



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE CIENCIAS

APLICACIÓN DE TÓPICOS DE TEORÍA  
DE RIESGO EN LA MEDICIÓN DE LA  
SOLVENCIA DE LAS RESERVAS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

A C T U A R I O

PRESENTA:

JUAN CARLOS DURÁN AGUILAR

TUTOR:

ACT. JOSÉ FABIÁN GONZÁLEZ FLORES



2009



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS  
Secretaría General  
División de Estudios Profesionales

Votos Aprobatorios

ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ  
Jefe de la División de Estudios Profesionales  
Facultad de Ciencias  
Presente

Por este medio hacemos de su conocimiento que hemos revisado el trabajo escrito titulado:

**Aplicación de Tópicos de Teoría de Riesgo en la medición de la Solvencia de las Reservas**

realizado por **Durán Aguilar Juan Carlos** con número de cuenta **9-808882-5** quien ha decidido titularse mediante la opción de tesis en la licenciatura en **Actuaría**. Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Propietario Dra. María Cristina Gutiérrez Delgado

Propietario Act. María Guadalupe Medrano Ortíz

Propietario Act. José Fabián González Flores  
Tutor

Suplente Act. Adriana Ramírez Velázquez

Suplente Act. Rubí Pérez Aguilar

Atentamente,

“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU ”

Ciudad Universitaria, D. F., a 28 de mayo de 2009

EL COORDINADOR DEL COMITÉ ACADÉMICO DE LA LICENCIATURA EN ACTUARÍA

DR. LUIS ANTONIO RINCÓN SOLÍS

Señor sinodal: antes de firmar este documento, solicite al estudiante que le muestre la versión digital de su trabajo y verifique que la misma incluya todas las observaciones y correcciones que usted hizo sobre el mismo.

\*nlm.

A mi padre, el mejor ser humano que conozco y respeto  
A mi madre, por su incansable lucha  
A mi tutor, por su gran apoyo y paciencia  
A la UNAM, porque además de la educación, me enseñó a vivir  
A Fernando, Marlon, Rubén, Julio, Lorena, Tania, Israel, Iván y  
A todos los que hicieron esto posible

# ÍNDICE

|   |          |
|---|----------|
| ABREVIACIONES Y ACRÓNIMOS                               | v        |
| INTRODUCCIÓN  | vii      |
| <b>1. LA TEORÍA DE RIESGO Y SUS TÓPICOS MATEMÁTICOS</b> | <b>1</b> |
| 1.1. Introducción . . . . .                             | 1        |
| 1.2. Modelo Clásico de Teoría de Riesgo . . . . .       | 2        |
| 1.2.1. Planteamiento Conceptual . . . . .               | 4        |
| 1.2.2. Planteamiento Teórico . . . . .                  | 7        |
| 1.2.3. Descripción de los supuestos . . . . .           | 8        |
| 1.2.4. Aplicaciones . . . . .                           | 9        |
| 1.3. Los tópicos Matemáticos . . . . .                  | 10       |
| 1.3.1. La Teoría de la Credibilidad . . . . .           | 10       |
| 1.3.2. La Teoría de la Ruina . . . . .                  | 18       |

## ÍNDICE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>2. APLICACIÓN EN LA ESTIMACIÓN DE LA SOLVENCIA TÉCNICA</b> | <b>26</b> |
| 2.1. Introducción . . . . .                                   | 26        |
| 2.2. Descripción de la cartera . . . . .                      | 27        |
| 2.3. Caracterización de los modelos a aplicar . . . . .       | 27        |
| 2.4. Aplicación numérica . . . . .                            | 36        |
| 2.4.1. Análisis de solvencia . . . . .                        | 41        |
| 2.4.2. Reservas actuariales . . . . .                         | 42        |
| 2.4.3. Análisis comparativo de resultados . . . . .           | 43        |
| <b>3. AJUSTES DE LA SOLVENCIA TÉCNICA</b>                     | <b>44</b> |
| 3.1. Introducción . . . . .                                   | 44        |
| 3.2. Normatividad en México en materia de Solvencia . . . . . | 45        |
| 3.2.1. Requerimientos de Capital . . . . .                    | 48        |
| 3.2.2. Solvencia Dinámica . . . . .                           | 52        |
| 3.3. Solvencia II . . . . .                                   | 59        |
| 3.3.1. Los tres pilares del proyecto Solvencia II . . . . .   | 62        |
| 3.3.2. Pilar I. Requerimientos Cuantitativos. . . . .         | 64        |
| 3.3.3. Pilar II Requerimientos Cualitativos . . . . .         | 67        |
| 3.3.4. Pilar III. Requerimientos de Revelación. . . . .       | 68        |
| 3.3.5. Requerimientos e Implicaciones en México . . . . .     | 68        |

## ÍNDICE

|              |    |
|--------------|----|
| CONCLUSIONES | 71 |
| APÉNDICE A   | 74 |
| APÉNDICE B   | 81 |
| APÉNDICE C   | 90 |
| BIBLIOGRAFÍA | 92 |

# ABREVIACIONES Y ACRÓNIMOS

## Abreviaciones

- LGISMS: Ley General de Instituciones y Sociedades Mutualistas de Seguros.
  
- LCS: Ley de Contrato del Seguro.
  
- SCR: Solvency Capital Requirement.
  
- MCR: Minimal Capital Requirement.
  
- IFRS: Contabilidad de seguros.
  
- EEE: Espacio Económico Europeo.
  
- SRP: Supervisory Review Process.
  
- IRCA: Internal Risk Capital Assessment.



## 0. ABREVIACIONES Y ACRÓNIMOS

### **Acrónimos de Asociaciones**

- SAC: Standards Advisory Council.
  
- IAIS: International Association of Insurance Supervisors.
  
- IOSCO: International Organisation of Securities Commissions.
  
- IASB: International Accounting Standard Board.
  
- IAS: reconocimiento de instrumentos financieros.
  
- IWG: Academy Illustrations Work Group.
  
- EIOPC: European Insurance and Occupational Pensions Committee.
  
- CEIOPS: Committee of European Insurance and Occupational Pension Supervisors.
  
- CEA: Insurers of Europe.

# INTRODUCCIÓN

El objetivo de esta tesis es analizar tópicos matemáticos específicos de la Teoría de Riesgo y su aplicación para modelar la siniestralidad de carteras reales de seguros de daños en México y, a partir de ésta, estimar la solvencia de las entidades aseguradoras.

Las entidades aseguradoras por la actividad misma adquieren responsabilidades y para poder responder a su compromiso deben constituir reservas y garantizar el cumplimiento de las obligaciones, es decir, la solvencia de la institución aseguradora.

Hoy en día, existe gran preocupación por garantizar la solvencia de las instituciones de seguros, tanto a nivel internacional como nacional. Por ello, existen y se desarrollan modelos en los diferentes ámbitos de la empresa aseguradora para tarificar, proyectar, calcular la solvencia dinámica, exposición catastrófica, planeación financiera, etcétera.

En este marco, las ciencias actuariales modernas proveen las herramientas necesarias como la Teoría de Riesgo, la cual ha desarrollado dos tópicos, sobre los cuales se basa el presente estudio: la Teoría de Ruina y la Teoría de la Credibilidad, los cuales permiten un cálculo robusto y un tratamiento actuarial suficiente para la medición del margen de la solvencia de las entidades aseguradoras.

Recientemente en México, se comenzaron a desarrollar nuevos estándares y regulaciones que permiten evaluar el margen de solvencia mediante la aplicación de supuestos administrativos e hipótesis financieras. Con ello, se busca garantizar el desarrollo de prácticas sanas para la empresa aseguradora,

## 0. INTRODUCCIÓN

mediante el conocimiento y aplicación de las ciencias actuariales. En este sentido, el actuario debe de realizar análisis más completos y matemáticamente más eficientes sobre los riesgos en los que incurren las compañías aseguradoras para el desarrollo de modelos flexibles y que reflejen las variables implicadas y el impacto en la fluctuación de cada una; un ejemplo claro es el proyecto europeo Solvencia II, el cual pretende que las compañías aseguradoras internacionales operen bajo un mejor control y estandarización para la medición de los riesgos.

Ciertamente, los modelos desarrollados deben enfocarse sobre sólidos fundamentos matemáticos, pero los mismos deben estar aterrizados en el sentido de que puedan ser prácticos y aplicables en situaciones reales. Por ello, en esta tesis se propone la aplicación de la Teoría de Riesgo con la finalidad de evaluar sus alcances, deficiencias, operatividad y viabilidad.

La tesis se presenta *grosso modo* en tres capítulos:

El propósito del primer capítulo es analizar los aspectos puramente teóricos de la Teoría de Riesgo y sus principales tópicos matemáticos: la Teoría de Ruina y la Teoría de Credibilidad.

Por su parte, en el segundo capítulo se aplicará con mayor profundidad la modelación de la solvencia utilizando los conceptos vistos en el capítulo 1 a una cartera del sector asegurador mexicano.

Finalmente, en el tercer capítulo se presentará la situación actual en México y el mundo respecto a la solvencia; así mismo, se evaluarán y analizarán las tendencias y alcances tomando en cuenta el marco de la regulación mexicana actual, atendiendo a las reglas y circulares de la normatividad vigente.

# CAPÍTULO 1

## LA TEORÍA DE RIESGO Y SUS TÓPICOS MATEMÁTICOS

### 1.1. Introducción

Los modelos que se presentan en la Teoría de Riesgo están encaminados a cuantificar el riesgo y estimar los parámetros de las variables a utilizar para proyectar lo mejor posible lo que pasará en un futuro, basándose en la experiencia.

Se utilizará el modelo de Riesgo Colectivo por ser el más apropiado en cuanto a la información con que se cuenta para la estimación de los parámetros de las distribuciones de los siniestros.

Los sistemas de tarificación son un factor determinante en la solvencia de la entidad aseguradora, pues estos representan el cálculo de la prima, cantidad que se cobra al asegurado y que debe ser **suficiente** para cubrir las obligaciones de la aseguradora generando una ganancia, y simultáneamente, la prima debe de considerar las características de cada entidad asegurada.

## 1. LA TEORÍA DE RIESGO Y SUS TÓPICOS MATEMÁTICOS

Para que la prima sea justa, se utilizarán Modelos de Credibilidad para que cada asegurado pague un precio de acuerdo a sus características individuales de riesgo, ya que la cartera que se utiliza no es homogénea, en el sentido en el que no tienen la misma probabilidad de sufrir un siniestro sobre el cual se están protegiendo; un monto de prima justo deberá ser congruente con riesgos de características similares. Existen grupos con bajo riesgo y grupos con un grado mayor en riesgo y cobrar una misma prima para todos sería injusto, de hecho, sólo a grupos con un alto riesgo les convendría quedarse en la cartera, de esta manera, la aseguradora se quedaría sólo con malos riesgos. Es por ello que la ciencia actuarial moderna tiene como objetivo el cálculo de primas acordes a la heterogeneidad del riesgo que se está asumiendo y considerando la siniestralidad histórica de determinadas carteras.

En este sentido, una solución al problema de la heterogeneidad de grupos de la tarificación es resuelta por los Modelos de Credibilidad. Estos buscan la estimación de seguros colectivos, combinando la información global con la individual; ésta última, en muchos casos más limitada.

Por su parte la Teoría de la Ruina pretende analizar la estabilidad de la aseguradora, comenzando por un capital inicial, un incremento lineal de la prima y disminuciones debidas a los siniestros, de esta manera es posible calcular la probabilidad de insolvencia de la entidad aseguradora; la insolvencia ocurre cuando el proceso antes descrito se hace negativo. Dicho procedimiento se realizará mediante simulaciones Monte Carlo.

En este capítulo se pretende explicar las bases de la Teoría del Riesgo, así como las ramas de ésta: la Teoría de la Ruina y la Teoría de la Credibilidad, las cuales proporcionan los fundamentos matemáticos para el cálculo de las primas suficientes que permitan el óptimo equilibrio de la solvencia actuarial de la entidad aseguradora.

### 1.2. Modelo Clásico de Teoría de Riesgo

Tradicionalmente se modelan las obligaciones de la entidad aseguradora mediante dos flujos de efectivo opuestos; las entradas de efectivo, es decir, las primas recibidas por la institución, las cuales se asume, entran continua-

## 1.2. MODELO CLÁSICO DE TEORÍA DE RIESGO

mente con una tasa fija  $c$ ; y salidas de efectivo, las cuales son consecuencia de los siniestros ocurridos, los cuales por su carácter de aleatoriedad, tanto en su tiempo de ocurrencia, como el monto de la reclamación, se consideran representados por variables aleatorias con eventos de tipo continuo. Dichas variables, en el caso de los montos de los siniestros, se consideran independientes e idénticamente distribuidas.

No es posible predecir el futuro; sin embargo, el actuario, a través de métodos estadísticos, intenta aproximar un valor cercano a la realidad para proyectar posibles resultados en el futuro. Los siniestros se presentan de manera impredecible y pueden ser descritos mediante variables aleatorias, esto significa, que dichas variables toman valores siguiendo una distribución de probabilidad y que nunca será determinante el momento en que ocurra un siniestro ni el monto del siniestro que se está presentando.

El actuario pretende estimar lo mejor posible, a partir de la información histórica, con la misma clase de eventos y características similares. Para lo cual se vale de todos los elementos necesarios que están a su alcance, pero que a su vez conlleven cierta simplicidad en los cálculos, de manera que pueda aproximar en la mejor medida los parámetros de las distribuciones, con la mayor eficiencia posible.

El problema a resolver consiste en determinar el monto de las obligaciones en un futuro, para lo cual es necesario calcular:

1. Número de siniestros que ocurrirán en un determinado periodo de tiempo;
2. El tamaño o magnitud de cada siniestro ocurrido; y finalmente,
3. El monto total de todos los siniestros ocurridos en el periodo establecido.

Estimar el monto total por todos los siniestros ocurridos en el futuro, y aún más importante, proyectar la solvencia de la entidad aseguradora en el futuro, genera la siguiente pregunta ¿Cuánto tiempo se desea estimar la solvencia?, lo que lleva a dos tipos de proyección a calcular: con horizonte finito y con horizonte infinito.

Para lo cual la Teoría de Riesgo proporciona herramientas, con susten-

## 1. LA TEORÍA DE RIESGO Y SUS TÓPICOS MATEMÁTICOS

to sólido y práctico en el desarrollo de modelos para llevar a cabo dichas estimaciones.

### 1.2.1. Planteamiento Conceptual

Antes de profundizar en el tema, existen conceptos que se deben tener claros, a continuación se definen y explican de forma actuarial ciertos conceptos fundamentales para el estudio.

#### Riesgo

El ser humano está expuesto a eventos inciertos que pueden modificar sus planes y que conllevan gastos o pérdidas para las cuales muchas veces no se está preparado, a dichas contingencias se les considera como riesgos.

#### Seguro

Para contrarrestar los eventos fortuitos desfavorables, el individuo puede tomar ciertas actitudes ante el riesgo, las cuales pueden consistir en:

- *Asumirlo*. Enfrentando por sí mismo la pérdida económica.
- *Disminuirlo*. Exponerse menos a los riesgos, cambiando hábitos, teniendo precaución y prevención ante los posibles eventos.
- *Eliminarlo*. Evitando por completo actividades para no tener exposición alguna al riesgo.
- *Transferirlo*. Esta es la esencia del seguro mediante el cual una empresa sólida (solvente), se hace cargo de las responsabilidades y gastos cuando sucede el riesgo mediante convenio previo. El seguro es un contrato mediante el cual la empresa aseguradora se obliga, mediante el cobro de una prima, a resarcir un daño o a pagar una suma de dinero al verificarse la eventualidad prevista en el contrato. [8]

## 1.2. MODELO CLÁSICO DE TEORÍA DE RIESGO

- *Distribuirlo.* Consiste en repartir o dividir el riesgo, esto es propio de las aseguradoras al buscar contratos de reaseguro.

### Riesgo Asegurable

Para que un riesgo se considere sujeto de seguro, debe ser necesario que reúna las siguientes características:

- *Incierto.* Cuando tiene una relativa incertidumbre, esto es, que exista la duda de que pueda o no suceder, ya que si existe certeza de su realización, desaparece la aleatoriedad, principio básico del seguro.
- *Posible.* Cuando es un riesgo real, es decir, que el evento debe poder pasar.
- *Concreto.* Cuando puede ser analizado y valorado por la aseguradora desde dos puntos de vista: -*Cualitativo:* Relacionado con el valor estimativo -*Cuantitativo:* Relacionado con un avalúo, con el valor comercial del bien y con estadísticas.
- *Lícito.* Cuando no ha de ir contra la legislación, reglas morales o de orden público, ni en perjuicio de terceros, ya que el seguro sería nulo automáticamente.
- *Fortuito.* Cuando debe provenir de un acto o acontecimiento ajeno a la voluntad humana de producirlo.
- *Contenido Económico.* Cuando la realización del riesgo ha de producir una necesidad económica que se satisface con la indemnización correspondiente.
- *Masa Asegurable.* Teniendo en cuenta que cualquier actividad aseguradora ha de apoyarse en la ley de los grandes números, en donde el cálculo de probabilidades pueda tener una posible manifestación concreta, ha de reconocerse que el fin primordial que debe proseguir cada entidad es conseguir un volumen de riesgos asegurados lo suficientemente amplio para dar solidez técnica a su actividad.



## 1. LA TEORÍA DE RIESGO Y SUS TÓPICOS MATEMÁTICOS

### **Prima pura de riesgo**

Cantidad calculada, suficiente para hacer frente a las obligaciones netas con el asegurado, sin tomar en cuenta gastos de administración ni costos de adquisición.

### **Prima**

Aportación económica que ha de satisfacer el contratante o asegurado a la entidad aseguradora en concepto de contraprestación por la cobertura del riesgo que este le ofrece[12]. La misma en términos actuariales se refiere a la prima de tarifa, la cual además de la prima pura de riesgo, contiene recargos para el desarrollo mismo de la compañía.

### **Estándares Actuariales**

Son los lineamientos y los criterios generales desarrollados con el fin de proporcionar una guía práctica, apegados al marco legal, que el actuario debe considerar para la determinación o cálculo de primas, márgenes y demás aspectos relacionados con la solvencia de la compañía aseguradora.

### **Suficiencia**

Un factor necesario para garantizar la solvencia de la entidad aseguradora es la suficiencia de la prima; esto significa, que la prima que cobra la entidad aseguradora al asegurado debe ser suficiente para cumplir todas sus obligaciones. Dichas obligaciones consisten en: indemnizar a los asegurados cuyos pagos procedan; cubrir los gastos de administración relacionados con la operatividad de la empresa y, cumplir con cierta utilidad para los accionistas o dueños de la empresa, debido a que como toda empresa que ofrece productos y servicios, también es una entidad generadora de ingresos y fuente de trabajo.

## 1.2. MODELO CLÁSICO DE TEORÍA DE RIESGO

### Solvencia

Es la capacidad financiera de una empresa para hacer frente a sus obligaciones en tiempo y forma.

En cuanto al desarrollo de las primas, las **propiedades** deseables que debiera cumplir cualquier método para el cálculo de prima son los siguientes:

- **Simplicidad.** El cálculo de la prima debe ser sencillo. Una metodología que sea muy complicada o demandante en cuanto a la utilización de recursos, ya sean económicos, de capital humano e intelectual, que al final no produzca una diferencia significativa respecto a un modelo más sencillo, no será de gran utilidad y tendrá poca practicidad. Dichos recursos, pudiesen ser más necesarios en otros asuntos para la empresa.
- **Consistencia.** Si un riesgo se incrementa en una constante, entonces la prima debe reflejar ese cambio incrementándose en la misma cantidad.
- **Aditividad.** La prima de un portafolio consistente en dos riesgos independientes, debe ser la suma de las primas individuales.

### 1.2.2. Planteamiento Teórico

Considérese una cartera con pólizas suscritas para cubrir riesgos similares, en el sentido que todos los miembros de la cartera poseen características parecidas y la probabilidad de sufrir la eventualidad por la cual se están cubriendo es igual. De ocurrir el siniestro por el que se está cubriendo al asegurado, la aseguradora indemnizará al asegurado pagando una cantidad de dinero; el cual, en operaciones de no-vida, depende de la magnitud del siniestro, que a su vez es fortuito, pero que puede ser representado por una variable aleatoria  $X_j$ , donde  $j$  se refiere al  $j$ -ésimo individuo que sufre un siniestro.

El modelo clásico de la Teoría de Riesgo consiste en calcular el excedente de capital de la compañía de seguros en un periodo extenso de tiempo, queriendo decir con exceso de capital, al superávit que se tiene por el fondo

## 1. LA TEORÍA DE RIESGO Y SUS TÓPICOS MATEMÁTICOS

inicial de capital añadiendo la prima colectada y deduciendo las reclamaciones pagadas por siniestros, de acuerdo al siguiente modelo.

$$U(t) = U(0) + ct - S(t) \quad (1.1)$$

Donde  $U(t)$  es el excedente en el instante  $t$  de tiempo,  $c*t$  es la prima colectada al tiempo  $t$ , la cual está representada por una función determinística; y  $S(t)$  denota la siniestralidad total pagada de la cartera de pólizas, la cual es una variable aleatoria, por la naturaleza misma en que se presentan los siniestros y representa el monto total de los siniestros durante el periodo  $t$ , tal que

$$S(t) = \sum_{j=1}^{N(t)} X_j \quad (1.2)$$

Donde  $N(t)$  representa el número de siniestros que ocurren y es una variable aleatoria, puesto que no se puede saber con anticipación cuantos serán los siniestros que ocurrirán. Sin embargo, este número no depende del monto que se pague por algún siniestro, por lo que se supone independencia entre el número de siniestros y el monto de cada siniestro.

### 1.2.3. Descripción de los supuestos

El fundamento principal bajo el cual se sustentan los modelos en la Teoría de Riesgo que se tratan en este estudio, es la independencia de eventos; los cuales, en el caso de una aseguradora, son los siniestros que demandan el pago al asegurado, de acuerdo a la póliza previamente contratada.

Es deseable poseer un gran número de individuos, con características similares expuestos al mismo riesgo, de los cuales se tenga información histórica; con la finalidad de poder aplicar la Ley de los Grandes Números, la cual garantiza la convergencia de los valores esperados. Se considera además que son eventos independientes o no reproductivos, lo que quiere decir, que el acaecimiento de un evento no influye en la ocurrencia de los demás.

En los modelos de riesgo colectivo, para el cálculo de la probabilidad de ruina, se trabaja con el supuesto de carteras homogéneas, lo cual implica que, además de la independencia entre los eventos, la distribución de cada unidad asegurada es la misma para todas las correspondientes al grupo.

## 1.2. MODELO CLÁSICO DE TEORÍA DE RIESGO

En ocasiones la cartera con que se cuenta no es tan homogénea como se quisiera, ya sea en algunos casos por tratarse de entidades con un número de asegurados no tan grande, ya sea porque el número de asegurados puede estar muy estratificado o subcategorizado de acuerdo al riesgo que implica. Para los modelos de credibilidad, las carteras no homogéneas, son el principal motivo del estudio, al intentar adecuar primas más justas, de acuerdo al riesgo que se cubre sobre cada unidad asegurada, para las que en ocasiones no es posible tener información histórica, pero tomando en cuenta que pertenece al mismo grupo en riesgo.

Para concordar con el concepto de independencia antes expuesto, en el caso de las carteras como las de autos, se está considerando no a las unidades expuestas al riesgo, sino el evento de sufrir un siniestro, así cuando se trata de un choque entre dos vehículos, al observar la cobertura por daños materiales, lo que realmente se está considerando es el evento de tener un siniestro y no dos vehículos dañados.

### 1.2.4. Aplicaciones

Existen dos factores determinantes en el cálculo de primas para el seguro de daños, estos son: la frecuencia, la cual mide la cantidad de los siniestros que se presentan, respecto al total de expuestos; la otra variable es la severidad, que mide el impacto o intensidad de cada siniestro. En este sentido, se pueden aplicar a modelos de las características siguientes:

- Modelos con baja frecuencia y baja severidad. De reciente incursión, estos modelos son un mercado con gran potencial, no explotado, el referente a los microseguros.
- Modelos con baja frecuencia y alta severidad. Estos modelos tienen varianza muy grande y son los denominados de cola pesada, estos se acoplan a siniestros del tipo catastrófico como: incendio, terremoto, riesgos hidrometeorológicos, obras de arte, etcétera.
- Modelos con alta frecuencia y baja severidad. El ramo de autos, constituye el ejemplo idóneo de este tipo de combinación.
- Alta frecuencia y alta severidad. Siniestros de este tipo conducen a

## 1. LA TEORÍA DE RIESGO Y SUS TÓPICOS MATEMÁTICOS

primas muy grandes, casi del valor mismo del objeto que se está asegurando.

### 1.3. Los tópicos Matemáticos

Básicamente se toman en cuenta dos aspectos sobre la Teoría de Riesgo para el estudio, los cuales son los referentes a la Teoría de la Ruina, para conocer la estabilidad de la cartera y la posible caída en insolvencia y el cálculo de la Credibilidad, el cual proporciona gran ayuda para un cálculo justo de las primas de riesgo.

#### 1.3.1. La Teoría de la Credibilidad

Fue introducida para resolver el problema de heterogeneidad en las carteras, respecto al cobro justo para cada cliente, buscando un valor que se encuentre entre lo que dice la experiencia particular y la experiencia de la cartera.

Para estimar el monto total de los siniestros puede utilizarse el promedio del monto de las reclamaciones, cuando las variables en cuestión tienen la misma distribución y son independientes entre sí, la Ley de los Grandes Números, garantiza que la media converge a un valor constante  $\bar{X}$ ; no obstante, como se ha planteado anteriormente, en ocasiones la información que se tiene de la cartera corresponde a grupos no homogéneos entre sí. Con el fin de equilibrar la información que se tiene respecto a la cartera con la información disponible de cada grupo y la cartera que engloba los siniestros que se cubren, los actuarios desarrollaron intuitivamente, a principios del siglo XX, metodologías propias, independientes a la corriente estadística de la época, con el fin de hacer una tarificación más justa de los riesgos.

La Teoría de la Credibilidad dio sustento al pensamiento desarrollado intuitivamente por los actuarios, aunque cabe destacar que esta teoría requiere de una distribución inicial, por lo que, la variable a estimar implica que debe ser una variable aleatoria con probabilidad en grados de creencia (subjetiva). La Teoría de la Credibilidad requiere de fundamentos bayesianos, por lo que es una metodología que comprende la incorporación del historial de

### 1.3. LOS TÓPICOS MATEMÁTICOS

observaciones para un grupo en específico, con respecto al total de la cartera.

#### **Teoría de la Utilidad.**

Es la rama sobre la cual la Estadística Bayesiana se apoya y le proporciona una justificación formal y carácter axiomático al desarrollo de la teoría, base de cómo el enfoque bayesiano puede dar un sustento unificado, general y congruente con todos los problemas estadísticos generales.

#### **Teoría de la Decisión.**

Otra rama importante para la Estadística Bayesiana, la cual ayuda al planeamiento de problemas, como la inferencia. Los elementos necesarios en esta teoría son los siguientes:

1.  $a_i \in A, \forall i = 1, \dots, n$ , acción o decisión que se toma con base en la información disponible, que proviene del conjunto  $A$  de acciones posibles.
2.  $\omega_j \in \Omega, \forall j = 1, \dots, m$ , se define como un estado de la naturaleza, perteneciente al universo de estados posibles  $\Omega$ .
3.  $l : A \times \Omega \rightarrow \mathbb{R}$ , se define como una función pérdida, que especifica la factibilidad de los posibles estados de la naturaleza, la misma devuelve un número real que denota la pérdida al tomar un curso de acción bajo un estado determinado de la naturaleza  $(a_i, \omega_j)$ .
4.  $\pi_j = P(\omega_j)$  las probabilidades *a priori* de los estados de la naturaleza.

La pérdida esperada de la decisión  $a_i$  queda determinada por

$$l(a_i) = \sum_{j=1}^m l_{ij} \pi_j$$

La decisión óptima proveniente de la Regla de Decisión de Bayes  $a_{Bayes}$  es la que minimiza el valor de la pérdida esperada  $l(a_i)$  de la función de

## 1. LA TEORÍA DE RIESGO Y SUS TÓPICOS MATEMÁTICOS

pérdida  $l$  y que depende de la información disponible.

$$l(a_{Bayes}) = \min_{\forall_i} l(a_i)$$

La variable aleatoria  $X_{n+1}$  es un estado de la naturaleza en el tiempo  $n + 1$  que se distribuye idénticamente con las variables  $X_j, \forall j = 1, 2, \dots, n$ .

La Estadística Bayesiana se basa en el **Teorema de Bayes**, el cual indica que:

**Teorema 1.3.1 (Teorema de Bayes)** *Sea  $\{B_j\}$  una partición del espacio muestral  $\Omega$ , es decir, que cumple*

1.  $P(B_j) \neq \emptyset, \forall j \in \{1, \dots, n\}$ .
2.  $\bigcup_{j=1}^n B_j = \Omega$
3. Si  $B_i \neq B_j \implies B_i \cap B_j = \emptyset$ .

y sea un evento  $E$  en el espacio muestral, entonces el teorema dice que:

$$P(B_j|E) = \frac{P(E|B_j)P(B_j)}{\sum_{j=1}^n P(E|B_j)P(B_j)} \quad (1.3)$$

Una interpretación posible al teorema sería considerar cada  $B_j$  como causas del evento  $E$ , entonces, teniendo conocimiento previo del efecto, se desea conocer la probabilidad de que sea producido por una causa  $B_j$  en especial.

