2 * (Suma asegurada promedio) \quad (1.18)$$

donde:

$$Suma asegurada promedio = \frac{Suma asegurada total}{n}$$

$n = \text{número de pólizas}$

3. Método de Birgel Meidel (Para empresas sólidas):

$$LR = \left(\frac{2}{3}\right) * (Suma asegurada promedio) \left[1 + n^{\frac{1}{5}} + n^{-\frac{1}{5}}\right] \quad (1.19)$$

Con la nueva Ley de Instituciones de Seguros y de Fianzas publicada el día 4 de abril de 2013 cada compañía establece los procedimientos para determinar, en cada operación o ramo, o bien en cada ramo o sub-ramo, según sea el caso, los límites máximos de retención.

1.10.2 Fundamento legal de los límites máximos de retención

A continuación se presenta en resumen los artículos de la *Ley de Instituciones de Seguros y de Fianzas* (publicada el día 4 de abril de 2013) en los cuales las instituciones se deben apegar para el cálculo de los límites máximos de retención:

De acuerdo al artículo 258 la Comisión, mediante disposiciones de carácter general, con acuerdo de su Junta de Gobierno, establece los procedimientos para determinar, en cada operación o ramo, o bien en cada ramo o sub-ramo, según sea el caso, los límites máximos de retención de las Instituciones.

En el artículo 259 se menciona que, en la emisión de las disposiciones de carácter general a que se refiere el artículo 258 de esta Ley, debe propiciar la consecución de cualquiera de los objetivos siguientes:

- I. La seguridad de las operaciones de las Instituciones;
- II. La diversificación técnica de los riesgos y de las responsabilidades que asuman las Instituciones;
- III. El aprovechamiento de la capacidad de retención de los sistemas asegurador y afianzador;
- IV. El desarrollo de políticas adecuadas para la cesión y aceptación de reaseguro o re afianzamiento interno y externo, o
- V. La conveniencia de dispersar los riesgos y las responsabilidades que por su naturaleza puedan provocar una inadecuada acumulación y afectar la estabilidad de los sistemas asegurador y afianzador.

Por otro lado en el artículo 260 se dice que las Instituciones fijan anualmente, con sujeción a las disposiciones de carácter general a que se refiere el artículo 258 de la presente Ley, sus límites máximos de retención, atendiendo a las operaciones, ramos o sub-ramos que tengan autorizados, así como a los riesgos o responsabilidades que asuman. Para ello, toman en cuenta, como mínimo, lo siguiente: el volumen de las operaciones de la Institución; el monto de los Fondos Propios Admisibles de la Institución; el monto y características de los riesgos o responsabilidades asumidos por la Institución; la composición de la cartera de riesgos o responsabilidades de la Institución; la experiencia obtenida respecto al comportamiento de la siniestralidad, o bien respecto al incumplimiento de fiados y al pago de reclamaciones; la suficiencia, calidad y liquidez de las garantías de recuperación recabadas por la Institución; la capacidad financiera, técnica y operativa de los contratantes de seguros o de los fiados; el grado de avance en el cumplimiento de las obligaciones legales o contractuales del contratante del seguro materia del riesgo asegurado, o bien del cumplimiento de las responsabilidades garantizadas; la acumulación de riesgos por contratante o grupos de contratantes de seguros, o bien de responsabilidades por fiado o grupos de fiados, y las políticas que aplique la Institución para ceder o aceptar reaseguro o reafianzamiento.

Las Instituciones informarán a la Comisión, en la forma y términos que ésta establezca en las disposiciones de carácter general a que se refiere el artículo 258 de éste ordenamiento, los límites máximos de retención que hayan determinado. A continuación se presentan los aspectos indiscutibles de la **Circular Única de Seguros y Fianzas** publicada el día 19 de diciembre de 2014 en los cuales las instituciones se deben apegar para el cálculo de los límites máximos de retención:

En el capítulo 9.1 de los límites máximos de retención de las instituciones de seguros señala, que para los efectos de los artículos 26, 70, 256, 257, 258, 259, 260, 261, 262, 263 y 264 de la LISF:

La fijación de los límites máximos de retención que en cada operación o ramo asuman las Instituciones de Seguros, es responsabilidad del consejo de administración y se

sujetar a lo previsto en los artículos 70, 258 y 260 de la LISF, así como a las presentes Disposiciones.

En la fijación de los límites máximos de retención, el consejo de administración de las Instituciones de Seguros debe procurar la consecución de los objetivos establecidos en el artículo 259 de la LISF. En el caso de las Instituciones de Seguros autorizadas para operar los seguros de caución a que se refiere la fracción XII del artículo 27 de la LISF, los seguros de crédito a la vivienda a que se refiere la fracción XIII del artículo 27 de la LISF, y los seguros de garantía financiera a que se refiere la fracción XIV del artículo 27 de la LISF, debe observarse, adicionalmente a lo previsto en este Título, lo señalado en los Capítulos 16.2, 17.2 y 18.2 de las presentes Disposiciones, respectivamente.

Según la misma normativa se entiende por límites máximos de retención, la cantidad máxima que las Instituciones de Seguros podrán retener, en el seguro directo o tomado, en cada uno de los riesgos asegurados en las pólizas en vigor, una vez deducida la parte cedida en los diversos contratos de Reaseguro en que participen, considerando como parte de dicho límite:

- I. Los deducibles;
- II. Las franquicias, o
- III. Cualquier otro elemento que los contratos de Reaseguro establezcan y que pueda resultar en responsabilidad que deba asumir la Institución de Seguros que cede el riesgo.

Los límites máximos de retención que aplicará la Institución de Seguros para el siguiente ejercicio deben ser fijados y aprobados por el consejo de administración durante el último trimestre del año, considerando para ello la información técnica y financiera al cierre del tercer trimestre. La información relativa a los límites máximos de retención debe hacerse del conocimiento de la Comisión de conformidad con lo señalado en el Capítulo 9.7 de éstas Disposiciones.

El consejo de administración de las Instituciones de Seguros podrá realizar ajustes a los límites máximos de retención durante el transcurso del año, siempre y cuando se justifique técnicamente en virtud de cambios en su cartera de riesgos o situación financiera. Dichos ajustes deben ser hechos del conocimiento de la Comisión apegándose al procedimiento señalado en los Capítulos 39.1 y 39.6 de las presentes disposiciones.

Los límites máximos de retención deben fijarse al menos por cada operación o ramo que tenga autorizado la Institución de Seguros. Sin perjuicio de lo anterior, atendiendo a la naturaleza de los riesgos asegurados, las Instituciones de Seguros podrán establecer límites máximos de retención por cada sub-ramo o tipo de seguro que operen.

Los límites máximos de retención por cada operación, ramo o tipo de seguro que practiquen las Instituciones de Seguros, deben fijarse mediante la aplicación de un método técnico que considere, como mínimo, los puntos señalados en el artículo 260 de la LISF.

El método técnico para fijar los límites máximos de retención debe permitir que la Institución de Seguros conozca, con un alto grado de confiabilidad, que el límite máximo de retención adoptado es un valor tal que, en escenarios adversos probables de ocurrencia de siniestros, no pone en riesgo su estabilidad, liquidez o solvencia. Para estos efectos, se entiende que existe un alto grado de confiabilidad cuando el límite máximo de retención adoptado sea un valor que no ponga en riesgo la estabilidad, liquidez o solvencia de la Institución de Seguros en más del 5% de los escenarios adversos probables de ocurrencia de siniestros considerados. Se entiende por escenarios adversos probables, aquellos en los que se considere la ocurrencia simultánea de siniestros de las pólizas con las mayores sumas aseguradas contenidas en el portafolio de pólizas en vigor de la Institución de Seguros. (Reglas para fijar los Límites máximos de retención de las Instituciones y Sociedades Mutualistas de Seguros en las Operaciones de Seguro y Reaseguro, 2010).

La fijación de los límites máximos de retención debe realizarse con la información de pólizas en vigor de la Institución de Seguros, pudiendo incorporar al cálculo carteras hipotéticas de pólizas que correspondan a los planes de negocio del año de que se trate o negocios en donde la Institución de Seguros prevea su futura realización. El método técnico para la fijación de los límites máximos de retención a que se refiere la Disposición 9.1.6, debe ser aprobado por el consejo de administración de la Institución de Seguros y hacerse del conocimiento de la Comisión de conformidad con lo señalado en el Capítulo 9.7 de éstas Disposiciones.

El referido método técnico debe contar, de manera previa a su aprobación por parte del consejo de administración, con la opinión favorable de un actuario que cuente con el registro a que se refiere el Capítulo 30.5 de éstas Disposiciones, quien se pronuncia respecto al impacto que puede tener sobre la estabilidad, liquidez o solvencia de la Institución de Seguros, la adopción de los límites máximos de retención que resulten del procedimiento aplicado, y de la observancia que se ha dado a lo previsto en este Capítulo, pudiendo sugerir cualquier cambio sobre el procedimiento técnico, escenarios e hipótesis utilizados en la determinación de dichos límites.

Si los límites máximos de retención obtenidos conforme a la aplicación del método técnico señalado en la Disposición 9.1.6, resultan superiores, para cualquier riesgo asegurado, al 5% de los Fondos Propios Admisibles que cubren el RCS, la Institución de Seguros debe presentar ante la Comisión la opinión de un actuario independiente que cuente con el registro a que se refiere el Capítulo 30.5 de éstas Disposiciones, el cual debe pronunciarse sobre la pertinencia de dichos límites máximos de retención y del modelo actuarial con que fueron calculados, así como sobre que, con un alto grado de confiabilidad, los límites máximos de retención adoptados no ponen en riesgo la estabilidad, liquidez o solvencia de la Institución de Seguros.

1.11 Reaseguro

Reaseguro: Es un contrato en virtud del cual, el reasegurador toma a su cargo los riesgos de la cedente, en una proporción de las obligaciones de ésta frente a su cliente, de una manera autónoma e independiente, y por la cual recibe la parte proporcional de las primas correspondientes a los riesgos asumidos, o bien cubre a la cedente resarciéndole, en su caso, por las desviaciones de la siniestralidad esperada, cobrándose una prima convenida a la celebración del contrato. (Esteva, 1994)

Reaseguro: El contrato en virtud del cual una Institución de Seguros, una Reaseguradora Extranjera o una entidad reaseguradora del extranjero toma a su cargo total o parcialmente un riesgo ya cubierto por una Institución de Seguros o el remanente de daños que exceda de la cantidad asegurada por el asegurador directo. (Ley de Instituciones de Seguros y Fianzas compilada el 10 de enero de 2014)

Reaseguro: Instrumento técnico del que se vale una entidad aseguradora para conseguir la compensación estadística que necesita, igualando u homogeneizando los riesgos que componen su cartera de bienes asegurados mediante la cesión de parte de ellos a otras entidades (Golding, 1976).

En tal sentido, el reaseguro sirve para distribuir entre otros aseguradores los excesos de los riesgos de más volumen, permitiendo el asegurador directo (o reasegurado cedente) operar sobre una masa de riesgos aproximadamente iguales, por lo menos si se computa su volumen con el índice de intensidad de siniestros. También a través del reaseguro se pueden obtener participaciones en el conjunto de riesgos homogéneos de otra empresa y, por lo tanto, multiplicar el número de riesgos iguales de una entidad. (Fundación Mapfre, 1992)

1.11.1 Clasificación de los tipos de Reaseguro más comunes (González, 2013)

No Facultativo

- Proporcional
 - Cuota Parte
 - Excedente
 - Open Cover
- No Proporcional
 - Exceso de Pérdida
 - Por Riesgo
 - Por Evento
 - Stop-Loss

Facultativo

- Proporcional
 - Cuota Parte
 - Excedente
 - Open Cover
- No Proporcional
 - Exceso de Pérdida
 - Por Riesgo
 - Por Evento
 - Stop-Loss

No facultativo o automático: En el reaseguro automático, la compañía que transfiere el riesgo o el siniestro da un porcentaje determinado de todos los contratos de un tipo y la reaseguradora tiene la obligación de aceptarlo. (Esteva, 1994)

Facultativo: Es un convenio donde la compañía que transfiere el riesgo o el siniestro no tiene la obligación de dar el contrato, sino conserva la libertad de decidir qué negocios y en qué amplitud desea reasegurar y, así mismo, el reasegurador está en la

libertad de aceptar o no el contrato. Es decir, tanto la cedente como el reasegurador tienen la libertad de proponer, aceptar o rechazar un negocio determinado. (Esteva, 1994)

1.11.2 Combinaciones de facultativo y no facultativo

Automático-Facultativo: La compañía que transfiere el riesgo o el siniestro debe dar al reasegurador un porcentaje determinado de todos los contratos, pero la reaseguradora tiene la libertad de aceptar o rechazar. (Galante, 2015)

Facultativo-Automático: La compañía que transfiere el riesgo o el siniestro puede o no darlo. En caso de que lo llegue a transferir, la reaseguradora tiene la obligación de aceptarlo. (Galante, 2015)

1.11.3 Contratos Proporcionales

En los contratos proporcionales, el reasegurador acepta una parte fija de la responsabilidad asumida sobre un riesgo suscrito por la cedente, haciéndose cargo tanto de las obligaciones (siniestros), como de los derechos (primas, previa deducción de una comisión de reaseguro destinada a cubrir los gastos de adquisición y administración). En este tipo de contratos, se hace una transferencia proporcional de riesgos y primas. (González, 2013)

Contrato de Cuota Parte

En el contrato de cuota parte, el reasegurador acepta una porción fija de todos los riesgos aceptados por la compañía cedente. De ésta forma, participa proporcionalmente en todos los siniestros y recibe a cambio la misma proporción de todas las primas netas. En dichos contratos se estipula que la compañía cedente, cede automáticamente y el reasegurador acepta la participación acordada en todos los riesgos suscritos que se ajusten al contrato. (González, 2013). Del mismo autor a continuación se describirán las fórmulas para el cálculo de Riesgo, Prima y Siniestralidad

Riesgo

$$R = \alpha * Rr + (1 - \alpha) * Rc \quad (1.20)$$

donde:

α = Retención

$(1 - \alpha)$ = Cesión

R = Riesgo

Rr = Riesgo retenido

Rc = Riesgo cedido

Prima

$$P = \alpha * Pr + (1 - \alpha) * Pc \quad (1.21)$$

donde:

α = Retención

$(1 - \alpha)$ = Cesión

P = Prima total

Pr = Prima retenida

Pc = Prima cedida

Siniestralidades

$$S = \alpha * Sr + (1 - \alpha) * Sc \quad (1.22)$$

donde:

α = Retención

$(1 - \alpha)$ = Cesión

S = Siniestralidad total

Sr = Siniestralidad retenida

Sc = Siniestralidad cedida

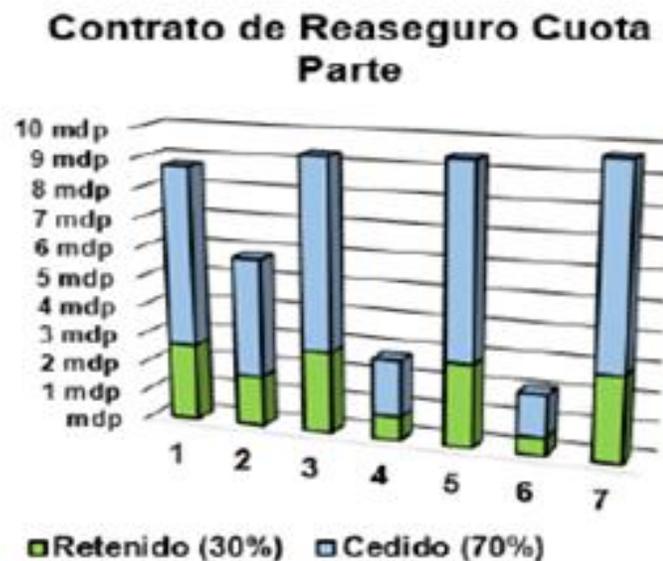
Ejemplo:

Tabla 1.1
Distribución del pago de primas en un contrato de reaseguro cuota parte en millones de pesos

Primas a pagar			
Riesgo	Siniestro 100%	Retenido 30%	Cedido 70%
1	8,734,706	2,620,412	6,114,294
2	5,771,198	1,731,359	4,039,839
3	9,292,994	2,787,898	6,505,096
4	2,714,711	814,413	1,900,298
5	9,428,587	2,828,576	6,600,011
6	2,033,059	609,918	1,423,141
7	9,679,386	2,903,816	6,775,570

Fuente: Elaboración propia con números aleatorios generados de Excel

Gráfica 1.1
Distribución del pago de primas en un contrato de reaseguro cuota parte



Fuente: Elaboración propia con información de la Tabla 1.1

Contrato de Excedentes

En estos contratos la aseguradora fija la retención sobre riesgos de un cierto ramo y es responsable de los mismos hasta esa cantidad fijada. Toda cantidad mayor a la retención se cede a la reaseguradora mediante los límites establecidos en el contrato. (González, 2013)

El contrato ordinario es llamado Primer Excedente, lo que significa que los riesgos que "exceden" el límite de retención, alimentan a éste contrato antes que a cualquier otro. Los contratos subsecuentes son convenidos como Segundo Excedente, Tercer Excedente, etcétera, recibiendo éstos la parte correspondiente después que el contrato anterior haya recibido el monto completo al cual tiene derecho. (González, 2013)

El reasegurador recibe la prima proporcional al riesgo que asume y pagará los eventuales siniestros en la misma proporción. La cobertura siempre se expresa en un múltiplo del pleno de retención (límite de retención) y se indica también el monto máximo que puede ser cedido al reasegurador. (González, 2013)

Línea o pleno: Cantidad que retiene la compañía de seguros (Cantidad fija)

L1= Línea o pleno de retención

L2= Responsabilidad máxima del excedente

n= Número de Líneas

Ejemplo:

Tabla 1.2

Distribución del pago de primas en un contrato de reaseguro Excedente

Pago de primas				
Riesgo	Siniestro 100%	Retenido	1er excedente	2do excedente
1	10,807,637	2,000,000	8,000,000	807,637
2	9,469,552	2,000,000	7,469,552	-
3	11,200,000	2,000,000	8,000,000	1,200,000
4	3,069,463	2,000,000	1,069,463	-
5	1,894,802	2,000,000	1,894,802	- 2,000,000
6	11,950,000	2,000,000	8,000,000	1,950,000
7	9,273,100	2,000,000	7,273,100	-

Fuente: Elaboración propia con números aleatorios generados en Excel

Gráfica 1.2

Distribución del pago de primas en un contrato de reaseguro Excedente



Fuente: Elaboración propia con información de la Tabla 1.2

Contrato Open Cover

Existe también el contrato open cover dentro de los contratos proporcionales. En éste tipo de contratos, el límite de responsabilidad no se establece con base en múltiplos de retención de la cedente, de tal suerte que, independientemente del importe retenido, la

cedente puede llenar el contrato a su máxima capacidad, es decir, no tiene limitaciones precisas (se maneja como un reaseguro facultativo). (González, 2013)

Este tipo de contratos no se otorgan fácilmente por parte de los reaseguradores, debido a las características tan abiertas del contrato, que pueden provocar grandes desviaciones en siniestralidad. (González, 2013)

1.11.4 Contratos de Reaseguro No Proporcional

Consiste en que la totalidad de la cartera está diseñada para emplear estrategias de reaseguro tales que permite aludir siniestros que exceden determinados volúmenes, sean estos individuales o en su forma conjunta a cambio de una prima fijada por el reasegurador. (González, 2013)

Dentro de los contratos no proporcionales se encuentran los siguientes tipos: el **Excess Loss** que incluyen el contrato **Working Cover (por riesgo)** y el **XL Catastrófico (por evento)**, y el **Stop Loss**, además se pueden encontrar contratos facultativos. Ésta repartición de responsabilidades se formaliza fijando montos de prioridad y cobertura, siendo la prioridad el monto máximo de pérdida que corre a cargo de la cedente y el remanente de la pérdida corre a cargo del reasegurador del exceso de pérdida hasta por la cantidad fijada como límite de cobertura. En compensación del compromiso de asumir los montos de siniestros que sobrepasan el límite fijado como prioridad a cargo de la cedente, el reasegurador recibe un monto del volumen de primas generadas por el negocio cubierto. (González, 2013)

Exceso de Pérdida

Contrato Working Cover (Por riesgo): Con el contrato working cover, la cedente busca incrementar el volumen de primas retenidas, sin exceder de una suma determinada su aportación en cada siniestro por riesgo. Con frecuencia se emplea para ésta clase de cobertura el término inglés working excess of loss (WXL). Este tipo de contrato protege contra siniestros que sobrepasen determinada parte del importe que

decidió conservar la institución de seguros por cuenta propia de un riesgo dado. Éste tipo de contratos tiene su aplicación principal en el ramo de incendio. (González, 2013)

Esquema de pagos del Working Cover



Aseguradora

$$Pago \begin{cases} x, & 0 < x \leq m \\ m, & m \leq x \leq L \\ x - (L - m), & 0 \leq x \leq 1 \end{cases} \quad (1.23)$$



Reaseguradora

$$Pago \begin{cases} 0, & 0 < x \leq m \\ x - m, & m \leq x \leq L \\ L - m, & 0 \leq x \leq 1 \end{cases} \quad (1.24)$$

donde:

$x =$ Monto del siniestro

$m =$ Prioridad, monto del siniestro que corre por cuenta de la cedente

$L =$ Límite que cubrira la reaseguradora

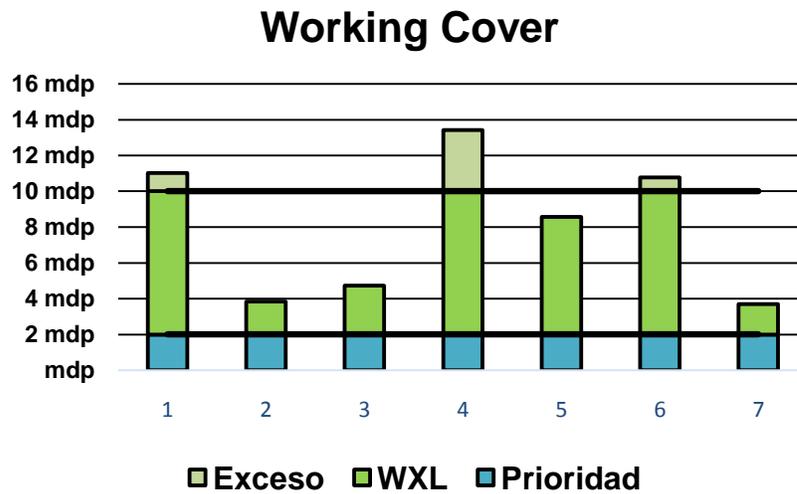
Ejemplo:

Tabla 1.3
Distribución del pago de primas en un contrato de reaseguro Working Cover

Pago de primas			
Riesgo	Prioridad	WXL	Exceso
1	2,000,000	8,000,000	1,015,542
2	2,000,000	1,844,046	-
3	2,000,000	2,730,772	-
4	2,000,000	8,000,000	3,429,541
5	2,000,000	6,573,362	-
6	2,000,000	8,000,000	772,056
7	2,000,000	1,698,937	-

Fuente: Elaboración propia con números aleatorios generados en Excel

Gráfica 1.3
Distribución del pago de primas en un contrato de reaseguro Working Cover



Fuente: Elaboración propia con información de la Tabla 1.3

Contrato XL Catastrófico (Por Evento)

Otra cobertura de los contratos no proporcionales es la de exceso de pérdida catastrófico, cuya nomenclatura es XL Catastrófico, el cual cubre el riesgo en caso de la acumulación o agregación de pérdidas derivadas de un suceso o acontecimiento de naturaleza catastrófica (tempestades, terremoto, etcétera). (González, 2013)

Normalmente, ésta cobertura sólo se utiliza cuando dos o más riesgos hayan sido afectados como consecuencia de un solo evento. (González, 2013).

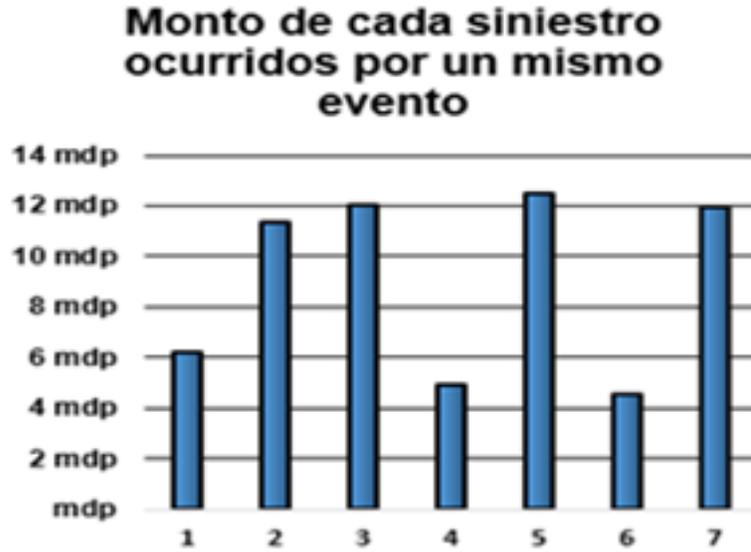
Ejemplo:

Tabla 1.4
Distribución del pago de primas en un contrato de reaseguro Catastrófico

Pago de primas	
Riesgo	XL CATASTROFICO
1	6,173,558
2	11,337,876
3	12,069,862
4	4,894,504
5	12,459,958
6	4,565,052
7	11,959,939

Fuente: Elaboración propia con números aleatorios generados en Excel

Gráfica 1.4
 Distribución del pago de primas ocurridas por un mismo evento



Fuente: Elaboración propia con información de la Tabla 1.4

Gráfica 1.5
 Distribución del monto total de las primas pagadas por un mismo evento



Fuente: Elaboración propia con información de la Tabla 1.4

Contrato Stop Loss

El último de los contratos no proporcionales es el denominado Stop Loss, el cual protege los resultados anuales de una compañía en un ramo contra una desviación negativa debida a una incidencia de siniestro mayor a la esperada, ya sea por el número o la importancia de estos eventos. (González, 2013)

En éstos convenios, el reasegurador no es responsable del pago de ningún siniestro hasta que la tasa de siniestralidad exceda un porcentaje convenido de las primas. A partir de éste punto, el reasegurador paga todos los siniestros, grandes o pequeños, pero sin rebasar el límite de responsabilidad establecido en el contrato. (González, 2013)

1.12 Simulación

El concepto de simulación es muy amplio, dada la gran gama de aplicaciones que posee, en un aspecto general la simulación se refiere a un gran conjunto de métodos y aplicaciones que buscan imitar el comportamiento de sistemas reales, generalmente por medio de una computadora con un software apropiado. (García, 2013).

Aunque la construcción del modelo arranca desde el Renacimiento el uso moderno de la palabra simulación data de 1940, cuando los científicos Von Neuman y Ulam que trabajaban en el proyecto Montecarlo, durante la segunda guerra mundial, resolvieron problemas de reacciones nucleares cuya solución experimental sería muy cara y el análisis matemático demasiado complicado (Coss, 1998).

Con el advenimiento de la computadora digital a principios de la década de los 50's, se han desarrollado una gran cantidad de herramientas analíticas que han tenido un profundo impacto en el campo científico. Una de estas herramientas es precisamente la simulación, cuyos usos y aplicaciones se han extendido significativamente en los últimos años. Así pues, es muy común encontrar en la actualidad, aplicaciones de

simulación en áreas tales como: Economía, Finanzas, Sistemas de inventarios, Análisis y evaluación de inversiones, Sistemas de producción y servicios, etc. (Coss, 1998).

La simulación es una forma de estudiar los procesos aleatorios, los cuales se encuentran prácticamente en todas las operaciones de sistemas de producción y servicios. (Castellano, 2013).

De acuerdo a Thomas H. Naylor, la simulación es una técnica numérica para conducir experimentos en una computadora digital. Estos experimentos comprenden ciertos tipos de relaciones matemáticas y lógicas, las cuales son necesarias para describir el comportamiento y la estructura de sistemas complejos del mundo real a través de largos periodos de tiempo. (Coss, 1998)

Mientras H. Maisel y G. Gnugnoli definen simulación como una técnica numérica para realizar experimentos en una computadora digital. Estos experimentos involucran ciertos tipos de modelos matemáticos y lógicos que describen el comportamiento de sistemas de negocios, económicos, sociales, biológicos, físicos o químicos a través de largos periodos de tiempo. (Coss, 1998)

Otros estudiosos del tema como Robert E. Shannon definen simulación como el proceso de diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema o proceso y conducir experimentos con éste modelo con el propósito de entender el comportamiento del sistema o evaluar varias estrategias con las cuales se puede operar el sistema. (Coss, 1998)

La realización de un estudio de simulación requiere la ejecución de una serie de actividades y análisis que permiten sacarle el mejor provecho. A continuación se mencionan los pasos básicos para realizar un estudio de simulación, aunque en muchas ocasiones es necesario agregar otros o suprimir algunos de los aquí enumerados, de acuerdo a la problemática en cuestión. (García, 2013).

- I. Definición del sistema bajo estudio
- II. Generación del modelo de simulación base
- III. Recolección y análisis de datos
- IV. Generación del modelo preliminar
- V. Verificación del modelo
- VI. Validación del modelo
- VII. Generación del modelo final
- VIII. Determinación de los escenarios del análisis
- IX. Análisis de sensibilidad
- X. Documentación del modelo, sugerencias y conclusiones.

Existen distintos modelos de simulación que permiten representar situaciones reales de diferentes tipos. García, et al (2013) mencionan los siguientes:

- Modelos continuos: Son aquellos en que las ecuaciones entre las variables relevantes de la situación real se definen por medio de ecuaciones diferenciales, ya que éstas permiten conocer el comportamiento de las variables en cierto tiempo.
- Modelos discretos: En ellos el comportamiento que interesa analizar puede representarse por medio de ecuaciones evaluadas en un punto determinado.
- Modelos dinámicos: Son aquellos en los que el estado del sistema que se está analizando cambia respecto al tiempo.
- Modelos estáticos: Representan un resultado bajo un conjunto de situaciones o condiciones determinado, a esto se le conoce generalmente como simulación Montecarlo.
- Modelos determinísticos: Se refieren a las relaciones constantes entre los cambios de las variables del modelo.
- Modelos probabilísticos, llamados también estocásticos: Estos involucran una distribución de probabilidad en el proceso.

1.12.1 Simulación Montecarlo

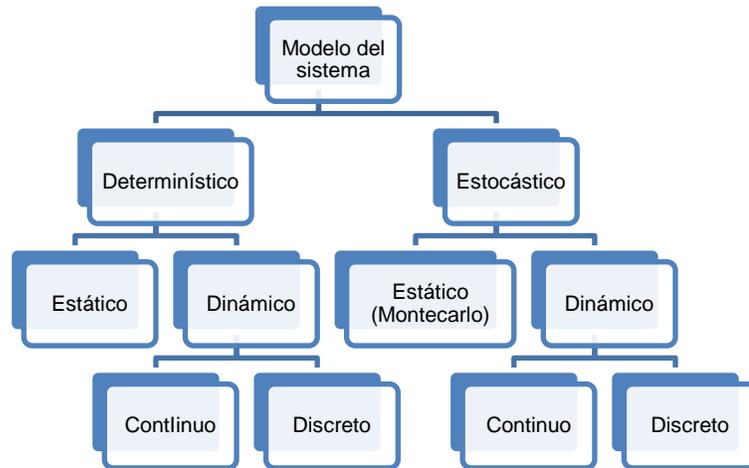
La simulación Montecarlo es un modelo estadístico en el que se pueden realizar aproximaciones y experimentos matemáticos de situaciones reales, mediante un sistema de simulación con variables aleatorias descritas por funciones de probabilidad y, con momentos generados con secuencias de números aleatorios. Los escenarios que pueden ser estudiados pueden ser controlados, con números aleatorios. Adicionalmente, permite elegir de forma aleatoria los puntos en los que se evalúan funciones, y resolver así diversos problemas matemáticos. (Huizar, 2009)

El análisis con el método Montecarlo busca observar el riesgo existente en cierto escenario determinado por factores externos. Dicha información no es suficiente, ya que las diferencias entre los resultados del modelado y la realidad pueden tener sesgos. Es por eso que el modelo adoptado de parámetros externos proporciona la cantidad necesaria de información para la asignación de los activos. (Huizar, 2009)

El método de Montecarlo es un proceso estocástico que fue utilizado para proporcionar una solución a las situaciones no determinísticas, basándose en valores probables que pueden tomar los parámetros, así como los valores siguientes obtenidos de forma aleatoria, dentro de un rango de resultados que podrán estar en el grupo de los más probables o los que tienen menor ocurrencia. (Huizar, 2009)

Ross (1980) clasifica los modelos determinísticos y estocásticos, y cada uno con modelos estáticos y dinámicos, dentro de los modelos estocásticos estáticos se encuentra clasificado el modelo Montecarlo. El esquema 1.1 muestra dicha clasificación.

Esquema 1.1
Clasificación de modelos de simulación



Fuente: Elaboración propia con base en Ross (1980)

Aquí otra definición más de simulación Montecarlo: la simulación de Montecarlo es una técnica cuantitativa que hace uso de la estadística y los ordenadores para imitar, mediante modelos matemáticos, el comportamiento aleatorio de sistemas reales no dinámicos. (Faulín, 2008).

La clave de la simulación Montecarlo consiste en crear un modelo matemático del sistema, proceso o actividad que se quiere analizar, identificando aquellas variables (inputs del modelo) cuyo comportamiento aleatorio determina el comportamiento global del sistema. Una vez identificados dichos inputs o variables aleatorias, se lleva a cabo un experimento consistente: (I) generar (con ayuda del ordenador) muestras aleatorias (valores concretos) para dichos inputs, y (II) analizar el comportamiento del sistema ante los valores generados. Tras repetir n veces este experimento, dispondremos de n observaciones sobre el comportamiento del sistema, lo cual es de utilidad para entender el funcionamiento del mismo. Obviamente, el análisis es tanto más preciso cuanto mayor sea el número n de experimentos que llevemos a cabo. (Faulín, 2008). El método fue llamado así por el principado de Mónaco por ser “la capital del juego de azar”, al tomar una ruleta como un generador simple de números aleatorios. El nombre y el desarrollo sistemático de los métodos de Montecarlo datan aproximadamente de 1944 con el desarrollo de la computadora. (Huizar, 2009).

El método de Montecarlo permite resolver problemas matemáticos mediante la simulación de variables aleatorias. La simulación de Montecarlo data del año 1940, cuando Neuman y Ulam la aplicaron en el campo de la experimentación de armas nucleares. A partir de entonces, se ha demostrado que es una técnica que puede ser aplicada en campos de diversa índole, utilizándose por primera vez para el análisis de inversiones en el año 1964 por Hertz. (Martín, 2016).

En otras palabras, la simulación Montecarlo permite ver todos los resultados posibles de las decisiones que tomaremos y evaluar el impacto del riesgo, lo cual permitirá tomar mejores decisiones en condiciones de incertidumbre. Esta simulación ofrece a la persona responsable de tomar las decisiones una serie de posibles resultados, así como la probabilidad de que se produzcan según las medidas tomadas. Muestra las posibilidades extremas (los resultados de tomar la medida más arriesgada y la más conservadora) así como todas las posibles consecuencias de las decisiones intermedias.

1.12.2 Aplicaciones del método

Se asocian intervalos de números aleatorios según las probabilidades de ocurrencia de los eventos a simular. Algunas de las aplicaciones de este método tenemos (Huizar, 2009):

- Criptografía
- Densidad y flujo de tráfico
- Diseño de reactores nucleares
- Ecología
- Econometría
- Métodos cuantitativos de organización industrial
- Programación
- Pronostico de índice de la bolsa
- Teoría de colas
- Inventarios
- Valoración de cartera de valores

Aplicaciones en finanzas

Hacer el análisis de riesgo en procesos financieros mediante la imitación repetida de la evolución de las transacciones involucradas para generar un perfil de los posibles resultados (Azofeifa, 2004)

- Aplicación al planeamiento de capacidad.
- Aplicaciones para determinar políticas de mantenimiento óptimo.
- Modelando intercambio de mercados.
- El uso de simulación en administración de proyectos.
- Simulando presupuestos en efectivo.
- Cubrimiento con futuros.
- Simulando precios de stocks y opciones.
- Determinar políticas óptimas de mantenimiento.
- Estimando la distribución del tiempo de concluir un proyecto.
- Determinar la probabilidad de que una actividad sea crítica.
- Determinar la tasa de riesgo asociado con un portafolio de bonos.
- Cálculo del riesgo en un análisis financiero.
- Proyección de ventas.
- Análisis de la tasa de retorno.
- Análisis de distribución de estrategias.
- Análisis de mercadeo.

1.12.3 Análisis por medio de simulación Montecarlo

Aunque Markowitz, ha sido considerado el padre de la teoría moderna de portafolio y galardonado en 1990 con el premio Nobel de Economía, su teoría ha venido siendo discutida en las últimas décadas por muchos investigadores. El interés por éste tema ha proporcionado gran cantidad de contribuciones en las que se debate sobre la eficiencia del método media-varianza (MV).

Las restricciones de sus supuestos y sus limitaciones ha generado el desarrollo de nuevas visiones, la mayoría de las cuales toma la aportación teórica de Markowitz como

punto de referencia. Markowitz formuló el problema de optimización de cartera a través de dos criterios: la rentabilidad esperada y el riesgo, como una medida de la variabilidad de la rentabilidad.

Por lo anterior el modelo Montecarlo retoma las bases de Markowitz, y además involucra el comportamiento histórico de la serie de datos, y sus tendencias a futuro simuladas con una experimentación repetida que le ofrecen mayor certeza al inversionista para tomar la mejor decisión. Por su parte el Modelo de Markowitz considera solo la información de las series de datos de los activos, resumida en dos estadísticos: media y desviación estándar. (García, 2013)

Para la optimización de portafolios el modelo de simulación Montecarlo ofrece mayor certidumbre en cuanto a sus resultados. Por lo tanto, para un inversionista es recomendable utilizar este método para la optimización de sus portafolios, ya que a pesar de proporcionar niveles de rendimiento menores a los obtenidos a través de Markowitz, sus niveles de riesgo también son menores.

La simulación Montecarlo realiza el análisis de riesgo con la creación de modelos de posibles resultados mediante la sustitución de un rango de valores (una distribución de probabilidad) para cualquier factor con incertidumbre inherente.

Calcula los resultados una y otra vez, cada vez usando un grupo diferente de valores aleatorios de las funciones de probabilidad. Dependiendo del número de incertidumbres y de los rangos especificados, para completar una simulación Montecarlo puede ser necesario realizar miles o decenas de miles de re-cálculos. La simulación Montecarlo produce distribuciones de valores de los resultados posibles. (Palisade, 2016)

El análisis de riesgo se puede realizar cualitativa y cuantitativamente. El análisis de riesgo cualitativo generalmente incluye la evaluación instintiva o “por corazonada” de una situación, y se caracteriza por afirmaciones como “Eso parece muy arriesgado” o “Probablemente obtendremos buenos resultados”. El análisis de riesgo cuantitativo trata

de asignar valores numéricos a los riesgos, utilizando datos empíricos o cuantificando evaluaciones cualitativas. (Palisade, 2016).

El mismo sitio web de Palisade define que mediante el uso de distribuciones de probabilidad, las variables pueden generar diferentes probabilidades de que se produzcan diferentes resultados. Las distribuciones de probabilidad son una forma mucho más realista de describir la incertidumbre en las variables de un análisis de riesgo. Las distribuciones de probabilidad más comunes son:

Distribución Normal: El usuario simplemente define la media o valor esperado y una desviación estándar para describir la variación con respecto a la media. Los valores intermedios cercanos a la media tienen mayor probabilidad de producirse. Es una distribución simétrica y describe muchos fenómenos naturales, como puede ser la estatura de una población.

Distribución Log normal: Los valores muestran una clara desviación; no son simétricos como en la distribución normal. Se utiliza para representar valores que no bajan por debajo del cero, pero tienen un potencial positivo ilimitado.

Distribución Uniforme: Todos los valores tienen las mismas probabilidades de producirse; el usuario sólo tiene que definir el mínimo y el máximo.

Distribución Triangular: El usuario define los valores mínimo, más probable y máximo. Los valores situados alrededor del valor más probable tienen más probabilidades de producirse.

Distribución PERT: El usuario define los valores mínimo, más probable y máximo, como en la distribución triangular. Los valores situados alrededor del más probable tienen más probabilidades de producirse. Sin embargo, los valores situados entre el más probable y los extremos tienen más probabilidades de producirse que en la distribución triangular; es decir, los extremos no tienen tanto peso.

Distribución Discreta: El usuario define los valores específicos que pueden ocurrir y la probabilidad de cada uno.

Durante una simulación Montecarlo, los valores se muestrean aleatoriamente a partir de las distribuciones de probabilidad introducidas. Cada grupo de muestras se denomina *iteración*, y el resultado correspondiente de esa muestra queda registrado. La simulación Montecarlo realiza ésta operación cientos o miles de veces, y el resultado es una distribución de probabilidad de posibles resultados. De ésta forma, *la simulación Montecarlo proporciona una visión mucho más completa de lo que puede suceder*. Indica no sólo lo que puede suceder, sino la probabilidad de que suceda.

La simulación Montecarlo proporciona una serie de ventajas sobre el análisis determinista o “estimación de un solo punto” (Palisade, 2016)

Resultados probabilísticos: Los resultados muestran no sólo lo que puede suceder, sino lo probable que es un resultado.

Resultados gráficos: Gracias a los datos que genera una simulación Montecarlo, es fácil crear gráficos de diferentes resultados y las posibilidades de que sucedan. Esto es importante para comunicar los resultados a otras personas interesadas.

Análisis de sensibilidad: Con sólo unos pocos resultados, en los análisis deterministas es más difícil ver las variables que más afectan el resultado. En la simulación Montecarlo, resulta más fácil ver qué variables introducidas tienen mayor influencia sobre los resultados finales.

Análisis de escenario: En los modelos deterministas resulta muy difícil modelar diferentes combinaciones de valores de diferentes valores de entrada, con el fin de ver los efectos de situaciones verdaderamente diferentes. Usando la simulación Montecarlo, los analistas pueden ver exactamente los valores que tienen cada variable cuando se producen ciertos resultados. Esto resulta muy valioso para profundizar en los análisis.

Correlación de variables de entrada: En la simulación Montecarlo es posible modelar relaciones interdependientes entre diferentes variables de entrada. Esto es importante para averiguar con precisión la razón real por la que, cuando algunos factores suben, otros suben o bajan paralelamente. Es así como éste modelo pretende representar una realidad de una manera simplificada.

La simulación presenta ventajas y desventajas que se precisa tener en cuenta en la toma de decisiones sobre un problema determinado. Las ventajas más comunes que ofrece la simulación de acuerdo a García (2013), Coss (1998) y Rodríguez (2011) son:

- A través de un estudio de simulación, se puede estudiar el impacto de los cambios internos y externos al sistema, sin necesidad de llevarlos a cabo en la realidad. Permite experimentar.
- Mejora el conocimiento del proceso actual, ya que permite que el analista vea cómo se comporta el modelo generado bajo diferentes enfoques.
- Puede utilizarse como medio de capacitación para la toma de decisiones.
- Es más económico realizar un estudio de simulación que hacer muchos cambios en los procesos reales.
- Permite probar varios escenarios en busca de las mejores condiciones de trabajo de los procesos que simulan.
- La técnica de simulación puede ser utilizada para experimentar nuevas situaciones, sobre las cuales se tiene poca o ninguna información. A través de ésta experimentación se puede anticipar y mejorar posibles resultados no previstos.
- Es un método directo y flexible.
- Existe un amplio abanico de programas y lenguajes destinados a simular.
- Cuando el modelo matemático es demasiado complicado la simulación permite obtener una aproximación.
- La simulación permite formular condiciones extremas con riesgos nulos.
- Permite estudiar la interacción entre las diferentes variables del problema.
- Mediante la simulación podemos “influir en el tiempo” de los procesos.
- La simulación permite resolver problemas que no tienen solución analítica.

Mientras que las desventajas que la simulación puede presentar son entre otras: (Rodríguez, 2011) y (Tarifa, 2013)

- Aunque muchos paquetes de software permiten obtener el mejor escenario a partir de una combinación de variaciones posibles, la simulación no es una herramienta de optimización, es decir, la simulación no genera soluciones óptimas globales.
- La simulación puede ser costosa cuando se requiere emplearla en problemas relativamente sencillos de resolver, en lugar de utilizar soluciones analíticas.
- Se requiere bastante tiempo para que un modelo de simulación sea desarrollado y perfeccionado.
- Es preciso que el analista domine el uso del paquete de simulación y que tenga sólidos conocimientos de estadística para interpretar los resultados.
- No proporciona la decisión a tomar, sino que resuelve el problema mediante aproximación para unas condiciones iniciales.
- Cada simulación es única, interviene el azar.
- Existe la posibilidad de cometer errores. No se debe olvidar que la experimentación se lleva a cabo con un modelo y no con el sistema real; entonces, si el modelo está mal o se cometen errores en su manejo, los resultados también serán incorrectos.
- No se puede conocer el grado de imprecisión de los resultados. Por lo general el modelo se utiliza para experimentar situaciones nunca planteadas en el sistema real, por lo tanto no existe información previa para estimar el grado de correspondencia entre la respuesta del modelo y la del sistema real.

Considerando tanto ventajas como desventajas se consideró que son mayores los beneficios que ofrece la aplicación de ésta técnica por lo que se aplicó al modelo y más adelante se muestran los resultados. Actualmente existen múltiples softwares que permiten desarrollar modelos matemáticos a través de diferentes lenguajes. Algunos de los principales lenguajes de simulación actualmente utilizados son R, MATLAB, SIMULINK, SIMFACTORY, STARCEL, GPSS, SIMAN, GASP, ARENA y DYNAMO, Crystal Ball, @Risk, XLSAT, entre otros. (Mansini, 2013)

CAPÍTULO 2

ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN MONTECARLO PARA LA DETERMINACIÓN DEL LÍMITE MÁXIMO DE RETENCIÓN EN LA OPERACIÓN DE SEGUROS DE VIDA GRUPO

2.1 Particularidades del seguro de Grupo

En general, una de las particularidades del Seguro de Grupo, sin lugar a dudas es que dentro de cada grupo las características de cada individuo que definen el riesgo son similares, por lo que cada grupo tendrá sus propios rasgos que deberían ser tomados en cuenta en el momento de definir el riesgo. Es importante identificar factores que puedan caracterizar a los grupos particulares y que tengan efectos significativos en la experiencia. (Fuerte, 1996).

Se deben distinguir todos los factores que influyen en el riesgo de asegurar grupos, algunos de ellos podrían ser:

- Edad
- Sexo
- Región
- Ocupación
- Giro

Lamentablemente, la tabla de mortalidad mexicana CNSF 2000–G sólo determina las tasas de mortalidad por edades, desde 12 hasta 100 años, sin hacer ninguna diferencia por cualquier otro factor. (Mendoza, 2000)

También vale la pena destacar en éste apartado los puntos que excluyen de pago para un seguro de vida para una cobertura básica; en forma genérica existen dos

condiciones que pueden afectar el pago del beneficiario contratado (Suma asegurada) por la muerte del asegurado: (Cf Seguros, 2016)

-*Suicidio*: Si ocurre antes de cumplir dos años continuos de vigencia dentro de la póliza, el pago de la suma asegurada no procede. Después de transcurrido éste plazo, el pago del seguro se realizará sin ningún contratiempo.

