

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**



**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICAS**

**PROYECTO DE TITULACIÓN**

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

**“MAGÍSTER EN ESTADÍSTICA CON MENCIÓN EN GESTIÓN DE  
LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD”**

**TEMA:**

DESARROLLO DE UNA METODOLOGÍA PARA MEJORAR LA RENTABILIDAD EN EL ASEGURAMIENTO DEL RAMO DE VEHÍCULOS DE UNA COMPAÑÍA ASEGURADORA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL.

**AUTOR:**

MARÍA JULISSA MALDONADO BURGOS

Guayaquil - Ecuador

2019

## RESUMEN

Un problema común en el mercado de seguros es la utilización de una tarifa plana que no considera el riesgo inherente del cliente y al bien asegurado.

El objetivo del presente trabajo consiste en la aplicación de la teoría de modelos lineales generalizados aplicados a la tarificación en seguros de vehículos.

Se aborda el problema utilizando la metodología a priori o class rating, construyendo un modelo para la frecuencia de ocurrencia de siniestros y otro para la severidad de las pérdidas.

Para modelizar la frecuencia de siniestros se ha utilizado un modelo de regresión logística binaria para así pronosticar si el cliente es propenso a tener un siniestro. Para predecir la severidad de la pérdida se ha realizado una prueba de bondad de ajuste para la variable montos de siniestros, encontrando que los datos se ajustan una distribución Log-normal.

Finalmente, se obtuvo un modelo de clasificación y uno de predicción de la severidad, hallando de esta forma la tarifa que debería cobrarse de acuerdo al riesgo asegurado y al cliente, mejorando la rentabilidad del negocio.

## **ABSTRACT**

A common problem in the insurance market is the use of a flat rate that does not consider the inherent risk of the client and the insured good. The objective of this work is the application of the theory of generalized linear models applied to the pricing in vehicle insurance. The problem is addressed using the a priori methodology or class rating, building a model for the frequency of occurrence of losses and another for the severity of losses. To model the frequency of accidents, a binary logistic regression model has been used to predict if the client is prone to having a loss. To predict the severity of the loss, a goodness-of-fit test was performed for the variable amounts of claims, finding that the data fit a Log-normal distribution. Finally, a classification model and a prediction model of the severity were obtained, finding in this way the rate that should be charged according to the insured risk and the client, improving the profitability of the business.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi familia, mi esposo Marcos y mi hija Sofía, que son mi inspiración y mi motor.

A mi madre, Alexandra, que siempre me ha apoyado y ha hecho de mí la persona que soy ahora, sin ella nada podría ser.

A mis hermanas y demás familiares por darme fuerzas y poder contar con ellos en cada momento.

Y una dedicatoria especial para mi abuelita Esther, que aunque ya no está, siempre la llevo en mi corazón.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mi familia por el apoyo brindado.

Le doy gracias a la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas por el conocimiento impartido que ha hecho posible la elaboración de este proyecto.

## DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por los hechos y doctrinas expuestas en este Proyecto de Graduación, me corresponde exclusivamente; el patrimonio intelectual del mismo, corresponde exclusivamente a la **Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas, Departamento de Matemáticas** de la Escuela Superior Politécnica del Litoral.

*Julissa Maldonado B.*  
MARIA JULISSA MALDONADO BURGOS

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ph.D. Francisco Vera Alcívar  
PRESIDENTE



Ph.D. Omar Ruiz Barzola  
DIRECTOR



Ph.D. Sandra García Bustos  
VOCAL 1



M.Sc. Carlos Ronquillo Franco  
VOCAL 2

## **ABREVIATURAS O SIGLAS**

SCVS: Superintendencia de compañías valores y seguros.

STRLD: Siniestralidad

GLM: Modelos lineales generalizados, por sus siglas en inglés Generalized linear models.

AEADE: Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador.

CS: Costo de Siniestros

GA: Gastos de Administración

CP: Comisiones Pagadas

PRnP: Primas de Reaseguros No Proporcionales

CR: Comisiones Recibidas

PNRD: Prima neta retenida devengada

# TABLA DE CONTENIDO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	1
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1. ANTECEDENTES .....	1
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	5
1.3. JUSTIFICACIÓN .....	6
1.4. ALCANCE .....	7
1.5. OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	7
1.6. METODOLOGÍA.....	7
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	9
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	9
2.1. TEORÍA DE SEGUROS .....	9
2.2. ESTADÍSTICA EN SEGUROS.....	10
2.3. MODELOS APLICADOS A SEGUROS DE VEHÍCULOS.....	12
2.3.1. MODELOS LINEALES GENERALIZADOS (GLM'S) .....	13
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	16
<b>3. METODOLOGÍA</b> .....	16
3.1 MODELOS LINEALES GENERALIZADOS .....	16
3.2. MÉTODO DE VALIDACIÓN DEL MODELO .....	18
3.3. CAPACIDAD DE PREDICCIÓN DEL MODELO – ANÁLISIS DE MATRIZ DE CONFUSIÓN.....	18
3.4. METODOLOGÍA A PRIORI O CLASS RATING.....	20
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	22
<b>4. ANÁLISIS DEL SECTOR ASEGURADOR ECUATORIANO</b> .....	22
4.1. CIFRAS DEL SECTOR ASEGURADOR ECUATORIANO .....	22
4.1.1. PRIMAS EMITIDAS .....	22
4.1.2. PRIMA NETA RETENIDA.....	22
4.1.2. SINIESTROS PAGADOS .....	24
4.1.3. SINIESTRALIDAD .....	25
4.2. PRINCIPALES COMPAÑÍAS Y RAMOS.....	25
4.3. ANÁLISIS DEL SECTOR DE SEGUROS DE AUTOMÓVILES.....	31
4.3.1. ANÁLISIS DE PRINCIPALES COMPAÑÍAS .....	32
4.3.2. ANÁLISIS DE LA SINIESTRALIDAD DEL RAMO.....	34
4.3.3. ANÁLISIS DE LOS GASTOS DEL RAMO DE VEHÍCULOS.....	34

4.3.4. ANÁLISIS DE LAS COMISIONES DEL RAMO DE VEHÍCULOS .....	36
4.3.5. ANÁLISIS DEL RATIO COMBINADO DEL RAMO DE VEHÍCULOS ..	36
<b>CAPÍTULO 5.....</b>	<b>39</b>
<b>5. RESULTADOS.....</b>	<b>39</b>
5.1. DESCRIPCIÓN DE LA BASE DE DATOS.....	39
5.2. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LAS VARIABLES .....	40
5.2.1. CARACTERÍSTICAS RELATIVAS AL ASEGURADO .....	41
5.2.2. CARACTERÍSTICAS DE LA PÓLIZA.....	43
5.2.3. CARACTERÍSTICAS DEL VEHÍCULO .....	45
5.3. RELACIÓN CON LA VARIABLE DE RESPUESTA.....	47
5.3.1 CARACTERÍSTICAS DEL ASEGURADO .....	47
5.3.2. CARACTERÍSTICAS RELATIVAS A LA PÓLIZA.....	49
5.3.3. CARACTERÍSTICAS RELATIVAS AL VEHÍCULO .....	51
5.4. APLICACIÓN DE MODELOS LINEALES GENERALIZADOS .....	54
5.4.1. SELECCIÓN DEL MODELO DE FRECUENCIA .....	54
5.4.2. CAPACIDAD DE PREDICCIÓN DEL MODELO DE FRECUENCIA ...	55
5.4.3. SELECCIÓN DEL MODELO DE SEVERIDAD DE LA PÉRDIDA .....	57
5.5. CONTRASTE ENTRE EL MODELO GLM VERSUS LA METODOLOGÍA DE TARIFICACIÓN ACTUAL.....	62
<b>CAPÍTULO 6.....</b>	<b>64</b>
<b>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>64</b>
6.1. PRINCIPALES CONCLUSIONES .....	64
6.2. RECOMENDACIONES .....	65
<b>7. ANEXOS.....</b>	<b>67</b>
<b>8. REFERENCIAS.....</b>	<b>70</b>

## LISTADO DE FIGURAS

Fig. 1-1 Esquema de base de datos en una entidad aseguradora .....	3
Fig. 1-2 Unidades de vehículos vendidas por mes y año en ECUADOR .....	4
Fig. 2-1 Sucesos posibles y riesgos (Pérez Torres, 1986) .....	9
Fig. 2-2 Ciclo del seguro de vehículos .....	11
Fig. 2-3 Factores de tarificación (López Soria, 2006) .....	11
Fig. 2-4 Fases del sistema de tarificación a priori .....	12
Fig. 2-5 Modelos GLM en Seguros .....	14
Fig. 3-1 Formato de Matriz de Confusión .....	19
Fig. 4-1 Porcentajes de prima neta retenida del 2012 al 2017 .....	24
Fig. 4-2 Compañías con crecimiento por Primas Emitidas - Variación entre 2016 y 2017 .....	26
Fig. 4-3 Compañías con crecimiento por Primas Retenidas - Variación entre 2016 y 2017 .....	28
Fig. 4-4 Porcentajes de Retención y cesión por riesgos por regulación en el año 2017..	30
Fig. 4-5 Distribución de la prima emitida y de la prima retenida por riesgos por regulación en el 2017 .....	30
Fig. 4-6 Evolución del porcentaje de retención para el ramo de vehículos .....	32
Fig. 4-7 Participación de la prima neta emitida por compañía de seguros en el 2017 ...	33
Fig. 5-1 Histograma de Edades de los asegurados.....	41
Fig. 5-2 Distribución de asegurados por edades .....	41
Fig. 5-3 Gráfico de Tornado de asegurados por rangos de edad y género.....	42
Fig. 5-4 Distribución de asegurados por Ciudad del Riesgo .....	42
Fig. 5-5 Distribución de asegurados por tipo de producto.....	43
Fig. 5-6 Distribución de asegurados por si el cliente pertenece a grupo .....	43
Fig. 5-7 Distribución de asegurados por forma de cobranza .....	44
Fig. 5-8 Distribución de asegurados por tipo de cliente .....	44
Fig. 5-9 Distribución de asegurados por marca de carro .....	45
Fig. 5-10 Histograma de antigüedad de vehículos.....	45
Fig. 5-11 Distribución de asegurados por tipo de vehículo .....	46
Fig. 5-12 Distribución de asegurados por color del vehículo .....	46
Fig. 5-13 Histograma del valor del vehículo .....	47
Fig. 5-14 Histograma de edades de asegurados que tienen y no tienen siniestros.....	48
Fig. 5-15 Variable Tiene Siniestro versus Género.....	48
Fig. 5-16 Variable Tiene Siniestro por Ciudad del Riesgo.....	49
Fig. 5-17 Variable Tiene Siniestro por Producto.....	49
Fig. 5-18 Variable Tiene Siniestro por Pertener a Grupo.....	50
Fig. 5-19 Variable Tiene Siniestro por Forma de Cobro .....	50
Fig. 5-20 Variable Tiene Siniestro por Tipo de Cliente. ....	51
Fig. 5-21 Variable Tiene Siniestro por Marca de Vehículo.....	51
Fig. 5-22 Histograma de antigüedad de vehículos.....	52
Fig. 5-23 Variable Tiene Siniestro por tipo de vehículo.....	52
Fig. 5-24 Variable Tiene Siniestro por color del vehículo .....	53
Fig. 5-25 Histograma de valor comercial de vehículos por Tiene Siniestros .....	53
Fig. 5-26 Curva ROC del modelo de Frecuencia.....	56
Fig. 5-27 Histograma de la severidad de la pérdida .....	58
Fig. 5-28 Diagrama de cajas de la severidad de la pérdida.....	58
Fig. 5-29 Bondad de Ajuste para la Severidad de la pérdida.....	59
Fig. 5-30 Bondad de Ajuste de la Severidad de la pérdida excluyendo datos atípicos ..	60

Fig. 5-31 Histograma de la Severidad de la Pérdida excluyendo atípicos.....	60
Fig. 5-32 Diagrama de cajas de la severidad de la pérdida excluyendo atípicos.....	61
Fig. 5-33 Comparativo de la distribución de la tarifa actual versus la propuesta.....	62

## LISTADO DE TABLAS

Tabla 1-1 Prima Neta Emitida por Ramos (Dólares) de Enero a Diciembre de 2016.....	4
Tabla 1-2 Prima Neta Emitida por Ramos (Dólares) de Enero a diciembre de 2017.....	5
Tabla 4-1 Evolución histórica de Primas Netas Emitidas del 2012 al 2017.....	22
Tabla 4-2Evolución histórica de Primas Netas Retenidas del 2012 al 2017 .....	23
Tabla 4-3Evolución histórica de Siniestros Pagados del 2012 al 2017 .....	24
Tabla 4-4 Evolución histórica de la Siniestralidad .....	25
Tabla 4-5Ranking de aseguradoras por primas emitidas de Diciembre del 2015 al 2017 .....	26
Tabla 4-6 Ranking de aseguradoras por prima neta retenida.....	27
Tabla 4-7Clasifucación de ramos según la SCVS .....	29
Tabla 4-8 Primas por riesgos por regulación .....	30
Tabla 4-9 Ramos con mayor retención en el 2017 .....	31
Tabla 4-10 Evolución de la primas en el ramo de vehículos .....	31
Tabla 4-11Primas de vehículos por compañías de seguros en el 2017.....	32
Tabla 4-12 Porcentaje de siniestralidad por compañía en el 2017.....	34
Tabla 4-13Porcentaje de gastos administrativos por compañía en el 2017 .....	35
Tabla 4-14Porcentaje de comisiones pagadas sobre prima emitida por compañía en el 2017 .....	36
Tabla 4-15 Ratio Combinado Ramo de Vehículos en el sector asegurador ecuatoriano en el año 2017.....	37
Tabla 4-16 Ratio Combinado por compañía de seguros en el 2017 .....	38
Tabla 5-1 Variables de la Base de Datos .....	39
Tabla 5-2 Estadística Descriptiva de las edades de los asegurados .....	41
Tabla 5-3 Estadística Descriptiva de la antigüedad del vehículo .....	45
Tabla 5-4 Estadística Descriptiva del Valor del vehículo.....	46
Tabla 5-5 Matriz de Confusión.....	55
Tabla 5-6 Tabla de Razón de oportunidades .....	56
Tabla 5-7 Estadística Descriptiva del Monto de Siniestro.....	58
Tabla 5-8 Estadística Descriptiva del Monto de Siniestros (Excluyendo Atípicos).....	60
Tabla 5-9 Comparativo de nueva tarifa versus tarifa actual .....	63
Tabla 7-1 Tabla de Contingencia – Sexo versus Tiene Siniestros.....	67
Tabla 7-2 Tabla de Contingencia – Ciudad del Riesgo versus Tiene Siniestros .....	67
Tabla 7-3 Tabla de Contingencia – Tipo de Producto versus Tiene Siniestros.....	67
Tabla 7-4 Tabla de Contingencia – Pertener a Grupo versus Tiene Siniestros.....	67
Tabla 7-5 Tabla de Contingencia – Forma de Cobranza versus Tiene Siniestros .....	68
Tabla 7-6 Tabla de Contingencia – Tipo de Cliente versus Tiene Siniestros.....	68
Tabla 7-7 Tabla de Contingencia – Marca Carro versus Tiene Siniestros .....	68
Tabla 7-8 Tabla de Contingencia – Tipo de Vehículo versus Tiene Siniestros.....	69
Tabla 7-9 Tabla de Contingencia – Color del Vehículo versus Tiene Siniestros .....	69

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. ANTECEDENTES

Existe mucha información acerca de los inicios de los sistemas de seguros en el mundo, desde la época del imperio babilónico se establecieron esquemas de protección hacia la vida. En el código de Hammurabi (Mesopotamia, 1750 a. C.) ya se preveía indemnizar a esposas y descendientes en caso de muerte del cónyuge y garantizaban entierros con todos los rituales, lo que es conocido como el ramo de vida con su componente de gastos de exequias.

Los seguros financieros vieron su nacimiento en Italia, aproximadamente en el siglo XV con el seguro marítimo, el cual se hacía por medio de préstamos, era una manera de compensar todos los éxitos con los fracasos, de una manera solidaria y de esa manera se “aseguraban” de que el negocio se mantuviera en funcionamiento.

El ramo de automóviles se encuentra dentro del grupo de seguros generales, antiguamente conocidos como elementales, precisamente porque no estaban tecnificados. (Vegas Asensio & Nieto de Alba, 1993)

Este seguro data de tiempos más recientes, en el siglo XIX se creó en París un fondo común con las aportaciones de los cocheros de caballos, para hacer frente a daños a terceros y multas que pudieran suscitarse, ignorando que sería la primera piedra para lo que hoy en día llamamos seguros de vehículos, expandiéndose con fuerza en los años y siglos posteriores alrededor del mundo.

Así, históricamente fue creciendo la importancia económica de los seguros y, para poner un ejemplo, en el 2011, y sólo en España, el seguro de vehículos llegó a un volumen de primas emitidas de 11,270 millones de euros, cifra importante a pesar de la grave crisis económica. (Junguito Bonnet, 2008)

En este sentido, la principal misión de las compañías de seguros es gestionar el riesgo de los asegurados, sobre todo en la severidad de los seguros no vida como es el de autos. El cálculo de la prima se centra en identificar factores de riesgo para determinar niveles de siniestralidad (Padilla Barreto, Guillen, & Bolancé, 2016)

Tiene una estructura que va ligada a la teoría de probabilidades, estadística descriptiva, procesos estocásticos y análisis de factores.

El presente trabajo muestra una aplicación de los modelos lineales generalizados orientados a la obtención de la tarifa desde una perspectiva clásica en seguros como es el método a priori, frecuencia por severidad, que no es más que probabilidad de ocurrencia de siniestros por impacto de la pérdida generada al ocurrir el mismo.



Actualmente, existen técnicas ampliamente utilizadas por los actuarios a nivel mundial, como es el caso del seguro de automóvil basado en el uso, donde la prima es completamente personalizada, siendo capaz de incorporar variables del estilo de conducción del asegurado, por lo que los conductores ocasionales podrían pagar menos prima que los usuarios más frecuentes. La modelización predictiva está tendiendo un puente entre tarificar, comercializar y fidelizar clientes.

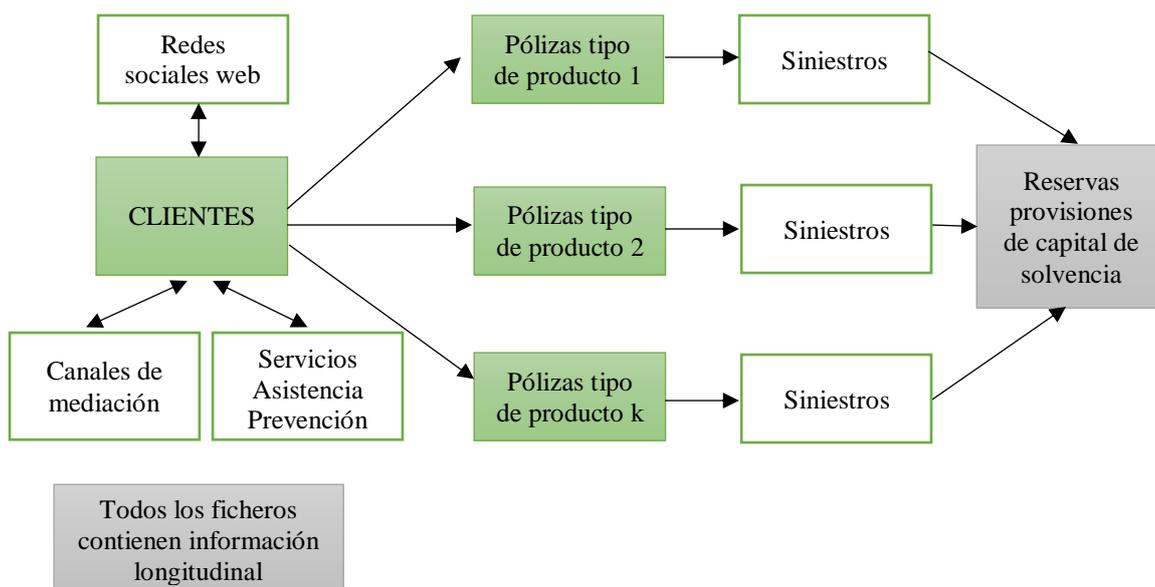
Existen muchas compañías que están basando sus esquemas de tarificación en la telemetría, aunque su fundamento técnico aún no se ha profundizado y preocupa la privacidad de la información. (Guillen, 2016)

La estructura de datos de las entidades aseguradoras se alimenta de diversas fuentes de información, siendo uno de ellos y el más importante su sistema transaccional, el cual se divide en datos de la póliza y de los siniestros.

Los intermediarios de seguros o conocidos como brókers, también generan datos importantes para el análisis, que pueden ser considerados al momento de construir la tarifa.