Sea  $X_1, X_2, \dots, X_n$  una muestra aleatoria proveniente de función de densidad  $f(x|\theta)$ , considérese además una función de densidad *a priori* o inicial  $f(\theta)$  sobre el parámetro, necesaria para el inicio del análisis, con parámetro fijo, desconocido e inobservable  $\theta \in \Theta$  dentro del espacio parametral. La distribución asociada del parámetro  $f(\theta)$ , contiene todo el conocimiento disponible sobre  $\theta$  antes de la observación de la muestra.

La función de densidad conjunta de la muestra queda determinada como:

### 1.3. LOS TÓPICOS MATEMÁTICOS

$$f(\underline{x}|\theta) = \prod_{j=1}^n f(x_j|\theta) \quad (1.4)$$

Se aborda el problema con una distribución *a priori*  $f(\theta)$  sobre el parámetro  $\theta$ , la misma que puede ser determinada por algún experto en la materia de la que se trata, pero a su vez subjetiva y dependiente de la persona que realiza el estudio, consecuencia del conocimiento y experiencia del individuo sobre el fenómeno que se observa.

El problema de la estimación de la prima individual puede ser planteado en términos bayesianos como un típico problema de estimación puntual con el supuesto principal de tener una cartera heterogénea con parámetro como variable aleatoria. La densidad de estructura, para describir los grados de creencia sobre el valor del parámetro, así  $f(\theta)$  será la distribución inicial o *a priori* de un contrato nuevo.

La densidad colectiva de siniestralidad  $p(x) = E[p(x|\theta)]$  será la densidad predictiva en grados de creencia, para un contrato del que no se conoce más información que la descrita por  $f(\theta)$ .

La mayor aportación del análisis bayesiano, comparado con el análisis de máxima-verosimilitud es que aquel modifica la verosimilitud en una distribución *a posteriori*; con la distribución *a priori* del parámetro  $\theta$ , la densidad conjunta entre la muestra y el parámetro es la siguiente:

$$f(\underline{x}, \theta) = f(\underline{x}|\theta)f(\theta) \quad (1.5)$$

La densidad marginal de la muestra se obtiene integrando la densidad conjunta de la siguiente manera:

$$f(\underline{x}) = \int_{\Theta} f(\underline{x}, \theta) d\theta \quad (1.6)$$

La parte medular es la aplicación del Teorema de Bayes, de lo que resulta que la densidad *a posteriori* queda determinada de la siguiente manera:



## 1. LA TEORÍA DE RIESGO Y SUS TÓPICOS MATEMÁTICOS

$$f(\theta|\underline{x}) = \frac{f(\underline{x}, \theta)}{\int_{\Theta} f(\underline{x}, \theta) d\theta} = \frac{f(\underline{x}|\theta)f(\theta)}{f(\underline{x})} \quad (1.7)$$

La cual incorpora la información de la muestra al parámetro, es por lo mismo que la selección de la distribución previa es de mucha importancia en la Estadística Bayesiana; además, es determinante para el cálculo de la **Función de Densidad Predictiva**.

Por lo anterior, se define  $X_1, X_2, \dots, X_n$  como una muestra aleatoria con función de densidad  $f(x_j|\theta)$  y se quiere pronosticar el comportamiento de la siguiente realización de la función de densidad  $f(x_{n+1}|\theta)$ , si  $X_{n+1}$  y  $X_1, X_2, \dots, X_n$  son independientes dado  $\theta$ , entonces:

$$f(x_{n+1}|\underline{x}) = \int_{\Theta} f(x_{n+1}|\theta)f(\theta|\underline{x})d\theta \quad (1.8)$$

Lo que significa que se describe la información para el elemento  $X_{n+1}$ , dada la información disponible de la muestra.

### Método de Jeffreys

Cuando no se tiene información previa sobre la distribución inicial del parámetro  $f(\theta)$  *a priori*, se puede usar el método de Jeffreys para obtener una densidad inicial.

Sean  $X_1, X_2, \dots, X_n$  una muestra aleatoria con función de densidad  $f(x_j|\theta)$  y la información de Fisher, determinada por:

$$I_{\theta}(x) = -E\left(\frac{\partial^2 \log f(x|\theta)}{\partial \theta^2}\right) \quad (1.9)$$

se define la distribución previa no informativa de Jeffreys como:

$$p(\theta) \propto (I_{\theta}(x))^{1/2} \quad (1.10)$$

### 1.3. LOS TÓPICOS MATEMÁTICOS

#### Prima de credibilidad

Para obtener la prima de credibilidad bayesiana se obtiene la esperanza de la función predictiva

$$P_{Bayes} = E(X_{n+1}|X) \quad (1.11)$$

Existen dos vertientes en cuanto al desarrollo de la Teoría de la Credibilidad, la primera de ellas es la Teoría Clásica de la Credibilidad y la segunda es la Credibilidad de Bühlmann, también llamada Credibilidad de los Mínimos Cuadrados. La primera de ellas se basa considerando un nivel de confianza para determinar si la cantidad de información es suficiente y asignar una **Credibilidad Completa** o **Credibilidad Parcial**, la Credibilidad de Bühlmann es un cálculo que minimiza el error tomando en cuenta un análisis de varianza.

#### Credibilidad Completa.

En la Teoría de la Credibilidad Clásica; para determinar un número  $n$  suficiente de observaciones y decidir si la credibilidad es completa, puede utilizarse la siguiente definición:

**Definición 1.3.1** Sean  $k \in (0, 1)$  y  $p \in (0, 1)$  dos números fijos. Se dice que  $S$  tiene credibilidad completa  $(k, p)$  si

$$P(|S - E(S)| \leq kE(S)) \geq p \quad (1.12)$$

Lo deseable es que los valores de  $k$  sean cercanos a cero, mientras que los de  $p$  sean cercanos a uno.

#### Credibilidad parcial.

Se propone la combinación lineal  $zS + (1 - z)E(S)$ , donde  $z$  es el llamado factor de credibilidad, con la condición de que el estimador no diste mucho de  $E(S)$ , la condición se reduce a:

## 1. LA TEORÍA DE RIESGO Y SUS TÓPICOS MATEMÁTICOS

$$P(z|S - E(S)| \leq kE(S)) \geq p \quad (1.13)$$

Lo que lleva a la misma ecuación con credibilidad con un factor de  $k/z$

$$P\left(|S - E(S)| \leq \frac{k}{z}E(S)\right) \geq p \quad (1.14)$$

definiéndose bajo hipótesis de normalidad

$$z = \min \left\{ \frac{kE(S)\sqrt{\hat{m}}}{u_{\frac{1+p}{2}} \sqrt{Var(S)}}, 1 \right\} \quad (1.15)$$

donde  $u_q$  es el  $q$ -cuantil de la distribución normal, esto es:

$$\Phi(u_q) = q \quad (1.16)$$

### Justificación de las primas de credibilidad.

El Teorema de Bayes fusiona la información inicial expresada mediante una distribución de probabilidad, conocida como la distribución inicial o *a priori* con las observaciones estadísticas, para producir una distribución final o *a posteriori*, la cual sintetiza ambas fuentes de información y es la base para tomar conclusiones y decisiones.

La solución bayesiana, resuelve el problema de inferencia y ofrece una descripción completa en términos de probabilidad sobre el verdadero valor del parámetro.

La **prima colectiva** asegura el principio de suficiencia al garantizar los ingresos como prima contra la siniestralidad esperada.

El problema principal consiste en estimar la prima pura de riesgo individual a partir de la información colectiva y la experiencia individual obser-

### 1.3. LOS TÓPICOS MATEMÁTICOS

vada en periodos de una muestra aleatoria. Sean  $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}$   $n$  observaciones de la variable aleatoria que representan el  $i$ -ésimo riesgo individual de los  $h$  diferentes, la formula tradicional de credibilidad se representa como sigue:

$$\hat{X}_{Cred} = (1 - z) \frac{1}{h} \sum_{i=1}^h \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{ij} + z \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_{ij} = (1 - z)\bar{X} + z\bar{X}_i \quad (1.17)$$

Para la Credibilidad Clásica, la estimación del factor  $z$  de credibilidad se determina calculando primero la cantidad de información necesaria para asignar el 100% de credibilidad y el factor será  $z = 1$ , este criterio es referido como el criterio de credibilidad completa, cuando se tiene menor información al que establece el criterio anterior,  $z < 1$  a lo que se refiere como credibilidad parcial.

Lo que se necesita primero es tener un nivel de confianza  $p$ , determinado por el cuantil  $u_{\frac{1+p}{2}}$  y un factor  $k$  deseablemente cercano a cero, que indique la distancia a la media de las observaciones obteniéndose una ecuación de la forma:

$$p = P(|X - \mu| \leq k\mu)$$

Para obtener el factor de credibilidad completa de la prima pura de riesgo, el número de observaciones necesarias se determina mediante la siguiente ecuación:

$$n_0 = \left( \frac{u_{\frac{1+p}{2}}}{k} \right)^2 \left( \frac{\sigma_N^2}{\mu_N} + \frac{\sigma_X^2}{\mu_X^2} \right) \quad (1.18)$$

donde:

$u_{\frac{1+p}{2}}$ : es el cuantil que proporciona un nivel de confianza del  $p \cdot 100\%$ .

$\sigma_N$ : Es la desviación estándar de la frecuencia.

$\sigma_X$ : Es la desviación estándar de la severidad.

$\mu_N$ : Es la media de la frecuencia.

$\mu_X$ : Es la media de la severidad.

Si se asume que frecuencia se comporta de acuerdo a una distribución Poisson el número de datos que determinan el factor de credibilidad se reduce a:

$$n_0 = \left( \frac{u_{\frac{1+p}{2}}}{k} \right)^2 \left( 1 + \frac{\sigma_X^2}{\mu_X^2} \right) \quad (1.19)$$

## 1. LA TEORÍA DE RIESGO Y SUS TÓPICOS MATEMÁTICOS

Si el número de datos observados es mayor o igual que  $n_0$ , entonces la credibilidad es completa y el factor de credibilidad es  $z = 1$ .

Cuando la cantidad de datos observados es menor que  $n_0$ , el factor de credibilidad queda determinado por:

$$z = \sqrt{\frac{n}{n_0}} \quad (1.20)$$

Para el cálculo del factor de credibilidad de Bühlmann o mínimos cuadrados, se sigue la ecuación como sigue:

$$z = \frac{n}{n + \frac{E(\text{Var}(X|N))}{\text{Var}(E(X|N))}} \quad (1.21)$$

Bühlmann demostró que es la ecuación que proporciona el estimador de mínimos cuadrados.

En la credibilidad se pondera una parte por la experiencia del portafolio, con un factor de credibilidad  $z$ , y por otro la experiencia de siniestros por un factor  $(1 - z)$

### 1.3.2. La Teoría de la Ruina

La Teoría de la Ruina es utilizada para medir estabilidad de la compañía de seguros en un futuro; sirve para determinar en el proceso de riesgo, el momento en la que los egresos superan a los ingresos, conllevando la ruina. Cabe mencionar que esta se refiere a una ruina técnica, que es distinta a la ruina legal. Para la primera existen métodos para subsanar e intentar mejorar la situación de la empresa, para la segunda es un estado en el que la empresa dejará de existir al no tener forma de recuperarse.

#### La probabilidad de eventos raros.

Muchos eventos en la naturaleza se comportan de acuerdo al proceso Poisson. Este comportamiento se conoce como la Ley de Eventos Raros, la cual asegura que si un evento se presenta varias veces, pero la probabilidad

### 1.3. LOS TÓPICOS MATEMÁTICOS

de que ocurra es pequeña, la distribución del número total de eventos se aproxima a la distribución Poisson.

Lo anterior se comprueba con ensayos Bernoulli independientes, los cuales en conjunto, al sumarse, representan una distribución binomial, que bajo las hipótesis de un número grande de eventos y una probabilidad pequeña de ocurrencia, se aproxima a una distribución Poisson.

El número de siniestros puede describirse mediante el uso de una variable aleatoria discreta que indique la cantidad de siniestros en un determinado lapso de tiempo.

**Definición 1.3.2** *Un Proceso Estocástico  $\{X(t) : t \in T\}$  es una colección de variables aleatorias.*

**Definición 1.3.3** *Un proceso estocástico  $N(t)$ ,  $T \geq 0$  se dice que es un proceso de conteo si  $N(t)$  representa el número de eventos ocurridos hasta el instante  $t$ . Un proceso de conteo debe satisfacer:*

1.  $N(t) \geq 0$ .
2.  $N(t)$  es un valor entero.
3. Si  $s < t$ , entonces  $N(s) < N(t)$ .
4. Si  $s < t$ ,  $N(t) - N(s)$  representa el número de eventos ocurridos en el intervalo  $(s, t)$ .

**Definición 1.3.4** *Una variable aleatoria  $N$  tiene distribución Poisson con parámetro  $\lambda > 0$ , si*

$$P(N = n) = e^{-\lambda} \frac{\lambda^n}{n!}$$

tal que  $n = 0, 1, \dots$

Una propiedad importante es que la media es igual a la varianza. Dicha propiedad es de mucha utilidad, pues para su estimación sólo se necesita encontrar un parámetro; sin embargo, es esta misma restricción la que limita la flexibilidad del modelo.

## 1. LA TEORÍA DE RIESGO Y SUS TÓPICOS MATEMÁTICOS

**Proceso Poisson homogéneo.** Sirve para modelar la ocurrencia de eventos; en este caso, utilizado para estimar el número de siniestros. Es un modelo simple, pero es una herramienta fundamental para el **proceso de conteo** de eventos inciertos.

**Definición 1.3.5** *Un proceso Poisson homogéneo de parámetro o tasa  $\lambda > 0$ , es un proceso estocástico tal que toma valores en los enteros no negativos y satisface las siguientes tres propiedades:*

1.  $X(0) = 0$
2. *Tiene **incrementos independientes**, es decir, que para toda sucesión finita de tiempos  $0 \leq t_0 < t_1 < \dots < t_n$  los incrementos*

$$N(t_1) - N(t_0), N(t_2) - N(t_1), \dots, N(t_n) - N(t_{n-1})$$

*son variables aleatorias independientes.*

3. **Estacionalidad**, lo que significa que para  $s \leq 0$  y  $t \leq 0$  la variable aleatoria  $N(s+t) - N(s)$  tiene una distribución Poisson con parámetro  $\lambda t$ , es decir,

$$P(N(s+t) - N(s) = n) = e^{-\lambda t} \frac{(\lambda t)^n}{n!}$$

**El Proceso Poisson Compuesto.** También llamado Proceso Poisson no homogéneo; dado que en la vida real el parámetro no se comporta de manera constante, es decir, que la intensidad o tasa depende del tiempo  $\lambda = \lambda(t)$ , entonces se construye un nuevo proceso tomando en consideración dicha condición.

**Definición 1.3.6** *Se dice que el proceso  $\{N(t) : t > 0\}$  es un Proceso Poisson Compuesto, si la tasa depende del tiempo, es decir,  $\lambda = \lambda(t)$  y*

1. *Para toda sucesión finita de tiempos  $0 \leq t_0 < t_1 < \dots < t_n$  los incrementos*

$$N(t_1) - N(t_0), N(t_2) - N(t_1), \dots, N(t_n) - N(t_{n-1})$$

*son variables aleatorias independientes*

1.3. LOS TÓPICOS MATEMÁTICOS

2. Para  $0 \leq s < t$  la variable aleatoria  $N(t) - N(s)$  tiene una distribución con parámetro  $\int_s^t \lambda(u)du$ , es decir,

$$P(N(t) - N(s) = n) = \exp\left(-\int_s^t \lambda(u)du\right) \frac{\left(\int_s^t \lambda(u)du\right)^n}{n!}$$

$$n = 0, 1, 2, \dots$$

Este proceso fue el objeto de estudio a principios de siglo XX de Philip Lundberg, el cual representa el modelo clásico de riesgo, también conocido como el Proceso Poisson Compuesto o de Cramér-Lundberg.

Dado un proceso Poisson de parámetro  $\lambda > 0$ , puede pensarse a  $X(t)$  como el número de eventos que han ocurrido hasta el tiempo  $t$ . Defínase  $W_n$  como el tiempo de ocurrencia del  $n$ -ésimo evento, llamado tiempo de espera del evento  $n$ . Por definición se tendrá que  $W_0 = 0$ , para  $n \geq 0$ . Sea  $W_n$  el tiempo durante el cual el proceso se mantiene en el estado  $n$ .

**Teorema 1.3.2** Para cada  $n$ , el  $n$ -ésimo, tiempo de espera  $W_n$  tiene distribución gamma, con función de densidad de probabilidad

$$f_{W_n}(t) = \frac{\lambda^n t^{n-1}}{(n-1)!} e^{-\lambda t}$$

con  $n = 0, 1, 2, \dots$

**Teorema 1.3.3** El tiempo de espera entre eventos  $T_n$  se distribuye exponencial.

Así la suma de estos, regresa al  $n$ -ésimo tiempo de espera  $W_n$ .

**Definición 1.3.7** Se define el monto agregado de siniestralidad como

$$S(t) = \begin{cases} \sum_j^{N(t)} X_j, & \text{si } N(t) > 0; \\ 0 & \text{si } N(t) = 0 \end{cases}$$

donde  $N(t)$  es un proceso de conteo y  $S(0) = 0$ , ya que no se registran siniestros



## 1. LA TEORÍA DE RIESGO Y SUS TÓPICOS MATEMÁTICOS

**Propiedades 1.3.1** *Bajo el supuesto de independencia entre los montos de los siniestros y el número de siniestros, se pueden demostrar las siguientes propiedades:*

- $E(S) = E(N)(X)$
- $E(S^2) = E(N)E(X^2) + E(N(N - 1))E^2(X)$
- $Var(S) = Var(N)E^2(X) + Var(X)E(N)$
- $M_S(r) = M_N(\ln M_X(r))$

Además de la distribución Poisson, para el proceso de conteo, la distribución de  $N$  puede seguir la distribución binomial, en la que la varianza es menor a la media, el caso contrario, para el cual la varianza es mayor que la media se da en con la distribución Binomial Negativa.

Una propiedad importante del proceso Poisson es su aditividad, en el sentido en que se pueden tener distintas carteras, cada una siguiendo una tasa  $\lambda_j$ ; si se toma el conjunto de carteras como una sola, ésta tendrá distribución Poisson con parámetro igual a la suma de todos los parámetros.

### Métodos de aproximación

Muchas veces la representación y cálculo de las distribuciones agregadas de siniestros no pueden ser calculadas de manera explícita, para estos casos existen métodos numéricos y aproximaciones para determinar numéricamente los resultados deseados. Tal es el caso de métodos basados en la recursividad de las probabilidades de distribuciones discretas. Ejemplos de las mismas son:

- Aproximación Normal
- Aproximación Gamma trasladada
- Aproximación de Edgeworth

### 1.3. LOS TÓPICOS MATEMÁTICOS

El modelo clásico de la Teoría de Riesgo introducida por Lundberg es el siguiente: se considera un modelo de riesgo de una compañía de seguros para estudiar la probabilidad de ruina, cabe mencionar que se refiere a la ruina técnica, no a la ruina legal, es decir, la probabilidad de que el flujo de capitales quede por debajo de un nivel específico. El modelo se construye a partir de lo siguiente:

Un proceso de conteo,  $\{N(t) : t \geq 0\}$  tal que  $N(0) = 0$ , determinará el número de reclamaciones contra la compañía de seguros durante el intervalo de tiempo  $[0, t]$ , que como se mencionó anteriormente tiene asociado un tiempo de llegada entre reclamaciones.

Considérense además una sucesión  $Y_1, Y_2, \dots$  de variables aleatorias independientes e idénticamente distribuidas, con función de distribución  $F$  con media  $\mu$  y varianza  $\sigma^2 < \infty$ , representando el monto de cada reclamación unitaria ante la compañía, tal que por cada incremento de  $N$  la compañía debe pagar cierta cantidad de dinero. supóngase además independencia entre  $N(t)$  y  $\{X_j\}_{j \leq N(t)}$

**Definición 1.3.8** *El proceso de riesgo se define de la siguiente manera*

$$Y(t) = u + ct - \sum_{n=1}^{N(t)} X_n$$

Donde  $u$  es el capital inicial,  $c$  es una cantidad constante, y determina el monto de prima que recibe la entidad aseguradora por unidad de tiempo, la que además se considera que se recibe en forma continua.  $Y(t)$  representa el capital de la compañía al tiempo  $t$ , destinado a cubrir las obligaciones.

Suponiendo que la variable aleatoria del monto de siniestros  $X$  tiene esperanza  $\mu$  y  $N(t)$  tiene distribución Poisson con tasa  $\lambda$ , esto es,  $E(N(t)) = \lambda t$ , entonces se estima el capital necesario al tiempo  $t$  para cubrir las obligaciones de acuerdo a la ecuación:

$$E(Y(t)) = u + ct - E\left(\sum_{n=1}^{N(t)} X_n\right) = u + ct - E(N(t))E(X_n) = u + (c - \lambda\mu)t$$

**Definición 1.3.9** *La probabilidad de ruina  $\psi(u)$  con capital inicial  $u \geq 0$*

## 1. LA TEORÍA DE RIESGO Y SUS TÓPICOS MATEMÁTICOS

está definida por:

$$\psi(u) = P(Y(t) < 0, \text{ para algún } t > 0 | Y(0) = u) \quad (1.22)$$

Se define además el margen de seguridad por

$$\theta = \frac{c - \lambda\mu}{\lambda\mu} \quad (1.23)$$

si  $\theta \leq 0$  se tiene que  $E(Y(t)) \leq 0$  y se puede demostrar que  $\psi(u) = 1$ , es decir, que la ruina ocurren con probabilidad 1.

si  $\theta > 0$  la probabilidad de ruina  $\psi(u) < 1$ .

**Definición 1.3.10** *A la solución positiva (cuando exista) de*

$$h(r) = \frac{rc}{\lambda}$$

*se le conoce como la exponente de Lundberg y se le denotará por  $R$ .*

**Principios de aplicación de recargos.** A  $\theta$  se le considera el factor de recargo sobre la prima pura de riesgo o valor esperado de la siniestralidad, tal que deseablemente cumple alguno de los siguientes criterios.

**Principio del valor esperado.**

$$c = E(S) + \theta E(S)$$

**Principio de la varianza.**

$$c = E(S) + \theta Var(S)$$

**Principio de la desviación estándar.**

$$c = E(S) + \theta \sqrt{Var(S)}$$

**Principio de utilidad cero.** Dada la función de utilidad  $\nu(x)$  que cumple las siguientes propiedades:

### 1.3. LOS TÓPICOS MATEMÁTICOS

- $\nu(0) = 0$ .
- $\nu(x)$  es estrictamente creciente.
- $\nu(x)$  es estrictamente cóncava.

El principio establece que la prima es aquel número que satisface la ecuación:

$$\nu(u) = E(\nu(u + c - S))$$

**Principio del valor medio.** Dada una función de valor que cumple la siguientes propiedades:

- $\nu(0) = 0$ .
- $\nu(x)$  es estrictamente creciente.
- $\nu(x)$  es estrictamente convexa.

$$v(c) = E(\nu(S))$$

**Principio exponencial.** Es el principio de utilidad aplicado sobre la función de utilidad  $1 - e^{-ax}$ .

**Principio del porcentaje.**

$$c = \inf\{x > 0 : P(S > x) \leq \epsilon\}$$

La función de distribución queda determinada por

$$P(S(t) \leq s) = \sum_{j=1}^{\infty} e^{-\lambda t} \frac{(\lambda t)^j}{j!} F^{j*}(s)$$

donde  $F^{n*}(x)$ , representa la  $n$ -ésima convolución para obtener el agregado, o bien, se puede ver como una esperanza condicional

$$P(S(t) \leq s) = \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{j=1}^{N(t)} P\left(e^{-\lambda t} \frac{(\lambda t)^j}{j!}\right) P(N(t) = n)$$

## CAPÍTULO 2

# APLICACIÓN EN LA ESTIMACIÓN DE LA SOLVENCIA TÉCNICA

### 2.1. Introducción

En esta sección se pretende aterrizar los planteamientos teóricos vistos en el capítulo 1. De tal manera que pueda verse reflejada la utilidad de los conceptos y la aplicación a problemas reales para la estimación de la solvencia, esto tomando una cartera con información real correspondiente al mercado mexicano, utilizando varios años de información para el cálculo.

En primer lugar se estimarán las distribuciones tanto del número de siniestros; como del monto promedio de dichos siniestros, conforme se ha determinado en la Teoría del Riesgo Colectivo, tomando carteras homogéneas. En seguida, se calculará la prima mediante el uso de la Teoría de Credibilidad, para lo cual se utilizará el método de Bühlmann.

Una vez obtenidos, tanto las distribuciones del número de siniestros y montos promedios, como el valor de la prima de credibilidad, puede aplicarse

## 2.2. DESCRIPCIÓN DE LA CARTERA

el modelo para el cálculo de la probabilidad de ruina y de esta manera comprobar la solvencia de la cartera mediante el método de Cramér-Lundberg.

## 2.2. Descripción de la cartera

La información obtenida, corresponde a las cifras reportadas en el Sistema Estadístico del Sector Asegurador (SESA 1) del ramo de Automóviles, considerando únicamente los vehículos individuales. El SESA contiene estadísticas que reportan las compañías de seguros a la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas (CNSF) con fundamento en la Circular S-20.2.2. Para el estudio se consideraron 12 años de experiencia, tomando desde el año 1995 hasta 2006, dicha información es pública y se obtuvo de la siguiente página:

<http://www.cnsf.gob.mx/Informacion/Automoviles/Paginas/Automoviles.aspx>

Se usa la estadística de autos, por contener información suficiente en tamaño, más estable por ser su información menos variable, poseer mayor confiabilidad y estar estratificada a gran detalle. Se consideraron dos coberturas, la de Daños Materiales y la de Robo Total, siendo estas las de mayor impacto en el seguro de automóviles.

## 2.3. Caracterización de los modelos a aplicar

Un elemento fundamental para la solvencia de las reservas de la compañía es contar con una prima suficiente. Ésta debe considerar las características individuales del objeto de seguro, así como las de la cartera en general. Lo último sirve principalmente para nuevos modelos de automóvil, en los que no se cuenta con una información histórica. Para el cálculo de suficiencia de prima se utilizará la Teoría de la Credibilidad, de la cual se obtiene la prima de credibilidad.

Un elemento que siempre tiene que considerarse es que cualquier modelo que se aplique debe estar permitido o reglamentado por la normatividad del país del que se trate, considerar los factores económicos del mismo y las

## 2. APLICACIÓN EN LA ESTIMACIÓN DE LA SOLVENCIA TÉCNICA

características particulares del mismo.

La Teoría de la Credibilidad pretende distribuir los costos del seguro de manera más justa, tomando en consideración la experiencia de la cartera y el conocimiento *a priori* del modelo del automóvil, para obtener una interpolación entre ambos valores.

### Modelo de solvencia

La idea para estimar la solvencia de las reservas es la siguiente:

- Estimar la distribución del número de siniestros, para lo cual se pretende usar un modelo Poisson, este por ser de los que mejor se ajustan a las características de los eventos raros, en este caso los siniestros.
- Estimar la distribución del monto promedio de los siniestros mediante el uso de una distribución continua.
- Calcular la prima de riesgo mediante modelos de credibilidad, llamada prima de credibilidad.

Una vez obtenidos tanto los parámetros de las distribuciones como la prima de credibilidad, serán sujetos a la evaluación de su solvencia mediante el modelo de riesgo de Cramér-Lundberg, por el que se pretende calcular la probabilidad de ruina de sobre cada prima, ajustando a un nivel de confianza del  $(1 - \alpha) \%$ .

### Número de siniestros

Es natural que al tener una cartera con un mayor número de asegurados, se incremente el número de siniestros y viceversa. Siendo este el caso que se presentó en el mercado mexicano, en el que en algunas ocasiones el número de expuestos al riesgo aumentaba o disminuía. Como es difícil identificar el riesgo por si solo, se optó por calcular la frecuencia de los siniestros.

### Frecuencia

La frecuencia de los siniestros es la razón del número de siniestros entre la cantidad de asegurados expuestos al riesgo. El hacerlo de esta manera hace posible identificar si existe una tendencia en cuanto a la probabilidad de ocurrencia de algún siniestro y no solo atribuirse todo al tamaño de la cartera. Además de esta manera es posible tomar promedios, ya que así, pueden identificarse variables aleatorias idénticamente distribuidas. Si tuviera tendencia, la opción a realizar sería encontrar la línea de regresión y extrapolar para el siguiente periodo.

$$frec_j = \frac{\#Sin_j}{\#Exp_j}$$

donde

$frec_j$  = Frecuencia de siniestros para el vehículo  $j$ .

$\#Sin_j$  = Número de siniestros para el vehículo  $j$ .

$\#Exp_j$  = Número de expuestos al siniestro para el vehículo  $j$ .

Los datos históricos del número de expuestos al siniestro para cada marca-tipo de vehículo, se obtienen del SESA 1, para vehículos de tipo individual. Al presentarse la situación en que pudiera presentarse una tendencia, es decir, al referirse a un auto en particular, que puede que en el tiempo haya un aumento de autos de este tipo en el parque vehicular, o bien que personas con este tipo de autos tiendan a asegurarlos más, o cualquier fenómeno que genere cierta tendencia en el número de asegurados expuestos al riesgo.