- *Disputabilidad*: La Aseguradora podrá disputar (no pagar) el beneficio del seguro de vida (Suma Asegurada), cuando el Asegurado fallezca dentro del período de disputabilidad (generalmente casi todas las Aseguradoras manejan dos años continuos de vigencia dentro de la póliza), si descubre que el Asegurado y/o su Contratante mintió u omitió (ocultó) información relevante al riesgo contratado (salud, ocupación, hábitos, aficiones, género de vida, etc.), al momento de contratar el seguro. Después de transcurrido éste plazo, el pago del seguro se realizará sin ningún contratiempo.

2.2 Análisis de la base de datos de la cartera de clientes para el desarrollo del modelo

La base de datos para correr el modelo está constituida por 41,788 registros, que corresponden a una cartera de clientes asegurados en GRUPO; la edad de los asegurados oscila entre los 21 y los 79 años, y la suma asegurada de los clientes está entre los \$50, 125.00 y los \$33, 121,170.00 millones de pesos.

En primer lugar se considera la base de datos está compuesta por la edad del asegurado, la suma asegurada de cada persona. Posteriormente se obtiene la probabilidad de muerte (q_x) usando la tabla 2000-G obtenida de la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas (ver anexo 1). Se calculó la prima anual por medio de la multiplicación de la suma asegurada por la probabilidad de muerte (q_x); y la generación de números aleatorios (entre 0 a 1).

Por otro lado se obtuvo la probabilidad de siniestro, esto es, si la probabilidad de muerte es menor al número aleatorio, entonces el caso no se contabiliza, es decir 0. Sin embargo si la probabilidad de muerte es mayor al número aleatorio entonces si lo contabilizamos por lo tanto tiene el valor de 1, y esto significa que el siniestro ocurrió. También se obtuvo la suma asegurada siniestrada que corresponde a la multiplicación de la suma asegurada de cada uno de los clientes por la probabilidad de siniestro.

Posteriormente se proponen límites de retención. Para cada uno se obtuvo la siguiente información que se presenta también en la misma base de datos:

Suma asegurada retenida: Se obtuvo para cada registro, esto es, el monto de suma asegurada que retiene la aseguradora. Es decir, si la suma asegurada del cliente es menor al límite de retención propuesto entonces se tomó la suma asegurada, pero si la suma asegurada es mayor al límite de retención entonces se tomó el límite de retención.

Suma asegurada cedida: Corresponde al monto que se pasa a reaseguro, es decir, si la suma asegurada es mayor al límite de retención propuesto la cantidad que sobrepase el límite de retención se pasa a reaseguro.

Prima retenida: Consiste en dividir la suma asegurada retenida entre la suma asegurada y multiplicar el resultado por la cantidad de prima anual que se obtuvo.

Prima cedida: Se obtuvo por medio de la diferencia de la prima anual menos la prima retenida.

Suma asegurada siniestrada retenida: Corresponde a la cantidad que la aseguradora tendrá que pagar en caso de que el siniestro efectivamente ocurrió. Se calculó multiplicando la suma asegurada retenida (ya considera el límite de retención) por la probabilidad de siniestro, es decir, es la cantidad que absorbe la empresa tomando en cuenta el límite de retención.

Base de datos de la cartera de clientes de un seguro de vida grupo (ver anexo 2).

2.3 Obtención de la base de datos

La base de datos pertenece a Seguros Banamex se obtuvo por medio de la plataforma de internet de la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas (www.cnsf.gob.mx); la empresa se dedica a operaciones de seguros vida, accidentes, gastos médicos mayores, auto, hogar, robo, atendiendo a más de 1.7 millones de clientes. Para éste análisis se tomó únicamente la base de datos de la cartera de clientes que contrataron un seguro de vida para el año 2015.

2.4 Características generales de los clientes de la cartera

Cabe aclarar que la base de datos que se utilizó para la simulación se puede ajustar a cualquier aseguradora y a cualquier grupo asegurable dentro de los parámetros del Reglamento de Seguro de Vida Grupo, la cual se puede manipular mediante la hoja de Excel para calcular los distintos límites de retención.

La edad de los asegurados se encuentra entre los 21 y los 79 años. La compañía no puede tener clientes más jóvenes esto debido a que la ley prohíbe a los menores 14 años tener una póliza de vida. Una vez que el menor ha cumplido los 14 años y hasta que tenga los 18 años la situación cambia sustancialmente. En este momento, sí podrán contratar un seguro para caso de muerte pero debe ser un tercero el que figure como tomador¹

Para que la póliza sea válida es un requisito indispensable que los representantes legales del menor (padre, madre o tutor) den su consentimiento del contrato por escrito. Los límites de admisión fijados por la compañía son de 18 (dieciocho) años como mínimo y de 65 (sesenta y cinco) años como máximo. Tener más de 65 años suele ser uno de los factores contemplados por la gran mayoría de las compañías para no cubrir

¹Persona que contrata la póliza del seguro

el fallecimiento de una persona. Alcanzada ésta edad, las compañías no aceptarán nuevos usuarios. Ahora bien, si se trata de una persona que ya tenía suscrita una póliza de vida para caso de fallecimiento, la entidad ampliará la cobertura hasta los 70 o incluso 80 años.

Edad Actuarial

Para tarificar el riesgo que le supondría a una compañía asegurar la vida de un usuario determinado y establecer así el precio de la prima se suele usar la edad actuarial, que se calcula teniendo en cuenta el cumpleaños más próximo a la fecha de contratación del seguro de vida. Así, si una persona de 20 años nacida en el mes de marzo suscribe una póliza en diciembre para la aseguradora tendrá ya 21. Ahora bien, si la fecha de efecto del seguro fuera en junio, entonces se le mantendrían los 20 años. (Muñoz, 2006)

Protección o Cobertura

La Compañía pagará a los Beneficiarios en una sola exhibición la Suma Asegurada estipulada en la carátula de la póliza al ocurrir el fallecimiento del Asegurado, siempre que éste fallezca mientras el contrato de Seguro esté vigente. (Muñoz, 2006)

Tipo de seguro

Es un seguro ordinario de vida completa o vitalicia: Éste seguro dura toda la vida del cliente. Si éste cumple los 99 años y aún está con vida, recibe toda la suma asegurada.

Exclusiones para la cobertura total

Descuento de No Fumador: Éste descuento operará únicamente si en la carátula de la póliza se indica “Cláusula de No Fumador”. Consiste en reducir en 2 años la edad para el cálculo de las primas dado que el asegurado se declaró No fumador, por lo tanto, la prima y los valores garantizados a que tenga derecho el asegurado corresponden a la nueva edad de cálculo, respetando la edad mínima de 18 años. (Price, 2009)

Suicidio: En caso de fallecimiento por suicidio del asegurado, ocurrido dentro de los 2 (dos) primeros años de vigencia de ésta póliza o de su última rehabilitación, la

obligación de la Compañía se limitará a devolver la Reserva Matemática disponible en la fecha del fallecimiento. Lo señalado en el texto anterior, aplica sin importar la causa y el estado físico y/o mental del asegurado y también para el incremento de suma asegurada que en su caso se efectúe en la renovación. (Price, 2009)

Omisiones o Declaraciones Inexactas

El Contratante y/o el Asegurado, está(n) obligado(s) a declarar por escrito a la Compañía en la Solicitud del Seguro, exámenes médicos y cuestionarios adicionales, todos los hechos importantes para la apreciación del riesgo y que puedan influir en las condiciones convenidas, tal como los conozca o deba conocer en el momento de celebración del Contrato de Seguro. La omisión o declaración inexacta de tales hechos, facultará a la Compañía para considerar rescindido de pleno derecho el Contrato de Seguro, aunque éstos no hayan influido en la realización del Siniestro. (Price, 2009)

El primer paso que se realizó para la construcción del modelo fue un análisis estadístico utilizando las medidas de tendencia central principales y las medidas de dispersión con la finalidad de conocer de manera más precisa el comportamiento de la base de datos y obtener resultados y conclusiones más certeras.

2.5 Elementos necesarios para el análisis estadístico de la base de datos

A continuación se definen los elementos estadísticos que se utilizaron para describir e interpretar la base de datos que se ocupó para desarrollar el modelo de simulación Montecarlo.

La estadística es el conjunto de métodos y procedimientos que implican recopilación, presentación, ordenación y análisis de datos, con el fin que a partir de ellos pueden inferir conclusiones (Estuardo, 2012).

Elementos utilizados en el Análisis Estadístico: (Rincón, 2007)

- I. Población: Conjunto completo de individuos, objetos o medidas los cuales poseen una característica común observable y que son considerados en un estudio.
- II. Muestra: Es un subconjunto o una porción de la población, de la cual podemos hacer inferencias e interpretación del total de la población.
Muestra Aleatoria: Es aquella obtenida de modo que cada elemento de la población tiene una oportunidad igual e independiente de ser elegido.
- III. Variable: Característica o fenómeno de una población o muestra que es estudiada, la cual puede tomar diferentes valores.
- IV. Parámetro: Es una característica cuantificable de una población.
- V. Datos: Números o medidas que han sido recopiladas como resultado de la observación.
- VI. Distribución de Frecuencia: Es una tabla resumen en la que se disponen los datos divididos en grupos ordenados numéricamente y que se denominan *clases* o *categorías*.

2.6 Medidas de tendencia central

En todo análisis y/o interpretación se pueden utilizar diversas medidas descriptivas que representan las propiedades de tendencia central, dispersión y forma para extraer y resumir las principales características de los datos. Si se calculan a partir de una muestra de datos, se les denomina **estadísticos**; si se les calcula a partir de una población se les denomina **parámetros**. (Estuardo, 2012).

2.6.1 Media Aritmética

La media aritmética de un conjunto de valores $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ se define como el cociente entre la suma de los valores y el número de ellos. Su símbolo es \bar{X} si la media aritmética es de una muestra y μ si la media aritmética es de una población. (Estuardo, 2012).

$$\text{Media muestral: } \bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n}; \quad (2.1)$$

$n = \text{tamaño de la muestra}$

$$\text{Media poblacional: } \mu = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_N}{N} = \sum_{i=1}^N \frac{x_i}{N}; \quad (2.2)$$

$N = \text{tamaño de la población}$

2.6.2 Mediana

Es el valor que se encuentra en el centro de una secuencia ordenada de datos. La mediana no se ve afectada por observaciones extremas en un conjunto de datos.

Por ello, cuando se presenta alguna información extrema, resulta apropiado utilizar la mediana, y no la media, para describir el conjunto de datos. Su símbolo es *Me*. Se deben ordenar los datos de forma creciente o decreciente.

Para muestras con un número impar de observaciones, la mediana es el dato que queda en el centro de dicha ordenación y para muestras con número par de observaciones la mediana es el promedio de los dos datos centrales. (Estuardo, 2012)

2.6.3 Moda

La moda es el valor de un conjunto de datos que aparece con mayor frecuencia. Se le obtiene fácilmente a partir de un arreglo ordenado. A diferencia de la media aritmética, la moda no se afecta ante la ocurrencia de valores extremos. Sin embargo, sólo se utiliza la moda para propósitos descriptivos porque es más variable, para distintas muestras, que las demás medidas de tendencia central. Un conjunto de datos puede tener más de una moda o ninguna. Su símbolo es *Mo*. (Scheaffer, 1987)

2.6.4 Cuartiles, deciles y percentiles

Se generaliza ahora el concepto de mediana. Se analizó que ésta era el valor de la variable que dividía a la muestra (ordenada) en dos mitades iguales. Se definen ahora los cuartiles como los tres valores que dividen la muestra en cuatro partes iguales. Así el primer cuartil $Q1/4$ es la medida tal que el 25 % de los datos sean inferiores a su valor y el 75 % de los datos sean superiores. El segundo cuartil $Q1/2$ coincide con la mediana, mientras que el tercer cuartil $Q3/4$ marca el valor tal que las tres cuartas partes de las observaciones sean inferiores a él y una cuarta parte sea superior. La forma de calcular los cuartiles es igual a la ya vista para la mediana pero sustituyendo $N/2$ por $N/4$ y $3N/4$ para $Q1/4$ y $Q3/4$ respectivamente (Gorjas, 2011).

De la misma forma se puede definir los deciles como aquellos valores de la variable que dividen la muestra ordenada en 10 partes iguales. Éstos valores, denotados por D_k , con $k = 1, 2, \dots, 9$, tienen entonces un valor tal que el decil k -ésimo deja por debajo de él al $10 \times k$ por ciento de los datos de la muestra. De la misma manera se definen los percentiles, como aquellos valores P_k (con $k = 1, 2, \dots, 99$) que dividen la muestra en 100 partes iguales. Es decir el percentil P_k deja por debajo de él al k por ciento de la muestra ordenada. La forma de calcular deciles y percentiles es igual a la de la mediana y los cuartiles, sustituyendo $N/2$ por la fracción del número total de datos correspondiente. (Gorjas, 2011).

2.7 Medidas de dispersión

Una segunda propiedad que describe a un conjunto de datos es la dispersión.

Dispersión es el grado de variación o diseminación de los datos. Dos conjuntos de datos pueden diferir tanto en tendencia central como en dispersión o dos conjuntos de datos pueden tener las mismas medidas de tendencia central, pero diferir mucho en términos de dispersión. (Estuardo, 2012).

Las medidas de dispersión estudian la separación existente entre los diversos valores que toma la variable. Se dividen en medidas de dispersión absoluta y relativa. Las absolutas suelen hacer referencia a un promedio, y permiten estudiar su representatividad. En éste tipo de medidas depende de las unidades, lo que es un inconveniente para realizar comparaciones entre poblaciones. En éste sentido, las medidas de dispersión relativas no dependen de las unidades y permiten comparar variabilidad entre poblaciones. (Ramos, 2013)

Las medidas de dispersión a estudiar son: rango, desviación media, varianza y desviación estándar.

2.7.1 Rango

Indica el número de valores que toma la variable. El rango es la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo de un conjunto de datos. (Estuardo, 2012)

$$R = x_{max} - x_{min} \quad (2.3)$$

El rango mide "la dispersión total" del conjunto de datos. Aunque el rango es una medida de dispersión simple y que se calcula con facilidad, su debilidad preponderante es que no toma en consideración la forma en que se distribuyen los datos entre los valores más pequeños y los más grandes. (Estuardo, 2012)

2.7.2 Desviación media

Es la media aritmética de los valores absolutos de las desviaciones de todos los datos respecto a la media aritmética. Su símbolo es *DM*. (Estuardo, 2012)

$$DM = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|}{n} \quad (2.4)$$

2.7.3 Varianza

La varianza se define como el promedio aritmético de las diferencias entre cada uno de los valores del conjunto de datos y la media aritmética del conjunto elevadas al cuadrado. Su símbolo es S^2 si estamos trabajando con una muestra y σ^2 si estamos trabajando con una población. (Ramos, 2013)

Una varianza grande es indicativa de que la media no es representativa, mientras que una varianza pequeña indica que la media es un buen representante de los datos. (Ramos, 2013)

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} \quad (2.5)$$

x_i : Representa los datos de la muestra

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}{N - 1} \quad (2.6)$$

x_i : Representa los datos de la población

2.7.4 Desviación Estándar

Es la raíz cuadrada positiva de la varianza. (Ramos, 2013)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (2.7)$$

x_i : Representa los datos de la muestra

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \mu)^2}{N - 1}} \quad (2.8)$$

x_i : Representa los datos de la población

Significado de la Varianza y la Desviación Estándar

La varianza y la desviación estándar miden la dispersión "promedio" en torno a la media aritmética, es decir, cómo fluctúan las observaciones mayores por encima de la media aritmética y cómo se distribuyen las observaciones menores por debajo de ella. (Estuardo, 2012).

2.7.5 Coeficiente de Variación

En ocasiones puede interesar comparar la dispersión de dos muestras y la desviación típica no es válida, si las dos muestras tienen unidades diferentes (Ramos, 2013). Para evitar éste inconveniente se define el coeficiente de variación CV como:

$$CV = \frac{S}{\bar{X}} \quad (2.9)$$

En la tabla 2.1 se puede observar el grado en que la media representa al conjunto de datos dependiente del valor del coeficiente de variación.

Tabla 2.1
Utilidad del coeficiente de variación

Valor del C.V.	Grado en que la media representa al conjunto de datos
0-<10%	Media altamente representativa
10%-<20%	Media bastante representativa
20%-<30%	Media tiene representatividad
30%-<40%	Media con representatividad dudosa
40% o más	Media carente de representatividad

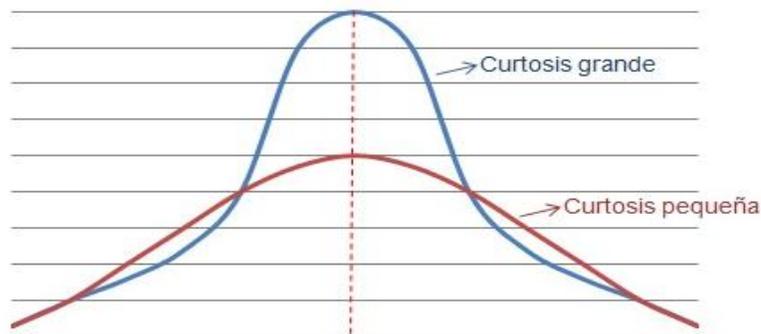
Fuente: Conceptos y Métodos Básicos de Estadística, Elizabeth Ramos, 2013

2.7.6 Curtosis

La curtosis (o apuntamiento) es una medida de forma que mide cuán escarpada o achatada está una curva o distribución. (Ramos, 2013)

Este coeficiente indica la cantidad de datos que hay cercanos a la media, de manera que a mayor grado de curtosis, más apuntada será la forma de la curva. (Ramos, 2013)

Esquema 2.1
Curtosis



Fuente: Elaboración propia para ejemplificar la curtosis

La curtosis se mide promediando la cuarta potencia de la diferencia entre cada elemento del conjunto y la media, dividido entre la desviación típica elevada también a la cuarta potencia. Sea el conjunto $X=(x_1, x_2, \dots, x_N)$, entonces el coeficiente de curtosis es:

$$Curtosis = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^4}{Ns^4} - 3 \quad (2.10)$$

\bar{x} : Media

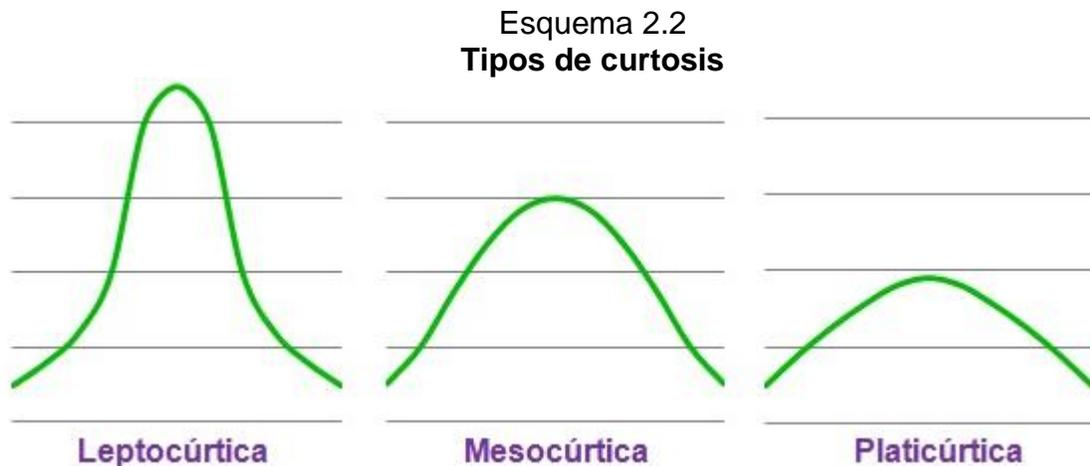
s : Desviación típica

En la fórmula se resta 3 porque es la curtosis de una distribución Normal. Entonces la curtosis vale 0 para la Normal, tomándose a ésta como referencia. (Ramos, 2013)

Tipos de curtosis

Las curvas se pueden clasificar en tres grupos según el signo de su curtosis, es decir, según la forma de la distribución (Maronna, 1995):

- Leptocúrtica: la Curtosis >0 . Los datos están muy concentrados en la media, siendo una curva muy apuntada.
- Mesocúrtica: la Curtosis $=0$. Distribución normal.
- Platicúrtica: la Curtosis <0 . Muy poca concentración de datos en la media, presentando una forma muy achatada.



Fuente: Elaboración propia para ejemplificar los tipos de curtosis

2.8 Análisis estadístico de la edad

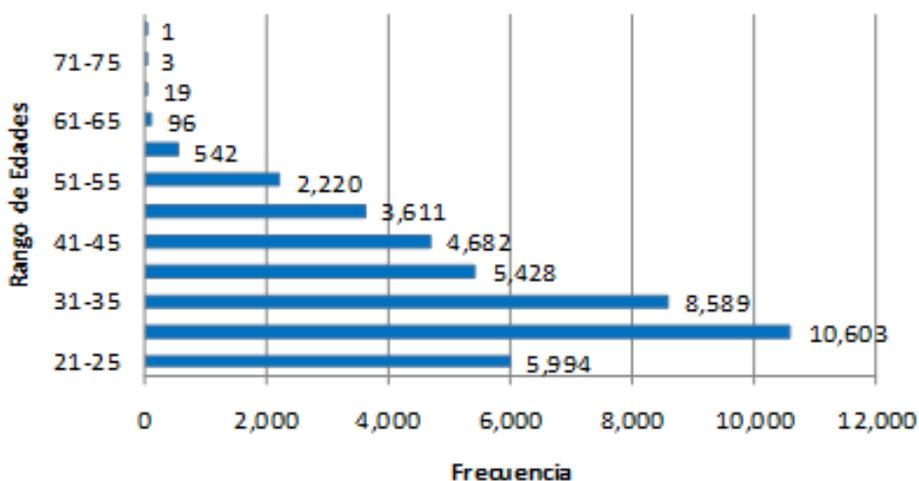
A continuación se procede con el análisis estadístico de la edad, suma asegurada y prima anual.

En la gráfica 2.1 se observa que la mayor cantidad de asegurados se encuentra en el rango de edad de 26 a 30 años con una frecuencia de 10, 603 casos, seguido por el

rango de 31 a 35 años con una frecuencia de 8, 589 casos y en tercer lugar el rango de 21 a 25 años con una frecuencia de 5, 994 casos.

Se concluye que la cartera de clientes es relativamente joven, esto es un aspecto importante a considerar ya que la aseguradora tiene mayores utilidades al contar con asegurados de edades menores al 35 años y con sumas aseguradas altas ya que la probabilidad de muerte es baja por lo tanto los siniestros son menores y existe una mayor posibilidad de conseguir mejores rendimientos desde el punto de vista de la aseguradora.

Gráfica 2.1
Análisis por Edad



Fuente: Elaboración propia con datos de la base de datos

Como se observa en la tabla 2.2 el promedio de edad es de 35 años, la mediana es de 33 años y la edad que se repite más en la base de datos es 27 años. El mayor de los asegurados cuenta con 79 años mientras que el más joven es de 21 años. El rango es de 58 años.

La desviación estándar es de 9.04 mientras que la varianza es de 81.67 y en último lugar la curtosis es de -0.37 por lo tanto es una curtosis platicúrtica, lo que significa que hay muy poca concentración de los datos en la media.

Tabla 2.2

Análisis estadístico de la edad	
Media	34.82
Mediana	33.00
Moda	27.00
Desviación estándar	9.04
Varianza de la muestra	81.67
Curtosis	-0.37
Rango	58.00
Mínimo	21.00
Máximo	79.00
Suma	1,454,859.00
Cuenta	41,788.00

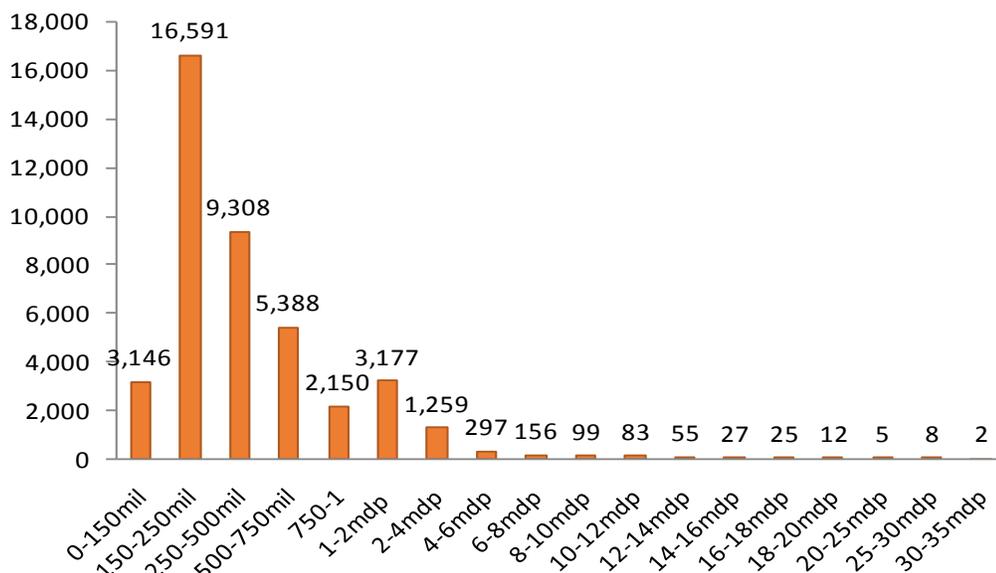
Fuente: Elaboración propia con datos de la base de datos

2.9 Análisis estadístico de la suma asegurada

En la gráfica 2.2 se observa la mayor frecuencia en el rango de la suma asegurada de \$150,000 a \$250,000 pesos con una constancia de 16, 591 casos, seguido por el rango de \$250,000 a \$500,000 pesos con una frecuencia de 9, 308 casos y en tercer lugar el rango de \$500,000 a \$750,000 pesos con un dato de 5, 388 casos; debido al análisis de esta base de datos se resume que las sumas aseguradas más frecuentes para el comportamiento de los datos están entre \$150,000 a \$750,000 pesos, aunque no necesariamente son las más representativas, ya que se presentan sumas aseguradas de hasta 33 millones de pesos.

Gráfica 2.2

Análisis de la Suma Asegurada



Fuente: Elaboración propia con datos de la base de datos

Como se puede ver en la tabla 2.3 el promedio de las sumas aseguradas es de \$628,379.81 pesos, la mediana es de \$270,000 pesos y la suma asegurada que se repite más en la base de datos es \$191,700 pesos. La mayor de las sumas aseguradas es de \$33, 121,770 pesos mientras que la más baja es de \$50,125 pesos. El rango es de \$33, 071, 645 pesos.

La desviación estándar es de 1, 338, 054.11 mientras que la varianza de la muestra es de 1, 790, 388, 810, 424.21 y en último lugar la curtosis es de 105.29 por lo tanto es una curtosis leptocúrtica quiere decir que los datos están muy concentrados en la media.

Tabla 2.3

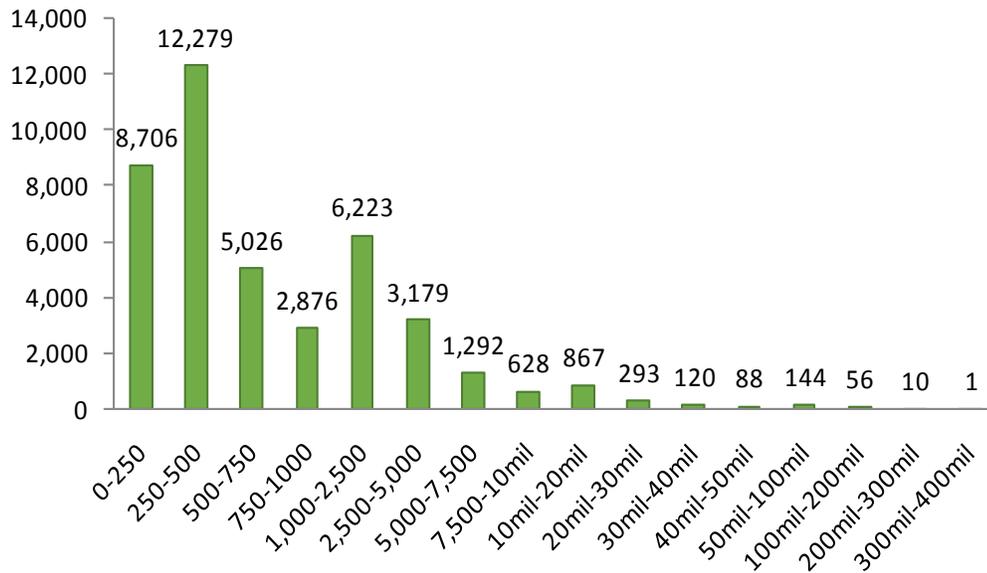
Análisis estadístico de la suma asegurada	
Media	628,379.81
Mediana	270,000.00
Moda	191,700.00
Desviación estándar	1,338,054.11
Varianza de la muestra	1,790,388,810,424.21
Curtosis	105.29
Rango	33,071,645.00
Mínimo	50,125.00
Máximo	33,121,770.00
Suma	26,258,735,639.95
Cuenta	41,788.00

Fuente: Elaboración propia con datos de la base de datos

2.10 Análisis estadístico de la prima anual

Como se observa en la gráfica 2.3 se presenta mayor frecuencia en el rango de la prima anual de \$250 a \$500 pesos con un dato de 12,279 casos, seguido por el rango de \$0 a \$250 pesos con una frecuencia de 8, 706 casos y en tercer lugar el rango de \$1,000 a \$2,500 pesos con 6,223 casos; debido al análisis de esta base de datos se resume que las primas anuales más frecuentes para el comportamiento de los datos están entre \$0 y \$2, 500 pesos, aunque no necesariamente son las más representativas.

Gráfica 2.3
Análisis para la Prima Anual



Fuente: Elaboración propia con datos de la base de datos

Tal como se puede observar en la tabla 2.4 el promedio de las primas anuales es de \$2, 228.15 pesos, la mediana es de \$495.98 pesos y la prima anual que se repite más en la base de datos es \$230.23 pesos. La mayor de las primas anuales es de \$387, 868.72 pesos mientras que la más baja es de \$51.46 pesos. El rango es de \$387, 817.26 pesos.

La desviación estándar es de 8, 500.94 mientras que la varianza de la muestra es de 72, 265, 936.12 y en último lugar la curtosis es de 328.98 por lo tanto es una curtosis leptocúrtica, esto quiere decir que los datos están muy concentrados en la media.

Tabla 2.4

Análisis estadístico de la prima anual	
Media	2,228.15
Mediana	495.98
Moda	230.23
Desviación estándar	8,500.94
Varianza de la muestra	72,265,936.12
Curtosis	328.98
Rango	387,817.26
Mínimo	51.46
Máximo	387,868.72
Suma	93,109,988.33
Cuenta	41,788.00

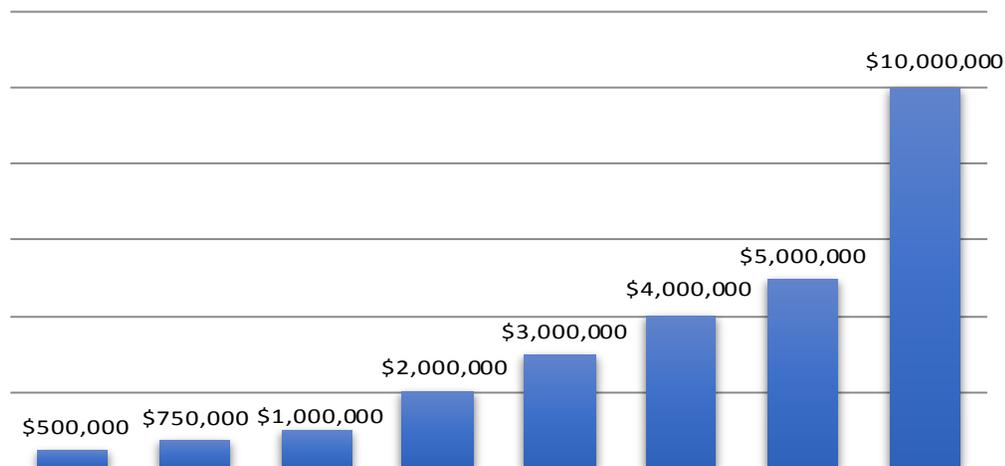
Fuente: Elaboración propia con datos de la base de datos

2.11 Análisis de Asegurados

A continuación se muestra un breve análisis del comportamiento del número de asegurados tomando en cuenta a los límites de retención propuestos para la realización de las simulaciones.

Los límites de retención propuestos son: \$500,000, \$750,000, \$1,000,000, \$2,000,000, \$3,000,000, \$4,000,000, \$5,000,000 y \$10,000,000. Con estas cantidades se realizó el ejercicio para determinar la efectividad del modelo que se analizó en el capítulo 4. (Ver gráfica 2.4)

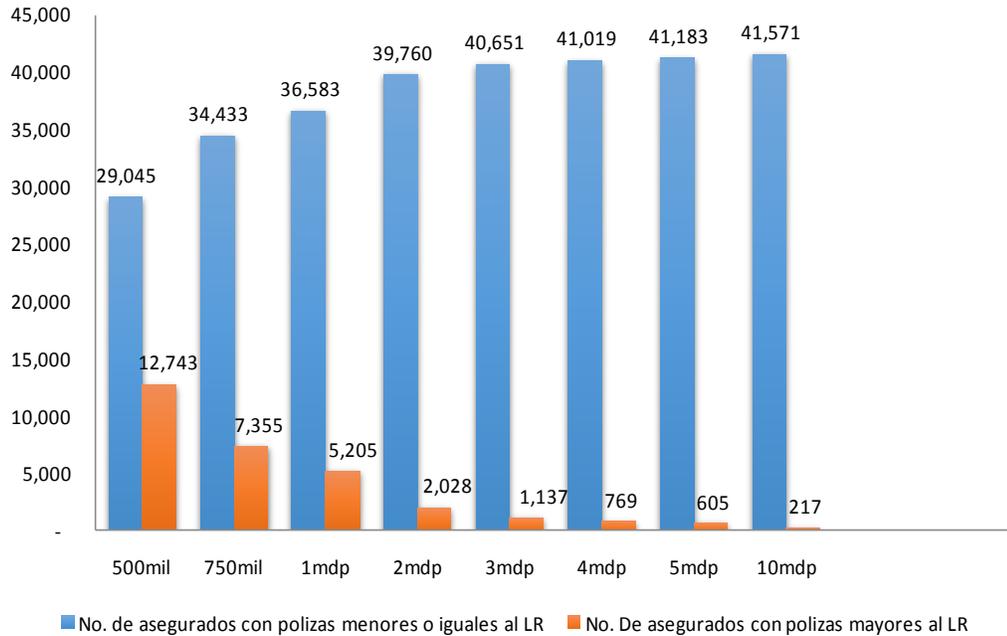
Gráfica 2.4
Límites de Retención propuestos



Fuente: Elaboración propia con datos de la base de datos

En la gráfica 2.5 se observa la cantidad de asegurados que se tienen correspondientes a cada límite de retención propuesto. Se consideró la base de datos completa aún sin aplicar ningún método ni simulación; este análisis se realizó para conocer el comportamiento de la cartera de clientes dependiendo de la suma asegurada de cada registro. Para cada límite de retención se tienen los 41,788 registros totales, y en la gráfica se muestran el total de asegurados con pólizas menores o iguales y también las mayores al límite de retención. Se observa que entre mayor sea el límite de retención se incrementa el número de asegurados con pólizas menores o iguales al respectivo límite de retención.

Gráfica 2.5
Número de Asegurados de acuerdo al límite de retención



Fuente: Elaboración propia con información de la base de datos

De la tabla 2.6 a la 2.13 se muestran los resultados generales para cada límite de retención propuesto. Los siguientes catálogos definen el número de asegurados, el número de pólizas (asegurados) que son menores o iguales y las mayores al límite de retención; se observa también la cantidad de suma asegurada cedida y suma asegurada retenida así como la prima cedida y la prima retenida. Todos estos resultados se muestran también en porcentaje.

Tabla 2.6
Resultados generales para límite de Retención de \$500,000

Límite de retención	500,000
Número de polizas <= 500,000	29,045
Número de polizas > 500,000	12,743
% de polizas <= 500,000	69.51%
% de polizas > 500,000	30.49%
S.A. Retenida	6,858,319,937
S.A. Cedida	19,400,415,703
Prima Retenida	13,683,146
Prima Cedida	79,426,843
% S.A. Retenida	26.12%
% S.A. Cedida	73.88%
% Prima Retenida	14.70%
% Prima Cedida	85.30%

Fuente: Elaboración propia con información de la base de datos

Tabla 2.7
Resultados generales para límite de Retención de \$750,000

Límite de retención	750,000
Número de polizas <= 750,000	34,433
Número de polizas > 750,000	7,355
% de polizas <= 750,000	82.40%
% de polizas > 750,000	17.60%
S.A. Retenida	10,101,514,651
S.A. Cedida	16,157,220,989
Prima Retenida	22,390,516
Prima Cedida	70,719,472
% S.A. Retenida	38.47%
% S.A. Cedida	61.53%
% Prima Retenida	24.05%
% Prima Cedida	75.95%

Fuente: Elaboración propia con información de la base de datos

Tabla 2.8
Resultados generales para límite de Retención de \$1, 000,000

Límite de retención	1,000,000
Número de polizas <= 1,000,000	36,583
Número de polizas > 1,000,000	5,205
% de polizas <= 1,000,000	87.54%
% de polizas > 1,000,000	12.46%
S.A. Retenida	11,964,039,812
S.A. Cedida	14,294,695,828
Prima Retenida	28,279,975
Prima Cedida	64,830,013
% S.A. Retenida	45.56%
% S.A. Cedida	54.44%
% Prima Retenida	30.37%
% Prima Cedida	69.63%

Fuente: Elaboración propia con información de la base de datos

Tabla 2.9
Resultados generales para límite de Retención de \$2, 000,000

Límite de retención	2,000,000
Número de polizas <= 2,000,000	39,760
Número de polizas > 2,000,000	2,028
% de polizas <= 2,000,000	95.15%
% de polizas > 2,000,000	4.85%
S.A. Retenida	16,352,452,023
S.A. Cedida	9,906,283,617
Prima Retenida	44,813,025
Prima Cedida	48,296,963
% S.A. Retenida	62.27%
% S.A. Cedida	37.73%
% Prima Retenida	48.13%
% Prima Cedida	51.87%

Fuente: Elaboración propia con información de la base de datos

Tabla 2.10
Resultados generales para límite de Retención de \$3, 000,000

Límite de retención	3,000,000
Número de polizas <= 3,000,000	40,651
Número de polizas > 3,000,000	1,137
% de polizas <= 3,000,000	97.28%
% de polizas > 3,000,000	2.72%
S.A. Retenida	18,489,549,017
S.A. Cedida	7,769,186,623
Prima Retenida	53,325,392
Prima Cedida	39,784,596
% S.A. Retenida	70.41%
% S.A. Cedida	29.59%
% Prima Retenida	57.27%
% Prima Cedida	42.73%

Fuente: Elaboración propia con información de la base de datos

Tabla 2.11
Resultados generales para límite de Retención de \$4, 000,000

Límite de retención	4,000,000
Número de polizas <= 4,000,000	41,019
Número de polizas > 4,000,000	769
% de polizas <= 4,000,000	98.16%
% de polizas > 4,000,000	1.84%
S.A. Retenida	19,768,395,767
S.A. Cedida	6,490,339,873
Prima Retenida	58,944,426
Prima Cedida	34,165,562
% S.A. Retenida	75.28%
% S.A. Cedida	24.72%
% Prima Retenida	63.31%
% Prima Cedida	36.69%

Fuente: Elaboración propia con información de la base de datos

Tabla 2.12
Resultados generales para límite de Retención de \$5, 000,000

Límite de retención	5,000,000
Número de pólizas <= 5,000,000	41,183
Número de pólizas > 5,000,000	605
% de pólizas <= 5,000,000	98.55%
% de pólizas > 5,000,000	1.45%
S.A. Retenida	20,496,012,931
S.A. Cedida	5,762,722,709
Prima Retenida	62,095,673
Prima Cedida	31,014,315
% S.A. Retenida	78.05%
% S.A. Cedida	21.95%
% Prima Retenida	66.69%
% Prima Cedida	33.31%

Fuente: Elaboración propia con información de la base de datos

Tabla 2.13
Resultados generales para límite de Retención de \$10, 000,000

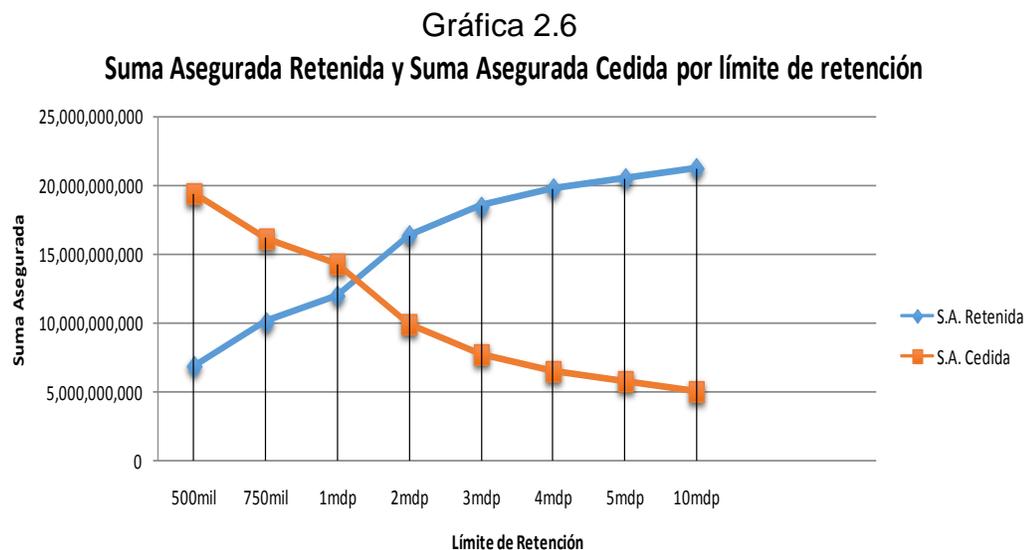
Límite de retención	10,000,000
Número de pólizas <= 10,000,000	41,571
Número de pólizas > 10,000,000	217
% de pólizas <= 10,000,000	99.48%
% de pólizas > 10,000,000	0.52%
S.A. Retenida	21,226,135,301
S.A. Cedida	5,032,600,339
Prima Retenida	65,409,758
Prima Cedida	27,700,230
% S.A. Retenida	80.83%
% S.A. Cedida	19.17%
% Prima Retenida	70.25%
% Prima Cedida	29.75%

Fuente: Elaboración propia con información de la base de datos

Una vez que se corran las simulaciones en el modelo Montecarlo se podrá definir cuál es el límite de retención adecuado para hacer frente a la desviación de la siniestralidad ocurrida.

Como se observa en la gráfica 2.6 la cantidad de suma asegurada retenida y suma asegurada cedida por cada límite de retención considerando que la base de datos aun permanece sin ejecutar ningún ejercicio de simulación. Se muestra que a menor límite de retención la suma asegurada cedida es más alta y por entendido se afirma que a mayor límite de retención la suma asegurada retenida es menor.

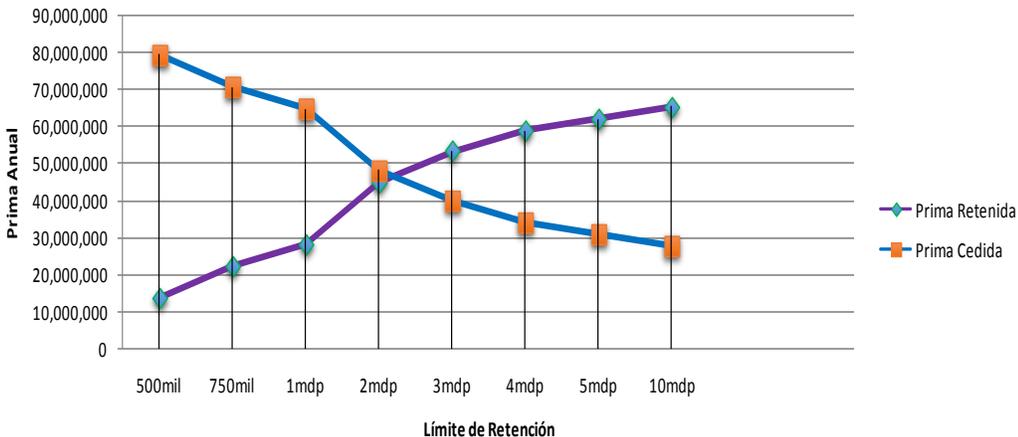
Para el caso del límite de retención de un millón se observa que la suma asegurada retenida y la suma asegurada cedida tienen una diferencia muy baja de \$2,330,656,015 con un resultado de \$11,964,039,812 para la suma asegurada retenida y de \$14,294,695,828 para la suma asegurada cedida. Para los demás casos las diferencias son de más de 6 millones de pesos por lo tanto el límite de retención de \$1, 000,000 de pesos proporciona un equilibrio entre la suma asegurada retenida y la suma asegurada cedida.



Fuente: Elaboración propia con información de la base de datos

En la gráfica 2.7 se muestra el análisis con los resultados de la Prima anual y se tiene que mientras más bajo sea el límite de retención propuesto es más grande la cantidad de prima cedida teniendo un comportamiento similar al de la suma asegurada cedida en el caso de un límite de retención bajo; mientras que si el límite de retención es mayor la proporción de prima retenida y cedida se invierte arrojando mayores cantidades para la prima retenida. Para el caso del límite de retención de \$2, 000, 000 de pesos encontramos el equilibrio entre la prima retenida y la prima cedida teniendo una diferencia entre estas de \$3, 483,938.

Gráfica 2.7
Prima Retenida y Prima Cedida por límite de retención



Fuente: Elaboración propia con información de la base de datos

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA DEL MODELO DE SIMULACIÓN

MONTECARLO PARA LA DETERMINACIÓN DEL LÍMITE

MÁXIMO DE RETENCIÓN EN LA OPERACIÓN DE SEGUROS

VIDA GRUPO

En éste capítulo se describe la técnica utilizada que sirvió como fundamento para el desarrollo del modelo de simulación Montecarlo, para ello se usó una base de datos de asegurados pertenecientes a Seguros Banamex que participa en el mercado mexicano. El modelo se realizó desarrollando macros a través de Visual Basic for applications en Excel.

3.1 Explicación general de los elementos necesarios para el desarrollo de las macros

La fuente para trabajar el modelo fue la base de datos de Seguros Banamex de la cual se obtuvo: Edad y Suma Asegurada, información necesaria para el desarrollo del modelo. A continuación se muestra la composición de la base de datos así como la metodología usada para la obtención de resultados.

El archivo de Excel lleva por nombre “Modelo límites de retención”. Como se observa en la tabla 3.1 el archivo cuenta con cinco hojas de trabajo que son: Base de datos, Simulador, Escenarios, Tabla 2000-G y RBS (Requerimiento Bruto de Solvencia).