Con los avances de la tecnología, hoy en día, se tiene información de redes sociales, dando como resultados contratos de seguros con contenido relevante para el análisis. (Ver Figura 1-1)

Fig. 1-1 Esquema de base de datos en una entidad aseguradora



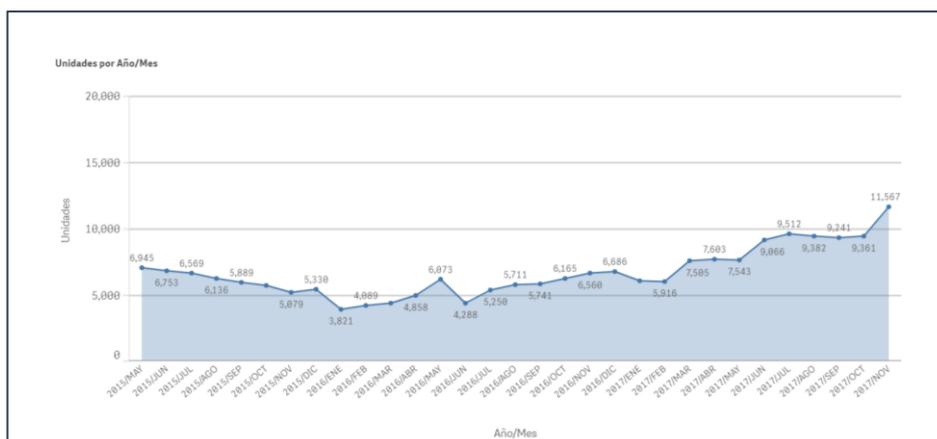
Fuente: <http://www.revistaindice.com/numero67/p28.pdf>

El mercado asegurador ecuatoriano, se encuentra en crecimiento en los últimos años y aquellos ramos que conllevan una mayor ganancia son los que contienen productos que se pueden vender de manera masiva, siendo uno de los más interesantes el de vehículos, dado su crecimiento importante en el país, cada año se venden miles de unidades que requieren ser aseguradas.

Al mes de diciembre de 2016 se conocía que el mercado automotor ecuatoriano había crecido un 57% en los últimos cinco años, cifra atractiva para las compañías de seguros, siendo este ramo uno de los principales ejes que mantienen la operatividad de este negocio como lo vimos en los párrafos anteriores.

Según datos de la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE), el 2017 resultó ser un año significativo para este sector, vendiéndose en promedio 8,424 unidades al mes, por lo que el mercado objetivo crece progresivamente.

Fig. 1-2 Unidades de vehículos vendidas por mes y año en ECUADOR



Fuente: Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador – AEADE.

Realizando un análisis del sector asegurador, con información de la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros, entidad que desde el año 2015 regula a este sector, el volumen de primas con cifras a diciembre de 2016 es de \$1,618 millones.

En la tabla 1-1, se aprecia el detalle de los principales ramos, que representaron el 81.14% de la prima neta emitida del año 2016.

Tabla 1-1 Prima Neta Emitida por Ramos (Dólares) de Enero a Diciembre de 2016

Ramo	Prima neta retenida	% Participación	% Acumulado
<b>Vehículos</b>	378,769,238.37	23.22%	23.22%
<b>Vida grupo</b>	340,330,365.14	20.87%	44.09%
<b>Incendio y líneas aliadas</b>	133,818,725.93	8.20%	52.29%
<b>Accidentes personales</b>	93,259,280.99	5.72%	58.01%
<b>Asistencia Médica</b>	76,359,694.61	4.68%	62.69%
<b>Responsabilidad civil</b>	66,061,232.99	4.05%	66.74%
<b>Multiriesgo</b>	66,014,628.44	4.05%	70.79%
<b>Transporte</b>	53,179,872.81	3.26%	74.05%
<b>Riesgo catastrófico</b>	48,999,460.26	3.00%	77.05%
<b>Buen uso de anticipo</b>	43,256,841.01	2.65%	79.70%
<b>Aviación</b>	36,919,308.72	2.26%	81.97%
<b>Total general</b>	1,631,100,047.06	100.00%	

Fuente: Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros.

El ramo más importante es precisamente el de vehículos con \$383 millones de dólares, representando el 24%, seguido por el ramo de Vida con un 20% de participación sobre primas emitidas, a partir de la Tabla 1.2, podemos apreciar un comportamiento similar a diciembre de 2017.

Tabla 1-2 Prima Neta Emitida por Ramos (Dólares) de Enero a diciembre de 2017

Ramo	Prima neta retenida	% participación	% acumulado
Vehículos	351,182,317.78	31.87%	31.87%
Vida grupo	337,354,511.73	30.61%	62.48%
Accidentes personales	90,933,433.60	8.25%	70.73%
Asistencia Médica	75,904,834.52	6.89%	77.61%
Incendio y líneas aliadas	51,571,967.48	4.68%	82.29%
Vida individual	28,925,332.60	2.62%	84.92%
Transporte	26,095,352.90	2.37%	87.29%
Riesgo catastrófico	22,029,188.91	2.00%	89.28%
Buen uso de anticipo	17,080,942.71	1.55%	90.83%
<b>Total general</b>	<b>1,102,090,107.86</b>	<b>100.00%</b>	

Fuente: Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros.

El ramo de vehículos a junio de 2017 ya ha alcanzado los \$194 millones, con un crecimiento promedio anual de 7% en los últimos 7 años.

Si se cuenta con un modelo de tarificación que analice el nivel de riesgo de cada individuo y el tipo del vehículo que estamos asegurando así como un análisis de la gestión en la emisión y siniestro, estas ganancias podrían verse incrementadas.

El presente proyecto aplicará la metodología de modelos lineales generalizados a la tarificación del seguro de vehículos para una empresa en la ciudad de Guayaquil, cuyo resultado que se desea alcanzar es el incremento de la rentabilidad de la misma.

Se contará para esto con la base de datos de los riesgos asegurados en la empresa, con la información de sus siniestros, realizando un análisis descriptivo de las variables potenciales a incluirse en el modelo.

El seguro es una disciplina basada en métodos estadísticos, que emplea los datos disponibles para pronosticar pérdidas y probabilidades de ocurrencia. (Guillen, 2016)

En la publicación de la Revista Índice denominada Big Data en Seguro, se explica de manera concisa el uso de la estadística dentro del campo de estudio actuarial, y se demuestra la complejidad del análisis debido al volumen y variedad de la información.

## 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Una compañía aseguradora se dedica a la venta de productos en diferentes ramos, destacándose entre ellos el de vehículos, siendo uno de los ramos de mayor participación y retención en el mercado. De acuerdo a la normativa ecuatoriana, en la resolución N° 051-2015-F de la Junta de Política y Regulación Monetaria y Financiera menciona que “Las empresas de seguros y compañías de reaseguros que operen en los

ramos de vida individual, vida en grupo, accidentes personales, asistencia médica y vehículos, deberán retener el 95% de la prima total neta emitida”.

En otras palabras, el porcentaje de cesión a reaseguradores no debe superar el 5% de la prima neta emitida, convirtiéndose en un producto que requiere de especial atención y seguimiento por parte del área técnica y actuarial, puesto que la compañía debe gestionar el 95% del riesgo que supone la comercialización de este producto.

Dos factores importantes a considerar son la siniestralidad y los gastos incurridos, dado que impactan de manera directa en el resultado de la compañía, así como la estimación de las reservas de siniestros pendientes avisados, que no es más que la estimación de la severidad de la indemnización que significará para la empresa la ocurrencia de un siniestro.

Un dato importante es el análisis del ratio combinado, indicador que mide la rentabilidad técnica de los productos de No Vida y que se calcula como la suma del ratio de siniestralidad y del ratio de gastos, calculados normalmente sobre primas imputadas netas de reaseguro, fue para el ramo de vehículos del 99% en diciembre de 2016. Si este indicador supera el 100% quiere decir que la compañía tendría que crear una reserva por la insuficiencia de la tarifa.

### **1.3. JUSTIFICACIÓN**

Esta investigación tiene como objetivo principal determinar una tarifa para las primas de aseguramiento del ramo de vehículos que permita obtener la mayor rentabilidad para la empresa, analizando el perfil de los clientes y el riesgo del bien asegurado.

Actualmente, la tarifa cobrada por la empresa, se basa en la experiencia del mercado asegurador ecuatoriano, por lo tanto se considera necesario ajustarla y obtener un esquema de tarificación que permita mejorar la rentabilidad en el producto.

La tarifa actual se maneja a través de una tasa, que en promedio es de 3%, aplicada directamente sobre la suma asegurada, lo que este esquema es que exista una tarifa plana, la cual no considera el nivel de riesgo de cada persona o vehículo de acuerdo a sus características más relevantes.

Lo ideal sería que exista un crecimiento rentable, es decir captar la mayor cantidad de clientes asignándoles el precio acorde a su riesgo inherente, y de esta manera tener un mayor control sobre la siniestralidad y las condiciones de renovación.

Además, de esta forma, sería posible mejorar los precios para clientes de nichos de mercado con mejor comportamiento siniestral, se podrían analizar segmentos y mejorar los productos con base en sus necesidades.

#### **1.4. ALCANCE**

El proyecto se realizará en una empresa de seguros que opera en el Ecuador, cuya oficina matriz está situada en la ciudad de Guayaquil.

Se pretende que mediante el uso de modelos lineales generalizados, a través de la regresión logística, obtener un esquema de tarificación más eficiente, basado en el riesgo de los clientes, pudiendo así contar con tarifas mejor estructuradas y mayor competitividad en el mercado asegurador de vehículos.

A lo largo de este proceso, se realizará el análisis de las variables que influyen mayormente en la siniestralidad de los clientes y por ende deben tomarse en consideración al momento de tarificar. Esto, a través del uso de diversas herramientas estadísticas.

#### **1.5. OBJETIVOS DEL PROYECTO**

Como hemos comentado en párrafos anteriores, se desea encontrar una tarifa multivariable que permita asignar un precio del seguro adecuado al riesgo cada cliente con base en su perfil.

Lo que realmente desea la compañía es:

Incrementar la rentabilidad del aseguramiento del ramo de vehículos, mediante la aplicación de una metodología estadístico-actuarial que permita mejorar los indicadores técnicos y agilizar los procesos internos.

Y de esta manera poder también cumplir objetivos específicos:

1. Mejorar el resultado técnico del ramo de vehículos.
2. Reducir el índice de siniestralidad del ramo.
3. Mejorar las políticas de suscripción del ramo de vehículos.

#### **1.6. METODOLOGÍA**

La metodología a utilizar es la de la aplicación de modelos lineales generalizados para la obtención de la tarifa.

Se tomará la base de datos de la compañía y se identificarán aquellos factores relevantes tanto de asegurado, datos de póliza y características del vehículo, que podrían incidir en la frecuencia siniestral y severidad de la pérdida.

Mediante un modelo de regresión logística se obtendrá la probabilidad de que un cliente tienda a tener siniestros y se analizará la distribución de la que proviene el monto de siniestros.

Se analizará la distribución de la que provienen los datos de severidad de los siniestros, para adecuar la prima al riesgo real que tiene cada negocio.

# CAPÍTULO 2

## 2. MARCO TEÓRICO

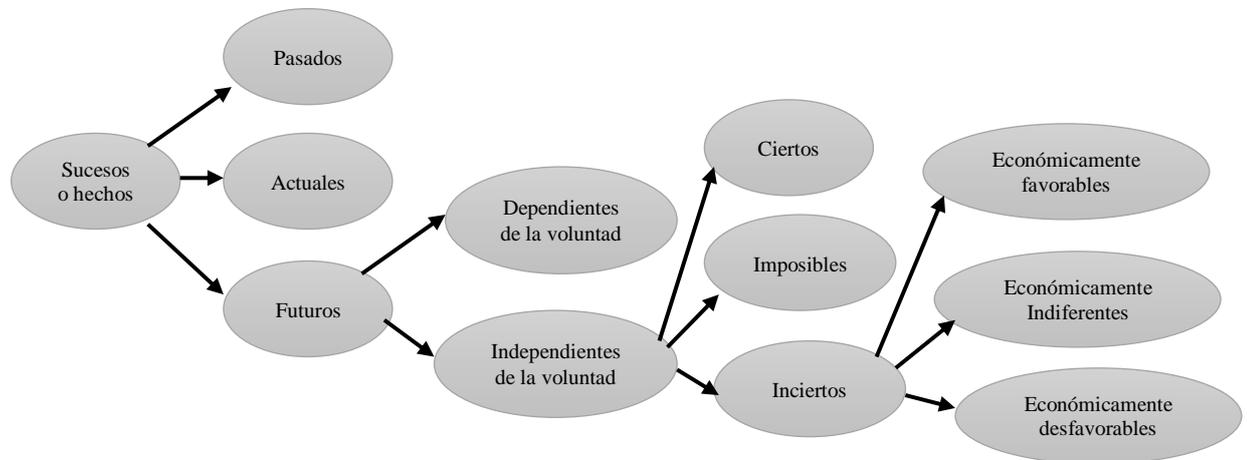
### 2.1. TEORÍA DE SEGUROS

Antes de entrar a la teoría de seguros es importante conocer la definición de riesgo.

En terminología de seguros, el riesgo es la posibilidad de que ocurra un evento desfavorable, siendo éste ajeno a la voluntad de asegurador y asegurado. (Pérez Torres, 1986)

No todos los sucesos posibles son riesgos.

Fig. 2-1 Sucesos posibles y riesgos (Pérez Torres, 1986)



Los riesgos pueden clasificarse como riesgos no vida (o generales) y riesgos de vida.

El seguro es un contrato, llamado comúnmente Póliza, mediante el cual la compañía de seguros está obligada, a través del pago de un monto denominado prima por parte de un individuo o entidad, a asumir el **riesgo** y pagar una indemnización en caso de que a éste le suceda un siniestro. El seguro le brinda al cliente protección frente a cualquier daño imprevisto e inevitable conocido como riesgo. (León, 2013)

Es un medio para la cobertura de los riesgos al transferirlos a una aseguradora que se va a encargar de garantizar o indemnizar todo o parte del perjuicio producido por la aparición de determinadas situaciones accidentales. (FUNDACIÓN MAPFRE)

En los contratos de seguro, se intenta obtener una protección económica de bienes o personas que pudieran sufrir daños en el futuro, y a su vez, el asegurador cobra una prima por la prestación de los servicios.

La **aseguradora** es la entidad que, mediante la formalización de un contrato de seguro, asume las consecuencias dañosas producidas por la realización del evento cuyo riesgo es objeto de cobertura. Sinónimo de entidad de seguros

El **asegurado** es la persona que en sí misma o en sus bienes o intereses económicos está expuesta al riesgo. (FUNDACIÓN MAPFRE)

**La prima** es la aportación económica que ha de satisfacer el contratante o asegurado a la entidad aseguradora en concepto de contraprestación por la cobertura de riesgo que este le ofrece. Desde un punto de vista jurídico, es el elemento real más importante del contrato de seguro, porque su naturaleza, constitución y finalidad lo hacen ser esencial y típico de dicho contrato. (FUNDACIÓN MAPFRE)

**El siniestro es la** aportación económica que ha de satisfacer el contratante o asegurado a la entidad aseguradora en concepto de contraprestación por la cobertura de riesgo que este le ofrece. Desde un punto de vista jurídico, es el elemento real más importante del contrato de seguro, porque su naturaleza, constitución y finalidad lo hacen ser esencial y típico de dicho contrato. (FUNDACIÓN MAPFRE)

En este proyecto se abordará sobre la importancia de la prima retenida, que no es más que el porcentaje del riesgo que absorbe una compañía de seguros que no es transferida a un reasegurador.

El reaseguro se trata de un contrato suscrito por una compañía de seguros (reasegurado) con otra compañía, para que esta nueva compañía que será la reaseguradora, asuma parte del riesgo y del coste del contrato firmado con un cliente en el caso de que se produjera un siniestro, es una manera de que la compañía aseguradora también esté protegida y exista un tercer actor que se involucre y asuma una parte del riesgo.

Por tanto mediante el reaseguro, el reasegurado que ha acordado con un cliente suscribir una póliza de seguro con unas determinadas coberturas a cambio de una prima, realizará un nuevo contrato en el que transferirá a otra compañía reaseguradora parte de los riesgos y parte de la prima para que ésta responda reduciendo así las posibles pérdidas en que pudiera incurrir el reasegurado.

El reaseguro se da en aquellos casos en los que el seguro presenta riesgos elevados, en los que una compañía no puede hacer frente a la totalidad de los costes que podría conllevar dicho seguro por lo que necesita acudir a una reaseguradora.

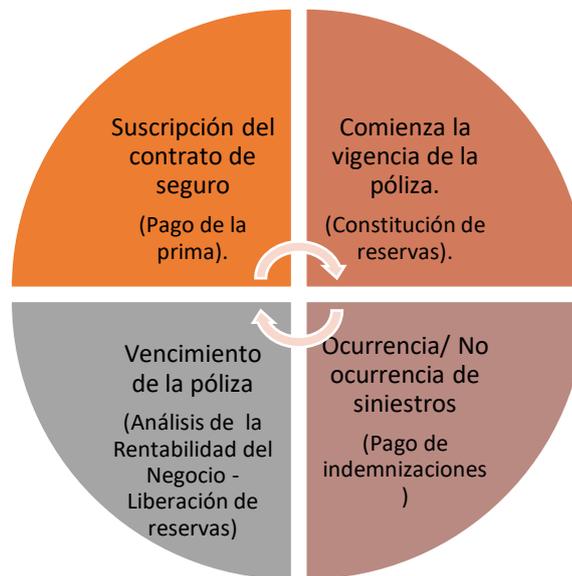
## **2.2. ESTADÍSTICA EN SEGUROS**

En el sector asegurador es fundamental un profundo conocimiento de los clientes y de la metodología para asignar precios a los productos. Las

pérdidas o ganancias en este mercado están estrechamente ligadas a las probabilidades de ocurrencia de eventos que pueden afectar la rentabilidad del negocio.

Muy al contrario de otros sectores, el ciclo no termina con la venta del seguro, este apenas comienza y debido a que generalmente las pólizas poseen una vigencia anual, el riesgo de pérdida va a mantenerse vivo durante este periodo, hasta el día de extinción de la póliza.

Fig. 2-2 Ciclo del seguro de vehículos



Fuente: La autora

Bajo este contexto, es sustancial el aporte que la estadística puede brindar a la tarificación de estos servicios que consisten en dar protección a los asegurados a través del contrato de seguro.

La tarificación es el proceso de determinación de primas de tal forma que se correspondan con los siniestros a pagar y sean suficientes para cubrir los gastos de gestión intrínsecos al negocio. Por ello, la tarificación constituye una actividad clave del negocio asegurador. (Boj del Val, Claramunt Bielsa, & Costa Cor, 2017)

En el seguro de vehículos son necesarias las variables relacionadas al conocimiento del cliente.

Fig. 2-3 Factores de tarificación (López Soria, 2006)

VARIABLES RELACIONADAS CON EL VEHÍCULO ASEGURADO.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Por ejemplo: tipo de vehículo, potencia, cilindraje, combustible, precio.</li> </ul>
VARIABLES RELACIONADAS CON EL CONDUCTOR HABITUAL.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Por ejemplo: Género, edad, estado civil, antigüedad del carnet de conducir.</li> </ul>
VARIABLES RELACIONADAS CON LA CONDUCCIÓN.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Por ejemplo: zona de circulación, provincia, uso del vehículo.</li> </ul>

Mediante análisis univariado es posible identificar ciertos analizar el comportamiento de factores de interés, tales como: Frecuencia, costo de siniestros, prima promedio, siniestralidad. (Ambríz, Esteva, & Montiel, 2007)

Entre los problemas del análisis univariado está el que se desconocen los factores que influyen realmente en la tarifa y no capta correlaciones e interacciones entre las características de interés.

### 2.3. MODELOS APLICADOS A SEGUROS DE VEHÍCULOS

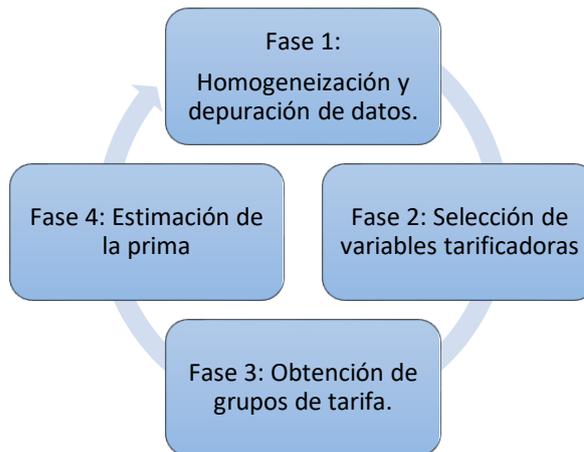
A través de metodología estadística es posible modelizar estos escenarios y construir tarifas que se ajusten a las exigencias del mercado y al riesgo implícito en cada asegurado como individuo con un riesgo inherente asociado a su perfil y comportamiento.