Se pretende incorporar una tendencia a la información, para aquellos datos que contengan por lo menos un coeficiente de correlación  $|\rho| \geq 0.8$  contra el tiempo y por lo menos 4 años de experiencia. Se proyectará el siguiente periodo con una regresión lineal; sin embargo, si dicho valor fuese negativo, se considerará el valor del último año obtenido. En caso de que el coeficiente de correlación fuera  $|\rho| \leq 0.8$ , o que la información no fuera suficiente para determinar una regresión, entonces se tomará como medida de estimación la media de la muestra.

Hay que recordar que la media es el estimador por excelencia, siendo



## 2. APLICACIÓN EN LA ESTIMACIÓN DE LA SOLVENCIA TÉCNICA

este estimador UMVUE (ver apéndice), lo que significa que es insesgado, el de mínima varianza, al cual se puede llegar por los métodos de máxima verosimilitud y de momentos y demostrado por Bühlmann que es el indicado para la obtención del factor de credibilidad.

Cuando un individuo contrata un seguro y sucede un siniestro, puede ser que sea responsable, si no lo es, se le considera como afectado y es el tercero el que debe resarcir el daño al afectado; en caso de ser responsable, la aseguradora cubrirá los gastos que cubra la póliza, pero haciéndolo partícipe al asegurado por medio del pago de un deducible, la aseguradora paga la diferencia del siniestro contra el deducible, por lo que si el monto del siniestro es menor al deducible la compañía no paga nada.

En el caso de Daños Materiales, los datos provienen de los deducibles al 5%, mientras que los de Robo Total se utilizan los datos del deducible al 10%. La selección de estos datos se basó en el hecho de que contenían la mayor proporción de expuestos de todos los deducibles de la estadística disponible. El deducible consiste en la parte proporcional al daño con la cual contribuye el asegurado para hacerlo averso al riesgo.

Los montos que registran las estadísticas no incluyen el pago del deducible, sólo el pago correspondientes que realizan las aseguradoras, además para cada una de las coberturas, tanto de Daños Materiales como la de Robo Total, las estadísticas incluyen pérdidas parciales y pérdidas totales, puesto que no hay manera de identificar las provenientes de cada tipo, se trabajaron las acumuladas.

Cabe notar que el número de vehículos asegurados no es el mismo que el número de expuestos, esto es debido a que se considera a la exposición de los autos en el año en cuestión. No todos los vehículos se aseguran en el mismo momento del año y por el mismo periodo de tiempo; es por eso que al fijarse una unidad de tiempo, en este caso un año, con fecha de inicio el primero de enero y fecha de término el 31 de diciembre del mismo año, se toma como unidad de exposición la proporción del tiempo que estuvo asegurado cada vehículo en el intervalo antes mencionado, razón por la cual la exposición no está dada en números enteros.

A manera de ejemplo, se observa el procedimiento del cálculo con una muestra de 10 vehículos conocidos, el número total de clases de vehículos por marca-tipo que se clasificaron son 306. Para la cobertura de Daños

### 2.3. CARACTERIZACIÓN DE LOS MODELOS A APLICAR

Materiales los datos se muestran en el cuadro 2.1.

| <b>Marca-Tipo</b> | <b>Número de Expuestos</b> |
|-------------------|----------------------------|
| GOLF GEN. 4       | 10,529.42                  |
| JETTA             | 3,943.51                   |
| MATIZ             | 19,442.07                  |
| MAZDA 3           | 3,190.08                   |
| NEON              | 53,818.76                  |
| PEUGEOT 306       | 2,458.59                   |
| PLATINA           | 74,205.78                  |
| PONTIAC G3        | 1,035.82                   |
| STRATUS R/T       | 5,136.02                   |
| TSURU             | 133,174.36                 |

Cuadro 2.1: Frecuencia esperada para Daños Materiales.

La información correspondiente a la cobertura de Robo Total que se obtiene por la exposición de los vehículos se muestra en el cuadro 2.2.

| <b>Marca-Tipo</b> | <b>Número de Expuestos</b> |
|-------------------|----------------------------|
| GOLF GEN. 4       | 9,524.97                   |
| JETTA             | 7,321.65                   |
| MATIZ             | 10,584.53                  |
| MAZDA 3           | 399.73                     |
| NEON              | 39,307.64                  |
| PEUGEOT 306       | 2,018.98                   |
| PLATINA           | 47,255.77                  |
| PONTIAC G3        | 772.02                     |
| STRATUS R/T       | 4,782.43                   |
| TSURU             | 150,688.82                 |

Cuadro 2.2: Frecuencia esperada para Robo Total.

La frecuencia que se presenta en el cuadro 2.3 es obtenida de la razón del número de siniestros contra el número de expuestos al riesgo. Dicho cálculo está incluido en el SESA 1, para el cual se obtuvieron los siguientes valores:

En el cuadro 2.4 se presentan los valores de la frecuencia, obtenidos para la cobertura de Robo Total, estos datos se utilizan para el cálculo del número

## 2. APLICACIÓN EN LA ESTIMACIÓN DE LA SOLVENCIA TÉCNICA

| <b>Marca-Tipo</b> | <b>Frecuencia</b> |
|-------------------|-------------------|
| GOLF GEN. 4       | 0.26145           |
| JETTA             | 0.24449           |
| MATIZ             | 0.28195           |
| MAZDA 3           | 0.31696           |
| NEON              | 0.22350           |
| PEUGEOT 306       | 0.26527           |
| PLATINA           | 0.17370           |
| PONTIAC G3        | 0.24425           |
| STRATUS R/T       | 0.26540           |
| TSURU             | 0.24508           |

Cuadro 2.3: Frecuencia esperada para Daños Materiales.

de siniestros. Se separó el cálculo del número de siniestros en la frecuencia y el número de expuestos, para tomar en cuenta las posibles tendencias de la exposición de los vehículos y de la frecuencia por separado.

| <b>Marca-Tipo</b> | <b>Frecuencia</b> |
|-------------------|-------------------|
| GOLF GEN. 4       | 0.01235           |
| JETTA             | 0.00792           |
| MATIZ             | 0.00605           |
| MAZDA 3           | 0.00381           |
| NEON              | 0.00336           |
| PEUGEOT 306       | 0.00873           |
| PLATINA           | 0.00513           |
| PONTIAC G3        | 0.00389           |
| STRATUS R/T       | 0.01849           |
| TSURU             | 0.01792           |

Cuadro 2.4: Frecuencia esperada para Robo Total.

El número de siniestros en el caso de la cobertura de Daños Materiales se presenta en el cuadro 2.5

### 2.3. CARACTERIZACIÓN DE LOS MODELOS A APLICAR

| Marca-Tipo  | Número de siniestros |
|-------------|----------------------|
| GOLF GEN. 4 | 2,753                |
| JETTA       | 964                  |
| MATIZ       | 5,482                |
| MAZDA 3     | 259                  |
| NEON        | 12,028               |
| PEUGEOT 306 | 652                  |
| PLATINA     | 12,890               |
| PONTIAC G3  | 253                  |
| STRATUS R/T | 1,363                |
| TSURU       | 32,638               |

Cuadro 2.5: Número de siniestros esperado por tipo de vehículo en Daños Materiales.

Una tendencia en la frecuencia de robo por un vehículo en particular, podría significar que un vehículo empieza a ser más atractivo para ser robado; mientras que una tendencia en la exposición del mismo vehículo, significaría que aumenta el número de vehículos de esa marca-tipo en especial en el parque vehicular, o simplemente, que cada vez más personas con ese vehículo en particular prefieren asegurarse.

El cálculo del cuadro 2.5 estima el número de siniestros tomando una regresión para proyectar la cartera expuesta y la multiplica por la frecuencia para obtener el número de siniestros esperado.

De acuerdo a los resultados del número de siniestros esperado, puede aplicarse el modelo Poisson y considerarse al parámetro  $\lambda$  como cada uno de los valores estimados para cada marca tipo de vehículo. Para la cobertura de Robo Total, el número de siniestros se observan en el cuadro 2.6

Una vez obtenidos los valores esperados del número de siniestros, y suponiendo que la siniestralidad para cada tipo de vehículo se comporta de acuerdo a la Distribución Poisson, con parámetro  $\lambda$  igual al valor que se calculó esperado del número de siniestros se procederá a calcular el monto promedio o severidad para cada marca-tipo de vehículo.

## 2. APLICACIÓN EN LA ESTIMACIÓN DE LA SOLVENCIA TÉCNICA

| Marca-Tipo  | Número de siniestros |
|-------------|----------------------|
| GOLF GEN. 4 | 118                  |
| JETTA       | 58                   |
| MATIZ       | 64                   |
| MAZDA 3     | 2                    |
| NEON        | 132                  |
| PEUGEOT 306 | 18                   |
| PLATINA     | 242                  |
| PONTIAC G3  | 3                    |
| STRATUS R/T | 88                   |
| TSURU       | 2,701                |

Cuadro 2.6: Número de siniestros esperado por tipo de vehículo en Robo Total.

### Severidad

Se le denomina severidad o monto promedio del siniestro a la cantidad que resulta de dividir el monto total de los siniestros registrados entre el número de siniestros registrados. Es el monto que en promedio cuesta cada siniestro, por supuesto que puede tener distribuciones distintas, de acuerdo a la forma en que se comporta el siniestro; sin embargo, se ha optado por modelar a todos los siniestros mediante una distribución Gamma, pues la mayoría de los siniestros pueden ser representados mediante esta distribución, con un grado muy aceptable de confianza por pruebas de Kolmogorov-Smirnov.

$$sev_j = \frac{MtoSin_j}{\#Sin_j}$$

donde

$sev_j$  = Severidad o costo medio para el vehículo  $j$ , es el promedio del costo de cada siniestro.

$MtoSin_j$  = Monto total de siniestros del vehículo  $j$ , corresponde al total monetario del costo de todos los siniestros ocurridos.

$\#Sin_j$  = Número de siniestros en el evento que se está analizando para el tipo de vehículo  $j$ .

De acuerdo con la información obtenida de las estadísticas, se obtiene la media de los montos promedios, lo cual se detalla en el cuadro 2.7 para la

### 2.3. CARACTERIZACIÓN DE LOS MODELOS A APLICAR

cobertura de Daños Materiales.

| <b>Marca-Tipo</b> | <b>Monto promedio</b> |
|-------------------|-----------------------|
| GOLF GEN. 4       | 11,166.12             |
| JETTA             | 5,748.09              |
| MATIZ             | 9,820.80              |
| MAZDA 3           | 22,345.59             |
| NEON              | 8,911.88              |
| PEUGEOT 306       | 18,738.65             |
| PLATINA           | 10,632.47             |
| PONTIAC G3        | 14,518.41             |
| STRATUS R/T       | 14,789.67             |
| TSURU             | 5,224.46              |

Cuadro 2.7: Monto promedio del costo de siniestros por tipo de vehículo para Daños Materiales.

La correspondiente información para la cobertura de Robo Total se encuentra en el cuadro 2.8

| <b>Marca-Tipo</b> | <b>Monto promedio</b> |
|-------------------|-----------------------|
| GOLF GEN. 4       | 86,382.75             |
| JETTA             | 29,153                |
| MATIZ             | 51,634                |
| MAZDA 3           | 72,186                |
| NEON              | 43,995                |
| PEUGEOT 306       | 54,165                |
| PLATINA           | 63,782                |
| PONTIAC G3        | 108,557               |
| STRATUS R/T       | 94,885                |
| TSURU             | 33,097                |

Cuadro 2.8: Monto promedio del costo de siniestros por tipo de vehículo para Robo Total.

Al multiplicar la frecuencia por la severidad, se obtiene la prima de riesgo, la cual es el pago justo mediante el cual el asegurado tiene derecho a cubrirse de la eventualidad que prevé la póliza sin tomar en cuenta gastos de

## 2. APLICACIÓN EN LA ESTIMACIÓN DE LA SOLVENCIA TÉCNICA

operación ni utilidad; sin embargo, al considerar una cartera no homogénea, se utilizarán métodos para generar primas más adecuadas y justas.

### Cálculo de la prima de Credibilidad (Modelo de Bühlmann)

Debido al nivel tecnológico alcanzado en los últimos años por el uso de computadoras, es posible realizar cálculos cada vez más complejos y especializados en un tiempo razonable, por lo cual se ha decidido obtener tarifas de credibilidad para cada marca-tipo de vehículo, por lo que se consideran el número de contratos  $k$  por marca y tipo de vehículo de acuerdo a la clasificación de la AMIS.

De acuerdo al modelo de Bühlmann, se calcula la media total de la cartera considerando a todos los automóviles no importando la marca-tipo.

$$\hat{m} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \bar{X}_j$$

La cartera no es homogénea, debido a las características individuales de cada vehículo, por lo cual se mide el grado de heterogeneidad entre los grupos, esto es tomar la varianza de las medias de cada tipo de vehículo.

Se considera que las flotillas de cada marca-tipo de vehículo se comportan independientes respecto a las demás, pues la siniestralidad en una marca-tipo, no debiera influir en la siniestralidad de otra marca-tipo en particular.

## 2.4. Aplicación numérica

La información se divide en dos carteras, la de Daños Materiales y la de Robo Total, para cada cartera se prosiguió de acuerdo a lo siguiente.

La clasificación de automóviles que se obtuvo consiste de 306 diferentes automóviles diferenciados por marca-tipo, para cada uno se calcularon la media y la varianza. Se obtuvo además la media y la varianza generales de toda la cartera; para lo cual se dividió la variabilidad esperada de las

#### 2.4. APLICACIÓN NUMÉRICA

flotillas, así como la heterogeneidad de la cartera, la cual mide la varianza entre las esperanzas de siniestralidad de cada marca-tipo de vehículo. Los datos completos pueden verse en el anexo correspondiente; sin embargo, aquí se presenta algunos tipos de vehículos

Después de analizar distintas formas para el cálculo de la prima, se tomó en cuenta el monto total de los siniestros y se dividió entre los expuestos que hubo en ese momento al siniestro, puesto que esta es otra forma de calcular la prima, al tener la fórmula estándar de:

$$pma_j = freq_j * sev_j$$

En cada marca-tipo de vehículo se calcula la prima de riesgo individual, esta con la modificación de la fórmula de la prima de riesgo como sigue

$$pma_j = freq_j * sev_j = \frac{\#Sin_j}{\#Exp_j} * \frac{MtoTot_j}{\#Sin_j} = \frac{MtoTot_j}{\#Exp_j} \quad (2.1)$$

Se analizan las dos principales coberturas del mercado de autos: Daños Materiales y Robo Total, las cuales se obtienen de las estadísticas SESA 1, que las empresas aseguradoras mandan a la CNSF para el control y regulación.

Tomando la razón del monto total de siniestros, dividido por el número de expuestos al siniestro, se obtienen las primas de riesgo por año como se muestra en el cuadro 2.9;

| Marca-Tipo  | 1995 | 1996 | 1997 | 1998  | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|-------------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| GOLF GEN. 4 |      |      |      |       |      | 3486 | 2347 | 3057 | 3533 | 3047 | 2759 | 2263 |
| JETTA       | 895  | 1222 | 1203 | 1140  |      | 1571 | 1625 | 2007 | 1493 | 1495 | 1376 | 1145 |
| MATIZ       |      |      |      |       |      |      |      |      | 3805 | 2106 | 2718 | 2414 |
| MAZDA 3     |      |      |      |       |      |      |      |      |      |      | 5505 | 7715 |
| NEON        | 1184 | 1499 | 1732 | 1865  |      | 2212 | 2295 |      | 2551 | 2222 | 2286 | 2163 |
| PEUGEOT 306 |      |      |      | 4989  |      | 5640 | 5579 | 5401 | 3483 | 4429 | 4583 | 4566 |
| PLATINA     |      |      |      |       |      |      |      | 4249 | 3072 | 2717 | 2444 | 2358 |
| PONTIAC G3  |      |      |      |       |      |      |      |      |      |      |      | 3546 |
| STRATUS R/T |      | 3639 | 2303 | 11789 |      | 3897 | 3494 | 3463 | 2889 | 2899 | 3511 | 3085 |
| TSURU       | 649  | 870  | 1031 | 945   |      | 1341 | 1578 | 1719 | 1503 | 1457 | 1783 | 1070 |

Cuadro 2.9: Primas de riesgo históricas para Daños Materiales.

La estimación de la prima pura de riesgo es el monto para cubrir exactamente los siniestros.



## 2. APLICACIÓN EN LA ESTIMACIÓN DE LA SOLVENCIA TÉCNICA

| Marca-Tipo  | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| GOLF GEN. 4 |      |      |      |      |      | 1034 | 1775 | 1384 | 1650 | 932  | 581  | 412  |
| JETTA       | 817  | 727  | 680  | 575  | 534  | 776  | 739  | 684  | 393  | 286  | 183  | 180  |
| MATIZ       |      |      |      |      |      |      |      |      | 902  | 92   | 243  | 180  |
| MAZDA 3     |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 275  |
| NEON        | 878  | 832  | 691  | 571  | 744  | 786  | 630  |      | 313  | 182  | 147  | 118  |
| PEUGEOT 306 |      |      |      |      | 731  | 531  | 840  | 597  | 207  | 521  | 413  | 289  |
| PLATINA     |      |      |      |      |      |      |      | 391  | 273  | 329  | 281  | 369  |
| PONTIAC G3  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 422  |
| STRATUS R/T |      | 1844 | 3131 | 3901 | 3009 | 2393 | 1880 | 1934 | 1193 | 1172 | 940  | 625  |
| TSURU       | 344  | 380  | 531  | 507  | 522  | 850  | 826  | 725  | 712  | 584  | 701  | 800  |

Cuadro 2.10: Primas de riesgo históricas para Robo Total.

El cálculo correspondiente por año de las primas de riesgo para la cobertura de Robo Total de acuerdo con la fórmula 2.1 se encuentra en el cuadro 2.10. Una vez obtenidas las primas por año, serán éstas las primas que se utilizarán para el cálculo de la prima de credibilidad

De los cuadros 2.9 y 2.10 se pueden obtener, para cada marca-tipo de vehículo, la media y la varianza de la prima de riesgo por año. Los resultados semuestran en los cuadros 2.11 y 2.11.

| Marca-Tipo  | Media $\mu$ | Varianza $\sigma^2$ |
|-------------|-------------|---------------------|
| GOLF GEN. 4 | 11,166      | 2,601,292           |
| JETTA       | 5,748       | 2,237,622           |
| MATIZ       | 9,821       | 6,323,286           |
| MAZDA 3     | 22,346      | 120,798,393         |
| NEON        | 8,912       | 2,658,743           |
| PEUGEOT 306 | 18,739      | 19,014,297          |
| PLATINA     | 10,632      | 430,865             |
| PONTIAC G3  |             | 0                   |
| STRATUS R/T | 14,790      | 23,867,617          |
| TSURU       | 5,224       | 2,377,163           |

Cuadro 2.11: Media y varianza por marca-tipo de la prima de riesgo de vehículos para Daños Materiales.

La media y la varianza de la prima de riesgo se utilizaron para proyectar para el siguiente periodo.

2.4. APLICACIÓN NUMÉRICA

| Marca-Tipo  | Media $\mu$ | Varianza $\sigma^2$ |
|-------------|-------------|---------------------|
| GOLF GEN. 4 | 86,383      | 277,923,375         |
| JETTA       | 29,153      | 172,418,444         |
| MATIZ       | 51,634      | 133,340,851         |
| MAZDA 3     |             | 0                   |
| NEON        | 43,995      | 348,594,437         |
| PEUGEOT 306 | 54,165      | 816,702,226         |
| PLATINA     | 63,782      | 7,040,420           |
| PONTIAC G3  |             | 0                   |
| STRATUS R/T | 94,885      | 1,389,724,231       |
| TSURU       | 33,097      | 225,595,495         |

Cuadro 2.12: Media y varianza por marca-tipo de la prima de riesgo de vehículos para Robo Total.

De la información histórica de los montos promedios de siniestralidad se obtiene media y varianza, de las que se despejaron los parámetros de las distribuciones Gamma, los resultados obtenidos son los que aparecen en los cuadros 2.13 y 2.14

| Marca-Tipo  | $\alpha$ | $\lambda$ |
|-------------|----------|-----------|
| GOLF GEN. 4 | 47.93    | 0.004293  |
| JETTA       | 14.77    | 0.002569  |
| MATIZ       | 15.25    | 0.001553  |
| MAZDA 3     | 4.13     | 0.000185  |
| NEON        | 29.87    | 0.003352  |
| PEUGEOT 306 | 18.47    | 0.000986  |
| PLATINA     | 262.38   | 0.024677  |
| PONTIAC G3  | 0.00     | 0.000000  |
| STRATUS R/T | 9.16     | 0.000620  |
| TSURU       | 11.48    | 0.002198  |

Cuadro 2.13: Parámetros de la distribución gamma por marca-tipo de vehículo para Daños Materiales.

Para el cálculo del factor de credibilidad ( $z$ ) se necesita la media general y heterogeneidad de la cartera, que se aproximan de acuerdo a las fórmulas vistas en el capítulo 1; los datos generales de la cartera para Daños

## 2. APLICACIÓN EN LA ESTIMACIÓN DE LA SOLVENCIA TÉCNICA

| Marca-Tipo  | $\alpha$ | $\lambda$ |
|-------------|----------|-----------|
| GOLF GEN. 4 | 26.85    | 0.000311  |
| JETTA       | 4.93     | 0.000169  |
| MATIZ       | 19.99    | 0.000387  |
| MAZDA 3     | .00      | 0.000000  |
| NEON        | 5.55     | 0.000126  |
| PEUGEOT 306 | 3.59     | 0.000066  |
| PLATINA     | 577.83   | 0.009059  |
| PONTIAC G3  | .00      | 0.000000  |
| STRATUS R/T | 6.48     | 0.000068  |
| TSURU       | 4.86     | 0.000147  |

Cuadro 2.14: Parámetros de la distribución gamma por marca-tipo de vehículo para Robo Total.

Materiales que se obtuvieron son los cuadros 2.15 y 2.16:

|                            |             |
|----------------------------|-------------|
| $\hat{m} = E(E(X \theta))$ | 4,230       |
| $s^2 = E(Var(X \theta))$   | 112,482,145 |
| $a = Var(E(X \theta))$     | 41,767,726  |

Cuadro 2.15: Valores para el cálculo del factor  $z$  para Daños Materiales.

|                            |            |
|----------------------------|------------|
| $\hat{m} = E(E(X \theta))$ | 1,714      |
| $s^2 = E(Var(X \theta))$   | 5,034,958  |
| $a = Var(E(X \theta))$     | 15,160,889 |

Cuadro 2.16: Valores para el cálculo del factor  $z$  para Robo Total.

Con base en los parámetros obtenidos, se calculó el factor de credibilidad mostrado en el cuadro 2.17, en el cual se realiza una interpolación lineal. El factor de credibilidad le da un grado de creencia  $z$  a la experiencia individual y de  $(1 - z)$  a la experiencia de la cartera.

Finalmente, la prima de credibilidad de acuerdo a la ecuación (1.17) resulta como se muestra en el cuadro 2.18:

## 2.4. APLICACIÓN NUMÉRICA

| Marca-Tipo  | Factor de Credibilidad |            |
|-------------|------------------------|------------|
|             | Daños Materiales       | Robo Total |
| GOLF GEN. 4 | 93.58%                 | 91.55%     |
| JETTA       | 95.81%                 | 94.89%     |
| MATIZ       | 89.28%                 | 86.10%     |
| MAZDA 3     | 80.63%                 | 60.75%     |
| NEON        | 95.42%                 | 94.45%     |
| PEUGEOT 306 | 94.33%                 | 92.53%     |
| PLATINA     | 91.23%                 | 88.56%     |
| PONTIAC G3  | 67.54%                 | 60.75%     |
| STRATUS R/T | 95.42%                 | 94.45%     |
| TSURU       | 95.81%                 | 94.89%     |

Cuadro 2.17: Factor de Credibilidad por marca-tipo.

| Marca-Tipo  | Prima de Credibilidad |            |
|-------------|-----------------------|------------|
|             | Daños Materiales      | Robo Total |
| GOLF GEN. 4 | 2,948                 | 1,073      |
| JETTA       | 1,457                 | 554        |
| MATIZ       | 2,812                 | 398        |
| MAZDA 3     | 5,957                 | 430        |
| NEON        | 2,058                 | 543        |
| PEUGEOT 306 | 4,743                 | 528        |
| PLATINA     | 2,992                 | 368        |
| PONTIAC G3  | 3,447                 | 520        |
| STRATUS R/T | 4,058                 | 1,928      |
| TSURU       | 1,350                 | 626        |

Cuadro 2.18: Prima de Credibilidad.

### 2.4.1. Análisis de solvencia

De acuerdo a los resultados numéricos expuestos, las primas calculadas y las distribuciones tanto del número de siniestros como del monto medio de los siniestros para cada tipo de vehículo se puede desarrollar un modelo de Teoría de Ruina para comprobar la probabilidad de Ruina por marca-tipo de vehículo.

## 2. APLICACIÓN EN LA ESTIMACIÓN DE LA SOLVENCIA TÉCNICA

| Marca-Tipo  | Probabilidad de Ruina |            |
|-------------|-----------------------|------------|
|             | Daños Materiales      | Robo Total |
| GOLF GEN. 4 | 0.00 %                | 60.00 %    |
| JETTA       | 2.00 %                | 0.00 %     |
| MATIZ       | 0.00 %                | 10.00 %    |
| MAZDA 3     | 0.00 %                | 0.00 %     |
| NEON        | 0.00 %                | 0.00 %     |
| PEUGEOT 306 | 85.00 %               | 74.00 %    |
| PLATINA     | 0.00 %                | 2.00 %     |
| PONTIAC G3  | 0.00 %                | 0.00 %     |
| STRATUS R/T | 1.00 %                | 30.00 %    |
| TSURU       | 0.00 %                | 0.00 %     |

Cuadro 2.19: Probabilidad de Ruina para Daños Materiales.

Se desarrolló en MATLAB un programa para que por medio de la simulación Monte Carlo, pueda calcularse la probabilidad de ruina. Así se hizo para cada uno de los tipos de vehículos, obteniéndose los resultados del cuadro 2.19 para las coberturas de Daños Materiales y Robo Total.

### 2.4.2. Reservas actuariales

El estudio que se realizó fue sobre el mercado completo, por lo que se supondría que el acumulado de los márgenes mínimos de todas las compañías debiera totalizar con la que se expone aquí.

La idea principal es que la prima alcance, es decir, sea suficiente para el pago de siniestros y gastos. Los resultados obtenidos indican que para la mayoría de las flotillas de cada marca-tipo de vehículo la prima es suficiente. Sin embargo, en algunas flotillas la prima es muy insuficiente. Por la Ley de los Grandes Números, podría decirse que la esperanza de la cartera completa en promedio quede por arriba de la esperanza  $\hat{m}$ .

## 2.4. APLICACIÓN NUMÉRICA

### 2.4.3. Análisis comparativo de resultados

Los resultados que se observan, se basan en una distribución Gamma y de acuerdo a estos, puede observarse que la mayoría de los procesos de riesgo para cada marca-tipo de vehículo, resulta con una probabilidad pequeña de ruina. El capital mínimo de garantía  $U(0)$  con el cual se inicia el proceso de riesgo se está tomando igual al 6.0% de la prima que se espera recibir por cada tipo de vehículo, el mismo debe cambiar por vehículo, debido a sus características individuales.

Se puede notar que existen casos para los que la probabilidad de ruina es alta; existen cuestiones que deben ser consideradas. Primeramente, en algunos casos las estimaciones son realizadas con pocos años de información y se tomaron tendencias cuando los datos reflejaban este comportamiento; sin embargo, se necesitan más datos para considerar una verdadera tendencia.

Otra alternativa al cálculo de la prima suficiente, es realizar simulaciones por el método Monte Carlo para una prima con un grado específico de confianza; sin embargo, deben tenerse en cuenta que el proceso parte de que la hipótesis de que las estimaciones del número de siniestros y los parámetros de la distribución del monto de los siniestros son correctos; para lo cual, se debe tener cierta experiencia que permita una estimación más precisa.

Un detalle está en que algunas primas puedan quedar por debajo de la suficiencia al reflejar una probabilidad de ruina alta, esto debido a que la experiencia de un tipo de vehículo en particular no tenga mucha información o experiencia en años; que el costo de la siniestralidad sea mucho más alta respecto a la de la cartera individual, por lo que la prima sea insuficiente. La mayoría de los detalles y faltas de precisión se deben al no tomar en cuenta los factores particulares de cada ente en cuestión, por lo que se debe hacer un análisis particular para cada vehículo; muchas veces basado en el criterio del actuario que, como en muchos países con gran impacto en el seguro, es acostumbrado.

## CAPÍTULO 3

# AJUSTES DE LA SOLVENCIA TÉCNICA

### 3.1. Introducción

En México no se tiene una cultura del seguro bien desarrollada, o bien, no ha sido plenamente aceptada. Esto se debe en parte por la situación económica del país, la cual le da prioridad a otras necesidades de mayor importancia que comprar seguros para su protección. Muchas veces el ciudadano mexicano no cree en el seguro, por el hecho de que al sufrir la eventualidad contra la cual se está protegiendo no llega a pagarse. Es por eso que la compañía de seguros debe consolidarse como una empresa sólida y solvente, capaz de cumplir con las obligaciones para las cuales ha sido contratada.