Tabla 3.1
Diferentes hojas de trabajo en Excel que integran la base de datos

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Cartera de asegurados del año 2015 de Seguros Banamex para el Ramo de Vida Grupo											
2	LR 500,000											
3												
4	Edad	Suma asegurada	q_x	Prima anual	Números aleatorios	Probabilidad de siniestro	S.A. siniestrada	S.A. Retenida	Prima retenida	S.A. cedida	Prima cedida	S.A. siniestrada retenida
5	21	51,619	0.000997	51.46	0.633095019	0	0	51,619	51	0	0	0
6	21	52,487	0.000997	52.33	0.557878225	0	0	52,487	52	0	0	0
7	22	52,886	0.001031	54.53	0.691838179	0	0	52,886	55	0	0	0
8	23	52,109	0.001069	55.70	0.311992621	0	0	52,109	56	0	0	0
9	21	60,735	0.000997	60.55	0.339024994	0	0	60,735	61	0	0	0
10	25	50,182	0.001153	57.86	0.967860098	0	0	50,182	58	0	0	0
11	24	52,918	0.001109	58.69	0.1181604	0	0	52,918	59	0	0	0
12	23	56,136	0.001069	60.01	0.213767475	0	0	56,136	60	0	0	0
13	22	59,184	0.001031	61.02	0.33929943	0	0	59,184	61	0	0	0
14	22	59,377	0.001031	61.22	0.482560718	0	0	59,377	61	0	0	0
15	22	59,493	0.001031	61.34	0.855818474	0	0	59,493	61	0	0	0
16	24	54,098	0.001109	59.99	0.237073471	0	0	54,098	60	0	0	0
17	23	57,107	0.001069	61.05	0.031656482	0	0	57,107	61	0	0	0
18	25	52,162	0.001153	60.14	0.437220456	0	0	52,162	60	0	0	0
19	24	55,217	0.001109	61.24	0.426545289	0	0	55,217	61	0	0	0
20	24	55,317	0.001109	61.35	0.475179214	0	0	55,317	61	0	0	0
21	21	64,634	0.000997	64.44	0.11852315	0	0	64,634	64	0	0	0
22	24	56,504	0.001109	62.66	0.200188718	0	0	56,504	63	0	0	0
23	24	56,969	0.001109	63.18	0.250246615	0	0	56,969	63	0	0	0
24	23	59,832	0.001069	63.96	0.960678808	0	0	59,832	64	0	0	0
25	24	57,522	0.001109	63.79	0.884251193	0	0	57,522	64	0	0	0
26	26	52,303	0.001201	62.82	0.110049069	0	0	52,303	63	0	0	0
27	24	58,203	0.001109	64.55	0.821328942	0	0	58,203	65	0	0	0
28	26	52,827	0.001201	63.45	0.721271331	0	0	52,827	63	0	0	0
29	22	64,308	0.001031	66.30	0.517749813	0	0	64,308	66	0	0	0
30	27	51,159	0.001252	64.05	0.546027738	0	0	51,159	64	0	0	0
31	24	59,769	0.001109	66.28	0.680270249	0	0	59,769	66	0	0	0
32	23	62,787	0.001069	67.12	0.437112775	0	0	62,787	67	0	0	0
33	25	57,447	0.001153	66.24	0.485408668	0	0	57,447	66	0	0	0

Fuente: Elaboración propia con información de la base de datos

3.2 Hoja de Trabajo “Base de Datos”

En la primera hoja de trabajo de Excel (Base de datos) se colocó la información obtenida de la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas mencionada anteriormente; recordemos que el modelo es adaptable a cualquier aseguradora y a cualquier grupo asegurable.

En la tabla 3.2 se muestran las primeras dos columnas que corresponden a las mínimas necesarias para la construcción de la base de datos y para trabajar el modelo de simulación, éstas son: Edad y Suma Asegurada.

Tabla 3.2
Primeras dos columnas que conforman la base de datos

Edad	Suma asegurada	q_x	Prima anual	Números aleatorios	Probabilidad de siniestro	S.A. siniestrada
21	51,619	0.000997	51.46	0.796202893	0	0
21	52,487	0.000997	52.33	0.610610239	0	0
22	52,886	0.001031	54.53	0.679793118	0	0
23	52,109	0.001069	55.70	0.369235351	0	0
21	60,735	0.000997	60.55	0.098461245	0	0
25	50,182	0.001153	57.86	0.937479496	0	0
24	52,918	0.001109	58.69	0.601303519	0	0
23	56,136	0.001069	60.01	0.688287615	0	0
22	59,184	0.001031	61.02	0.979518282	0	0
22	59,377	0.001031	61.22	0.617345246	0	0
22	59,493	0.001031	61.34	0.739379805	0	0
24	54,098	0.001109	59.99	0.667865395	0	0
23	57,107	0.001069	61.05	0.41611321	0	0
25	52,162	0.001153	60.14	0.24423539	0	0
24	55,217	0.001109	61.24	0.93023639	0	0
24	55,317	0.001109	61.35	0.566874293	0	0
21	64,634	0.000997	64.44	0.570173195	0	0
24	56,504	0.001109	62.66	0.68490512	0	0
24	56,969	0.001109	63.18	0.41372554	0	0
23	59,832	0.001069	63.96	0.589778636	0	0
24	57,522	0.001109	63.79	0.294792771	0	0
26	52,303	0.001201	62.82	0.307762945	0	0

Fuente: Elaboración propia con información de la base de datos

En primer lugar, se calculó la información que complementa la base de datos mediante el uso de fórmulas y tablas auxiliares que se revisan en éste mismo capítulo conforme se avance en el análisis.

Como se muestra en la tabla 3.3, la tercera columna de la base datos corresponde a q_x que es la probabilidad de muerte de acuerdo a la edad del asegurado. Como se mencionó en el capítulo dos esta información proviene de la tabla 2000-G de la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas (ver anexo 1).

Tabla 3.3
Columna correspondiente a q_x

Edad	Suma asegurada	q_x	Prima anual	Números aleatorios	Probabilidad de siniestro	S.A. siniestrada
21	51,619	0.000997	51.46	0.796202893	0	0
21	52,487	0.000997	52.33	0.610610239	0	0
22	52,886	0.001031	54.53	0.679793118	0	0
23	52,109	0.001069	55.70	0.369235351	0	0
21	60,735	0.000997	60.55	0.098461245	0	0
25	50,182	0.001153	57.86	0.937479496	0	0
24	52,918	0.001109	58.69	0.601303519	0	0
23	56,136	0.001069	60.01	0.688287615	0	0
22	59,184	0.001031	61.02	0.979518282	0	0
22	59,377	0.001031	61.22	0.617345246	0	0
22	59,493	0.001031	61.34	0.739379805	0	0
24	54,098	0.001109	59.99	0.667865395	0	0
23	57,107	0.001069	61.05	0.41611321	0	0
25	52,162	0.001153	60.14	0.24423539	0	0
24	55,217	0.001109	61.24	0.93023639	0	0
24	55,317	0.001109	61.35	0.566874293	0	0
21	64,634	0.000997	64.44	0.570173195	0	0
24	56,504	0.001109	62.66	0.68490512	0	0
24	56,969	0.001109	63.18	0.41372554	0	0
23	59,832	0.001069	63.96	0.589778636	0	0
24	57,522	0.001109	63.79	0.294792771	0	0
26	52,303	0.001201	62.82	0.307762945	0	0
24	58,203	0.001109	64.55	0.116907549	0	0
26	52,827	0.001201	63.45	0.187131353	0	0

Fuente: Elaboración propia con información de la base de datos

Posteriormente se calculó la *Prima anual* (como se mencionó en el capítulo uno, la prima anual en éste caso corresponde a la Prima Pura de Riesgo); éste dato es el resultado de multiplicar la Suma Asegurada por la Probabilidad de muerte (q_x) para cada uno de los registros. Corresponde al riesgo puro de la operación; esto es, con éste monto aseguramos que se está cubriendo el pago de la suma asegurada en caso de que el siniestro ocurra en relación a su probabilidad de muerte. Es el costo del seguro por el beneficio básico. Se observa en la tabla 3.4 de a continuación.

Tabla 3.4
Columna correspondiente a la Prima Anual

SUMA							
=+B5*C5							
	A	B	C	D	E	F	G
4	Edad	Suma asegurada	q _x	Prima anual	Números aleatorios	Probabilidad de siniestro	S.A. siniestrada
5	21	51,619	0.000997	=+B5*C5	0.796202893	0	0
6	21	52,487	0.000997	52.33	0.610610239	0	0
7	22	52,886	0.001031	54.53	0.679793118	0	0
8	23	52,109	0.001069	55.70	0.369235351	0	0
9	21	60,735	0.000997	60.55	0.098461245	0	0
10	25	50,182	0.001153	57.86	0.937479496	0	0
11	24	52,918	0.001109	58.69	0.601303519	0	0
12	23	56,136	0.001069	60.01	0.688287615	0	0
13	22	59,184	0.001031	61.02	0.979518282	0	0
14	22	59,377	0.001031	61.22	0.617345246	0	0
15	22	59,493	0.001031	61.34	0.739379805	0	0
16	24	54,098	0.001109	59.99	0.667865395	0	0
17	23	57,107	0.001069	61.05	0.41611321	0	0
18	25	52,162	0.001153	60.14	0.24423539	0	0
19	24	55,217	0.001109	61.24	0.93023639	0	0
20	24	55,317	0.001109	61.35	0.566874293	0	0
21	21	64,634	0.000997	64.44	0.570173195	0	0
22	24	56,504	0.001109	62.66	0.68490512	0	0
23	24	56,969	0.001109	63.18	0.41372554	0	0
24	23	59,832	0.001069	63.96	0.589778636	0	0
25	24	57,522	0.001109	63.79	0.294792771	0	0

Fuente: Elaboración propia con información de la base de datos

El paso siguiente fue generar números aleatorios entre cero y uno a través de la fórmula +ALEATORIO (Ver Anexo 4, Generación de Números Aleatorios). (Ver tabla 3.5).

Tabla 3.5
Columna correspondiente a Números Aleatorios

E5							
=ALEATORIO()							
	A	B	C	D	E	F	G
4	Edad	Suma asegurada	q _x	Prima anual	Números aleatorios	Probabilidad de siniestro	S.A. siniestrada
5	21	51,619	0.000997	51.46	0.796202893	0	0
6	21	52,487	0.000997	52.33	0.610610239	0	0
7	22	52,886	0.001031	54.53	0.679793118	0	0
8	23	52,109	0.001069	55.70	0.369235351	0	0
9	21	60,735	0.000997	60.55	0.098461245	0	0
10	25	50,182	0.001153	57.86	0.937479496	0	0
11	24	52,918	0.001109	58.69	0.601303519	0	0
12	23	56,136	0.001069	60.01	0.688287615	0	0
13	22	59,184	0.001031	61.02	0.979518282	0	0
14	22	59,377	0.001031	61.22	0.617345246	0	0
15	22	59,493	0.001031	61.34	0.739379805	0	0
16	24	54,098	0.001109	59.99	0.667865395	0	0
17	23	57,107	0.001069	61.05	0.41611321	0	0
18	25	52,162	0.001153	60.14	0.24423539	0	0
19	24	55,217	0.001109	61.24	0.93023639	0	0
20	24	55,317	0.001109	61.35	0.566874293	0	0
21	21	64,634	0.000997	64.44	0.570173195	0	0
22	24	56,504	0.001109	62.66	0.68490512	0	0
23	24	56,969	0.001109	63.18	0.41372554	0	0
24	23	59,832	0.001069	63.96	0.589778636	0	0

Fuente: Elaboración propia con información de la base de datos

Por lo tanto, junto con la probabilidad de muerte (q_x) de los asegurados ésta columna es la clave del modelo de simulación Montecarlo ya que se continua con la premisa de que cada uno de los asegurados tiene la misma probabilidad de adquirir cierto valor incierto dentro del ejercicio y así se obtuvieron los datos para complementar la siguiente columna de la base de datos: *Probabilidad de Siniestro*.

Probabilidad de Siniestro (Probabilidad de Ocurrencia), esto es, si la Probabilidad de Muerte es menor a la Probabilidad de Ocurrencia entonces el siniestro No ocurre, en otro caso, si la Probabilidad de Muerte es mayor a la Probabilidad de Ocurrencia quiere decir que el siniestro SI ocurre; por lo tanto el valor es de 0 es para describir que el siniestro no ocurrió y el valor de 1 es para definir que SI ocurrió. (Ver tabla 3.6)

Tabla 3.6
Columna correspondiente a Probabilidad de Siniestro

SUMA							=+SI(C5<E5,0,1)
	A	B	C	D	E	F	G
	Edad	Suma asegurada	q_x	Prima anual	Números aleatorios	Probabilidad de siniestro	S.A. siniestrada
4							
5	21	51,619	0.000997	51.46		=+SI(C5<E5,0,1)	
6	21	52,487	0.000997	52.33	0.610610239	0	0
7	22	52,886	0.001031	54.53	0.679793118	0	0
8	23	52,109	0.001069	55.70	0.369235351	0	0
9	21	60,735	0.000997	60.55	0.098461245	0	0
10	25	50,182	0.001153	57.86	0.937479496	0	0
11	24	52,918	0.001109	58.69	0.601303519	0	0
12	23	56,136	0.001069	60.01	0.688287615	0	0
13	22	59,184	0.001031	61.02	0.979518282	0	0
14	22	59,377	0.001031	61.22	0.617345246	0	0
15	22	59,493	0.001031	61.34	0.739379805	0	0
16	24	54,098	0.001109	59.99	0.667865395	0	0
17	23	57,107	0.001069	61.05	0.41611321	0	0
18	25	52,162	0.001153	60.14	0.24423539	0	0
19	24	55,217	0.001109	61.24	0.93023639	0	0
20	24	55,317	0.001109	61.35	0.566874293	0	0
21	21	64,634	0.000997	64.44	0.570173195	0	0
22	24	56,504	0.001109	62.66	0.68490512	0	0
23	24	56,969	0.001109	63.18	0.41372554	0	0
24	23	59,832	0.001069	63.96	0.589778636	0	0
25	24	57,522	0.001109	63.79	0.294792771	0	0

Fuente: Elaboración propia con información de la base de datos

Cálculo de Suma Asegurada Siniestrada: Corresponde al monto que tendrá que pagar a la aseguradora en caso de que el siniestro ocurra. Resultó de la multiplicación de la suma asegurada original por la probabilidad de ocurrencia (0 si el siniestro no ocurrió o 1 si el siniestro ocurrió), ver tabla 3.7.

Tabla 3.7
Columna correspondiente a Suma Asegurada Siniestrada

SUMA							=+F5*B5
A	B	C	D	E	F	G	
1	Cartera de asegurados del año 2015 de Seguros						
2							
3							
4	Edad	Suma asegurada	q _x	Prima anual	Números aleatorios	Probabilidad de siniestro	S.A. siniestrada
5	21	51,619	0.000997	51.46	0.796202893	0	=+F5*B5
6	21	52,487	0.000997	52.33	0.610610239	0	0
7	22	52,886	0.001031	54.53	0.679793118	0	0
8	23	52,109	0.001069	55.70	0.369235351	0	0
9	21	60,735	0.000997	60.55	0.098461245	0	0
10	25	50,182	0.001153	57.86	0.937479496	0	0
11	24	52,918	0.001109	58.69	0.601303519	0	0
12	23	56,136	0.001069	60.01	0.688287615	0	0
13	22	59,184	0.001031	61.02	0.979518282	0	0
14	22	59,377	0.001031	61.22	0.617345246	0	0
15	22	59,493	0.001031	61.34	0.739379805	0	0
16	24	54,098	0.001109	59.99	0.667865395	0	0
17	23	57,107	0.001069	61.05	0.41611321	0	0
18	25	52,162	0.001153	60.14	0.24423539	0	0
19	24	55,217	0.001109	61.24	0.93023639	0	0
20	24	55,317	0.001109	61.35	0.566874293	0	0
21	21	64,634	0.000997	64.44	0.570173195	0	0
22	24	56,504	0.001109	62.66	0.68490512	0	0
23	24	56,969	0.001109	63.18	0.41372554	0	0
24	23	59,832	0.001069	63.96	0.589778636	0	0
25	24	57,522	0.001109	63.79	0.294792771	0	0

Fuente: Elaboración propia con información de la base de datos

A partir de este momento en la constitución de la base de datos se agregaron las columnas de Suma Asegurada Retenida, Prima Retenida, Suma Asegurada Cedida, Prima Cedida, Suma Asegurada Siniestrada Retenida. Estos datos se muestran para cada uno de los diferentes límites de retención propuestos formándose una tabla completa con toda la información.

A continuación se procede a describir las columnas antes mencionadas para el primer límite de retención (\$500,000) y todos los demás se pueden consultar en el anexo 7.

Los siguientes cálculos (correspondientes a las columnas H e I) fueron los de *Suma Asegurada Retenida* y *Prima Retenida*. El primer dato corresponde al monto que la aseguradora retiene una vez que se consideró un límite de retención. Esto es, si la suma asegurada original sobrepasa el límite de retención propuesto, entonces se consideró únicamente el límite de retención; si la suma asegurada es menor al límite de retención se tomó el dato de Suma Asegurada. (Ver tabla 3.8)

Tabla 3.8
Columna correspondiente a Suma Asegurada Retenida

SUMA												
=+MIN(B5,\$AX\$4)												
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
Cartera de asegurados del año 2015 de Seguros Banamex para el Ramo de Vida Grupo												
							LR 500,000					
Edad	Suma asegurada	q _x	Prima anual	Números aleatorios	Probabilidad de siniestro	S.A. siniestrada	S.A. Retenida	Prima retenida	S.A. cedida	Prima cedida	S.A. siniestrada retenida	
21	51,619	0.000997	51.46	0.796202893	0		=+MIN(B5,\$AX\$4)		0	0	0	
21	52,487	0.000997	52.33	0.610610239	0	0	52,487	52	0	0	0	
22	52,886	0.001031	54.53	0.679793118	0	0	52,886	55	0	0	0	
23	52,109	0.001069	55.70	0.369235351	0	0	52,109	56	0	0	0	
21	60,735	0.000997	60.55	0.098461245	0	0	60,735	61	0	0	0	
25	50,182	0.001153	57.86	0.937479496	0	0	50,182	58	0	0	0	
24	52,918	0.001109	58.69	0.601303519	0	0	52,918	59	0	0	0	
23	56,136	0.001069	60.01	0.688287615	0	0	56,136	60	0	0	0	
22	59,184	0.001031	61.02	0.979518282	0	0	59,184	61	0	0	0	
22	59,377	0.001031	61.22	0.617345246	0	0	59,377	61	0	0	0	
22	59,493	0.001031	61.34	0.739379805	0	0	59,493	61	0	0	0	
24	54,098	0.001109	59.99	0.667865395	0	0	54,098	60	0	0	0	
23	57,107	0.001069	61.05	0.41611321	0	0	57,107	61	0	0	0	
25	52,162	0.001153	60.14	0.24423539	0	0	52,162	60	0	0	0	
24	55,217	0.001109	61.24	0.93023639	0	0	55,217	61	0	0	0	
24	55,317	0.001109	61.35	0.566874293	0	0	55,317	61	0	0	0	

Fuente: Elaboración propia con información de la base de datos

El dato de Prima Retenida es la proporción de la Prima anual que retiene la aseguradora. Ésta secuencia de datos se obtuvo dividiendo la Suma Asegurada Retenida entre la Suma Asegurada original y el resultado se multiplicó por la prima anual (Ver tabla 3.9)

Tabla 3.9
Columna correspondiente a Prima Retenida

SUMA												
=+(H5/B5)*D5												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Cartera de asegurados del año 2015 de Seguros Banamex para el Ramo de Vida Grupo											
2	LR 500,000											
3												
4	Edad	Suma asegurada	q _x	Prima anual	Números aleatorios	Probabilidad de siniestro	S.A. siniestrada	S.A. Retenida	Prima retenida	S.A. cedida	Prima cedida	S.A. siniestrada retenida
5	21	51,619	0.000997	51.46	0.796202893	0	0	=+(H5/B5)*D5		0	0	0
6	21	52,487	0.000997	52.33	0.610610239	0	0	52,487	52	0	0	0
7	22	52,886	0.001031	54.53	0.679793118	0	0	52,886	55	0	0	0
8	23	52,109	0.001069	55.70	0.369235351	0	0	52,109	56	0	0	0
9	21	60,735	0.000997	60.55	0.098461245	0	0	60,735	61	0	0	0
10	25	50,182	0.001153	57.86	0.937479496	0	0	50,182	58	0	0	0
11	24	52,918	0.001109	58.69	0.601303519	0	0	52,918	59	0	0	0
12	23	56,136	0.001069	60.01	0.688287615	0	0	56,136	60	0	0	0
13	22	59,184	0.001031	61.02	0.979518282	0	0	59,184	61	0	0	0
14	22	59,377	0.001031	61.22	0.617345246	0	0	59,377	61	0	0	0
15	22	59,493	0.001031	61.34	0.739379805	0	0	59,493	61	0	0	0
16	24	54,098	0.001109	59.99	0.667865395	0	0	54,098	60	0	0	0
17	23	57,107	0.001069	61.05	0.41611321	0	0	57,107	61	0	0	0
18	25	52,162	0.001153	60.14	0.24423539	0	0	52,162	60	0	0	0
19	24	55,217	0.001109	61.24	0.93023639	0	0	55,217	61	0	0	0
20	24	55,317	0.001109	61.35	0.566874293	0	0	55,317	61	0	0	0

Fuente: Elaboración propia con información de la base de datos

Lo siguiente fue calcular la *Suma Asegurada Cedida* y la *Prima Cedida*. El primer dato es la diferencia entre la Suma Asegurada original y la Suma Asegurada Retenida. (Ver tabla 3.10) y la *Prima Cedida*, es la diferencia de la prima anual menos la prima retenida. (Ver tabla 3.11)

Tabla 3.10
Columna correspondiente a Suma Asegurada Cedida

SUMA												
=+B5-H5												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Cartera de asegurados del año 2015 de Seguros Banamex para el Ramo de Vida Grupo											
2	LR 500,000											
3												
4	Edad	Suma asegurada	q _x	Prima anual	Números aleatorios	Probabilidad de siniestro	S.A. siniestrada	S.A. Retenida	Prima retenida	S.A. cedida	Prima cedida	S.A. siniestrada retenida
5	21	51,619	0.000997	51.46	0.796202893	0	0	51,619	51	=+B5-H5	0	0
6	21	52,487	0.000997	52.33	0.610610239	0	0	52,487	52	0	0	0
7	22	52,886	0.001031	54.53	0.679793118	0	0	52,886	55	0	0	0
8	23	52,109	0.001069	55.70	0.369235351	0	0	52,109	56	0	0	0
9	21	60,735	0.000997	60.55	0.098461245	0	0	60,735	61	0	0	0
10	25	50,182	0.001153	57.86	0.937479496	0	0	50,182	58	0	0	0
11	24	52,918	0.001109	58.69	0.601303519	0	0	52,918	59	0	0	0
12	23	56,136	0.001069	60.01	0.688287615	0	0	56,136	60	0	0	0
13	22	59,184	0.001031	61.02	0.979518282	0	0	59,184	61	0	0	0
14	22	59,377	0.001031	61.22	0.617345246	0	0	59,377	61	0	0	0
15	22	59,493	0.001031	61.34	0.739379805	0	0	59,493	61	0	0	0
16	24	54,098	0.001109	59.99	0.667865395	0	0	54,098	60	0	0	0
17	23	57,107	0.001069	61.05	0.41611321	0	0	57,107	61	0	0	0
18	25	52,162	0.001153	60.14	0.24423539	0	0	52,162	60	0	0	0
19	24	55,217	0.001109	61.24	0.93023639	0	0	55,217	61	0	0	0
20	24	55,317	0.001109	61.35	0.566874293	0	0	55,317	61	0	0	0

Fuente: Elaboración propia con información de la base de datos

Tabla 3.11
Columna correspondiente a Prima Cedida

SUMA												
=+D5-I5												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Cartera de asegurados del año 2015 de Seguros Banamex para el Ramo de Vida Grupo											
2	LR 500,000											
3	Edad	Suma asegurada	q _x	Prima anual	Números aleatorios	Probabilidad de siniestro	S.A. siniestrada	S.A. Retenida	Prima retenida	S.A. cedida	Prima cedida	S.A. siniestrada retenida
4	21	51,619	0.000997	51.46	0.796202893	0	0	51,619	51	0	=+D5-I5	0
5	21	52,487	0.000997	52.33	0.610610239	0	0	52,487	52	0	0	0
6	22	52,886	0.001031	54.53	0.679793118	0	0	52,886	55	0	0	0
7	23	52,109	0.001069	55.70	0.369235351	0	0	52,109	56	0	0	0
8	21	60,735	0.000997	60.55	0.098461245	0	0	60,735	61	0	0	0
9	25	50,182	0.001153	57.86	0.937479496	0	0	50,182	58	0	0	0
10	24	52,918	0.001109	58.69	0.601303519	0	0	52,918	59	0	0	0
11	23	56,136	0.001069	60.01	0.688287615	0	0	56,136	60	0	0	0
12	22	59,184	0.001031	61.02	0.979518282	0	0	59,184	61	0	0	0
13	22	59,377	0.001031	61.22	0.617345246	0	0	59,377	61	0	0	0
14	22	59,493	0.001031	61.34	0.739379805	0	0	59,493	61	0	0	0
15	24	54,098	0.001109	59.99	0.667865395	0	0	54,098	60	0	0	0
16	23	57,107	0.001069	61.05	0.41611321	0	0	57,107	61	0	0	0
17	25	52,162	0.001153	60.14	0.24423539	0	0	52,162	60	0	0	0
18	24	55,217	0.001109	61.24	0.93023639	0	0	55,217	61	0	0	0
19	24	55,317	0.001109	61.35	0.566874293	0	0	55,317	61	0	0	0

Fuente: Elaboración propia con información de la base de datos

Cálculo de Suma Asegurada Siniestrada Retenida: La suma asegurada siniestrada retenida se obtuvo multiplicando la suma asegurada retenida por la probabilidad de siniestro que corresponda a cada registro. (Ver tabla 3.12)

Tabla 3.12
Columna correspondiente a Suma Asegurada Siniestrada Retenida

SUMA												
=+H5*F5												
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Cartera de asegurados del año 2015 de Seguros Banamex para el Ramo de Vida Grupo											
2	LR 500,000											
3	Edad	Suma asegurada	q _x	Prima anual	Números aleatorios	Probabilidad de siniestro	S.A. siniestrada	S.A. Retenida	Prima retenida	S.A. cedida	Prima cedida	S.A. siniestrada retenida
4	21	51,619	0.000997	51.46	0.796202893	0	0	51,619	51	0	0	=+H5*F5
5	21	52,487	0.000997	52.33	0.610610239	0	0	52,487	52	0	0	0
6	22	52,886	0.001031	54.53	0.679793118	0	0	52,886	55	0	0	0
7	23	52,109	0.001069	55.70	0.369235351	0	0	52,109	56	0	0	0
8	21	60,735	0.000997	60.55	0.098461245	0	0	60,735	61	0	0	0
9	25	50,182	0.001153	57.86	0.937479496	0	0	50,182	58	0	0	0
10	24	52,918	0.001109	58.69	0.601303519	0	0	52,918	59	0	0	0
11	23	56,136	0.001069	60.01	0.688287615	0	0	56,136	60	0	0	0
12	22	59,184	0.001031	61.02	0.979518282	0	0	59,184	61	0	0	0
13	22	59,377	0.001031	61.22	0.617345246	0	0	59,377	61	0	0	0
14	22	59,493	0.001031	61.34	0.739379805	0	0	59,493	61	0	0	0
15	24	54,098	0.001109	59.99	0.667865395	0	0	54,098	60	0	0	0
16	23	57,107	0.001069	61.05	0.41611321	0	0	57,107	61	0	0	0
17	25	52,162	0.001153	60.14	0.24423539	0	0	52,162	60	0	0	0
18	24	55,217	0.001109	61.24	0.93023639	0	0	55,217	61	0	0	0
19	24	55,317	0.001109	61.35	0.566874293	0	0	55,317	61	0	0	0

Fuente: Elaboración propia con información de la base de datos

En la parte superior derecha de ésta hoja de trabajo (seguido de la base de datos) se observa un Cuadro Resumen (Ver tabla 3.13) que agrupa la información general de la base de datos de la siguiente manera:

Tabla 3.13
Cuadro resumen que compila la información general de la base de datos

AX4		fxc 500000							
	AW	AX	AY	AZ	BA	BB	BC	BD	BE
1									
2									
3	Concepto	500,000	750,000	1MDP	2MDP	3MDP	4MDP	5MDP	10MDP
4	Limite de retención	500,000	750,000	1,000,000	2,000,000	3,000,000	4,000,000	5,000,000	10,000,000
5	Siniestros ocurridos	100	100	100	100	100	100	100	100
6	S.A. Total	26,258,735,640	26,258,735,640	26,258,735,640	26,258,735,640	26,258,735,640	26,258,735,640	26,258,735,640	26,258,735,640
7	Prima Total	93,109,988	93,109,988	93,109,988	93,109,988	93,109,988	93,109,988	93,109,988	93,109,988
8	Diferencia S.A. Total -Prima Total	26,165,625,652	26,165,625,652	26,165,625,652	26,165,625,652	26,165,625,652	26,165,625,652	26,165,625,652	26,165,625,652
9	S.A. Siniestrada	82,687,800	82,687,800	82,687,800	82,687,800	82,687,800	82,687,800	82,687,800	82,687,800
10	S.A. Retenida	13,229,819,937	15,617,764,651	17,169,039,812	20,408,452,023	21,900,549,017	22,844,395,767	23,521,012,931	25,357,626,968
11	Prima retenida	34,657,770	43,085,344	49,095,452	62,721,689	69,586,805	74,176,834	77,602,013	87,563,860
12	S.A. Cedida	13,028,915,703	10,640,970,989	9,089,695,828	5,850,283,617	4,358,186,623	3,414,339,873	2,737,722,709	901,108,672
13	Prima cedida	58,452,219	50,024,644	44,014,536	30,388,299	23,523,183	18,933,154	15,507,975	5,546,128
14	S.A. Siniestrada Retenida	34,313,482	41,804,482	47,532,339	61,625,263	67,613,054	71,194,913	74,194,913	81,072,682
15	S.A. siniestrada cedida	48,374,318	40,883,318	35,155,461	21,062,537	15,074,746	11,492,887	8,492,887	1,615,118
16	S.A. Siniestrada- Prima Total	-10,422,189	-10,422,189	-10,422,189	-10,422,189	-10,422,189	-10,422,189	-10,422,189	-10,422,189
17	S.A. Retenida Siniestrada- Prima Retenida	-344,288	-1,280,862	-1,563,114	-1,096,426	-1,973,751	-2,981,921	-3,407,101	-6,491,178
18									
19									
20									
21									
22									

Variable
Fijo

Fuente: Elaboración propia con información de la base de datos

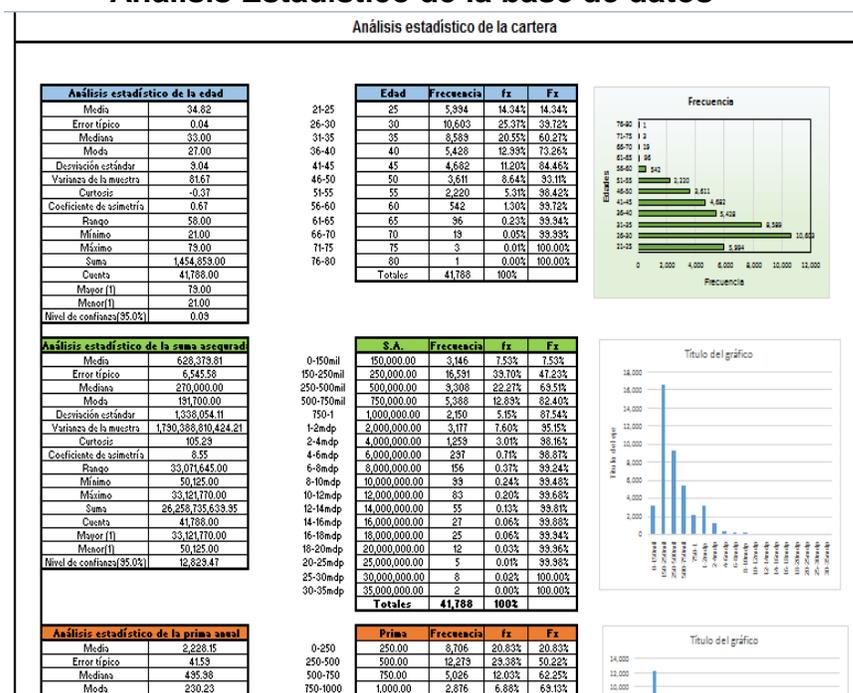
El dato de límite de retención se introdujo manualmente a la base de datos en las celdas correspondientes (AX: 4-BE: 4); las siguientes celdas pertenecientes al número de Siniestros Ocurridos, la Suma Asegurada Total y la Prima Total son la sumatoria de todas las celdas de los valores respectivos de las columnas que conforman la base de datos de acuerdo al límite de retención que tienen asignado en la columna. La siguiente celda (AW: 8) corresponde a la Diferencia de la Suma Asegurada Total menos la Prima Total.

Las siguientes filas: Suma Asegurada Siniestrada, Suma Asegurada Retenida, Prima retenida, Suma Asegurada Cedida, Prima Cedida y Suma Asegurada Siniestrada Retenida corresponden a las sumatorias de sus respectivas columnas en la base de datos, mientras que la celda (AW:15) Suma Asegurada Siniestrada Cedida es la diferencia entre Suma Asegurada Siniestrada menos Suma Asegurada Siniestrada

Retenida; la siguiente celda (AW:16) es la diferencia entre Suma Asegurada Siniestrada menos la Prima Total y por último la celda (AW:17) es el total de la Suma Asegurada Siniestrada Retenida menos el total de la Prima Retenida.

En esta misma hoja de trabajo de Excel se muestra del lado derecho al cuadro resumen las estadísticas generales de la cartera. (Ver tabla 3.14). Las tablas y gráficas de éste Análisis Estadístico ya se revisaron en el capítulo dos del presente documento.

Tabla 3.14
Análisis Estadístico de la base de datos



Fuente: Elaboración propia con información de la base de datos

3.3 Hoja de trabajo “Simulador”

En esta hoja se llevaron a cabo las simulaciones para dar paso a los resultados finales e interpretaciones; se realizó por medio de la programación en Visual Basic que a su vez está ligada a un botón en la misma hoja de Excel que muestra un formulario que se debe llenar manualmente. En primer lugar, se observa una tabla con encabezados azules y esta muestra los resultados una vez finalizada la simulación completa (Ver

tabla 3.15). Ésta tabla se llena automáticamente con información directamente de las simulaciones; esto significa que, cuando el modelo está en funcionamiento se completan automáticamente las celdas A: 7 hasta la AM: 7 y éstas hacia abajo asignándole un renglón para cada una de las simulaciones, y este proceso llegó a su fin cuando se completan todos los renglones y columnas que solicita el modelo.

Tabla 3.15
Tabla general que muestra la simulación una vez finalizado el proceso de Visual Basic

Simulaciones realizadas para la determinación del Límite máximo de retención							LR 500,000				LR 750,000			
Simulación	Siniestros ocurridos	S.A. Siniestrada	Percentil .995	Diferencia percentil	Promedio S.A. Siniestrada	Diferencia promedio	S.A. Retenida Siniestrada	S.A. Siniestrada Cedula	S.A. Sin - Prima total	S.A. Siniestrada Ret-Prima retenida	S.A. Retenida Siniestrada	S.A. Siniestrada Cedula	S.A. Sin - Prima total	S.A. Siniestrada Ret-Prima retenida
1	101	98,531,911	98,531,911		98,531,911		36,673,306	61,858,605	5,421,922	2,015,536	46,636,973	51,894,938	5,421,922	3,551,629
2	88	108,889,658	108,837,869	10,305,959	103,710,784	5,178,874	30,519,522	78,370,136	15,779,670	-4,138,248	38,156,675	70,732,983	15,779,670	-4,928,669
3	107	99,385,471	108,794,616	43,253	102,269,013	1,441,771	37,942,825	61,442,646	6,275,483	3,285,055	47,385,648	51,999,823	6,275,483	4,300,304
4	81	82,741,454	108,747,095	47,521	97,387,123	4,881,890	31,223,563	51,517,891	-10,368,534	-3,434,207	39,979,707	42,761,747	-10,368,534	-3,105,637
5	90	68,965,726	108,699,574	47,521	91,702,844	5,684,280	34,272,091	34,693,635	-24,144,262	-385,679	42,331,337	26,634,389	-24,144,262	-754,007
6	81	78,253,084	108,652,053	47,521	89,461,217	2,241,627	31,790,456	46,462,628	-14,856,905	-2,867,314	40,888,209	37,364,875	-14,856,905	-2,197,135
7	102	80,415,077	108,604,532	47,521	88,168,912	1,292,306	35,224,548	45,190,529	-12,694,911	566,779	43,814,896	36,600,181	-12,694,911	729,552
8	109	91,442,315	108,557,011	47,521	88,578,087	409,175	39,569,087	51,873,228	-1,667,673	4,911,317	49,953,913	41,488,402	-1,667,673	6,868,569
9	92	92,328,383	108,509,490	47,521	88,994,787	416,700	32,654,153	59,674,230	-781,605	-2,003,616	40,309,478	52,018,905	-781,605	-2,775,866
10	105	65,809,778	108,461,969	47,521	86,676,286	2,318,501	37,828,714	27,981,065	-27,300,210	3,170,944	45,560,559	20,249,220	-27,300,210	2,475,215
11	101	82,490,436	108,414,449	47,521	86,295,754	380,532	36,459,444	46,030,993	-10,619,552	1,801,674	45,761,255	36,729,181	-10,619,552	2,675,912
12	96	95,436,752	108,366,928	47,521	87,057,504	761,750	34,031,678	61,405,074	2,326,763	-626,092	40,795,191	54,641,561	2,326,763	-2,290,153
13	77	65,497,370	108,319,407	47,521	85,399,032	1,658,472	25,614,871	39,882,499	-27,612,618	-9,042,899	32,528,533	32,968,837	-27,612,618	-10,556,811
14	95	84,940,482	108,271,886	47,521	85,366,278	32,754	34,459,908	50,480,574	-8,169,506	-197,861	43,196,108	41,744,374	-8,169,506	110,764
15	86	86,428,656	108,224,365	47,521	85,437,104	70,825	29,179,810	57,248,846	-6,681,333	-5,477,960	35,830,481	50,598,175	-6,681,333	-7,254,863
16	105	81,959,619	108,176,844	47,521	85,219,761	217,343	37,893,566	44,066,053	-11,150,369	3,235,797	47,053,939	34,905,680	-11,150,369	3,968,595
17	121	66,873,031	108,129,323	47,521	85,317,012	97,251	43,113,193	43,759,838	-6,236,957	8,455,423	54,240,617	32,632,414	-6,236,957	11,155,273
18	102	66,708,063	108,081,802	47,521	84,283,181	1,033,831	37,420,573	29,287,489	-26,401,926	2,762,804	45,697,971	21,010,092	-26,401,926	2,612,627
19	85	117,079,574	116,342,482	8,260,680	86,009,307	1,726,126	32,755,154	84,324,420	23,969,586	-1,902,616	41,881,452	75,198,122	23,969,586	-1,203,891
20	88	104,841,982	116,301,532	40,950	86,950,941	941,634	31,602,444	73,239,538	11,731,993	-3,055,326	40,060,646	64,781,336	11,731,993	-3,024,698
21	98	82,847,918	116,260,583	40,950	86,755,559	195,382	35,838,863	47,009,054	-10,262,071	1,181,094	44,876,171	37,971,746	-10,262,071	1,790,827
22	130	120,814,984	120,422,766	4,162,183	88,303,715	1,548,156	47,832,413	72,982,570	27,704,995	13,174,643	58,239,407	62,575,577	27,704,995	15,154,063
23	100	100,731,274	120,404,089	18,677	88,844,043	540,329	33,347,853	67,383,421	7,621,285	-1,309,917	40,678,638	60,052,636	7,621,285	-2,406,706
24	106	115,798,877	120,385,411	18,677	89,967,161	1,123,118	35,704,382	80,094,495	22,888,889	1,046,613	43,456,275	72,342,602	22,888,889	370,931
25	101	103,300,878	120,366,734	18,677	90,500,510	533,349	38,502,753	64,798,125	10,190,890	3,844,984	48,834,659	54,466,219	10,190,890	5,749,315
26	98	83,832,376	120,348,057	18,677	90,244,043	256,467	32,666,013	51,166,363	-9,277,612	-1,991,757	39,651,874	44,180,502	-9,277,612	-3,433,470
27	109	91,168,921	120,329,380	18,677	90,278,298	34,255	37,834,571	53,334,350	-1,941,067	3,176,802	47,238,305	43,930,616	-1,941,067	4,152,961

Fuente: Elaboración propia con información de la hoja Simulador del Modelo

La primera columna “Simulación” ordena una a una el número de simulaciones que el usuario le solicite al modelo. La siguiente columna “Siniestros Ocurridos”, se le nombró variable “A”, está relacionada con la columna “Probabilidad de siniestro” de la hoja de trabajo “Base de Datos”, suma los siniestros ocurridos por simulación. Posteriormente la tercera columna llamada “Suma Asegurada Siniestrada” llamada variable “B” está relacionada con la columna del mismo nombre de la hoja base de datos, arrojando como resultado la suma de las Sumas Aseguradas Siniestradas, recordando que es la multiplicación de la suma asegurada por la probabilidad de siniestro.

La columna “Percentil 0.995” variable “C”, proporciona el percentil 0.995 tomando en cuenta la columna anterior “Suma Asegurada Siniestrada”. La columna “Diferencia Percentil” variable “D”, corresponde a la diferencia del percentil actual menos el

percentil anterior. Siempre se muestra en valores positivos. Posteriormente la columna “Promedio S.A. Siniestrada” variable “E” proporciona el promedio por cada simulación correspondiente a la S.A. Siniestrada, es decir, cada nueva simulación tomará el promedio tomando en cuenta las sumas aseguradas siniestradas anteriores. La columna “Diferencia promedio” variable “F” corresponde a la diferencia del dato actual de la columna “Promedio S.A. Siniestrada” menos el dato anterior de la misma columna. Siempre se muestra en valores positivos.

Después, para cada límite de retención propuesto se presentan 4 columnas con información ligada a la hoja de trabajo “Base de datos” de la siguiente manera:

- Columna “S.A. Retenida Siniestrada”, variable “G”: corresponde a la suma de las Sumas Aseguradas Siniestradas Retenidas considerando el límite de retención por cada simulación.
- Columna: “S.A. Siniestrada Cedida”, variable “H”: es la diferencia de la “Suma Asegurada Siniestrada” menos la “Suma Asegurada Retenida Siniestrada” por cada simulación.
- Columna “S.A. Siniestrada menos Prima Total”, variable “I”: es la diferencia de la “Suma Asegurada Siniestrada” menos la suma de las primas totales por cada simulación.
- Columna “S.A. Siniestrada Retenida menos Prima retenida”, variable “J”: es la diferencia de la “Suma Asegurada Retenida Siniestrada” menos la suma de las primas retenidas considerando el límite de retención por cada simulación.

En resumen la programación en Visual Basic del modelo de simulación Montecarlo se presenta en términos matemáticos de la siguiente manera:

$$A = \text{Siniestros Ocurridos} = \sum_{i=1}^n \text{Siniestros Ocurridos por cada simulación}; \quad (3.1)$$

donde:

n : número total de simulaciones

$$B = \text{S.A.Siniestrada} = \sum_{i=1}^n \text{Sumas Aseguradas Siniestradas por cada simulación}; \quad (3.2)$$

$$C = \text{Percentil } 0.995 = P_{0.995} = \frac{K*N}{100}, \text{ para cada simulación}; \quad (3.3)$$

donde:

K : posición que deseamos conocer

N : el número total de la muestra

$$D = \text{Diferencia Percentil} = ((\text{Percentil}_{\text{actual}} - \text{Percentil}_{\text{anterior}})^2)^{1/2}; \quad (3.4)$$

$$E = \text{Promedio S.A.Siniestrada} = \frac{B}{\text{Número total de simulaciones}}, \text{ para cada simulación}; \quad (3.5)$$

$$F = \text{Diferencia Promedio} = ((E_{\text{actual}} - E_{\text{anterior}})^2)^{1/2}; \quad (3.6)$$

$$G = \text{S.A.Retenido Siniestrada} = \sum_{i=1}^n \text{Sumas Aseguradas Retenidas Siniestradas por cada simulación}; \quad (3.7)$$

$$H = \text{S.A.Siniestrada Cedida} = B - G; \quad (3.8)$$

$$I = B - \sum_{i=1}^n \text{Primas Totales por cada simulación}; \quad (3.9)$$

$$J = G - \sum_{i=1}^n \text{Primas Retenidas por cada simulación}; \quad (3.10)$$

Fundamento matemático probabilístico del método Montecarlo (Saavedra, 2009)

Se sabe por la Ley de los Grandes Números que un buen estimador del valor esperado de una variable aleatoria continua X con distribución U es el valor promedio de una muestra finita de variables aleatorias, independientes con distribución U . Es decir:

$$E(X) \approx \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M X_i; \quad (3.11)$$

Como la esperanza de una variable aleatoria continua es una integral, la media muestral se puede usar para estimar el valor de una integral. Esta es la idea que está detrás del método de Montecarlo. Ésta idea se puede generalizar para estimar el valor esperado de una función Z continua cuyo argumento es una variable aleatoria con distribución U . Si se tiene una muestra de variables aleatorias, independientes, idénticamente distribuidas con distribución U , entonces:

$$E(Z(x)) \approx \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M Z(x_i); \quad (3.12)$$

Aplicación al cálculo de integrales (Saavedra, 2009)

Para el caso particular de esta tesis, se desea estimar la integral de una función Z continua, esta integral puede verse como el cálculo del valor esperado de la función Z cuando se aplica a una variable aleatoria con distribución uniforme. Supongamos que el intervalo de integración es $[0,1]$ y sea x_1, x_2 hasta x_M una muestra de variables aleatorias, independientes con distribución uniforme en el intervalo $[0,1]$ entonces:

$$\int_0^1 Z(x)dx = E(Z(x)); \quad (3.13)$$

donde:

x : variable aleatoria uniforme en $[0,1]$

De esta forma, con base en la Ley de los Grandes Números, esta integral se puede aproximar por:

$$\int_0^1 Z(x)dx \approx \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M Z(x_i); \quad (3.14)$$

Todo el problema se reduce a generar la muestra. Por otro lado, se observa que cualquier integral sobre el intervalo [a, b] se puede transformar a una integral sobre el intervalo [0,1] con el siguiente cambio de variable $x = a + (b - a)u$ con $dx = (b - a) du$ entonces:

$$\int_a^b Z(x)dx = (b - a) \int_0^1 Z(a + (b - a)u)du \approx \frac{(b-a)}{M} \sum_{i=1}^M Z(a + (b - a)u_i); \quad (3.15)$$

donde:

$u_i =$ variables aleatorias uniformes en el intervalo [0,1]

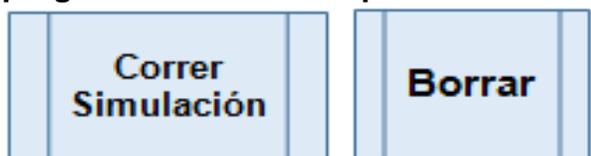
Este programa como la mayoría de los programas genera variables pseudo-aleatorias con distribución uniforme con la instrucción ALEATORIO que se explicó anteriormente en este mismo capítulo.

Simulaciones

La hoja tiene activos dos botones ligados al código de programación de Excel. El primero es para correr las simulaciones y el segundo es para borrar los datos anteriores y una vez que estén limpias las celdas donde se colocará la información nueva, se puede correr un nuevo ejercicio de simulación. Los botones que se utilizaron se muestran de la siguiente manera en el esquema 3.1.

Esquema 3.1

Botones ligados a la programación de Excel para correr el modelo de Simulación



Fuente: Elaboración propia con información de la hoja
Simulador del Modelo

A continuación se muestra el código de programación para cada de un los botones.