De manera general, es posible aplicar dos pasos en la tarificación: la tarificación a priori y a posteriori.

En la tarificación a priori el nivel de riesgo de cada póliza se puede explicar a través de factores que son observables y puede estimarse a través de una metodología como la de Modelos Lineales Generalizados. (Vilar Zanón, 2013)

Bajo este sistema se pueden distinguir 4 fases:

*Fig. 2-4 Fases del sistema de tarificación a priori*



A pesar de que en este proyecto se aplica la metodología a priori de Modelos Lineales Generalizados, abordaremos la explicación del segundo paso, la tarificación a posteriori.

La tarificación a posteriori introduce el concepto de características inobservables que se van manifestando a lo largo de la siniestralidad de la póliza, es entonces donde nace una metodología interesante como es el Bonus Malus.

Una alternativa es la aplicación de cadenas de Markov, en la cual se evaluará la probabilidad de que un cliente pase de un estado a otro, en este caso, pase de tener 0 siniestros a 1 siniestro, y así sucesivamente.

El sistema de Bonus Malus, para explicarlo de una manera más sencilla, consistiría en un sistema de “compensación” o “castigo” al cliente, con porcentajes de recargo o descuento, acorde a su comportamiento siniestral.

Entre las técnicas predictivas más aplicadas a tarificación se tienen los modelos de regresión y las técnicas de segmentación de clientes. (Bousoño, Heras, & Tolmos)

### 2.3.1. MODELOS LINEALES GENERALIZADOS (GLM'S)

Los GLM'S, son una extensión de los modelos lineales tradicionales que permiten medir la relación entre las variables predecibles y la variable a predecir. (Ambríz, Esteva, & Montiel, 2007)

Las variables que se requiere analizar en un modelo para obtener la tarifa son: Frecuencia y Severidad.

Mediante el uso de estos modelos es posible simular estos escenarios y tener un control de la tarifa que se propone al mercado, de modo que sea la suficiente para cubrir los siniestros, gastos y comisiones y generar una utilidad a la compañía que la haga sostenible a través del tiempo, lo cual

puede medirse a través del ratio combinado, estudiado en capítulos anteriores.

- ✓ Favorecen la obtención de tarifas adecuadamente segmentadas:

Proporcionan precios más ajustados al riesgo, lo que supone una ventaja competitiva, que puede llevar a mejorar la venta, la rentabilidad y a proteger contra la selección adversa.

Frente a los modelos univariados, tienen en cuenta la correlación entre variables y permiten incorporar las posibles interacciones entre éstas.

Suponen una generalización del Modelo Lineal Clásico, el planteamiento y validación de ambos modelos es muy similar.

- ✓ Hay otros modelos predictivos aplicables a la tarificación de seguros: cluster analysis, CART (Classification and Regression Trees), Neural Networks, etc.

Un modelo lineal generalizado es un procedimiento estadístico que permite medir el efecto de una o más variables independientes sobre una dependiente. (Towers Watson, 2010)

Existen modelos de tarificación que son usados en esta industria, como lo son los de frecuencia y severidad aplicados para medir la ocurrencia de siniestros y el impacto económico que estos generan.

Permite a las compañías de seguros suscribir riesgos con base en los perfiles de los clientes, si se llegara a añadir información de la competencia se generarían precios altamente competitivos en el mercado de seguros.

Estos modelos permiten expresar la relación entre la variable dependiente y las variables independientes:

Fig. 2-5 Modelos GLM en Seguros



Para obtener resultados significativos los modelos GLM requieren cierta experiencia.

Entre los principales problemas de los modelos GLM's, se tiene que:

- Cada compañía tiene una distribución geográfica diferente.
- Poca experiencia a nivel de todo el país.
- Las variables deben estar bien agrupadas.

# CAPÍTULO 3

## 3. METODOLOGÍA

### 3.1 MODELOS LINEALES GENERALIZADOS

Los modelos lineales generalizados son una alternativa de transformación de la variable de respuesta, justificadas por la falta de linealidad y de homogeneidad de varianza, éstos tienen como objetivo describir el efecto de una o más variables explicativas sobre una o más variables de respuesta. (López & Ruiz, 2011)

Son modelos de regresión multivariable que bajo un mismo marco teórico unifican varios modelos estadísticos: regresión lineal, regresión logística (binomial), binomial negativa, de poisson, gamma y regresión Inversa gaussiana.

Al tratarse de modelos multivariables, superan las principales limitaciones univariadas, de forma que tienen en cuenta la correlación entre variables y permiten incorporar las posibles interacciones entre estas.

Se utilizan muy extensamente en el mercado asegurador, principalmente para describir el comportamiento siniestral, con el propósito de obtener tarifas multivariadas, entre otros usos como modelos de fraude, deserción y propensión a la adquisición de un seguro.

Considere una variable  $Y$  cuya distribución de probabilidades depende de un parámetro simple  $\theta$ . Su distribución pertenece a la familia exponencial si esta puede ser escrita:

$$f(y, \theta) = s(y)t(\theta)e^{a(y)b(\theta)}$$

Donde  $a, b, s$ , y  $t$  son funciones conocidas. Esta ecuación puede ser reescrita:

$$f(y, \theta) = \exp[a(y)b(\theta) + c(\theta) + d(y)]$$

Dónde:

$$s(y) = \exp d(y) \quad y \quad t(\theta) = \exp c(\theta)$$

Si  $a(y) = y$ , la distribución se dice que está en su forma canónica y  $b(\theta)$  es llamado parámetro natural. Ejemplos de Variables que pertenecen a esta familia: Poisson, Normal, Binomial, Geométrica, Binomial Negativa, Gamma, Beta.

Los modelos lineales generalizados (GLM) son definidos en función de variables aleatorias independientes  $Y_1, Y_2, \dots, Y_n$  cada una con distribución de la familia exponencial y con las siguientes propiedades:

1. La distribución de cada  $Y_i$  tiene la forma canónica y depende de un parámetro simple  $\theta_i$  (o pueden ser los mismos) y además tienen la misma distribución (normal, o binomial, etc), entonces:

$$f(y_i; \theta_i) = \exp[y_i b(\theta_i) + c(\theta_i) + d(y_i)]$$

$$\begin{aligned} f(y_1, \dots, y_n; \theta_1, \dots, \theta_n) &= \prod_{i=1}^n \exp[y_i b(\theta_i) + c(\theta_i) + d(y_i)] \\ &= \left[ \sum_{i=1}^n y_i b(\theta_i) + \sum_{i=1}^n c(\theta_i) + \sum_{i=1}^n d(y_i) \right] \end{aligned}$$

2. Los parámetros  $\theta_i$  no son de interés directo. Para los modelos lineales generalizados es de interés estimar los parámetros  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$  ( $p < n$ ) Suponga que  $E(Y_i) = \mu_i$ , donde  $\mu_i$  es una función de  $\theta_i$ .
3. En un modelo lineal generalizado, se considera una transformación de  $\mu_i$  tal que:

$$g(\mu_i) = x_i^T \beta$$

4.  $g$  es una función monótona, diferenciable y es llamada función link.

Un modelo lineal generalizado tiene tres componentes:

1. Las variables de respuesta  $Y_1, \dots, Y_n$ , tienen la misma distribución de la familia exponencial.
2. Un conjunto de parámetros  $\beta$  y variables explicativas.

$$X = \begin{bmatrix} x_1^T \\ \vdots \\ x_n^T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1p} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & \dots & x_{np} \end{bmatrix}$$

3. Una función link monótona  $g(\mu_i) = x_i^T \beta$  donde  $E(Y_i) = \mu_i$

El concepto de interacción implica que la relación entre la variable dependiente y una determinada variable regresora depende de los valores que tome una segunda variable regresora.

Se puede entender como correlación en la variable respuesta.

Los modelos de frecuencia son más susceptibles de recoger interacciones que los modelos de coste medio debido a que el comportamiento de estos últimos es más estable.

### 3.2. MÉTODO DE VALIDACIÓN DEL MODELO

De modo que podamos validar el modelo que se ha hallado utilizaremos el test de Hosmer – Lemeshow, que es un test muy utilizado en Regresión logística.

Este es un test de bondad de ajuste al modelo propuesto, donde la consigna es comprobar si el modelo hallado puede explicar el fenómeno observado, evaluándose la distancia entre un observado y un esperado.

El Test básicamente consiste en dividir el recorrido de valores de la variable dependiente (0,1) en una serie de intervalos. Intervalos que contengan un número de observaciones suficientemente grande (5 ó más). (Llopis Pérez)

Se trata, entonces, de contar intervalo por intervalo el esperado y el observado para cada uno de los dos resultados posibles de la variable dependiente dicotómica, en nuestro caso si tiene o no tiene siniestro, aplicándose un estadístico Ji-cuadrado.

Para realizar la validación respectiva se contrasta la siguiente hipótesis:

***H<sub>0</sub>: El modelo tiene buen ajuste.***

***H<sub>1</sub>: El modelo no tiene buen ajuste.***

Por lo tanto, un p-valor superior a 0.05 implica que lo que observamos se ajusta suficientemente a lo que esperado bajo el modelo.

### 3.3. CAPACIDAD DE PREDICCIÓN DEL MODELO – ANÁLISIS DE MATRIZ DE CONFUSIÓN

Para evaluar la capacidad predictiva del modelo en regresión logística suele utilizarse la matriz de confusión.

La matriz de confusión es una matriz de tamaño  $n \times n$  en las que las filas y columnas corresponden a las categorías que se desean explicar en el modelo, en este caso al tratarse de una Regresión Logística Binaria, estaríamos hablando de una matriz de  $2 \times 2$ . (Zelada, 2017)

Fig. 3-1 Formato de Matriz de Confusión

		Predicción	
		Positivos	Negativos
Observación	Positivos	Verdaderos Positivos	Falsos Negativos
	Negativos	Falsos Positivos	Verdaderos Negativos

De esta manera es posible medir varios indicadores:

Exactitud: El porcentaje de la data que es clasificada correctamente.

$$\frac{\text{Verdaderos Positivos} + \text{Verdaderos Negativos}}{\text{Total}}$$

Tasa de error: El porcentaje de la data que es clasificada incorrectamente.

$$\frac{\text{Falsos Positivos} + \text{Falsos Negativos}}{\text{Total}}$$

Sensibilidad (Tasa de Verdaderos Positivos): El porcentaje de positivos que se clasifican de manera correcta.

$$\frac{\text{Verdaderos Positivos}}{\text{Total Positivos}}$$

Especificidad: El porcentaje de negativos que se clasifican de manera correcta.

$$\frac{\text{Verdaderos Negativos}}{\text{Total Negativos}}$$

Precisión: Cuando predice positivos, que porcentaje clasifica correctamente.

$$\frac{\text{Verdaderos Positivos}}{\text{Total Clasificados Positivos}}$$

Valor de predicción negativos: Cuando predice negativo, que porcentaje clasifica correctamente.

$$\frac{\text{Verdaderos Negativos}}{\text{Total Clasificados Negativos}}$$

### 3.4. METODOLOGÍA A PRIORI O CLASS RATING

Se denomina a priori ya que nos permitirá asignar una prima a una póliza o riesgo que se incorpora en nuestra cartera sin tener experiencia sobre la siniestralidad de ese riesgo en concreto, excepto la proporcionada con experiencia de los últimos años. Únicamente conociendo determinadas características de la póliza determinaremos su prima asignándole una siniestralidad esperada.

A continuación se muestra en qué consiste básicamente el cálculo de la prima pura o tasa pura, pues éste influye en el tipo de factores de riesgo incluidos en la cartera.

Consideremos una cartera de riesgos, en un intervalo de tiempo que habitualmente se considera un año. Nos interesa estudiar la siniestralidad de la cartera respecto del riesgo cubierto por el seguro en cuestión.

Esta prima pura  $P$  es la componente fundamental del precio del seguro, ya que está destinada a acumular la recaudación suficiente para hacer frente a los siniestros esperados. Si la cartera fuera infinita, unos riesgos se compensarán con otros y los ingresos obtenidos mediante la prima pura serían suficientes para asegurar la solvencia de la empresa.

Sin embargo, en la práctica, no se dispone de una cartera infinita, no siendo además totalmente fiable la información estadística, por lo que es necesario añadir un recargo de seguridad a la prima pura para garantizar la solvencia. Gracias a este recargo, se constituye una reserva técnica que permite hacer frente a las desviaciones imprevistas de la siniestralidad que pueden comprometer la solvencia.

Finalmente, es necesario añadir también un recargo para gastos de gestión interna (destinado a cubrir los gastos de administración y gestión), un recargo para gastos de gestión externa (destinado a cubrir los gastos de producción) y un recargo para beneficios, obteniéndose así la prima comercial o de tarifa.

Las primas que resultan una vez considerados todos los recargos deben cumplir los así llamados principios de equidad, solidaridad y suficiencia. Según el principio de equidad, las primas pagadas por los asegurados deben ajustarse al riesgo, lo que implica la adecuada selección de los factores de riesgo y la precisión del proceso de cálculo de las tarifas. El principio de solidaridad se refiere al pago de una prima idéntica por parte de los asegurados pertenecientes a un grupo homogéneo. Por último, el principio de suficiencia pretende que la cuantía total de los ingresos por primas de la empresa aseguradora sea suficiente para hacer frente a los siniestros. (Bousoño, Heras, & Tolmos)

Sean:

$N$ : Variable aleatoria de número de siniestros en el intervalo  $\tau$

$X_i$ : Cuantía del siniestro  $i$  – ésimo para  $i = 1, \dots, N$ .

El coste total por indemnizaciones de siniestros ocurridos,  $S$ , en el periodo  $\tau$ , resulta ser:

$$S = \begin{cases} X_1 + X_2 + \dots + X_N & \text{Si } N > 0 \\ 0 & \text{Si } N = 0 \end{cases}$$

Si estudiamos el coste total por póliza, el valor esperado viene dado por:

$$E[S] = E[N] * E[X]$$

Valor que por definición coincide con la prima pura, en este caso optamos por el cálculo a través de la tasa pura de riesgo (TPR), que análogamente no es más que el valor esperado de la frecuencia por el valor esperado de la severidad, ambos datos que serán obtenidos mediante la aplicación de los modelos lineales generalizados.

$$TPR = \text{Frecuencia} \times \text{Severidad}$$

Donde:

$$\text{Frecuencia} = \frac{\text{Siniestros Ocurridos}}{\text{Vehículos expuestos}}$$

$$\text{Severidad} = \text{Siniestro Promedio}$$

Estos indicadores serán utilizados para la obtención de la tarifa final y la comparación sobre el precio de la prima que se cobra actualmente.

De esta manera, obtenemos una tarifa basada en la experiencia siniestral de la compañía, y adecuada a los riesgos expuestos por categoría, mejorando la rentabilidad percibida por la empresa.

# CAPÍTULO 4

## 4. ANÁLISIS DEL SECTOR ASEGURADOR ECUATORIANO

### 4.1. CIFRAS DEL SECTOR ASEGURADOR ECUATORIANO

#### 4.1.1. PRIMAS EMITIDAS

Con datos desde el año 2012, tenemos una idea del volumen de prima neta emitida en alrededor de los \$1,600 millones de dólares, monto importante que contribuye a la economía del país.

Como podemos observar desde el año 2014, el sector asegurador se ha mantenido en niveles similares de prima neta emitida. Estos datos están cerrados al mes de diciembre de cada año, desde el 2012.

*Tabla 4-1 Evolución histórica de Primas Netas Emitidas del 2012 al 2017*

<b>Fecha corte</b>	<b>Valores en dólares</b>
dic-12	1,485,000,000.00
dic-13	1,659,312,817.66
dic-14	1,702,922,587.96
dic-15	1,664,880,180.78
dic-16	1,618,173,768.13
dic-17	1,631,100,047.06

Fuente: Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros.

#### 4.1.2. PRIMA NETA RETENIDA

Para poder entender la importancia de la prima neta retenida debemos comprender de manera general el concepto de reaseguro, revisado en el capítulo anterior.

El reaseguro es la transferencia del riesgo a otra compañía, denominada “reaseguradora”, para poder cubrir los riesgos sin alterar el contrato realizado con el asegurado.

Bajo esta figura, el reasegurador recibe una comisión y parte de las primas para asumir la responsabilidad en caso de un siniestro. Dicho proceso es transparente para el asegurado o beneficiario, quien recibirá la indemnización por parte de la compañía aseguradora.

El monto retenido, en este caso la prima neta retenida es el valor de la prima que se queda con el asegurador, considerando la parte del riesgo que él ha asumido respecto al contrato.

Por lo tanto, la prima neta retenida es el ingreso de la compañía aseguradora.

Como vemos a continuación, conforme han pasado los años, las compañías en el Ecuador han apostado a asumir mayor parte del riesgo, sea por políticas internas o políticas públicas adoptadas en los últimos años, dado que mientras mayor sea la participación de la compañía asegurador, mayor podría resultar el beneficio de la misma en la medida en que gestionen sus riesgos de una manera adecuada, con procesos de suscripción y tarificación bien estructurados.

Al igual que para la prima neta emitida, se analizará la evolución de la prima neta retenida por periodos iguales, con cifras a diciembre de cada año.

En este caso podemos apreciar que, a pesar de no haber existido un crecimiento importante en los niveles de prima emitida, la prima neta retenida si ha tenido un crecimiento a través del tiempo.

*Tabla 4-2 Evolución histórica de Primas Netas Retenidas del 2012 al 2017*

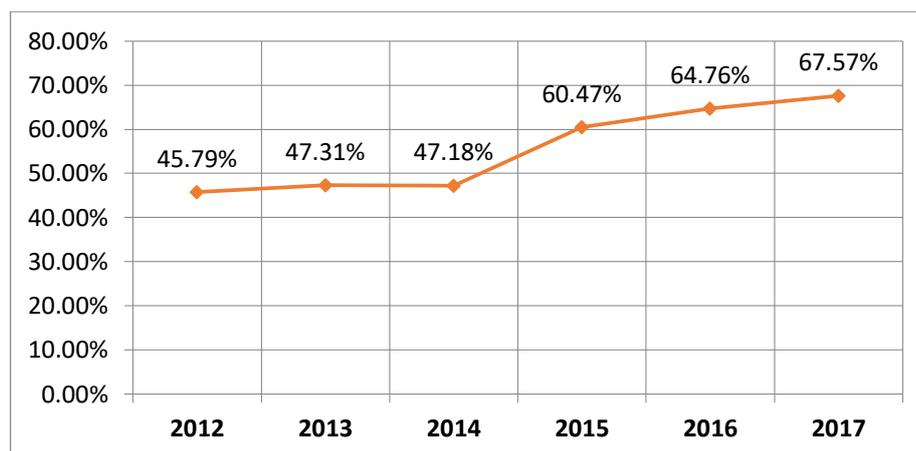
<b>Fecha corte</b>	<b>Valores en dólares</b>
dic-12	679,954,000.00
dic-13	784,984,220.87
dic-14	803,443,724.10
dic-15	1,006,698,552.16
dic-16	1,047,978,810.13
dic-17	1,102,090,107.86

Fuente: Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros.

Considerando la información de la prima neta emitida y de la prima neta retenida, es posible calcular el porcentaje de retención de la industria aseguradora.

En el siguiente gráfico se puede visualizar la evolución de la retención del sector asegurador.

Fig. 4-1 Porcentajes de prima neta retenida del 2012 al 2017



Fuente: Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros.

#### 4.1.2. SINIESTROS PAGADOS

En este apartado analizaremos los montos totales de siniestros pagados en el sector asegurador en los últimos años.

Los siniestros, son los montos por indemnización que la aseguradora debe entregar a un asegurado y/o beneficiario por la realización de un riesgo, es decir la ocurrencia de un evento que ha generado pérdida, que está contemplado dentro del contrato de seguro.

Tabla 4-3 Evolución histórica de Siniestros Pagados del 2012 al 2017

Fecha corte	Valores en dólares
dic-12	630,301,000.00
dic-13	665,201,535.47
dic-14	706,003,714.29
dic-15	807,661,672.29
dic-16	1,122,489,623.45
dic-17	852,380,531.84
<b>Total general</b>	<b>4,634,225,691.50</b>

Fuente: Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros.

Conociendo los montos de primas tanto emitidas como retenidas así como los valores pagados por siniestros, podemos calcular un indicador muy importante en el sector asegurador, la siniestralidad.

Introducimos entonces el concepto de siniestralidad:

$$\text{Siniestralidad} = \frac{\text{Siniestros Pagados}}{\text{Prima neta emitida}}$$

### 4.1.3. SINIESTRALIDAD

En el año 2012, la siniestralidad bruta alcanzó un porcentaje de 42.44%, decayendo en el 2013.

Sin embargo, podemos apreciar el elevado nivel de siniestralidad reflejado en diciembre de 2016, esto se puede explicar a raíz del terremoto que azotó al Ecuador, el 16 de abril de 2016, causando este impacto en las compañías aseguradoras.