Antes de aplicar cualquier metodología, siempre es imperante observar que ésta esté reglamentada, es decir, que no contraonga alguna regulación, ya que de lo contrario la metodología sera inservible, pues no servirá para los motivos para la que fue creada. Preocupado por esto, la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) ha tenido a bien crear órganos dedicados a supervisar y proponer medidas para el adecuado funcionamiento de

### 3.2. NORMATIVIDAD EN MÉXICO EN MATERIA DE SOLVENCIA

las empresas aseguradoras; garantizando así, el cumplimiento de las obligaciones a las cuales se compromete la empresa de seguros.

Han sido diversos los cambios que ha sufrido la regulación en materia de seguros; sin embargo, los cambios pueden considerarse una transición, la cual conlleva muchos factores tales como la situación nacional y a nivel internacional, factores tecnológicos y nuevas metodologías; así como creación de productos, pero siempre en busca de un mejoramiento continuo con el objetivo de estimar con la mayor certeza posible.

Es tal la preocupación que la CNSF, órgano supervisor del mercado asegurador en México, busca y desarrolla modelos que incorporen aspectos propios de la regulación mexicana y las variables características de la regulación.

Es precisamente esa evolución la que está transformando el mercado de seguros en su organización, en sus metodologías, en su regulación y la forma de operar de las mismas. La globalización y la competencia están llevando a las empresas a un nuevo tipo de solvencia, la cual pueda considerar las características individuales de cada compañía. Como se vio en el caso de la credibilidad, en el que no es justo que una unidad asegurada tenga la misma prima de riesgo que una entidad con un riesgo muy distinto, así no sería justo que una compañía aseguradora con características propias en su cartera, mantenga los mismos límites de capital que una compañías que se dedique a ramos distintos, distinta en proporción y distribución de la cartera.

## 3.2. Normatividad en México en materia de Solvencia

Los modelos de riesgos vistos en el capítulo 1 estan permitidos por la regulación mexicana, de hecho, es la misma CNSF la que ha creado un sistema para cálculo de la probabilidad de ruina de las empresas de seguros partiendo del modelo de Cramér-Lundberg, pero tomando en cuenta tendencias y efectos inflacionarios.

Dentro de la normatividad mexicana, en materia del seguro, el órgano



### 3. AJUSTES DE LA SOLVENCIA TÉCNICA

supervisor de las compañías aseguradoras, es la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas (CNSF), la cual depende de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP).

Como en cualquier área, las reglas y normas van cambiando de acuerdo a la situación o simplemente en busca de una mejor y más justa forma de llevar a cabo el proceso de supervisión. Los cambios más relevantes en normatividad en el sector en México en los últimos 20 años se enuncian a continuación:

- 1985. Apego a dictamen de Reserva Matemática de Vida.
- 1990. Tratado de Libre Comercio (TLC). Abandono del esquema de tarifas únicas en daños. Desregulación del sector.
- 1993. Reglas de Capital Mínimo de Garantías y Reserva de Previsión. Dictaminación de Reservas de Daños por un actuario independiente.
- 1998. Reservas de Siniestros Ocurrido pero no Reportados (SONOR).
- 1999. Reservas de Riesgos Catastróficos.
- 2000. Administración Integral de los Riesgos Financieros.
- 2001. Desaparición gradual de la Reserva de Previsión y la de Riesgos en curso cedido.
- 2002 Contralor Normativo. Gobierno corporativo. Registro de productos con firma de actuario y abogado.
- 2003 Reserva de Riesgos en Curso Suficiente. Reserva de Siniestros pendientes de Valuación.
- 2004 Solvencia Dinámica.
- 2005 Calce de Activos y Pasivos en Planes de Largo Plazo. Calidad de Reaseguradoras Extranjeras.
- 2006 Revelación de Estados Financieros.
- 2007 Reserva de Riesgos hidrometeorológicos. Reservas Suficientes de Reaseguro tomado.

### 3.2. NORMATIVIDAD EN MÉXICO EN MATERIA DE SOLVENCIA

- 2008 Reglamento del Seguro de Grupo. Certificación del administrador de riesgos. Límite de retención. Reservas Brutas. Pruebas Retrospectivas para Reservas (Back Testing).

La regulación y el marco legal para las compañías de seguros, se encuentra estipulada mediante la siguiente estructura:

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
- Ley General de Instituciones y Sociedades Mutualistas de Seguros (LGISMS)
- Ley Federal de Instituciones de Fianzas
- Ley Sobre el Contrato de Seguro (LCS)
- Reglamento de Inspección y Vigilancia de la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas
- Reglamento de Agentes de Seguros y Fianzas
- Reglamento Interior de la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas

En donde la principal normatividad para el desarrollo de la compañía se estipula en: la LGISMS, la cual lleva la regulación en cuanto al funcionamiento de la institución de seguros; la LCS, se enfoca más a las definiciones y las reglamentaciones orientadas al contrato del seguro; las circulares, las cuales indican la forma de operar cada ramo del seguro, metodologías reglamentadas y acuerdos.

En México se ha tenido preocupación por la solvencia de las compañías aseguradoras, tanto así que se han establecido normas y pruebas para la medición de la misma. Los principales factores que influyen en la solvencia pueden enumerarse como sigue:

1. Fluctuación de siniestros;
2. Errores de suscripción; ya sea en las tarifas, la aceptación o la dispersión del riesgo;
3. Sistema de reaseguro inadecuado;

### 3. AJUSTES DE LA SOLVENCIA TÉCNICA

4. Insolvencia del reasegurador;
5. Reservas subestimadas;
6. Activos mal dimensionados;
7. Fluctuación en el valor de los activos;
8. Rendimientos financieros inadecuados;
9. Gestión ineficiente; y,
10. Riesgos políticos, macroeconómicos y de mercado.

Las principales medidas para conservar la solvencia de las compañías son mantener provisiones que respalden en caso de alguna eventualidad inesperada. Las provisiones representativas son los requerimientos de capital, tanto mínimos, como los de solvencia.

#### 3.2.1. Requerimientos de Capital

También denominado Capital Mínimo de Garantía, el cual se encuentra estipulado y regulado mediante las Reglas para el Capital Mínimo de Garantía de las Instituciones de Seguro, publicadas el 29 de diciembre de 2004, que a su vez está fundamentada en los artículos 2º, 33, 35, 59 60, 61, 76 y 107 de la LGISMS.

Dicha circular se creó con el objetivo de que el marco regulatorio del sistema financiero mexicano sea eficaz y que promueva su desarrollo. Para lo cual el cálculo del capital mínimo de garantía que deberán mantener las instituciones, será el resultado de sumar los requerimientos individuales para cada operación y ramos menos las deducciones; es decir:

$$CMG = RBS - D$$

donde:

$CMG$  = Capital Mínimo de garantía.

$RBS$  = Requerimiento Bruto de solvencia.

$D$  = Deducciones.

### 3.2. NORMATIVIDAD EN MÉXICO EN MATERIA DE SOLVENCIA

**Requerimiento Bruto de Solvencia (RBS).** El *RBS* se define como la suma de los requerimientos de solvencia para cada operación y ramos respectivos

$$RBS = \sum_{i=1}^{15} R_i$$

donde los ramos a que se refiere son los siguientes:

1. Operación de Vida ( $R_1$ )
2. Seguros de Pensiones derivados de la Seguridad Social. ( $R_2$ )
3. Operación de Accidentes y Enfermedades ( $R_3$ )
4. Ramo de Salud ( $R_4$ )
5. Ramo Agrícola y de Animales ( $R_5$ )
6. Ramo de Automóviles ( $R_6$ )
7. Ramo de Crédito ( $R_7$ )
8. Ramo de Responsabilidad Civil y Riesgos Profesionales ( $R_8$ )
9. Los demás ramos de la operación de Daños ( $R_9$ )
10. Operación de Reafianzamiento ( $R_{10}$ )
11. Inversiones ( $R_{11}$ )
12. Terremoto ( $R_{12}$ )
13. Ramo de Crédito a la Vivienda ( $R_{13}$ )
14. Ramo de Garantía Financiera ( $R_{14}$ ) y
15. Seguros de Huracán y otros Riesgos Hidrometeorológicos ( $R_{15}$ )

Cabe resaltar que cada uno de los requerimientos se calcula de acuerdo al comportamiento de cada ramo y, por otra parte, se considera la calidad de las reaseguradoras con las cuales se tiene convenio.

Ejemplo, para el ramo de salud:

$$R_4 = \text{máx } R_{4(a)}, R_{4(b)} * Irenr + 11,76 \% * (Pcedida + Costo) * (1 - Iqrer) * Icrer$$

### 3. AJUSTES DE LA SOLVENCIA TÉCNICA

donde

$R_{4(a)}$  = Requerimiento con base en las primas emitidas.

$R_{4(b)}$  = Requerimiento con base en los siniestro netos ocurridos.

$Pcedida$  = Primas cedidas a reaseguradoras extranjeras registradas conforme lo establecen las Reglas sobre el Registro General de Reaseguradoras Extranjeras, para el ramo de salud, corresponden a los últimos doce meses transcurridos al cierre de cada trimestre.

$Costo$  = Costos de reaseguro no proporcional, del directo y del tomado, pagados a reaseguradoras extranjeras, conforme lo establecen las Reglas sobre el Registro General de Reaseguradoras Extranjeras, para el ramo de salud, correspondiente a los últimos doce meses transcurridos al cierre de cada trimestre.

Las deducciones corresponden al saldo del cierre de cada trimestre de la reserva de contingencia para los seguros de pensiones, así como la reserva para fluctuación de inversiones adicional.

#### **Margen de Solvencia**

De acuerdo con las Reglas para el Capital Mínimo de Garantía, en su título cuarto, se considera margen de solvencia ( $MS$ ) a la cantidad que resulta de deducir al monto de los activos computables al capital mínimo de garantía, el monto del capital mínimo de garantía, es decir:

$$MS = AcCMG - CMG$$

En caso de que dicho monto fuera negativo, se entenderá que existe un faltante en la cobertura del capital mínimo de garantía, de ser positivo se calcula el margen de solvencia global de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$MSG = AcCMG + AcExcCMG - CMG$$

donde

$MSG$  = Margen de Solvencia Global.

$AcCMG$  = Activos Computables al  $CMG$ , de acuerdo a las limitaciones establecidas en la vigésima séptima de las reglas del Capital Mínimo de Garantía.

$AcExcCMG$  = Activos Computables al  $CMG$ , en exceso a las limitaciones establecidas en la vigésima séptima de las reglas del Capital Mínimo de

### 3.2. NORMATIVIDAD EN MÉXICO EN MATERIA DE SOLVENCIA

Garantía.

#### **Inversiones**

Se incorpora un requerimiento por descalce entre activos y pasivos para los seguros de vida, por su condición de largo plazo, con el objetivo de enfrentar las posibles pérdidas derivadas de inversiones a plazos menores al plazo de duración de los pasivos o de tasas inferiores a la tasa técnica.

El requerimiento por descalce entre activos y pasivos, denotado por  $D_{ACV}$ , se determina como la suma de los requerimientos de capital por dicho descalce correspondiente a cada uno de los tipos de moneda ( $PT_M$ ) que opera la institución, sin que el requerimiento pueda ser inferior a cero.

$$D_{ACV} = PET = \sum_{M=1}^3 PT_M * TC^M$$

donde

$PET$  = Pérdida estimada total.

$PT_M$  = Pérdida esperada total por descalce, correspondiente al tipo de moneda  $M$ .

$M$  = Tipo de moneda (1 = nacional, 2 = extranjera, 3 = indizada).

$TC^M$  = Tipo de cambio al momento del cálculo para la moneda  $M$ .

**Los límites de inversión.** Son porcentajes de acuerdo a su calificación, ejemplo:

- Valores emitidos o respaldados por el Gobierno Federal, hasta el 100 %
- Valores emitidos o respaldados por organismos descentralizados, empresas de participación estatal mayoritaria, gobiernos estatales y municipales, así como por fideicomisos en los que el fideicomitente sea cualquiera de las entidades antes mencionadas, que no cuenten con el respaldo del Gobierno Federal y se encuentren inscritos en el Registro Nacional de Valores a cargo de la Comisión Nacional Bancaria y de Valores, hasta el 80 %;

### 3. AJUSTES DE LA SOLVENCIA TÉCNICA

- Valores emitidos o respaldados por instituciones de crédito o por organismos financieros internacionales de los que México sea miembro, hasta el 80 %;
- Valores emitidos por entidades distintas al Gobierno Federal e instituciones de crédito hasta el 70 %;
- Valores emitidos por emisores extranjeros, hasta el 20 %;
- Notas estructuradas, hasta el 20 %;
- Operaciones de descuento y redescuento, hasta el 20 %;
- Préstamos con garantía prendaria de títulos o valores, hasta el 20 %;
- Préstamos hipotecarios, hasta el 20 %;
- Caja y bancos, hasta el 100 %;
- Préstamos al personal, hasta el 15 %;
- Dividendos por cobrar sobre acciones, hasta el 60 %;
- Activos adjudicados, hasta el 30 %;
- La suma de las operaciones de reporto y préstamo de valores, hasta el 60 %.

#### 3.2.2. Solvencia Dinámica

Debido al comportamiento cada vez más dinámico de los factores de riesgo, la aplicación de modelos se ha hecho común en el ámbito internacional, las ventajas consisten en una planeación estratégica basada en resultados objetivos y cuantitativos. Estos modelos se usan más como herramientas para el análisis sobre esquemas más eficientes de supervisión preventiva.

La alta rotación de negocios, la competencia y los efectos inflacionarios, obligan al sistema asegurador a evolucionar y volverse más dinámico. Además, el que una misma empresa se desempeñe en varios ramos aumenta la complejidad de la operación. Para desarrollarse en el medio es importante que se cuente con herramientas confiables en el análisis de riesgo, que permitan identificar los riesgos y la manera de cuantificar su impacto.

### 3.2. NORMATIVIDAD EN MÉXICO EN MATERIA DE SOLVENCIA

Así pues, en lo que respecta a la solvencia, basado en el artículo 107 y con fundamento en el 108 fracción IV de la LGISMS, se crea una circular para hacer pruebas de solvencia dinámica, con la finalidad de ser de carácter preventivo.

Considerando la experiencia internacional, la CNSF ha venido trabajando en dos vertientes. La primera sobre un marco normativo apegado a estándares y prácticas internacionales. La segunda, con el desarrollo desde 2002 de un modelo de solvencia dinámica. El modelo de solvencia dinámica (SD\_CNSF) fue diseñado bajo las siguientes premisas:

- El uso de las pruebas de solvencia como estímulo en la toma de decisiones.
- Tomar como marco de referencia las prácticas internacionales.
- Limitar los aspectos regulatorios de supervisión preventiva.
- Establecer un periodo de transición para la entrada en vigor de la normatividad.

Debido a que el seguro es un proceso dinámico con gran número de variables, la CNSF desarrolló este modelo sobre solvencia dinámica, el cual se fundamenta en la Teoría de Riesgo para el desarrollo de las proyecciones y simulaciones. Primordialmente se apoya de la Teoría de Ruina o probabilidad de insolvencia, siendo ésta la principal funcionalidad del sistema. El análisis prospectivo, se desarrolla con proyecciones a 10 años y con simulaciones a partir de la generación de miles de escenarios, basándose en fundamentos matemáticos y actuariales.

Las reclamaciones son consideradas como variables aleatorias con función de densidad propia para cada ramo  $i$ , para las cuales se desarrolló un estudio tomando en consideración la información estadística a 5 años para cada operación. Una característica especial es que los montos de las reclamaciones se expresan como índices porcentuales de la prima emitida, lo cual fue considerado para que crecimientos de la cartera no pudieran influir en la frecuencia pura de los siniestros y para tener cierta comparabilidad entre compañías de distintos tamaños, esto es:



### 3. AJUSTES DE LA SOLVENCIA TÉCNICA

$$X_i(t) = \frac{MR_i(t)}{PE_i(t)}$$

Para las reclamaciones de los diferentes ramos de seguros se usaron variables aleatorias con distribución Gamma, la cual tiene función de densidad

$$f_x(x; \alpha, \lambda) = \begin{cases} \frac{x^{\alpha-1} e^{-x\lambda} \lambda^\alpha}{\Gamma(\alpha)} & x > 0; \alpha, \lambda > 0; \\ 0 & \text{en otro caso} \end{cases}$$

Con Esperanza  $E[X] = \alpha/\lambda$  y varianza  $Var(X) = \alpha/\lambda^2$  Realizándose pruebas de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov para validar que efectivamente las distribuciones teóricas se aproximan a las experimentales. La prueba considera como estadístico de decisión la desviación máxima absoluta existente entre los valores teóricos y los muestrales sobre las funciones de distribución:

Otro aspecto es que no se tomó en consideración la densidad de cada compañía, sino la del total de ellas, es decir, del mercado.

Se generó un proceso de Riesgo para modelar la forma en que ocurren los siniestros; en primer lugar se genera la siniestralidad, donde cada siniestro ocurre en el tiempo de acuerdo a una distribución exponencial. Además el monto del siniestro se modela mediante una variable aleatoria. Una vez obtenida la simulación de la siniestralidad, puede generarse el proceso de riesgo de la ecuación 1.1, la gráfica asociada resultante que se obtuvo se muestra en la figura 3.1

Las proyecciones se desarrollaron mediante fórmulas congruentes con la regulación mexicana. El sistema puede tomar en cuenta los planes o tendencias de la compañía tomando en cuenta la historia, o bien, los planes de desarrollo expuestos por la compañía. Los elementos necesarios para la simulación se presentan a continuación:

El sistema realiza una proyección y calcula los estados financieros a futuros de la compañía, tomando en consideración los requerimientos de capital de la regulación mexicana y calculando conforme a la Teoría de Riesgo el capital después del proceso. El monto de capital de una compañía

### 3.2. NORMATIVIDAD EN MÉXICO EN MATERIA DE SOLVENCIA

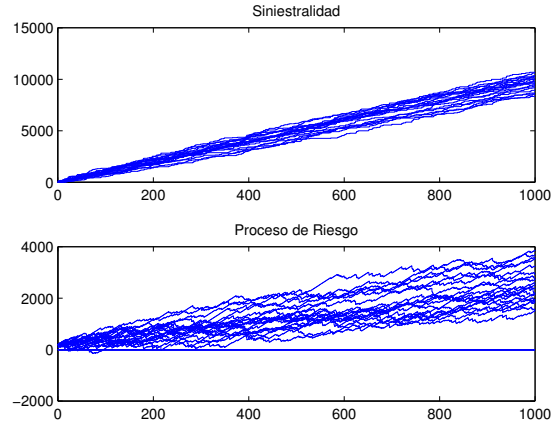


Figura 3.1: Siniestralidad y Proceso de Riesgo de siniestros con distribución Gamma

al momento  $t$  ( $CAP_t$ ), se calcula como el capital del año anterior, más las aportaciones de capital ( $AC_t$ ) que se realicen en el momento  $t$ , más el flujo de resultados ( $R_t$ ); sean éstas utilidades o pérdidas.

$$CAP_t = CAP_{t-1} + AC_t + R_t \quad (3.1)$$

donde:

$CAP_t$  = capital de la empresa en el momento  $t$ .

$AC_t$  = aportaciones de capital al momento  $t$ .

$R_t$  = flujo de la operación en el momento  $t$  (utilidades o pérdidas).

Por otro lado, el margen de solvencia en el momento  $t$  se obtiene mediante

$$MS_t = \gamma * CAP_t - (RS(t) - D(t)) \quad (3.2)$$

donde:

$MS(t)$  = margen de solvencia en el momento  $t$ .

$D(t)$  = deducciones al momento  $t$ , aceptadas según la regulación del Capital Mínimo de Garantía (por ejemplo, algunas reservas especiales).

### 3. AJUSTES DE LA SOLVENCIA TÉCNICA

$RS(t)$  = requerimiento de solvencia en el momento  $t$ .  
Y los requerimientos de solvencia se obtienen como

$$RS(t) = \sum_{i=1}^k RS_i(t) = \sum_{i=1}^k f(PR(t), S(t)) \quad (3.3)$$

Además se proyectan los flujos anuales

$$R_t = PE(t) - PC(t) - S(T) - CA(t) - CO(t) + REND(t) - \Delta RES(t) \quad (3.4)$$

donde

$PE(t)$  : Prima emitida por la compañía en el año  $t$ .

$PC(t)$  : Prima cedida por la compañía en el año  $t$ .

$S(t)$  : Siniestros ocurridos en el año  $t$ .

$CO(t)$  : Costos de operación y adquisición de la compañía en el año  $t$ .

$CA(t)$  : Costos de adquisición en el año  $t$ .

$REND(t)$  : Rendimiento generados por las inversiones realizadas en el año  $t$ .

$\Delta RES(t)$  : Ajuste de reservas estatutarias en el año  $t$ .

**Prima Emitida.** Valor que puede proponer la compañía o simularse a partir de los comportamientos históricos de los últimos 5 años, para lo cual considera un crecimiento estocástico.

$$PE_i(t) = PE_i(t-1) * (1 + \delta_i(t)) \quad (3.5)$$

**Prima Retenida.** Es la prima emitida multiplicada por un factor que indica la proporción en el momento  $t$  el nivel de retención, que a su vez puede ser calculada estocásticamente.

$$PR(t) = PE(t) * \lambda(t) \quad (3.6)$$

### 3.2. NORMATIVIDAD EN MÉXICO EN MATERIA DE SOLVENCIA

**Reserva de Primas ( $RRC(t)$ )** En los seguros de corto plazo se calcula mediante una fórmula de aproximación.

$$RRC(t) = \omega(t) * \left( \frac{1}{2}PR(t-1) + \frac{1}{2}PR(t) \right)$$

donde el parámetro  $\omega(t)$ , queda determinado por la estacionalidad de la cartera de la compañía.

**Incremento a la reserva de primas ( $\Delta RRC(t)$ )**. Es la variación respecto al periodo anterior de la reserva de riesgos en curso. En el caso de largo plazo se utiliza la fórmula recursiva.

$$RRC_{1,t} = RRC_{1,t-1} * (1 + i_t) + 0,6 * PE_{1,t} * (1 + i_t)^{1/2} - q * \bar{S}\bar{A}$$

donde la mortalidad se calcula en base a la experiencia de la compañía

$$\bar{q} = \frac{\sum_{j=1}^e \frac{sin_j}{SA_j}}{e}$$

$e$ : número de años de experiencia con que se cuenta.

$sin_j$ : monto de siniestros del año  $j$ .

$SA_j$ : suma asegurada de vida individual en el año  $j$ .

$SA_t$ : suma asegurada promedio de vida individual para el año  $t$ .

**Costo de Adquisición ( $CA(t)$ )**. Corresponde al monto destinado a cubrir comisiones y demás costos de adquisición, el cual es calculado como un porcentaje de la prima emitida, el cual a su vez también puede ser variado estocásticamente.

$$CA_k(t) = \theta_k(t) * PR_k(t)$$

**Costo de Operación ( $CO_t$ )**. El costo de operación se proyecta como un costo global, distribuyendo dicho costo en función de la prima emitida,

### 3. AJUSTES DE LA SOLVENCIA TÉCNICA

tomando en cuenta una parte como costo fijo, y otra parte como costo variable en función de la prima.

$$CO_t = \alpha * CO_{t-1} * (1 + \Delta INF_t) + \beta * CO_{t-1} * \frac{PE(t)}{PE(t-1)}$$

**Productos Financieros (PF).** El producto financiero se calcula como el monto de cada una de las inversiones de la compañía en el año (t), por la tasa de rendimiento de dichas inversiones en ese año t.

$$PF(t) = \sum_{j=1}^m I_i(t) * r_j(t)$$

Mediante el sistema utilizado por la CNSF se pueden realizar tres tipos de análisis de solvencia:

1. Análisis y cálculo de la probabilidad de insolvencia o probabilidad de ruina de la institución de seguros.
2. Un análisis de requerimientos de capital a mediano y largo plazo, bajo escenarios hipotéticos definidos por el supervisor.
3. Un análisis de sensibilidad de los márgenes de solvencia de la compañía ante cambios en las variables de operación.

Cuenta además con rutinas para observar el comportamiento histórico de las variables de riesgo, niveles de gastos, tendencias, índices, inversión de activos, etcétera.

Con el sistema se pretende identificar los principales riesgos y medir su sensibilidad sobre el capital pero sin perder de vista el objetivo final con un nivel de complejidad adecuado. Los requerimientos que se exigen van incrementándose conforme se desea analizar más variables. Dichos requerimientos son: internos, regulatorios, por intereses de los accionistas y considerando además a las agencias calificadoras.

Los estudios que realiza la empresa aseguradora comprenden:

### 3.3. SOLVENCIA II

- Tarificar.
- Diseñar una estructura de reaseguro óptima.
- Realizar proyecciones de siniestralidad.
- Calcular la exposición catastrófica.
- Desarrollar una planeación financiera.
- Constituir reservas mínimas y suficientes.
- Realizar análisis de solvencia dinámica.

Para lo cual se cuenta con recursos limitados de estructura, tiempo y herramientas disponibles para llegar a los resultados para satisfacer al consumidor final. Puesto que las compañías no son iguales, aún cuando los ramos que manejen fuesen los mismos.

### 3.3. Solvencia II

La normatividad reciente converge inevitablemente hacia esquemas de aurrregualción a través de formas más eficientes de medición de riesgos<sup>1</sup>

La evolución del actuario tiende a estar basada más en principios y no en reglas, al referirse a reglas, consiste en el apego de mínimos, mientras que los principios están relacionados con el seguimientos de prácticas recomendables, lo cual implica un mayor campo de actuación y responsabilidad del actuario en la rentabilidad, solvencia y supervivencia de la empresa aseguradora

El actuario debe estar preparado para los nuevos retos que demanda el mercado, preparándose para realizar:

- Análisis estadístico;

---

<sup>1</sup>”Modelo de Solvencia Dinámica” presentado en el Panel de Solvencia Dinámica, Conferencia Anual de la IAIS 2002, Santiago de Chile por Pedro Aguilar Beltrán, Director General de Supervisión Actuarial de la CNSF

### 3. AJUSTES DE LA SOLVENCIA TÉCNICA

- Modelos lineales generalizados;
- Teoría Económica;
- Contabilidad;
- Ajuste de distribuciones;
- Procesos Estocásticos;
- Teoría de valores extremos;
- Capital económico;
- Límites;
- Modelos catastróficos;
- Control de cúmulos;
- Value at Risk (VaR);
- Capital Asset Pricing Model (CAPM);
- Derivados, etc.

Las metodologías para el análisis de la solvencia más utilizadas son básicamente tres:

#### **Teoría del Riesgo Colectivo**

La teoría clásica se centra en la hipótesis de que los siniestros pueden ser modelados como una variable aleatoria que se representa como la suma de un número aleatorio de variables aleatorias, independientes e idénticamente distribuidas.

#### **Modelos financieros**

Teoría de Cartera y el Mercado de Capitales. En el marco financiero, la póliza de seguros es considerada como un activo financiero más, y su

### 3.3. SOLVENCIA II

precio es fijado en el contexto de los mercados financieros más que por el actuario. *Insurance CAPM*, es el modelo que proporciona cuál debe ser la rentabilidad del negocio asegurador.

#### Modelos de cocientes o ratios

Son mucho más sensibles hacia una tendencia a la insolvencia. En estos se utilizan razones o cocientes para detectar niveles de insuficiencia. Pueden utilizarse técnicas como análisis discriminante o regresión.

El *Committee of European Insurance and Occupational Pensions Supervisors (CEIOPS)*, decidió desde hace unos años que debía de implementarse modelos más eficientes y más acordes para la medición de la solvencia; De esta necesidad surgió el modelo Solvencia II. El procedimiento sobre el cual se basa Solvencia II es el procedimiento *Lamfalussy*; el cual consiste en 4 niveles:

**Nivel I.** Directiva de principios generales y procedimientos de implantación (Parlamento Europeo y Consejo de Europa).

**Nivel II.** Medidas de aplicación (Comisión Europea EIOPC regulador supervisor CEIOPS).

**Nivel III.** Interpretación y guías de criterios (CEIOPS).

**Nivel IV** Verificación del cumplimiento de los niveles anteriores por cada Estado (Comisión Europea).

Los proyectos que se tienen en curso para la concreción del nuevo modelo de solvencia son los siguientes:

- Aproximación de normas y prácticas de todos los sectores financieros.
- Minimización de divergencias contables y otros ámbitos (i.e. supervisor).
- Modernización de las metodologías, fomento de los modelos internos en las grandes empresas.



### 3. AJUSTES DE LA SOLVENCIA TÉCNICA

- Atención al tratamiento consolidado, además del enfoque individual tradicional.

#### 3.3.1. Los tres pilares del proyecto Solvencia II

##### CEIOPS

Papel en Solvencia II: Asesor principal a nivel técnico del proyecto. Desarrollo de medidas de implantación y criterios técnicos

Para entender un poco más lo que se busca con Solvencia II es pertinente aclarar que se buscan cotas que se adecuen mejor a los riesgos que se están modelando, primeramente conservando reservas que representen la siniestralidad de acuerdo al riesgo que se está contemplando. Además se fijan límites mínimos de tal manera que se obtengan reservas suficientes y necesarias para contener la variabilidad natural del proceso aleatorio del monto total de siniestros a cubrir. Finalmente el requerimiento de capital de solvencia para garantizar con un mejor nivel de confianza la probabilidad de que la siniestralidad quede por debajo de lo que en un principio se estimó.