Botón “Correr simulación”

```
Sub Limites_de_retencion()
'Activar Hoja de simulador
Worksheets("simulador").Activate

'Definicion de variables
Dimnsim As Integer

'Asignacion de valores a variables
nsim = InputBox("Ingrese el total de simulaciones que requiera realizar")
'Ciclo for
For i = 1 To nsim

'Conceptos que aplica para todos los Límites de retención
simulador.Cells(i + 6, 1).Value = i 'Número de simulación
simulador.Cells(i + 6, 2).Value = Val(bd1.Cells(5, 50)) 'Siniestrosocurridos
simulador.Cells(i + 6, 3).Value = Val(bd1.Cells(9, 50)) 'S.A. Siniestrada
simulador.Cells(i + 6, 4).Value =
Application.WorksheetFunction.Percentile(Range(Cells(7, 3), Cells(i + 6, 3)), 0.995)

'Percentil al .995
simulador.Cells(i + 6, 6).Value =
Application.WorksheetFunction.Average(Range(Cells(7, 3), Cells(20100, 3)))
'PromedioS.A.Siniestrada

'Simulación para Límite de retención de 500,000
simulador.Cells(i + 6, 8).Value = Val(bd1.Cells(14, 50)) 'S.A. Retenida Siniestrada
simulador.Cells(i + 6, 9).Value = Val(bd1.Cells(15, 50)) 'S.A. Cedida Siniestrada
simulador.Cells(i + 6, 10).Value = Val(bd1.Cells(16, 50)) '(S.A. Siniestrada) -
(Prima Total)
simulador.Cells(i + 6, 11).Value = Val(bd1.Cells(17, 50)) '(S.A. retenida
siniestrada)-(Prima retenida)

'Simulación para Límite de retención de 750,000
simulador.Cells(i + 6, 12).Value = Val(bd1.Cells(14, 51)) 'S.A. Retenida Siniestrada
simulador.Cells(i + 6, 13).Value = Val(bd1.Cells(15, 51)) 'S.A. Cedida Siniestrada
simulador.Cells(i + 6, 14).Value = Val(bd1.Cells(16, 51)) '(S.A. Siniestrada) -
(Prima Total)
simulador.Cells(i + 6, 15).Value = Val(bd1.Cells(17, 51)) '(S.A. retenida
siniestrada)-(Prima retenida)

'Simulación para Límite de retención de 1mdp
simulador.Cells(i + 6, 16).Value = Val(bd1.Cells(14, 52)) 'S.A. Retenida Siniestrada
simulador.Cells(i + 6, 17).Value = Val(bd1.Cells(15, 52)) 'S.A. Cedida Siniestrada
simulador.Cells(i + 6, 18).Value = Val(bd1.Cells(16, 52)) '(S.A. Siniestrada) -
(Prima Total)
simulador.Cells(i + 6, 19).Value = Val(bd1.Cells(17, 52)) '(S.A. retenida
siniestrada)-(Prima retenida)

'Simulación para Límite de retención de 2mdp
simulador.Cells(i + 6, 20).Value = Val(bd1.Cells(14, 53)) 'S.A. Retenida Siniestrada
simulador.Cells(i + 6, 21).Value = Val(bd1.Cells(15, 53)) 'S.A. Cedida Siniestrada
```

```

simulador.Cells(i + 6, 22).Value = Val(bd1.Cells(16, 53)) '(S.A. Siniestrada) -
(Prima Total)
simulador.Cells(i + 6, 23).Value = Val(bd1.Cells(17, 53)) '(S.A. retenida
siniestrada)-(Prima retenida)

```

'Simulación para Límite de retención de 3mdp

```

simulador.Cells(i + 6, 24).Value = Val(bd1.Cells(14, 54)) 'S.A. Retenida Siniestrada
simulador.Cells(i + 6, 25).Value = Val(bd1.Cells(15, 54)) 'S.A. Cedida Siniestrada
simulador.Cells(i + 6, 26).Value = Val(bd1.Cells(16, 54)) '(S.A. Siniestrada) -
(Prima Total)
simulador.Cells(i + 6, 27).Value = Val(bd1.Cells(17, 54)) '(S.A. retenida
siniestrada)-(Prima retenida)

```

'Simulación para Límite de retención de 4mdp

```

simulador.Cells(i + 6, 28).Value = Val(bd1.Cells(14, 55)) 'S.A. Retenida Siniestrada
simulador.Cells(i + 6, 29).Value = Val(bd1.Cells(15, 55)) 'S.A. Cedida Siniestrada
simulador.Cells(i + 6, 30).Value = Val(bd1.Cells(16, 55)) '(S.A. Siniestrada) -
(Prima Total)
simulador.Cells(i + 6, 31).Value = Val(bd1.Cells(17, 55)) '(S.A. retenida
siniestrada)-(Prima retenida)

```

'Simulación para Límite de retención de 5mdp

```

simulador.Cells(i + 6, 32).Value = Val(bd1.Cells(14, 56)) 'S.A. Retenida Siniestrada
simulador.Cells(i + 6, 33).Value = Val(bd1.Cells(15, 56)) 'S.A. Cedida Siniestrada
simulador.Cells(i + 6, 34).Value = Val(bd1.Cells(16, 56)) '(S.A. Siniestrada) -
(Prima Total)
simulador.Cells(i + 6, 35).Value = Val(bd1.Cells(17, 56)) '(S.A. retenida
siniestrada)-(Prima retenida)

```

'Simulación para Límite de retención de 10mdp

```

simulador.Cells(i + 6, 36).Value = Val(bd1.Cells(14, 57)) 'S.A. Retenida Siniestrada
simulador.Cells(i + 6, 37).Value = Val(bd1.Cells(15, 57)) 'S.A. Cedida Siniestrada
simulador.Cells(i + 6, 38).Value = Val(bd1.Cells(16, 57)) '(S.A. Siniestrada) -
(Prima Total)
simulador.Cells(i + 6, 39).Value = Val(bd1.Cells(17, 57)) '(S.A. retenida
siniestrada)-(Prima retenida)

```

Calculate

Next i

For i = 1 Tonsim - 1

```

simulador.Cells(i + 7, 5).Value = ((Val(simulador.Cells(i + 6, 4)) -
Val(simulador.Cells(i + 7, 4))) ^ 2) ^ (1 / 2)
simulador.Cells(i + 7, 7).Value = ((Val(simulador.Cells(i + 6, 6)) -
Val(simulador.Cells(i + 7, 6))) ^ 2) ^ (1 / 2)

```

Next i

End Sub

Botón “Borrar”

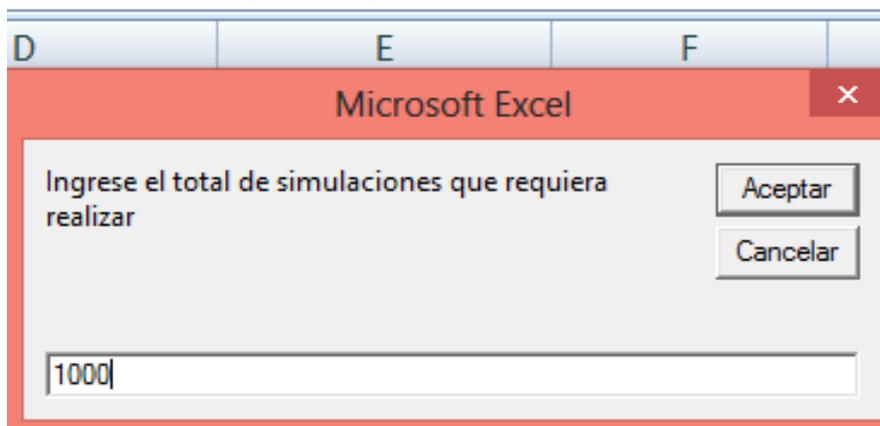
```
Sub borrar()  
Range("a7:am20100").Select  
Selection.ClearContents  
Range("a1").Select  
End Sub
```

Uso del simulador

Dar click en el botón “Borrar” para eliminar todos los registros de la simulación pasada. Es necesario realizar éste paso antes de correr una nueva simulación ya que los datos y la información puede sobrescribirse y no arrojar los resultados correctos. Por ésta razón es recomendable realizar éste paso antes de continuar.

A continuación se procede a dar click en el botón “Correr Simulación” y aparece un formulario de la siguiente manera:

Esquema 3.2
Botón “Correr Simulación”



The image shows a dialog box from Microsoft Excel. The title bar reads "Microsoft Excel" and has a close button (X) on the right. The main area of the dialog box contains the text "Ingrese el total de simulaciones que requiera realizar". Below this text is a text input field containing the number "1000". To the right of the input field are two buttons: "Aceptar" and "Cancelar".

Fuente: Elaboración propia

Se debe anotar manualmente el número de simulaciones que se desean obtener. Y por último se da click en la opción Aceptar.

Una vez hecho esto, el proceso de la programación comienza a trabajar para obtener una a una las simulaciones requeridas y éstas se muestran en la parte de abajo en la

tabla antes mencionada. La programación está configurada para que los resultados de las simulaciones los vaya colocando uno a uno a partir de la celda A: 7 hasta la AM: 7 (cada simulación tiene información en cada una de las columnas) y de allí coloca el siguiente resultado hacia abajo.

Suponiendo que en el formulario se solicitan 10 simulaciones se muestran de la siguiente manera como se observa en la tabla 3.16:

Tabla 3.16
Tabla general que muestra 10 simulaciones

Simulaciones realizadas para la determinación del Límite máximo de retención							LR 500,000			
Simulación	Siniestros ocurridos	S.A. Siniestrada	Percentil .995	Diferencia percentil	Promedio S.A. Siniestrada	Diferencia promedio	S.A. Retenida Siniestrada	S.A. Siniestrada Cedida	S.A. Sin - Prima total	S.A. Siniestrada Ret-Prima retenida
1	101	98,531,911	98,531,911		98,531,911		36,673,306	61,858,605	5,421,922	2,015,536
2	88	108,889,658	108,837,869	10,305,959	103,710,784	5,178,874	30,519,522	78,370,136	15,779,670	-4,138,248
3	107	99,385,471	108,794,616	43,253	102,269,013	1,441,771	37,942,825	61,442,646	6,275,483	3,285,055
4	81	82,741,454	108,747,095	47,521	97,387,123	4,881,890	31,223,563	51,517,891	-10,368,534	-3,434,207
5	90	68,965,726	108,699,574	47,521	91,702,844	5,684,280	34,272,091	34,693,635	-24,144,262	-385,679
6	81	78,253,084	108,652,053	47,521	89,461,217	2,241,627	31,790,456	46,462,628	-14,856,905	-2,867,314
7	102	80,415,077	108,604,532	47,521	88,168,912	1,292,306	35,224,548	45,190,529	-12,694,911	566,779
8	109	91,442,315	108,557,011	47,521	88,578,087	409,175	39,569,087	51,873,228	-1,667,673	4,911,317
9	92	92,328,383	108,509,490	47,521	88,994,787	416,700	32,654,153	59,674,230	-781,605	-2,003,616
10	105	65,809,778	108,461,969	47,521	86,676,286	2,318,501	37,828,714	27,981,065	-27,300,210	3,170,944

Fuente: Elaboración propia con información de la hoja Simulador del Modelo

En la tabla 3.16 se muestra únicamente el LR para \$500,00 sin embargo la tabla está configurada para mostrar las simulaciones tomando en cuenta todos los límites de retención, como antes se mencionó de la celdas A: 7 – AM: 7. Únicamente fue necesario que en la hoja “Simulador” ingresar en el formulario que aparece al dar click en el botón “Correr simulación”, el número de simulaciones que se necesitaron. En este caso se tomaron 20,000 simulaciones para cada límite de retención propuesto, esto derivado al percentil 0.995 que convergió en 20,000 para tener un grado de confiabilidad en el modelo del 95%. (Ver anexo 5)

3.4 Hoja de trabajo “Escenarios”

En esta hoja se presentan los resultados obtenidos después de correr las simulaciones (ver tabla 3.17). En capítulo cuatro del presente documento se explica de forma amplia

y detallada cada uno de los resultados obtenidos en el ejercicio de simulación Montecarlo.

Tabla 3.17
Resultados para cada uno de los escenarios

Concepto	500,000.00	750,000.00	1MDP	2MDP	3MDP	4MDP	5MDP	10MDP
Promedio Siniestros ocurridos	98	98	98	98	98	98	98	98
Promedio S.A. Siniestrada	93,033,980.89	93,033,980.89	93,033,980.89	93,033,980.89	93,033,980.89	93,033,980.89	93,033,980.89	93,033,980.89
Promedio S.A. Siniestrada Retenida	34,605,689.50	43,013,082.62	49,007,593.70	62,620,974.31	69,467,976.98	74,045,195.15	77,474,405.82	87,444,750.88
Promedio S.A. Siniestrada Cedida	58,428,291.39	50,020,898.27	44,026,387.19	30,413,006.58	23,566,003.91	18,988,785.74	15,559,575.07	5,589,230.01
Promedio S.A. Siniestrada - Prima total	- 76,007.44	- 76,007.44	- 76,007.44	- 76,007.44	- 76,007.44	- 76,007.44	- 76,007.44	- 76,007.44
Promedio S.A. Siniestrada Ret - Prima retenida	- 52,080.09	- 72,261.23	- 87,858.55	- 100,714.91	- 118,828.05	- 131,638.71	- 127,607.50	- 119,109.22

Fuente: Elaboración propia con información de la hoja Simulador del Modelo

3.5 Hoja de trabajo “Tabla 2000-G”

En ésta de hoja de trabajo se muestra la tabla de mortalidad para seguros de Vida Grupo. A continuación una breve introducción del concepto e importancia de mencionada tabla.

Las tablas de mortalidad constituyen un elemento técnico de primera importancia para una operación sólida, competitiva y eficiente de los seguros de vida. En la producción de estas tablas, la evidencia empírica observada se utiliza con el propósito de estimar la probabilidad de muerte de toda persona que contrata un seguro de vida. Diversos factores pueden afectar esta probabilidad; el caso más extensamente considerado es el de la edad pero otras características relevantes incluyen sexo, historial clínico, tabaquismo y antigüedad de la póliza. En cualquier caso, una tabla de mortalidad habitualmente es un arreglo de probabilidades de muerte dispuestas de acuerdo con la edad de los individuos de la población. Estas probabilidades se estiman a partir de los registros demográficos de la población objetivo y a partir de esta base se determinan tanto las primas netas de riesgo como las reservas correspondientes a los seguros de vida. (Mendoza, 2000)

En México el sector asegurador, en conjunto con la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas, ha realizado esfuerzos muy importantes orientados a la construcción de tablas de mortalidad. Sin embargo, hasta ahora no existe un procedimiento sistemático para

su evaluación y actualización periódica. De hecho, las revisiones más recientes de las tablas de mortalidad que utiliza el sector asegurador mexicano han ocurrido con intervalos de cuando menos diez años. (Mendoza, 2000)

En el caso de vida individual la tabla vigente emplea datos del período 1982-1989; en vida grupo los registros son de los años 1973 a 1983. En la producción de estas tablas se emplearon métodos actuariales convencionales y debido a que se utilizan para la constitución de reservas y dada la relación entre la medición de la siniestralidad y la solvencia, estas tablas de mortalidad están sobrecargadas como medida de protección. (Mendoza, 2000)

Como complemento es conveniente señalar, por una parte, que la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas ha desarrollado, mantiene en operación y somete a revisión periódica, un Sistema Estadístico cuyo propósito es recolectar información técnica del sector asegurador que en particular puede ser utilizada para la producción de tablas de mortalidad. En otro sentido es importante destacar que, independientemente de su relevancia actuarial, el problema de producir una tabla de mortalidad es esencialmente estadístico. Al respecto, es necesario reconocer que las técnicas actuariales convencionales generalmente no toman en cuenta la incertidumbre involucrada en el proceso de estimación. En contraste, durante los años recientes se han desarrollado métodos estadísticos particularmente apropiados para este tipo de problemas (Haberman, 1998).

En este contexto, desde 1998 la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas ha puesto en marcha un proyecto, cuyo propósito es establecer un procedimiento para la construcción de las tablas de mortalidad requeridas por el sector asegurador mexicano, que utilice métodos estadísticos modernos para establecer la precisión de las estimaciones y que determine el margen de exceso en la estimación de las tasas de mortalidad a partir de una valoración del riesgo de desviaciones extremas en la siniestralidad. (Mendoza, 2000)

Tabla de Mortalidad CNSF 2000-G

Una vez aprobada la Tabla de Mortalidad CNSF 2000-G como Base Demográfica Legal de los Seguros de Vida Grupo, por la Junta de Gobierno de la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas y por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, fueron modificadas las cláusulas SEXTA y SEPTIMA de las 'Reglas para la Constitución e Incremento de las Reservas de Riesgos en Curso de las Instituciones y Sociedades Mutualistas de Seguros' emitidas por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, conforme a lo publicado en el Diario Oficial de la Federación los días 31 de diciembre de 1999 y 31 de marzo del 2000.

En éstas modificaciones se establece que las Instituciones y Sociedades Mutualistas de Seguros deben utilizar la Tabla de Mortalidad CNSF 2000-G para la valuación de las pólizas de interés social y de seguros de grupo o colectivo emitidas a partir del 1º de abril del 2000. La Tabla de Mortalidad CNSF 2000-G se presenta a continuación se puede consultar en el anexo 1.

3.6 Hoja de trabajo “RBS” (Requerimiento Bruto de Solvencia)

En ésta hoja de trabajo se muestran los resultados obtenidos derivados del cálculo del Requerimiento Bruto de Solvencia definido anteriormente en el capítulo uno. Para cada uno de los límites de retención propuestos se obtuvo el Requerimiento Bruto de Solvencia según la Teoría de Probabilidad, el Requerimiento Bruto de Solvencia según la Ley General de Instituciones de Seguros y como aportación a esta investigación se obtuvo también un promedio de estos dos para tener un resultado aún más certero. En total se obtuvieron tres resultados por cada límite de retención definido.

El Requerimiento Bruto de Solvencia (RBS) fortalece el patrimonio de las aseguradoras de modo que puedan hacer frente a variaciones adversas preservando su viabilidad financiera. Puede entenderse también como Capital Inicial y es el monto primario que los inversionistas y socios de negocio tienen que aportar con la finalidad de hacer frente a las obligaciones en caso de que la siniestralidad total ocurra.

En primer lugar se construyó el cuadro general en donde se concentra toda la información necesaria para el desarrollo de las fórmulas requeridas para la obtención de resultados. Ver tabla 3.18 (forma general). Existe un cuadro general para cada límite de retención propuesto (ver anexo 6, tablas de la A a la I).

Tabla 3.18
Cuadro General para la construcción del Requerimiento Bruto de Solvencia

Requerimiento Bruto de Solvencia con Límite de retención \$500,000 MXN			
S.A.	q_x	$E(x)$	$Var(x)$
51619	0.000997	51.46	2,653,879.04
52487	0.000997	52.33	2,743,882.13
52886	0.001031	54.53	2,880,660.77
52109	0.001069	55.70	2,899,603.89
60735	0.000997	60.55	3,674,007.36
50182	0.001153	57.86	2,900,175.03
52918	0.001109	58.69	3,102,104.98
56136	0.001069	60.01	3,365,085.65
59184	0.001031	61.02	3,607,607.70
59377	0.001031	61.22	3,631,175.00
59493	0.001031	61.34	3,645,376.72
54098	0.001109	59.99	3,241,992.94
57107	0.001069	61.05	3,482,506.12
52162	0.001153	60.14	3,133,550.85
55217	0.001109	61.24	3,377,499.25
S.A. Total		13,229,819,937	
Valor N al 95%		1.645	
E(S)		34,657,769.59	
Var(S)		14,364,078,416,339.10	
DesvEst(S)		3,789,997.15	
RBS Teoría		6,234,545.32	
RBS Ley		39,689,459.81	
Promedio		22,962,002.56	

Fuente: Elaboración propia con información de la base de datos

En la primera columna (S.A) se encuentran los registros de las sumas aseguradas de la original base de datos de los clientes. Cabe señalar que este dato cambia de acuerdo al límite de retención que se esté analizando, es decir, se utiliza la siguiente fórmula: $=+SI(B15>"LR","LR", B15)$, quiere decir que, si la suma asegurada es mayor al límite de retención entonces se toma el límite de retención, en caso contrario, si la suma asegurada es menor al límite de retención entonces se toma la suma asegurada.

La segunda columna corresponde a q_x , este dato se obtuvo con la fórmula en Excel "vlookup" referenciado a la base de datos original; la tercera columna ($E(x)$) es el valor esperado para cada registro, éste se obtuvo por medio de la multiplicación de la suma asegurada (primer columna) por q_x (segunda columna); y por último la cuarta columna es el resultado que se obtiene a través de la siguiente fórmula para cada registro: (Vélez, 2009)

$$Var(S.A.) = (S.A)^2 * q_x * (1 - q_x) \quad (3.16)$$

Posteriormente se realizó una tabla auxiliar con la siguiente información:

Tabla 3.19
Información auxiliar para el cálculo del Requerimiento Bruto de Solvencia

S.A. Total	13,229,819,937
Valor N al 95%	1.645
E(S)	34,657,769.59
Var(S)	14,364,078,416,339.10
DesvEst(S)	3,789,997.15

Fuente: Elaboración propia

En donde S.A. Total corresponde a la sumatoria de todos los registros de S.A.; el valor N al 95% corresponde al valor en tablas de la distribución Normal para este nivel de confianza (ver anexo 3); E(S) es la sumatoria de la columna E(x) del cuadro general antes explicado, Var(S) es la sumatoria de la columna Var(x) del cuadro general y por último se obtuvo DesvEst(S) que es la raíz cuadrada del dato Var(S) que es igual a la desviación estándar.

Requerimiento Bruto de Solvencia según la Teoría de Probabilidad

Éste dato responde a la siguiente fórmula: (Vélez, 2009)

$$CI = Valor\ N\ en\ tablas\ al\ 95\% * \sqrt{Var(S)} \quad (3.17)$$

donde:

CI = Capital Inicial

Valor N en tablas al 95% = 1.645

$\sqrt{Var(S)}$ = *Desviación estándar de (S)*

Este cálculo asegura en un 95% que la empresa es lo suficientemente capaz de hacer frente a las obligaciones en caso de siniestralidad.

Requerimiento Bruto de Solvencia según la Ley General de Instituciones de Seguros (Art. 29)

Éste resultado se logra a través de la siguiente fórmula:

$$CMG = RBS - D \quad (3.18)$$

donde:

CMG= Capital Inicial

RBS= Requerimiento Bruto de Solvencia

D=Deducciones

El Requerimiento Bruto de Solvencia para el ramo de seguros de vida es el siguiente:

$$RBS = (0.03\%) * SA \quad (3.19)$$

Por lo tanto el total se obtuvo:

$$RBS= 0.03*\text{Total de la sumatoria de S.A} \quad (3.20)$$

Requerimiento Bruto de Solvencia Promedio

Éste dato es un promedio simple de los dos requerimientos brutos de solvencia antes mencionados. Se propone como un RBS ideal ya que toma en cuenta los dos extremos antes calculados y arroja un resultado imparcial. Ver tabla 3.20.

Tabla 3.20

Tabla General Requerimiento Bruto de Solvencia Promedio

Requerimiento Bruto de Solvencia con Límite de retención \$500,000 MXN						
S.A.	q _x	E(x)	Var(x)			
51619	0.001	51.46	2,653,879.04	S.A. Total	13,229,819,937	
52487	0.001	52.33	2,743,882.13	Valor N al 95%	1.645	
52886	0.00103	54.53	2,880,660.77	E(S)	34,657,769.59	
52109	0.00107	55.70	2,899,603.89	Var(S)	14,364,078,416,339.10	
60735	0.001	60.55	3,674,007.36	DesvEst(S)	3,789,997.15	
50182	0.00115	57.86	2,900,175.03	RBS Teoría	6,234,545.32	
52918	0.00111	58.69	3,102,104.98			
56136	0.00107	60.01	3,365,085.65	RBS Ley	39,689,459.81	
59184	0.00103	61.02	3,607,607.70			
59377	0.00103	61.22	3,631,175.00	Promedio	=+PROMEDIO(Q20,Q22)	
59493	0.00103	61.34	3,645,376.72			

Fuente: Elaboración propia

Se realizó el promedio entre ambos ya que al calcular el RBS de la Ley General de Instituciones de Seguros se concluyó que tiene un margen de error muy amplio comparándolo contra el RBS de la Ley de Probabilidad, éste Requerimiento se ajusta más a la realidad ya que se fundamenta en la desviación estándar de los datos que es la dispersión promedio en torno a la media por lo tanto es un resultado aproximado a la realidad. Mientras que el RBS de la Ley General de Instituciones de Seguros tiene más amplitud de error para hacer frente a las obligaciones que pudieran presentarse.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE LA SIMULACIÓN MONTECARLO

Después de correr las 20,000 simulaciones del modelo, se interpretaron los resultados obtenidos para cada uno de los límites propuestos en el capítulo dos.

El número de siniestros ocurridos, la prima total recabada, el promedio de la suma asegurada siniestrada son datos que aplican para todos los límites de retención propuestos tal como se observa en la tabla 4.1:

Tabla 4.1
Datos generales aplicables a cada uno de los límites de retención

Cantidad de simulaciones: 20,000
Siniestros ocurridos: 98
Prima total recabada: \$93, 109,988 mxn
Promedio suma asegurada siniestrada: \$93, 033,981 mxn

Fuente: Elaboración propia

Se propusieron un total de 8 escenarios para la realización de la simulación Montecarlo, son los siguientes: límite de retención de \$500,000, \$750,000, \$1,000,000, \$2,000,000, \$3,000,000, \$4,000,000, \$5,000,000 y \$10,000,000 millones de pesos. En éste apartado se agregó el escenario sin límite de retención para efectos de análisis.

4.1 Escenario: Sin límite de retención

En éste escenario la aseguradora absorbe el riesgo de todos los clientes sin tener que recurrir al Reaseguro, es decir, la compañía es responsable de indemnizar a todos los contratantes que sufran algún siniestro pagando la suma asegurada en su totalidad. Con la prima total recabada cubrimos el 100 por ciento del promedio de la suma asegurada siniestrada.

La simulación arrojó que existen 9,217 casos en los que la suma asegurada siniestrada por pagar es mayor a la prima retenida, es decir, existe una probabilidad de 46.09% de hacer uso del Requerimiento Bruto de Solvencia explicado en el capítulo tres.

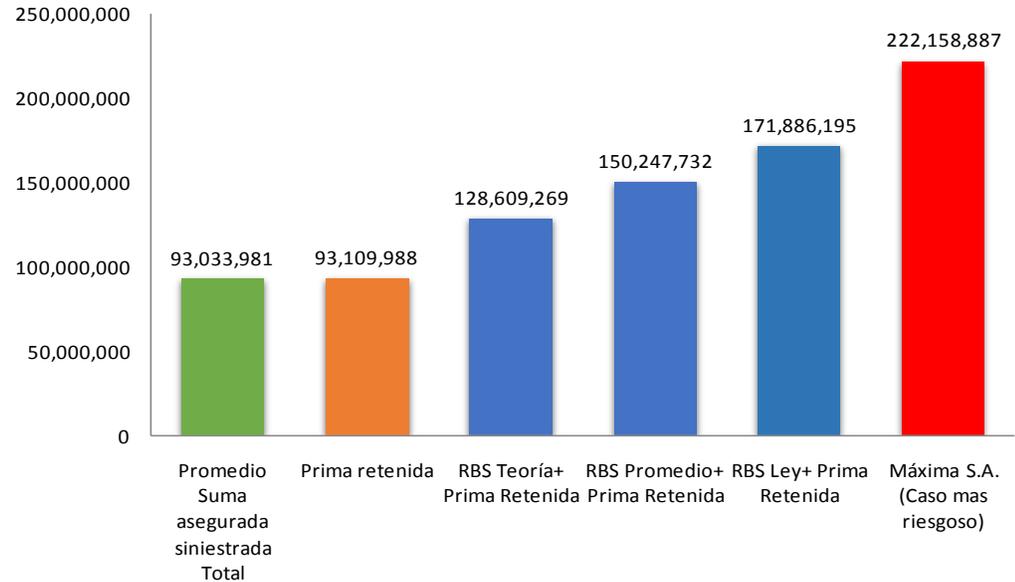
Sumando el Requerimiento Bruto de Solvencia calculado en base a la Teoría de la Probabilidad más la Prima Total recabada se tiene un monto de \$128, 609, 269 mxn y la simulación mostró que hay 1,269 siniestros mayores a esta suma lo cual demuestra que tomando este RBS se tiene una probabilidad de 93.66% de hacer frente a las responsabilidades adquiridas por la aseguradora.

Ahora sumando el Requerimiento Bruto de Solvencia calculado en base a la Ley General de Instituciones y Sociedades Mutualistas de Seguros más la Prima Total recabada se obtiene una cantidad de \$171, 886,195 mxn y la simulación arrojó que existen 33 casos mayores a este monto por lo tanto se tiene una probabilidad de 99.84% de hacer frente a las responsabilidades adquiridas por la aseguradora

Por último sumando el Requerimiento Bruto de Solvencia Promedio más la Prima Retenida Total recabada arroja un resultado de \$150, 247,732 mxn y en la simulación existen 239 casos mayores a esta cantidad entonces se cuenta con una probabilidad de 98.81% de hacer frente al total de reclamaciones a causa de siniestros ocurridos.

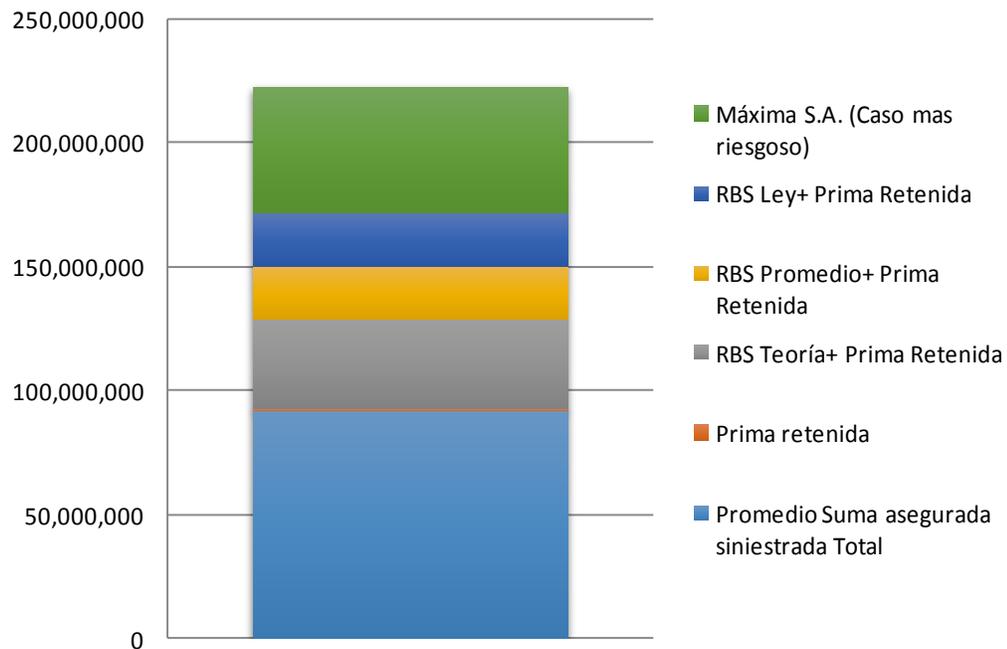
En las gráficas 4.1 y 4.2 se puede observar el resumen de los párrafos antes mencionados para este escenario:

Gráfica 4.1
Sin Límite de Retención



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

Gráfica 4.2
Sin Límite de Retención (Acumulada)



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

4.2 Escenario: Límite de retención de \$500,000 mxn

En éste escenario la aseguradora solo pagará hasta un monto máximo de \$500,000 pesos por asegurado, es decir, tomando el total de la suma asegurada siniestrada por cliente, la empresa únicamente responde hasta por una suma de \$500,000 pesos y los montos que sobrepasen esta cantidad se pasarán a reaseguro. Con la prima retenida total cubrimos un 100% del promedio de la suma asegurada siniestrada.

La simulación arrojó que existen 9,759 casos en los que la suma asegurada siniestrada por pagar es mayor a la prima retenida, es decir, existe una probabilidad de 48.8% de hacer uso del Requerimiento Bruto de Solvencia.

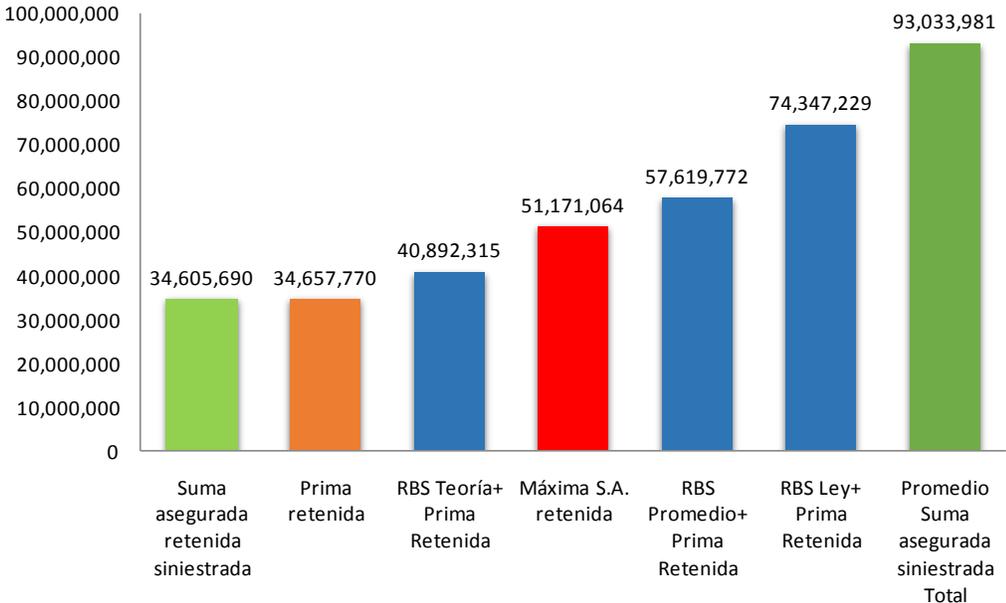
Sumando el Requerimiento Bruto de Solvencia calculado en base a la Teoría de la Probabilidad más la Prima Total recabada se tiene un monto de \$40,892,315 mxn y la simulación mostró que hay 1,034 siniestros mayores a esta suma lo cual demuestra que tomando este RBS se tiene una probabilidad de 94.83% de hacer frente a las responsabilidades adquiridas por la aseguradora.

Ahora sumando el Requerimiento Bruto de Solvencia calculado en base a la Ley General de Instituciones y Sociedades Mutualistas de Seguros más la Prima Total recabada se obtiene una cantidad de \$74, 347, 229 mxn y la simulación arrojó que existen 0 casos mayores a este monto por lo tanto se tiene una probabilidad de 100% de hacer frente a las responsabilidades adquiridas por la aseguradora.

Por último sumando el Requerimiento Bruto de Solvencia Promedio más la Prima Retenida Total recabada arroja un resultado de \$57, 619, 772 mxn y en la simulación existen 0 casos mayores a esta cantidad entonces se cuenta con una probabilidad de 100% de hacer frente al total de reclamaciones a causa de siniestros ocurridos.

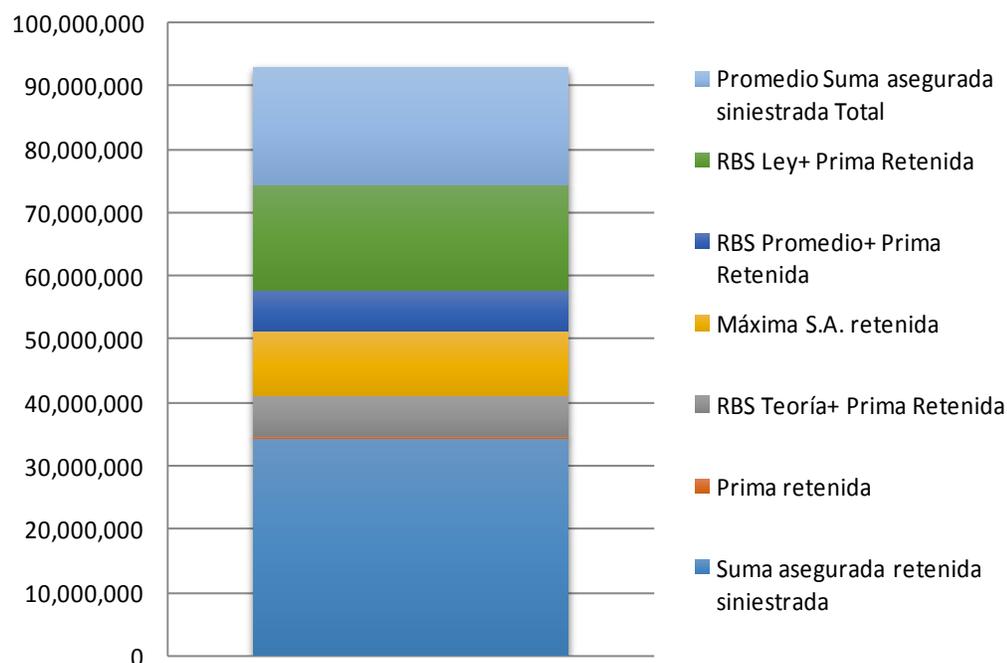
En las gráficas 4.3 y 4.4 se puede observar el resumen de los párrafos antes mencionados para este escenario:

Gráfica 4.3
Límite de Retención 500mil



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

Gráfica 4.4
Límite de Retención 500mil (Acumulada)



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

4.3 Escenario: Límite de retención de \$750,000 mxn

En éste escenario la aseguradora solo pagará hasta un monto máximo de \$750,000 pesos por asegurado, es decir, tomando el total de la suma asegurada siniestrada por cliente, la empresa únicamente responde hasta por una suma de \$750,000 pesos y los montos que sobrepasen esta cantidad se pasarán a reaseguro.

Con la prima retenida total cubrimos un 100% del promedio de la suma asegurada siniestrada.

La simulación arrojó que existen 9,753 casos en los que la suma asegurada siniestrada por pagar es mayor a la prima retenida, es decir, existe una probabilidad de 48.77% de hacer uso del Requerimiento Bruto de Solvencia.

Sumando el Requerimiento Bruto de Solvencia calculado en base a la Teoría de la Probabilidad más la Prima Total recabada se tiene un monto de \$51,260,504 mxn y la simulación mostró que hay 1,027 siniestros mayores a esta suma lo cual demuestra que

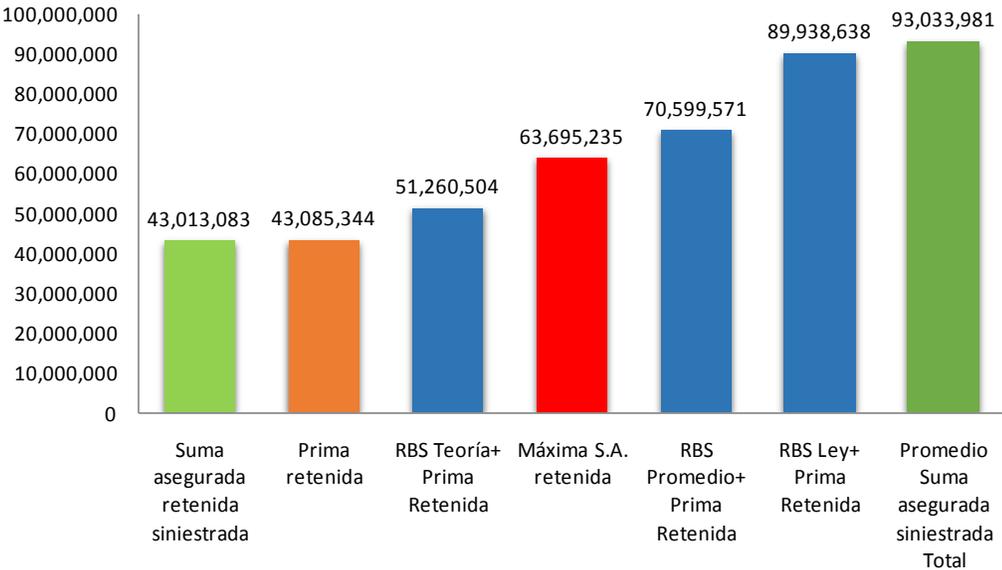
tomando este RBS se tiene una probabilidad de 94.87% de hacer frente a las responsabilidades adquiridas por la aseguradora.

Ahora sumando el Requerimiento Bruto de Solvencia calculado en base a la Ley General de Instituciones y Sociedades Mutualistas de Seguros más la Prima Total recabada se obtiene una cantidad de \$89, 938, 638 mxn y la simulación arrojó que existen 0 casos mayores a este monto por lo tanto se tiene una probabilidad de 100% de hacer frente a las responsabilidades adquiridas por la aseguradora.

Por último sumando el Requerimiento Bruto de Solvencia Promedio más la Prima Retenida Total recabada arroja un resultado de \$70, 599, 571 mxn y en la simulación existen 0 casos mayores a esta cantidad entonces se cuenta con una probabilidad de 100% de hacer frente al total de reclamaciones a causa de siniestros ocurridos.

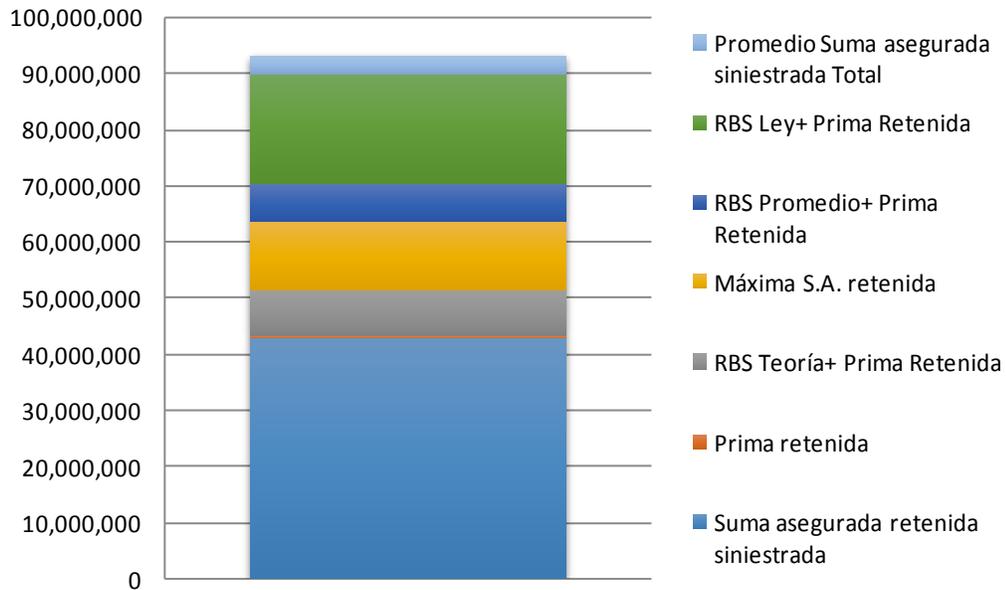
En las gráficas 4.5 y 4.6 se puede observar el resumen de los párrafos antes mencionados para este escenario:

**Gráfica 4.5
Límite de Retención 750mil**



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

Gráfica 4.6
Límite de Retención 750mil (Acumulada)



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

4.4 Escenario: Límite de retención de \$1, 000,000 mxn

En éste escenario la aseguradora solo pagará hasta un monto máximo de \$1,000,000 pesos por asegurado, es decir, tomando el total de la suma asegurada siniestrada por cliente, la empresa únicamente responde hasta por una suma de \$1,000,000 pesos y los montos que sobrepasen esta cantidad se pasarán a reaseguro.

Con la prima retenida total cubrimos un 100% del promedio de la suma asegurada siniestrada.

La simulación arrojó que existen 9,706 casos en los que la suma asegurada siniestrada por pagar es mayor a la prima retenida, es decir, existe una probabilidad de 48.53% de hacer uso del Requerimiento Bruto de Solvencia.

Sumando el Requerimiento Bruto de Solvencia calculado en base a la Teoría de la Probabilidad más la Prima Total recabada se tiene un monto de \$58, 839, 533 mxn y la simulación mostró que hay 1,030 siniestros mayores a esta suma lo cual demuestra que

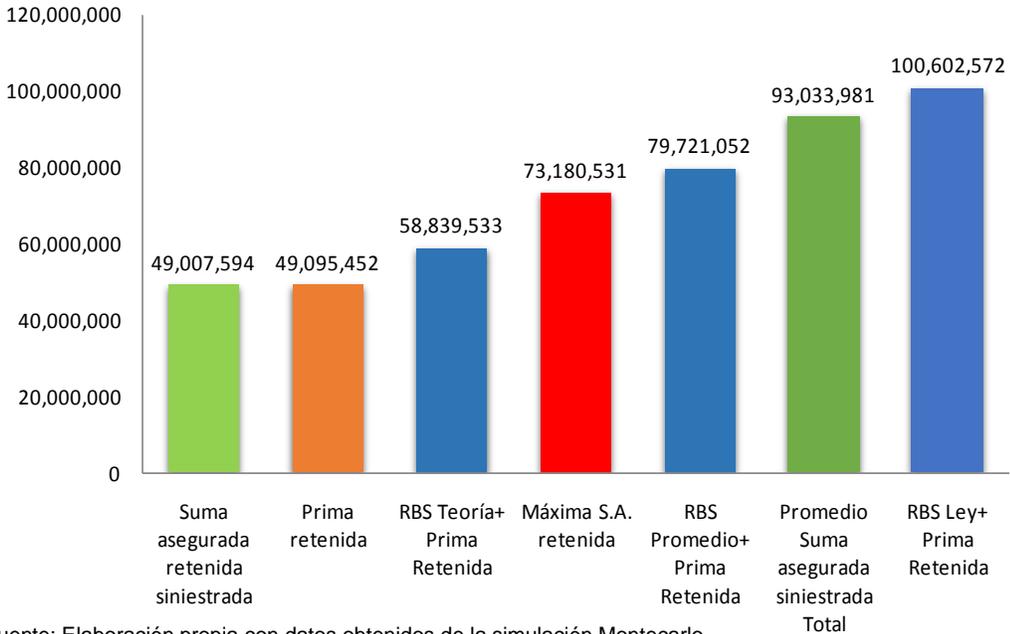
tomando este RBS se tiene una probabilidad de 94.85% de hacer frente a las responsabilidades adquiridas por la aseguradora.

Ahora sumando el Requerimiento Bruto de Solvencia calculado en base a la Ley General de Instituciones y Sociedades Mutualistas de Seguros más la Prima Total recabada se obtiene una cantidad de \$100, 602, 572 mxn y la simulación arrojó que existen 0 casos mayores a este monto por lo tanto se tiene una probabilidad de 100% de hacer frente a las responsabilidades adquiridas por la aseguradora.

Por último sumando el Requerimiento Bruto de Solvencia Promedio más la Prima Retenida Total recabada arroja un resultado de \$79, 721, 052 mxn y en la simulación existen 0 casos mayores a esta cantidad entonces se cuenta con una probabilidad de 100% de hacer frente al total de reclamaciones a causa de siniestros ocurridos.