*Tabla 4-4 Evolución histórica de la Siniestralidad*

<b>Fecha corte</b>	<b>Siniestralidad bruta</b>
dic-12	42.44%
dic-13	40.09%
dic-14	41.46%
dic-15	48.51%
dic-16	69.37%
dic-17	52.26%

Fuente: Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros.

## 4.2. PRINCIPALES COMPAÑÍAS Y RAMOS

En la presente sección analizaremos las principales compañías y ramos, el sector asegurador está compuesto actualmente por 34 compañías de seguros, reguladas por la Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros del Ecuador.

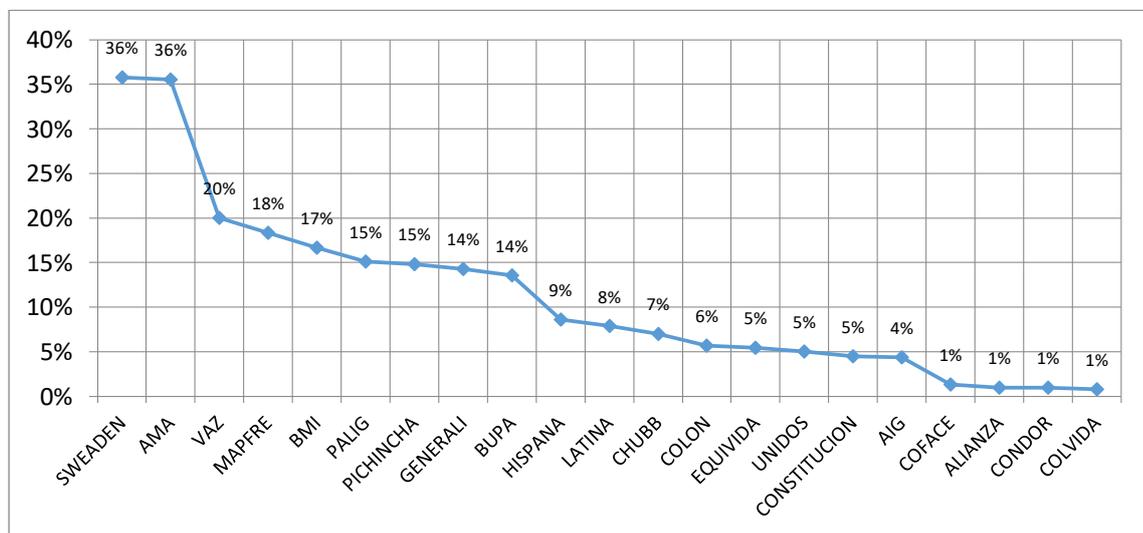
En primer lugar, observaremos en la tabla 4-5 la distribución de primas emitidas por empresa desde el año 2015.

En el año 2017 se dio la fusión de las compañías Seguros Sucre y Seguros Rocafuerte, ambas estatales, alcanzando el primer lugar en el ranking de primas emitidas. Se ha consolidado la información de ambas empresas en los años anteriores para poder realizar una comparación en su evolución, con respecto al año 2017, en el cual no se tienen cifras por separado.

Tabla 4-5 Ranking de aseguradoras por primas emitidas de Diciembre del 2015 al 2017

Puesto	Compañía	Dic-15	Dic-16	Dic-17	Total general
1	SUCRE-ROCAF.	271,809,857	308,980,981	274,629,339	855,420,176
2	EQUINOCCIAL	170,621,377	154,713,586	148,042,038	473,377,000
3	CHUBB	135,010,534	132,533,744	141,829,761	409,374,039
4	QBE	157,929,869	123,642,851	111,218,631	392,791,351
5	PICHINCHA	104,452,222	109,864,926	126,171,834	340,488,982
6	AIG	93,463,357	90,542,196	94,500,786	278,506,339
7	EQUIVIDA	69,981,243	71,858,165	75,763,749	217,603,157
8	LIBERTY	61,408,504	64,951,703	63,284,409	189,644,616
9	ASUR	75,391,713	50,442,641	48,917,579	174,751,933
10	ECUASUIZA	52,434,940	53,328,897	51,863,401	157,627,238
11	MAPFRE	49,599,233	48,287,973	57,148,687	155,035,893
12	PALIG	43,341,486	43,126,662	49,637,833	136,105,982
13	UNIDOS	40,699,814	38,556,446	40,493,391	119,749,651
14	LATINA	37,927,733	36,404,259	39,274,261	113,606,252
15	GENERALI	29,158,168	36,249,246	41,421,066	106,828,480
16	CONFIANZA	32,663,799	31,717,366	28,807,087	93,188,252
17	ALIANZA	27,752,501	24,847,332	25,090,145	77,689,979
18	SWEADEN	20,906,387	23,470,167	31,858,487	76,235,041
19	HISPANA	22,272,994	23,617,626	25,646,582	71,537,202
20	ORIENTE	25,407,598	23,066,146	22,269,136	70,742,880
21	BMI	19,778,120	21,783,724	25,408,779	66,970,624
22	BUPA	19,508,259	20,875,954	23,711,894	64,096,107
23	CONDOR	18,290,399	16,339,262	16,495,343	51,125,004
24	UNION	16,111,820	15,085,139	14,682,072	45,879,031
25	VAZ	13,033,005	12,332,474	14,803,426	40,168,904
26	INTEROCEANICA	13,567,276	9,360,822	8,728,975	31,657,074
27	CONSTITUCION	7,474,835	9,471,040	9,898,116	26,843,991
28	COLVIDA	9,161,237	7,426,277	7,486,358	24,073,872
29	TOPSEG	5,251,559	6,690,636	4,532,870	16,475,066
30	COFACE	5,090,720	4,709,990	4,773,272	14,573,982
31	BALBOA	6,607,519	1,225,380		7,832,899
32	LONG LIFE	6,476,566	221,343		6,697,909
33	COLON	2,272,416	2,035,865	2,151,037	6,459,317
34	AMA	23,122	412,947	559,705	995,775
	Total general	1,664,880,181	1,618,173,768	1,631,100,047	4,914,153,996

Fig. 4-2 Compañías con crecimiento por Primas Emitidas - Variación entre 2016 y 2017



Fuente: Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros.

Analizando la prima neta retenida, vemos que la distribución es un poco distinta, sumando los tres últimos años QBE ocupa el primer lugar.

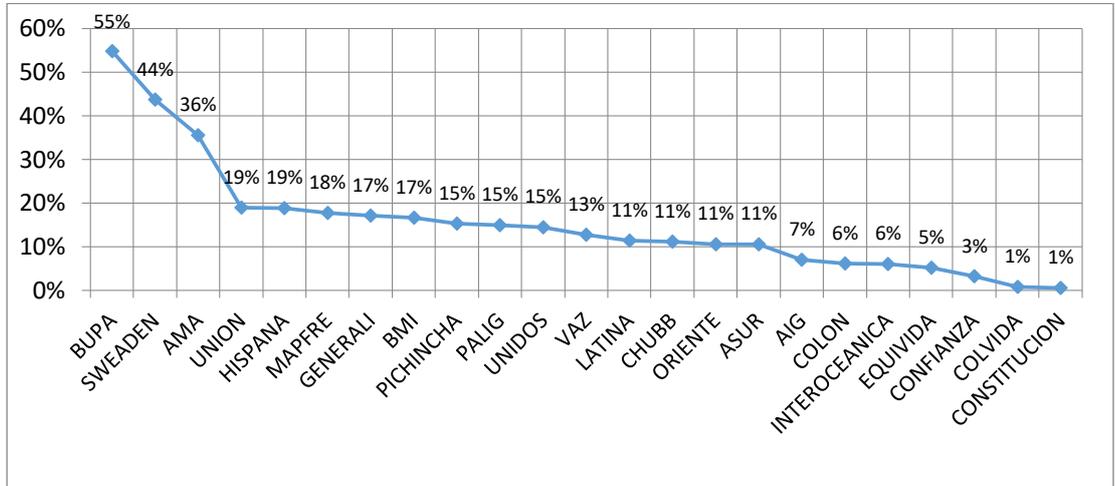
Sin embargo en el 2017, fue desplazada a tercer lugar por Pichincha y Chubb.

Tabla 4-6 Ranking de aseguradoras por prima neta retenida

Puesto	Compañía	Dic-15	Dic-16	Dic-17	Total general
1	QBE	143,831,402	110,622,017	103,373,984	357,827,403
2	PICHINCHA	99,414,945	106,075,361	122,252,053	327,742,358
3	CHUBB	88,909,084	99,126,631	110,238,867	298,274,582
4	EQUINOCCIAL	102,603,208	83,057,691	82,078,780	267,739,679
5	SUCRE-ROCAF.	60,241,903	106,555,577	87,830,412	254,627,891
6	EQUIVIDA	65,896,617	69,493,761	73,100,383	208,490,761
7	AIG	56,177,401	62,885,884	67,267,792	186,331,077
8	LIBERTY	56,801,096	60,003,746	58,263,102	175,067,944
9	PALIG	41,574,719	43,126,662	49,561,157	134,262,538
10	ASUR	41,739,039	35,030,616	38,731,429	115,501,083
11	LATINA	31,568,953	29,414,368	32,760,151	93,743,472
12	UNIDOS	26,393,297	26,011,451	29,786,864	82,191,613
13	MAPFRE	23,230,407	26,028,569	30,641,700	79,900,675
14	GENERALI	19,397,534	21,636,759	25,351,231	66,385,525
15	BMI	19,352,197	21,336,309	24,880,772	65,569,278
16	ECUASUIZA	18,073,590	22,949,899	20,909,535	61,933,024
17	SWEADEN	12,191,992	14,599,327	20,969,890	47,761,209
18	HISPANA	13,515,399	15,128,622	17,981,453	46,625,473
19	BUPA	5,389,147	15,317,418	23,711,894	44,418,460
20	ALIANZA	9,881,936	11,702,215	11,701,870	33,286,021
21	ORIENTE	10,548,753	10,522,174	11,639,017	32,709,944
22	VAZ	8,345,323	9,554,785	10,776,137	28,676,245
23	CONSTITUCION	6,896,170	8,587,793	8,637,635	24,121,597
24	COLVIDA	9,065,315	7,426,277	7,486,358	23,977,949
25	CONDOR	7,291,767	8,412,496	7,680,791	23,385,054
26	CONFIANZA	7,374,050	7,803,281	8,056,234	23,233,565
27	INTEROCEANICA	6,150,130	5,512,626	5,846,375	17,509,131
28	TOPSEG	2,069,198	4,105,220	3,815,539	9,989,958
29	UNION	3,191,669	3,042,634	3,620,665	9,854,968
30	COFACE	3,054,432	2,436,078	2,363,099	7,853,610
31	BALBOA	4,466,729	(364,644)		4,102,085
32	LONG LIFE	1,808,031	221,343		2,029,374
33	AMA	23,122	412,947	559,573	995,642
34	COLON	229,999	202,917	215,364	648,280
	<b>Total general</b>	<b>1,006,698,552</b>	<b>1,047,978,810</b>	<b>1,102,090,108</b>	<b>3,156,767,470</b>

La clasificación de riesgos por ramos y su codificación consta en el siguiente cuadro (Superintendencia de Bancos del Ecuador, 2012)

Fig. 4-3 Compañías con crecimiento por Primas Retenidas - Variación entre 2016 y 2017



Fuente: Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros.

La clasificación de riesgos por ramos y su codificación consta en el siguiente cuadro (Superintendencia de Bancos del Ecuador, 2012):

Tabla 4-7 Clasificación de ramos según la SCVS

Por su naturaleza	Por regulación	Ramo	Código	Seguro
PERSONAS	VIDA	Vida	1	Vida individual
			2	Vida colectiva
DAÑOS	GENERALES	Asistencia Médica	3	Asistencia Médica
		Accidentes Personales	4	Accidentes Personales
		Incendio y líneas aliadas	5	Incendio y líneas aliadas
			41	Riesgos catastróficos
		Lucro cesante a consecuencia de incendio y líneas aliadas	6	Lucro cesante a consecuencia de incendio y líneas aliadas
			42	Lucro cesante a consecuencia de riesgos catastróficos
		Vehículos	7	Vehículos
		SOAT	44	SOAT
		Transporte	8	Transporte
		Marítimo	9	Marítimo
		Aviación	10	Aviación
		Robo	11	Robo
		Dinero y valores	12	Dinero y valores
		Agropecuario	13	Agropecuario
		Riesgos técnicos	14	Todo riesgo para contratistas
			15	Montaje de maquinaria
			16	Rotura de maquinaria
			17	Pérdida de beneficio por rotura de maquinaria
			18	Equipo y maquinaria de contratistas
			19	Obras civiles terminadas
			38	Todo riesgo petrolero
		20	Equipo electrónico	
		39	Otros riesgos técnicos	
		Responsabilidad civil	21	Responsabilidad civil
		Fidelidad	22	Fidelidad
		Fianzas	23	Seriedad de oferta
			27	Cumplimiento de contrato
			28	Buen uso de anticipo
			29	Ejecución de obra y buena calidad de materiales
			31	Garantías aduaneras
33	Otras garantías			
Crédito	34	Crédito interno		
	35	Crédito a las exportaciones		
Banco e instituciones financieras (BBB)	24	Banco e instituciones financieras (BBB)		
Multiriesgo	40	Multiriesgo hogar		
		Multiriesgo industrial		
		Multiriesgo comercial		
Riesgos especiales	26	Riesgos especiales		

Fuente: Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros.

La participación de las primas netas emitidas y de las primas retenidas por naturaleza del riesgo en el año 2017, con cifras a diciembre mantiene el siguiente comportamiento.

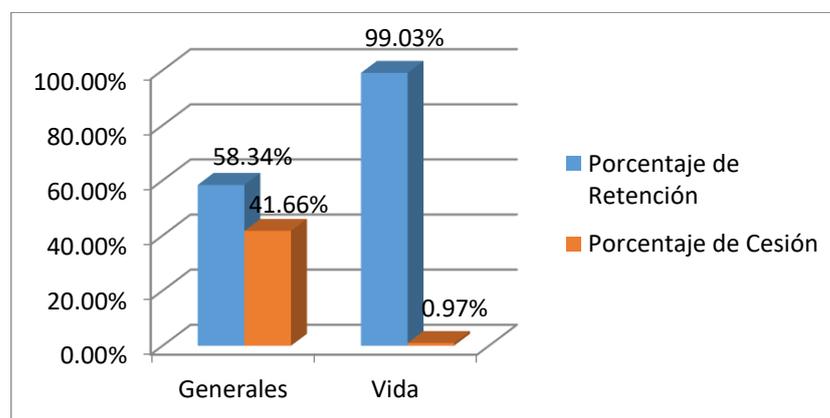
Tabla 4-8 Primas por riesgos por regulación

Riesgos por regulación	Prima neta emitida	Prima neta retenida
Generales	1,261,214,526.69	735,810,263.53
Vida	369,885,520.37	366,279,844.33
<b>Total general</b>	<b>1,631,100,047.06</b>	<b>1,102,090,107.86</b>

Fuente: Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros.

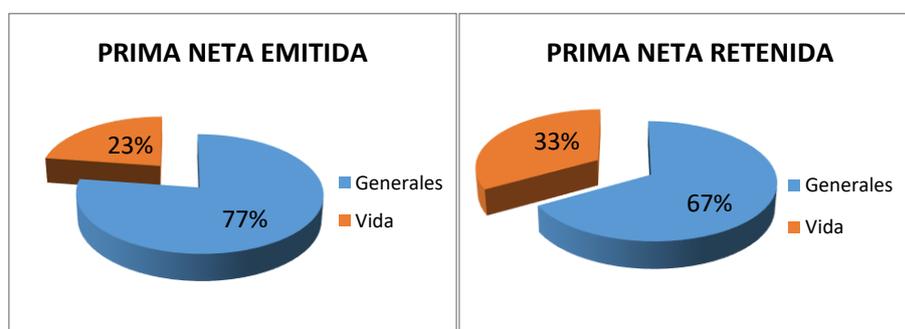
Podemos observar que los ramos de Vida contienen una mayor retención del riesgo que los ramos que pertenecen a la clasificación de Generales.

Fig. 4-4 Porcentajes de Retención y cesión por riesgos por regulación en el año 2017



Fuente: Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros.

Fig. 4-5 Distribución de la prima emitida y de la prima retenida por riesgos por regulación en el 2017



Fuente: Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros.

En nuestro caso específicamente nos vamos a enfocar en el ramo de vehículos, mismo que analizaremos en el siguiente apartado.

### 4.3. ANÁLISIS DEL SECTOR DE SEGUROS DE AUTOMÓVILES

En el 2017, el ramo de vehículos se posiciona entre los 5 primeros ramos con mayor retención, siendo el más importante en cuanto a primas emitidas y retenidas.

*Tabla 4-9 Ramos con mayor retención en el 2017*

Ramos	Prima neta emitida	Prima neta retenida	Porcentaje de Retención
Asistencia Médica	76,359,695	75,904,835	99.40%
Vida grupo	340,330,365	337,354,512	99.13%
Vida individual	29,555,155	28,925,333	97.87%
Accidentes personales	93,259,281	90,933,434	97.51%
Vehículos	378,769,238	351,182,318	92.72%

Fuente: Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros.

Desde el año 2012 hasta el 2017, se han registrado un total de \$2,452 millones de dólares aproximadamente.

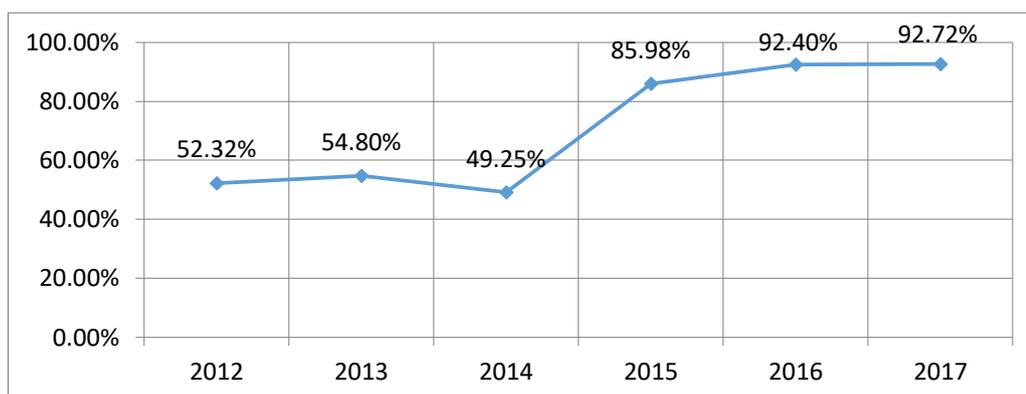
*Tabla 4-10 Evolución de la primas en el ramo de vehículos*

Fecha de corte	Prima neta emitida	Prima neta retenida
2012	390,157,000.00	204,140,000.00
2013	422,973,035.37	231,785,524.16
2014	438,637,086.08	216,008,155.76
2015	438,051,093.17	376,625,252.70
2016	383,373,768.17	354,247,261.77
2017	378,769,238.37	351,182,317.78
<b>Total</b>	<b>2,451,961,221.16</b>	<b>1,733,988,512.17</b>

Fuente: Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros.

A continuación se muestra la evolución del porcentaje de retención por año, es interesante visualizar cómo este ramo pasó de 52.32% al 92.72% en el 2017.

Fig. 4-6 Evolución del porcentaje de retención para el ramo de vehículos



Fuente: Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros.

### 4.3.1. ANÁLISIS DE PRINCIPALES COMPAÑÍAS

El ramo de vehículos es uno de los ramos que generan mayor competencia, debido a su alto porcentaje de retención y su atractivo en el mercado debido a su fuerte demanda.