El modelo de Solvencia II también busca conformar una reserva o provisión para cubrir las obligaciones mediante la obtención del mejor estimador o esperanza del monto de siniestros, así como un margen de riesgo o desviación; además de contar con un capital mínimo para cubrir riesgos.

Los conceptos anteriores completan el total de activos que cubren las reservas técnicas, capital mínimo de garantía y requerimientos de capital de solvencia. Bajo el modelo Solvencia II, el requerimiento de capital de solvencia o *Solvency Capital Requirement (SCR)* debe mostrar un nivel de capital que:

- Permita a la compañía aseguradora absorber pérdidas imprevistas.
- Sobre un horizonte de tiempo específico.
- Dar una garantía razonable a sus asegurados de que el pago se realizará a su vencimiento.

### 3.3. SOLVENCIA II

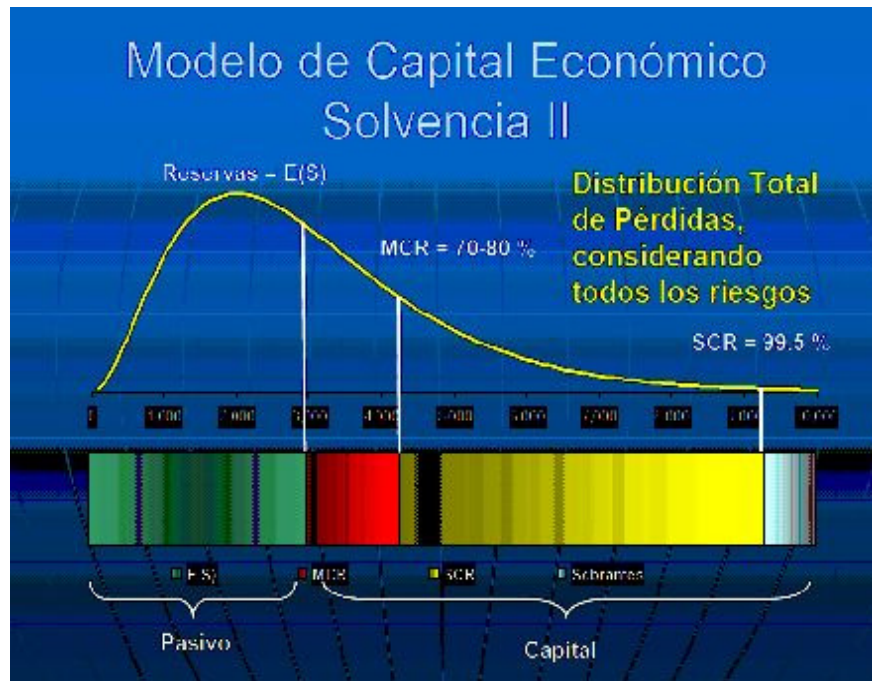


Figura 3.2: Modelo de Capital Económico Solvencia II.

Para el modelo Solvencia II, el riesgo es un cambio en fondos propios. El evento referido es la ruina, es decir, que el nivel del capital que posee la empresa quede por debajo de cierto nivel establecido.

La medida de riesgo es el Valor en Riesgo (VaR) con un intervalo de confianza del 99.5% con horizonte de tiempo a un año.

En la modelación debe tomarse en consideración todos los riesgos cuantificables (emisión, mercado, crédito, operativo, etcétera), todas las pérdidas potenciales en un año y contemplar todas las medidas de mitigación de los riesgos (reaseguro, bursatilidad, etcétera).

En el modelo se toman los riesgos individuales y se integran para obtener el conglomerado y además se diversifica el riesgo.

### 3. AJUSTES DE LA SOLVENCIA TÉCNICA

Además se realiza un análisis de escenarios, mediante simulaciones con conjuntos alternativos de parámetros para establecer el impacto sobre los resultados. Tomando diversos escenarios, ya sean históricos, hipotéticos, eventos de una vez en la vida y pruebas *stress test*.



Figura 3.3: Los Pilares de Solvencia II.

#### 3.3.2. Pilar I. Requerimientos Cuantitativos.

Valoración de Activos y Pasivos  
SCR: Modelo Estándar, modelos internos MCR, normas de inversión.

Consultation paper CEIOPS octubre 2006 Pilar I

1. Objetivos y armonización. Busca no tener diferenciación por circuns-

### 3.3. SOLVENCIA II

tancias nacionales; la discusión es sobre si la armonización debe ser basada en principios o al máximo nivel de detalle.

2. Suficiencia de recursos financieros. Criterio de Valoración.
3. Valoración de Activos y las Provisiones Técnicas. Todos los activos a efecto de solvencia se computan a valor del mercado. Valoración de las provisiones técnicas lo más parecidas a IFRS fase II. La discusión actual, puntos en los que se prevé diferencia, es decir, contabilidad y supervisión (IASB, IAIS, etc.), tratamiento de las SME's, trabajos para establecer simplificaciones y criterios/parámetros de referencia.
4. Elementos que componen el capital (patrimonio propio no comprometido). Se clasifican en 3 categorías, tier I (máxima calidad), tier II (buena calidad sujeta a límites), tier III (menor calidad, autorización previa). Los límites que deben exigirse en los tier, tanto en SCR como en MCR. Garantizar un trato adecuado y ágil a innovaciones en instrumentos de financiación.
5. Fórmula estándar del SCR. Problemas de diseño y problemas de calibración (Vida: modular vs integrado), riesgo mercado.
6. Modelos internos totales.
7. Modelos internos parciales.
8. Capital Mínimo (MCR).
9. Activos aptos para cubrir las provisiones técnicas +SCR.
10. Casos Especiales.

Con la finalidad de calcular el impacto de utilizar ciertas medidas como estándares para el cálculo de los requerimientos de capital y solvencia e índices para comparación, se comisionó al *Committee of European Insurance and Occupational Pensions Supervisors (CEIOPS)* para determinar las medidas más adecuadas y principios sobre las cuales basar al modelo Solvencia II. Para la ejecución de dicha tarea, la CEIOPS se dedicó a realizar estudios cuantitativos de impacto o como sus siglas en inglés *Quantitative Impact Studies (QIS)* por año.

### 3. AJUSTES DE LA SOLVENCIA TÉCNICA

#### QIS 1

Quantitative Impact Study 1. Se analizaron las provisiones técnicas en el seguro de Vida, media (Best Estimate), percentiles 75 y 90, factores de riesgo. Las reservas técnicas en el QIS 1 se encaminaron sólo a captura de riesgo, suscripción de riesgos al nivel de confianza deseado; el riesgo crédito (de reaseguro); guías y prescripciones de las metodologías utilizadas. Se enfocó a la comparación de la actual constitución de provisiones técnicas con la implementada con Solvencia II.

#### QIS 2

Durante el año 2006 se llevó a cabo la evaluación de reservas técnicas y pruebas sobre diferentes aproximaciones para el cálculo de los posibles requerimientos de capital (*Solvency Capital Requirements, SCR*) y los Requerimientos Mínimos de Capital (*Minimum Capital Requirement MCR*).

La intención es mostrar un estimado cuantitativo del impacto total del nuevo sistema de solvencia, para lo cual se enfoca en los temas de:

- Supuestos para valuación de activos y pasivos.
- Requerimientos de capital de solvencia (SCR) calculado como una fórmula estándar.
- El SCR calculado como un modelo interno del asegurador.
- Los requerimientos mínimos de capital (MCR).

#### QIS 3

En el año 2007 el CEIOPS preparó un estudio cuantitativo del impacto de la implementación de la introducción de nuevos estándares de solvencia para supervisión y regulación.

Se realizó el primer ejercicio de calibración con gran participación de la industria, considerando el impacto en sus balances (SCR, fondos propios e

### 3.3. SOLVENCIA II

inversiones).

Se estudiaron la adecuación y practicabilidad de los cálculos, además de la adecuación de las calibraciones tentativas a usarse.

Impacto a nivel grupo y la diversificación; 28 de 30 miembros del EEE participan. Esta cifra de participación dobla la del QIS2

Forma de cálculo del mejor estimador o *Best Estimate (BE)* muy parecido al QIS2; las áreas más complejas del estudio fueron: En el caso de Vida, valoración de beneficios futuros discretos, de opciones y garantías; para No Vida, fueron la segmentación por línea de negocio y la evaluación de las provisiones por prima.

### QIS 4

En 2008 se propuso usar una fórmula o un modelo interno. La mayoría de los participantes planea usar parcialmente modelos internos, lo cual sirve para que se tome en consideración el tamaño de la compañía.

MCR: se desea un cálculo simple y auditable, netamente seguro, una calibración que asegure una interacción con SCR.

SCR: planteado de tal forma que pueda ser calculado por lo menos una vez al año.

#### 3.3.3. Pilar II Requerimientos Cualitativos

Normas de gestión, de autogobierno y control interno SRP\_IRCA Control interno y administración de riesgos Proceso de supervisión

Se enfoca en la responsabilidad de la firma y la convergencia de las prácticas de supervisión.

### 3. AJUSTES DE LA SOLVENCIA TÉCNICA

#### 3.3.4. Pilar III. Requerimientos de Revelación.

Disciplina del mercado e información ante terceros. Se aplica el *IFRS 4(contabilidad)* a efectos de supervisión (filtros).

Reportes de los supervisores. Difusión de la información de la empresa como método de motivación para mejoramiento de la imagen de la empresa. Convergencia de los reportes de supervisión para generar mayor presión sobre agencias calificadoras

#### 3.3.5. Requerimientos e Implicaciones en México

Los cambios siempre implican complicaciones, tiempo para preparar, dinero para desarrollo de infraestructura, capacitación, investigación, en el caso de la implementación del modelo de Solvencia II, al al ser un cambio totalmente radical, el impacto es mayor. En este caso se necesita un gran esfuerzo humano y técnico, de una muy buena coordinación y del tiempo para adaptarse a las nuevas disposiciones y metodologías, así como para realizar los ajustes necesarios.

La intención al implementar el modelo de Solvencia II, es tener una mayor competencia y comparar no sólo a nivel nacional, sino contra sistemas internacionales, a fin de entrar con mayor grado a una globalización para el mejor desempeño del sistema asegurador.

Se pretende tener un cambio gradual hacia el modelo de Solvencia II que ya está empezando en México. El modelo comenzará a operar en Europa para inicios del año 2010, como se ha visto en los estudios de los recientes años. El cambio es factible y en México se están preparando sobre todo en cuestión de regulación, Incluso ha habido un incremento en el nivel de complejidad de las metodologías que se utilizan para los cálculos en los últimos años, como se ha visto con la reciente implementación de los modelos de Solvencia dinámica, cálculo de reservas de Riesgos Catastróficos y una mayor atención en el cálculo tomando en cuenta a los reaseguradores.

En el sector asegurador mexicano siempre se han tratado de imitar los modelos más acordes a las características de nuestro país, tomando en consideración la economía y la forma de operar. Puesto que el modelo que se

### 3.3. SOLVENCIA II

usa actualmente es muy parecido al español, es muy probable que se empiece tomando como base el modelo de España. De lo anterior, es importante estar al pendiente y estudiar el modelo Solvencia II que se aplique en Europa.

La aplicación traerá beneficios, pero como en todo, siempre hay pros y contras. Bien vale la pena el esfuerzo ya que lo que se pretende es una mejor medición del riesgo, y como bien dice la profesión actuarial:

**Risk is opportunity**





# CONCLUSIONES

La prima de tarifa, es un factor indispensable en el tema de solvencia, puesto que una prima suficiente, debe alcanzar para cubrir las obligaciones propias del negocio y generar ganancia. Sin embargo, hay muchos otros factores que deben ser tomados en cuenta, la empresa de seguros es un ente dinámico, que evoluciona en el tiempo y que va mejorando con su entorno, apoyándose de los avances tecnológicos y siempre dentro del marco legal. Cualquier modelo que se implemente tiene que tomar en cuenta los factores determinantes, buscando acercarse lo más posible a la realidad, pero sin ser demasiado complejo, pues estaría perdiendo la finalidad con la que fue creado.

Muchas veces no es posible o resulta muy complicado obtener las fórmulas exactas desarrolladas para los cálculos de las primas, sobre todo de las distribuciones finales. Es en estos casos que el uso computacional y el desarrollo de cálculos numéricos demuestran ser una opción más viable para los cálculos deseados.

A fin de cuentas es posible realizar modelos; sin embargo, un modelo es sólo eso, una aproximación de la realidad, la cual pretende simular a grandes rasgos el comportamiento real del fenómeno sujeto de estudio. La Teoría de Riesgo es una herramienta poderosa, ya que ayuda al cálculo de primas con los modelos de Credibilidad y mediante su rama Teoría de la Ruina, proporciona una forma práctica para medir la solvencia de las entidades aseguradoras. Sin embargo, ha de complementarse con otras técnicas para darle mayor integración y practicidad en entornos reales.

Solvencia II ya está aquí, está pasando en Europa y pronto llegará a

### 3. CONCLUSIONES

México, por lo cual es preciso prepararse, no sólo en el aspecto normativo, sino en el técnico, lo que se puede hacer es tomar la experiencia de quienes ya lo viven y ajustarlo a las necesidades y condiciones de nuestro país.

Es preciso que las empresas aseguradoras en México comiencen a organizarse y tomen parte activa del proceso de implantación de la nueva regulación, ya que Solvencia II es un cambio en la forma de gestionar la empresa y hacer seguros, se redefinen procedimientos y cálculos con la finalidad de medir mejor los riesgos.

# APÉNDICE A

**Definición 1 ( $\sigma$ -álgebra)** Una clase o colección  $\mathfrak{S}$  de subconjuntos de un conjunto  $\Omega$  es una  $\sigma$ -álgebra si se cumple las siguientes condiciones:

1.  $\Omega \in \mathfrak{S}$
2.  $\forall A \in \mathfrak{S} \implies A^c \in \mathfrak{S}$
3.  $\forall A, B \in \mathfrak{S}$  eventos  $\implies A \cup B \in \mathfrak{S}$

**Definición 2 ( $\sigma$ -álgebra de Borel de  $\mathbb{R}$ )**

$$\mathfrak{B}(\mathbb{R}) = \sigma\{(a, b) \subseteq \mathbb{R} : a \leq b\}$$

**Definición 3 (Medida de probabilidad)** Una función  $P$ , definida sobre una  $\sigma$ -álgebra ( $\mathfrak{S}$ ) y con valores en el intervalo  $[0, 1]$  es una medida de probabilidad si  $P(\Omega) = 1$  y es  $\sigma$ -aditiva, es decir, si cumple que:

$$P\left(\bigcup_{n=1}^{\infty} A_n\right) = \sum_{n=1}^{\infty} P(A_n)$$

**Definición 4 (Espacio de medible)** Un espacio medible es la pareja  $(\Omega, \mathfrak{S})$ , en donde  $\Omega$  es un conjunto arbitrario,  $\mathfrak{S}$  es una  $\sigma$ -álgebra de subconjuntos de  $\Omega$ , y  $P$  es una medida de probabilidad definida sobre  $\mathfrak{S}$ .

**Definición 5 (Espacio de probabilidad)** *Un espacio de probabilidad es una terna  $(\Omega, \mathfrak{S}, P)$ , en donde  $\Omega$  es un conjunto arbitrario,  $\mathfrak{S}$  es una  $\sigma$ -álgebra de subconjuntos de  $\Omega$ , y  $P$  es una medida de probabilidad definida sobre  $\mathfrak{S}$ .*

**Definición 6 (Variable aleatoria)** *Una variable aleatoria real es una función  $X : \Omega \rightarrow \mathbb{R}$  tal que para cualquier conjunto Boreliano  $B$ , se cumple que el conjunto  $X^{-1}(B)$  es un elemento de  $\mathfrak{S}$ .*

**Propiedades 1** *Una función  $X : \Omega \rightarrow \mathbb{R}$  es una variable aleatoria si y sólo si, para cada  $x \in \mathbb{R}$  se cumple que  $(X \leq x) \in \mathfrak{S}$ .*

**Definición 7 (Función de distribución)** *La función de distribución de una variable aleatoria  $X$  es la función  $F(x) : \mathbb{R} \rightarrow [0, 1]$ , definida como sigue*

$$F(x) = P(X \leq x)$$

*y cumple las propiedades siguientes*

1.  $\lim_{x \rightarrow +\infty} F(x) = 1.$
2.  $\lim_{x \rightarrow -\infty} F(x) = 0.$
3. Si  $x_1 \leq x_2$ , entonces  $F(x_1) \leq F(x_2).$
4.  $F(x)$  es continua por la derecha, es decir,  $F(x+) = F(x).$

Se definirán los vectores aleatorios como  $(x_1, \dots, x_n) = \underline{x}$

**Definición 8 (Función de densidad conjunta)** *Sea  $(X, Y)$  un vector continuo con función de distribución  $F(x_1, \dots, x_n)$ . Se dice que  $X_1, \dots, X_n$  es absolutamente continuo si existe una función no negativa e integrable  $f(x_1, \dots, x_n) : \mathbb{R}^2 \rightarrow [0, \infty)$ , tal que,  $\forall (x, y) \in \mathbb{R}^2$ , se cumple la igualdad*

$$F(x_1, \dots, x_n) = \int_{-\infty}^{x_1} \cdots \int_{-\infty}^{x_n} f(u_1, \dots, u_n) du_1 \dots du_n$$

*A la función  $f(x, y)$  se le denota por  $f_{X,Y}(x, y)$ , y se le llama función de densidad conjunta de  $X$  y  $Y$ .*

**Definición 9 (Función de distribución marginal)** Sea  $(X_1, \dots, X_n)$  un vector con función de distribución  $F(x_1, \dots, x_n)$ . A la función

$$F(x_i) = \lim_{x_1, \dots, x_{i-1}, x_{i+1}, x_n \rightarrow \infty} F(x_1, \dots, x_n)$$

se le conoce como la función de distribución marginal de  $X_i$ .

**Definición 10 (Función de densidad condicional)** Sea el vector aleatorio  $(\underline{X}) = (X_1, \dots, X_n)$  con función de densidad  $f_{\underline{X}}(\underline{x})$ , y sea la variable aleatoria  $X_{n+1}$  tal que  $f_{X_{n+1}}(x_{n+1}) \neq 0$ . A la función

$$\underline{x} \mapsto f_{\underline{X}|X_{n+1}}(\underline{x}|x_{n+1}) = \frac{f_{\underline{X}}(\underline{x})}{f_{X_{n+1}}(x_{n+1})}$$

se le conoce como la función de densidad condicional de  $\underline{X}$  dado que  $X_{n+1}$  toma el valor  $x_{n+1}$ .

**Definición 11 (Independencia)** Las variables aleatorias  $X_1, \dots, X_n$  son independientes si, y sólo si, para cada  $(x, y) \in \mathbb{R}^n$  se cumple la igualdad

$$F_{\underline{X}}(\underline{x}) = \prod_{i=1}^n F_{X_i}(x_i)$$

**Definición 12 (Muestra aleatoria)** Se define como muestra aleatoria a un conjunto de variables aleatorias  $X_1, X_2, \dots, X_n$  que cumplen ser independientes entre sí e idénticamente distribuidas.

**Definición 13 (Esperanza)** Sea  $X$  una variable aleatoria con función de distribución  $F(x)$ . La esperanza de  $X$ , denotada por  $E(X)$ , se define como el número

$$E(X) = \int_{-\infty}^{\infty} x dF(x) < \infty$$

**Definición 14 (Varianza)** La varianza de una variable aleatoria  $X$ , denotada por  $Var(X)$ , se define como la siguiente esperanza, si ésta existe,

$$Var(X) = E(X - E(X))^2.$$

**Definición 15 (Cuantil)** Sea  $p$  un número real cualquiera en el intervalo unitario  $(0, 1)$ . Se le llama cuantil de orden  $p$  de una variable aleatoria  $X$  o de su distribución, a cualquier número  $x_p$  que cumpla las condiciones:

1.  $P(X \leq x_p) \geq p$ ,
2.  $P(X \geq x_p) \leq 1 - p$ .

**Definición 16 (Proceso estocástico)** Sea  $(\Omega, \mathfrak{F}, P)$  un espacio de probabilidad. Un proceso estocástico es una colección de variables aleatorias  $\{X_\theta : \theta \in \Theta\}$ , parametrizada por un conjunto  $\Theta$ , llamado espacio parametral y con valores en un conjunto  $S$  llamado espacio de estados.

**Definición 17 (Proceso Poisson I)** Sea  $T_1, T_2, \dots$  una sucesión de variables aleatorias independientes cada una con distribución  $\exp(1/\lambda)$ . El proceso de Poisson de parámetro  $\lambda$  es el proceso a tiempo continuo  $\{X_t : t = 0\}$  definido de la siguiente manera:

$$X_t = \text{máx } n \geq 1 : T_1 + \dots + T_n \leq t$$

**Definición 18 (Proceso Poisson II)** Un proceso Poisson de parámetro  $\lambda > 0$  es un proceso a tiempo continuo  $\{X_t : t \geq 0\}$ , con espacio de estados  $\{0, 1, \dots\}$  cumple las siguientes propiedades

1.  $X(0) = 0$ .
2. Tiene incrementos independientes y estacionarios.
3. Para cualquier  $t \geq 0$ , y cuando  $h$  tiende a 0,
  - i)  $P(X_{t+h} - X_t \geq 1) = \lambda h + o(h)$ .
  - ii)  $P(X_{t+h} - X_t \geq 2) = o(h)$ .

**Definición 19 (Proceso Poisson Compuesto)** Sea  $\{N_t : t = 0\}$  un proceso de Poisson y sea  $X_1, X_2, \dots$  una sucesión de variables aleatorias independientes, idénticamente distribuidas e independientes del proceso Poisson. Sea  $X_0 = 0$ . El proceso de Poisson compuesto se define de la siguiente

forma:

$$S_t = \sum_{n=0}^{N(t)} X_n$$

Función Generadora

$$M_t(t) = E(e^{tX})$$

**Definición 20 (Ley Débil de los Grandes Números)** *La ley débil de los grandes números establece si  $X_1, X_2, X_3, \dots$  es una secuencia infinita de variables aleatorias, donde todas las variables aleatorias tiene el mismo valor esperado  $\mu$  y varianza  $\sigma^2$ ; y son independientes, entonces el promedio de una muestra*

$$\bar{X}_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

*converge en probabilidad a  $\mu$ . En otras palabras: para cualquier número positivo  $\epsilon$ , sin importar cuan pequeño, se tiene*

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P(|\bar{X}_n - \mu| < \epsilon) = 1$$

**Definición 21 (Ley Fuerte de los Grandes Números)** *La ley fuerte de los grandes números establece que si  $X_1, X_2, \dots$  es una secuencia infinita de variables aleatorias que son independientes e idénticamente distribuidas con  $E(|X_i|) < \infty$  (y donde el valor esperado es  $\mu$ ), entonces*

$$P\left(\lim_{n \rightarrow \infty} \bar{X}_n = \mu\right) = 1$$

Convolución Propiedades

$$E(X) = E(E(X|N))$$

$$Var(X) = Var(E(X|N)) + E(Var(X|N))$$



## Estadística

**Definición 22 (Error cuadrático medio (ECM))** Sea  $T(X)$  un estimador para  $\tau(\theta)$  en  $f(x; \theta)$  se define el ECM de  $T$  como

$$ECM_T(\theta) = E((T(X) - \tau(\theta))^2) = \text{Var}(T) + (E(T(X)) - \tau(\theta))^2$$

**Definición 23 (Estimador insesgado)** Un estimador  $T(\underline{X})$  de  $\tau(\theta)$  es insesgado si

$$E(T(\underline{X})) = \tau(\theta)$$

a la cantidad  $E(T(\underline{X})) - \tau(\theta)$  se le denomina sesgo

Lo que significa que en promedio, los valores de  $T(\underline{X})$  dan  $\tau(\theta)$

**Definición 24 (Estadística)** Una estadística  $T(\underline{X})$  es cualquier función de la muestra aleatoria que no depende de los parámetros

Propiedades de los estimadores

**Definición 25 (Consistencia)** Sea  $X_1, X_2, \dots, X_n$  una muestra aleatoria de  $f(x; \theta)$  y  $T_1, T_2, \dots, T_n$  una sucesión de estimadores, se dice que el estadístico  $T_n$  es consistente en ECM si  $\forall \epsilon > 0$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} ECM_{T_n} = 0$$

**Definición 26 (Consistencia Simple)** Sea  $X_1, X_2, \dots, X_n$  una muestra aleatoria de  $f(x; \theta)$  y  $T_1, T_2, \dots, T_n$  una sucesión de estimadores, se dice que el estadístico  $T_n$  es consistente simple si  $\forall \epsilon > 0$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P(T_n - \tau(\theta) < \epsilon) = 1$$

**Definición 27 (Completez)** Sea  $X_1, X_2, \dots, X_n$  una muestra aleatoria de  $f(x; \theta)$  y  $T(\underline{X})$  una estadística, se dice que  $T(\underline{X})$  es completa sí y sólo si

$$E(G(T(\underline{X}))) = 0 \implies P(G(T(\underline{X})) = 0) = 1$$

**Definición 28 (Suficiencia)** Sea  $X_1, X_2, \dots, X_n$  una muestra aleatoria de  $f(x; \theta)$ , se dice que  $S(\underline{X})$  es una estadística suficiente si y sólo si la densidad condicional de  $X_1, X_2, \dots, X_n$  dado  $S(\underline{X}) = s$  no depende de los parámetros para cualquier valor de  $s$  de  $S(\underline{X})$ , es decir:

$$f_{\underline{X}|S(\underline{X})}(\underline{x}|s) = h(\underline{x})$$

**Definición 29 Invarianza**

**Definición 30 Sesgo**

**Definición 31 (UMVUE)** Un estimador  $T^*(\underline{X})$  se dice que es UMVUE (Estimador insesgado con varianza mínima uniforme) si  $\forall \theta \in \Theta$  y para toda estadística  $T(\underline{X})$ :

1.  $E(T^*(\underline{X})) = \tau(\theta)$
2.  $Var(T^*(\underline{X})) \leq Var(T(\underline{X}))$

**Definición 32 (Información de fisher)** Se define  $I_{\underline{X}}(\theta)$  como la información de Fisher por unidad muestral

$$I_{\underline{X}}(\theta) = -E\left(\frac{\partial^2 \log f(x|\theta)}{\partial \theta^2}\right) = nI_X(\theta)$$

# APÉNDICE B

A continuación se presentan los resultados obtenidos del modelo de Credibilidad de Bühlmann y la simulación Monte Carlo para el cálculo de la probabilidad de Ruina. Los datos fueron obtenidos del SESA 1, vehículos individuales, de los años de 1995 hasta 2006, con deducibles de 5% para el caso de la cobertura de Daños Materiales y del 10% para Robo Total.

Se presenta la clasificación de acuerdo a AMIS de los vehículos por marca-tipo, encontrándose 306 diferentes, a continuación se presenta la descripción por columnas.

La primer columna establece el nombre de la marca-tipo del vehículo en cuestión; la segunda columna (*Exp*) describe proyección de la cantidad de vehículos expuestos; la columna *frec* hace referencia a la frecuencia proyectada; la cuarta columna (*# Sin*) es el número de siniestros esperado y se obtiene de la multiplicación de las anteriores dos columnas; las columnas  $E(Pma)$  y  $Var(Pma)$  representan la esperanza y varianza de la prima de riesgo histórica respectivamente; la columna  $z$  es el factor de credibilidad y la última columna  $P(Ruina)$  es la probabilidad de ruina.