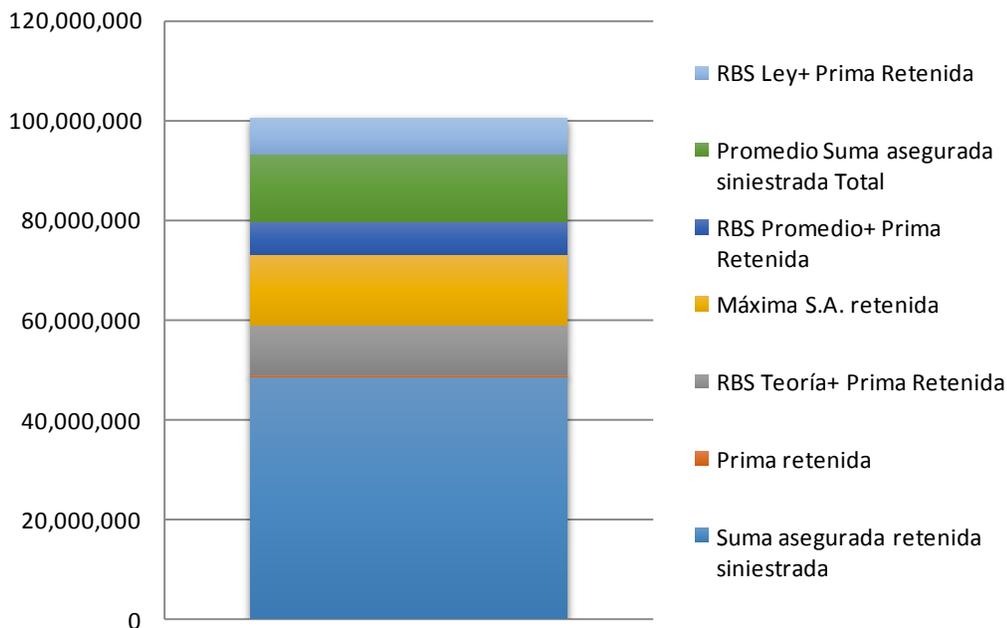
En las gráficas 4.7 y 4.8 se puede observar el resumen de los párrafos antes mencionados para este escenario:

**Gráfica 4.7
Límite de Retención 1 millón**



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

Gráfica 4.8
Límite de Retención 1 millón (Acumulada)



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

4.5 Escenario: Límite de retención de \$2, 000,000 mxn

En éste escenario la aseguradora solo pagará hasta un monto máximo de \$2,000,000 pesos por asegurado, es decir, tomando el total de la suma asegurada siniestrada por cliente, la empresa únicamente responde hasta por una suma de \$2,000,000 pesos y los montos que sobrepasen esta cantidad se pasarán a reaseguro.

Con la prima retenida total cubrimos un 100% del promedio de la suma asegurada siniestrada.

La simulación arrojó que existen 9,695 casos en los que la suma asegurada siniestrada por pagar es mayor a la prima retenida, es decir, existe una probabilidad de 48.48% de hacer uso del Requerimiento Bruto de Solvencia.

Sumando el Requerimiento Bruto de Solvencia calculado en base a la Teoría de la Probabilidad más la Prima Total recabada se tiene un monto de \$76, 852, 648 mxn y la simulación mostró que hay 1,087 siniestros mayores a esta suma lo cual demuestra que

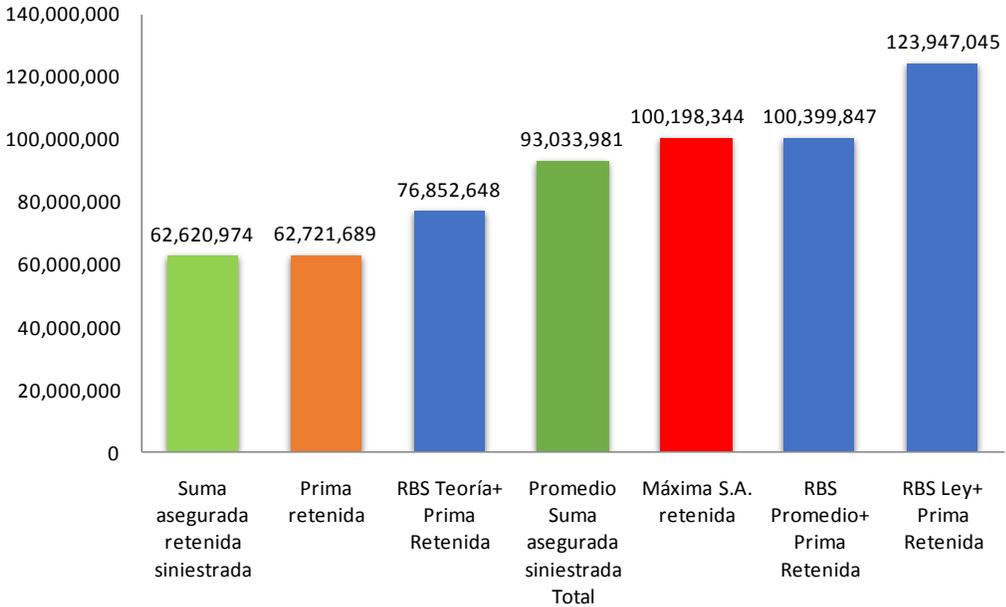
tomando este RBS se tiene una probabilidad de 94.57% de hacer frente a las responsabilidades adquiridas por la aseguradora.

Ahora sumando el Requerimiento Bruto de Solvencia calculado en base a la Ley General de Instituciones y Sociedades Mutualistas de Seguros más la Prima Total recabada se obtiene una cantidad de \$123, 947, 045 mxn y la simulación arrojó que existen 0 casos mayores a este monto por lo tanto se tiene una probabilidad de 100% de hacer frente a las responsabilidades adquiridas por la aseguradora.

Por último sumando el Requerimiento Bruto de Solvencia Promedio más la Prima Retenida Total recabada arroja un resultado de \$100, 399, 847 mxn y en la simulación existen 0 casos mayores a esta cantidad entonces se cuenta con una probabilidad de 100% de hacer frente al total de reclamaciones a causa de siniestros ocurridos.

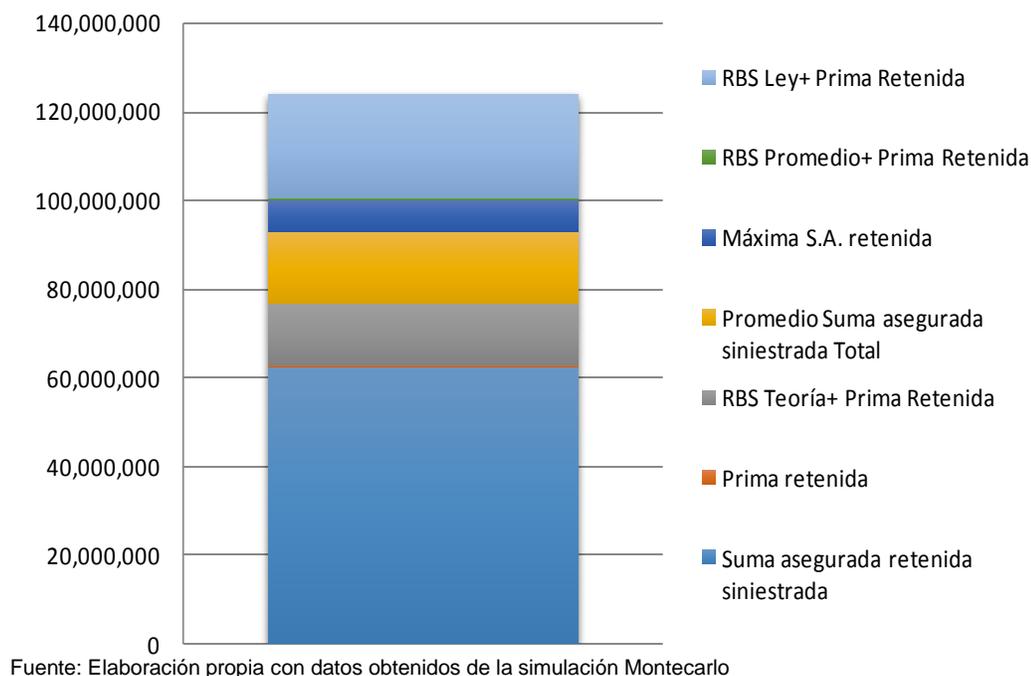
En las gráficas 4.9 y 4.10 se puede observar el resumen de los párrafos antes mencionados para este escenario:

**Gráfica 4.9
Límite de Retención 2 millones**



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

Gráfica 4.10
Límite de Retención 2 millones (Acumulada)



4.6 Escenario: Límite de retención de \$3, 000,000 mxn

En éste escenario la aseguradora solo pagará hasta un monto máximo de \$3,000,000 pesos por asegurado, es decir, tomando el total de la suma asegurada siniestrada por cliente, la empresa únicamente responde hasta por una suma de \$3,000,000 pesos y los montos que sobrepasen esta cantidad se pasarán a reaseguro.

Con la prima retenida total cubrimos un 100% del promedio de la suma asegurada siniestrada.

La simulación arrojó que existen 9,673 casos en los que la suma asegurada siniestrada por pagar es mayor a la prima retenida, es decir, existe una probabilidad de 48.37% de hacer uso del Requerimiento Bruto de Solvencia.

Sumando el Requerimiento Bruto de Solvencia calculado en base a la Teoría de la Probabilidad más la Prima Total recabada se tiene un monto de \$86, 628, 191 mxn y la simulación mostró que hay 1,121 siniestros mayores a esta suma lo cual demuestra que

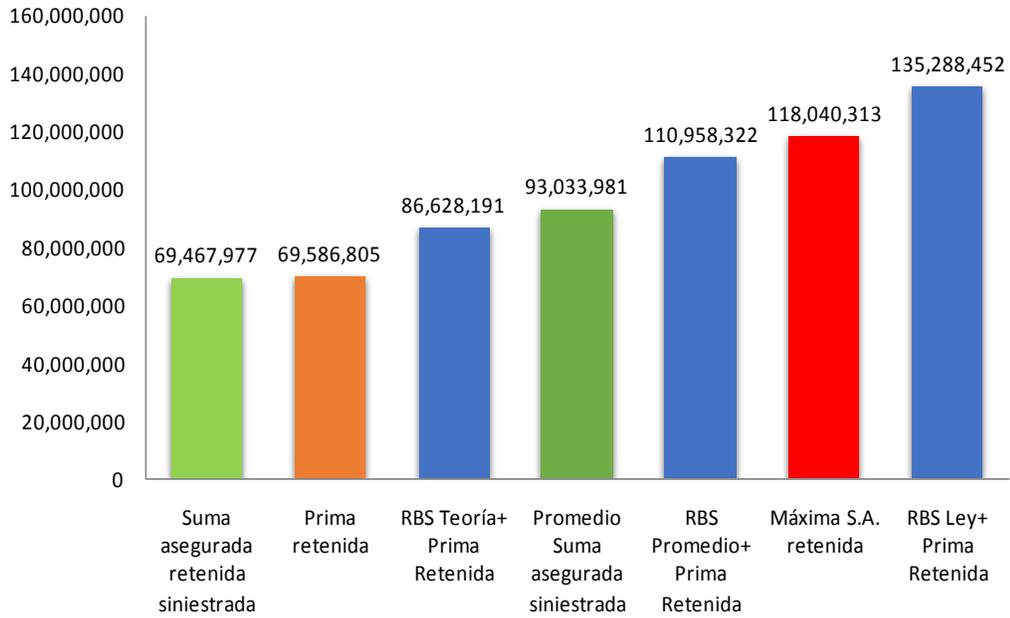
tomando este RBS se tiene una probabilidad de 94.40% de hacer frente a las responsabilidades adquiridas por la aseguradora.

Ahora sumando el Requerimiento Bruto de Solvencia calculado en base a la Ley General de Instituciones y Sociedades Mutualistas de Seguros más la Prima Total recabada se obtiene una cantidad de \$135, 288, 452 mxn y la simulación arrojó que existen 0 casos mayores a este monto por lo tanto se tiene una probabilidad de 100% de hacer frente a las responsabilidades adquiridas por la aseguradora.

Por último sumando el Requerimiento Bruto de Solvencia Promedio más la Prima Retenida Total recabada arroja un resultado de \$110, 958, 322 mxn y en la simulación existen 2 casos mayores a esta cantidad entonces se cuenta con una probabilidad de 99.99% de hacer frente al total de reclamaciones a causa de siniestros ocurridos.

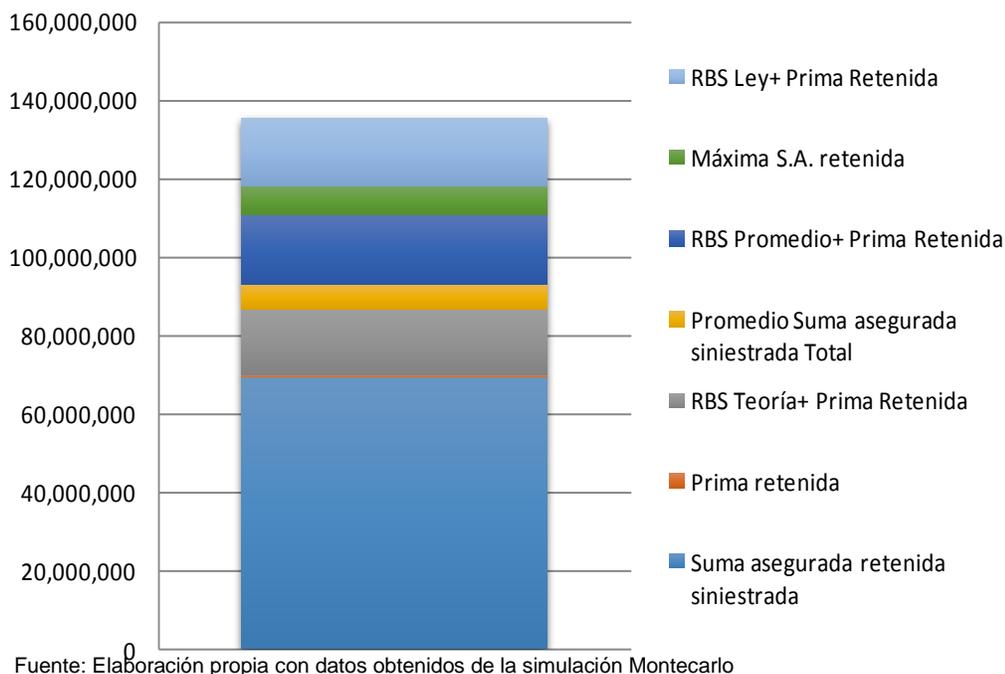
En las gráficas 4.11 y 4.12 se puede observar el resumen de los párrafos antes mencionados para este escenario:

**Gráfica 4.11
Límite de Retención 3 millones**



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

Gráfica 4.12
Límite de Retención 3 millones (Acumulada)



4.7 Escenario: Límite de retención de \$4, 000,000 mxn

En éste escenario la aseguradora solo pagará hasta un monto máximo de \$4,000,000 pesos por asegurado, es decir, tomando el total de la suma asegurada siniestrada por cliente, la empresa únicamente responde hasta por una suma de \$4,000,000 pesos y los montos que sobrepasen esta cantidad se pasarán a reaseguro.

Con la prima retenida total cubrimos un 100% del promedio de la suma asegurada siniestrada.

La simulación arrojó que existen 9,585 casos en los que la suma asegurada siniestrada por pagar es mayor a la prima retenida, es decir, existe una probabilidad de 47.93% de hacer uso del Requerimiento Bruto de Solvencia.

Sumando el Requerimiento Bruto de Solvencia calculado en base a la Teoría de la Probabilidad más la Prima Total recabada se tiene un monto de \$93, 570, 248 mxn y la simulación mostró que hay 1,098 siniestros mayores a esta suma lo cual demuestra que

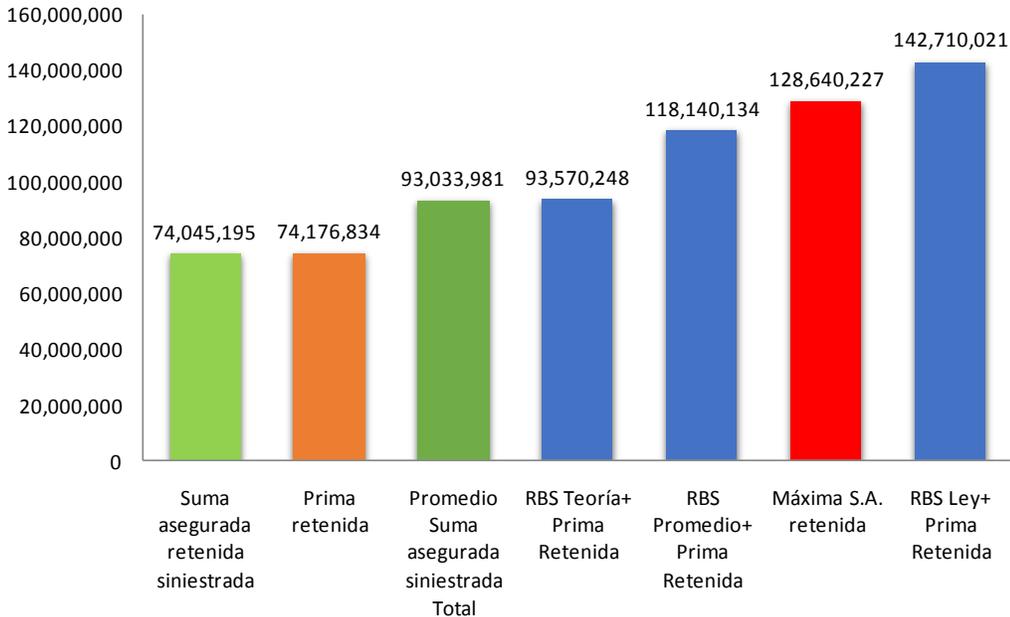
tomando este RBS se tiene una probabilidad de 94.51% de hacer frente a las responsabilidades adquiridas por la aseguradora.

Ahora sumando el Requerimiento Bruto de Solvencia calculado en base a la Ley General de Instituciones y Sociedades Mutualistas de Seguros más la Prima Total recabada se obtiene una cantidad de \$142, 710, 021 mxn y la simulación arrojó que existen 0 casos mayores a este monto por lo tanto se tiene una probabilidad de 100% de hacer frente a las responsabilidades adquiridas por la aseguradora.

Por último sumando el Requerimiento Bruto de Solvencia Promedio más la Prima Retenida Total recabada arroja un resultado de \$118, 140, 134 mxn y en la simulación existen 11 casos mayores a esta cantidad entonces se cuenta con una probabilidad de 99.95% de hacer frente al total de reclamaciones a causa de siniestros ocurridos.

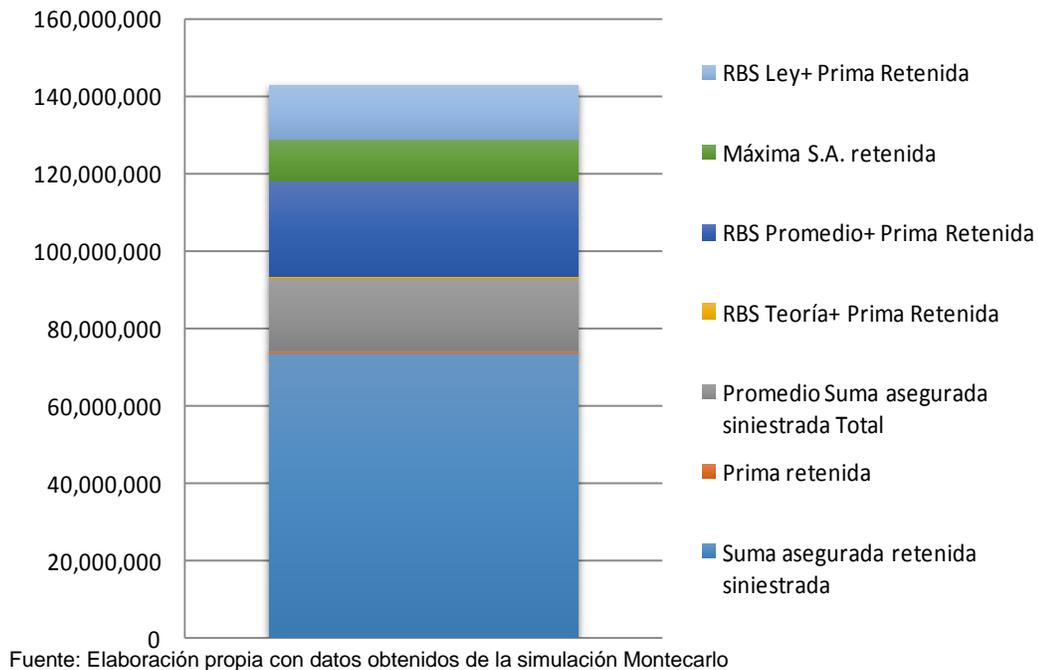
En las gráficas 4.13 y 4.14 se puede observar el resumen de los párrafos antes mencionados para este escenario:

**Gráfica 4.13
Límite de Retención 4 millones**



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

Gráfica 4.14
Límite de Retención 4 millones (Acumulada)



4.8 Escenario: Límite de retención de \$5, 000,000 mxn

En éste escenario la aseguradora solo pagará hasta un monto máximo de \$5,000,000 pesos por asegurado, es decir, tomando el total de la suma asegurada siniestrada por cliente, la empresa únicamente responde hasta por una suma de \$5,000,000 pesos y los montos que sobrepasen esta cantidad se pasarán a reaseguro.

Con la prima retenida total cubrimos un 100% del promedio de la suma asegurada siniestrada.

La simulación arrojó que existen 9,547 casos en los que la suma asegurada siniestrada por pagar es mayor a la prima retenida, es decir, existe una probabilidad de 47.74% de hacer uso del Requerimiento Bruto de Solvencia.

Sumando el Requerimiento Bruto de Solvencia calculado en base a la Teoría de la Probabilidad más la Prima Total recabada se tiene un monto de \$99, 017, 909 mxn y la simulación mostró que hay 1,125 siniestros mayores a esta suma lo cual demuestra que

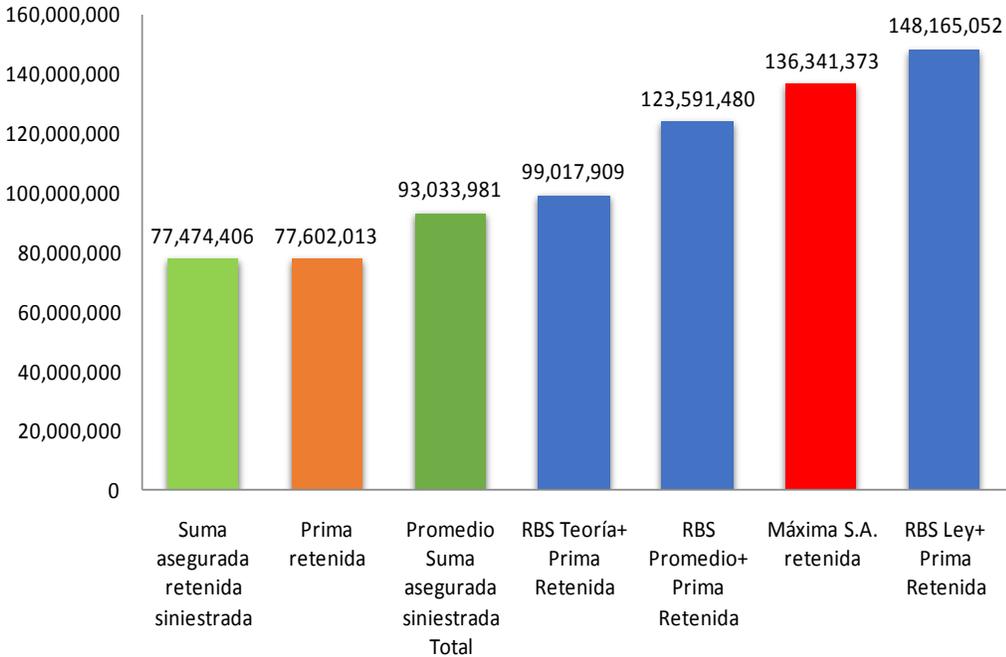
tomando este RBS se tiene una probabilidad de 94.38% de hacer frente a las responsabilidades adquiridas por la aseguradora.

Ahora sumando el Requerimiento Bruto de Solvencia calculado en base a la Ley General de Instituciones y Sociedades Mutualistas de Seguros más la Prima Total recabada se obtiene una cantidad de \$148, 165, 052 mxn y la simulación arrojó que existen 0 casos mayores a este monto por lo tanto se tiene una probabilidad de 100% de hacer frente a las responsabilidades adquiridas por la aseguradora.

Por último sumando el Requerimiento Bruto de Solvencia Promedio más la Prima Retenida Total recabada arroja un resultado de \$123, 591, 480 mxn y en la simulación existen 22 casos mayores a esta cantidad entonces se cuenta con una probabilidad de 99.89% de hacer frente al total de reclamaciones a causa de siniestros ocurridos.

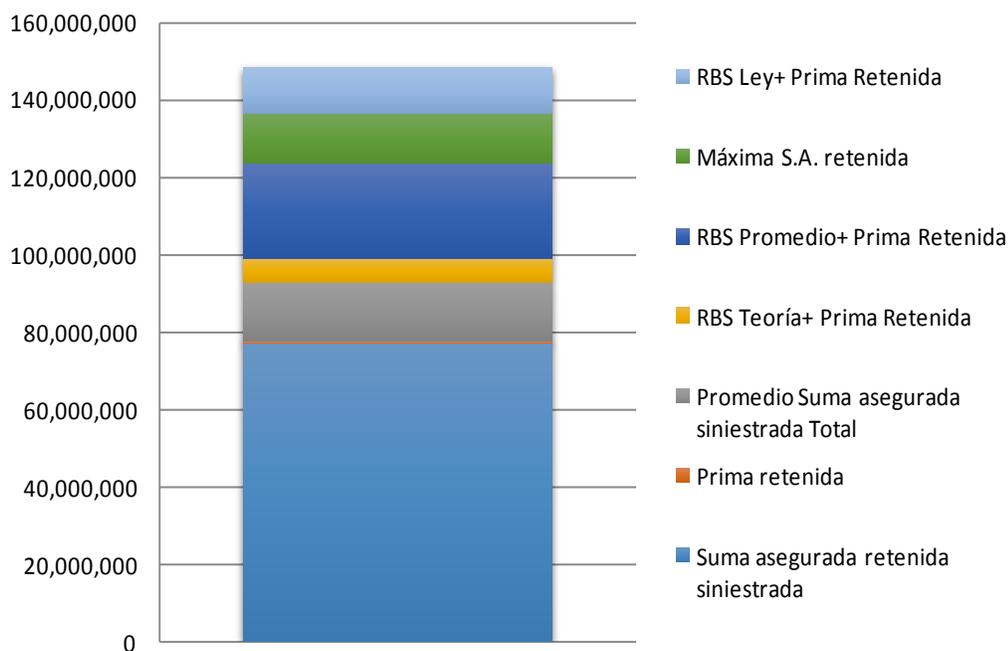
En las gráficas 4.15 y 4.16 se puede observar el resumen de los párrafos antes mencionados para este escenario:

**Gráfica 4.15
Límite de Retención 5 millones**



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

Gráfica 4.16
Límite de Retención 5 millones (Acumulada)



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

4.9 Escenario: Límite de retención de \$10, 000,000 mxn

En éste escenario la aseguradora solo pagará hasta un monto máximo de \$10,000,000 pesos por asegurado, es decir, tomando el total de la suma asegurada siniestrada por cliente, la empresa únicamente responde hasta por una suma de \$10,000,000 pesos y los montos que sobrepasen esta cantidad se pasarán a reaseguro.

Con la prima retenida total cubrimos un 100% del promedio de la suma asegurada siniestrada.

La simulación arrojó que existen 9,399 casos en los que la suma asegurada siniestrada por pagar es mayor a la prima retenida, es decir, existe una probabilidad de 47% de hacer uso del Requerimiento Bruto de Solvencia.

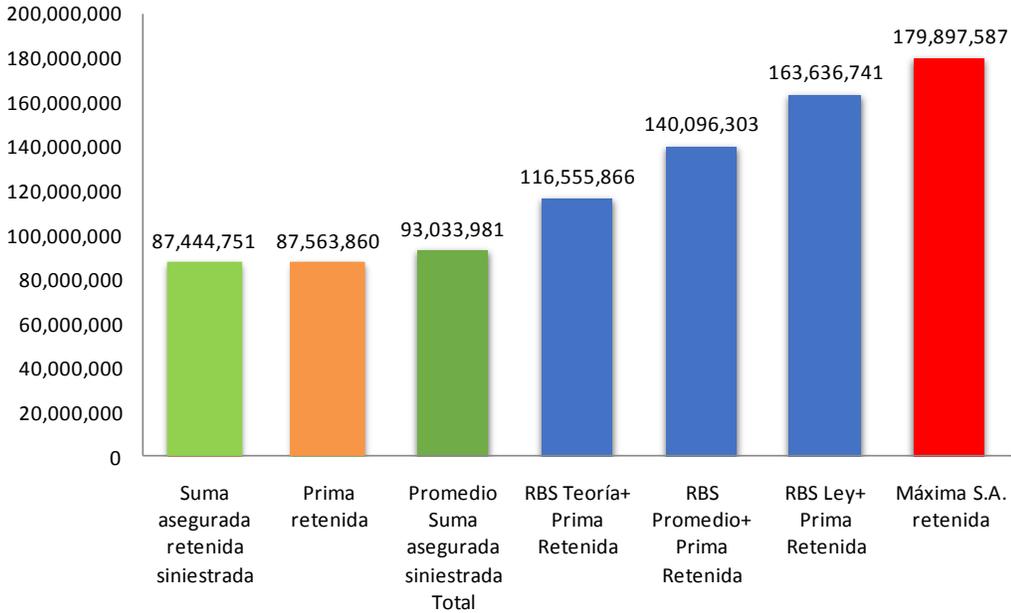
Sumando el Requerimiento Bruto de Solvencia calculado en base a la Teoría de la Probabilidad más la Prima Total recabada se tiene un monto de \$116, 555, 866 mxn y la simulación mostró que hay 1,195 siniestros mayores a esta suma lo cual demuestra que tomando este RBS se tiene una probabilidad de 94.03% de hacer frente a las responsabilidades adquiridas por la aseguradora.

Ahora sumando el Requerimiento Bruto de Solvencia calculado en base a la Ley General de Instituciones y Sociedades Mutualistas de Seguros más la Prima Total recabada se obtiene una cantidad de \$163, 636, 741 mxn y la simulación arrojó que existen 5 casos mayores a este monto por lo tanto se tiene una probabilidad de 99.98% de hacer frente a las responsabilidades adquiridas por la aseguradora.

Por último sumando el Requerimiento Bruto de Solvencia Promedio más la Prima Retenida Total recabada arroja un resultado de \$140, 096, 303 mxn y en la simulación existen 93 casos mayores a esta cantidad entonces se cuenta con una probabilidad de 99.54% de hacer frente al total de reclamaciones a causa de siniestros ocurridos.

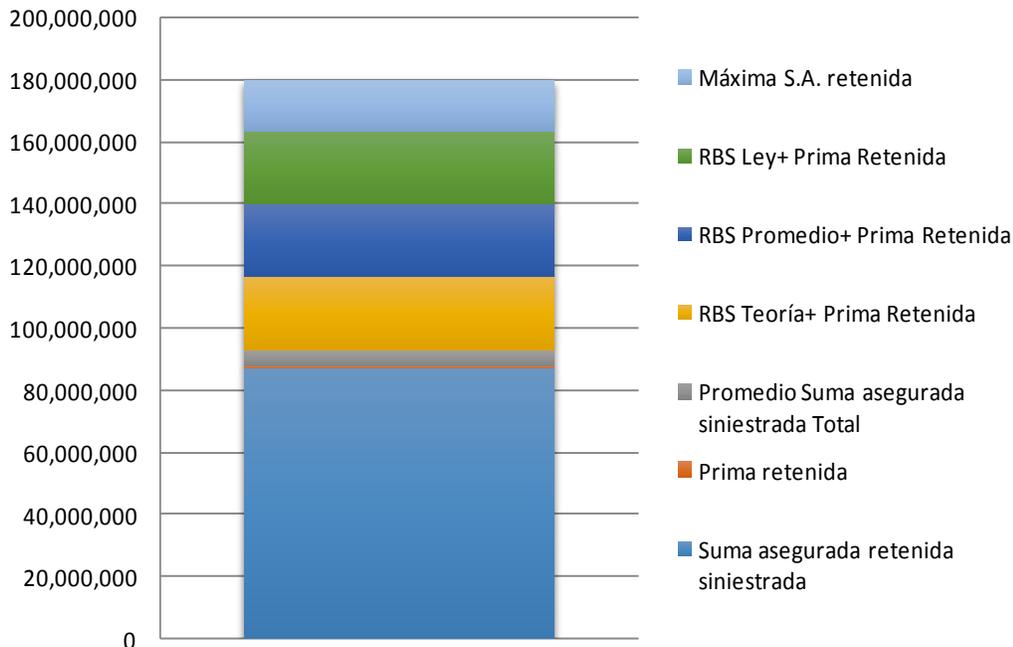
En las gráficas 4.17 y 4.18 se puede observar el resumen de los párrafos antes mencionados para este escenario:

Gráfica 4.17
Límite de Retención 10 millones



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

Gráfica 4.18
Límite de Retención 10 millones (Acumulada)

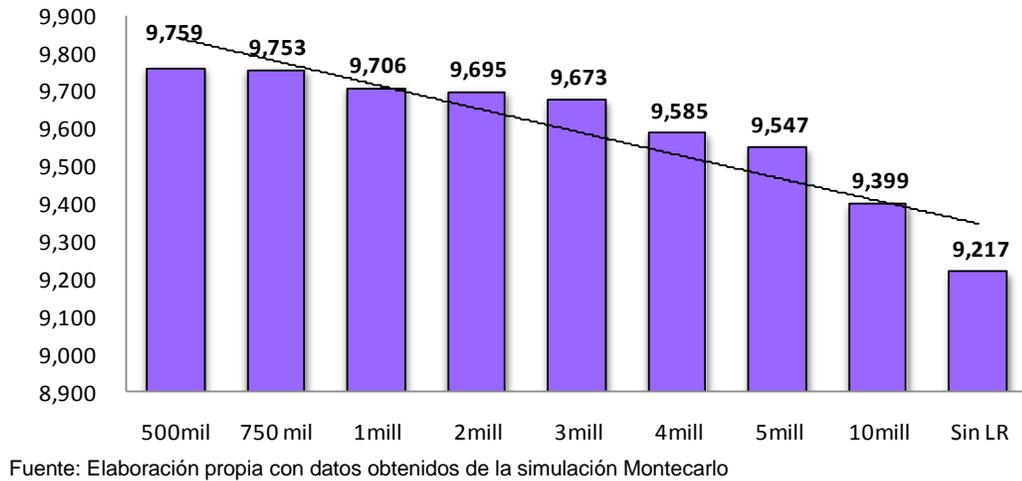


Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

4.10 Análisis general de los resultados obtenidos de la simulación

En primer lugar se analizó para cada límite de retención propuesto cuantos casos de toda la simulación se tienen mayores a la cantidad de prima retenida para cada caso. Esto se ocupó para conocer la probabilidad de recurrir al RBS en caso de que estos presenten siniestros. Se muestra en la gráfica 4.19 la tendencia que va tomando éste dato dependiendo del límite de retención.

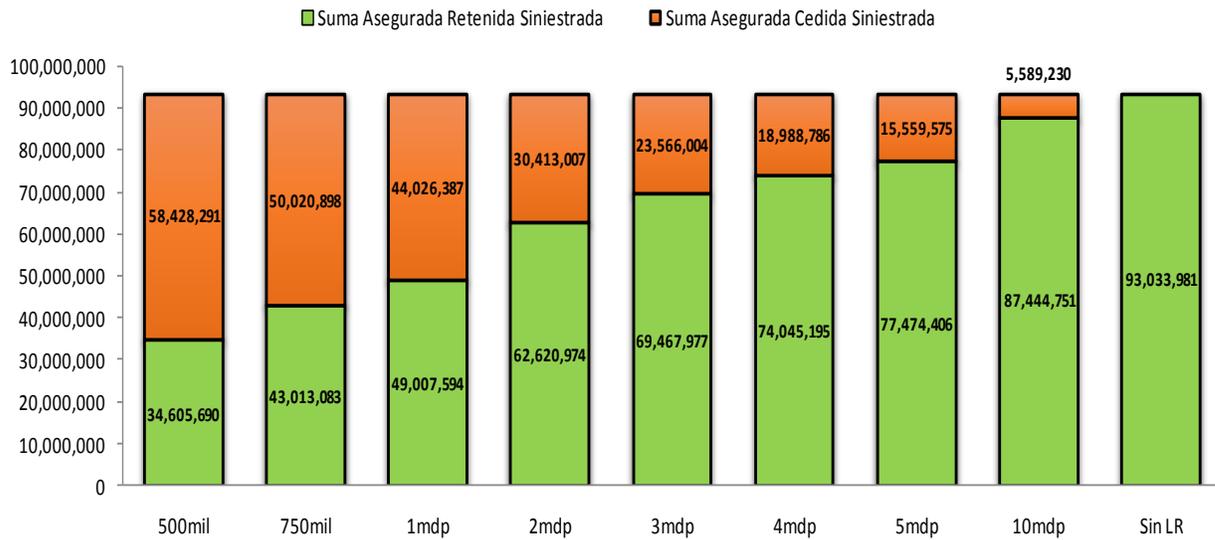
Gráfica 4.19
Número de casos mayores al monto de prima retenida por límite de retención



Entre más alto sea el límite de retención, la cantidad de casos mayores al monto de la prima retenida disminuye respecto al límite de retención anterior, teniendo un máximo de 9,759 casos para el LR de \$500,000 y un mínimo de casos de 9,217 para el escenario sin límite de retención.

A continuación se muestran los resultados referentes a la suma asegurada retenida y cedida correspondiente a cada escenario de los límites de retención propuestos. Como se observa en la gráfica 4.20 en la misma barra se encuentra la suma asegurada retenida y el monto de la suma asegurada cedida por cada límite de retención:

Gráfica 4.20
Suma Asegurada Total por Límite de Retención

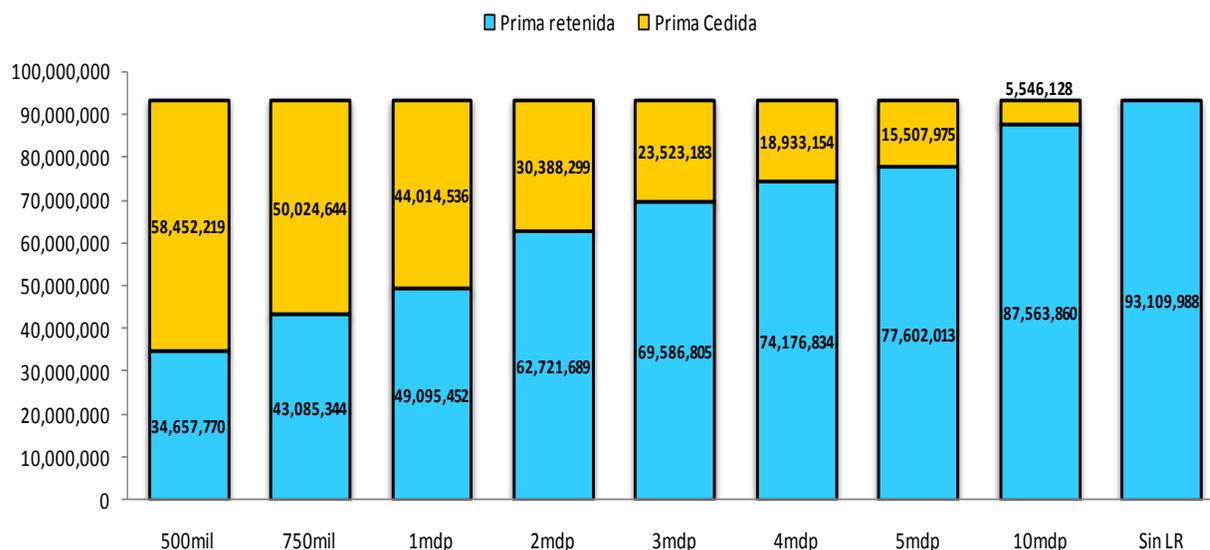


Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

Es claro observar que entre más bajo sea el monto del límite de retención la cantidad o monto de suma asegurada que se cede a reaseguro es más grande que la suma asegurada retenida, en caso contrario mientras más alto sea el límite de retención la cantidad de suma asegurada cedida es más pequeña respecto a la suma asegurada retenida. Se recuerda al lector que en el caso del escenario sin límite de retención no existe suma asegurada cedida ya que la empresa absorbe todo el riesgo.

Se procede a explicar el caso de la prima retenida y prima cedida de acuerdo a cada límite de retención propuesto. Como se puede apreciar en la gráfica 4.21 en la misma barra se encuentra los dos montos (prima retenida y prima cedida) para cada LR.

Gráfica 4.21
Prima Total por Límite de Retención



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

La prima retenida (cantidad que se queda en la empresa aseguradora) es menor mientras el límite de retención sea menor, por ejemplo en el caso del límite de retención de \$500,000 la prima retenida es tan solo de \$34, 657,770, mientras que para el límite de retención de \$10, 000,000 la prima que retiene la empresa es de \$87, 563, 860. Lo contrario sucede para el caso de la prima cedida que es la cantidad de la prima total que la empresa aseguradora cede al reaseguro para que entre las dos entidades hagan frente a las obligaciones en caso de siniestralidad para los clientes; esto es, entre más bajo sea el monto del límite de retención mayor es la proporción de prima cedida.

Ejemplo: Para el caso del límite de retención de \$500, 000 la prima cedida es de \$58, 452, 219 mientras que para el límite de retención de \$10, 000, 000 la prima cedida es \$5, 546, 128. El escenario sin límite de retención no tiene prima cedida.

A continuación se observa en tabla 4.22 por porcentajes de solvencia por cada Requerimiento Bruto de Solvencia calculado para los distintos límites de retención propuestos. Esto es, para cada uno de los casos se calculó el RBS según la Teoría de Probabilidad, el RBS que marca la Ley General de Instituciones de Seguros y como aporte a esta investigación se propone un RBS Promedio de estos dos últimos para

hacer un análisis más completo del ejercicio. Una vez que se obtuvieron éstos resultados, se les sumó el monto de la prima retenida (considerando el límite de retención) para así conocer con cuánto se tiene entre lo retenido de las primas que se cobran a los clientes y entre el monto inicial que los inversionistas o socios contribuyen para hacer frente a las obligaciones y asegurar la viabilidad de la empresa.

Tabla 4.22
Porcentaje de Solvencia para los Requerimientos Brutos de Solvencia calculados para cada límite de retención propuesto

Límite de Retención	RBS Teoría	RBS Ley	RBS Promedio
500 mil	94.83%	100.00%	100.00%
750 mil	94.87%	100.00%	100.00%
1 millón	94.85%	100.00%	100.00%
2 millones	94.57%	100.00%	100.00%
3 millones	94.40%	100.00%	99.99%
4 millones	94.51%	100.00%	99.95%
5 millones	94.38%	100.00%	99.89%
10 millones	94.03%	99.98%	99.54%
Sin LR	93.66%	99.84%	98.81%

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del cálculo de los Requerimientos brutos de solvencia en Excel

Se muestran en color verde los porcentajes de solvencia con mayor cobertura, en amarillo los de cobertura media y en rojo los que cubren en menor cantidad. Cabe destacar que todos los porcentajes de solvencia son atractivos para la empresa, todo va depender del límite de retención que se elija.

Para poder obtener este porcentaje es necesario conocer cuántos casos posibles dentro toda la simulación son mayores a la suma mencionada en el párrafo anterior (RBS "X"+ Prima retenida) y una vez teniendo el número de casos por cada RBS y LR se realizó la división de la siguiente manera: $1 - (\text{"casos mayores"} / 20,000)$. De esta manera se obtuvieron los porcentajes de solvencia.

A continuación se muestran los resultados generales para cada límite de retención. Ver tablas 4.23 a la 4.31.