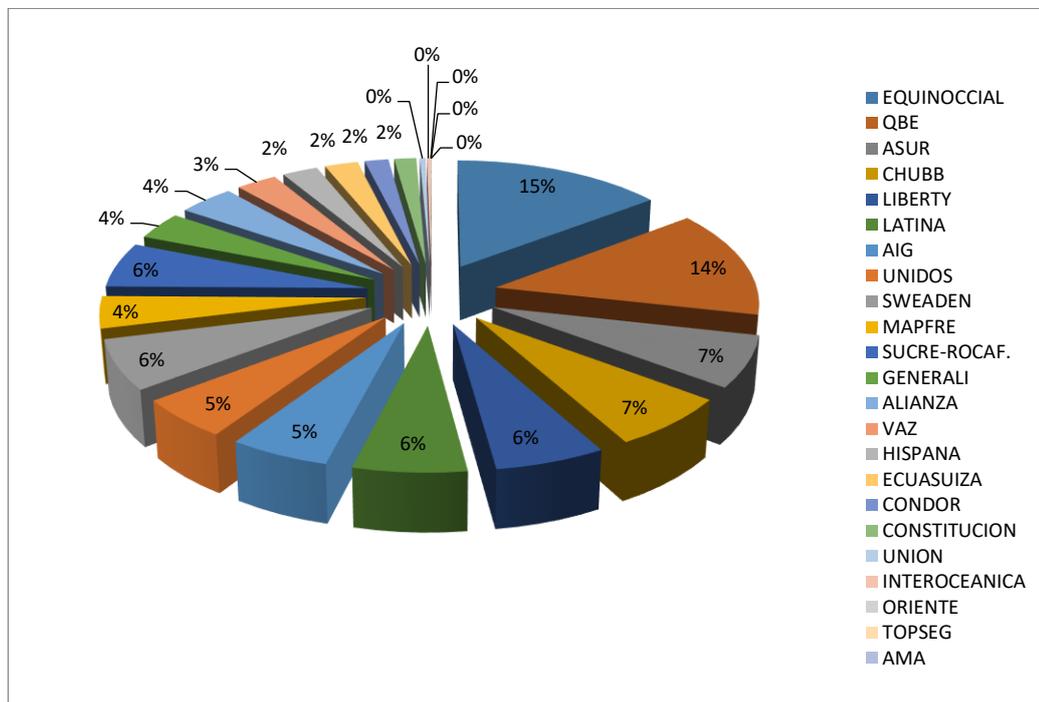
Tabla 4-11 Primas de vehículos por compañías de seguros en el 2017

Compañías	Prima neta emitida	Prima neta retenida	Porcentaje de retención
EQUINOCCIAL	55,498,951.93	55,162,920.58	99.39%
QBE	52,441,441.60	52,327,555.00	99.78%
ASUR	25,260,990.53	25,260,990.53	100.00%
CHUBB	25,477,214.07	23,288,930.18	91.41%
LIBERTY	22,610,447.38	22,612,544.63	100.01%
LATINA	23,196,622.97	20,567,958.83	88.67%
AIG	20,556,614.31	20,549,720.97	99.97%
UNIDOS	19,692,602.20	19,453,103.50	98.78%
SWEADEN	24,537,073.41	18,458,312.98	75.23%
MAPFRE	15,605,673.37	15,424,340.73	98.84%
SUCRE-ROCAF.	22,035,477.44	14,510,458.92	65.85%
GENERALI	13,451,483.19	13,451,483.19	100.00%
ALIANZA	14,902,436.30	10,228,586.39	68.64%
VAZ	10,774,470.18	9,456,572.30	87.77%
HISPANA	9,358,290.50	9,358,290.50	100.00%
ECUASUIZA	8,717,528.72	7,832,719.09	89.85%
CONDOR	6,242,758.14	5,516,397.07	88.36%
CONSTITUCION	5,777,097.61	5,018,384.48	86.87%
UNION	1,529,571.72	1,529,571.72	100.00%
INTEROCEANICA	926,061.01	995,456.11	107.49%
ORIENTE	129,445.09	131,166.11	101.33%
TOPSEG	45,659.37	45,659.37	100.00%
AMA	1,327.33	1,194.60	90.00%
<b>Total general</b>	<b>378,769,238.37</b>	<b>351,182,317.78</b>	<b>92.72%</b>

Fuente: Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros.

En la figura 4-7 se muestra el porcentaje de participación de cada compañía por prima neta emitida, se observa que Equinoccial tienen un 15% del mercado, seguida de QBE con un 14.

Fig. 4-7 Participación de la prima neta emitida por compañía de seguros en el 2017



Fuente: Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros.

### 4.3.2. ANÁLISIS DE LA SINIESTRALIDAD DEL RAMO

Así como el ramo de vehículos es uno de los más importantes en el mercado asegurador, debe también analizarse el comportamiento de la siniestralidad, factor clave a en el momento de la tarificación.

Tabla 4-12 Porcentaje de siniestralidad por compañía en el 2017

Compañía	Prima neta emitida	Siniestros pagados	Porcentaje de siniestralidad
EQUINOCCIAL	55,498,951.93	36,485,431.00	65.74%
QBE	52,441,441.60	35,935,972.14	68.53%
CHUBB*	25,477,214.07	13,793,119.48	54.14%
ASUR*	25,260,990.53	12,640,323.25	50.04%
SWEADEN*	24,537,073.41	11,732,088.82	47.81%
LATINA*	23,196,622.97	12,500,844.88	53.89%
LIBERTY*	22,610,447.38	12,023,915.80	53.18%
SUCRE-ROCAF.*	22,035,477.44	11,909,312.56	54.05%
AIG*	20,556,614.31	10,083,673.07	49.05%
UNIDOS*	19,692,602.20	10,499,935.31	53.32%
MAPFRE*	15,605,673.37	7,463,929.14	47.83%
ALIANZA*	14,902,436.30	8,000,551.45	53.69%
GENERALI	13,451,483.19	7,831,470.22	58.22%
VAZ*	10,774,470.18	5,321,642.49	49.39%
HISPANA	9,358,290.50	6,233,682.56	66.61%
ECUASUIZA	8,717,528.72	6,040,721.02	69.29%
CONDOR	6,242,758.14	4,642,841.82	74.37%
CONSTITUCION*	5,777,097.61	3,010,581.75	52.11%
UNION*	1,529,571.72	525,715.34	34.37%
INTEROCEANICA	926,061.01	829,367.31	89.56%
ORIENTE	129,445.09	166,282.25	128.46%
TOPSEG	45,659.37	32,135.10	70.38%
AMA	1,327.33	-	0.00%
<b>Total general</b>	<b>378,769,238.37</b>	<b>217,703,536.76</b>	<b>57.48%</b>

Fuente: Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros.

\*Compañías con siniestralidad menor a la del mercado

### 4.3.3. ANÁLISIS DE LOS GASTOS DEL RAMO DE VEHÍCULOS

Siendo los gastos administrativos un componente importante en la tarificación, a continuación se muestra el porcentaje que representa para cada compañía sobre la prima neta emitida.

El porcentaje promedio es del 21.91%.

Tabla 4-13 Porcentaje de gastos administrativos por compañía en el 2017

Compañía	Prima neta emitida	Gastos de Administración	Porcentaje de gastos administrativos
EQUINOCCIAL	55,498,951.93	12,361,181.91	22.27%
QBE*	52,441,441.60	8,324,289.71	15.87%
CHUBB*	25,477,214.07	3,956,415.86	15.53%
ASUR	25,260,990.53	7,140,636.72	28.27%
SWEADEN*	24,537,073.41	3,764,891.24	15.34%
LATINA*	23,196,622.97	4,953,121.46	21.35%
LIBERTY	22,610,447.38	7,262,118.35	32.12%
SUCRE-ROCAF.	22,035,477.44	5,025,734.72	22.81%
AIG	20,556,614.31	6,238,083.98	30.35%
UNIDOS*	19,692,602.20	1,837,406.30	9.33%
MAPFRE*	15,605,673.37	3,365,735.59	21.57%
ALIANZA	14,902,436.30	6,091,537.98	40.88%
GENERALI*	13,451,483.19	1,952,283.21	14.51%
VAZ*	10,774,470.18	2,091,899.10	19.42%
HISPANA*	9,358,290.50	1,827,092.20	19.52%
ECUASUIZA*	8,717,528.72	729,205.97	8.36%
CONDOR	6,242,758.14	2,442,275.62	39.12%
CONSTITUCION	5,777,097.61	1,505,702.00	26.06%
UNION	1,529,571.72	705,213.83	46.11%
INTEROCEANICA	926,061.01	1,325,711.02	143.16%
ORIENTE	129,445.09	41,628.93	32.16%
TOPSEG	45,659.37	46,687.70	102.25%
AMA	1,327.33	1,090.66	82.17%
<b>Total general</b>	<b>378,769,238.37</b>	<b>82,989,944.06</b>	<b>21.91%</b>

Fuente: Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros.

\*Compañías con porcentaje de gastos menor al mercado.

#### 4.3.4. ANÁLISIS DE LAS COMISIONES DEL RAMO DE VEHÍCULOS

Tabla 4-14 Porcentaje de comisiones pagadas sobre prima emitida por compañía en el 2017

Compañía	Prima neta emitida	Comisiones pagadas	Porcentaje de comisiones pagadas
QBE	52,441,441.60	8,679,431.24	16.55%
EQUINOCCIAL	55,498,951.93	8,540,718.11	15.39%
LATINA	23,196,622.97	4,901,836.82	21.13%
SWEADEN	24,537,073.41	4,789,592.38	19.52%
ASUR	25,260,990.53	4,111,327.04	16.28%
LIBERTY	22,610,447.38	3,986,752.99	17.63%
UNIDOS	19,692,602.20	3,576,689.62	18.16%
CHUBB*	25,477,214.07	3,110,562.03	12.21%
AIG*	20,556,614.31	2,865,975.71	13.94%
MAPFRE	15,605,673.37	2,853,512.37	18.29%
ALIANZA	14,902,436.30	2,691,054.12	18.06%
GENERALI	13,451,483.19	2,267,361.28	16.86%
VAZ	10,774,470.18	1,715,935.52	15.93%
ECUASUIZA	8,717,528.72	1,710,502.26	19.62%
SUCRE-ROCAF.*	22,035,477.44	1,044,628.52	4.74%
CONSTITUCION	5,777,097.61	1,034,176.24	17.90%
CONDOR	6,242,758.14	1,027,125.74	16.45%
INTEROCEANICA*	926,061.01	122,605.02	13.24%
HISPANA*	9,358,290.50	86,212.86	0.92%
TOPSEG*	45,659.37	6,823.27	14.94%
UNION	1,529,571.72	-	0.00%
AMA	1,327.33	-	0.00%
ORIENTE	129,445.09	(36,506.07)	-28.20%
<b>Total general</b>	<b>378,769,238.37</b>	<b>59,086,317.07</b>	<b>15.60%</b>

Fuente: Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros.

\*Compañías con porcentaje de comisiones pagadas menor al mercado.

#### 4.3.5. ANÁLISIS DEL RATIO COMBINADO DEL RAMO DE VEHÍCULOS

Indicador que mide la rentabilidad técnica de los seguros No Vida. Es la suma del ratio de siniestralidad y del ratio de gastos, calculados normalmente sobre primas imputadas netas de reaseguro.

Con base en la normativa local el ratio razón combinada corresponde a la relación entre los costos de siniestros, más gastos de administración y resultado de intermediación, sobre el ingreso devengado:

Esta razón es calculada por cada ramo del mercado asegurador, de esta manera se mide la rentabilidad de los mismos.

$$\text{Ratio Combinado} = \frac{CS + GA - RI}{ID}$$

Para efectos de este cálculo se definen componentes de la siguiente manera:

*CS* = Costo de siniestros

*GA* = Gastos de Administración

*RI* = Resultados de Intermediación

*PNRD* = Prima neta retenida devengada

*Tabla 4-15 Ratio Combinado Ramo de Vehículos en el sector asegurador ecuatoriano en el año 2017*

<b>CUENTA</b>	<b>MONTO</b>
<b>COMISIONES PAGADAS</b>	59,086,317.07
<b>COMISIONES RECIBIDAS</b>	8,930,302.40
<b>RESULTADO DE INTERMEDIACIÓN</b>	(50,156,014.67)
<b>COSTO SINIESTRO</b>	179,818,574.22
<b>GASTOS_ADMINISTRACION</b>	82,989,944.06
<b>INGRESO DEVENGADO</b>	349,676,735.01
<b>RATIO COMBINADO</b>	89.50%

Fuente: Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros.

*\*Compañías con porcentaje de comisiones pagadas menor al mercado.*

Las compañías con ratio combinado mayor que 1 son los que registran insuficiencia en la tarifa que están cobrando.

*Tabla 4-16 Ratio Combinado por compañía de seguros en el 2017*

<b>Compañía</b>	<b>Ratio Combinado</b>
EQUINOCCIAL	0.91
QBE	0.89
ASUR	0.95
LIBERTY	0.98
CHUBB	0.81
LATINA	0.99
AIG*	1.04
UNIDOS	0.83
SWEADEN	0.87
SUCRE-ROCAF.	0.70
MAPFRE	0.90
GENERALI	0.94
ALIANZA*	1.05
VAZ	0.89
HISPANA	0.96
ECUASUIZA	0.82
CONDOR*	1.18
CONSTITUCION*	1.00
UNION	0.88
INTEROCEANICA*	1.49
ORIENTE	0.83
TOPSEG	1.16
AMA*	4.18
<b>TOTAL MERCADO</b>	<b>0.92</b>

# CAPÍTULO 5

## 5. RESULTADOS

### 5.1. DESCRIPCIÓN DE LA BASE DE DATOS

La compañía cuenta con información de las bases que alimentan los departamentos de emisión y siniestros, que son las dos áreas operativas donde se activa el proceso de atención a clientes.

En estas instancias se levantan un conjunto de variables que brindan información acerca de cada uno de los asegurados.

La población objetivo es de aproximadamente 15,000 vehículos asegurados en el año 2016.

Se elaborará un modelo para la frecuencia de siniestros y un modelo que nos permita obtener la severidad.

La diferencia es que la base de datos para modelizar frecuencia utiliza toda la información de producción y los siniestros asociados a los riesgos expuestos, mientras que para modelar severidad se utilizarán únicamente aquellos riesgos que han tenido un siniestro, siendo un subconjunto de la base para modelizar frecuencia.

Dentro de las consideraciones iniciales tenemos:

- La base de datos debe contener información histórica donde se destaquen:
  - Características del asegurado
  - Características del vehículo.
  - Información de la póliza y formas de pago.
  - Información de siniestros.

En la base de producción podremos encontrar toda la información correspondiente a los tres primeros puntos:

*Tabla 5-1 Variables de la Base de Datos*

<b>Descripción</b>
<b>Número de póliza</b>
<b>Número de Riesgo</b>
<b>Oficina Comercial</b>
<b>Fecha de Emisión</b>
<b>Fecha de Inicio de Vigencia</b>
<b>Fecha de vencimiento</b>
<b>Forme de Cobro</b>

---

**Nombre para el plan de pagos**  
**Nombre del bróker**  
**Tipo de documento del asegurado**  
**Número de documento del asegurado**  
**Nombre del asegurado**  
**Fecha de nacimiento**  
**Edad cliente**  
**Sexo del cliente**  
**Marca del vehículo**  
**Año de fabricación**  
**Antigüedad del vehículo**  
**Tipo de vehículo.**  
**Ciudad donde circula el vehículo**  
**Capacidad de pasajeros**  
**Color del vehículo**  
**Valor comercial del vehículo**  
**Capital asegurado**  
**Prima**  
**Tiene siniestro**  
**Fecha de nacimiento cliente**  
**Pertenece a un grupo de pólizas**

---

## **5.2. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA DE LAS VARIABLES**

A continuación se muestra la estadística descriptiva de las variables que se encuentran en la base de datos, para lo cual se resaltan aquellas variables categóricas que podrían aportar mayor significancia a la tarificación del ramo de vehículos.

Se han segmentado las variables de acuerdo a los siguientes factores:

- Características relativas al asegurado.
- Características relativas a la póliza.
- Características relativas al vehículo.

## 5.2.1. CARACTERÍSTICAS RELATIVAS AL ASEGURADO

- **Edad del asegurado**

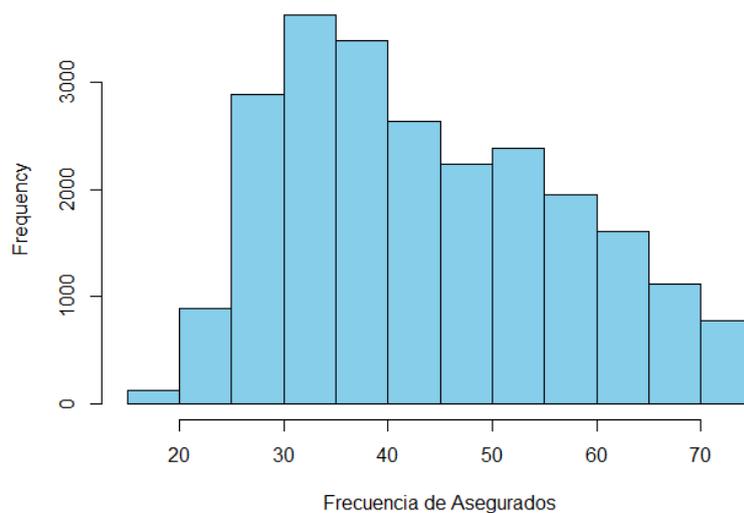
Las principales estadísticas descriptivas de la variable edad del asegurado son las siguientes:

*Tabla 5-2 Estadística Descriptiva de las edades de los asegurados*

Mínimo	1er cuartil	Mediana	Media	3er cuartil	Máximo
18	33	42	44.26	54	75

En el histograma que se muestra a continuación se puede apreciar la distribución de las edades de los asegurados.

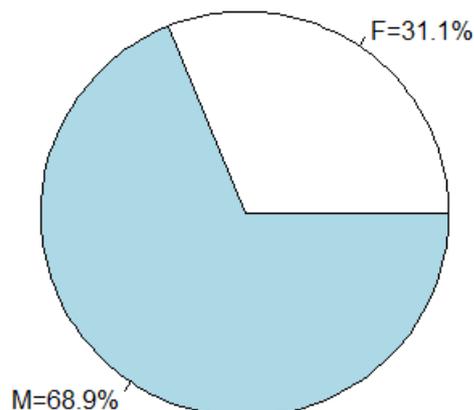
*Fig. 5-1 Histograma de Edades de los asegurados*



- **Variable Sexo**

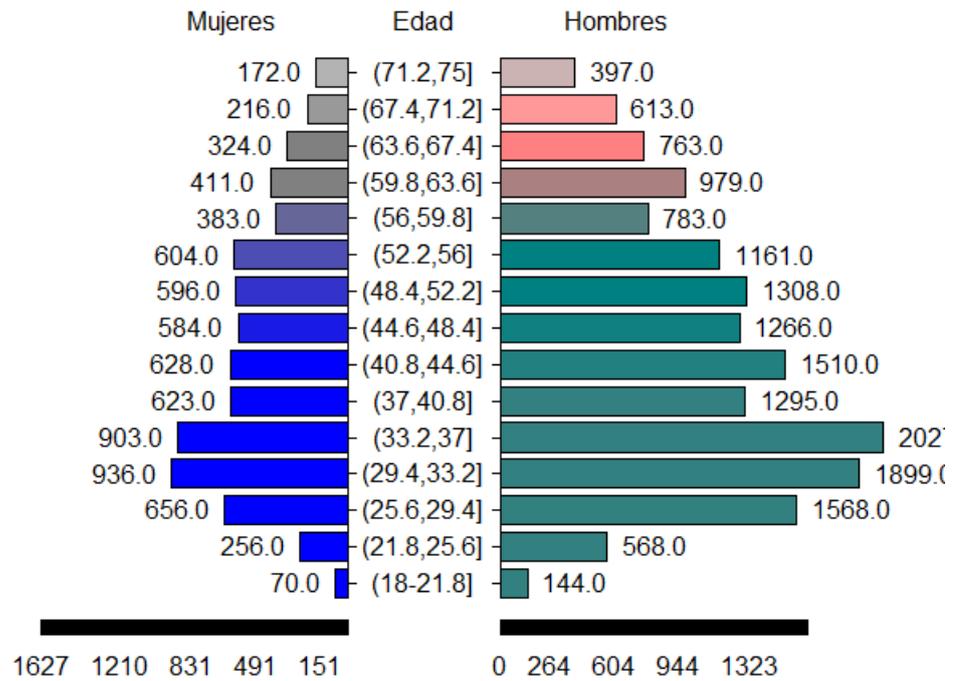
Se puede apreciar que el 68.92% de los asegurados son del género masculino.

*Fig. 5-2 Distribución de asegurados por edades*



En el siguiente gráfico se muestra la relación entre las variables Edad y Género.

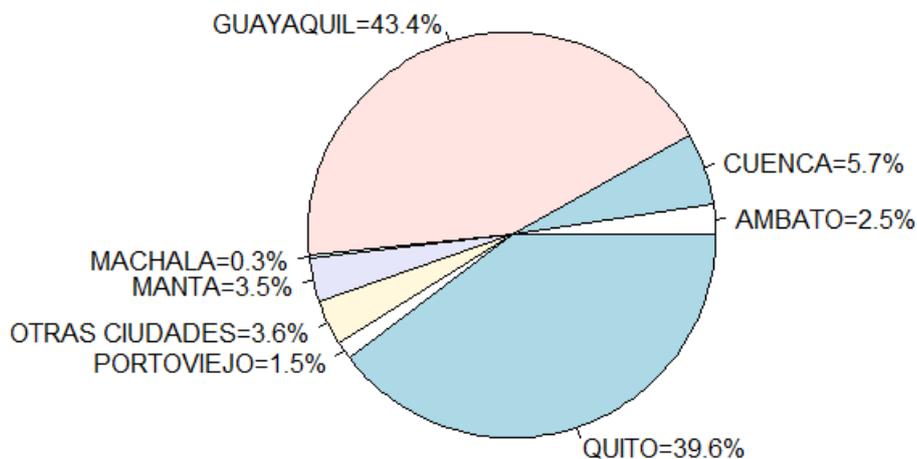
Fig. 5-3 Gráfico de Tornado de asegurados por rangos de edad y género



- **Variable Ciudad del Riesgo**

La variable ciudad del riesgo representa a la ciudad donde circula el vehículo asegurado. Las ciudades más representativas son Guayaquil y Quito con el 43.4% y el 39.6%.