### 3. APÉNDICE B

| Marca-Tipo                 | Daños Materiales |        |       |          |            |        |              |
|----------------------------|------------------|--------|-------|----------|------------|--------|--------------|
|                            | Exp              | frec   | # Sin | E(Pma)   | Var(Pma)   | z      | Pma P(Ruina) |
| 300 C                      | 314.64           | 17.05% | 54    | 25165.06 | 220881366  | 52.7%  | 3936 93%     |
| 300 M                      | 2514.52          | 17.53% | 441   | 18148.9  | 24693758   | 74.82% | 3378 2%      |
| 350 Z                      | 381.23           | 25.18% | 96    | 49043.58 | 94187390   | 59.76% | 7151 100%    |
| AG CABRIOLET               | 425.26           | 80.59% | 343   | 12040.65 | 15974313   | 52.7%  | 6722 100%    |
| ACURA MDX                  | 71.24            | 18.54% | 13    | 12630.19 | 41420623   | 42.62% | 3415 35%     |
| ACURA RDX                  | 10.28            | 9.73%  | 1     | 0        | 0          | 0%     | 4230 0%      |
| ACURA RL                   | 57.18            | 20.29% | 12    | 35028.39 | 892226472  | 42.62% | 4900 98%     |
| ACURA TL                   | 458.33           | 18.99% | 87    | 15220.85 | 66728222   | 42.62% | 3662 10%     |
| AERIO                      | 305.72           | 23.13% | 71    | 16028.62 | 8622613    | 42.62% | 3918 50%     |
| AEROSTAR                   | 770.93           | 17.34% | 134   | 6180.8   | 1069200    | 80.33% | 1699 0%      |
| ALFA ROMEO 147             | 401.67           | 30.27% | 122   | 41380.15 | 35223134   | 64.99% | 9754 100%    |
| ALFA ROMEO 156             | 654.44           | 23.03% | 151   | 35602.21 | 47235031   | 64.99% | 6009 100%    |
| ALFA ROMEO 166             | 2091.82          | 30.3%  | 634   | 22818.31 | 175765152  | 59.76% | 5725 100%    |
| ALHAMBRA                   | 647.52           | 10.1%  | 65    | 16835.83 | 10613484   | 64.99% | 3815 0%      |
| ALMERA                     | 4471.18          | 26.99% | 1207  | 13264.39 | 706012     | 69.02% | 3790 0%      |
| ALTEA                      | 174.94           | 23.99% | 42    | 23768.67 | 38406687   | 42.62% | 4873 96%     |
| ALTIMA                     | 23249.14         | 20.71% | 4815  | 11995.32 | 4589182    | 78.78% | 2859 0%      |
| ASPEN                      | 20.27            | 4.93%  | 1     | 4417     | 0          | 27.08% | 3144 0%      |
| ASTRA                      | 56197.74         | 25.04% | 14071 | 13862.04 | 9889580    | 72.22% | 3677 0%      |
| ATLANTIC                   | 1283.09          | 24.13% | 310   | 4265.32  | 2725929    | 80.33% | 1655 0%      |
| ATOS                       | 29796.02         | 26.18% | 7800  | 7727.89  | 273106     | 72.22% | 2632 0%      |
| ATTITUD                    | 1357.63          | 22.32% | 303   | 10856.96 | 0          | 27.08% | 3741 0%      |
| AUDI A3                    | 3138.61          | 30.22% | 948   | 22333.09 | 94700633   | 72.22% | 6171 100%    |
| AUDI A4                    | 5514.44          | 26.55% | 1464  | 25070.56 | 20108935   | 74.82% | 5923 100%    |
| AUDI A4 CABRIOLET          | 111.71           | 20.04% | 22    | 25176.25 | 319921060  | 72.22% | 4885 77%     |
| AUDI A6                    | 984.55           | 18.69% | 184   | 27110.39 | 221989898  | 74.82% | 4835 87%     |
| AUDI A8                    | 133.57           | 22.09% | 30    | 28573.94 | 562232470  | 72.22% | 5067 96%     |
| AUDI Q 7                   | 7.46             | 0%     | 0     | 0        | 0          | 0%     | 4230 0%      |
| AUDI RS                    | 23.93            | 26.6%  | 6     | 13363.46 | 85674936   | 52.7%  | 4429 57%     |
| AUDI S3                    | 86.11            | 27.9%  | 24    | 35911.26 | 115757970  | 69.02% | 8116 97%     |
| AUDI S4                    | 88.26            | 28.42% | 25    | 80696.35 | 7059741736 | 64.99% | 16605 99%    |
| AUDI S6                    | 67.56            | 42.8%  | 29    | 31770.82 | 264463903  | 69.02% | 7772 100%    |
| AUDI S8                    | 15.07            | 24.86% | 4     | 19337.25 | 579309741  | 42.62% | 4249 81%     |
| AUDI TT                    | 1012.99          | 24.14% | 245   | 26923.7  | 46929508   | 69.02% | 5557 100%    |
| AVALANCHE                  | 756.35           | 25.29% | 191   | 21027.62 | 128750738  | 64.99% | 4870 96%     |
| AVIATOR                    | 1267.97          | 19.13% | 243   | 26593.1  | 37979204   | 59.76% | 4776 88%     |
| AZTEK                      | 2155.65          | 14.55% | 314   | 17790.05 | 29175553   | 72.22% | 3029 1%      |
| B9 TRIBECA                 | 20.76            | 4.82%  | 1     | 15000    | 0          | 27.08% | 3280 0%      |
| BLACK WOOD                 | 12.8             | 23.32% | 3     | 6021.3   | 1008092    | 52.7%  | 2794 30%     |
| BLAZER                     | 18588.54         | 18.28% | 3397  | 10434.98 | 17444202   | 80.33% | 2360 0%      |
| BMW                        | 3323.11          | 20.82% | 692   | 28434.07 | 92799597   | 80.33% | 5574 94%     |
| BORA                       | 8958.09          | 20.33% | 1821  | 15584.14 | 1713655    | 42.62% | 3773 0%      |
| BORA GTI                   | 290.72           | 17.89% | 52    | 19881.77 | 0          | 27.08% | 4048 0%      |
| BUICK REGAL                | 841.63           | 18.16% | 153   | 10141.87 | 5750249    | 80.33% | 2322 1%      |
| CADILLAC                   | 2718.6           | 15.34% | 417   | 17099.28 | 16553278   | 80.33% | 2957 0%      |
| CADILLAC CTS               | 1007.25          | 16.52% | 166   | 38785.78 | 120075695  | 64.99% | 5561 97%     |
| CADILLAC SRX               | 96.7             | 13.57% | 13    | 22309.3  | 171117397  | 52.7%  | 3372 73%     |
| CALIBER                    | 743.53           | 18.43% | 137   | 13806.76 | 0          | 27.08% | 3773 0%      |
| CAMARO                     | 1185.08          | 24.76% | 293   | 19978.95 | 14806081   | 78.78% | 4757 78%     |
| CAMRY                      | 4414.57          | 20.12% | 888   | 16129.27 | 19308538   | 64.99% | 3609 0%      |
| CARIBE, BRASILIA, SAFARI   | 1907.53          | 26%    | 496   | 3904.19  | 4125845    | 80.33% | 1658 0%      |
| CAVALIER                   | 20063.22         | 19.8%  | 3972  | 6989.07  | 1794422    | 80.33% | 1939 0%      |
| CAVALIER (NVA. GENERACION) | 15721.98         | 19.35% | 3043  | 8642.36  | 3733441    | 80.33% | 2163 0%      |
| CAVALIER Z24               | 272.1            | 20.71% | 56    | 8145.78  | 2410316    | 80.33% | 2206 4%      |
| CAZENNE                    | 256.39           | 12.37% | 32    | 64139.95 | 330442725  | 52.7%  | 6065 100%    |
| CENTURY                    | 3049.69          | 20.26% | 618   | 6180.31  | 763053     | 80.33% | 1841 0%      |
| CHARGER                    | 54.37            | 12.87% | 7     | 18958    | 0          | 27.08% | 3746 0%      |
| CHEVELLE, NOVA, CAPRICE    | 2032.26          | 20.57% | 418   | 7662.87  | 16346323   | 80.33% | 2071 0%      |
| CHEVROLET HHR              | 1118.13          | 25.58% | 286   | 17266.58 | 3775835    | 42.62% | 4330 57%     |
| CHEVROLET VENTURE          | 19305.38         | 14.78% | 2853  | 11507.89 | 2740840    | 76.97% | 2274 0%      |
| CHEVY                      | 293132.17        | 28.04% | 82188 | 5962.39  | 2032600    | 80.33% | 2162 0%      |
| CHEVY C2                   | 20528.1          | 28.54% | 5858  | 7937.63  | 173030     | 52.7%  | 3196 0%      |
| CHRYSLER 600, MAGNUM K     | 173.45           | 22.92% | 40    | 4125.56  | 2890369    | 80.33% | 1650 3%      |
| CHRYSLER NEW YORKER        | 352.39           | 18.18% | 64    | 6154.64  | 689694     | 80.33% | 1732 1%      |
| CIRRUS                     | 9792.8           | 20.47% | 2005  | 15353.74 | 98612250   | 78.78% | 3324 0%      |
| CITATION, CELEBRITY        | 2200.17          | 24.12% | 531   | 4348.11  | 2580776    | 80.33% | 1669 0%      |
| CLASE 200                  | 1587.16          | 17.27% | 274   | 28250.81 | 21591130   | 52.7%  | 4548 92%     |
| CLASE 300                  | 680.5            | 13.73% | 93    | 29944.01 | 54729441   | 52.7%  | 4189 54%     |
| CLASE 400                  | 185.57           | 17.01% | 32    | 31855.36 | 181254196  | 52.7%  | 4969 89%     |
| CLASE 500                  | 178.43           | 13.56% | 24    | 43938.03 | 1373398805 | 52.7%  | 5397 91%     |
| CLASE 600                  | 20.8             | 11.36% | 2     | 49192.5  | 7094595265 | 52.7%  | 5517 49%     |
| CLASE A                    | 928.16           | 17.7%  | 164   | 15713.18 | 2205369    | 52.7%  | 3462 0%      |
| CLASE G                    | 1.39             | 60.61% | 1     | 10228    | 85072968   | 42.62% | 4401 80%     |
| CLASE ML                   | 561.88           | 15.64% | 88    | 26262.78 | 36274872   | 52.7%  | 4191 57%     |
| CLIO                       | 26763.53         | 19.51% | 5222  | 14816.14 | 1150338    | 64.99% | 4370 0%      |

| Daños Materiales           |           |        |       |           |              |        |           |
|----------------------------|-----------|--------|-------|-----------|--------------|--------|-----------|
| Marca-Tipo                 | Exp       | frec   | # Sin | E(Pma)    | Var(Pma)     | Pma    | P(Ruina)  |
| CLIO SPORT                 | 1125.39   | 33.16% | 373   | 24702.19  | 14428201     | 64.99% | 6804 100% |
| COMBI                      | 807.16    | 17.54% | 142   | 5816.29   | 1092420      | 80.33% | 1653 0%   |
| CONCORDE                   | 1320.74   | 18.67% | 247   | 11395.67  | 2512495      | 80.33% | 2555 2%   |
| CONTOUR                    | 9185.82   | 18.2%  | 1672  | 9256.32   | 2463873      | 78.78% | 2216 0%   |
| CORDOBA                    | 20504.48  | 22.21% | 4554  | 11641.26  | 1464604      | 69.02% | 3619 0%   |
| CORDOBA, LE BARON Y K      | 1142.45   | 20.74% | 237   | 6785.04   | 6358005      | 80.33% | 2034 0%   |
| COROLLA                    | 6266.75   | 23.33% | 1462  | 14269.94  | 7215414      | 64.99% | 3633 0%   |
| CORSA                      | 110497.56 | 23.37% | 25821 | 10094.55  | 469815       | 64.99% | 3503 0%   |
| CORSAR, VARIANT            | 261.11    | 26.11% | 68    | 5428.68   | 1966437      | 80.33% | 1989 2%   |
| CORVETTE                   | 385.88    | 12.88% | 50    | 32270.85  | 36996572     | 80.33% | 4204 71%  |
| COUGAR                     | 1094.76   | 22.64% | 248   | 7062.67   | 1005208      | 80.33% | 2129 0%   |
| CROSS FOX                  | 1285.44   | 13.93% | 179   | 15416.16  | 0            | 27.08% | 3666 0%   |
| CROSSFIRE                  | 240.76    | 20.43% | 49    | 31711.19  | 637224017    | 52.7%  | 5642 89%  |
| CROWN VICTORIA             | 76.53     | 35.45% | 27    | 14602.27  | 97698040     | 64.99% | 3509 99%  |
| CUTLASS                    | 8596.65   | 19.75% | 1698  | 6207.25   | 868079       | 80.33% | 1821 0%   |
| DART K, VOLARE K           | 1036.53   | 20.62% | 214   | 4040.98   | 1177058      | 80.33% | 1495 0%   |
| DATSUN                     | 47.31     | 22.85% | 11    | 3636.89   | 1850385      | 80.33% | 1530 27%  |
| DATSUN SAMURAI, SAKURA     | 5635.54   | 25.42% | 1432  | 4474.6    | 2148853      | 80.33% | 1705 0%   |
| DERBY Y NUEVO DERBY        | 41237.57  | 30.25% | 12476 | 8620.76   | 6083629      | 80.33% | 2923 0%   |
| DODGE CHARGER              | 158.73    | 24.41% | 39    | 12087.91  | 63020670     | 42.62% | 3631 40%  |
| DODGE RAM CHARGER          | 3103.69   | 16.61% | 516   | 6221.57   | 2287598      | 80.33% | 1862 0%   |
| DODGE WAGON                | 2983.68   | 18.98% | 566   | 7487.42   | 3610032      | 80.33% | 1985 0%   |
| DURANGO                    | 6087.1    | 19.82% | 1206  | 14262.1   | 15965295     | 74.82% | 3177 0%   |
| ECLIPSE                    | 744.65    | 25.03% | 186   | 30602.35  | 281577546    | 59.76% | 6373 100% |
| ECO SPORT                  | 57265.09  | 22.42% | 12841 | 14348.94  | 3622360      | 59.76% | 3625 0%   |
| EDGE                       | 0.53      | 0%     | 0     | 0         | 0            | 0%     | 4230 0%   |
| ENDEAVOR                   | 1185.33   | 20.62% | 244   | 13718.49  | 24931248     | 52.7%  | 3527 0%   |
| EQUINOX                    | 4579.72   | 17.4%  | 797   | 18409.12  | 3072512      | 52.7%  | 3680 0%   |
| ESCALADE                   | 1598.91   | 20.32% | 325   | 19564.39  | 5896518      | 64.99% | 4068 27%  |
| ESCAPE                     | 28938.17  | 17.37% | 5026  | 13330.69  | 15884807     | 72.22% | 2962 0%   |
| ESCORT Y NUEVO ESCORT      | 18958.04  | 20.28% | 3845  | 7439.34   | 1653785      | 80.33% | 2049 0%   |
| ESCORT ZX2                 | 4188.76   | 21.84% | 915   | 10063.81  | 3344271      | 76.97% | 2682 0%   |
| EUROVAN                    | 2666.3    | 19.88% | 530   | 12050.38  | 12304538     | 72.22% | 2840 0%   |
| EXCURSION                  | 485.9     | 15.12% | 73    | 15359.72  | 14850990     | 69.02% | 2889 12%  |
| EXPEDITION                 | 14258.72  | 18.76% | 2675  | 15538.79  | 2682703      | 76.97% | 3160 0%   |
| FAIRMONT, TOPAZ            | 8603.21   | 21.98% | 1891  | 4875.32   | 685913       | 80.33% | 1696 0%   |
| FERRARI                    | 16.16     | 17.31% | 3     | 300903.27 | 196599268615 | 64.99% | 47429 73% |
| FIESTA                     | 57144.17  | 26.32% | 15040 | 10354.22  | 814080       | 74.82% | 3105 0%   |
| FIVE HUNDRED               | 933.98    | 14.78% | 138   | 20251.74  | 16537930     | 52.7%  | 3484 6%   |
| FOCUS                      | 42654.96  | 20.23% | 8630  | 13469.01  | 1067955      | 72.22% | 3137 0%   |
| FORD CARRY ALL             | 376.45    | 16.44% | 62    | 5176.33   | 5474884      | 80.33% | 1522 0%   |
| FORD CLUB WAGON, ECONOLIN  | 1546.73   | 18.36% | 284   | 9151.11   | 3639901      | 52.7%  | 2912 0%   |
| FORD CLUB WAGON, ECONOLINE | 2996.71   | 22.75% | 682   | 9805.92   | 701342       | 64.99% | 2928 0%   |
| FORD EXPLORER (IMPORT. )   | 27789.29  | 18.3%  | 5086  | 13374.82  | 10531218     | 80.33% | 2803 0%   |
| FORD FUSION                | 1179.58   | 26.95% | 318   | 19901.29  | 5908584      | 42.62% | 4696 100% |
| FORD GHIA                  | 3477.23   | 20.9%  | 727   | 5678.4    | 666617       | 80.33% | 1792 0%   |
| FREESTAR                   | 5808.62   | 18.5%  | 1075  | 13548.6   | 2293004      | 52.7%  | 3314 0%   |
| FRONTERIZOS                | 18748.83  | 15.81% | 2964  | 6513.06   | 0            | 27.08% | 3363 0%   |
| G6                         | 1.16      | 0%     | 0     | 0         | 0            | 0%     | 4230 0%   |
| GALANT                     | 1308.13   | 21.54% | 282   | 24767     | 167833078    | 59.76% | 4772 100% |
| GENERAL MOTORS EXPRESS VA  | 1174.81   | 15.67% | 184   | 14058.28  | 4579290      | 52.7%  | 3098 0%   |
| GEO TRACKER                | 17096.71  | 18.48% | 3160  | 11897.14  | 13118288     | 78.78% | 2602 0%   |
| GOLF                       | 5127.21   | 19.82% | 1016  | 4969.73   | 1814081      | 80.33% | 1799 0%   |
| GOLF GEN. 4                | 10529.42  | 26.15% | 2753  | 11166.12  | 2601292      | 72.22% | 3289 0%   |
| GRAN AM                    | 5367.73   | 21.89% | 1175  | 15087.58  | 7477737      | 72.22% | 3549 0%   |
| GRAND MARQUIS, CROWN VIC.  | 17968.04  | 18.84% | 3386  | 9240.96   | 3635057      | 80.33% | 2234 0%   |
| GRAND RAID                 | 100.24    | 22.95% | 23    | 13855.78  | 0            | 27.08% | 3946 0%   |
| GRAND VITARA               | 641.13    | 19.94% | 128   | 12841.69  | 141027486    | 42.62% | 3304 6%   |
| GRANDIS                    | 9.97      | 40.12% | 4     | 19223.5   | 0            | 27.08% | 5173 0%   |
| HIACE                      | 242.04    | 27.6%  | 67    | 14328.15  | 26147122     | 42.62% | 4037 59%  |
| HIKARI                     | 903.16    | 21.43% | 194   | 4753.41   | 1601135      | 80.33% | 1623 0%   |
| HONDA ACCORD               | 31884.75  | 19.35% | 6169  | 12749.83  | 7309807      | 80.33% | 2884 0%   |
| HONDA CIVIC                | 16871.05  | 34.03% | 5742  | 11252.39  | 17391288     | 78.78% | 3350 100% |
| HONDA CR-V                 | 14426.08  | 20.19% | 2912  | 19330.45  | 8722972      | 64.99% | 4007 0%   |
| HONDA FIT                  | 250.02    | 28.78% | 72    | 14716.17  | 3026653      | 42.62% | 4247 68%  |
| HUMMER                     | 626.96    | 23.54% | 148   | 20395.37  | 167109007    | 52.7%  | 4427 91%  |
| IBIZA                      | 38152.04  | 32.49% | 12396 | 11797.74  | 2146818      | 69.02% | 3956 0%   |
| ICHI VAN, CARRY ALL        | 944.4     | 13.32% | 126   | 4996.05   | 1939983      | 80.33% | 1695 0%   |
| IKON                       | 43880.24  | 29.95% | 13144 | 12366.26  | 442012       | 69.02% | 3859 0%   |
| IMPALA                     | 2478.87   | 18.12% | 449   | 13212.47  | 7240579      | 72.22% | 2900 0%   |
| IMPERIAL                   | 5.67      | 15%    | 1     | 12134.57  | 79091385     | 74.82% | 2740 61%  |
| INFINITI                   | 1650.5    | 18.98% | 313   | 15124.28  | 5373874      | 59.76% | 3420 0%   |
| INFINITI Q45               | 0         | 0%     | 0     | 0         | 0            | 0%     | 4230 0%   |
| INTREPID                   | 2745.73   | 20.12% | 552   | 11063.86  | 3442613      | 80.33% | 2637 0%   |
| JAGUAR                     | 2058.59   | 21.83% | 449   | 116279.63 | 33745322032  | 74.82% | 39106 0%  |
| JEEP COMMANDER             | 133.85    | 17.81% | 24    | 20769.62  | 0            | 27.08% | 4086 0%   |

3. APÉNDICE B

| Marca-Tipo              | Daños Materiales |        |       |           |              |        |       |          |
|-------------------------|------------------|--------|-------|-----------|--------------|--------|-------|----------|
|                         | Exp              | frec   | # Sin | E(Pma)    | Var(Pma)     | z      | Pma   | P(Ruina) |
| JEEP COMPASS            | 57.96            | 12.08% | 7     | 14198.14  | 0            | 27.08% | 3549  | 0%       |
| JEEP GRAND CHEROKEE     | 14404.19         | 19.9%  | 2867  | 12720.56  | 2912454      | 80.33% | 2862  | 0%       |
| JEEP LIBERTY            | 26668.25         | 18.94% | 5052  | 13341.2   | 5684133      | 69.02% | 3215  | 0%       |
| JEEP WRANGLER           | 1880.62          | 18.62% | 350   | 9304.27   | 7147652      | 80.33% | 2200  | 0%       |
| JETTA                   | 3943.51          | 24.45% | 964   | 5748.09   | 2237622      | 80.33% | 1940  | 0%       |
| JETTA GEN. 4            | 148039.3         | 23.09% | 34181 | 12184.52  | 1244714      | 72.22% | 3200  | 0%       |
| KA                      | 21542.4          | 30.45% | 6559  | 11762.06  | 878605       | 69.02% | 3770  | 0%       |
| LAGUNA                  | 730              | 17.33% | 127   | 22479.56  | 16468534     | 64.99% | 4773  | 2%       |
| LANCER                  | 3846.93          | 18.75% | 721   | 13246.59  | 29838046     | 59.76% | 3348  | 0%       |
| LAND CRUISER            | 1182.45          | 23.18% | 274   | 9730.13   | 24666181     | 59.76% | 2735  | 0%       |
| LAND ROVER              | 2466.98          | 18.57% | 458   | 27020.81  | 112402327    | 76.97% | 4771  | 90%      |
| LEGACY                  | 11.74            | 25.55% | 3     | 26956     | 0            | 27.08% | 4949  | 0%       |
| LEON                    | 5099.35          | 29.82% | 1520  | 21627.86  | 23135681     | 69.02% | 5579  | 100%     |
| LINCOLN                 | 4125.41          | 16.28% | 672   | 17321.96  | 17341608     | 80.33% | 3109  | 0%       |
| LINCOLN NAVIGATOR       | 2496.74          | 15.14% | 378   | 23501.28  | 86230763     | 74.82% | 3627  | 26%      |
| LINCOLN ZEPHYR          | 124.38           | 16.71% | 21    | 26403.92  | 21897859     | 42.62% | 4215  | 89%      |
| LOTUS                   | 12.65            | 15.82% | 2     | 5659      | 0            | 27.08% | 3327  | 0%       |
| LUCINO                  | 1930.1           | 24.5%  | 473   | 7432.74   | 584672       | 78.78% | 2338  | 0%       |
| LUMINA                  | 397.03           | 14.83% | 59    | 9425.9    | 8361325      | 78.78% | 1995  | 6%       |
| LUPO                    | 10063.93         | 25.79% | 2595  | 9860.6    | 923766       | 52.7%  | 3335  | 0%       |
| MARINER                 | 457.18           | 17.21% | 79    | 19949.75  | 5403996      | 42.62% | 3889  | 26%      |
| MARK LT                 | 173.16           | 30.62% | 53    | 20876.52  | 596956117    | 42.62% | 4117  | 100%     |
| MASERATI                | 15.26            | 15.91% | 2     | 250353.15 | 101100434987 | 64.99% | 37935 | 58%      |
| MATIZ                   | 19442.07         | 28.19% | 5482  | 9820.8    | 6323286      | 59.76% | 3352  | 0%       |
| MATRIX                  | 1463.57          | 26.88% | 393   | 11653.9   | 52558383     | 64.99% | 3329  | 8%       |
| MAZDA 3                 | 817.37           | 31.7%  | 259   | 22345.59  | 120798393    | 42.62% | 5244  | 100%     |
| MAZDA 5                 | 174.28           | 26.55% | 46    | 15881.07  | 34429490     | 42.62% | 4069  | 82%      |
| MAZDA 6                 | 255.73           | 19.09% | 49    | 19691.34  | 118313308    | 42.62% | 4137  | 43%      |
| MEGANE                  | 5568.27          | 22.84% | 1272  | 18283.36  | 10556047     | 69.02% | 4118  | 38%      |
| MEGANE II               | 4691.76          | 25.95% | 1217  | 21944.71  | 6119533      | 52.7%  | 4985  | 100%     |
| MERCEDES BENZ           | 6452.46          | 19.13% | 1234  | 28951.17  | 36699667     | 80.33% | 5226  | 93%      |
| MERCURY MONTEGO         | 82.37            | 11.45% | 9     | 7331.5    | 100862605    | 42.62% | 2830  | 9%       |
| MERCURY SABLE           | 9031.66          | 16.17% | 1461  | 12419.46  | 4811793      | 80.33% | 2459  | 0%       |
| MERIVA                  | 17924.31         | 22.36% | 4008  | 8744.17   | 572711       | 59.76% | 2871  | 0%       |
| MICRA                   | 764.36           | 31.95% | 244   | 24029.07  | 188473811    | 52.7%  | 3563  | 100%     |
| MINI COOPER             | 1993.31          | 19.81% | 395   | 24581.05  | 1557771      | 64.99% | 5394  | 1%       |
| MINI COOPER S           | 1608.61          | 21.94% | 353   | 24445.47  | 23794147     | 64.99% | 4960  | 96%      |
| MONDEO                  | 17618.37         | 26.31% | 4635  | 16898.95  | 1262641      | 69.02% | 4017  | 100%     |
| MONTANA                 | 150.56           | 8.51%  | 13    | 10681.25  | 38990337     | 42.62% | 2774  | 3%       |
| MONTERO                 | 2218.03          | 23.17% | 514   | 16549     | 13496156     | 59.76% | 4018  | 6%       |
| MR2                     | 42.1             | 25.11% | 11    | 35365.8   | 366349139    | 42.62% | 6433  | 99%      |
| MURANO                  | 4391.43          | 21.42% | 941   | 21291.83  | 22204909     | 59.76% | 4397  | 80%      |
| MUSTANG                 | 4358.24          | 20.24% | 882   | 19904.67  | 16213049     | 80.33% | 4119  | 8%       |
| MYSTIQUE                | 8146.27          | 20.69% | 1686  | 9352.28   | 3374203      | 80.33% | 2174  | 0%       |
| NEON                    | 53818.76         | 22.35% | 12028 | 8911.88   | 2658743      | 78.78% | 2474  | 0%       |
| NEON R/T                | 306.96           | 17.09% | 52    | 13266.67  | 7403977      | 52.7%  | 3146  | 6%       |
| NEW BEETLE              | 1577.11          | 17.8%  | 281   | 13153.08  | 23907777     | 52.7%  | 3291  | 0%       |
| NEW YORKER LH           | 694.73           | 17.69% | 123   | 12528.3   | 15652235     | 80.33% | 2577  | 11%      |
| NISSAN 240 SX           | 311.75           | 29.15% | 91    | 13056.69  | 38861864     | 80.33% | 3355  | 100%     |
| NISSAN 300 ZX           | 164.64           | 14.91% | 25    | 21943.79  | 27581956     | 80.33% | 3451  | 79%      |
| NISSAN MAXIMA           | 4447.97          | 19.52% | 868   | 11885.74  | 12175112     | 80.33% | 2674  | 0%       |
| NISSAN X-TRAIL          | 33373.39         | 19.59% | 6538  | 16497.78  | 21043943     | 69.02% | 3377  | 0%       |
| NITRO                   | 47.89            | 4.18%  | 2     | 10000     | 0            | 27.08% | 3198  | 0%       |
| NUEVO GOLF              | 20497.27         | 21.18% | 4342  | 5859.77   | 1794193      | 80.33% | 2013  | 0%       |
| NUEVO JETTA             | 31598.01         | 24.38% | 7704  | 7039.42   | 1399890      | 80.33% | 2204  | 0%       |
| NUEVO MALIBU            | 31096.8          | 18.18% | 5652  | 12109.54  | 2256828      | 76.97% | 2666  | 0%       |
| ODISSEY                 | 7918.06          | 19.64% | 1555  | 11948.18  | 2157481      | 72.22% | 2874  | 0%       |
| OLDSMOBILE EIGHTY EIGHT | 70.27            | 19.04% | 13    | 9910.31   | 3324542      | 80.33% | 2354  | 44%      |
| OLDSMOBILE SILHOUETTE   | 975.86           | 14.51% | 142   | 8848.14   | 1839256      | 80.33% | 1861  | 0%       |
| OPTRA                   | 1621.12          | 19.62% | 318   | 14202.93  | 0            | 27.08% | 3839  | 0%       |
| OTROS                   | 33793.5          | 32.76% | 11072 | 7599.55   | 9174795      | 80.33% | 2757  | 0%       |
| OUTLANDER               | 6409.19          | 16.96% | 1087  | 15704     | 8585028      | 59.76% | 3698  | 0%       |
| OUTBACK                 | 1.54             | 0%     | 0     | 0         | 0            | 0%     | 4230  | 0%       |
| PACIFICA                | 1142.25          | 17.67% | 202   | 19868.26  | 57702554     | 59.76% | 3847  | 11%      |
| PALIO                   | 5128.69          | 20.99% | 1076  | 12839.42  | 317049       | 59.76% | 3339  | 0%       |
| PALIO ADVENTURE         | 4178.09          | 20.56% | 859   | 10789.74  | 3690052      | 52.7%  | 3173  | 0%       |
| PASSAT Y VARIANT        | 6815.44          | 22.97% | 1565  | 14707.62  | 20407770     | 80.33% | 3507  | 0%       |
| PATHFINDER              | 6703.6           | 21.99% | 1474  | 13165.35  | 5468377      | 76.97% | 3227  | 0%       |
| PATHFINDER ARMADA       | 919.1            | 20.42% | 188   | 16170.14  | 8741713      | 52.7%  | 3733  | 5%       |
| PEUGEOT 206             | 26146.3          | 25.27% | 6608  | 16645.68  | 7863074      | 69.02% | 4920  | 0%       |
| PEUGEOT 306             | 2458.59          | 26.53% | 652   | 18738.65  | 19014297     | 74.82% | 4682  | 92%      |
| PEUGEOT 307             | 6086.99          | 20.25% | 1233  | 17331.28  | 9369976      | 59.76% | 4491  | 0%       |
| PEUGEOT 405             | 515.91           | 31.44% | 162   | 21032.3   | 43156034     | 74.82% | 5605  | 100%     |
| PEUGEOT 406             | 1020.35          | 24.34% | 248   | 23066.83  | 10457360     | 59.76% | 5073  | 100%     |
| PEUGEOT 407             | 183.79           | 16.87% | 31    | 34170.03  | 0            | 27.08% | 4645  | 0%       |
| PEUGEOT 607             | 177.59           | 20.29% | 36    | 26187.98  | 160958583    | 59.76% | 5029  | 86%      |