Tabla 4.23
Escenario: Sin límite de retención

Límite de retención	N/A
----------------------------	------------

Simulaciones realizadas	20,000
-------------------------	--------

Datos obtenidos de la simulación	
Promedio Suma asegurada siniestrada total	93,033,981
Prima retenida	93,109,988
Máxima S.A. retenida	222,158,887
Faltante máximo	-129,048,899
Numero de casos >= Prima Retenida	9217
Probabilidad de recurrir al RBS	46.09%

Requerimiento Bruto de Solvencia	
RBS Teoría	35,499,281
RBS Ley	78,776,207
RBS Promedio	57,137,744

Solvencia con RBS Teoría	
RBS Teoría+ Prima Retenida	128,609,269
Máxima S.A. retenida	222,158,887
Faltante máximo	-93,549,618
Numero de casos >= al RBS+Prima Retenida	1269
Probabilidad de Solvencia	93.66%

Solvencia con RBS Ley	
RBS Ley+ Prima Retenida	171,886,195
Máxima S.A. retenida	222,158,887
Faltante máximo	-50,272,692
Numero de casos >= al RBS+Prima Retenida	33
Probabilidad de Solvencia	99.84%

Solvencia con RBS Promedio	
RBS Promedio+ Prima Retenida	150,247,732
Máxima S.A. retenida	222,158,887
Faltante máximo	-71,911,155
Numero de casos >= al RBS+Prima Retenida	239
Probabilidad de Solvencia	98.81%

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

Tabla 4.24
Escenario: Límite de retención \$500,000 mxn

Límite de retención	500,000
Simulaciones realizadas	20,000
Datos obtenidos de la simulación	
Promedio Suma asegurada siniestrada total	93,033,981
Promedio Suma asegurada retenida siniestrada	34,605,690
Prima retenida	34,657,770
Excedente	52,080
Máxima S.A. retenida	51,171,064
Faltante máximo	-16,513,294
Numero de casos >= Prima Retenida	9759
Probabilidad de recurrir al RBS	48.80%
Promedio Suma asegurada cedida siniestrada	58,428,291
Prima Cedida	58,452,219
Excedente	23,927
Requerimiento Bruto de Solvencia	
RBS Teoría	6,234,545
RBS Ley	39,689,460
RBS Promedio	22,962,003

Solvencia con RBS Teoría	
RBS Teoría+ Prima Retenida	40,892,315
Máxima S.A. retenida	51,171,064
Faltante máximo	-10,278,749.18
Numero de casos >= al RBS+Prima Retenida	1034
Probabilidad de Solvencia	94.83%

Solvencia con RBS Ley	
RBS Ley+ Prima Retenida	74,347,229
Máxima S.A. retenida	51,171,064
Faltante máximo	23,176,165
Numero de casos >= al RBS+Prima Retenida	0
Probabilidad de Solvencia	100.00%

Solvencia con RBS Promedio	
RBS Promedio+ Prima Retenida	57,619,772
Máxima S.A. retenida	51,171,064
Faltante máximo	6,448,708
Numero de casos >= al RBS+Prima Retenida	0
Probabilidad de Solvencia	100.00%

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

Tabla 4.25
Escenario: Límite de retención \$750,000 mxn

Límite de retención	750,000
Simulaciones realizadas	20,000
Datos obtenidos de la simulación	
Promedio Suma asegurada siniestrada total	93,033,981
Promedio Suma asegurada retenida siniestrada	43,013,083
Prima retenida	43,085,344
Excedente	72,261
Máxima S.A. retenida	63,695,235
Faltante máximo	-20,609,891
Numero de casos >= Prima Retenida	9753
Probabilidad de recurrir al RBS	48.77%
Promedio Suma asegurada cedida siniestrada	50,020,898
Prima Cedida	50,024,644
Excedente	3,746
Requerimiento Bruto de Solvencia	
RBS Teoría	8,175,160
RBS Ley	46,853,294
RBS Promedio	27,514,227

Solvencia con RBS Teoría	
RBS Teoría+ Prima Retenida	51,260,504
Máxima S.A. retenida	63,695,235
Faltante máximo	-12,434,731.52
Numero de casos >= al RBS+Prima Retenida	1027
Probabilidad de Solvencia	94.87%

Solvencia con RBS Ley	
RBS Ley+ Prima Retenida	89,938,638
Máxima S.A. retenida	63,695,235
Faltante máximo	26,243,403
Numero de casos >= al RBS+Prima Retenida	0
Probabilidad de Solvencia	100.00%

Solvencia con RBS Promedio	
RBS Promedio+ Prima Retenida	70,599,571
Máxima S.A. retenida	63,695,235
Faltante máximo	6,904,336
Numero de casos >= al RBS+Prima Retenida	0
Probabilidad de Solvencia	100.00%

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

Tabla 4.26

Escenario: Límite de retención \$1, 000,000 mxn

Límite de retención	1,000,000
----------------------------	------------------

Simulaciones realizadas	20,000
-------------------------	--------

Datos obtenidos de la simulación	
Promedio Suma asegurada siniestrada total	93,033,981
Promedio Suma asegurada retenida siniestrada	49,007,594
Prima retenida	49,095,452
Excedente	87,859
Máxima S.A. retenida	73,180,531
Faltante máximo	-24,085,078
Numero de casos >= Prima Retenida	9706
Probabilidad de recurrir al RBS	48.53%

Promedio Suma asegurada cedida siniestrada	44,026,387
Prima Cedida	44,014,536
Excedente	-11,851

Requerimiento Bruto de Solvencia	
RBS Teoría	9,744,081
RBS Ley	51,507,119

Solvencia con RBS Teoría	
RBS Teoría+ Prima Retenida	58,839,533
Máxima S.A. retenida	73,180,531
Faltante máximo	-14,340,997.74
Numero de casos >= al RBS+Prima Retenida	1030
Probabilidad de Solvencia	94.85%

Solvencia con RBS Ley	
RBS Ley+ Prima Retenida	100,602,572
Máxima S.A. retenida	73,180,531
Faltante máximo	27,422,041
Numero de casos >= al RBS+Prima Retenida	0
Probabilidad de Solvencia	100.00%

Solvencia con RBS Promedio	
RBS Promedio+ Prima Retenida	79,721,052
Máxima S.A. retenida	73,180,531
Faltante máximo	6,540,522
Numero de casos >= al RBS+Prima Retenida	0

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

Tabla 4.27

Escenario: Límite de retención \$2, 000,000 mxn

Límite de retención	2,000,000
----------------------------	------------------

Simulaciones realizadas	20,000
-------------------------	--------

Datos obtenidos de la simulación	
Promedio Suma asegurada siniestrada total	93,033,981
Promedio Suma asegurada retenida siniestrada	62,620,974
Prima retenida	62,721,689
Excedente	100,715
Máxima S.A. retenida	100,198,344
Faltante máximo	-37,476,655
Numero de casos >= Prima Retenida	9695
Probabilidad de recurrir al RBS	48.48%

Promedio Suma asegurada cedida siniestrada	30,413,007
Prima Cedida	30,388,299
Excedente	-24,707

Requerimiento Bruto de Solvencia	
RBS Teoría	14,130,959
RBS Ley	61,225,356
RBS Promedio	37,678,158

Solvencia con RBS Teoría	
RBS Teoría+ Prima Retenida	76,852,648
Máxima S.A. retenida	100,198,344
Faltante máximo	-23,345,695.36
Numero de casos >= al RBS+Prima Retenida	1087
Probabilidad de Solvencia	94.57%

Solvencia con RBS Ley	
RBS Ley+ Prima Retenida	123,947,045
Máxima S.A. retenida	100,198,344
Faltante máximo	23,748,701
Numero de casos >= al RBS+Prima Retenida	0
Probabilidad de Solvencia	100.00%

Solvencia con RBS Promedio	
RBS Promedio+ Prima Retenida	100,399,847
Máxima S.A. retenida	100,198,344
Faltante máximo	201,503
Numero de casos >= al RBS+Prima Retenida	0
Probabilidad de Solvencia	100.00%

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

Tabla 4.28

Escenario: Límite de retención \$3, 000,000 mxn

Límite de retención		3,000,000
Simulaciones realizadas	20,000	
Datos obtenidos de la simulación		
Promedio Suma asegurada siniestrada total	93,033,981	
Promedio Suma asegurada retenida siniestrada	69,467,977	
Prima retenida	69,586,805	
Excedente	118,828	
Máxima S.A. retenida	118,040,313	
Faltante máximo	-48,453,508	
Numero de casos >= Prima Retenida	9673	
Probabilidad de recurrir al RBS	48.37%	
Promedio Suma asegurada cedida siniestrada	23,566,004	
Prima Cedida	23,523,183	
Excedente	-42,821	
Requerimiento Bruto de Solvencia		
RBS Teoría	17,041,386	
RBS Ley	65,701,647	
RBS Promedio	41,371,517	

Solvencia con RBS Teoría	
RBS Teoría+ Prima Retenida	86,628,191
Máxima S.A. retenida	118,040,313
Faltante máximo	-31,412,121.36
Numero de casos >= al RBS+Prima Retenida	1121
Probabilidad de Solvencia	94.40%

Solvencia con RBS Ley	
RBS Ley+ Prima Retenida	135,288,452
Máxima S.A. retenida	118,040,313
Faltante máximo	17,248,139
Numero de casos >= al RBS+Prima Retenida	0
Probabilidad de Solvencia	100.00%

Solvencia con RBS Promedio	
RBS Promedio+ Prima Retenida	110,958,322
Máxima S.A. retenida	118,040,313
Faltante máximo	-7,081,991
Numero de casos >= al RBS+Prima Retenida	2
Probabilidad de Solvencia	99.99%

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

Tabla 4.29

Escenario: Límite de retención \$4, 000,000 mxn

Límite de retención		4,000,000
Simulaciones realizadas	20,000	
Datos obtenidos de la simulación		
Promedio Suma asegurada siniestrada total	93,033,981	
Promedio Suma asegurada retenida siniestrada	74,045,195	
Prima retenida	74,176,834	
Excedente	131,639	
Máxima S.A. retenida	128,640,227	
Faltante máximo	-54,463,393	
Numero de casos >= Prima Retenida	9585	
Probabilidad de recurrir al RBS	47.93%	
Promedio Suma asegurada cedida siniestrada	18,988,786	
Prima Cedida	18,933,154	
Excedente	-55,631	
Requerimiento Bruto de Solvencia		
RBS Teoría	19,393,414	
RBS Ley	68,533,187	
RBS Promedio	43,963,301	

Solvencia con RBS Teoría	
RBS Teoría+ Prima Retenida	93,570,248
Máxima S.A. retenida	128,640,227
Faltante máximo	-35,069,979.22
Numero de casos >= al RBS+Prima Retenida	1098
Probabilidad de Solvencia	94.51%

Solvencia con RBS Ley	
RBS Ley+ Prima Retenida	142,710,021
Máxima S.A. retenida	128,640,227
Faltante máximo	14,069,794
Numero de casos >= al RBS+Prima Retenida	0
Probabilidad de Solvencia	100.00%

Solvencia con RBS Promedio	
RBS Promedio+ Prima Retenida	118,140,134
Máxima S.A. retenida	128,640,227
Faltante máximo	-10,500,092
Numero de casos >= al RBS+Prima Retenida	11
Probabilidad de Solvencia	99.95%

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

Tabla 4.30

Escenario: Límite de retención \$5, 000,000 mxn

Límite de retención	5,000,000
----------------------------	------------------

Simulaciones realizadas	20,000
-------------------------	--------

Datos obtenidos de la simulación	
Promedio Suma asegurada siniestrada total	93,033,981
Promedio Suma asegurada retenida siniestrada	77,474,406
Prima retenida	77,602,013
Excedente	127,607
Máxima S.A. retenida	136,341,373
Faltante máximo	-58,739,359
Numero de casos >= Prima Retenida	9547
Probabilidad de recurrir al RBS	47.74%

Promedio Suma asegurada cedida siniestrada	15,559,575
Prima Cedida	15,507,975
Excedente	-51,600

Requerimiento Bruto de Solvencia	
RBS Teoría	21,415,895
RBS Ley	70,563,039
RBS Promedio	45,989,467

Solvencia con RBS Teoría	
RBS Teoría+ Prima Retenida	99,017,909
Máxima S.A. retenida	136,341,373
Faltante máximo	-37,323,464.30
Numero de casos >= al RBS+Prima Retenida	1125
Probabilidad de Solvencia	94.38%

Solvencia con RBS Ley	
RBS Ley+ Prima Retenida	148,165,052
Máxima S.A. retenida	136,341,373
Faltante máximo	11,823,679
Numero de casos >= al RBS+Prima Retenida	0
Probabilidad de Solvencia	100%

Solvencia con RBS Promedio	
RBS Promedio+ Prima Retenida	123,591,480
Máxima S.A. retenida	136,341,373
Faltante máximo	-12,749,893
Numero de casos >= al RBS+Prima Retenida	22
Probabilidad de Solvencia	99.89%

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

Tabla 4.31

Escenario: Límite de retención \$10, 000,000 mxn

Límite de retención	10,000,000
----------------------------	-------------------

Simulaciones realizadas	20,000
-------------------------	--------

Datos obtenidos de la simulación	
Promedio Suma asegurada siniestrada total	93,033,981
Promedio Suma asegurada retenida siniestrada	87,444,751
Prima retenida	87,563,860
Excedente	119,109
Máxima S.A. retenida	179,897,587
Faltante máximo	-92,333,727
Numero de casos >= Prima Retenida	9399
Probabilidad de recurrir al RBS	47.00%

Promedio Suma asegurada cedida siniestrada	5,589,230
Prima Cedida	5,546,128
Excedente	-43,102

Requerimiento Bruto de Solvencia	
RBS Teoría	28,992,006
RBS Ley	76,072,881
RBS Promedio	52,532,443

Solvencia con RBS Teoría	
RBS Teoría+ Prima Retenida	116,555,866
Máxima S.A. retenida	179,897,587
Faltante máximo	-63,341,721.54
Numero de casos >= al RBS+Prima Retenida	1195
Probabilidad de Solvencia	94.03%

Solvencia con RBS Ley	
RBS Ley+ Prima Retenida	163,636,741
Máxima S.A. retenida	179,897,587
Faltante máximo	-16,260,846
Numero de casos >= al RBS+Prima Retenida	5
Probabilidad de Solvencia	99.98%

Solvencia con RBS Promedio	
RBS Promedio+ Prima Retenida	140,096,303
Máxima S.A. retenida	179,897,587
Faltante máximo	-39,801,284
Numero de casos >= al RBS+Prima Retenida	93
Probabilidad de Solvencia	99.54%

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

4.11 Análisis estadístico de los resultados de la Simulación Montecarlo

Se procede a analizar los resultados estadísticos de la simulación por cada límite de retención propuesto. El número de siniestros ocurridos y la suma asegurada siniestrada aplican para todos los escenarios únicamente difieren en el análisis de la suma asegurada siniestrada retenida y la suma asegurada siniestrada cedida. A continuación los datos.

Como se puede observar en la tabla 4.32 el promedio del número de siniestros ocurridos es de 98, la mediana es de 98 también y el número de siniestros que se repite más en la simulación es 98. El mayor número de siniestros en la simulación es de 140 mientras que el más bajo es de 63. El rango es de 77.

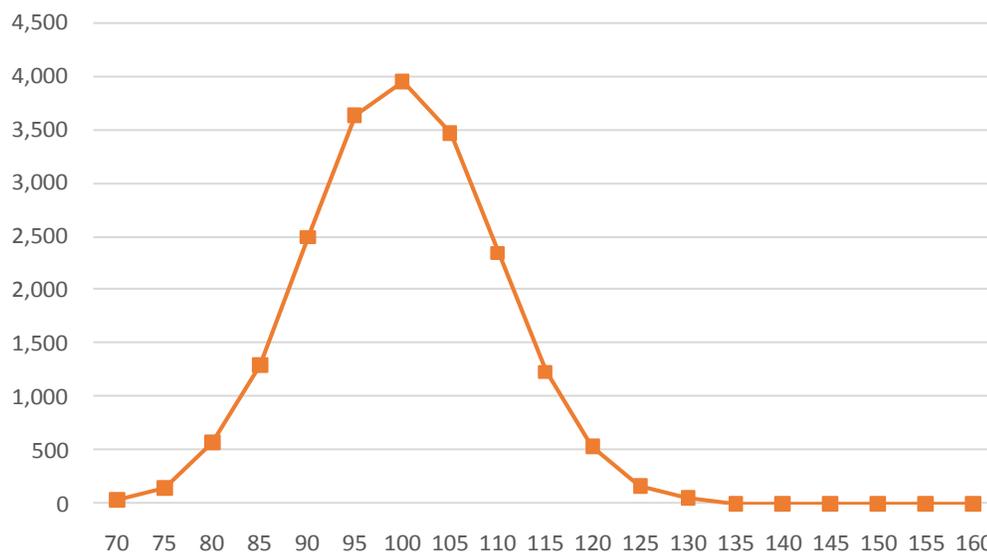
Tabla 4.32

Análisis estadístico del número de siniestros ocurridos	
Media	98
Mediana	98
Moda	98.00
Desviación estándar	9.85
Varianza de la muestra	97.03
Curtosis	-0.01
Rango	77.00
Mínimo	63.00
Máximo	140.00
Suma	1,957,218
Cuenta	20,000.00

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

La desviación estándar es de 9.85 mientras que la varianza de la muestra es de 97.03, y en último lugar la curtosis es de -0.01 por lo tanto es una curtosis platicurtica, esto quiere decir que los datos están muy poco concentrados en la media, por lo tanto en la gráfica 4.22 se puede observar la forma que tiene la distribución de este análisis.

Gráfica 4.22
Siniestros Ocurredos



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

Como se puede observar en la tabla 4.33 el promedio de la suma asegurada siniestrada es de \$93, 033, 981, la mediana es de \$90, 947, 634 y el dato que se repite más en la simulación es \$87, 861, 363. El máximo de suma asegurada siniestrada es de \$222, 158,887 mientras que el más bajo es de \$34, 659,925. El rango es de \$187, 498,963.

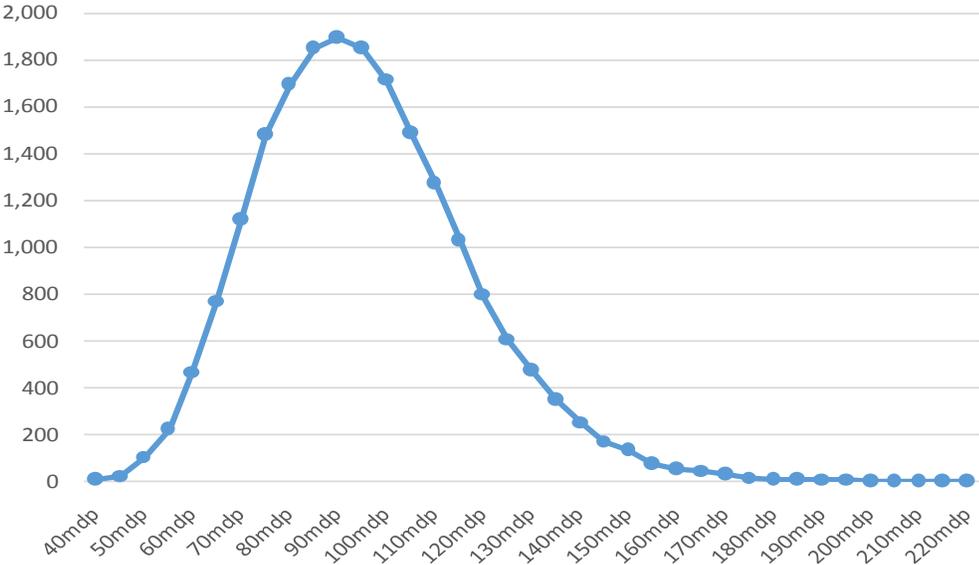
Tabla 4.33

Análisis estadístico de la S.A. Siniestrada	
Media	93,033,981
Mediana	90,947,634
Moda	87,861,363
Desviación estándar	21,693,626
Varianza de la muestra	470,613,388,593,716
Curtosis	0.61
Rango	187,498,963
Mínimo	34,659,925
Máximo	222,158,887
Suma	1,860,679,617,796
Cuenta	20,000.00

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

La desviación estándar es de 21, 693, 626 mientras que la varianza de la muestra es de 470, 613, 388, 593,716, y en último lugar la curtosis es de 0.61 por lo tanto es una curtosis leptocúrtica, esto quiere decir que los datos están muy concentrados en la media, por lo tanto en la gráfica 4.23 se puede observar la forma que tiene la distribución de este análisis.

Gráfica 4.23
Suma asegurada siniestrada



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

Escenario: Sin límite de retención

Como se puede observar en la tabla 4.34 el promedio de la suma asegurada siniestrada retenida es de \$93, 033, 981, la mediana es de \$90, 947, 634 y el dato que se repite más en la simulación es \$87, 861, 363. El máximo de suma asegurada siniestrada retenida es de \$222, 158,887.35 mientras que el más bajo es de \$34, 659,924.53 El rango es de \$187, 498,962.82.

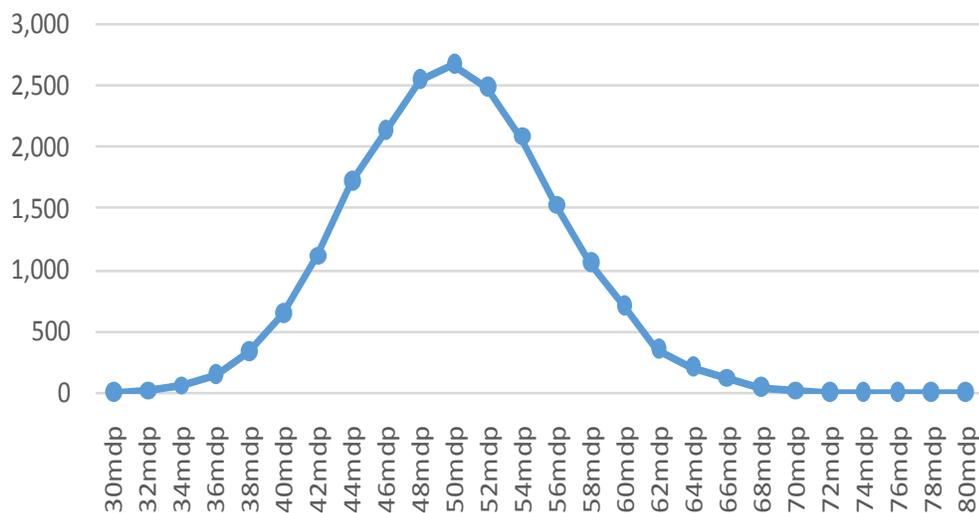
Tabla 4.34

Análisis estadístico de la S.A. Retenida Siniestrada	
Media	93,033,981
Mediana	90,947,634
Moda	87,861,363
Desviación estándar	21,693,626
Varianza de la muestra	470,613,388,593,716.00
Curtosis	0.61
Rango	187,498,962.82
Mínimo	34,659,924.53
Máximo	222,158,887.35
Suma	1,860,679,617,796
Cuenta	20,000.00

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

La desviación estándar es de 21, 693,626 mientras que la varianza de la muestra es de 470, 613, 388, 593, 716, y en último lugar la curtosis es de 0.61 por lo tanto es una curtosis leptocúrtica, esto quiere decir que los datos están muy concentrados en la media, por lo tanto en la gráfica 4.24 se puede observar la forma que tiene la distribución de este análisis.

Gráfica 4.24
Suma Asegurada Siniestrada Retenida



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

Para éste escenario sin límite de retención, no hay suma asegurada siniestrada cedida, debido a que en este caso la aseguradora está absorbiendo el 100% de la suma asegurada. No se está fijando ningún límite de retención; y se va a comparar con los distintos escenarios para saber cuál es el escenario que mejor se acopla a las necesidades del modelo.

Escenario: Límite de Retención \$500, 000 mxn

Como se puede observar en la tabla 4.35 el promedio de la suma asegurada siniestrada retenida es de \$34, 605, 690, la mediana es de \$34, 543, 993 mientras que el dato que se repite más en la simulación no aplica ya que no se repiten los valores. El máximo de suma asegurada siniestrada retenida es de \$51, 171, 064.08 mientras que el más bajo es de \$20, 054, 798.08. El rango es de \$31, 116, 266.

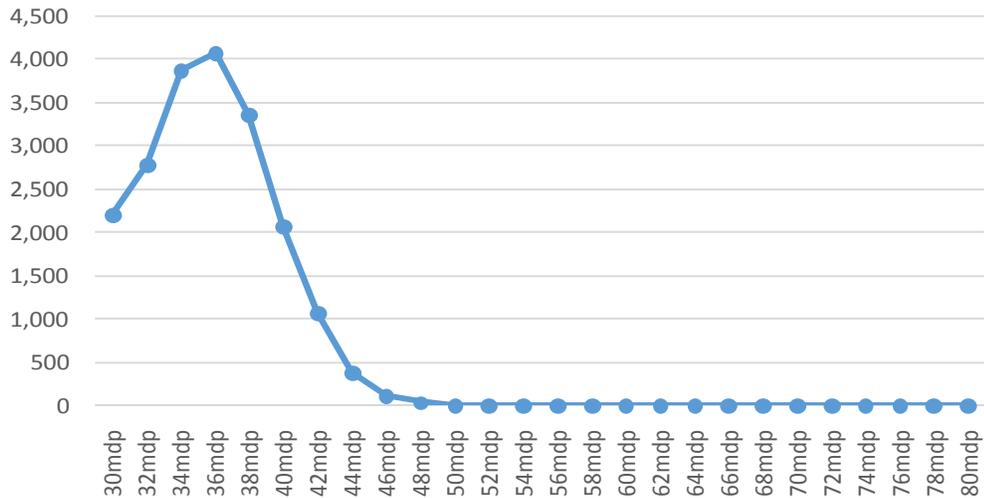
Tabla 4.35

Análisis estadístico de la S.A. Retenida Siniestrada	
Media	34,605,690
Mediana	34,543,993
Moda	#N/A
Desviación estándar	3,786,726
Varianza de la muestra	14,339,290,607,390.10
Curtosis	-0.02
Rango	31,116,266.00
Mínimo	20,054,798.08
Máximo	51,171,064.08
Suma	692,113,790,037
Cuenta	20,000.00

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

La desviación estándar es de 3, 786, 726 mientras que la varianza de la muestra es de 14, 339, 290, 607, 390.1, y en último lugar la curtosis es de -0.02 por lo tanto es una curtosis platicurtica, esto quiere decir que los datos están muy poco concentrados en la media, por lo tanto en la gráfica 4.25 se puede observar la forma que tiene la distribución de este análisis.

Gráfica 4.25
Suma Asegurada Siniestrada Retenida



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

Como se puede observar en la tabla 4.36 el promedio de la suma asegurada siniestrada cedida es de \$58, 428, 291, la mediana es de \$56, 260, 370 mientras que el dato que se repite más en la simulación no aplica ya que no se repiten los valores. El máximo de suma asegurada siniestrada cedida es de \$182, 883,177 mientras que el más bajo es de \$10, 452, 871. El rango es de \$172, 430, 306.15

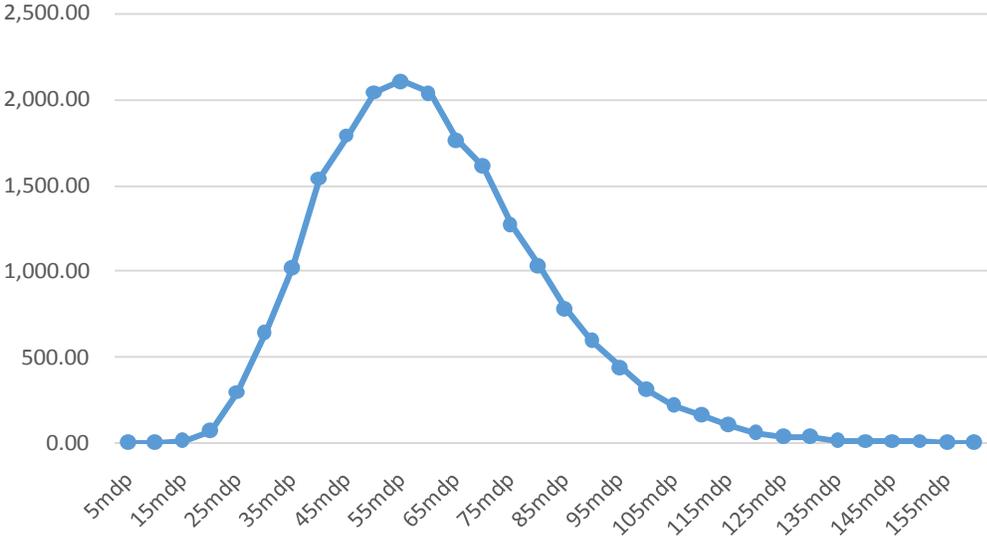
Tabla 4.36

Análisis estadístico de la S.A. Cedida Siniestrada	
Media	58,428,291
Mediana	56,260,370
Moda	#N/A
Desviación estándar	19,918,177
Varianza de la muestra	396,733,760,824,234.00
Curtosis	0.74
Rango	172,430,306.15
Mínimo	10,452,871
Máximo	182,883,177
Suma	1,168,565,827,759
Cuenta	20,000.00

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

La desviación estándar es de 19, 918, 177 mientras que la varianza de la muestra es de 396, 733, 760, 824, 234, y en último lugar la curtosis es de 0.74 por lo tanto es una curtosis leptocúrtica, esto quiere decir que los datos están muy concentrados en la media, por lo tanto en la gráfica 4.26 se puede observar la forma que tiene la distribución de este análisis.

Gráfica 4.26
Suma Asegurada Siniestrada Cedida



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

Escenario: Límite de Retención \$750, 000 mxn

Como se puede observar en la tabla 4.37 el promedio de la suma asegurada siniestrada retenida es de \$43, 013, 083, la mediana es de \$42, 912, 776 mientras que el dato que se repite más en la simulación no aplica ya que no se repiten los valores. El máximo de suma asegurada siniestrada retenida es de \$63, 695, 235.1 mientras que el más bajo es de \$24, 789, 911.08. El rango es de \$38, 905, 324.02.

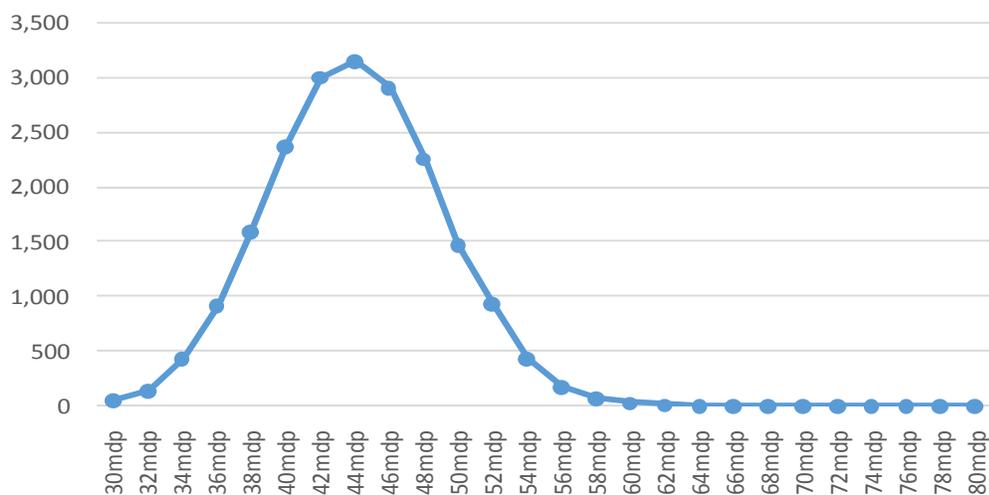
Tabla 4.37

Análisis estadístico de la S.A. Retenida Siniestrada	
Media	43,013,083
Mediana	42,912,776
Moda	#N/A
Desviación estándar	4,967,461
Varianza de la muestra	24,675,673,613,136.70
Curtosis	-0.02
Rango	38,905,324.02
Mínimo	24,789,911.08
Máximo	63,695,235.10
Suma	860,261,652,379
Cuenta	20,000.00

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

La desviación estándar es de 4, 697, 461 mientras que la varianza de la muestra es de 24, 675, 673, 613, 136.7, y en último lugar la curtosis es de -0.02 por lo tanto es una curtosis platicurtica, esto quiere decir que los datos están muy poco concentrados en la media, por lo tanto en la gráfica 4.27 se puede observar la forma que tiene la distribución de este análisis.

Gráfica 4.27
Suma Asegurada Siniestrada Retenida



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

Como se puede observar en la tabla 4.38 el promedio de la suma asegurada siniestrada cedida es de \$50, 020, 898, la mediana es de \$47, 753, 214 mientras que el dato que se repite más en la simulación no aplica ya que no se repiten los valores. El máximo de suma asegurada siniestrada cedida es de \$171, 959, 675 mientras que el más bajo es de \$5, 782, 096. El rango es de \$166, 177, 579.77

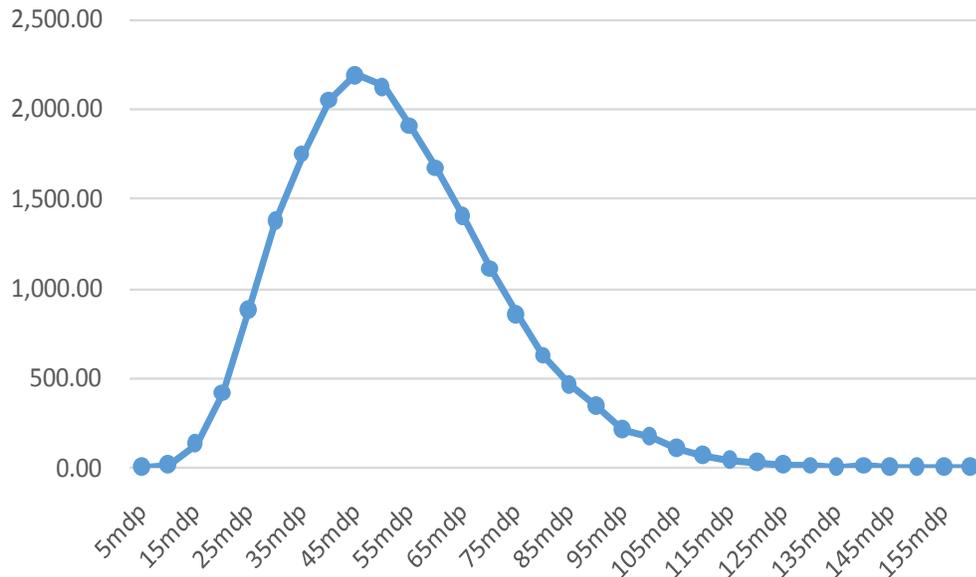
Tabla 4.38

Análisis estadístico de la S.A. Cedida Siniestrada	
Media	50,020,898
Mediana	47,753,214
Moda	#N/A
Desviación estándar	19,225,658
Varianza de la muestra	369,625,931,003,422.00
Curtosis	0.80
Rango	166,177,579.77
Mínimo	5,782,096
Máximo	171,959,675
Suma	1,000,417,965,417
Cuenta	20,000.00

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

La desviación estándar es de 19, 225, 658 mientras que la varianza de la muestra es de 369, 625, 931, 003, 422, y en último lugar la curtosis es de 0.8 por lo tanto es una curtosis leptocúrtica, esto quiere decir que los datos están muy concentrados en la media, por lo tanto en la gráfica 4.28 se puede observar la forma que tiene la distribución de este análisis.

Gráfica 4.28
Suma Asegurada Siniestrada Cedida



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

Escenario: Límite de Retención \$1, 000, 000 mxn

Como se puede observar en la tabla 4.39 el promedio de la suma asegurada siniestrada retenida es de \$49, 007, 594, la mediana es de \$48, 881, 341 mientras que el dato que se repite más en la simulación no aplica ya que no se repiten los valores. El máximo de suma asegurada siniestrada retenida es de \$73, 180, 530.72 mientras que el más bajo es de \$27, 756, 184.94. El rango es de \$45, 424, 345.78.

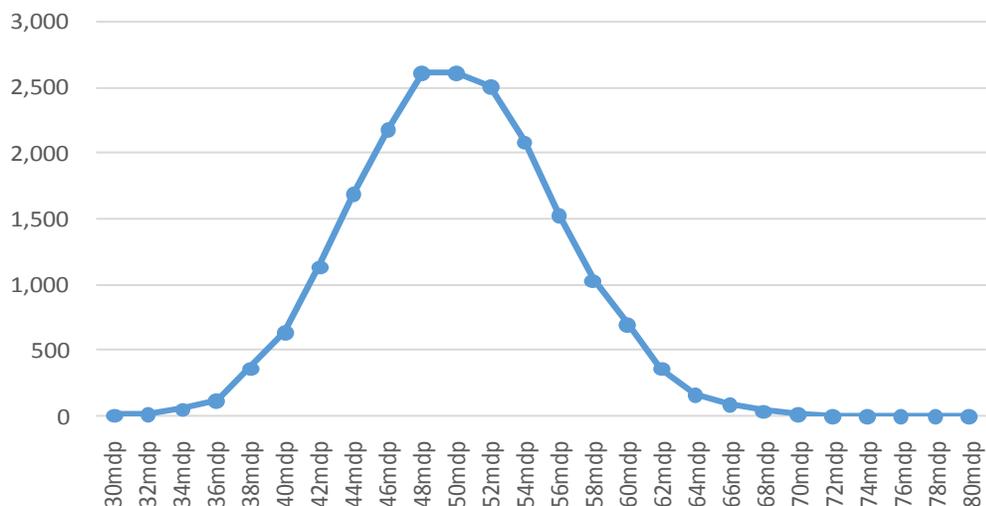
Tabla 4.39

Análisis estadístico de la S.A. Retenida Siniestrada	
Media	49,007,594
Mediana	48,881,341
Moda	#N/A
Desviación estándar	5,923,180
Varianza de la muestra	35,084,057,512,830.70
Curtosis	-0.01
Rango	45,424,345.78
Mínimo	27,756,184.94
Máximo	73,180,530.72
Suma	980,151,873,923
Cuenta	20,000.00

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

La desviación estándar es de 5, 923, 180 mientras que la varianza de la muestra es de 35, 084, 057, 512, 830.7, y en último lugar la curtosis es de -0.01 por lo tanto es una curtosis platicúrtica, esto quiere decir que los datos están muy poco concentrados en la media, por lo tanto en la gráfica 4.29 se puede observar la forma que tiene la distribución de este análisis.

Gráfica 4.29
Suma Asegurada Siniestrada Retenida



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

Como se puede observar en la tabla 4.40 el promedio de la suma asegurada siniestrada cedida es de \$44, 026, 387, la mediana es de \$41, 691, 811 mientras que el dato que se repite más en la simulación no aplica ya que no se repiten los valores. El máximo de suma asegurada siniestrada cedida es de \$163, 483,380 mientras que el más bajo es de \$3, 503, 539. El rango es de \$159, 979, 841.

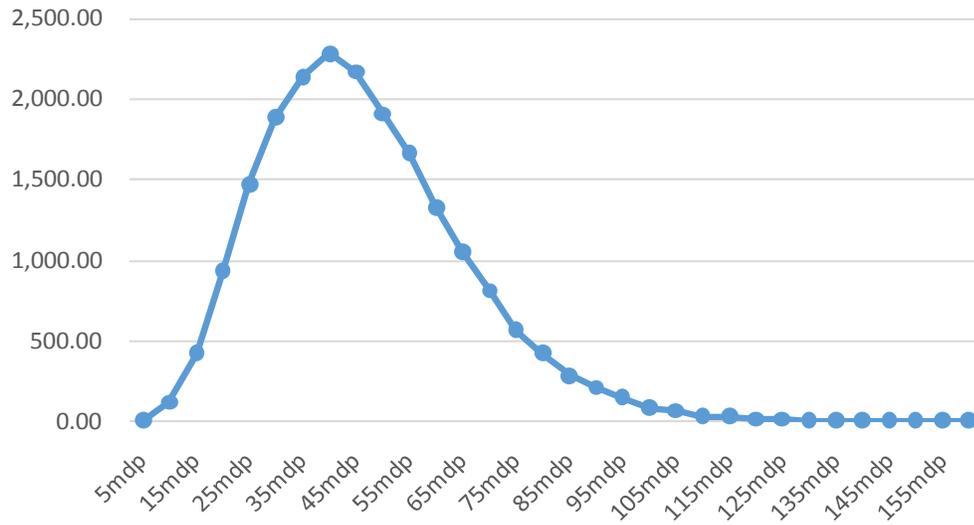
Tabla 4.40

Análisis estadístico de la S.A. Cedida Siniestrada	
Media	44,026,387
Mediana	41,691,811
Moda	#N/A
Desviación estándar	18,603,331
Varianza de la muestra	346,083,935,997,964.00
Curtosis	0.85
Rango	159,979,841.08
Mínimo	3,503,539
Máximo	163,483,380
Suma	880,527,743,872
Cuenta	20,000.00

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

La desviación estándar es de 18, 603,331 mientras que la varianza de la muestra es de 346, 083, 935,997, 964, y en último lugar la curtosis es de 0.85 por lo tanto es una curtosis leptocúrtica, esto quiere decir que los datos están muy concentrados en la media, por lo tanto en la gráfica 4.30 se puede observar la forma que tiene la distribución de este análisis.

Gráfica 4.30
Suma Asegurada Siniestrada Cedida



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

Escenario: Límite de Retención \$2, 000, 000 mxn

Como se puede observar en la tabla 4.41 el promedio de la suma asegurada siniestrada retenida es de \$62, 620, 974, la mediana es de \$62, 390, 509 mientras que el dato que se repite más en la simulación es \$61, 343, 132. El máximo de suma asegurada siniestrada retenida es de \$100, 198, 343.82 mientras que el más bajo es de \$33, 025, 679.08. El rango es de \$67, 172, 664.74.

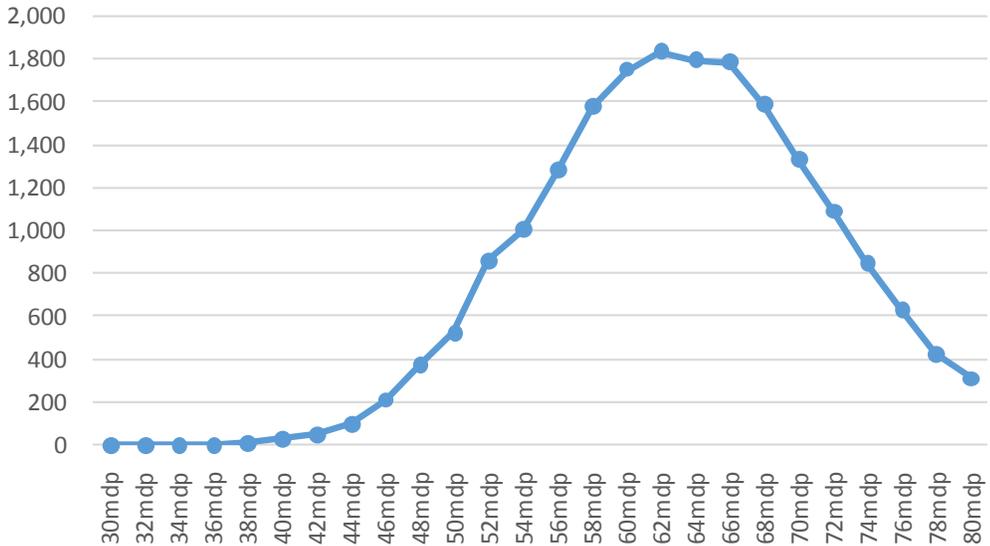
Tabla 4.41

Análisis estadístico de la S.A. Retenida Siniestrada	
Media	62,620,974
Mediana	62,390,509
Moda	61,343,132
Desviación estándar	8,603,912
Varianza de la muestra	74,027,307,377,602.20
Curtosis	0.03
Rango	67,172,664.74
Mínimo	33,025,679.08
Máximo	100,198,343.82
Suma	1,252,419,486,138
Cuenta	20,000.00

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

La desviación estándar es de 8,603, 912 mientras que la varianza de la muestra es de 74, 027, 307, 377, 602.2, y en último lugar la curtosis es de 0.03 por lo tanto es una curtosis leptocúrtica, esto quiere decir que los datos están muy concentrados en la media, por lo tanto en la gráfica 4.31 se puede observar la forma que tiene la distribución de este análisis.

Gráfica 4.31
Suma Asegurada Siniestrada Retenida



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

Como se puede observar en la tabla 4.42 el promedio de la suma asegurada siniestrada cedida es de \$30, 413, 007, la mediana es de \$28, 057, 675 mientras que el dato que se repite más en la simulación es \$31, 336, 568. El máximo de suma asegurada siniestrada cedida es de \$140, 096, 620.08 mientras que el más bajo es de \$160, 000. El rango es de \$140, 096, 620.08

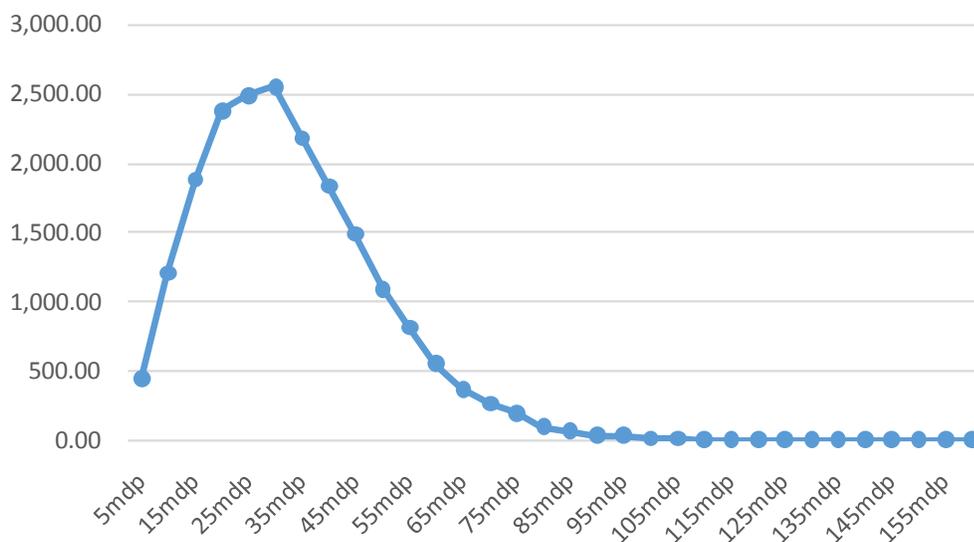
Tabla 4.42

Análisis estadístico de la S.A. Cedida Siniestrada	
Media	30,413,007
Mediana	28,057,675
Moda	31,336,568
Desviación estándar	16,543,115
Varianza de la muestra	273,674,639,106,008.00
Curtosis	1.04
Rango	140,096,620.08
Mínimo	160,000
Máximo	140,256,620
Suma	608,260,131,658
Cuenta	20,000.00

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

La desviación estándar es de 16, 543, 115 mientras que la varianza de la muestra es de 273, 674, 639, 106, 008, y en último lugar la curtosis es de 1.04 por lo tanto es una curtosis leptocúrtica, esto quiere decir que los datos están muy concentrados en la media, por lo tanto en la gráfica 4.32 se puede observar la forma que tiene la distribución de este análisis.

Gráfica 4.32
Suma Asegurada Siniestrada Cedida



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

Escenario: Límite de Retención \$3, 000, 000 mxn

Como se puede observar en la tabla 4.43 el promedio de la suma asegurada siniestrada retenida es de \$69, 467, 977, la mediana es de \$69, 158, 713 mientras que el dato que se repite más en la simulación no aplica en este caso ya que no se repiten valores. El máximo de suma asegurada siniestrada retenida es de \$118, 040, 312.82 mientras que el más bajo es de \$34, 652, 577.95. El rango es de \$83, 387, 734.87.

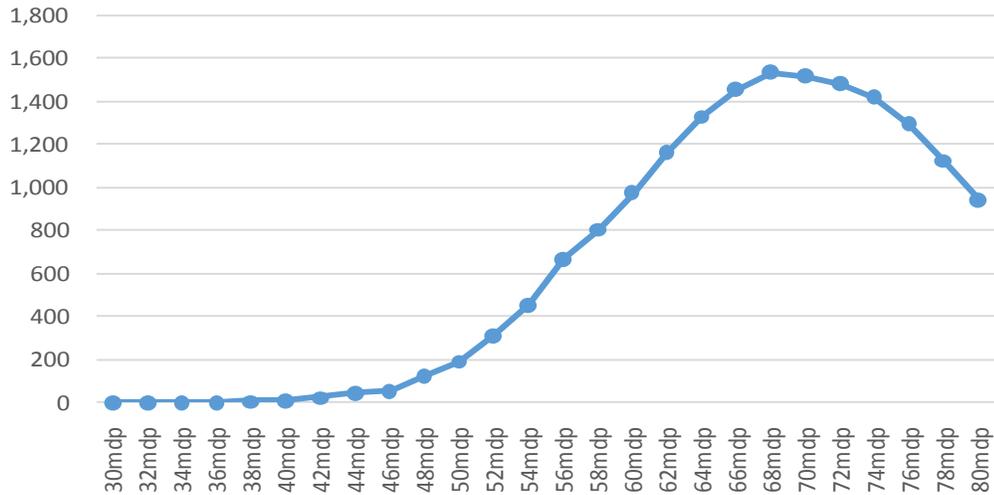
Tabla 4.43

Análisis estadístico de la S.A. Retenida Siniestrada	
Media	69,467,977
Mediana	69,158,713
Moda	#N/A
Desviación estándar	10,375,454
Varianza de la muestra	107,650,041,798,343.00
Curtosis	0.07
Rango	83,387,734.87
Mínimo	34,652,577.95
Máximo	118,040,312.82
Suma	1,389,359,539,583
Cuenta	20,000.00

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

La desviación estándar es de 10, 375, 454 mientras que la varianza de la muestra es de 107, 650, 041, 798, 343, y en último lugar la curtosis es de 0.07 por lo tanto es una curtosis leptocúrtica, esto quiere decir que los datos están muy concentrados en la media, por lo tanto en la gráfica 4.33 se puede observar la forma que tiene la distribución de este análisis.

Gráfica 4.33
Suma Asegurada Siniestrada Retenida



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

Como se puede observar en la tabla 4.44 el promedio de la suma asegurada siniestrada cedida es de \$23, 566, 004, la mediana es de \$21, 158, 935 mientras que el dato que se repite más en la simulación es \$0. El máximo de suma asegurada siniestrada cedida es de \$122, 524, 824 mientras que el más bajo es de \$0. El rango es de \$122, 524, 824.

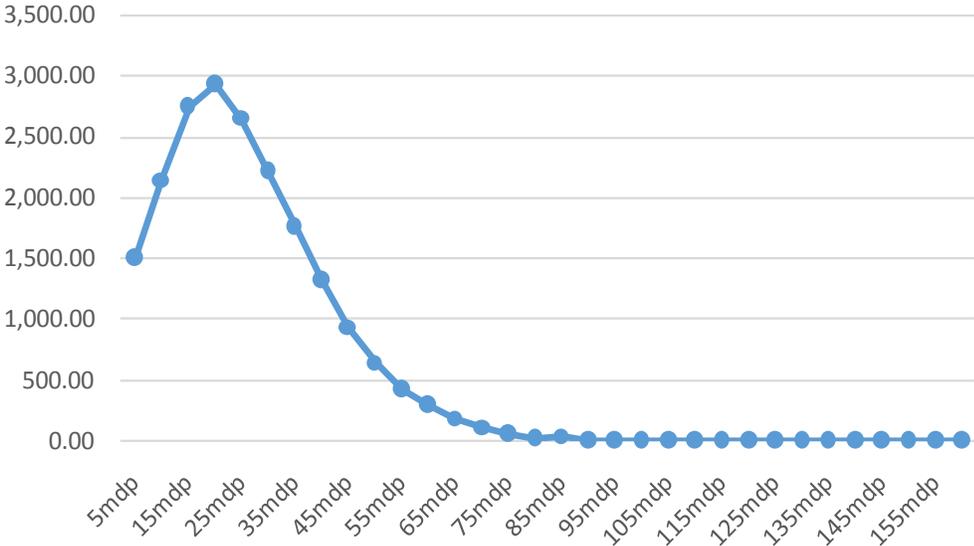
Tabla 4.44

Análisis estadístico de la S.A. Cedida Siniestrada	
Media	23,566,004
Mediana	21,158,935
Moda	0
Desviación estándar	14,860,194
Varianza de la muestra	220,825,354,436,671.00
Curtosis	1.21
Rango	122,524,824.08
Mínimo	0
Máximo	122,524,824
Suma	471,320,078,212
Cuenta	20,000.00

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

La desviación estándar es de 14, 860, 194 mientras que la varianza de la muestra es de 220, 825, 354, 436, 671, y en último lugar la curtosis es de 1.21 por lo tanto es una curtosis leptocúrtica, esto quiere decir que los datos están muy concentrados en la media, por lo tanto en la gráfica 4.34 se puede observar la forma que tiene la distribución de este análisis.