Fig. 5-4 Distribución de asegurados por Ciudad del Riesgo



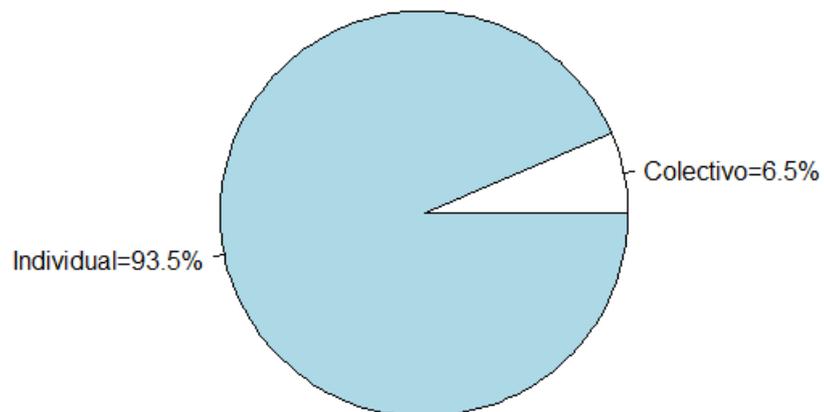
## 5.2.2. CARACTERÍSTICAS DE LA PÓLIZA

- **Variable Producto**

En la compañía existen productos que se venden de manera individual y colectiva.

El 93.5% de los asegurados corresponden al producto individual.

*Fig. 5-5 Distribución de asegurados por tipo de producto*

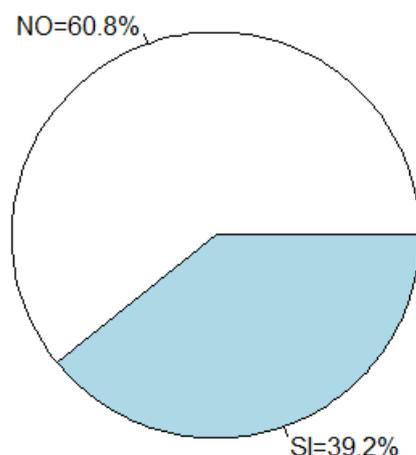


- **Variable Grupo**

La compañía mantiene clientes que pertenecen a un determinado grupo, dándose esto por el canal por donde fue vendida la póliza o por la empresa que adquirió el seguro.

El 39.2% de los clientes pertenecen a uno de estos grupos.

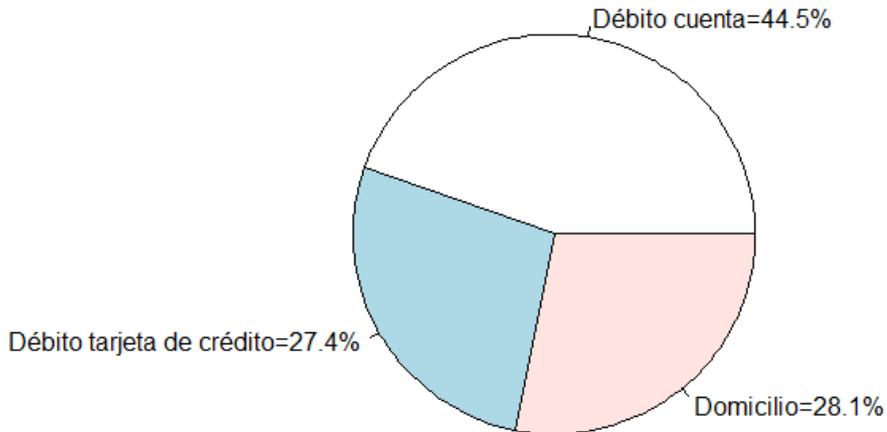
*Fig. 5-6 Distribución de asegurados por si el cliente pertenece a grupo*



- **Variable Forma de Cobro**

Una de las variables que se pudo obtener fue la forma de cobranza, el 45% de los clientes prefieren los débitos a cuentas.

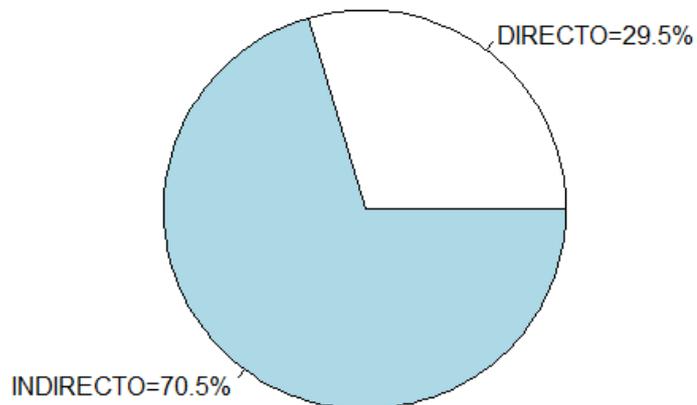
*Fig. 5-7 Distribución de asegurados por forma de cobranza*



- **Variable Tipo de Cliente**

El 71% de los asegurados son clientes indirectos, es decir llegan a la compañía a través de un bróker o agente.

*Fig. 5-8 Distribución de asegurados por tipo de cliente*

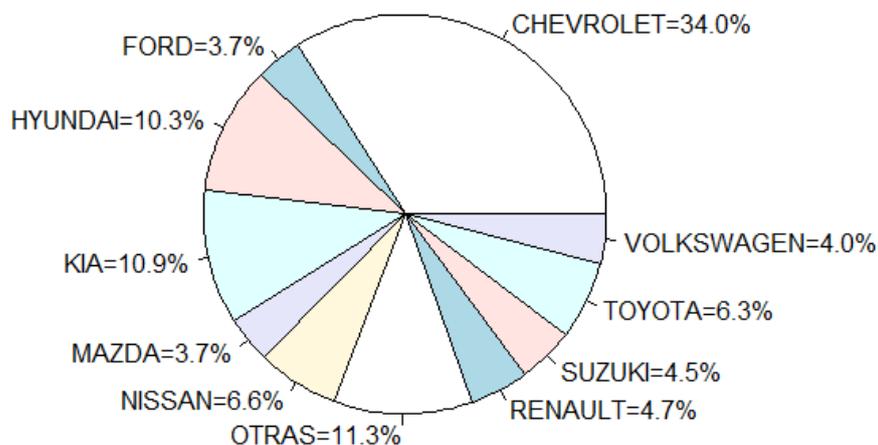


### 5.2.3. CARACTERÍSTICAS DEL VEHÍCULO

- **Variable Marca de Vehículo**

A continuación se observa la frecuencia de asegurados por marca de carro, el 34% corresponden a la marca Chevrolet.

Fig. 5-9 Distribución de asegurados por marca de carro



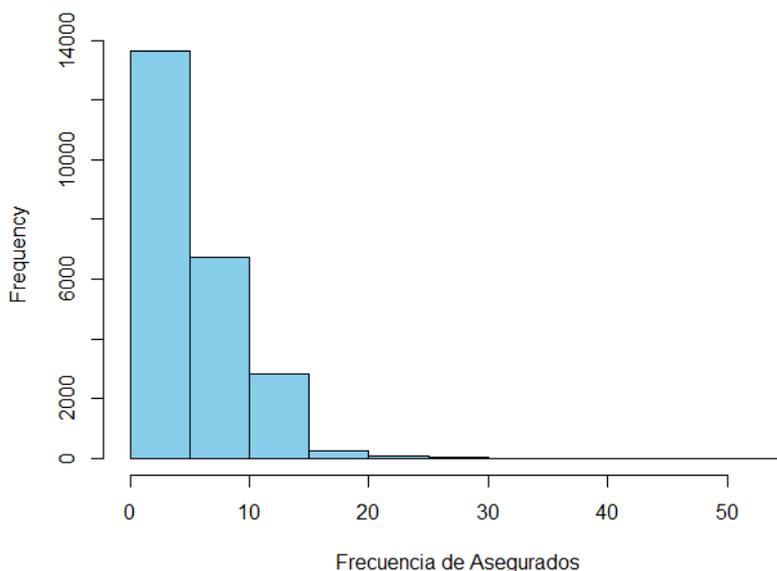
- **Variable Antigüedad del Vehículo**

En promedio los carros de la base de datos tienen una antigüedad de 5.5 años, con un mínimo de 0 años, es decir autos del año, y un máximo de 51 años.

Tabla 5-3 Estadística Descriptiva de la antigüedad del vehículo

Mínimo	1er cuartil	Mediana	Media	3er cuartil	Máximo
0	2	5	5.547	8	51

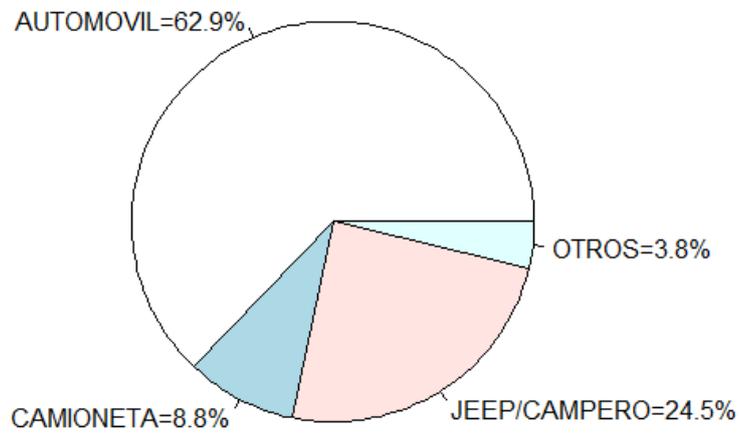
Fig. 5-10 Histograma de antigüedad de vehículos



- **Variable Tipo de Vehículo**

El tipo de vehículo con mayor participación dentro de la base de datos es el automóvil con un porcentaje de 63% del total.

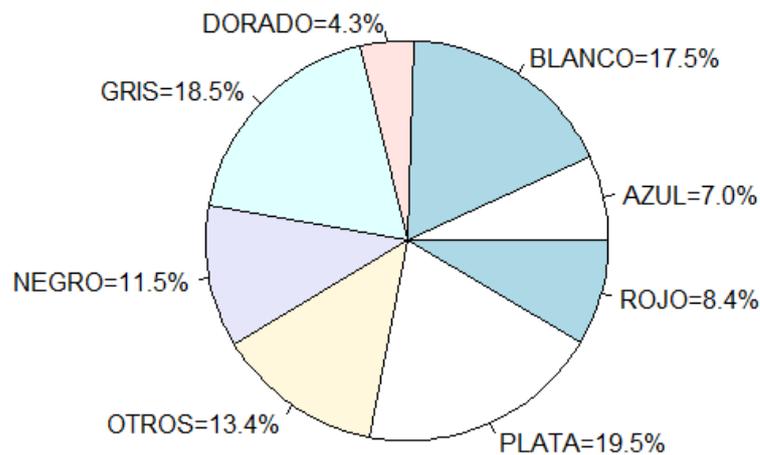
*Fig. 5-11 Distribución de asegurados por tipo de vehículo*



- **Variable Color del Vehículo**

El 20% de los vehículos son de color plata, seguidos por el gris y el blanco con un 19% y un 18%, respectivamente.

*Fig. 5-12 Distribución de asegurados por color del vehículo*



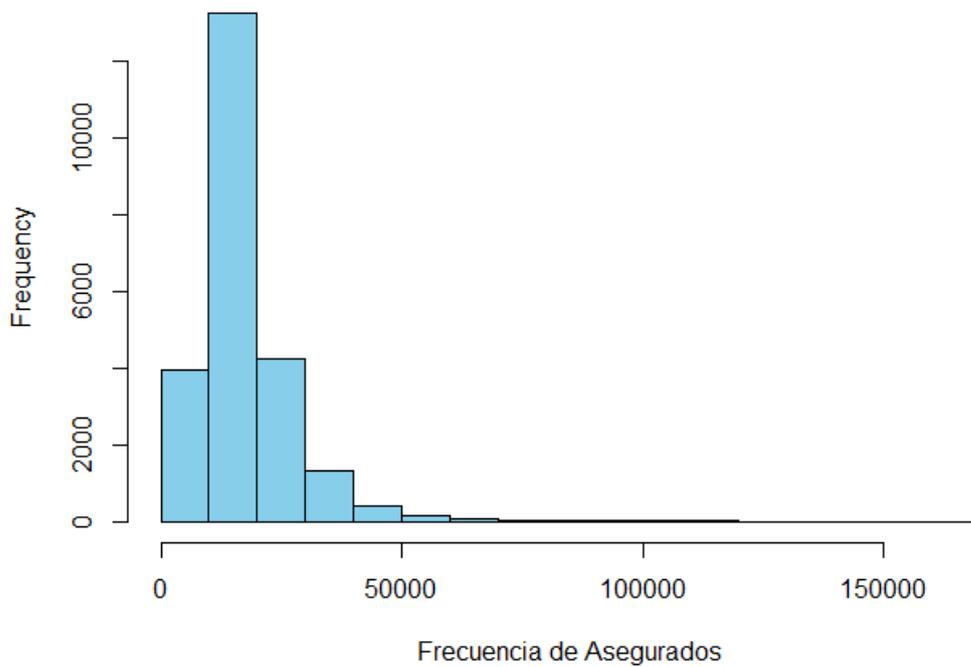
- **Variable Valor del Vehículo**

En promedio el valor del vehículo es de \$18.376, con un mínimo de \$600 y máximo de \$163.000.

*Tabla 5-4 Estadística Descriptiva del Valor del vehículo*

Mínimo	1er cuartil	Mediana	Media	3er cuartil	Máximo
600	12,000	16,000	18,376	21,200	163,000

Fig. 5-13 Histograma del valor del vehículo



### 5.3. RELACIÓN CON LA VARIABLE DE RESPUESTA

A continuación analizaremos la relación entre las variables de la base de datos versus la variable de respuesta, donde los clientes que han tenido y no han tenido siniestros se definen de la siguiente manera:

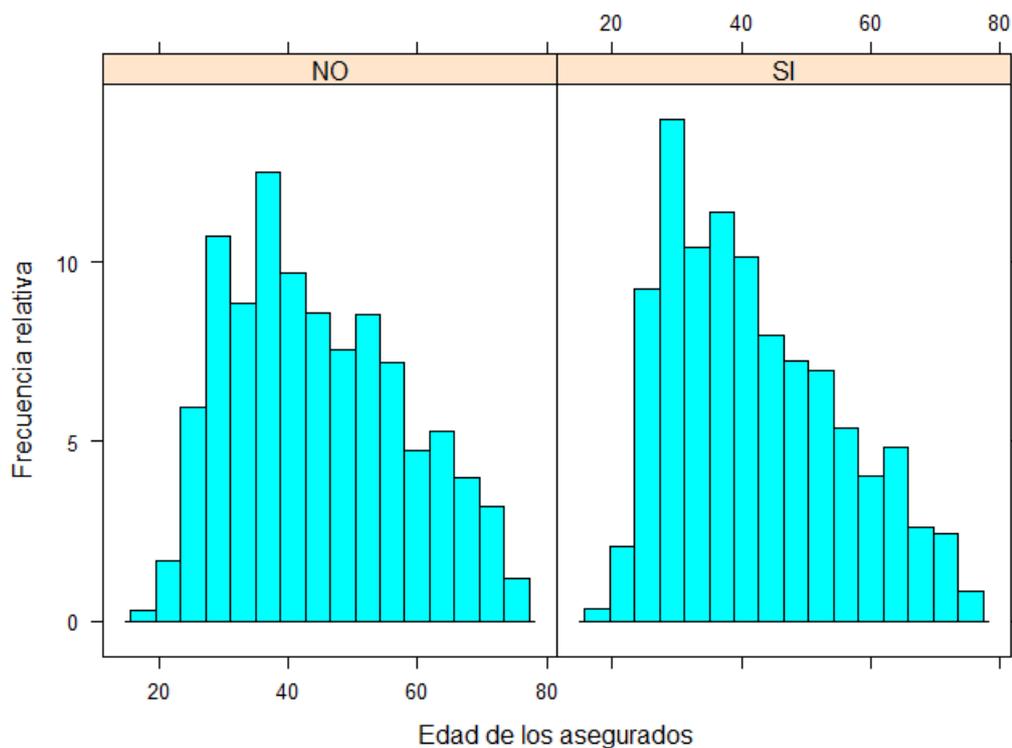
$$\begin{cases} 0 \rightarrow \text{No tiene siniestro} \\ 1 \rightarrow \text{Si tiene siniestro} \end{cases}$$

#### 5.3.1 CARACTERÍSTICAS DEL ASEGURADO

- **Edad del asegurado**

A continuación apreciamos los diagramas de cajas para la edad del asegurado, segmentado por si ha tenido o no siniestro, de modo que nos sea posible observar algún comportamiento diferente en la distribución de los datos.

Fig. 5-14 Histograma de edades de asegurados que tienen y no tienen siniestros

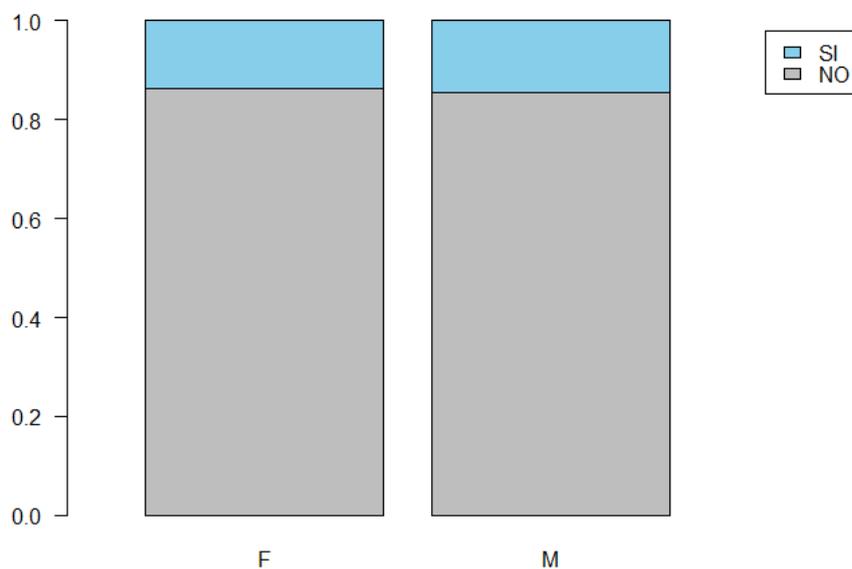


- **Variable Sexo**

Se presenta a continuación la tabla de contingencia donde se muestra la distribución por género y por la variable si ha tenido siniestros.

El 13.6% de las mujeres han tenido siniestros y en los hombres el 14.6%.

Fig. 5-15 Variable Tiene Siniestro versus Género

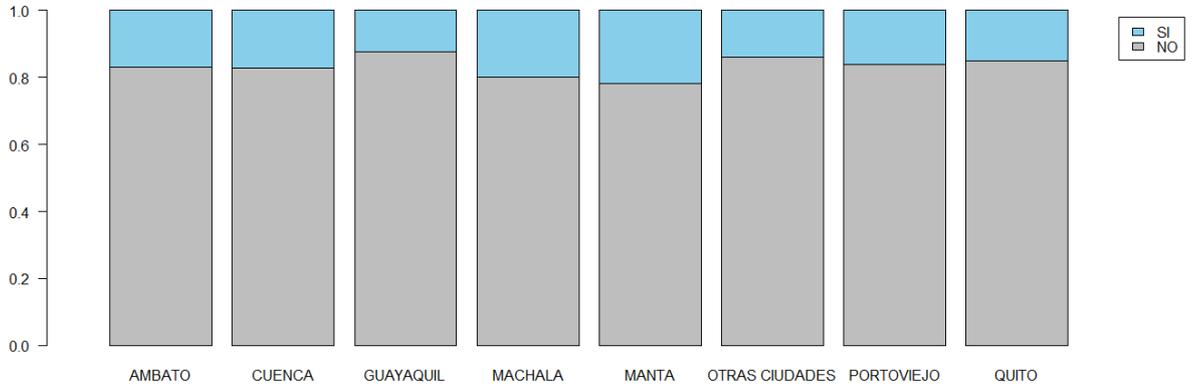


- **Variable Ciudad del cliente**

Se presenta a continuación la tabla de contingencia donde se muestra la distribución por ciudad del riesgo por la variable si ha tenido siniestros.

En Manta el 21.8% de los asegurados han tenido siniestros, muy por encima del promedio que es de 14.3%.