| Daños Materiales          |           |        |       |           |            |        |       |          |
|---------------------------|-----------|--------|-------|-----------|------------|--------|-------|----------|
| Marca-Tipo                | Exp       | frec   | # Sin | E(Pma)    | Var(Pma)   | z      | Pma   | P(Ruina) |
| PHANTOM                   | 365.41    | 20.38% | 74    | 7125.98   | 926623     | 80.33% | 1998  | 1%       |
| PILOT                     | 2056.76   | 19.35% | 398   | 17729.45  | 7496823    | 59.76% | 3777  | 2%       |
| PLATINA                   | 74205.78  | 17.37% | 12890 | 10632.47  | 430865     | 64.99% | 3410  | 0%       |
| POINTER                   | 179957.6  | 28.53% | 51335 | 8809.56   | 854547     | 74.82% | 2944  | 0%       |
| POLO                      | 25071.79  | 22.8%  | 5717  | 11386.26  | 376081     | 59.76% | 3255  | 0%       |
| PONTIAC BONNEVILLE        | 1181.52   | 19.57% | 231   | 13746.34  | 12479000   | 80.33% | 2991  | 2%       |
| PONTIAC FIREBIRD TRANS AM | 283.85    | 19.89% | 56    | 19874.86  | 16962912   | 80.33% | 4008  | 72%      |
| PONTIAC G3                | 1035.82   | 24.43% | 253   | 14518.41  | 0          | 27.08% | 4045  | 0%       |
| PONTIAC G4                | 1055.28   | 29%    | 306   | 21128.81  | 4198849    | 42.62% | 5451  | 100%     |
| PONTIAC G6                | 823.48    | 22.35% | 184   | 28073.71  | 2989776    | 42.62% | 5119  | 100%     |
| PONTIAC GRAN PRIX         | 2234.3    | 20.1%  | 449   | 13916.29  | 6091754    | 76.97% | 3110  | 0%       |
| PORSCHE                   | 571.63    | 16.47% | 94    | 56454.73  | 866856386  | 69.02% | 7339  | 100%     |
| PT CRUISIER               | 4827.12   | 21.61% | 1043  | 13125.31  | 4386002    | 72.22% | 3221  | 0%       |
| QUEST                     | 1867.3    | 17.39% | 325   | 16190.68  | 138312071  | 76.97% | 3172  | 4%       |
| RAM QUAD CAB              | 259.62    | 25.67% | 67    | 12532.96  | 9273382    | 72.22% | 3576  | 40%      |
| RENAULT                   | 641.63    | 22.35% | 143   | 4153.31   | 7898650    | 80.33% | 1603  | 0%       |
| ROVER 75                  | 3483.3    | 20.01% | 697   | 19439.78  | 55643103   | 59.76% | 4173  | 0%       |
| ROVER MG                  | 3738.6    | 19.19% | 717   | 24039.51  | 116688575  | 59.76% | 4773  | 6%       |
| SAAB 9-3                  | 1846.62   | 12.01% | 222   | 31337.91  | 78738420   | 59.76% | 4242  | 2%       |
| SAAB 9-5                  | 140.03    | 14.34% | 20    | 45310.57  | 763776298  | 59.76% | 5181  | 97%      |
| SAAB CONVERTIBLE          | 11.04     | 19.39% | 2     | 51343.18  | 600224530  | 64.99% | 7790  | 81%      |
| SAAB WAGON                | 14.74     | 30.24% | 4     | 20261.03  | 79521385   | 69.02% | 9170  | 40%      |
| SCENIC                    | 5245.05   | 19.8%  | 1039  | 16442.38  | 10842343   | 69.02% | 3539  | 0%       |
| SEBRING / RT              | 85.43     | 24.68% | 21    | 17583.06  | 52796763   | 76.97% | 4390  | 83%      |
| SENTRA                    | 111734.13 | 19.87% | 22198 | 6747.38   | 5438608    | 80.33% | 1954  | 0%       |
| SERIE 3                   | 4962.21   | 21.01% | 1043  | 27955.61  | 1176074    | 52.7%  | 5092  | 100%     |
| SERIE 5                   | 1216.83   | 17.32% | 211   | 30058.79  | 11235856   | 52.7%  | 4747  | 98%      |
| SERIE 6                   | 26.69     | 11.24% | 3     | 30169     | 0          | 27.08% | 4003  | 0%       |
| SERIE 7                   | 172.11    | 13.83% | 24    | 39350.4   | 144272738  | 52.7%  | 4948  | 93%      |
| SERIE X                   | 1277.72   | 17.58% | 225   | 26106.62  | 75517311   | 52.7%  | 4383  | 93%      |
| SERIE Z                   | 423.66    | 16.31% | 69    | 28219.07  | 15797269   | 52.7%  | 4432  | 71%      |
| SHADOW                    | 4798.87   | 20.99% | 1007  | 5035.45   | 861020     | 80.33% | 1682  | 0%       |
| SHADOW GTS                | 664.7     | 20.98% | 139   | 5475.44   | 1876688    | 80.33% | 1755  | 0%       |
| SHARAN                    | 4728.03   | 12.97% | 613   | 13743.03  | 1415061    | 64.99% | 2990  | 0%       |
| SIENNA                    | 7512.84   | 18.83% | 1415  | 15429.2   | 7149721    | 59.76% | 3430  | 0%       |
| SILVERADO                 | 6848.2    | 16.04% | 1099  | 8495.19   | 2658857    | 80.33% | 2324  | 0%       |
| SMART                     | 236.84    | 26.6%  | 63    | 13907.27  | 0          | 27.08% | 4022  | 0%       |
| SOLARA                    | 39.24     | 15.29% | 6     | 55246     | 0          | 27.08% | 5372  | 0%       |
| SOLITICE                  | 78.19     | 26.26% | 21    | 30982.7   | 890858789  | 42.62% | 5267  | 98%      |
| SONORA                    | 2667.08   | 17.97% | 479   | 20265.79  | 103514087  | 72.22% | 3744  | 13%      |
| SPACE STAR                | 580.68    | 21.88% | 127   | 13779.26  | 10617151   | 59.76% | 3895  | 2%       |
| SPIRIT                    | 4810.7    | 19.65% | 945   | 5556.93   | 569162     | 80.33% | 1708  | 0%       |
| SPIRIT R/T                | 748.68    | 22.81% | 171   | 6056.86   | 666377     | 80.33% | 1957  | 0%       |
| SPORTVAN                  | 249.14    | 8.43%  | 21    | 11371.48  | 0          | 27.08% | 3344  | 0%       |
| SPRINTER WAGON            | 35.63     | 16.84% | 6     | 38066.33  | 0          | 27.08% | 4821  | 0%       |
| STRATUS R/T               | 5136.02   | 26.54% | 1363  | 14789.67  | 23867617   | 78.78% | 4125  | 0%       |
| STRATUS Y BREEZE          | 61989.24  | 21.19% | 13137 | 9219.68   | 2641322    | 80.33% | 2416  | 0%       |
| SUBARU FORESTER           | 5.99      | 33.39% | 2     | 44000     | 0          | 27.08% | 7063  | 0%       |
| SUBURBAN, CARRY ALL       | 22377.19  | 18.31% | 4097  | 7575.88   | 3126438    | 80.33% | 1927  | 0%       |
| SUNFIRE                   | 10255.41  | 21.54% | 2210  | 12277.36  | 3068632    | 76.97% | 3009  | 0%       |
| SUZUKI SWIFT              | 18.76     | 0%     | 0     | 0         | 0          | 0%     | 4230  | 0%       |
| TAHOE                     | 202.64    | 16.78% | 34    | 13254.03  | 0          | 27.08% | 3687  | 0%       |
| TAURUS                    | 317.83    | 22.35% | 71    | 5421.13   | 1369028    | 80.33% | 1810  | 1%       |
| THUNDERBIRD               | 781.08    | 26.22% | 205   | 8897.92   | 18738416   | 80.33% | 2882  | 1%       |
| THUNDERBIRD CONVERTIBLE   | 305       | 12.79% | 39    | 40597.92  | 83085112   | 59.76% | 4901  | 94%      |
| TIGRA                     | 144.89    | 26.65% | 39    | 17997.31  | 39697650   | 72.22% | 4728  | 84%      |
| TIIDA                     | 295.28    | 19.98% | 59    | 11574.24  | 0          | 27.08% | 3711  | 0%       |
| TOLEDO                    | 2589.63   | 29.64% | 768   | 11498.91  | 7518395    | 69.02% | 3760  | 0%       |
| TORRENT                   | 528.69    | 16.27% | 86    | 25231.97  | 0          | 27.08% | 4196  | 0%       |
| TOUAREG                   | 1120.78   | 17.75% | 199   | 22913.19  | 23932196   | 59.76% | 4090  | 47%      |
| TOYOTA 4 RUNNER           | 4230.72   | 23.63% | 1000  | 16840.55  | 101760400  | 64.99% | 4361  | 0%       |
| TOYOTA RUNNER             | 5114.39   | 28.33% | 1449  | 14548.75  | 20768986   | 59.76% | 4085  | 28%      |
| TSUBAME                   | 5351.78   | 22.88% | 1224  | 5429.64   | 2797238    | 80.33% | 1816  | 0%       |
| TSURU                     | 133174.36 | 24.51% | 32638 | 5224.46   | 2377163    | 80.33% | 1850  | 0%       |
| UPLANDER                  | 3300.46   | 12.84% | 424   | 14989.51  | 904323     | 42.62% | 3249  | 0%       |
| URVAN                     | 3759.17   | 23.25% | 874   | 11662.67  | 2324472    | 72.22% | 3156  | 0%       |
| V. A. M.                  | 578.95    | 16.85% | 98    | 4949.02   | 3930821    | 78.78% | 1511  | 0%       |
| V. W. SEDAN               | 56050.06  | 25.38% | 14227 | 4183.35   | 1403174    | 80.33% | 1678  | 0%       |
| VECTRA                    | 7291.35   | 24.46% | 1784  | 16106.92  | 5746286    | 59.76% | 4056  | 0%       |
| VERNA                     | 6272.73   | 24.21% | 1519  | 9623.84   | 17424      | 52.7%  | 3230  | 0%       |
| VIPER                     | 11.7      | 29.45% | 3     | 245781.58 | 4665377509 | 42.62% | 32880 | 99%      |
| VOLARE, SUPER BEE         | 357.71    | 20.73% | 74    | 3491.69   | 1355750    | 80.33% | 1405  | 0%       |
| VOVO                      | 9452.62   | 21.89% | 2069  | 35213.09  | 21550236   | 72.22% | 6730  | 100%     |
| VOYAGER                   | 50924.98  | 15.99% | 8142  | 8994.77   | 2148855    | 80.33% | 1998  | 0%       |
| WINDSTAR                  | 45048.11  | 16.94% | 7629  | 9944.04   | 2023060    | 80.33% | 2187  | 0%       |
| X TERRA                   | 2991.42   | 19.37% | 579   | 13322.92  | 9825441    | 72.22% | 3037  | 0%       |
| XARIS                     | 2497.71   | 24.25% | 606   | 18158.6   | 53396548   | 52.7%  | 4239  | 76%      |
| YUKON                     | 171.35    | 18.68% | 32    | 44439.63  | 0          | 27.08% | 5332  | 0%       |
| ZAFIRA                    | 4941.53   | 19.09% | 943   | 13269.83  | 5286636    | 64.99% | 3105  | 0%       |

Cuadro 3.1: Daños Materiales.

3. APÉNDICE B

| Marca-Tipo                 | Robo Total |       |       |           |  |             | Var(Pma) | z     | Pma    | P(Ruina) |
|----------------------------|------------|-------|-------|-----------|--|-------------|----------|-------|--------|----------|
|                            | Exp        | frec  | # Sin | E(Pma)    |  |             |          |       |        |          |
| 300 C                      | 297.49     | 0.69% | 2     | 309612.5  |  | 0           | 75.07%   | 2021  | 0%     |          |
| 300 M                      | 2495.02    | 1.06% | 26    | 139002.27 |  | 5522524748  | 96.44%   | 2035  | 16.67% |          |
| 350 Z                      | 354.73     | 0.77% | 3     | 240911.71 |  | 12332507833 | 92.33%   | 1790  | 80%    |          |
| A6 CABRIOLET               | 48.37      | 3.93% | 2     | 122633.17 |  | 1327996655  | 85.76%   | 3894  | 76.67% |          |
| ACURA MDX                  | 69.12      | 0%    | 0     | 0         |  | 0           | 0%       | 1714  | 0%     |          |
| ACURA RDX                  | 9.44       | 0%    | 0     | 0         |  | 0           | 0%       | 1714  | 0%     |          |
| ACURA RL                   | 33.99      | 0%    | 0     | 0         |  | 0           | 0%       | 1714  | 0%     |          |
| ACURA TL                   | 335.17     | 0.87% | 3     | 119870.13 |  | 4114174728  | 85.76%   | 1072  | 70%    |          |
| AERIO                      | 279.89     | 0.18% | 1     | 48753     |  | 0           | 75.07%   | 494   | 0%     |          |
| AEROSTAR                   | 1175.46    | 0.77% | 9     | 50528.97  |  | 988533176   | 97.31%   | 466   | 66.67% |          |
| ALFA ROMEO 147             | 349.62     | 1.65% | 6     | 169505.72 |  | 189692868   | 90.03%   | 2681  | 90%    |          |
| ALFA ROMEO 156             | 573.67     | 0.97% | 6     | 248282.11 |  | 15381293287 | 90.03%   | 2402  | 83.33% |          |
| ALFA ROMEO 166             | 2087.16    | 0.47% | 10    | 63144.09  |  | 50081733    | 85.76%   | 508   | 26.67% |          |
| ALHAMBRA                   | 882.2      | 0.51% | 5     | 144790.92 |  | 2545573567  | 92.33%   | 817   | 73.33% |          |
| ALMERA                     | 7928.63    | 0.48% | 38    | 77365.45  |  | 824187833   | 94.76%   | 425   | 43.33% |          |
| ALTEA                      | 130.23     | 1.06% | 1     | 143336    |  | 0           | 75.07%   | 1567  | 0%     |          |
| ALTIMA                     | 22384.21   | 0.67% | 151   | 92031.88  |  | 2357618819  | 97.07%   | 715   | 13.33% |          |
| ASPEN                      | 20.39      | 0%    | 0     | 0         |  | 0           | 0%       | 1714  | 0%     |          |
| ASTRA                      | 42584.5    | 0.38% | 161   | 95597.94  |  | 290797048   | 95.47%   | 826   | 0%     |          |
| ATLANTIC                   | 253.16     | 0.67% | 2     | 14459.44  |  | 46840470    | 97.31%   | 327   | 16.67% |          |
| ATOS                       | 29356.45   | 0.63% | 185   | 55501.68  |  | 72106565    | 94.76%   | 422   | 0%     |          |
| ATTTUD                     | 1298.54    | 0.15% | 2     | 120676    |  | 0           | 75.07%   | 567   | 0%     |          |
| AUDI A3                    | 3228.04    | 1.88% | 61    | 139107.45 |  | 4689958388  | 95.47%   | 2918  | 36.67% |          |
| AUDI A4                    | 5261.08    | 1.38% | 73    | 179219.58 |  | 6233910305  | 96.44%   | 2685  | 50%    |          |
| AUDI A4 CABRIOLET          | 109.77     | 2.4%  | 3     | 255565.3  |  | 41617375580 | 94.76%   | 5887  | 83.33% |          |
| AUDI A6                    | 975        | 1.35% | 13    | 311917.95 |  | 30570408300 | 96.01%   | 3869  | 93.33% |          |
| AUDI A8                    | 133.11     | 3.27% | 4     | 246940.28 |  | 24090902554 | 94.76%   | 5826  | 86.67% |          |
| AUDI Q 7                   | 7.73       | 0%    | 0     | 0         |  | 0           | 0%       | 1714  | 0%     |          |
| AUDI RS                    | 28.71      | 0%    | 0     | 0         |  | 0           | 0%       | 1714  | 0%     |          |
| AUDI S3                    | 92.37      | 3.18% | 3     | 236889.03 |  | 6081607497  | 93.77%   | 7258  | 86.67% |          |
| AUDI S4                    | 95.11      | 1.25% | 1     | 239953.63 |  | 60288310913 | 92.33%   | 23861 | 3.33%  |          |
| AUDI S6                    | 70.88      | 1.38% | 1     | 108225.25 |  | 8637197857  | 92.33%   | 1523  | 60%    |          |
| AUDI S8                    | 13.64      | 7.33% | 1     | 159980    |  | 0           | 75.07%   | 9236  | 0%     |          |
| AUDI TT                    | 1067.09    | 1.36% | 15    | 246542.21 |  | 12996932248 | 94.76%   | 3106  | 93.33% |          |
| AVALANCHE                  | 156.79     | 2.15% | 3     | 220667.4  |  | 11253942425 | 93.77%   | 4510  | 76.67% |          |
| AVIATOR                    | 1209.9     | 0.46% | 6     | 298507    |  | 12483082076 | 92.33%   | 4970  | 13.33% |          |
| AZTEK                      | 1676.95    | 1.52% | 26    | 151477.55 |  | 3210130300  | 95.47%   | 3193  | 20%    |          |
| B9 TRIBECA                 | 20.82      | 0%    | 0     | 0         |  | 0           | 0%       | 1714  | 0%     |          |
| BLACK WOOD                 | 13.52      | 0%    | 0     | 0         |  | 0           | 0%       | 1714  | 0%     |          |
| BLAZER                     | 12507.65   | 0.56% | 70    | 103066.04 |  | 2724130728  | 97.31%   | 989   | 3.33%  |          |
| BMW                        | 2824.19    | 1.47% | 41    | 179944.18 |  | 7026099487  | 97.07%   | 2891  | 56.67% |          |
| BORA                       | 8800.7     | 1.26% | 111   | 182618.81 |  | 198695      | 85.76%   | 2224  | 90%    |          |
| BORA GTI                   | 289.54     | 2.76% | 8     | 166362.63 |  | 0           | 75.07%   | 3878  | 0%     |          |
| BUICK REGAL                | 992.88     | 0.76% | 8     | 52843.81  |  | 1866653207  | 97.31%   | 473   | 56.67% |          |
| CADILLAC                   | 2895.09    | 1%    | 29    | 114986.68 |  | 2404071267  | 97.31%   | 1344  | 50%    |          |
| CADILLAC CTS               | 650.01     | 1.81% | 12    | 256635.17 |  | 3410360816  | 93.77%   | 4439  | 80%    |          |
| CADILLAC SRX               | 87.2       | 0%    | 0     | 0         |  | 0           | 0%       | 1714  | 0%     |          |
| CALIBER                    | 733.34     | 1.09% | 8     | 110503    |  | 0           | 75.07%   | 1332  | 0%     |          |
| CAMARO                     | 1285.88    | 2.2%  | 28    | 96066.57  |  | 2004549186  | 97.07%   | 2370  | 50%    |          |
| CAMRY                      | 3970.42    | 0.27% | 11    | 112300.38 |  | 699341990   | 93.77%   | 825   | 0%     |          |
| CARIBE, BRASILIA, SAFARI   | 222.84     | 2.4%  | 5     | 16647.78  |  | 157639641   | 97.31%   | 443   | 66.67% |          |
| CAVALIER                   | 13188.23   | 0.05% | 7     | 29778.35  |  | 212523790   | 97.31%   | 226   | 0%     |          |
| CAVALIER (NVA. GENERACION) | 16039.72   | 0.11% | 18    | 50889.71  |  | 414679090   | 97.31%   | 484   | 0%     |          |
| CAVALIER Z24               | 464.87     | 0.27% | 1     | 38697.57  |  | 308804011   | 97.31%   | 445   | 20%    |          |
| CAYENNE                    | 295.64     | 1.37% | 4     | 836176.33 |  | 0           | 75.07%   | 9057  | 0%     |          |
| CENTURY                    | 3328.92    | 0.59% | 20    | 29878.59  |  | 385185481   | 97.31%   | 241   | 46.67% |          |
| CHARGER                    | 54         | 1.85% | 1     | 354610    |  | 0           | 75.07%   | 5357  | 0%     |          |
| CHEVELLE, NOVA, CAPRICE    | 2666.57    | 0.78% | 21    | 38038.85  |  | 957188388   | 97.31%   | 376   | 53.33% |          |
| CHEVROLET HHR              | 800.73     | 1.31% | 10    | 115796.48 |  | 1025725660  | 85.76%   | 1542  | 76.67% |          |
| CHEVROLET VENTURE          | 16911.62   | 0.26% | 44    | 115710.39 |  | 3006359263  | 96.79%   | 1204  | 0%     |          |
| CHEVY                      | 238385.75  | 0.13% | 300   | 36694.94  |  | 258102352   | 97.31%   | 308   | 0%     |          |
| CHEVY C2                   | 19322.39   | 0.47% | 90    | 52135.25  |  | 81494605    | 90.03%   | 385   | 0%     |          |
| CHRYSLER 600, MAGNUM K     | 517.69     | 0.92% | 5     | 18608.39  |  | 603929478   | 96.44%   | 317   | 46.67% |          |
| CHRYSLER NEW YORKER        | 563.96     | 1.48% | 8     | 29373.55  |  | 161499360   | 97.31%   | 504   | 56.67% |          |
| CIRRUS                     | 9946.34    | 1.28% | 128   | 76330.09  |  | 773845629   | 97.07%   | 1189  | 0%     |          |
| CITATION, CELEBRITY        | 3871.42    | 0.57% | 22    | 32132.17  |  | 1090085514  | 97.31%   | 233   | 66.67% |          |
| CLASE 200                  | 1776.49    | 0.79% | 14    | 210950.83 |  | 2650718514  | 90.03%   | 1675  | 80%    |          |
| CLASE 300                  | 756.47     | 0.79% | 6     | 298108.48 |  | 7649862161  | 90.03%   | 2159  | 90%    |          |
| CLASE 400                  | 228.61     | 0.7%  | 2     | 122723.25 |  | 29579565151 | 85.76%   | 1329  | 53.33% |          |
| CLASE 500                  | 217.84     | 0.47% | 1     | 720475    |  | 0           | 75.07%   | 2943  | 0%     |          |
| CLASE 600                  | 25.83      | 0%    | 0     | 0         |  | 0           | 0%       | 1714  | 0%     |          |
| CLASE A                    | 1011.17    | 0.69% | 7     | 92690.49  |  | 499475644   | 90.03%   | 760   | 73.33% |          |
| CLASE G                    | 2.53       | 0%    | 0     | 0         |  | 0           | 0%       | 1714  | 0%     |          |
| CLASE ML                   | 620.95     | 1%    | 6     | 218770.88 |  | 3354831571  | 90.03%   | 1931  | 80%    |          |
| CLIO                       | 26525.93   | 0.8%  | 211   | 85555.17  |  | 100552391   | 93.77%   | 739   | 13.33% |          |



| Robo Total                 |          |        |       |           |             |        |      |          |
|----------------------------|----------|--------|-------|-----------|-------------|--------|------|----------|
| Marca-Tipo                 | Exp      | frec   | # Sin | E(Pma)    | Var(Pma)    | z      | Pma  | P(Ruina) |
| CLIO SPORT                 | 1142.36  | 2.05%  | 23    | 127644.33 | 644132443   | 93.77% | 2514 | 70%      |
| COMBI                      | 731.31   | 3.99%  | 29    | 45888.69  | 401657814   | 97.31% | 2109 | 56.67%   |
| CONCORDE                   | 1342.05  | 1.03%  | 14    | 58014.35  | 733931804   | 97.31% | 1617 | 0%       |
| CONTOUR                    | 9833.18  | 0.23%  | 22    | 62552.91  | 1114661701  | 97.07% | 749  | 0%       |
| CORDOBA                    | 17219.18 | 0.67%  | 115   | 78541.57  | 125152604   | 94.76% | 575  | 30%      |
| CORDOBA, LE BARON Y K      | 691.53   | 1.03%  | 7     | 26394.7   | 159810753   | 97.31% | 341  | 73.33%   |
| COROLLA                    | 5577.73  | 0.25%  | 14    | 87779.97  | 1681223491  | 93.77% | 597  | 0%       |
| CORSA                      | 73876.03 | 0.52%  | 388   | 69554.43  | 124970298   | 93.77% | 457  | 0%       |
| CORSAR, VARIANT            | 1509.16  | 0.83%  | 13    | 20059.89  | 123919720   | 97.31% | 403  | 16.67%   |
| CORVETTE                   | 390.95   | 1.75%  | 7     | 148164.12 | 7146014550  | 97.07% | 2532 | 76.67%   |
| COUGAR                     | 1742.54  | 0.38%  | 7     | 31959.59  | 285190086   | 97.31% | 545  | 3.33%    |
| CROSS FOX                  | 1266.42  | 0.24%  | 3     | 72395.33  | 0           | 75.07% | 556  | 0%       |
| CROSSFIRE                  | 221.57   | 2.15%  | 5     | 195079.6  | 20235052408 | 90.03% | 4796 | 73.33%   |
| CROWN VICTORIA             | 76.39    | 2.02%  | 2     | 68673.08  | 2498020510  | 90.03% | 1460 | 80%      |
| CUTLASS                    | 9549.27  | 0.08%  | 7     | 30008.12  | 277097398   | 97.31% | 258  | 0%       |
| DART K, VOLARE K           | 593.43   | 0.06%  | 0     | 16197.78  | 278947913   | 97.31% | 134  | 0%       |
| DATSUN                     | 162.56   | 1.62%  | 3     | 10007.03  | 44444388    | 97.07% | 255  | 53.33%   |
| DATSUN SAMURAI SAKURA      | 6158.94  | 0.21%  | 13    | 18003.71  | 185613876   | 97.31% | 446  | 0%       |
| DERBY Y NUEVO DERBY        | 42084.73 | 0.39%  | 164   | 46944.05  | 350250570   | 97.31% | 594  | 0%       |
| DODGE CHARGER              | 156.61   | 1%     | 2     | 285888.33 | 0           | 75.07% | 2581 | 0%       |
| DODGE RAM CHARGER          | 3829.27  | 0.49%  | 19    | 41977.06  | 357301687   | 97.31% | 659  | 0%       |
| DODGE WAGON                | 3445.89  | 1.04%  | 36    | 66469.58  | 1086985514  | 97.31% | 839  | 50%      |
| DURANGO                    | 5639.53  | 0.4%   | 22    | 132613.83 | 3951125622  | 96.44% | 2214 | 0%       |
| ECLIPSE                    | 712.97   | 0.2%   | 1     | 192970.48 | 2118573936  | 92.33% | 2749 | 3.33%    |
| ECO SPORT                  | 14315.49 | 0.44%  | 63    | 103428.7  | 577438131   | 92.33% | 567  | 10%      |
| EDGE                       | 0.53     | 0%     | 0     | 0         | 0           | 0%     | 1714 | 0%       |
| ENDEAVOR                   | 1127.28  | 1.05%  | 12    | 245308.87 | 5435622652  | 90.03% | 2923 | 73.33%   |
| EQUINOX                    | 3266.77  | 1.48%  | 48    | 200153.16 | 205190402   | 90.03% | 2813 | 90%      |
| ESCALADE                   | 1128.13  | 1.73%  | 19    | 294008.48 | 10769403167 | 93.77% | 4598 | 80%      |
| ESCAPE                     | 15280.84 | 0.34%  | 53    | 158618.98 | 3197283742  | 94.76% | 2259 | 0%       |
| ESCORT Y NUEVO ESCORT      | 21507.3  | 0.27%  | 58    | 41819.19  | 524581333   | 97.31% | 332  | 0%       |
| ESCORT ZX2                 | 4396.41  | 0.85%  | 38    | 60865.68  | 1016497414  | 96.79% | 656  | 26.67%   |
| EUROVAN                    | 2717.82  | 1.85%  | 50    | 114461.8  | 856249459   | 94.76% | 1856 | 96.67%   |
| EXCURSION                  | 425.15   | 12.99% | 55    | 219667.05 | 11754213310 | 94.76% | 6333 | 100%     |
| EXPEdition                 | 9989.85  | 0.35%  | 35    | 189463.3  | 6532119652  | 96.79% | 3891 | 0%       |
| FAIRMONT, TOPAZ            | 9600.34  | 0.15%  | 14    | 20865.84  | 185228769   | 97.31% | 177  | 0%       |
| FERRARI                    | 20.08    | 0%     | 0     | 0         | 0           | 0%     | 1714 | 0%       |
| FIESTA                     | 32056.6  | 0.2%   | 63    | 52847.84  | 536597195   | 96.44% | 337  | 0%       |
| FIVE HUNDRED               | 181.83   | 0%     | 0     | 0         | 0           | 0%     | 1714 | 0%       |
| FOCUS                      | 31566.04 | 0.13%  | 41    | 80706.14  | 2239992264  | 96.01% | 717  | 0%       |
| FORD CARRY ALL             | 916.17   | 0.62%  | 6     | 25273.99  | 233574826   | 96.44% | 278  | 46.67%   |
| FORD CLUB WAGON, ECONOLIN  | 8050.77  | 1.36%  | 110   | 62421.44  | 2103682883  | 92.33% | 1067 | 3.33%    |
| FORD CLUB WAGON, ECONOLINE | 2824.91  | 0.45%  | 13    | 89937.16  | 401491902   | 93.77% | 500  | 63.33%   |
| FORD EXPLORER (IMPORT. )   | 22417.64 | 0.34%  | 77    | 119398.99 | 3294266246  | 97.31% | 1804 | 0%       |
| FORD FUSION                | 190.22   | 0.28%  | 1     | 231699    | 0           | 75.07% | 908  | 0%       |
| FORD GHIA                  | 4753.48  | 0.66%  | 31    | 27562.03  | 268524830   | 97.31% | 247  | 43.33%   |
| FREESTAR                   | 1221.68  | 0.21%  | 3     | 92452.67  | 2354740992  | 90.03% | 335  | 63.33%   |
| FRONTERIZOS                | 14019.13 | 3.35%  | 470   | 35189.29  | 0           | 75.07% | 1313 | 0%       |
| G6                         | 1.11     | 0%     | 0     | 0         | 0           | 0%     | 1714 | 0%       |
| GALANT                     | 1250.6   | 0.49%  | 6     | 153100.08 | 8130668786  | 90.03% | 649  | 86.67%   |
| GENERAL MOTORS EXPRESS VA  | 5655.51  | 0.92%  | 52    | 86830.36  | 5712159382  | 90.03% | 857  | 63.33%   |
| GEO TRACKER                | 14652.23 | 0.59%  | 87    | 79032.65  | 1141487693  | 97.07% | 552  | 3.33%    |
| GOLF                       | 5490.74  | 0.54%  | 30    | 24038.17  | 119863023   | 97.31% | 384  | 0%       |
| GOLF GEN. 4                | 9524.97  | 1.23%  | 118   | 86382.75  | 277923375   | 95.47% | 1137 | 36.67%   |
| GRAN AM                    | 3990.14  | 0.89%  | 36    | 101596.94 | 2852838386  | 96.01% | 1118 | 40%      |
| GRAND MARQUIS, CROWN VIC.  | 10063.41 | 0.43%  | 43    | 68301.49  | 1063286923  | 97.31% | 836  | 0%       |
| GRAND RAID                 | 99.84    | 0%     | 0     | 0         | 0           | 0%     | 1714 | 0%       |
| GRAND VITARA               | 598.91   | 1.03%  | 6     | 219199.92 | 0           | 75.07% | 2125 | 0%       |
| GRANDIS                    | 9.9      | 0%     | 0     | 0         | 0           | 0%     | 1714 | 0%       |
| HIACE                      | 239.18   | 0.23%  | 1     | 4000      | 0           | 75.07% | 434  | 0%       |
| HIKARI                     | 1853.11  | 1.56%  | 29    | 17079.99  | 100870131   | 97.31% | 353  | 40%      |
| HONDA ACCORD               | 26639.05 | 0.45%  | 119   | 84419.17  | 1033204177  | 97.07% | 851  | 0%       |
| HONDA CIVIC                | 18296.9  | 2.62%  | 480   | 58391.47  | 1197924355  | 97.07% | 725  | 100%     |
| HONDA CR-V                 | 10516.61 | 0.58%  | 61    | 182995.16 | 1715656009  | 93.77% | 1072 | 70%      |
| HONDA FIT                  | 242.97   | 0.22%  | 1     | 135900    | 0           | 75.07% | 650  | 0%       |
| HUMMER                     | 460.94   | 0.57%  | 3     | 166075.94 | 53855609794 | 85.76% | 1224 | 56.67%   |
| IBIZA                      | 23673.79 | 0.83%  | 197   | 75822.14  | 16139841    | 94.76% | 686  | 6.67%    |
| ICHI VAN, CARRY ALL        | 1620.16  | 1.77%  | 29    | 27908.46  | 197366191   | 97.31% | 621  | 43.33%   |
| IKON                       | 16513.18 | 0.35%  | 58    | 71511.06  | 405417614   | 94.76% | 322  | 20%      |
| IMPALA                     | 1872.84  | 0.42%  | 8     | 106285.7  | 1681642057  | 95.47% | 534  | 50%      |
| IMPERIAL                   | 12.59    | 3.15%  | 0     | 68183.13  | 2406726733  | 92.33% | 1785 | 0%       |
| INFINITI                   | 1624.56  | 0.65%  | 11    | 94098.38  | 1609850186  | 92.33% | 718  | 66.67%   |
| INFINITI Q45               | 0        | 0%     | 0     | 0         | 0           | 0%     | 1714 | 0%       |
| INTREPID                   | 3044.23  | 0.96%  | 29    | 61926.69  | 977112953   | 97.31% | 1201 | 6.67%    |
| JAGUAR                     | 1687.33  | 1.66%  | 28    | 299999.07 | 31687470898 | 96.01% | 4551 | 93.33%   |
| JEEP COMMANDER             | 133.49   | 0.76%  | 1     | 378000    | 0           | 75.07% | 2593 | 0%       |