Gráfica 4.34
Suma Asegurada Siniestrada Cedida



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

Escenario: Límite de Retención \$4, 000, 000 mxn

Como se puede observar en la tabla 4.45 el promedio de la suma asegurada siniestrada retenida es de \$74, 045, 195, la mediana es de \$73, 586, 489 mientras que el dato que se repite más en la simulación no aplica en este caso ya que no se repiten valores. El máximo de suma asegurada siniestrada retenida es de \$128, 640, 226.82 mientras que el más bajo es de \$34, 659, 924.53. El rango es de \$93, 980, 302.29.

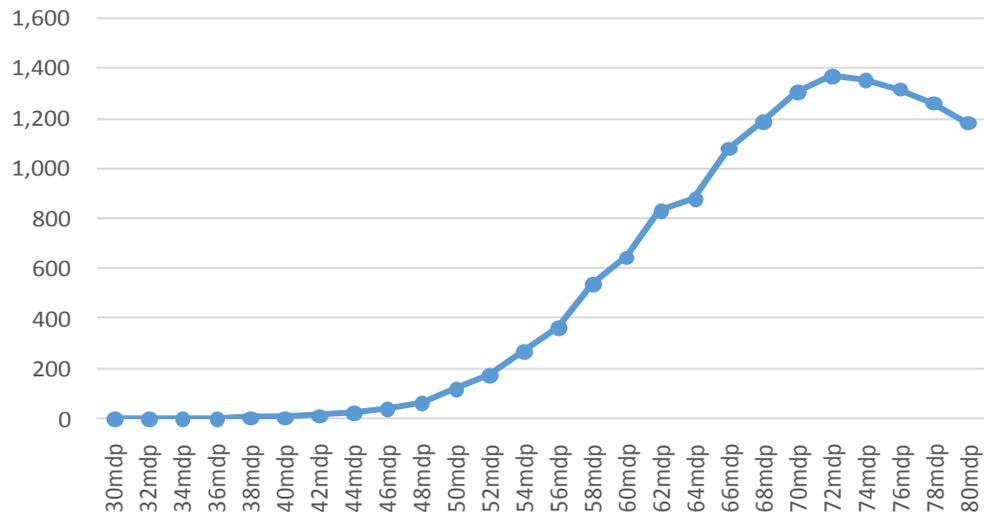
Tabla 4.45

Análisis estadístico de la S.A. Retenida Siniestrada	
Media	74,045,195
Mediana	73,586,489
Moda	#N/A
Desviación estándar	11,795,250
Varianza de la muestra	139,127,929,061,802.00
Curtosis	0.11
Rango	93,980,302.29
Mínimo	34,659,924.53
Máximo	128,640,226.82
Suma	1,480,903,903,007
Cuenta	20,000.00

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

La desviación estándar es de 11, 795, 250 mientras que la varianza de la muestra es de 139, 127, 929, 061, 802, y en último lugar la curtosis es de 0.11 por lo tanto es una curtosis leptocúrtica, esto quiere decir que los datos están muy concentrados en la media, por lo tanto en la gráfica 4.35 se puede observar la forma que tiene la distribución de este análisis.

Gráfica 4.35
Suma Asegurada Siniestrada Retenida



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

Como se puede observar en la tabla 4.46 el promedio de la suma asegurada siniestrada cedida es de \$18, 988, 786, la mediana es de \$16, 606, 895 mientras que el dato que se repite más en la simulación es \$0. El máximo de suma asegurada siniestrada cedida es de \$107, 751, 229 mientras que el más bajo es de \$0. El rango es de \$107, 751, 229.

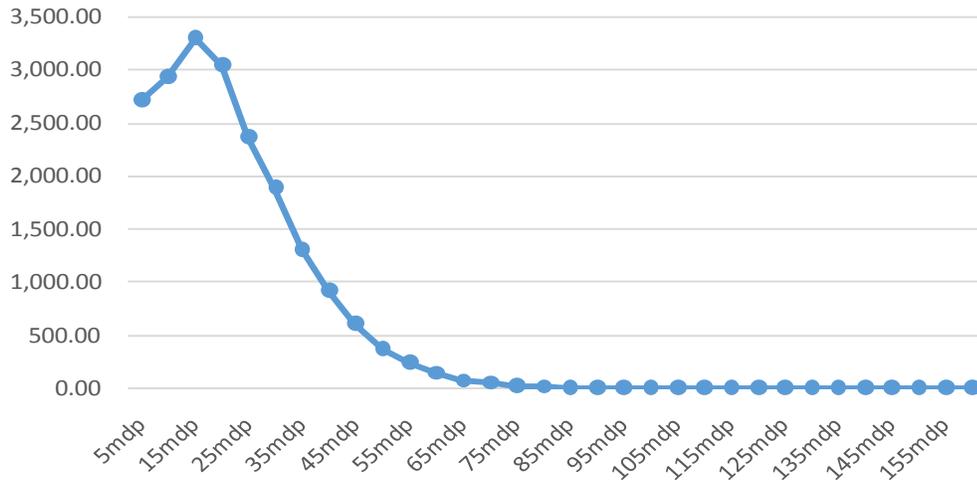
Tabla 4.46

Análisis estadístico de la S.A. Cedida Siniestrada	
Media	18,988,786
Mediana	16,606,895
Moda	0
Desviación estándar	13,371,500
Varianza de la muestra	178,797,018,832,710.00
Curtosis	1.38
Rango	107,751,229.08
Mínimo	0
Máximo	107,751,229
Suma	379,775,714,789
Cuenta	20,000.00

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

La desviación estándar es de 13, 371, 500 mientras que la varianza de la muestra es de 178, 797, 018, 832, 710, y en último lugar la curtosis es de 1.38 por lo tanto es una curtosis leptocúrtica, esto quiere decir que los datos están muy concentrados en la media, por lo tanto en la gráfica 4.36 se puede observar la forma que tiene la distribución de este análisis.

Gráfica 4.36
Suma Asegurada Siniestrada Cedida



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

Escenario: Límite de Retención \$5, 000, 000 mxn

Como se puede observar en la tabla 4.47 el promedio de la suma asegurada siniestrada retenida es de \$77, 474, 406, la mediana es de \$76, 890, 925 mientras que el dato que se repite más en la simulación no aplica en este caso ya que no se repiten valores. El máximo de suma asegurada siniestrada retenida es de \$136, 341, 372.82 mientras que el más bajo es de \$34, 659, 924.53. El rango es de \$101, 681, 448.29.

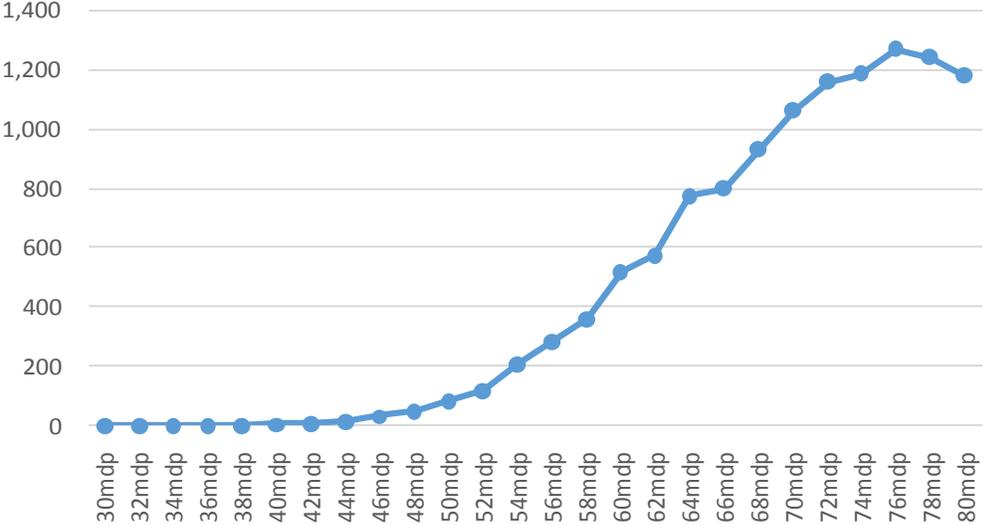
Tabla 4.47

Análisis estadístico de la S.A. Retenida Siniestrada	
Media	77,474,406
Mediana	76,890,925
Moda	#N/A
Desviación estándar	13,026,329
Varianza de la muestra	169,685,247,646,275.00
Curtosis	0.14
Rango	101,681,448.29
Mínimo	34,659,924.53
Máximo	136,341,372.82
Suma	1,549,488,116,485
Cuenta	20,000.00

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

La desviación estándar es de 13, 026, 329 mientras que la varianza de la muestra es de 169, 685, 247, 646, 275, y en último lugar la curtosis es de 0.14 por lo tanto es una curtosis leptocúrtica, esto quiere decir que los datos están muy concentrados en la media, por lo tanto en la gráfica 4.37 se puede observar la forma que tiene la distribución de este análisis.

Gráfica 4.37
Suma Asegurada Siniestrada Retenida



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

Como se puede observar en la tabla 4.48 el promedio de la suma asegurada siniestrada cedida es de \$15, 559, 575, la mediana es de \$13, 235, 457 mientras que el dato que se repite más en la simulación es \$0. El máximo de suma asegurada siniestrada cedida es de \$93, 751, 229 mientras que el más bajo es de \$0. El rango es de \$93, 751, 229.

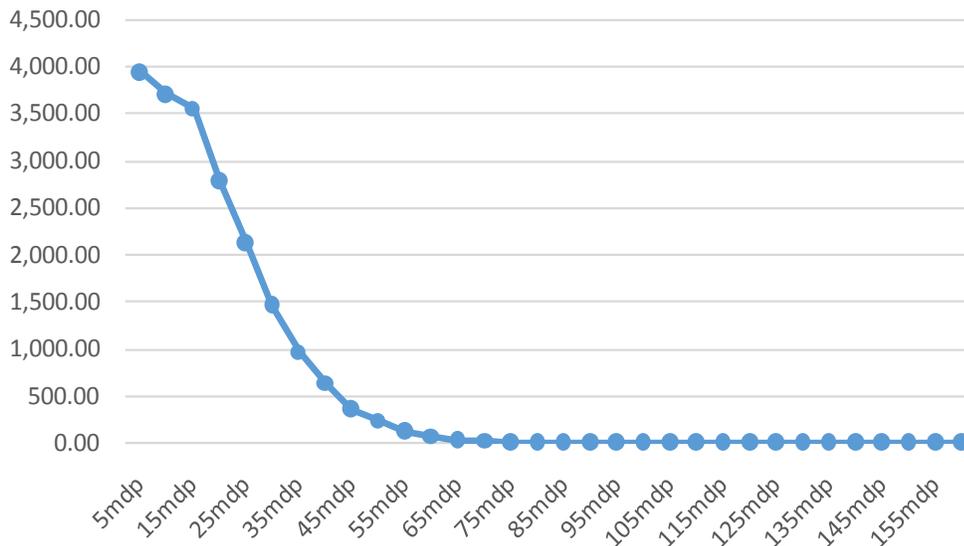
Tabla 4.48

Análisis estadístico de la S.A. Cedida Siniestrada	
Media	15,559,575
Mediana	13,235,457
Moda	0
Desviación estándar	12,017,304
Varianza de la muestra	144,415,602,381,570.00
Curtosis	1.58
Rango	93,751,229.08
Mínimo	0
Máximo	93,751,229
Suma	311,191,501,311
Cuenta	20,000.00

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

La desviación estándar es de 12, 017, 304 mientras que la varianza de la muestra es de 144, 415, 602, 381, 570, y en último lugar la curtosis es de 1.58 por lo tanto es una curtosis leptocúrtica, esto quiere decir que los datos están muy concentrados en la media, por lo tanto en la gráfica 4.38 se puede observar la forma que tiene la distribución de este análisis.

Gráfica 4.38
Suma Asegurada Siniestrada Cedida



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

Escenario: Límite de Retención \$10, 000, 000 mxn

Como se puede observar en la tabla 4.49 el promedio de la suma asegurada siniestrada retenida es de \$87, 444, 751, la mediana es de \$86, 304, 672 mientras que el dato que se repite más en la simulación no aplica en este caso ya que no se repiten valores. El máximo de suma asegurada siniestrada retenida es de \$179, 897, 587.35 mientras que el más bajo es de \$34, 659, 924.53. El rango es de \$145, 237, 662.82.

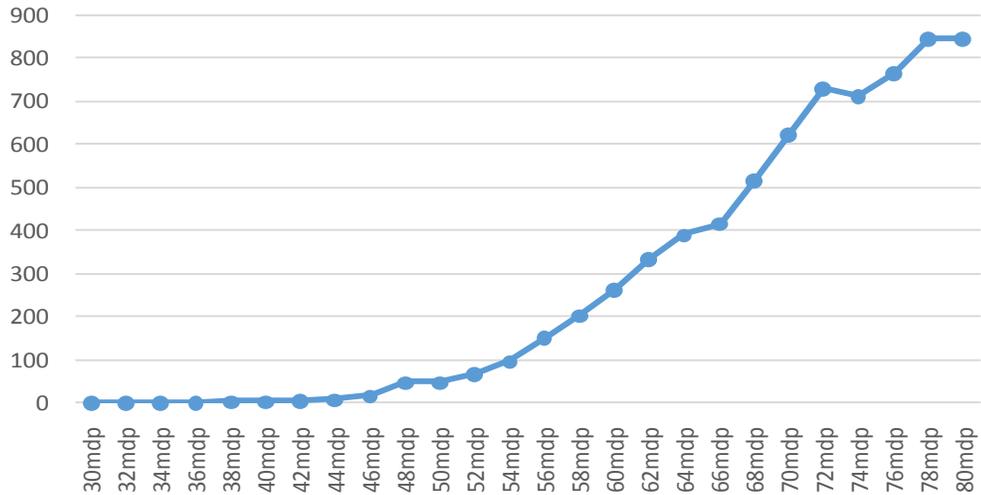
Tabla 4.49

Análisis estadístico de la S.A. Retenida Siniestrada	
Media	87,444,751
Mediana	86,304,672
Moda	#N/A
Desviación estándar	17,659,166
Varianza de la muestra	311,846,147,414,746.00
Curtosis	0.27
Rango	145,237,662.82
Mínimo	34,659,924.53
Máximo	179,897,587.35
Suma	1,748,895,017,618
Cuenta	20,000.00

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

La desviación estándar es de 17, 659, 166 mientras que la varianza de la muestra es de 311, 846, 147, 414, 746, y en último lugar la curtosis es de 0.27 por lo tanto es una curtosis leptocúrtica, esto quiere decir que los datos están muy concentrados en la media, por lo tanto en la gráfica 4.39 se puede observar la forma que tiene la distribución de este análisis.

Gráfica 4.39
Suma Asegurada Siniestrada Retenida



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

Como se puede observar en la tabla 4.50 el promedio de la suma asegurada siniestrada cedida es de \$5, 589, 230, la mediana es de \$3, 200, 000 mientras que el dato que se repite más en la simulación es \$0. El máximo de suma asegurada siniestrada cedida es de \$57, 289, 759 mientras que el más bajo es de \$0. El rango es de \$57, 289, 759.

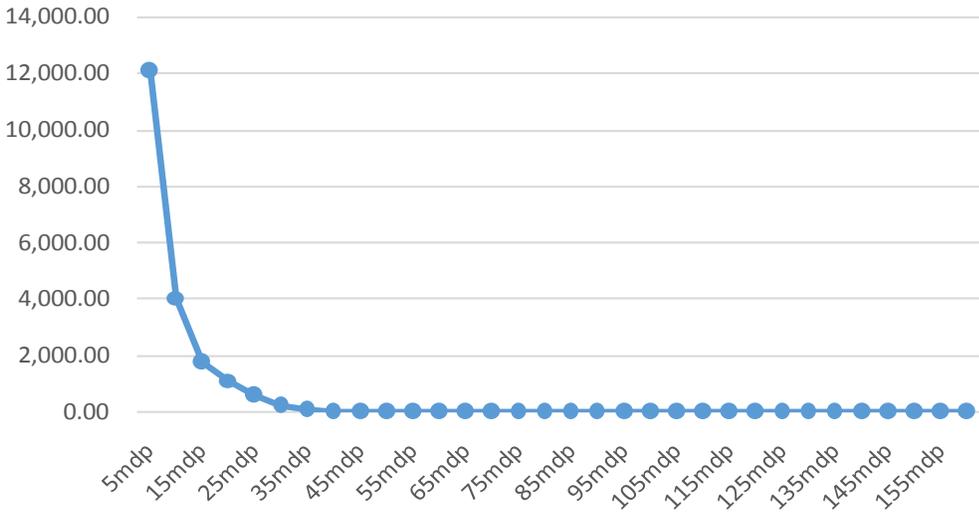
Tabla 4.50

Análisis estadístico de la S.A. Cedida Siniestrada	
Media	5,589,230
Mediana	3,200,000
Moda	0
Desviación estándar	6,751,210
Varianza de la muestra	45,578,834,054,313.40
Curtosis	3.84
Rango	57,289,759.00
Mínimo	0
Máximo	57,289,759
Suma	111,784,600,178
Cuenta	20,000.00

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

La desviación estándar es de 6, 751, 210 mientras que la varianza de la muestra es de 45, 578, 834, 054, 313.4, y en último lugar la curtosis es de 3.84 por lo tanto es una curtosis leptocúrtica, esto quiere decir que los datos están muy concentrados en la media, por lo tanto en la gráfica 4.40 se puede observar la forma que tiene la distribución de este análisis.

Gráfica 4.40
Suma Asegurada Siniestrada Cedida



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos de la simulación Montecarlo

CONCLUSIONES

En éste apartado se establecen las conclusiones obtenidas durante el desarrollo de toda la tesis. De igual forma se proponen algunas recomendaciones que se espera tengan utilidad para posibles consultas futuras.

La toma de decisiones juega un papel muy importante en cualquier empresa, por lo que se debe tener una idea exacta de la suficiencia con la que cuenta para hacer frente a sus obligaciones y en base a eso poder hacer cambios favorables. Después de realizar la tesis sobre simulación Montecarlo y aplicar los conocimientos que se adquirieron a lo largo de la licenciatura en Actuaría se puntualizan las siguientes conclusiones:

Se ha cumplido con el objetivo principal de la tesis el cual planteaba construir un modelo de simulación para encontrar un límite de retención para la operación de seguros vida grupo tal que, ante un escenario adverso de ocurrencia de siniestros, asegure a la empresa con un alto grado de confiabilidad que no se producirán pérdidas. Cada uno de los escenarios planteados ha cumplido con ciertos supuestos lo cual ha significado una limitación. Sin embargo, es satisfactorio observar que al final se obtuvieron resultados favorecedores para la compañía aseguradora.

Se concluye que las simulaciones para cada uno de los límites de retención propuestos arrojan buenos resultados para la valoración de este tipo de riesgo pues, abordando el caso en la realidad, si la compañía aseguradora tomara la decisión de asumir el límite de retención más alto, es decir, \$10, 000,000 mxn, contamos que con la prima retenida total cubrimos en un 100% el promedio de la suma asegurada siniestrada de acuerdo a la simulación.

El ejercicio muestra que existen 9, 399 casos en los que la suma asegurada siniestrada por pagar es mayor a la prima retenida, es decir, existe una probabilidad del 47% de hacer uso del Requerimiento Bruto de Solvencia. Si sumamos el Requerimiento Bruto de Solvencia calculado en base a la Teoría de la Probabilidad más la Prima Total recabada se tiene un monto de \$116, 555, 866 mxn y la simulación mostró que hay

1,195 siniestros mayores a esta suma lo cual demuestra que tomando este RBS se tiene una probabilidad de 94.03% de hacer frente a las responsabilidades adquiridas por la aseguradora.

Ahora sumando el RBS calculado en base a la Ley General de Instituciones y Sociedades Mutualistas de Seguros más la Prima Total recabada se obtiene una cantidad de \$163, 636, 741 mxn y la simulación arrojó que existen 5 casos mayores a este monto por lo tanto se tiene una probabilidad de 99.98% de hacer frente a las responsabilidades adquiridas por la aseguradora.

Por último sumando el RBS Promedio más la Prima Retenida Total recabada arroja un resultado de \$140, 096, 303 mxn y en la simulación existen 93 casos mayores a esta cantidad entonces se cuenta con una probabilidad de 99.54% de hacer frente al total de reclamaciones a causa de siniestros ocurridos.

Cualquiera de las tres opciones para el cálculo del RBS, proporciona una probabilidad muy alta de hacer frente a las obligaciones contraídas por la compañía en caso de siniestro con un porcentaje de solvencia mayor al 90%. Por lo tanto se cumple la hipótesis planteada la cual afirma que el cálculo del límite máximo de retención para la operación de seguros de vida grupo a través de un modelo de simulación Montecarlo puede asegurar un alto grado de confiabilidad de que, no se producirán pérdidas mayores a las que puede afrontar una compañía de seguros.

El modelo ofrece a las empresas dedicadas al ramo asegurador diferentes opciones de límites de retención lo cual deja abierta la posibilidad de que acuerdo al tipo de cartera de clientes que posea la compañía y el riesgo que tomen, ellos elijan el escenario que mejor les parezca.

Después de entender los conceptos y antecedentes planteados en esta tesis se afirma que es vital para cualquier institución de seguros, revisar si lo que están cobrando es suficiente conforme a lo que tienen que pagar, ya que aunque se hagan los cálculos pertinentes utilizando todos los factores que puedan alterar los resultados no siempre se garantiza una completa rentabilidad para la empresa.

Para llevar a cabo esta tarea se realizó un programa en Visual Basic for applications en Excel con una interfase amigable con cualquier usuario para construir y diseñar modelos que ejemplifiquen la metodología a seguir utilizando una cartera de clientes. Dicho programa permite realizar los cálculos necesarios de manera rápida y precisa, lo cual es muy útil una vez que se analizan portafolios grandes, y más aún cuando se manejan varios portafolios como regularmente sucede en la práctica.

En general esta tesis buscó mostrar la factibilidad de cuantificar y mostrar los beneficios de la simulación Montecarlo, ya que esta valoración si fuera aplicada por la industria del seguro permitirá a las empresas protegerse contra el riesgo y de esta forma reducir sus pérdidas.

Al significar cada uno de los escenarios propuestos en este modelo de simulación un resultado favorable se deja abierta la oferta de mejorar el método cambiando, agregando o eliminando algunos de los supuestos, lo cual sería interesante.

Por otro lado resultaría un excelente ejercicio implementar este modelo con diferentes bases de datos de otras empresas para comparar los resultados obtenidos en este trabajo de investigación.

Anexo 1

Tabla 2000-G de la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas (probabilidad de muerte en relación a la edad del asegurado)

Edad	q_x
12	0.000788
13	0.000804
14	0.000821
15	0.00084
16	0.000861
17	0.000884
18	0.000909
19	0.000936
20	0.000965
21	0.000997
22	0.001031
23	0.001069
24	0.001109
25	0.001153
26	0.001201
27	0.001252
28	0.001308
29	0.001368
30	0.001434
31	0.001505
32	0.001582
33	0.001665
34	0.001756
35	0.001854
36	0.001962
37	0.002078
38	0.002205
39	0.002344
40	0.002495
41	0.00266
42	0.00284
43	0.003038
44	0.003254
45	0.003491
46	0.003751

Edad	q_x
47	0.004037
48	0.004352
49	0.004698
50	0.00508
51	0.005501
52	0.005966
53	0.006481
54	0.007051
55	0.007682
56	0.008383
57	0.009162
58	0.010028
59	0.010992
60	0.012067
61	0.013266
62	0.014605
63	0.016102
64	0.017778
65	0.019656
66	0.021761
67	0.024123
68	0.026776
69	0.029758
70	0.033112
71	0.036885
72	0.041133
73	0.045915
74	0.051302
75	0.057369
76	0.064199
77	0.071887
78	0.080534
79	0.090251
80	0.101155
81	0.113373

Edad	q_x
82	0.127033
83	0.14227
84	0.159214
85	0.17799
86	0.198711
87	0.221468
88	0.246327
89	0.273313
90	0.302405
91	0.333527
92	0.36654
93	0.401237
94	0.437344
95	0.474524
96	0.512385
97	0.550499
98	0.588413
99	0.625679
100	1

Anexo 2

Base de datos correspondiente a la cartera de clientes de un seguro de vida grupo

Cartera de asegurados del año 2015 de Seguros Banamex para el Ramo de Vida Grupo																					
							LR 500,000					LR 750,000					LR 1MDP				
Edad	Suma asegurada	q _x	Prima anual	Números aleatorios	Probabilidad de siniestro	S.A. siniestrada	S.A. Retenida	Prima retenida	S.A. cedida	Prima cedida	S.A. siniestrada retenida	S.A. Retenida	Prima retenida	S.A. cedida	Prima cedida	S.A. siniestrada retenida	S.A. Retenida	Prima retenida	S.A. cedida	Prima cedida	S.A. siniestrada retenida
21	51,619	0.000997	51.46	0.796202893	0	0	51,619	51	0	0	0	51,619	51	0	0	0	51,619	51	0	0	0
21	52,487	0.000997	52.33	0.610610239	0	0	52,487	52	0	0	0	52,487	52	0	0	0	52,487	52	0	0	0
22	52,886	0.001031	54.53	0.679793118	0	0	52,886	55	0	0	0	52,886	55	0	0	0	52,886	55	0	0	0
23	52,109	0.001069	55.70	0.369235351	0	0	52,109	56	0	0	0	52,109	56	0	0	0	52,109	56	0	0	0
21	60,735	0.000997	60.55	0.098461245	0	0	60,735	61	0	0	0	60,735	61	0	0	0	60,735	61	0	0	0
25	50,182	0.001153	57.86	0.937479496	0	0	50,182	58	0	0	0	50,182	58	0	0	0	50,182	58	0	0	0
24	52,918	0.001109	58.69	0.601303519	0	0	52,918	59	0	0	0	52,918	59	0	0	0	52,918	59	0	0	0
23	56,136	0.001069	60.01	0.688287615	0	0	56,136	60	0	0	0	56,136	60	0	0	0	56,136	60	0	0	0
22	59,184	0.001031	61.02	0.979518282	0	0	59,184	61	0	0	0	59,184	61	0	0	0	59,184	61	0	0	0
22	59,377	0.001031	61.22	0.617345246	0	0	59,377	61	0	0	0	59,377	61	0	0	0	59,377	61	0	0	0
22	59,493	0.001031	61.34	0.739379805	0	0	59,493	61	0	0	0	59,493	61	0	0	0	59,493	61	0	0	0
24	54,098	0.001109	59.99	0.667865395	0	0	54,098	60	0	0	0	54,098	60	0	0	0	54,098	60	0	0	0
23	57,107	0.001069	61.05	0.41611321	0	0	57,107	61	0	0	0	57,107	61	0	0	0	57,107	61	0	0	0
25	52,162	0.001153	60.14	0.24423539	0	0	52,162	60	0	0	0	52,162	60	0	0	0	52,162	60	0	0	0
24	55,217	0.001109	61.24	0.93023639	0	0	55,217	61	0	0	0	55,217	61	0	0	0	55,217	61	0	0	0
24	55,317	0.001109	61.35	0.566874293	0	0	55,317	61	0	0	0	55,317	61	0	0	0	55,317	61	0	0	0
21	64,634	0.000997	64.44	0.570173195	0	0	64,634	64	0	0	0	64,634	64	0	0	0	64,634	64	0	0	0
24	56,504	0.001109	62.66	0.68490512	0	0	56,504	63	0	0	0	56,504	63	0	0	0	56,504	63	0	0	0
24	56,969	0.001109	63.18	0.41372554	0	0	56,969	63	0	0	0	56,969	63	0	0	0	56,969	63	0	0	0
23	59,832	0.001069	63.96	0.589778636	0	0	59,832	64	0	0	0	59,832	64	0	0	0	59,832	64	0	0	0
24	57,522	0.001109	63.79	0.294792771	0	0	57,522	64	0	0	0	57,522	64	0	0	0	57,522	64	0	0	0
26	52,303	0.001201	62.82	0.307762945	0	0	52,303	63	0	0	0	52,303	63	0	0	0	52,303	63	0	0	0
24	58,203	0.001109	64.55	0.116907549	0	0	58,203	65	0	0	0	58,203	65	0	0	0	58,203	65	0	0	0
26	52,827	0.001201	63.45	0.187131353	0	0	52,827	63	0	0	0	52,827	63	0	0	0	52,827	63	0	0	0
22	64,308	0.001031	66.30	0.44124298	0	0	64,308	66	0	0	0	64,308	66	0	0	0	64,308	66	0	0	0
27	51,159	0.001252	64.05	0.068709519	0	0	51,159	64	0	0	0	51,159	64	0	0	0	51,159	64	0	0	0
24	59,769	0.001109	66.28	0.536847276	0	0	59,769	66	0	0	0	59,769	66	0	0	0	59,769	66	0	0	0
23	62,787	0.001069	67.12	0.956702158	0	0	62,787	67	0	0	0	62,787	67	0	0	0	62,787	67	0	0	0
25	57,447	0.001153	66.24	0.607674496	0	0	57,447	66	0	0	0	57,447	66	0	0	0	57,447	66	0	0	0
21	70,111	0.000997	69.90	0.851273466	0	0	70,111	70	0	0	0	70,111	70	0	0	0	70,111	70	0	0	0
21	70,160	0.000997	69.95	0.409711063	0	0	70,160	70	0	0	0	70,160	70	0	0	0	70,160	70	0	0	0
25	57,807	0.001153	66.65	0.383956927	0	0	57,807	67	0	0	0	57,807	67	0	0	0	57,807	67	0	0	0
27	52,352	0.001252	65.54	0.030124232	0	0	52,352	66	0	0	0	52,352	66	0	0	0	52,352	66	0	0	0
22	67,106	0.001031	69.19	0.298673647	0	0	67,106	69	0	0	0	67,106	69	0	0	0	67,106	69	0	0	0
22	67,204	0.001031	69.29	0.475834152	0	0	67,204	69	0	0	0	67,204	69	0	0	0	67,204	69	0	0	0
21	70,722	0.000997	70.51	0.736927801	0	0	70,722	71	0	0	0	70,722	71	0	0	0	70,722	71	0	0	0
22	67,453	0.001031	69.54	0.952502191	0	0	67,453	70	0	0	0	67,453	70	0	0	0	67,453	70	0	0	0
26	55,535	0.001201	66.70	0.778498757	0	0	55,535	67	0	0	0	55,535	67	0	0	0	55,535	67	0	0	0
23	64,696	0.001069	69.16	0.242953161	0	0	64,696	69	0	0	0	64,696	69	0	0	0	64,696	69	0	0	0
28	50,548	0.001308	66.12	0.65628683	0	0	50,548	66	0	0	0	50,548	66	0	0	0	50,548	66	0	0	0
22	68,162	0.001031	70.28	0.311418026	0	0	68,162	70	0	0	0	68,162	70	0	0	0	68,162	70	0	0	0
23	64,953	0.001069	69.43	0.0298311	0	0	64,953	69	0	0	0	64,953	69	0	0	0	64,953	69	0	0	0
25	59,255	0.001153	68.32	0.12471429	0	0	59,255	68	0	0	0	59,255	68	0	0	0	59,255	68	0	0	0

Fuente: Base de datos obtenida por medio de la plataforma de la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas

ANEXO 3

Tabla de Probabilidad de la Distribución Normal

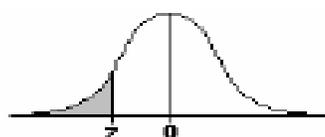


TABLA I (A)

DISTRIBUCIÓN NORMAL TIPIFICADA $N(0, 1)$

La tabla proporciona, para cada valor de z , el área que queda a su izquierda.

z	0'00	0'01	0'02	0'03	0'04	0'05	0'06	0'07	0'08	0'09
-4'4	0'00001	0'00001	0'00001	0'00000	0'00000	0'00000	0'00000	0'00000	0'00000	0'00000
-4'3	0'00001	0'00001	0'00001	0'00001	0'00001	0'00001	0'00001	0'00001	0'00001	0'00001
-4'2	0'00001	0'00001	0'00001	0'00001	0'00001	0'00001	0'00001	0'00001	0'00001	0'00001
-4'1	0'00002	0'00002	0'00002	0'00002	0'00002	0'00002	0'00002	0'00002	0'00002	0'00001
-4'0	0'00003	0'00003	0'00003	0'00003	0'00003	0'00003	0'00002	0'00002	0'00002	0'00002
-3'9	0'00003	0'00003	0'00004	0'00004	0'00004	0'00004	0'00004	0'00004	0'00003	0'00003
-3'8	0'00007	0'00007	0'00007	0'00006	0'00006	0'00006	0'00006	0'00005	0'00005	0'00005
-3'7	0'00011	0'00010	0'00010	0'00010	0'00009	0'00009	0'00009	0'00008	0'00008	0'00008
-3'6	0'00016	0'00015	0'00015	0'00014	0'00014	0'00013	0'00013	0'00012	0'00012	0'00011
-3'5	0'00023	0'00023	0'00022	0'00021	0'00020	0'00019	0'00019	0'00018	0'00017	0'00017
-3'4	0'00034	0'00033	0'00032	0'00030	0'00029	0'00028	0'00027	0'00026	0'00025	0'00024
-3'3	0'00049	0'00047	0'00045	0'00044	0'00042	0'00041	0'00039	0'00038	0'00036	0'00035
-3'2	0'00069	0'00067	0'00064	0'00062	0'00060	0'00058	0'00056	0'00054	0'00052	0'00050
-3'1	0'00097	0'00094	0'00091	0'00088	0'00085	0'00082	0'00079	0'00077	0'00074	0'00071
-3'0	0'00135	0'00131	0'00127	0'00123	0'00119	0'00115	0'00111	0'00107	0'00104	0'00101
-2'9	0'00187	0'00181	0'00175	0'00169	0'00164	0'00159	0'00154	0'00149	0'00144	0'00139
-2'8	0'00256	0'00248	0'00240	0'00233	0'00226	0'00219	0'00212	0'00205	0'00199	0'00193
-2'7	0'00347	0'00336	0'00326	0'00317	0'00307	0'00298	0'00289	0'00280	0'00272	0'00264
-2'6	0'00466	0'00453	0'00440	0'00427	0'00415	0'00402	0'00391	0'00379	0'00368	0'00357
-2'5	0'00621	0'00604	0'00587	0'00570	0'00554	0'00539	0'00523	0'00508	0'00494	0'00480
-2'4	0'00820	0'00798	0'00776	0'00755	0'00734	0'00714	0'00695	0'00676	0'00657	0'00639
-2'3	0'01072	0'01044	0'01017	0'00990	0'00964	0'00939	0'00914	0'00889	0'00866	0'00842
-2'2	0'01390	0'01355	0'01321	0'01287	0'01255	0'01222	0'01191	0'01160	0'01130	0'01101
-2'1	0'01786	0'01743	0'01700	0'01659	0'01618	0'01578	0'01539	0'01500	0'01463	0'01426
-2'0	0'02275	0'02222	0'02169	0'02118	0'02068	0'02018	0'01970	0'01923	0'01876	0'01831
-1'9	0'02872	0'02807	0'02743	0'02680	0'02619	0'02559	0'02500	0'02442	0'02385	0'02330
-1'8	0'03593	0'03513	0'03438	0'03362	0'03288	0'03216	0'03144	0'03074	0'03005	0'02938
-1'7	0'04457	0'04363	0'04272	0'04182	0'04093	0'04006	0'03920	0'03836	0'03754	0'03673
-1'6	0'05480	0'05370	0'05262	0'05155	0'05050	0'04947	0'04846	0'04746	0'04648	0'04551
-1'5	0'06681	0'06552	0'06426	0'06301	0'06178	0'06057	0'05938	0'05821	0'05705	0'05592
-1'4	0'08076	0'07927	0'07780	0'07636	0'07493	0'07353	0'07214	0'07078	0'06944	0'06811
-1'3	0'09680	0'09510	0'09342	0'09176	0'09012	0'08851	0'08692	0'08534	0'08379	0'08226
-1'2	0'11507	0'11314	0'11123	0'10935	0'10749	0'10565	0'10383	0'10204	0'10027	0'09853
-1'1	0'13567	0'13350	0'13136	0'12924	0'12714	0'12507	0'12302	0'12100	0'11900	0'11702
-1'0	0'15866	0'15625	0'15386	0'15150	0'14917	0'14687	0'14457	0'14231	0'14007	0'13786
-0'9	0'18406	0'18141	0'17879	0'17619	0'17361	0'17106	0'16853	0'16602	0'16354	0'16109
-0'8	0'21186	0'20897	0'20611	0'20327	0'20045	0'19766	0'19489	0'19215	0'18925	0'18673
-0'7	0'24196	0'23885	0'23576	0'23270	0'22965	0'22663	0'22363	0'22065	0'21770	0'21476
-0'6	0'27425	0'27093	0'26763	0'26435	0'26109	0'25785	0'25463	0'25143	0'24825	0'24510
-0'5	0'30854	0'30503	0'30153	0'29806	0'29550	0'29116	0'28774	0'28434	0'28096	0'27760
-0'4	0'34446	0'34090	0'33724	0'33360	0'32997	0'32636	0'32276	0'31918	0'31561	0'31207
-0'3	0'38209	0'37828	0'37448	0'37070	0'36693	0'36317	0'35942	0'35569	0'35197	0'34827
-0'2	0'42074	0'41683	0'41294	0'40905	0'40517	0'40129	0'39743	0'39358	0'38974	0'38591
-0'1	0'46017	0'45620	0'45234	0'44828	0'44433	0'44038	0'43644	0'43251	0'42858	0'42465
-0'0	0'50000	0'49601	0'49202	0'48803	0'48405	0'48006	0'47608	0'47210	0'46812	0'46414

ANEXO 4

Números Aleatorios

La herramienta principal de la simulación es la generación de números aleatorios o al azar, los cuales representarán el valor que tomará una variable. En un principio los números aleatorios se generaban por métodos rústicos como el girar una ruleta o lanzar los dados. (Sistemas Umma, 2011)

El enfoque moderno es usar una computadora para generarlos mediante alguna fórmula matemática utilizando un método determinístico una secuencia de números que dan la apariencia de ser aleatorios cuando no lo son, dado que en algún momento no determinado esta lista comenzará a repetirse, el objetivo en sí es generar una lista lo suficientemente larga como para evitar llegar al comienzo del ciclo. (Sistemas Umma, 2011)

A esta serie de números que parecen ser aleatorios se les denomina pseudoaleatorios, ahora veamos una fórmula para determinar esta serie de números:

Método congruencial multiplicativo (Sistemas Umma, 2011)

$$X_n = ax_{n-1} \text{ módulo } m$$

donde:

X_n: Es el número pseudoaleatorio que se genera

a: Es una constante numérica seleccionada al azar.

X_{n-1}: Al comienzo se le denomina valor semilla, el cual es un número tomado al azar.

m: Es un número primo lo suficientemente grande como para evitar las repeticiones.

La operación módulo recordemos que es la operación en la que dividimos dos números no para obtener el cociente sino el residuo o resto de dividirlos.

El valor obtenido de X_n se convertiría en el nuevo valor de X_{n-1} al calcular el siguiente número aleatorio. (Sistemas Umma, 2011)

J2		fx		=RESIDUO((J1*\$M\$1), \$O\$1)			
	I	J	K	L	M	N	O
1	Semilla	1		a	16	M	5443
2		16					
3		256					
4		4096					
5		220					
5		3520					
7		1890					
8		3025					
9		4856					
0		1494					
1		2132					
2		1454					
3		1492					
4		2100					
5		942					
6		4186					
7		1660					
8		4788					
9		406					
0		1053					
1		519					
2		2861					
3		2232					

Fuente: Elaboración propia

Método congruencial mixto (Sistemas Umma, 2011)

$$X_n = (ax_{n-1} + c) \text{ módulo } m$$

A este método se le denomina congruencial mixto porque posee un término multiplicativo (aX_{n-1}) y uno aditivo ($+c$), tal como se ve solo se agrega una constante más que se sumará al resultado de multiplicar a por X_{n-1} .

Con esta simple modificación logramos obtener series más largas, así que veamos cómo queda en Excel.

L2		f_x = =RESIDUO((L1*\$O\$1+\$S\$1),SQ\$1)									
K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	
Semilla	1	a	575	M	5443	c	575				
	1150										
	3222										
	2605										
	1625										
	4197										
	2601										
	4768										
	4346										
	1188										
	3300										
	3911										
	1441										
	1814										
	4012										
	5086										
	2134										
	2950										
	4052										
	871										
	644										
	751										
	2403										

Fuente: Elaboración propia

Estos métodos generan una lista de números pseudoaleatorios, pero como su nombre lo indica parte de un valor influenciado por nosotros.

Los lenguajes de programación poseen una instrucción para que podamos generar números aleatorios, en estos no se hace uso de una semilla dada por nosotros ya que ese pequeño requisito se toma de la secuencia numérica que forma la fecha y la hora de la computadora. (Sistemas Umma, 2011)

Método del Cuadrado Medio

Comienza con un número inicial (semilla). Éste número es elevado al cuadrado. Se escogen los dígitos del medio de este nuevo número (según los dígitos que se deseen) y se colocan después del punto decimal. Éste número conforma el primer número random. (ITESM, 2005)

Semilla	5499	731
---------	------	-----

Elevamos al cuadrado	30,239,001.00	534,361.00
	2390	4361
R1	0.239	0.4361
	5,712,100.00	19,018,321.00
	1210	0183
R2	0.121	0.0183
	1,464,100.00	33,489.00
	6410	489
R3	0.641	0.0489
	41,088,100.00	239,121.00
	0881	9121
R4	0.0881	0.9121
	776,161.00	83,192,641.00
	6161	1926
R5	0.6161	0.1926

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 5

Percentiles

Los percentiles son los 99 valores que dividen la serie de datos en 100 partes iguales. Los percentiles dan los valores correspondientes al 1%, al 2%... y al 99% de los datos. **P₅₀** coincide con la **mediana**.

El percentil es un número de 0 a 100 que está muy relacionado con el porcentaje pero que no es el porcentaje en sí. Para un conjunto de datos, el percentil para un valor dado indica el porcentaje de datos que son igual o menores que dicho valor; en otras palabras, dice dónde se posiciona una muestra respecto al total. (Devore, 2009)

Ejemplo 1: Tenemos un conjunto de datos consistente en la nota de cada uno de los alumnos de una clase. Si un alumno tiene un 9.5 y está en el P₈₅ (percentil 85), significa que el 85% de los alumnos tiene un 9.5 o menos.

Ejemplo 2: Tenemos una muestra con los sueldos de 10,000 trabajadores. ¿Cuál sería el percentil 60? El P₆₀ sería aquel sueldo por debajo del cual estaría el 60% de los trabajadores, es decir, si ordenamos los trabajadores desde el que cobra menos hasta el cobra más, el P₆₀ sería el sueldo del trabajador número 6,000 (60% de 10,000).

Ejemplo 3: Si medimos el tiempo que tarda cada uno de los atletas de una competición en recorrer una cierta distancia. ¿Cuánto tiempo tardan en recorrer esta distancia el 45% de los corredores? La respuesta es el percentil 45. La idea es simple, encontrar un porcentaje a partir del cual los valores son iguales o están por debajo.

Cálculo de percentiles

Para calcular los percentiles de un conjunto de datos, primero se han de ordenar los datos en orden ascendente. Una vez ordenados, un determinado percentil puede encontrarse restando 0.5 a la posición del dato en la secuencia, dividiendo por el número total de datos y multiplicando luego por 100. (Devore, 2009)

Fórmula general para calcular percentiles

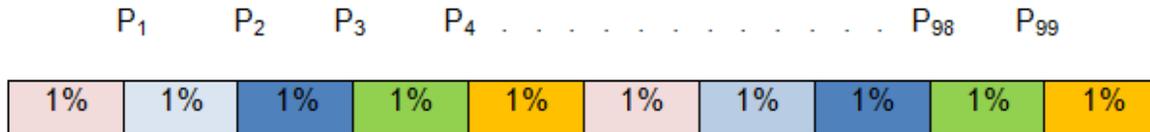
$$P = \frac{X_n - 0.5}{N} * 100$$

Siendo P el percentil, X_n la posición en la secuencia de la muestra X y N el número total de datos.

Ejemplo: Tenemos 47 datos, el valor mínimo que encontramos entre todos los datos es 51 y el máximo es 99. Ordenamos los datos desde el que tiene valor 51 hasta el que tiene valor 99. Si queremos saber el percentil al que pertenece el valor 63, miramos el dato cuyo valor es 63, supongamos que su posición en la secuencia es 12. Para calcular su percentil, restamos 12 menos 0,5, el resultado (11.5) lo dividimos entre 47 (el total de datos); da 0.2446; multiplicamos por 100 y obtenemos 24.46: Este resultado indica que el valor 63 se encuentra en el percentil 24.46, o lo que es lo mismo, que el 24.46% de los datos tiene un valor de 63 o menos, o que el $P_{24.46}$ es 63.

Percentil

Citando al autor colombiano Rodrigo Velasco Palomino, experto en estadística, en su publicación de Percentiles (2004) para la Institución Educativa Técnico Industrial, dice que los percentiles son medidas de posición que dividen en cien partes iguales a un conjunto de datos ordenados de menor a mayor, que en términos de porcentajes cada uno corresponde a un 1%.



Percentiles para Datos sin Agrupar (Saavedra, 2010)

Para calcular la posición en la que se encuentra cada uno de los percentiles P_k , se utiliza la siguiente fórmula:

$$P = \frac{K * N}{100}$$

donde K es la posición que deseamos conocer y N el número total de la muestra. Si el cálculo de la posición de un percentil no coincide con uno de los valores de los datos, queda entre dos valores a y b, entonces se procede a hacer una interpolación entre los dos valores.

Para el Percentil 1, en términos de porcentaje diremos que por debajo del primer percentil hay un 1% y por encima de él un 99%, o también en términos de fracción diremos que por debajo del primer percentil hay una centésima parte y por encima de él hay 99 centésimas partes.

Ejemplo:

Un experimento medido en grados centígrados, arroja los siguientes resultados:

28, 31, 28, 30, 28, 27, 30, 32, 35, 26, 25, 29, 26, 28, 25, 31, 31, 32, 27, 30, 31, 31, 25, 28

Hallar los percentiles P_{18} , P_{70} y dar su respectiva interpretación.

Solución:

Primero se ordenan los datos:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
25	25	25	26	26	27	28	28	28	28	28	29	30	30	30	30	31	31	31	31	31	31	32	32	35

Segundo se aplica la siguiente fórmula para calcular la posición respectiva:

P_{18} :

$$\frac{18 * 24}{100} = \frac{432}{100} = 4.32$$

Como la posición 4.32 no coincide con un dato y está entre dos valores iguales $a=26$ y $b=26$, entonces no hay necesidad de interpolar, por la tanto:

$$P_{18}=26$$

Interpretación:

- El 18% de las observaciones del experimento son menores o iguales que 26 grados.
- Las 18 centésimas partes de las observaciones del experimento son menores o iguales que 26 grados.
- El 82% de las observaciones del experimento son mayores o iguales que 26 grados.
- Las 82 centésimas partes de las observaciones del experimento son mayores o iguales que 26 grados.