Fig. 5-16 Variable Tiene Siniestro por Ciudad del Riesgo



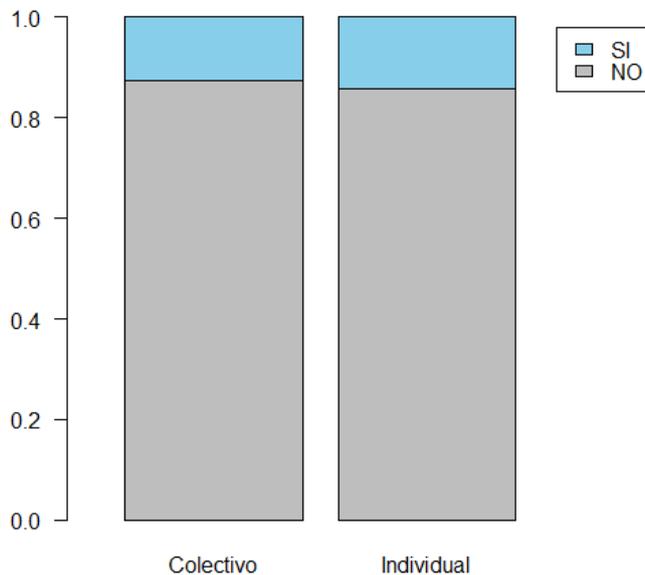
### 5.3.2. CARACTERÍSTICAS RELATIVAS A LA PÓLIZA

Se observa la tabla de contingencia donde se muestra la distribución por producto por la variable si ha tenido siniestros.

- **Variable Producto**

El tipo de producto individual posee una mayor frecuencia de siniestros que el colectivo.

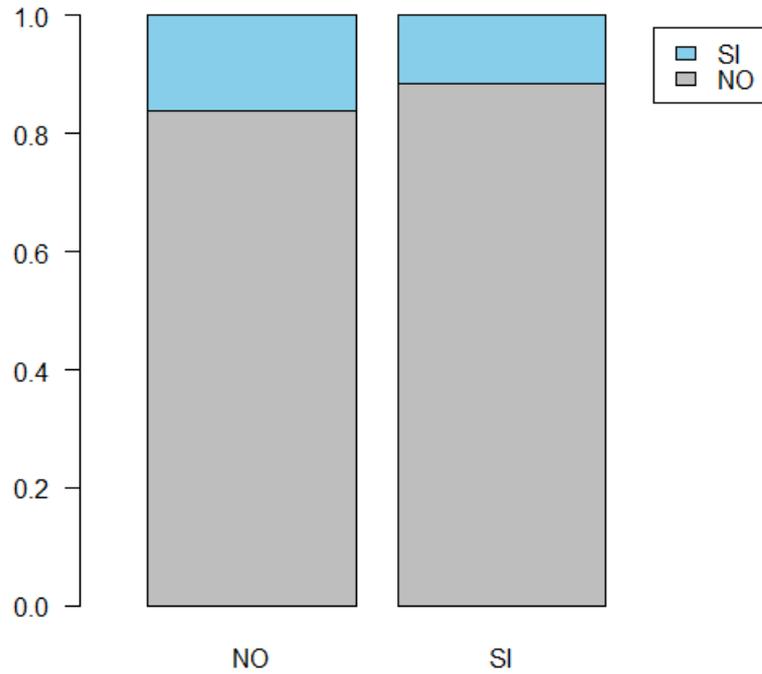
Fig. 5-17 Variable Tiene Siniestro por Producto



- **Variable Grupo**

Si el cliente pertenece a un grupo se aprecia una mayor siniestralidad, con un 16.1% sobre el 11.6% de aquellos que no pertenecen a grupo alguno.

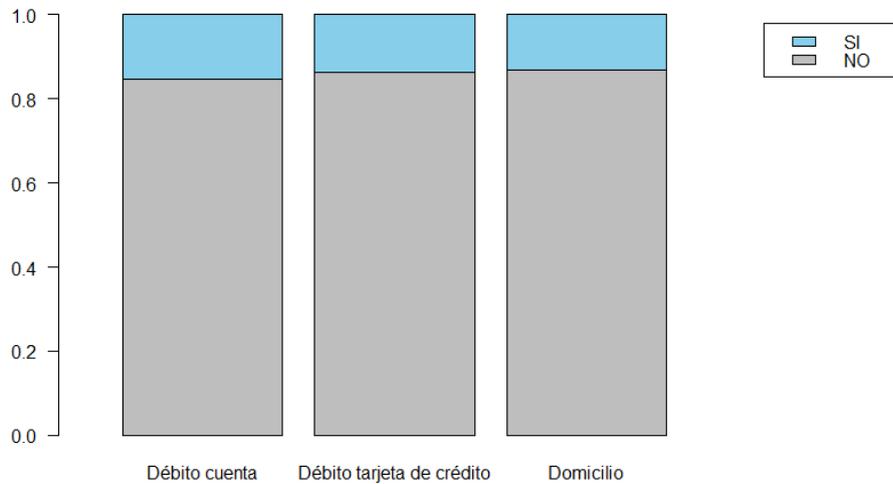
Fig. 5-18 Variable Tiene Siniestro por Pertenecer a Grupo



- **Variable Forma de Cobro**

Los asegurados con forma de cobranza débito a cuenta tienen una mayor siniestralidad que el resto.

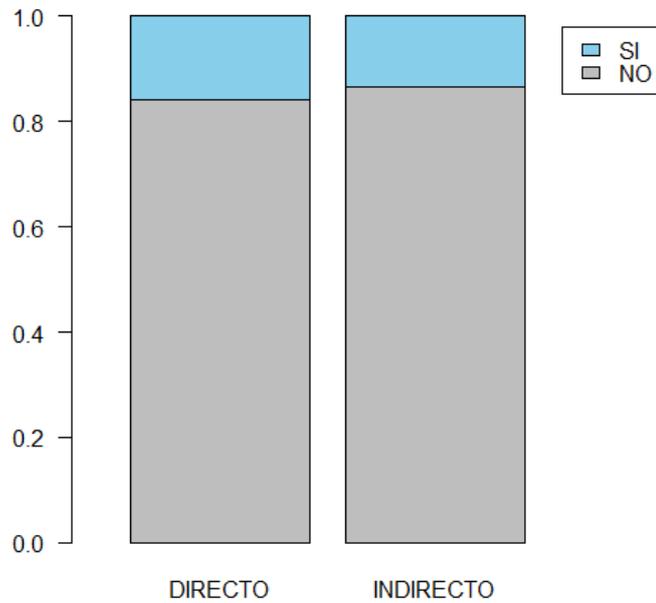
Fig. 5-19 Variable Tiene Siniestro por Forma de Cobro



- **Variable Tipo de Cliente**

El tipo de cliente directo tiene una mayor siniestralidad que los clientes indirectos.

Fig. 5-20 Variable Tiene Siniestro por Tipo de Cliente.

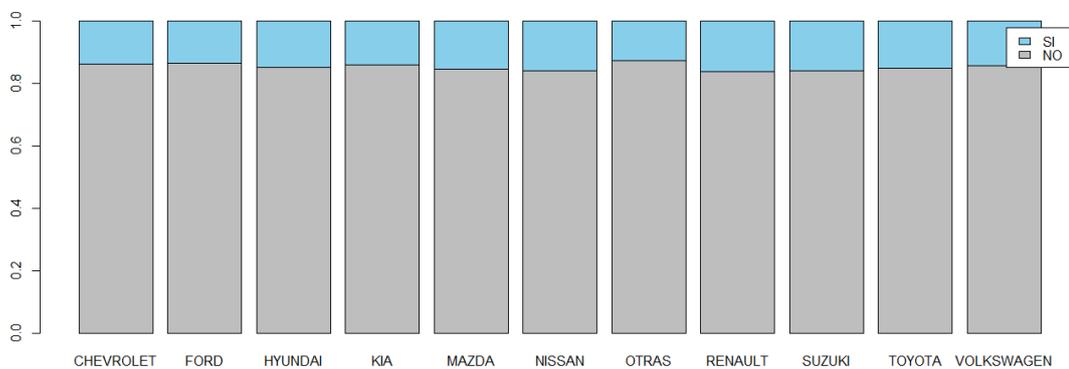


### 5.3.3. CARACTERÍSTICAS RELATIVAS AL VEHÍCULO

- **Variable Marca**

La marca Daihatsu refleja una mayor frecuencia siniestral que el resto de marcas.

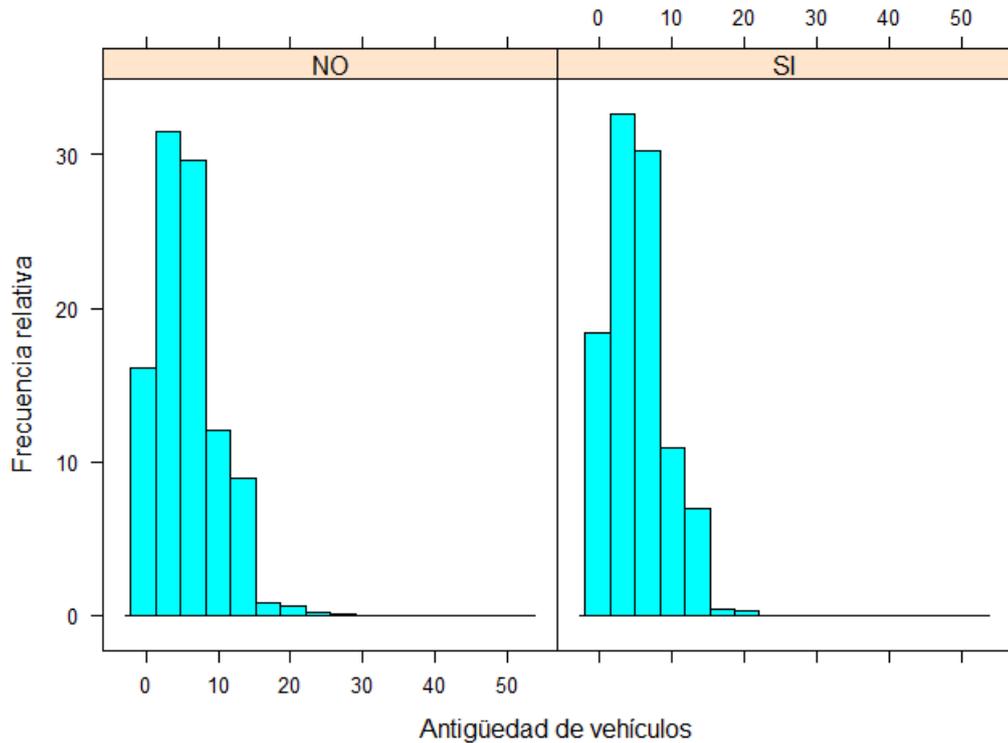
Fig. 5-21 Variable Tiene Siniestro por Marca de Vehículo



- **Variable Antigüedad**

A continuación se aprecia la comparación entre el histograma de antigüedad de vehículos para los clientes que han tenido y no han tenido siniestros.

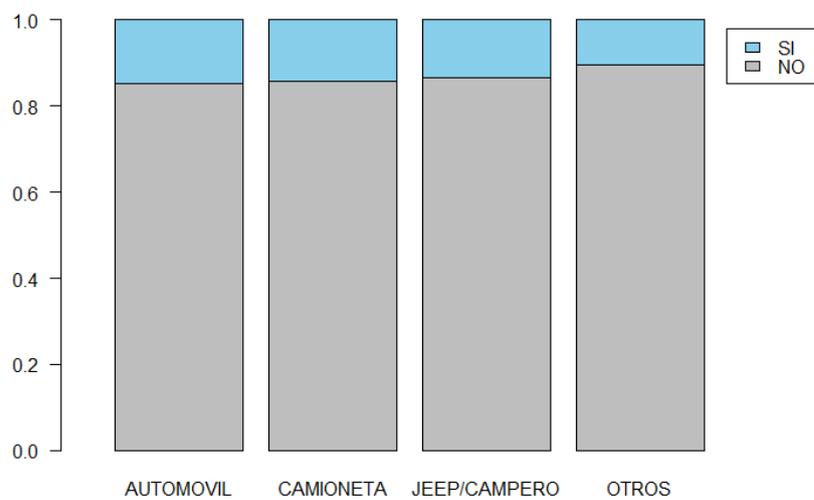
Fig. 5-22 Histograma de antigüedad de vehículos



- **Variable Tipo de Vehículo**

En el caso del tipo de vehículo automóvil, que es el más representativo, el 14.8% han tenido siniestros.

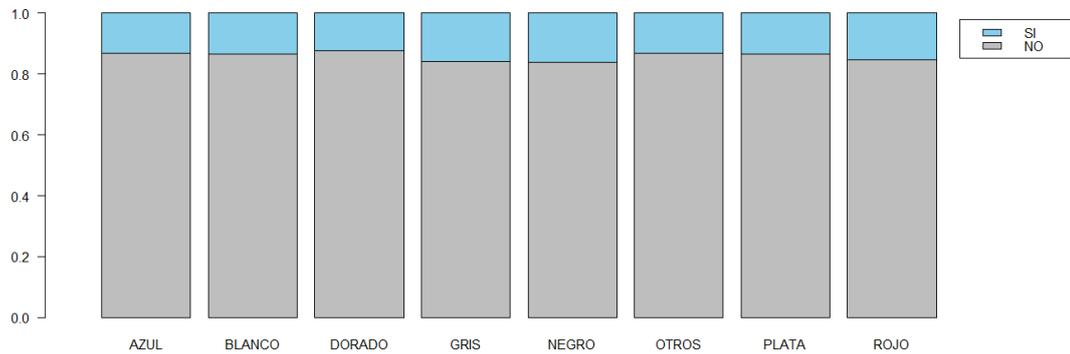
Fig. 5-23 Variable Tiene Siniestro por tipo de vehículo



- **Variable Color**

A continuación se observa la tabla de contingencia entre la variable color y la variable tiene siniestros.

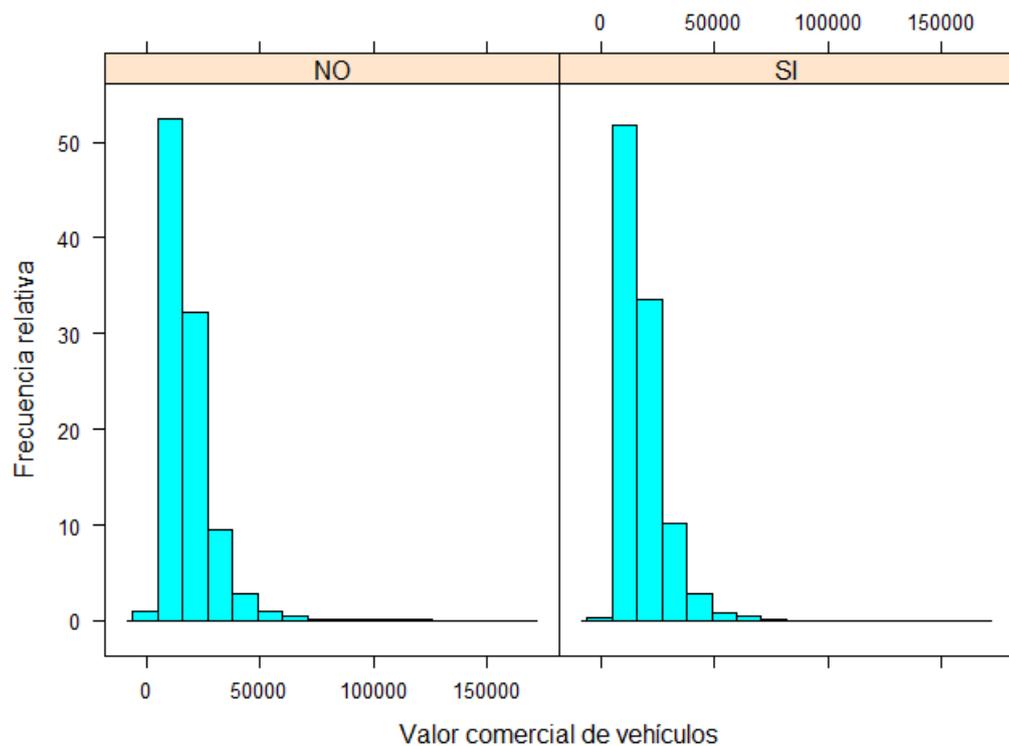
Fig. 5-24 Variable Tiene Siniestro por color del vehículo



- **Variable Valor Vehículo**

A continuación se aprecia la comparación entre el histograma de valor comercial del vehículo para los clientes que han tenido y no han tenido siniestros.

Fig. 5-25 Histograma de valor comercial de vehículos por Tiene Siniestros



## 5.4. APLICACIÓN DE MODELOS LINEALES GENERALIZADOS

Se utilizarán modelos lineales generalizados para la obtención de la prima a cobrar, introduciendo el concepto de tarificación a priori o class rating mencionado en el capítulo 3.

Se desea tarificar el ramo de vehículos en función al riesgo asociado a los clientes, obteniendo la probabilidad de que tengan siniestros y la severidad de los mismos una vez que han ocurrido.

En primer lugar se tomará una muestra de entrenamiento y una muestra de test para verificar la capacidad predictiva del modelo sobre datos diferentes a los utilizados para el modelamiento.

### 5.4.1. SELECCIÓN DEL MODELO DE FRECUENCIA

El modelo utilizado será el siguiente:

$$\ln\left(\frac{P(\text{Tener siniestro})}{1 - P(\text{Tener Siniestro})}\right)$$

Luego del procesamiento computacional se obtuvieron los siguientes estimadores:

```
Call:
glm(formula = SINIESTROS ~ EDAD + ESTADO_CIVIL + PERTE_GRUPO +
     SEXO + CIUDAD.EMISION + TIPO_CLIENTE + SUMA_ASEGURADA, family = "b
     inomial",
     data = trainF)
```

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.8538	-0.5872	-0.5219	-0.4461	2.4176

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )	
(Intercept)	-5.389e-01	1.388e-01	-3.882	0.000104	***
EDAD	-1.394e-02	1.856e-03	-7.509	5.98e-14	***
ESTADO_CIVILDIVORCIADO	2.630e-01	9.150e-02	2.874	0.004047	**
ESTADO_CIVILSOLTERO	1.702e-01	4.952e-02	3.437	0.000589	***
ESTADO_CIVILVIUDO	4.934e-01	1.583e-01	3.117	0.001829	**
PERTE_GRUPOSI	-4.308e-01	4.934e-02	-8.731	< 2e-16	***
SEXOM	9.456e-02	4.950e-02	1.910	0.056104	.
CIUDAD.EMISIONGUAYAQUIL	-4.677e-01	1.021e-01	-4.582	4.61e-06	***
CIUDAD.EMISIONMANTA	-4.529e-01	9.415e-02	-4.811	1.50e-06	***
CIUDAD.EMISIONQUITO	-7.569e-01	1.312e-01	-5.770	7.92e-09	***
TIPO_CLIENTEINDIRECTO	-2.370e-01	4.957e-02	-4.781	1.74e-06	***
SUMA_ASEGURADA	-3.014e-06	1.527e-06	-1.973	0.048484	*

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

Null deviance: 13440 on 16535 degrees of freedom  
 Residual deviance: 13218 on 16524 degrees of freedom  
 AIC: 13242

Number of Fisher Scoring iterations: 4

Según el resultado obtenido se observa que la mayoría de las variables incluidas para generar el modelo son estadísticamente significativas, a excepción de algunas marcas de vehículos que están relativamente por encima de un valor p de 0.05, pero se van a considerar dado que están cerca de este valor límite y aportan a la explicación de la variable de interés "Tiene Siniestro".

De acuerdo a los resultados de los coeficientes se tienen variables que influyen de forma positiva y negativa al modelo.

$P(\text{Tener Siniestro})$

$$\begin{aligned}
 &= -0.5389 - 0.01394 \times \text{Edad} + 0.263 \times \text{Estado Civil Divorciado} \\
 &+ 0.1702 \times \text{Estado Civil Soltero} + 0.4934 \times \text{Estado Civil Viudo} \\
 &- 0.4308 \times \text{Pertenece a Grupo} + 0.09456 \times \text{Sexo Masculino} \\
 &- 0.4677 \times \text{Ciudad Emisión Guayaquil} - 0.4529 \\
 &\times \text{Ciudad Emisión Manta} - 0.7569 \times \text{Ciudad Emisión Quito} \\
 &- 0.237 \times \text{Tipo cliente indirecto} - 0.000003 \times \text{Suma Asegurada}
 \end{aligned}$$

Para realizar la validación respectiva del modelo se utilizará el test de Hosmer – Lemeshow, donde se contrasta la siguiente hipótesis:

$H_0$ : El modelo tiene buen ajuste.

$H_1$ : El modelo no tiene buen ajuste.

A continuación se muestra el resultado obtenido.