3. APÉNDICE B

| Robo Total              |           |       |       |           |             |        |              |
|-------------------------|-----------|-------|-------|-----------|-------------|--------|--------------|
| Marca-Tipo              | Exp       | frec  | # Sin | E(Pma)    | Var(Pma)    | z      | Pma P(Ruina) |
| JEEP COMPASS            | 55.81     | 1.79% | 1     | 254819    | 0           | 75.07% | 3855 0%      |
| JEEP GRAND CHEROKEE     | 11521.24  | 1.08% | 124   | 131827.46 | 2351468012  | 97.31% | 3522 0%      |
| JEEP LIBERTY            | 20518.79  | 1.21% | 248   | 167852.93 | 375127107   | 93.77% | 2031 40%     |
| JEEP WRANGLER           | 1870.02   | 0.21% | 4     | 90176.41  | 1617665661  | 97.31% | 921 6.67%    |
| JETTA                   | 7321.65   | 0.79% | 58    | 29153.28  | 172418444   | 97.31% | 579 0%       |
| JETTA GEN. 4            | 110398.33 | 0.74% | 818   | 100690.73 | 1904760724  | 96.01% | 1994 0%      |
| KA                      | 15623.7   | 0.44% | 69    | 53594.34  | 401957947   | 94.76% | 286 13.33%   |
| LAGUNA                  | 706       | 0.6%  | 4     | 165887.6  | 1543006569  | 93.77% | 786 80%      |
| LANCER                  | 2839.97   | 0.23% | 7     | 62566.2   | 545830688   | 90.03% | 296 36.67%   |
| LAND CRUISER            | 793.24    | 3.23% | 26    | 61096.11  | 1768853165  | 90.03% | 854 100%     |
| LAND ROVER              | 2026.4    | 1.09% | 22    | 189275.64 | 13739320254 | 96.44% | 2876 33.33%  |
| LEGACY                  | 11.06     | 0%    | 0     | 0         | 0           | 0%     | 1714 0%      |
| LEON                    | 3256.78   | 1.44% | 47    | 117193.99 | 478325489   | 94.76% | 1691 83.33%  |
| LINCOLN                 | 2772.23   | 0.51% | 14    | 129416.1  | 3478197347  | 97.31% | 1574 3.33%   |
| LINCOLN NAVIGATOR       | 1926.24   | 1.6%  | 31    | 286908.18 | 18226849745 | 96.01% | 5300 60%     |
| LINCOLN ZEPHYR          | 126.88    | 0%    | 0     | 0         | 0           | 0%     | 1714 0%      |
| LOTUS                   | 13.33     | 0%    | 0     | 0         | 0           | 0%     | 1714 0%      |
| LUCINO                  | 2167.62   | 1.23% | 27    | 50273.56  | 586297085   | 97.07% | 730 60%      |
| LUMINA                  | 453.19    | 0.63% | 3     | 71350.18  | 2356684574  | 96.79% | 550 70%      |
| LUPO                    | 9910.39   | 0.37% | 36    | 67595.71  | 61559889    | 90.03% | 400 3.33%    |
| MARINER                 | 455.23    | 0.55% | 2     | 157209.54 | 355122354   | 85.76% | 971 70%      |
| MARK LT                 | 172.34    | 1.46% | 3     | 248718.8  | 0           | 75.07% | 3154 0%      |
| MASERATI                | 7.63      | 0%    | 0     | 0         | 0           | 0%     | 1714 0%      |
| MATIZ                   | 10584.53  | 0.61% | 64    | 51634.37  | 133340851   | 92.33% | 459 3.33%    |
| MATRIX                  | 1085.63   | 0.28% | 3     | 108675.75 | 370573217   | 92.33% | 708 20%      |
| MAZDA 3                 | 399.73    | 0.38% | 2     | 72186     | 0           | 75.07% | 634 0%       |
| MAZDA 5                 | 81.09     | 0%    | 0     | 0         | 0           | 0%     | 1714 0%      |
| MAZDA 6                 | 105.94    | 0%    | 0     | 0         | 0           | 0%     | 1714 0%      |
| MEGANE                  | 3614.39   | 0.58% | 21    | 133278.19 | 1257447245  | 94.76% | 889 46.67%   |
| MEGANE II               | 4645.93   | 0.63% | 29    | 149113.51 | 212463930   | 90.03% | 1008 63.33%  |
| MERCEDES BENZ           | 4688.11   | 1.14% | 54    | 131916.72 | 9362717542  | 97.31% | 1560 73.33%  |
| MERCURY MONTEGO         | 74.38     | 0.72% | 1     | 222739    | 0           | 75.07% | 1632 0%      |
| MERCURY SABLE           | 4674.71   | 0.75% | 35    | 84207.04  | 1885849188  | 97.31% | 677 66.67%   |
| MERIVA                  | 8967.99   | 0.25% | 23    | 67445.97  | 856534281   | 92.33% | 304 0%       |
| MICRA                   | 744.75    | 0.44% | 3     | 99855     | 0           | 75.07% | 753 0%       |
| MINI COOPER             | 1423.36   | 1.45% | 21    | 123135.12 | 127618466   | 92.33% | 1787 90%     |
| MINI COOPER S           | 1300.4    | 1.82% | 24    | 169776.29 | 1898384283  | 92.33% | 3054 80%     |
| MONDEO                  | 6429.73   | 0.46% | 30    | 125683.07 | 1655072998  | 94.76% | 649 56.67%   |
| MONTANA                 | 129.88    | 0.53% | 1     | 304131    | 0           | 75.07% | 1648 0%      |
| MONTERO                 | 1520.25   | 0.81% | 12    | 244281.79 | 8579424866  | 92.33% | 2083 80%     |
| MIR2                    | 42.35     | 1.5%  | 1     | 323242    | 0           | 75.07% | 4056 0%      |
| MURANO                  | 2898.2    | 1.99% | 58    | 247589.83 | 1968089866  | 90.03% | 4731 90%     |
| MUSTANG                 | 3491.29   | 0.92% | 32    | 86398.19  | 986164112   | 97.31% | 1931 0%      |
| MYSTIQUE                | 9003.03   | 0.37% | 33    | 62971.17  | 1065362163  | 97.31% | 878 0%       |
| NEON                    | 39307.64  | 0.34% | 132   | 43994.56  | 348594437   | 97.07% | 570 0%       |
| NEON R/T                | 0         | 1.49% | 0     | 36966.91  | 1717043967  | 90.03% | 1037 0%      |
| NEW BEETLE              | 0         | 2.26% | 0     | 98633.24  | 4483880910  | 92.33% | 2732 0%      |
| NEW YORKER LH           | 812.57    | 1.94% | 16    | 67185.37  | 1120351618  | 97.31% | 1593 53.33%  |
| NISSAN 240 SX           | 395.16    | 1.09% | 4     | 54977.68  | 931267227   | 97.07% | 749 56.67%   |
| NISSAN 300 ZX           | 324.61    | 1.7%  | 6     | 78905.17  | 2130038445  | 97.31% | 1672 70%     |
| NISSAN MAXIMA           | 4952.09   | 1.18% | 59    | 82942.99  | 1254295943  | 97.31% | 1100 53.33%  |
| NISSAN X-TRAIL          | 24993.54  | 1.19% | 298   | 152328.92 | 69843651    | 93.77% | 1813 33.33%  |
| NITRO                   | 47.38     | 0%    | 0     | 0         | 0           | 0%     | 1714 0%      |
| NUEVO GOLF              | 24491.83  | 0.93% | 229   | 39930.95  | 366854168   | 97.31% | 833 0%       |
| NUEVO JETTA             | 34940.64  | 1.17% | 408   | 49370.59  | 510083085   | 97.31% | 1309 0%      |
| NUEVO MALIBU            | 19376.57  | 0.37% | 71    | 82996.11  | 1278994275  | 96.79% | 703 0%       |
| ODISSEY                 | 5881.82   | 0.39% | 23    | 157482.37 | 512509071   | 95.47% | 660 53.33%   |
| OLDSMOBILE EIGHTY EIGHT | 202.84    | 0.95% | 2     | 34479.83  | 296941972   | 97.31% | 405 73.33%   |
| OLDSMOBILE SILHOUETTE   | 1276.39   | 1.28% | 16    | 52868.55  | 578991037   | 97.31% | 839 40%      |
| OPTRA                   | 957.08    | 0.31% | 3     | 83498.33  | 0           | 75.07% | 624 0%       |
| OTROS                   | 41110.93  | 3.36% | 1382  | 43908.68  | 346726000   | 97.31% | 1531 0%      |
| OUT LANDER              | 4894.22   | 0.55% | 27    | 155489.5  | 85551036    | 90.03% | 951 60%      |
| OUTBACK                 | 1.32      | 0%    | 0     | 0         | 0           | 0%     | 1714 0%      |
| PACIFICA                | 852.68    | 0.96% | 8     | 279301.17 | 8155106732  | 92.33% | 2697 80%     |
| PALIO                   | 2645.39   | 0.34% | 9     | 78001.78  | 177486349   | 90.03% | 407 36.67%   |
| PALIO ADVENTURE         | 2001.17   | 0.37% | 7     | 67156.71  | 29811       | 85.76% | 455 16.67%   |
| PASSAT Y VARIANT        | 5446.92   | 1.16% | 63    | 111360.92 | 3537140945  | 97.31% | 2446 0%      |
| PATHFINDER              | 4637.29   | 0.58% | 27    | 125271.37 | 2602750604  | 96.79% | 2284 0%      |
| PATHFINDER ARMADA       | 903.85    | 0.74% | 7     | 328466.86 | 5625519130  | 90.03% | 2294 93.33%  |
| PEUGEOT 206             | 22321.21  | 0.59% | 132   | 85703.92  | 149625562   | 94.76% | 556 10%      |
| PEUGEOT 306             | 2018.98   | 0.87% | 18    | 54164.9   | 816702226   | 96.01% | 564 80%      |
| PEUGEOT 307             | 6100.64   | 0.54% | 33    | 122558.52 | 3743291     | 90.03% | 769 50%      |
| PEUGEOT 405             | 404.27    | 0.54% | 2     | 87370.02  | 2796402006  | 95.47% | 901 40%      |
| PEUGEOT 406             | 1085.8    | 0.7%  | 8     | 109705.04 | 534961559   | 92.33% | 852 86.67%   |
| PEUGEOT 407             | 223.04    | 0%    | 0     | 0         | 0           | 0%     | 1714 0%      |
| PEUGEOT 607             | 180.25    | 0.64% | 1     | 262444.25 | 58351258153 | 85.76% | 1534 50%     |

| Robo Total                |           |       |       |           |              |        |              |
|---------------------------|-----------|-------|-------|-----------|--------------|--------|--------------|
| Marca-Tipo                | Exp       | frec  | # Sin | E(Pma)    | Var(Pma)     | z      | Pma P(Ruina) |
| PHANTOM                   | 719.31    | 1.11% | 8     | 27770.36  | 143753549    | 97.31% | 898 3.33%    |
| PILOT                     | 1383.85   | 0.66% | 9     | 235597.81 | 7078661752   | 90.03% | 1503 90%     |
| PLATINA                   | 47255.77  | 0.51% | 242   | 63782.14  | 7040420      | 93.77% | 415 0%       |
| POINTER                   | 129785.69 | 0.52% | 674   | 50565.27  | 428581309    | 96.44% | 457 0%       |
| POLO                      | 17476.52  | 0.55% | 96    | 82874.2   | 29953318     | 92.33% | 553 10%      |
| PONTIAC BONNEVILLE        | 1301.43   | 0.35% | 5     | 69380.13  | 1795291410   | 97.31% | 854 10%      |
| PONTIAC FIREBIRD TRANS AM | 399.12    | 2.25% | 9     | 84363.91  | 1155178958   | 97.31% | 2157 66.67%  |
| PONTIAC G3                | 772.02    | 0.39% | 3     | 108557.33 | 0            | 75.07% | 744 0%       |
| PONTIAC G4                | 680.74    | 0.53% | 4     | 137145.71 | 683189770    | 85.76% | 859 90%      |
| PONTIAC G6                | 588.49    | 0.85% | 5     | 158805.33 | 3890622422   | 85.76% | 1602 70%     |
| PONTIAC GRAN PRIX         | 2216.85   | 0.69% | 15    | 101607.36 | 3229392519   | 96.79% | 2794 0%      |
| PORSCHE                   | 517.93    | 1.43% | 7     | 309103.21 | 103395304583 | 94.76% | 7776 36.67%  |
| PT CRUISER                | 3705.12   | 1.2%  | 44    | 107611.38 | 895946936    | 95.47% | 1403 40%     |
| QUEST                     | 1778.39   | 1.4%  | 25    | 120688.75 | 2572674484   | 96.79% | 1604 93.33%  |
| RAM QUAD CAB              | 279.21    | 1.6%  | 4     | 125518.37 | 4426437069   | 93.77% | 1473 90%     |
| RENAULT                   | 1669.02   | 0.65% | 11    | 9013.9    | 78449706     | 97.31% | 115 23.33%   |
| ROVER 75                  | 2785.13   | 0.76% | 21    | 178670.19 | 7935041712   | 92.33% | 1589 63.33%  |
| ROVER MG                  | 2291.77   | 0.41% | 9     | 205965.37 | 5084084618   | 90.03% | 1056 63.33%  |
| SAAB 9-3                  | 999.29    | 0.38% | 4     | 228772.37 | 10629797521  | 90.03% | 819 70%      |
| SAAB 9-5                  | 100.38    | 1%    | 1     | 214000    | 0            | 75.07% | 2028 0%      |
| SAAB CONVERTIBLE          | 8.16      | 0%    | 0     | 0         | 0            | 0%     | 1714 0%      |
| SAAB WAGON                | 13.2      | 8.32% | 1     | 216000    | 0            | 75.07% | 13926 0%     |
| SCENIC                    | 3759.9    | 0.36% | 14    | 123838.72 | 940771841    | 94.76% | 513 70%      |
| SEBRING / RT              | 101.79    | 3.01% | 3     | 112826.29 | 6303834872   | 96.44% | 2954 83.33%  |
| SENTRA                    | 81776     | 0.58% | 475   | 53448.04  | 435068076    | 97.31% | 537 0%       |
| SERIE 3                   | 5364.63   | 1.49% | 80    | 148999.83 | 698858262    | 90.03% | 2078 96.67%  |
| SERIE 5                   | 1405.53   | 0.82% | 12    | 287955.38 | 161897697    | 90.03% | 2288 80%     |
| SERIE 6                   | 34.52     | 0%    | 0     | 0         | 0            | 0%     | 1714 0%      |
| SERIE 7                   | 195.82    | 1.17% | 2     | 631330    | 83309538050  | 85.76% | 6257 73.33%  |
| SERIE X                   | 1526.4    | 1.59% | 24    | 368743.77 | 8048734189   | 90.03% | 5325 76.67%  |
| SERIE Z                   | 462.45    | 0.93% | 4     | 122863.52 | 2966096480   | 90.03% | 1339 63.33%  |
| SHADOW                    | 10630.41  | 0.95% | 101   | 21559.02  | 134702184    | 97.31% | 366 0%       |
| SHADOW GTS                | 265.72    | 1.52% | 4     | 24818.76  | 287906096    | 97.31% | 430 66.67%   |
| SHARAN                    | 3411.34   | 0.57% | 20    | 153705.21 | 288005161    | 93.77% | 935 86.67%   |
| SIENNA                    | 5128.01   | 0.3%  | 15    | 199216.86 | 1733640725   | 90.03% | 723 53.33%   |
| SILVERADO                 | 6599.82   | 0.39% | 26    | 98371.01  | 1842913769   | 97.31% | 2861 0%      |
| SMART                     | 223.8     | 1.79% | 4     | 105297.25 | 0            | 75.07% | 1840 0%      |
| SOLARA                    | 43.8      | 2.28% | 1     | 40000     | 0            | 75.07% | 1113 0%      |
| SOLITICE                  | 53.94     | 0%    | 0     | 0         | 0            | 0%     | 1714 0%      |
| SONORA                    | 2408.58   | 1.24% | 30    | 203561.03 | 1705366977   | 95.47% | 2615 56.67%  |
| SPACE STAR                | 395.54    | 0.83% | 3     | 46993.6   | 438227304    | 85.76% | 816 36.67%   |
| SPIRIT                    | 9556.78   | 1.3%  | 124   | 25107.3   | 135637261    | 97.31% | 607 0%       |
| SPIRIT R/T                | 1906.58   | 2.2%  | 42    | 30132.21  | 162225951    | 97.31% | 1044 3.33%   |
| SPORTVAN                  | 246.67    | 0%    | 0     | 0         | 0            | 0%     | 1714 0%      |
| SPRINTER WAGON            | 33.98     | 0%    | 0     | 0         | 0            | 0%     | 1714 0%      |
| STRATUS R/T               | 4782.43   | 1.85% | 88    | 94885.31  | 1389724231   | 97.07% | 1993 13.33%  |
| STRATUS Y BREEZE          | 42717.25  | 0.41% | 176   | 61764.42  | 552781905    | 97.31% | 688 0%       |
| SUBARU FORESTER           | 5.99      | 0%    | 0     | 0         | 0            | 0%     | 1714 0%      |
| SUBURBAN, CARRY ALL       | 17897.91  | 0.48% | 86    | 110535.93 | 1783039560   | 97.31% | 1411 0%      |
| SUNFIRE                   | 9664.95   | 0.43% | 41    | 71911.33  | 1578196633   | 96.79% | 784 0%       |
| SUZUKI SWIFT              | 18.57     | 0%    | 0     | 0         | 0            | 0%     | 1714 0%      |
| TAHOE                     | 139.28    | 0.72% | 1     | 397800    | 0            | 75.07% | 2572 0%      |
| TAURUS                    | 452.84    | 1.24% | 6     | 21089.53  | 169986100    | 97.31% | 336 56.67%   |
| THUNDERBIRD               | 1191.57   | 0.59% | 7     | 36106.15  | 279877042    | 97.31% | 726 3.33%    |
| THUNDERBIRD CONVERTIBLE   | 135.71    | 0%    | 0     | 0         | 0            | 0%     | 1714 0%      |
| TIGRA                     | 151.06    | 0.92% | 1     | 68583.86  | 670520159    | 94.76% | 652 46.67%   |
| TIDA                      | 292.32    | 0%    | 0     | 0         | 0            | 0%     | 1714 0%      |
| TOLEDO                    | 1404.62   | 0.43% | 6     | 113091.49 | 800177731    | 94.76% | 1052 26.67%  |
| TORRENT                   | 374.64    | 2.14% | 8     | 245370.88 | 0            | 75.07% | 4361 0%      |
| TOUAREG                   | 793.8     | 0.93% | 7     | 424300.17 | 5478959461   | 90.03% | 3600 93.33%  |
| TOYOTA 4 RUNNER           | 3484.88   | 0.52% | 18    | 132473.82 | 6627274833   | 90.03% | 866 56.67%   |
| TOYOTA RUNNER             | 4276.07   | 1.52% | 65    | 159431.25 | 1104961153   | 92.33% | 2169 93.33%  |
| TSUBAME                   | 6368.03   | 0.94% | 60    | 33193.19  | 222335623    | 97.31% | 371 26.67%   |
| TSURU                     | 150688.82 | 1.79% | 2701  | 33097.23  | 225595495    | 97.31% | 653 0%       |
| UPLANDER                  | 2227.53   | 0.39% | 9     | 188495.07 | 145878033    | 85.76% | 858 66.67%   |
| URVAN                     | 2763.85   | 1.31% | 36    | 106632.66 | 2614260063   | 95.47% | 989 100%     |
| V. A. M.                  | 673.94    | 0.68% | 5     | 17288.37  | 225509516    | 97.07% | 179 63.33%   |
| V. W. SEDAN               | 34520.03  | 4.03% | 1390  | 28576.59  | 193120795    | 97.31% | 1297 0%      |
| VECTRA                    | 4048.89   | 0.79% | 32    | 135928.24 | 407475163    | 92.33% | 840 100%     |
| VERNA                     | 5801.75   | 0.29% | 17    | 78459.35  | 112497976    | 90.03% | 392 3.33%    |
| VIPER                     | 10.72     | 9.32% | 1     | 606240    | 0            | 75.07% | 42862 0%     |
| VOLARE, SUPER BEE         | 1027.76   | 0%    | 0     | 10441.39  | 74438958     | 97.07% | 92 0%        |
| VOLVO                     | 7761.96   | 0.75% | 58    | 263300.17 | 3063568410   | 94.76% | 1936 60%     |
| VOYAGER                   | 39043.38  | 0.3%  | 117   | 88662.44  | 1394190354   | 97.31% | 1180 0%      |
| WINDSTAR                  | 19861.54  | 1.26% | 251   | 115517.39 | 3454295500   | 97.31% | 1904 0%      |
| X TERRA                   | 3377.7    | 0.65% | 22    | 137337.11 | 1263868398   | 95.47% | 1470 10%     |
| YARIS                     | 2001.8    | 0.3%  | 6     | 95975.5   | 3127113167   | 85.76% | 537 43.33%   |
| YUKON                     | 127.28    | 0%    | 0     | 0         | 0            | 0%     | 1714 0%      |
| ZAFIRA                    | 4440.8    | 0.16% | 7     | 116000.74 | 1114565893   | 93.77% | 449 3.33%    |

# APÉNDICE C

## Código de los Programas utilizados

Programa que llama a la simulación de la cartera  
El programa utilizado para la simulación Monte Carlo, es MATLAB

```
tic
totau=306;
%clear;
%clc;
% expu=0;
% NumSin=0;
% prima=0;
% monto promedio
% alpha=0;
% beta=0;
PRuina=zeros(totau,1);
for auto=1:1:totau
E=expu(auto,1);
N=NumSin(auto,1);
Pma=prima(auto,1);
alpha2=alpha(auto,1);
beta2=beta(auto,1);
% sev=MtoProm(auto,1);
if alpha2~=0&&beta2~=0
```

```

PRuina(auto,1)=generagamma(E,N,Pma,alpha2,beta2);
end
end
toc

```

Programa que llama genera la simulación de la cartera

```

function PRuina=generagamma(expu,num_sin,pma,alpha,beta)
% número de eventos
n=round(num_sin*2);
itera=50000;
ruina=0;
lambda=num_sin;
for idx=1:1:itera
T=expinv(rand(n,1),1/lambda);
W=cumsum(T);
X=gaminv(rand(n,1),alpha*ones(n,1),beta*ones(n,1));
S=cumsum(X);
c=pma*expu;
u0=.06*c;
u=u0+c*W-S;
if idx>20
hold on
plot(W,u);
end
if min(u)<0
ruina=ruina+1;
end
end
PRuina=ruina/itera;
end

```

# BIBLIOGRAFÍA

- [1] Kaas, Rob. Modern Actuarial Risk Theory, Kluwer Academic Publishers. 306 páginas.
- [2] Klugman, et. al. Loss Models From Data to Decisions, John Wiley & Sons, Inc. 1998.
- [3] Hans Bühlmann. Mathematical Methods in Risk Theory, Springer-Verlag New York Heidelberg Berlín 1970. 214 páginas
- [4] Daykin, Pentikäinen, Pesonen. Practical Risk Theory for Actuaries. Chapman & Hall. 546 páginas
- [5] Latorre, Luis. Teoría del Riesgo y sus Aplicaciones a la Empresa Aseguradora. Editorial Mapfre. 317 páginas
- [6] Comité de Desarrollo de Estándares Actuariales. Estándares de Práctica Actuarial No. 1 a 7. Colegio Nacional de Actuarios, A.C. y la Asociación Mexicana de Actuarios, A.C. 2002. <http://www.ama.org.mx>
- [7] AMIS. Ley General de Instituciones y Sociedades Mutualistas de Seguros. México DF, Enero 2002.
- [8] AMIS. Ley del Contrato de Seguros. México DF Enero 2002.
- [9] Reglas para el Capital Mínimo de Garantía de las Instituciones de Seguros de la CNSF
- [10] Circulares 13.1, 13.5, 13.6, 13.7, 13.8 de la CNSF
- [11] Oficios Circulares S – 13/07, SF – 15/07, OS 14/08, OS 12/09

## BIBLIOGRAFÍA

- [12] Diccionario MAPFRE de Seguros. <http://www.mapfre.com/wdiccionario/general/diccionario-mapfre-seguros.shtml>
- [13] Foundations of Casualty Actuarial Science, fourth edition, Casualty Actuarial Society, 817 páginas