P_{70} :

$$\frac{K * N}{100} = \frac{70 * 24}{100} = \frac{1680}{100} = 16.8$$

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
25	25	25	26	26	27	28	28	28	28	28	29	30	30	30	30	31	31	31	31	31	31	32	32	35

La posición 16.8 no coincide con un dato y está entre dos valores diferentes $a=30$ y $b=31$ entonces debemos de interpolar usando proporcionalidad:

$$d_1 = P_{70} - 30$$

$$d_2 = 16.8 - 16 = 0.8$$

$$d_3 = 31 - 30 = 1$$

$$d_4 = 17 - 16$$

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{d_3}{d_4}$$

$$\frac{P_{70} - 30}{16.8 - 16} = \frac{31 - 30}{17 - 16}$$

$$\frac{P_{70} - 30}{0.8} = \frac{1}{1}$$

$$P_{70} - 30 = 0.8$$

$$P_{70} = 30.8$$

Interpretación:

- El 70% de los datos del experimento tienen una temperatura menor o igual a 30.8 grados.
- Las 70 centésimas partes o mejor las 7 decimas partes de los datos tienen una temperatura menor o igual a 30.8 grados.
- El 30% de los datos del experimento tienen una temperatura mayor o igual a 30.8 grados.
- Las 30 centésimas partes o mejor las 3 decimas partes de los datos tienen una temperatura mayor o igual a 30.8 grados.

Percentiles para Datos Agrupados (Ley de los grandes números, 2011)

Para calcular la posición en la que se encuentra cada uno de los percentiles P_k , en un conjunto de datos agrupados se utiliza la siguiente fórmula:

$$P_k = L_i + \left(\frac{\frac{k * N}{100} - F_{i-1}}{f_i} \right) * C_i$$

donde:

L_i = Límite inferior de la clase a que pertenece el percentil

$K=1, 2, 3$

N = Número total de casos

F_{i-1} = Frecuencia acumulada anterior a la clase del percentil

f_i = Frecuencia absoluta del intervalo a que pertenece el percentil

Ejemplo:

Hallar el valor de los percentiles 60 del siguiente conjunto de estaturas de un grupo de estudiantes de un colegio.

Altura (cm)	Frecuencia f_i	Frecuencia Acumulada F_i
152-160	5	5
160-168	18	23
168-176	42	65
176-184	27	92
184-192	8	100

$N=100$

Percentil 60:

$$\frac{K * N}{100} = \frac{60 * 100}{100} = 60$$

Observamos que en la tabla la posición 60 está en el intervalo entre 168 y 176, llamado intervalo interpercentílico.

Interpolación, para saber exactamente qué valor corresponde el percentil 60:

$$P_k = L_i + \left(\frac{\frac{k * N}{100} - F_{i-1}}{f_i} \right) * C_i$$

$$P_{60} = 168 + \left(\frac{\frac{60 * 100}{100} - 23}{42} \right) * 8$$

$$P_{60} = 175.05 \text{ cm}$$

Interpretación:

- El 60% de los estudiantes tiene una estatura menor o igual a 175.05 cm.
- Las 6 décimas partes o las tres quintas partes de los estudiantes tiene una estatura menor o igual a 175.05 cm.
- El 40% de los estudiantes tiene una estatura mayor a 175.05 cm.
- Las cuatro décimas partes o las dos quintas partes de los estudiantes tienen una estatura mayor o igual a 175.05 cm.

ANEXO 6

Requerimiento Bruto de Solvencia

Tabla A

Requerimiento Bruto de Solvencia de la cartera completa sin Límite de retención			
S.A.	q_x	E(x)	Var(x)
51,619	0.000997	51.46	2,653,879.04
52,487	0.000997	52.33	2,743,882.13
52,886	0.001031	54.53	2,880,660.77
52,109	0.001069	55.70	2,899,603.89
60,735	0.000997	60.55	3,674,007.36
50,182	0.001153	57.86	2,900,175.03
52,918	0.001109	58.69	3,102,104.98
56,136	0.001069	60.01	3,365,085.65
59,184	0.001031	61.02	3,607,607.70
59,377	0.001031	61.22	3,631,175.00
59,493	0.001031	61.34	3,645,376.72
54,098	0.001109	59.99	3,241,992.94
57,107	0.001069	61.05	3,482,506.12
52,162	0.001153	60.14	3,133,550.85
55,217	0.001109	61.24	3,377,499.25
55,317	0.001109	61.35	3,389,743.87
64,634	0.000997	64.44	4,160,868.77
56,504	0.001109	62.66	3,536,779.89
56,969	0.001109	63.18	3,595,231.32
59,832	0.001069	63.96	3,822,788.20
57,522	0.001109	63.79	3,665,368.15
52,303	0.001201	62.82	3,281,514.34
58,203	0.001109	64.55	3,752,670.10
52,827	0.001201	63.45	3,347,595.71
64,308	0.001031	66.30	4,259,324.05
51,159	0.001252	64.05	3,272,686.05
59,769	0.001109	66.28	3,957,324.15
62,787	0.001069	67.12	4,209,714.68
57,447	0.001153	66.24	3,800,694.69
70,111	0.000997	69.90	4,895,919.56
70,160	0.000997	69.95	4,902,765.39
57,807	0.001153	66.65	3,848,479.17
52,352	0.001252	65.54	3,427,100.24
67,106	0.001031	69.19	4,638,028.17
67,204	0.001031	69.29	4,651,584.59
70,722	0.000997	70.51	4,981,624.84
67,453	0.001031	69.54	4,686,117.96
55,535	0.001201	66.70	3,699,599.05
64,696	0.001069	69.16	4,469,593.80
50,548	0.001308	66.12	3,337,699.77
68,162	0.001031	70.28	4,785,147.47
64,953	0.001069	69.43	4,505,174.59
59,255	0.001153	68.32	4,043,693.98
69,277	0.001031	71.42	4,942,979.64
54,254	0.001252	67.93	3,680,643.70
72,969	0.000997	72.75	5,303,208.96
51,739	0.001308	67.67	3,496,836.90
51,838	0.001308	67.80	3,510,231.75
57,313	0.001201	68.83	3,940,282.77
52,246	0.001308	68.34	3,565,704.98
67,003	0.001069	71.63	4,794,040.43

S.A. Total	26,258,735,640
Valor N al 95%	1.645
E(S)	93,109,988.33
Var(S)	465,701,156,861,836.00
vVar(S)	21,580,110.21

RBS Teoría	35,499,281.30
RBS Ley	78,776,206.92
Promedio	57,137,744.11

Fuente: Elaboración propia

Tabla B

Requerimiento Bruto de Solvencia con Límite de retención \$500,000 MXN			
S.A.	q _x	E(x)	Var(x)
51619	0.000997	51.46	2,653,879.04
52487	0.000997	52.33	2,743,882.13
52886	0.001031	54.53	2,880,660.77
52109	0.001069	55.70	2,899,603.89
60735	0.000997	60.55	3,674,007.36
50182	0.001153	57.86	2,900,175.03
52918	0.001109	58.69	3,102,104.98
56136	0.001069	60.01	3,365,085.65
59184	0.001031	61.02	3,607,607.70
59377	0.001031	61.22	3,631,175.00
59493	0.001031	61.34	3,645,376.72
54098	0.001109	59.99	3,241,992.94
57107	0.001069	61.05	3,482,506.12
52162	0.001153	60.14	3,133,550.85
55217	0.001109	61.24	3,377,499.25
55317	0.001109	61.35	3,389,743.87
64634	0.000997	64.44	4,160,868.77
56504	0.001109	62.66	3,536,779.89
56969	0.001109	63.18	3,595,231.32
59832	0.001069	63.96	3,822,788.20
57522	0.001109	63.79	3,665,368.15
52303	0.001201	62.82	3,281,514.34
58203	0.001109	64.55	3,752,670.10
52827	0.001201	63.45	3,347,595.71
64308	0.001031	66.30	4,259,324.05
51159	0.001252	64.05	3,272,686.05
59769	0.001109	66.28	3,957,324.15
62787	0.001069	67.12	4,209,714.68
57447	0.001153	66.24	3,800,694.69
70111	0.000997	69.90	4,895,919.56
70160	0.000997	69.95	4,902,765.39
57807	0.001153	66.65	3,848,479.17
52352	0.001252	65.54	3,427,100.24
67106	0.001031	69.19	4,638,028.17
67204	0.001031	69.29	4,651,584.59
70722	0.000997	70.51	4,981,624.84
67453	0.001031	69.54	4,686,117.96
55535	0.001201	66.70	3,699,599.05
64696	0.001069	69.16	4,469,593.80
50548	0.001308	66.12	3,337,699.77
68162	0.001031	70.28	4,785,147.47
64953	0.001069	69.43	4,505,174.59
59255	0.001153	68.32	4,043,693.98
69277	0.001031	71.42	4,942,979.64
54254	0.001252	67.93	3,680,643.70
72969	0.000997	72.75	5,303,208.96
51739	0.001308	67.67	3,496,836.90
51838	0.001308	67.80	3,510,231.75
57313	0.001201	68.83	3,940,282.77
52246	0.001308	68.34	3,565,704.98
67003	0.001069	71.63	4,794,040.43

S.A. Total	13,229,819,937
Valor N al 95%	1.645
E(S)	34,657,769.59
Var(S)	14,364,078,416,339.10
DesvEst(S)	3,789,997.15

RBS Teoría	6,234,545.32
RBS Ley	39,689,459.81
Promedio	22,962,002.56

Fuente: Elaboración propia

Tabla C

Requerimiento Bruto de Solvencia con Límite de retención \$750,000 MXN			
S.A.	q_x	E(x)	Var(x)
51619	0.000997	51.46	2,653,879.04
52487	0.000997	52.33	2,743,882.13
52886	0.001031	54.53	2,880,660.77
52109	0.001069	55.70	2,899,603.89
60735	0.000997	60.55	3,674,007.36
50182	0.001153	57.86	2,900,175.03
52918	0.001109	58.69	3,102,104.98
56136	0.001069	60.01	3,365,085.65
59184	0.001031	61.02	3,607,607.70
59377	0.001031	61.22	3,631,175.00
59493	0.001031	61.34	3,645,376.72
54098	0.001109	59.99	3,241,992.94
57107	0.001069	61.05	3,482,506.12
52162	0.001153	60.14	3,133,550.85
55217	0.001109	61.24	3,377,499.25
55317	0.001109	61.35	3,389,743.87
64634	0.000997	64.44	4,160,868.77
56504	0.001109	62.66	3,536,779.89
56969	0.001109	63.18	3,595,231.32
59832	0.001069	63.96	3,822,788.20
57522	0.001109	63.79	3,665,368.15
52303	0.001201	62.82	3,281,514.34
58203	0.001109	64.55	3,752,670.10
52827	0.001201	63.45	3,347,595.71
64308	0.001031	66.30	4,259,324.05
51159	0.001252	64.05	3,272,686.05
59769	0.001109	66.28	3,957,324.15
62787	0.001069	67.12	4,209,714.68
57447	0.001153	66.24	3,800,694.69
70111	0.000997	69.90	4,895,919.56
70160	0.000997	69.95	4,902,765.39
57807	0.001153	66.65	3,848,479.17
52352	0.001252	65.54	3,427,100.24
67106	0.001031	69.19	4,638,028.17
67204	0.001031	69.29	4,651,584.59
70722	0.000997	70.51	4,981,624.84
67453	0.001031	69.54	4,686,117.96
55535	0.001201	66.70	3,699,599.05
64696	0.001069	69.16	4,469,593.80
50548	0.001308	66.12	3,337,699.77
68162	0.001031	70.28	4,785,147.47
64953	0.001069	69.43	4,505,174.59
59255	0.001153	68.32	4,043,693.98
69277	0.001031	71.42	4,942,979.64
54254	0.001252	67.93	3,680,643.70
72969	0.000997	72.75	5,303,208.96
51739	0.001308	67.67	3,496,836.90
51838	0.001308	67.80	3,510,231.75
57313	0.001201	68.83	3,940,282.77
52246	0.001308	68.34	3,565,704.98
67003	0.001069	71.63	4,794,040.43

S.A. Total	15,617,764,651
Valor N al 95%	1.645
E(S)	43,085,343.84
Var(S)	24,697,937,640,223.50
vVar(S)	4,969,701.97

RBS Teoría	8,175,159.74
-------------------	---------------------

RBS Ley	46,853,293.95
----------------	----------------------

Promedio	27,514,226.84
-----------------	----------------------

Fuente: Elaboración propia

Tabla D

Requerimiento Bruto de Solvencia con Límite de retención \$1,000,000 MXN			
S.A.	q_x	$E(x)$	$Var(x)$
51619	0.000997	51.46	2,653,879.04
52487	0.000997	52.33	2,743,882.13
52886	0.001031	54.53	2,880,660.77
52109	0.001069	55.70	2,899,603.89
60735	0.000997	60.55	3,674,007.36
50182	0.001153	57.86	2,900,175.03
52918	0.001109	58.69	3,102,104.98
56136	0.001069	60.01	3,365,085.65
59184	0.001031	61.02	3,607,607.70
59377	0.001031	61.22	3,631,175.00
59493	0.001031	61.34	3,645,376.72
54098	0.001109	59.99	3,241,992.94
57107	0.001069	61.05	3,482,506.12
52162	0.001153	60.14	3,133,550.85
55217	0.001109	61.24	3,377,499.25
55317	0.001109	61.35	3,389,743.87
64634	0.000997	64.44	4,160,868.77
56504	0.001109	62.66	3,536,779.89
56969	0.001109	63.18	3,595,231.32
59832	0.001069	63.96	3,822,788.20
57522	0.001109	63.79	3,665,368.15
52303	0.001201	62.82	3,281,514.34
58203	0.001109	64.55	3,752,670.10
52827	0.001201	63.45	3,347,595.71
64308	0.001031	66.30	4,259,324.05
51159	0.001252	64.05	3,272,686.05
59769	0.001109	66.28	3,957,324.15
62787	0.001069	67.12	4,209,714.68
57447	0.001153	66.24	3,800,694.69
70111	0.000997	69.90	4,895,919.56
70160	0.000997	69.95	4,902,765.39
57807	0.001153	66.65	3,848,479.17
52352	0.001252	65.54	3,427,100.24
67106	0.001031	69.19	4,638,028.17
67204	0.001031	69.29	4,651,584.59
70722	0.000997	70.51	4,981,624.84
67453	0.001031	69.54	4,686,117.96
55535	0.001201	66.70	3,699,599.05
64696	0.001069	69.16	4,469,593.80
50548	0.001308	66.12	3,337,699.77
68162	0.001031	70.28	4,785,147.47
64953	0.001069	69.43	4,505,174.59
59255	0.001153	68.32	4,043,693.98
69277	0.001031	71.42	4,942,979.64
54254	0.001252	67.93	3,680,643.70
72969	0.000997	72.75	5,303,208.96
51739	0.001308	67.67	3,496,836.90
51838	0.001308	67.80	3,510,231.75
57313	0.001201	68.83	3,940,282.77
52246	0.001308	68.34	3,565,704.98
67003	0.001069	71.63	4,794,040.43

S.A. Total	17,169,039,812
Valor N al 95%	1.645
E(S)	49,095,452.25
Var(S)	35,087,299,347,592.10
vVar(S)	5,923,453.33

RBS Teoría	9,744,080.73
-------------------	---------------------

RBS Ley	51,507,119.44
----------------	----------------------

Promedio	30,625,600.08
-----------------	----------------------

Fuente: Elaboración propia

Tabla E

Requerimiento Bruto de Solvencia con Límite de retención \$2,000,000 MXN			
S.A.	q_x	E(x)	Var(x)
51619	0.000997	51.46	2,653,879.04
52487	0.000997	52.33	2,743,882.13
52886	0.001031	54.53	2,880,660.77
52109	0.001069	55.70	2,899,603.89
60735	0.000997	60.55	3,674,007.36
50182	0.001153	57.86	2,900,175.03
52918	0.001109	58.69	3,102,104.98
56136	0.001069	60.01	3,365,085.65
59184	0.001031	61.02	3,607,607.70
59377	0.001031	61.22	3,631,175.00
59493	0.001031	61.34	3,645,376.72
54098	0.001109	59.99	3,241,992.94
57107	0.001069	61.05	3,482,506.12
52162	0.001153	60.14	3,133,550.85
55217	0.001109	61.24	3,377,499.25
55317	0.001109	61.35	3,389,743.87
64634	0.000997	64.44	4,160,868.77
56504	0.001109	62.66	3,536,779.89
56969	0.001109	63.18	3,595,231.32
59832	0.001069	63.96	3,822,788.20
57522	0.001109	63.79	3,665,368.15
52303	0.001201	62.82	3,281,514.34
58203	0.001109	64.55	3,752,670.10
52827	0.001201	63.45	3,347,595.71
64308	0.001031	66.30	4,259,324.05
51159	0.001252	64.05	3,272,686.05
59769	0.001109	66.28	3,957,324.15
62787	0.001069	67.12	4,209,714.68
57447	0.001153	66.24	3,800,694.69
70111	0.000997	69.90	4,895,919.56
70160	0.000997	69.95	4,902,765.39
57807	0.001153	66.65	3,848,479.17
52352	0.001252	65.54	3,427,100.24
67106	0.001031	69.19	4,638,028.17
67204	0.001031	69.29	4,651,584.59
70722	0.000997	70.51	4,981,624.84
67453	0.001031	69.54	4,686,117.96
55535	0.001201	66.70	3,699,599.05
64696	0.001069	69.16	4,469,593.80
50548	0.001308	66.12	3,337,699.77
68162	0.001031	70.28	4,785,147.47
64953	0.001069	69.43	4,505,174.59
59255	0.001153	68.32	4,043,693.98
69277	0.001031	71.42	4,942,979.64
54254	0.001252	67.93	3,680,643.70
72969	0.000997	72.75	5,303,208.96
51739	0.001308	67.67	3,496,836.90
51838	0.001308	67.80	3,510,231.75
57313	0.001201	68.83	3,940,282.77
52246	0.001308	68.34	3,565,704.98
67003	0.001069	71.63	4,794,040.43

S.A. Total	20,408,452,023
Valor N al 95%	1.645
E(S)	62,721,689.22
Var(S)	73,792,374,116,946.40
$\sqrt{\text{Var(S)}}$	8,590,248.78

RBS Teoría	14,130,959.24
-------------------	----------------------

RBS Ley	61,225,356.07
----------------	----------------------

Promedio	37,678,157.66
-----------------	----------------------

Fuente: Elaboración propia

Tabla F

Requerimiento Bruto de Solvencia con Límite de retención \$3,000,000 MXN			
S.A.	q _x	E(x)	Var(x)
51619	0.000997	51.46	2,653,879.04
52487	0.000997	52.33	2,743,882.13
52886	0.001031	54.53	2,880,660.77
52109	0.001069	55.70	2,899,603.89
60735	0.000997	60.55	3,674,007.36
50182	0.001153	57.86	2,900,175.03
52918	0.001109	58.69	3,102,104.98
56136	0.001069	60.01	3,365,085.65
59184	0.001031	61.02	3,607,607.70
59377	0.001031	61.22	3,631,175.00
59493	0.001031	61.34	3,645,376.72
54098	0.001109	59.99	3,241,992.94
57107	0.001069	61.05	3,482,506.12
52162	0.001153	60.14	3,133,550.85
55217	0.001109	61.24	3,377,499.25
55317	0.001109	61.35	3,389,743.87
64634	0.000997	64.44	4,160,868.77
56504	0.001109	62.66	3,536,779.89
56969	0.001109	63.18	3,595,231.32
59832	0.001069	63.96	3,822,788.20
57522	0.001109	63.79	3,665,368.15
52303	0.001201	62.82	3,281,514.34
58203	0.001109	64.55	3,752,670.10
52827	0.001201	63.45	3,347,595.71
64308	0.001031	66.30	4,259,324.05
51159	0.001252	64.05	3,272,686.05
59769	0.001109	66.28	3,957,324.15
62787	0.001069	67.12	4,209,714.68
57447	0.001153	66.24	3,800,694.69
70111	0.000997	69.90	4,895,919.56
70160	0.000997	69.95	4,902,765.39
57807	0.001153	66.65	3,848,479.17
52352	0.001252	65.54	3,427,100.24
67106	0.001031	69.19	4,638,028.17
67204	0.001031	69.29	4,651,584.59
70722	0.000997	70.51	4,981,624.84
67453	0.001031	69.54	4,686,117.96
55535	0.001201	66.70	3,699,599.05
64696	0.001069	69.16	4,469,593.80
50548	0.001308	66.12	3,337,699.77
68162	0.001031	70.28	4,785,147.47
64953	0.001069	69.43	4,505,174.59
59255	0.001153	68.32	4,043,693.98
69277	0.001031	71.42	4,942,979.64
54254	0.001252	67.93	3,680,643.70
72969	0.000997	72.75	5,303,208.96
51739	0.001308	67.67	3,496,836.90
51838	0.001308	67.80	3,510,231.75
57313	0.001201	68.83	3,940,282.77
52246	0.001308	68.34	3,565,704.98
67003	0.001069	71.63	4,794,040.43

S.A. Total	21,900,549,017
Valor N al 95%	1.645
E(S)	69,586,805.03
Var(S)	107,319,352,755,444.00
vVar(S)	10,359,505.43

RBS Teoría	17,041,386.43
-------------------	----------------------

RBS Ley	65,701,647.05
----------------	----------------------

Promedio	41,371,516.74
-----------------	----------------------

Fuente: Elaboración propia

Tabla G

Requerimiento Bruto de Solvencia con Límite de retención \$4,000,000 MXN			
S.A.	q _x	E(x)	Var(x)
51619	0.000997	51.46	2,653,879.04
52487	0.000997	52.33	2,743,882.13
52886	0.001031	54.53	2,880,660.77
52109	0.001069	55.70	2,899,603.89
60735	0.000997	60.55	3,674,007.36
50182	0.001153	57.86	2,900,175.03
52918	0.001109	58.69	3,102,104.98
56136	0.001069	60.01	3,365,085.65
59184	0.001031	61.02	3,607,607.70
59377	0.001031	61.22	3,631,175.00
59493	0.001031	61.34	3,645,376.72
54098	0.001109	59.99	3,241,992.94
57107	0.001069	61.05	3,482,506.12
52162	0.001153	60.14	3,133,550.85
55217	0.001109	61.24	3,377,499.25
55317	0.001109	61.35	3,389,743.87
64634	0.000997	64.44	4,160,868.77
56504	0.001109	62.66	3,536,779.89
56969	0.001109	63.18	3,595,231.32
59832	0.001069	63.96	3,822,788.20
57522	0.001109	63.79	3,665,368.15
52303	0.001201	62.82	3,281,514.34
58203	0.001109	64.55	3,752,670.10
52827	0.001201	63.45	3,347,595.71
64308	0.001031	66.30	4,259,324.05
51159	0.001252	64.05	3,272,686.05
59769	0.001109	66.28	3,957,324.15
62787	0.001069	67.12	4,209,714.68
57447	0.001153	66.24	3,800,694.69
70111	0.000997	69.90	4,895,919.56
70160	0.000997	69.95	4,902,765.39
57807	0.001153	66.65	3,848,479.17
52352	0.001252	65.54	3,427,100.24
67106	0.001031	69.19	4,638,028.17
67204	0.001031	69.29	4,651,584.59
70722	0.000997	70.51	4,981,624.84
67453	0.001031	69.54	4,686,117.96
55535	0.001201	66.70	3,699,599.05
64696	0.001069	69.16	4,469,593.80
50548	0.001308	66.12	3,337,699.77
68162	0.001031	70.28	4,785,147.47
64953	0.001069	69.43	4,505,174.59
59255	0.001153	68.32	4,043,693.98
69277	0.001031	71.42	4,942,979.64
54254	0.001252	67.93	3,680,643.70
72969	0.000997	72.75	5,303,208.96
51739	0.001308	67.67	3,496,836.90
51838	0.001308	67.80	3,510,231.75
57313	0.001201	68.83	3,940,282.77
52246	0.001308	68.34	3,565,704.98
67003	0.001069	71.63	4,794,040.43

S.A. Total	22,844,395,767
Valor N al 95%	1.645
E(S)	74,176,833.86
Var(S)	138,987,812,952,500.00
vVar(S)	11,789,309.27

RBS Teoría	19,393,413.74
RBS Ley	68,533,187.30
Promedio	43,963,300.52

Fuente: Elaboración propia

Tabla H

Requerimiento Bruto de Solvencia con Límite de retención \$5,000,000 MXN			
S.A.	q_x	$E(x)$	$Var(x)$
51619	0.000997	51.46	2,653,879.04
52487	0.000997	52.33	2,743,882.13
52886	0.001031	54.53	2,880,660.77
52109	0.001069	55.70	2,899,603.89
60735	0.000997	60.55	3,674,007.36
50182	0.001153	57.86	2,900,175.03
52918	0.001109	58.69	3,102,104.98
56136	0.001069	60.01	3,365,085.65
59184	0.001031	61.02	3,607,607.70
59377	0.001031	61.22	3,631,175.00
59493	0.001031	61.34	3,645,376.72
54098	0.001109	59.99	3,241,992.94
57107	0.001069	61.05	3,482,506.12
52162	0.001153	60.14	3,133,550.85
55217	0.001109	61.24	3,377,499.25
55317	0.001109	61.35	3,389,743.87
64634	0.000997	64.44	4,160,868.77
56504	0.001109	62.66	3,536,779.89
56969	0.001109	63.18	3,595,231.32
59832	0.001069	63.96	3,822,788.20
57522	0.001109	63.79	3,665,368.15
52303	0.001201	62.82	3,281,514.34
58203	0.001109	64.55	3,752,670.10
52827	0.001201	63.45	3,347,595.71
64308	0.001031	66.30	4,259,324.05
51159	0.001252	64.05	3,272,686.05
59769	0.001109	66.28	3,957,324.15
62787	0.001069	67.12	4,209,714.68
57447	0.001153	66.24	3,800,694.69
70111	0.000997	69.90	4,895,919.56
70160	0.000997	69.95	4,902,765.39
57807	0.001153	66.65	3,848,479.17
52352	0.001252	65.54	3,427,100.24
67106	0.001031	69.19	4,638,028.17
67204	0.001031	69.29	4,651,584.59
70722	0.000997	70.51	4,981,624.84
67453	0.001031	69.54	4,686,117.96
55535	0.001201	66.70	3,699,599.05
64696	0.001069	69.16	4,469,593.80
50548	0.001308	66.12	3,337,699.77
68162	0.001031	70.28	4,785,147.47
64953	0.001069	69.43	4,505,174.59
59255	0.001153	68.32	4,043,693.98
69277	0.001031	71.42	4,942,979.64
54254	0.001252	67.93	3,680,643.70
72969	0.000997	72.75	5,303,208.96
51739	0.001308	67.67	3,496,836.90
51838	0.001308	67.80	3,510,231.75
57313	0.001201	68.83	3,940,282.77
52246	0.001308	68.34	3,565,704.98
67003	0.001069	71.63	4,794,040.43

S.A. Total	23,521,012,931
Valor N al 95%	1.645
E(S)	77,602,013.32
Var(S)	169,488,665,874,698.00
vVar(S)	13,018,781.27

RBS Teoría	21,415,895.20
RBS Ley	70,563,038.79
Promedio	45,989,466.99

Fuente: Elaboración propia

Tabla I

Requerimiento Bruto de Solvencia con Límite de retención \$10,000,000 MXN			
S.A.	q_x	E(x)	Var(x)
51619	0.000997	51.46	2,653,879.04
52487	0.000997	52.33	2,743,882.13
52886	0.001031	54.53	2,880,660.77
52109	0.001069	55.70	2,899,603.89
60735	0.000997	60.55	3,674,007.36
50182	0.001153	57.86	2,900,175.03
52918	0.001109	58.69	3,102,104.98
56136	0.001069	60.01	3,365,085.65
59184	0.001031	61.02	3,607,607.70
59377	0.001031	61.22	3,631,175.00
59493	0.001031	61.34	3,645,376.72
54098	0.001109	59.99	3,241,992.94
57107	0.001069	61.05	3,482,506.12
52162	0.001153	60.14	3,133,550.85
55217	0.001109	61.24	3,377,499.25
55317	0.001109	61.35	3,389,743.87
64634	0.000997	64.44	4,160,868.77
56504	0.001109	62.66	3,536,779.89
56969	0.001109	63.18	3,595,231.32
59832	0.001069	63.96	3,822,788.20
57522	0.001109	63.79	3,665,368.15
52303	0.001201	62.82	3,281,514.34
58203	0.001109	64.55	3,752,670.10
52827	0.001201	63.45	3,347,595.71
64308	0.001031	66.30	4,259,324.05
51159	0.001252	64.05	3,272,686.05
59769	0.001109	66.28	3,957,324.15
62787	0.001069	67.12	4,209,714.68
57447	0.001153	66.24	3,800,694.69
70111	0.000997	69.90	4,895,919.56
70160	0.000997	69.95	4,902,765.39
57807	0.001153	66.65	3,848,479.17
52352	0.001252	65.54	3,427,100.24
67106	0.001031	69.19	4,638,028.17
67204	0.001031	69.29	4,651,584.59
70722	0.000997	70.51	4,981,624.84
67453	0.001031	69.54	4,686,117.96
55535	0.001201	66.70	3,699,599.05
64696	0.001069	69.16	4,469,593.80
50548	0.001308	66.12	3,337,699.77
68162	0.001031	70.28	4,785,147.47
64953	0.001069	69.43	4,505,174.59
59255	0.001153	68.32	4,043,693.98
69277	0.001031	71.42	4,942,979.64
54254	0.001252	67.93	3,680,643.70
72969	0.000997	72.75	5,303,208.96
51739	0.001308	67.67	3,496,836.90
51838	0.001308	67.80	3,510,231.75
57313	0.001201	68.83	3,940,282.77
52246	0.001308	68.34	3,565,704.98
67003	0.001069	71.63	4,794,040.43

S.A. Total	25,357,626,968
Valor N al 95%	1.645
E(S)	87,563,860.10
Var(S)	310,616,640,656,624.00
$\sqrt{\text{Var(S)}}$	17,624,319.58

RBS Teoría	28,992,005.71
-------------------	----------------------

RBS Ley	76,072,880.90
----------------	----------------------

Promedio	52,532,443.31
-----------------	----------------------

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 7

Columnas auxiliares para la constitución de la base de datos para cada límite de retención

Tabla J

LR 750,000				
S.A. Retenida	Prima retenida	S.A. cedida	Prima cedida	S.A. siniestrada retenida
51,619	51	0	0	0
52,487	52	0	0	0
52,886	55	0	0	0
52,109	56	0	0	0
60,735	61	0	0	0
50,182	58	0	0	0
52,918	59	0	0	0
56,136	60	0	0	0
59,184	61	0	0	0
59,377	61	0	0	0
59,493	61	0	0	0
54,098	60	0	0	0
57,107	61	0	0	0
52,162	60	0	0	0
55,217	61	0	0	0
55,317	61	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla K

LR 1MDP				
S.A. Retenida	Prima retenida	S.A. cedida	Prima cedida	S.A. siniestrada retenida
51,619	51	0	0	0
52,487	52	0	0	0
52,886	55	0	0	0
52,109	56	0	0	0
60,735	61	0	0	0
50,182	58	0	0	0
52,918	59	0	0	0
56,136	60	0	0	0
59,184	61	0	0	0
59,377	61	0	0	0
59,493	61	0	0	0
54,098	60	0	0	0
57,107	61	0	0	0
52,162	60	0	0	0
55,217	61	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla L

LR 2MDP				
S.A. Retenida	Prima retenida	S.A. cedida	Prima cedida	S.A. siniestrada retenida
51,619	51	0	0	0
52,487	52	0	0	0
52,886	55	0	0	0
52,109	56	0	0	0
60,735	61	0	0	0
50,182	58	0	0	0
52,918	59	0	0	0
56,136	60	0	0	0
59,184	61	0	0	0
59,377	61	0	0	0
59,493	61	0	0	0
54,098	60	0	0	0
57,107	61	0	0	0
52,162	60	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla M

LR 3MDP				
S.A. Retenida	Prima retenida	S.A. cedida	Prima cedida	S.A. siniestrada retenida
51,619	51	0	0	0
52,487	52	0	0	0
52,886	55	0	0	0
52,109	56	0	0	0
60,735	61	0	0	0
50,182	58	0	0	0
52,918	59	0	0	0
56,136	60	0	0	0
59,184	61	0	0	0
59,377	61	0	0	0
59,493	61	0	0	0
54,098	60	0	0	0
57,107	61	0	0	0
52,162	60	0	0	0
55,217	61	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla N

LR 4MDP				
S.A. Retenida	Prima retenida	S.A. cedida	Prima cedida	S.A. siniestrada retenida
51,619	51	0	0	0
52,487	52	0	0	0
52,886	55	0	0	0
52,109	56	0	0	0
60,735	61	0	0	0
50,182	58	0	0	0
52,918	59	0	0	0
56,136	60	0	0	0
59,184	61	0	0	0
59,377	61	0	0	0
59,493	61	0	0	0
54,098	60	0	0	0
57,107	61	0	0	0
52,162	60	0	0	0
55,217	61	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla O

LR 5MDP				
S.A. Retenida	Prima retenida	S.A. cedida	Prima cedida	S.A. siniestrada retenida
51,619	51	0	0	0
52,487	52	0	0	0
52,886	55	0	0	0
52,109	56	0	0	0
60,735	61	0	0	0
50,182	58	0	0	0
52,918	59	0	0	0
56,136	60	0	0	0
59,184	61	0	0	0
59,377	61	0	0	0
59,493	61	0	0	0
54,098	60	0	0	0
57,107	61	0	0	0
52,162	60	0	0	0
55.217	61	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla P

LR 10MDP				
S.A. Retenida	Prima retenida	S.A. cedida	Prima cedida	S.A. siniestrada retenida
51,619	51	0	0	0
52,487	52	0	0	0
52,886	55	0	0	0
52,109	56	0	0	0
60,735	61	0	0	0
50,182	58	0	0	0
52,918	59	0	0	0
56,136	60	0	0	0
59,184	61	0	0	0
59,377	61	0	0	0
59,493	61	0	0	0
54,098	60	0	0	0
57,107	61	0	0	0
52,162	60	0	0	0
55,217	61	0	0	0
55,317	61	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Referencias

Aventín, J. (2012). "*Clasificación de Riesgos en la empresa*". Mapfre Consultores. Disponible en: https://www.fundacionmapfre.org/documentacion/.../i18n/catalogo_imagenes/grupo
Consultado el día 7 de enero de 2016.

Asociación Mexicana de Actuarios (2010). "*La operación del reaseguro*". Disponible en: <https://piensaama.files.wordpress.com/2011/08/la-operacion-del-reaseguro.pdf>
Consultado el día 1 de mayo de 2015

Azofeifa, Carlos E. (2004). "*Aplicación de la Simulación Monte Carlo en el cálculo del riesgo usando Excel*". Universidad de Costa Rica. Tecnología en Marcha. Vol. 17 N° 1. Disponible en: [file:///C:/Users/ALINA/Downloads/Dialnet-AplicacionDeLaSimulacionMonteCarloEnElCalculoDelRi-4835801%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/ALINA/Downloads/Dialnet-AplicacionDeLaSimulacionMonteCarloEnElCalculoDelRi-4835801%20(1).pdf)

Banco de México (2016). "*Requerimiento Bruto de Solvencia*". Disponible en: <http://www.banxico.org.mx/sistema-financiero/material-educativo/basico/fichas/indicadores-financieros/%7B36ECCC5E-2527-B32E-27B7-10A8D92874E9%7D.pdf>
Consultado el día 20 de julio 2016

Banco de México (2016). "*Capital Mínimo de Garantía*". Disponible en: <http://www.banxico.org.mx/sistema-financiero/material-educativo/basico/fichas/indicadores-financieros/%7B36ECCC5E-2527-B32E-27B7-10A8D92874E9%7D.pdf>
Consultado el día 21 de julio 2016

Besley, S. & Brigham E. (2009). "*Fundamentos de administración financiera*". México, D.F.: Cengage Learning. Pp 819.

Bowers, Newton L. (1997). "*Actuarial Mathematics*". SOA Society of Actuaries. Estados Unidos.

Castellano, R. & Cerqueti, R. (2013). "*Mean-Variance portfolio selection in presence of infrequently traded stocks*". European Journal of Operational Research, Volume 234, Issue 2, pp. 442-449

Castelo, Maltrán Julio (1992). "*Manual Básico del Seguro*". 2ª Edición, Madrid: MAPFRE.

Cf Seguros (2016). "Exclusiones Principales de un seguro de Vida" Disponible en: <http://www.cfseguros.com/sp-vida-02.php?seguros=si&itemid=1>

Circular Única de Seguros y Fianzas. (Publicada en el Diario oficial de la federación el día 19 de diciembre de 2014.)

Comisión Nacional de Seguros y Fianzas (2009). *“Límite de retención un nuevo esquema regulatorio”*.

Disponible en:

http://www.amis.com.mx/InformaWeb/Documentos/Archivos/Limite_Maximo_de_Retencion-CNSF_%2812May09%29.pdf

Consultado el día 1 de mayo de 2015.

Coss, R. (1998). *Simulación: Un enfoque práctico*. México: Editorial Limusa

Curso de Probabilidad y Estadística en línea

Disponible en: <http://www.itch.edu.mx/academic/industrial/sabaticorita/amarillo.htm>

Consultado el 9 de enero de 2016.

Cunningham, Robin, Et. Al. (2013). *“Models for quantifying risk”*. Actex publications, 3a edición. Estados Unidos.

Devore, Jay L. (2009). *“Probabilidad y Estadística para Ciencias e Ingeniería”*.

Disponible en:

<http://es.slideshare.net/Gerson441/probabilidad-y-estadistica-para-ingenieria-y-ciencias-devore-7th>

Consultado el 06 de enero de 2016

Esteva F., Eduardo y CNSF (1994) *“Guía Básica de Reaseguro”*.

Consultado el 10 de diciembre de 2016.

Estuardo, Aarón (2012). *“Estadística y Probabilidades”*. Universidad Católica de la Santísima Concepción; Chile.

Disponible en:

http://dme.ufro.cl/clinicamatematica/images/Libros/Estadistica_y_Probabilidad/Estadistica_y_Probabilidad.pdf

Consultado el 13 de enero de 2016

Faulín, J. y A. Juan (2008). *“Simulación de Monte Carlo con Excel. Proyecto e-Math”*.

Financiado por la Secretaría de Estado de Educación y Universidades (MECD).

Fuerte, Charles (1996). *“Fundamental Concepts of Actuarial Science”*, 2da. Edición, Prentice Hall.

Fundación Mapfre (1992). *“Diccionario Mapfre de seguros”*.

Disponible en:

<http://www.mapfre.es/diccionario/terminos/vertermino.shtmlr/reaseguro.htm>

Consultado el día 20 de noviembre de 2015.

Fundación Mapfre (2015). “Seguros y Pensiones para Todos”.
Disponible en:
http://segurosypensioneparatodos.fundacionmapfre.org/syp/es/images/el-seguro_tcm558-65523.pdf.
Consultado el día 1 de mayo de 2015.

Galante, Carmelo y CONAC (2015). “El reaseguro proporcional”.
Disponible en: <http://www.conac.org.mx/ARWCXL/rp.pdf>
Consultado el día 1 de mayo de 2015.

García, E., García, H., & Cárdenas, L. (2013). “Simulación y análisis de sistemas con Promodel”, México: Pearson Education

Gerber, H.U. (1979). “An Introduction to Mathematical Risk Theory”. Philadelphia: Huebner Foundation

Golding, C.E. (1976). “Leyes y práctica del Reaseguro”. Publicación de Reaseguradora Patria S.A.

González, José Carmen (2013). “Apuntes de Clase de Reaseguro”; Generación 2009-2013. Universidad Autónoma del Estado de México.

Gorjas G. Javier, Et. Al. (2011). “Estadística Básica para estudiantes de Ciencias”.

Gran Rico, F.J. (2015) “Expansión Finanzas, Seguros y opciones”.
Disponible en: <http://www.expansion.com/diccionario-economico/seguro-de-vida.html>
Consultado el día 20 de abril de 2015.

Grupo Nacional Provincial (2015). “Seguros y Aseguradoras”.
Disponible en: <http://www.seguros-seguros.com/aseguradoras.html>
Consultado el día 15 de agosto de 2015.

Haberman, Richard (1998). “Mathematical Models”. Society for Industrial and applied Mathematics. Philadelphia.
Disponible en:
<http://math.gmu.edu/~sap/S12/m414/Supplementary/Haberman-Mathematical%20Models.pdf>

Huizar Pérez, J. (2009). “Método Montecarlo”. Instituto Tecnológico de Tijuana.
Disponible en: <http://es.slideshare.net/krizx/metodo-montecarlo>

Instituto Tecnológico de Estudios Superiores Monterrey (ITESM), (2005). “Método del cuadrado medio; Generación de números aleatorios”.
Disponible en:
www.mty.itesm.mx/dmti/materias/ma2006-1/recursos/Num_Aleatorios.pptx

Jones, Harriet (1998). “Principios del Seguro de Vida, Salud y Rentas Vitalicias”, Ed. Loma.

Lara Haro, A. (2005). *“Medición y control de riesgos financieros”*. México: Editorial Limusa

Ley de Instituciones de Seguros y de Fianzas. (Publicada en el Diario oficial de la federación el día 4 de abril de 2013.)

Ley de Instituciones de Seguros y de Fianzas. (Publicada en el Diario oficial de la federación el día 10 de enero de 2014.)

Ley del Contrato del Seguro (2004)

Disponible en: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/211.pdf>

Ley de los grandes números (2011)

Disponible en:

<https://probabilidad1bac.wikispaces.com/Ley+de+los+grandes+n%C3%BAmeros>

Consultado el 19 de julio 2016

Ley General de Instituciones y Sociedades Mutualistas de Seguros (2015)

Disponible en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/abro/lgisms/LGISMS_abro.pdf

Mansini, R., Ogryczak, W. y Speranza, G. (2013). *“Twenty years of linear programming based portfolio optimization”*. European Journal of Operational Research.

Maronna, Ricardo A. (1995). *“Probabilidad y Estadística Elementales para Estudiantes de Ciencias”*. Facultad de Ciencias Exactas; Universidad Nacional de La Plata.

Disponible en:

http://www.mate.unlp.edu.ar/~maron/MaronnaHome_archivos/Probabilidad%20y%20Estadística%20Elementales.pdf

Consultado el 03 de enero de 2016

Martín, Sonia (2016). *“Simulación Montecarlo”*, Revista Expansión.

Disponible en:

<http://www.expansion.com/diccionario-economico/simulacion-de-montecarlo.html>

Consultado el 21 de enero de 2016

Mendoza, Manuel (2000). *“Tablas de Mortalidad CNSF 2000-I y CNSF 2000-G”*, Comisión Nacional de Seguros y Fianzas.

Muñoz Pérez, Jorge y CNSF (2006). *“Determinantes de los siniestros de los seguros de gastos médicos mayores grupo y colectivo”*.

Osorio G., Gustavo Alexi (2003). *Manual Básico del Seguro*.

Disponible en: http://www.fenixseguros.com.py/media/manual_basico_del_seguro.pdf

Consultado el día 8 de enero de 2016.

Palisade, (2016). *“Simulación Montecarlo”*;

Disponible en: http://www.palisade-lta.com/risk/simulacion_monte_carlo.asp

Consultado el 11 de enero de 2016

Palisade Corporation (2016). “*Guía para el uso de @Risk*”. Programa auxiliar para el análisis y la simulación de riesgo de Microsoft Excel. Versión 4.5

Price, Ralph. (2009). “*Group Life Insurance Manual*”, General Cologne Re.

Qualitas, MÉXICO (2015). “*Definiciones sobre el contrato del seguro*”.

Disponible en: <https://www.qualitas.com.mx/portal/web/qualitas/143>

Consultado el día 1 de agosto de 2015.

Ramos, Rebeca E. (2013). “*Conceptos y Métodos Básicos de Estadística*”.

Disponible en:

http://www.transparenciafiscal.gob.sv/downloads/pdf/DC4597_4_Curso_3_Conceptos_y_Metodos_Basicos_de_Estadistica.pdf

Consultado el 10 de enero de 2016.

Reglamento del Seguro de Grupo para la Operación de Vida y del Seguro Colectivo para la Operación de Vida. (Publicada en el Diario oficial de la federación el día 20 de julio de 2009.)

Reglas para el capital mínimo de garantía de las instituciones de seguros (2009).

Disponible en: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5103197&fecha=12/08/2009

Consultado el 12 de noviembre de 2016

Reglas para fijar los Límites máximos de retención de las Instituciones y Sociedades Mutualistas de Seguros en las Operaciones de Seguro y Reaseguro (Publicada en el Diario oficial de la federación el día 24 de mayo de 2010.)

Rendón E., Jorge (2003). “*Normas y políticas del Seguro de Vida*”, p.p 58

Rincón, Luis (2007). “*Curso Elemental de Probabilidad y Estadística*”. Departamento de Matemáticas; Facultad de Ciencias UNAM.

Rodríguez A., Licesio (2011). “*Simulación, Método Montecarlo*”.

Disponible en:

https://www.uclm.es/profesorado/licesio/Docencia/mcoi/Tema4_guion.pdf

Consultado el 13 de enero de 2016

Ross, Sheldon (1980). “*Introductory Statistics*”. *Clasificación de modelos determinísticos y estocásticos*. Ed. Elsevier, Segunda Edición

Saavedra Agustín, (2010). “*Seguros y la Ley de los grandes números*”.

Disponible en: <http://www.agustinsaavedraweise.com/art-2010/seguros.php>

Consultado el 19 de julio de 2016

Saavedra Alarcón, Irma del Carmen y CNSF (2006). “*Fundamentos y tarificación del seguro de vida grupo*”.

Saavedra Barrera, Patricia, Ibarra Mercado Víctor Hugo (2009). *“El método Monte-Carlo y su aplicación a finanzas”*. Departamento de Matemáticas, Universidad Autónoma Metropolitana.

Disponible en:

<http://mat.izt.uam.mx/mat/documentos/notas%20de%20clase/cfenaoc3.pdf>

Scheaffer, R., Mendenhall, W. (1987). *“Elementos de muestreo”*. Grupo editorial Iberoamericana: México.

Secretaría de Hacienda y Crédito Público (2009). *“Reglas para el capital mínimo de garantía de las instituciones de seguros”*

Disponible en:

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/99441/ANEXO_6.1.2.pdf

Consultado el 8 de enero de 2016

Sistemas Umma (2011). *“Generación de variables con distribución de probabilidad uniforme”*

Disponible en:

<https://sistemasumma.com/2011/09/11/generacion-de-variables-con-distribucion-de-probabilidad-uniforme/>

Consultado el día 14 de junio de 2016

Tabla de Probabilidad de la Distribución Normal

Disponible en:

https://www.matematicasonline.es/BachilleratoCCSS/primer/ejercicios/normal_1.pdf

Tarifa, Enrique Eduardo (2013). *“Teoría de Modelos y Simulación”*. Facultad de ingeniería. Universidad Nacional de Jujuy, Argentina.

Disponible en:

http://www.econ.unicen.edu.ar/attachments/1051_TecnicasII_Simulacion.pdf

Velasco Palomino, Rodrigo (2004). *“Percentiles”, Estadística Grado Once*. Institución Educativa Técnico Industrial, Popayán Cauca, Colombia.

Vélez, David (2009). *“Apuntes de Teoría del Riesgo”*. Universidad Autónoma del Estado de México