Hosmer and Lemeshow goodness of fit (GOF) test

```
data: trainF$SINIESTROS, fitted(mod_2)
X-squared = 6.7126, df = 8, p-value = 0.5679
```

Una vez ejecutado el test se puede observar que el valor p supera el valor de 0.1 indicado que existe evidencia estadística para no rechazar  $H_0$ , es decir que el modelo tiene un buen ajuste y por lo tanto avanzaremos a la revisión de la tabla de clasificación.

## 5.4.2. CAPACIDAD DE PREDICCIÓN DEL MODELO DE FRECUENCIA

Para evaluar la bondad de ajuste del modelo de regresión logística  $P(Y = 1) = \frac{\exp(\beta_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k)}{1 + \exp(\beta_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k)}$ , se emplea una tabla de clasificación en la cual se muestra la distribución de los datos observados y pronosticados, empleando un punto de corte de 0.2, de donde se obtuvo un porcentaje de clasificación aproximado del 70%, indicando que es un modelo aceptable.

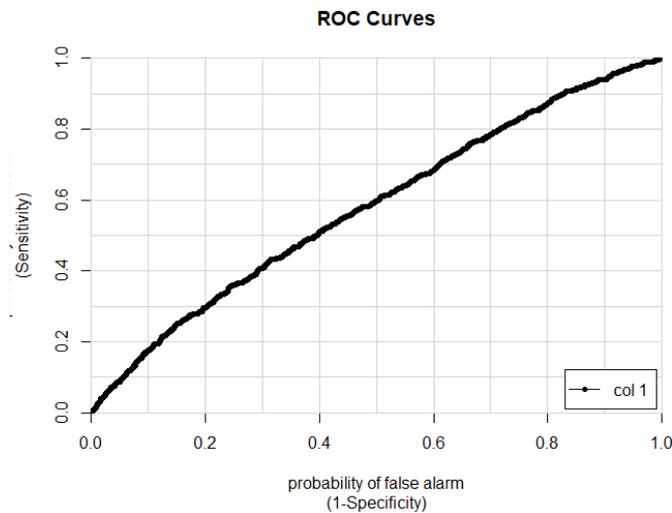
A continuación se muestran los resultados obtenidos en la matriz de confusión del modelo:

Tabla 5-5 Matriz de Confusión

	No tiene siniestro	Tiene Siniestro
No tiene Siniestro	3,820	2,218
Tiene Siniestro	669	380

Con base en los resultados obtenidos en la matriz de confusión tenemos que el porcentaje de explicación del modelo es de 60%.

Fig. 5-26 Curva ROC del modelo de Frecuencia



Una vez que se ha probado que se cumplen los supuestos del modelo de regresión logística binaria se procede a realizar una interpretación de los resultados obtenidos.

Los coeficientes de regresión logística no son tan fáciles de interpretar como los de una regresión lineal, mientras los betas son útiles para realizar la validación del modelo, el  $\text{Exp}(\text{Beta})$ , es más fácil de interpretar.

El  $\text{Exp}(\text{Beta})$  representa el cambio en la razón de oportunidades por cada cambio en una unidad de variable.

(Intercept)	EDAD	ESTADO_CIVILDIVORCIADO	
0.5833922		0.9861611	1.3008492
ESTADO_CIVILSOLTERO	ESTADO_CIVILVIUDO		PERTE_GRUPOSI
1.1855282		1.6379048	0.6500062
SEXOM	CIUDAD.EMISIONGUAYAQUIL		CIUDAD.EMISIONMANTA
1.0991703		0.6264727	0.6357599
CIUDAD.EMISIONQUITO	TIPO_CLIENTEINDIRECTO		SUMA_ASEGURADA
0.4691113		0.7889855	0.9999970

Una forma de evaluar la eficiencia del modelo es mediante cálculo de la razón de oportunidades (odds) de ser bueno.

Tabla 5-6 Tabla de Razón de oportunidades

Rango de probabilidades	y0	y1	yhat0	yhat1	Razón de oportunidades de ser bueno
[0.0354,0.0927]	1,805	172	1,820	157	12:1
(0.0927,0.102]	1,757	198	1,764	191	9:1
(0.102,0.111]	1,731	207	1,731	207	8:1
(0.111,0.118]	1,751	204	1,731	224	8:1
(0.118,0.126]	1,809	236	1,795	250	7:1
(0.126,0.15]	1,596	271	1,610	257	6:1
(0.15,0.17]	1,650	306	1,643	313	5:1
(0.17,0.188]	1,608	353	1,610	351	5:1
(0.188,0.21]	1,586	370	1,568	388	4:1
(0.21,0.291]	1,484	468	1,505	447	3:1
(0.188,0.21]	1,586	370	1,568	388	4:1
(0.21,0.291]	1,484	468	1,505	447	3:1

Podemos apreciar la distribución de la cantidad de buenos por rangos de probabilidad, se puede notar que en el primer rango (0.0354 a 0.0927), tenemos que por cada 12 clientes que deseen asegurar su vehículo, uno será malo, es decir tendrá un siniestro.

En el segundo rango la relación es 9 a 1, y así sucesivamente, guardando una relación con la probabilidad calculada a través del modelo, denotando de esta forma que el mismo está siendo eficiente al momento de discriminar entre clientes buenos y malos, entendiéndose como malos a los clientes con siniestros.

Mediante el modelo GLM establecido hemos encontrado aquel que explica la frecuencia de ocurrencia de siniestros, sin embargo para poder complementar la tarifa es necesario obtener la severidad de la pérdida al haber ocurrido el evento.

### 5.4.3. SELECCIÓN DEL MODELO DE SEVERIDAD DE LA PÉRDIDA

Para analizar la severidad de la pérdida partimos de la base de frecuencia, tomando aquellos registros que presentan ocurrencia de los siniestros.

Se ha realizado la estadística descriptiva en R del monto de siniestro incurrido obteniendo que en promedio se registran siniestros por \$2,582.13.

El monto máximo de siniestro es de \$60,998.

Tabla 5-7 Estadística Descriptiva del Monto de Siniestro

Mínimo	1er cuartil	Mediana	Media	3er cuartil	Máximo
24.98	609.58	1,193.35	2,582.13	2,592.65	60,998

Para conocer acerca de la distribución de los datos de los montos de siniestros a continuación se presenta el diagrama de cajas, donde se pueden apreciar los datos extremos encontrados.

Fig. 5-27 Histograma de la severidad de la pérdida

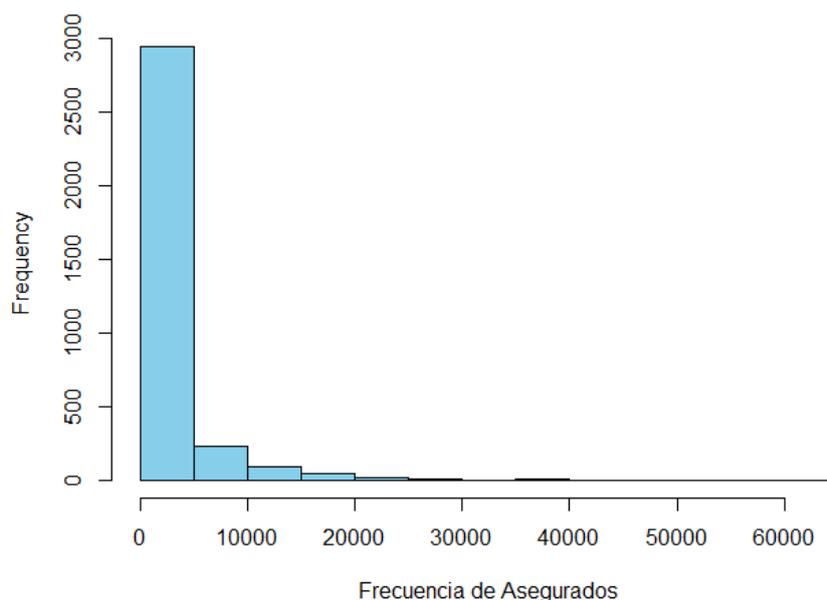
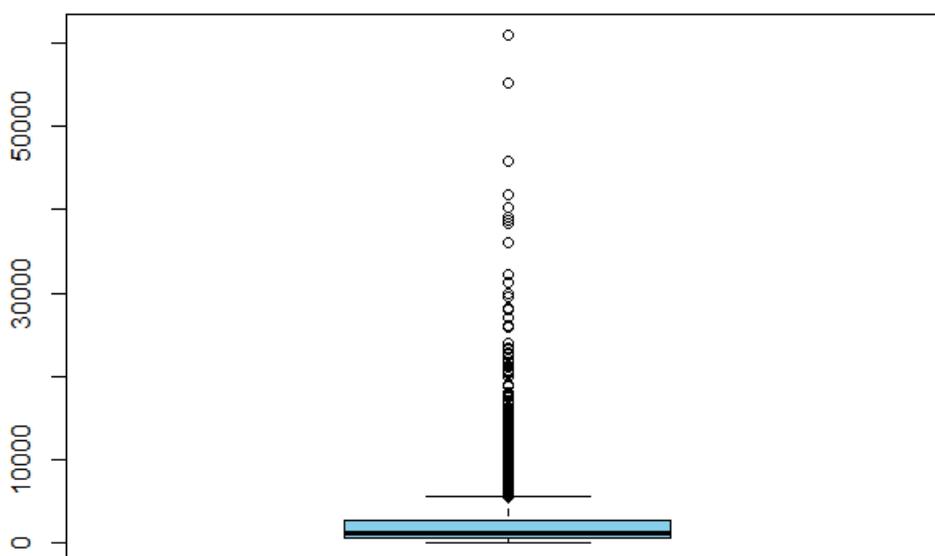


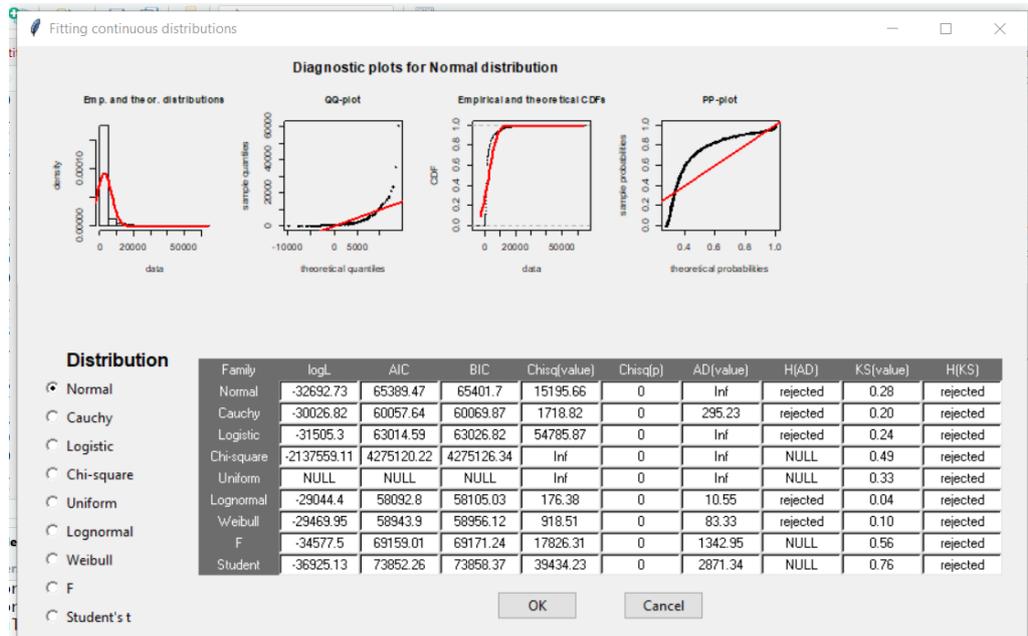
Fig. 5-28 Diagrama de cajas de la severidad de la pérdida



Al existir una cola importante de datos extremos, intentaremos realizar un test de bondad de ajuste para conocer la distribución de la que proviene el monto de siniestros.

Utilizando en software estadístico R:

Fig. 5-29 Bondad de Ajuste para la Severidad de la pérdida



Ninguna distribución se ajusta a los datos del monto de siniestros, por lo cual se procederá a eliminar los datos atípicos mediante la determinación de los puntos de corte extremo.

Para determinar los siniestros atípicos utilizaremos la medida de dispersión distancia o rango intercuartílico, expresado como la diferencia entre el tercer y primer cuartil para definir los puntos de corte, tal como se describe en la siguiente expresión:

$$RI = Q3 - Q1$$

Siendo:

Q3: Primer cuartil, dato debajo del cual se encuentra el 25% de los valores.

Q1: Tercer cuartil, dato sobre el cual se encuentra el 25% de los valores.

Para calcular los puntos de cortes extremos aplicamos la siguiente fórmula:

$$PCE = Q3 + 3 * RI$$

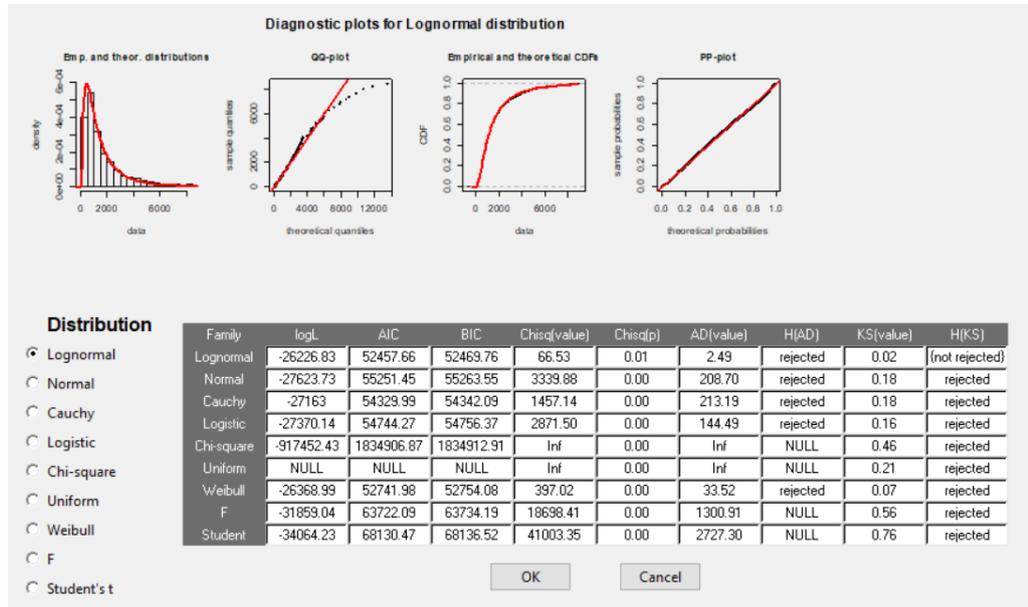
El valor representará el monto de siniestro atípico.

Se ha analizado la bondad de ajuste, eliminando los datos que están por encima del punto de corte extremo del monto de siniestros con el fin de

conocer la distribución de la que provienen los datos, ajustándose a una distribución Lognormal.

Esto tiene sentido dado que la mayoría de siniestros se concentran en los valores más bajos, disminuyendo su probabilidad cuando los montos se hacen más altos.

Fig. 5-30 Bondad de Ajuste de la Severidad de la pérdida excluyendo datos atípicos



Vemos el histograma de los datos excluyendo los datos atípicos identificados mediante el punto de corte extremo.

Realizamos la estadística descriptiva de los nuevos datos y se observa que el monto promedio de siniestros disminuye a \$1,694.36.

Tabla 5-8 Estadística Descriptiva del Monto de Siniestros (Excluyendo Atípicos)

Mínimo	1er cuartil	Mediana	Media	3er cuartil	Máximo
24.92	584.51	1,100.50	1,694.36	2,184.20	8500

Fig. 5-31 Histograma de la Severidad de la Pérdida excluyendo atípicos

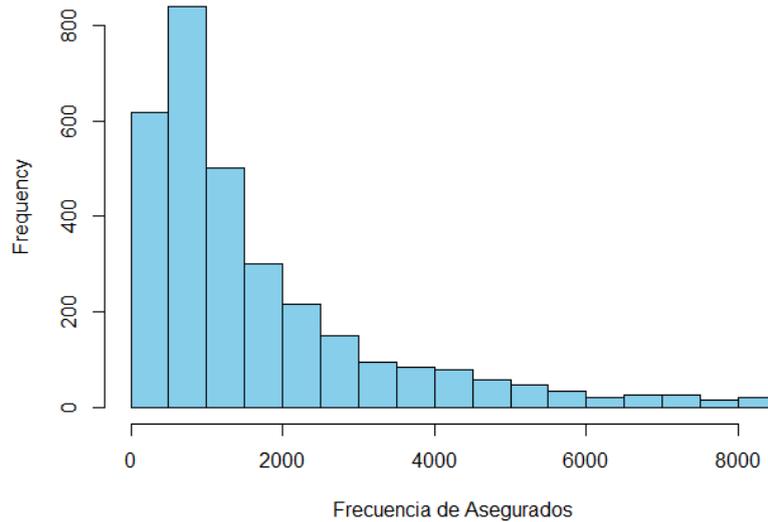
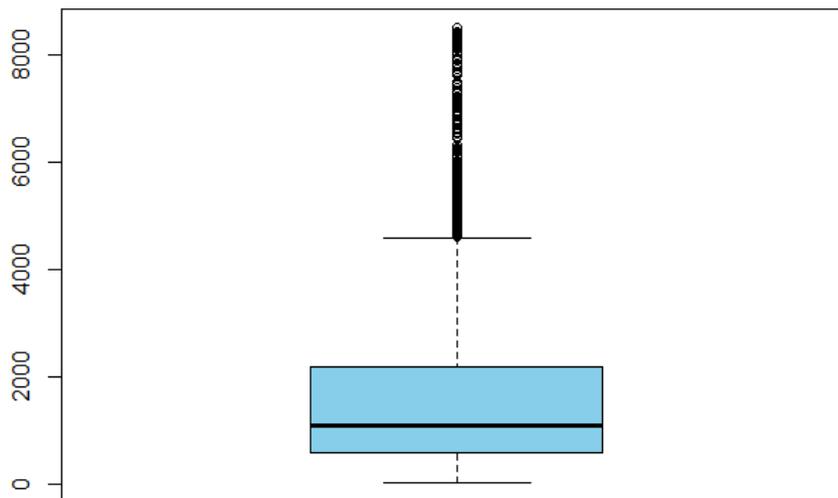


Fig. 5-32 Diagrama de cajas de la severidad de la pérdida excluyendo atípicos



```
Call:
glm(formula = SEVERIDAD ~ SUMA_ASEGURADA * CIUDAD_RIESGO2, family = gaussian(link = "log"),
     data = trains)
```

```
Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-3430.3 -1057.3  -561.3   452.2  7151.0
```

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	
(Intercept)	6.671e+00	2.304e-01	28.951	< 2e-16	***
SUMA_ASEGURADA	2.217e-05	4.111e-06	5.392	7.71e-08	***
CIUDAD_RIESGO2CUENCA	1.019e+00	2.965e-01	3.437	0.000599	***
CIUDAD_RIESGO2GUAYAQUIL	9.367e-01	2.358e-01	3.973	7.34e-05	***
CIUDAD_RIESGO2MACHALA	1.804e+00	3.480e-01	5.182	2.39e-07	***
CIUDAD_RIESGO2MANTA	9.226e-01	2.800e-01	3.296	0.000998	***
CIUDAD_RIESGO2OTRAS CIUDADES	9.545e-01	3.140e-01	3.039	0.002399	**
CIUDAD_RIESGO2PORTOVIEJO	1.231e+00	4.360e-01	2.824	0.004792	**
CIUDAD_RIESGO2QUITO	4.760e-01	2.383e-01	1.997	0.045902	*
SUMA_ASEGURADA:CIUDAD_RIESGO2CUENCA	-3.665e-05	1.127e-05	-3.253	0.001160	**
SUMA_ASEGURADA:CIUDAD_RIESGO2GUAYAQUIL	-2.202e-05	4.557e-06	-4.832	1.44e-06	***
SUMA_ASEGURADA:CIUDAD_RIESGO2MACHALA	-3.494e-05	1.012e-05	-3.453	0.000566	***
SUMA_ASEGURADA:CIUDAD_RIESGO2MANTA	-2.280e-05	7.717e-06	-2.954	0.003170	**
SUMA_ASEGURADA:CIUDAD_RIESGO2OTRAS CIUDADES	-2.564e-05	9.238e-06	-2.775	0.005571	**
SUMA_ASEGURADA:CIUDAD_RIESGO2PORTOVIEJO	-4.940e-05	2.193e-05	-2.253	0.024354	*
SUMA_ASEGURADA:CIUDAD_RIESGO2QUITO	-1.605e-05	4.605e-06	-3.486	0.000501	***

---  
Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for gaussian family taken to be 2676187)

Null deviance: 6066701846 on 2191 degrees of freedom  
 Residual deviance: 5823350252 on 2176 degrees of freedom  
 AIC: 38680

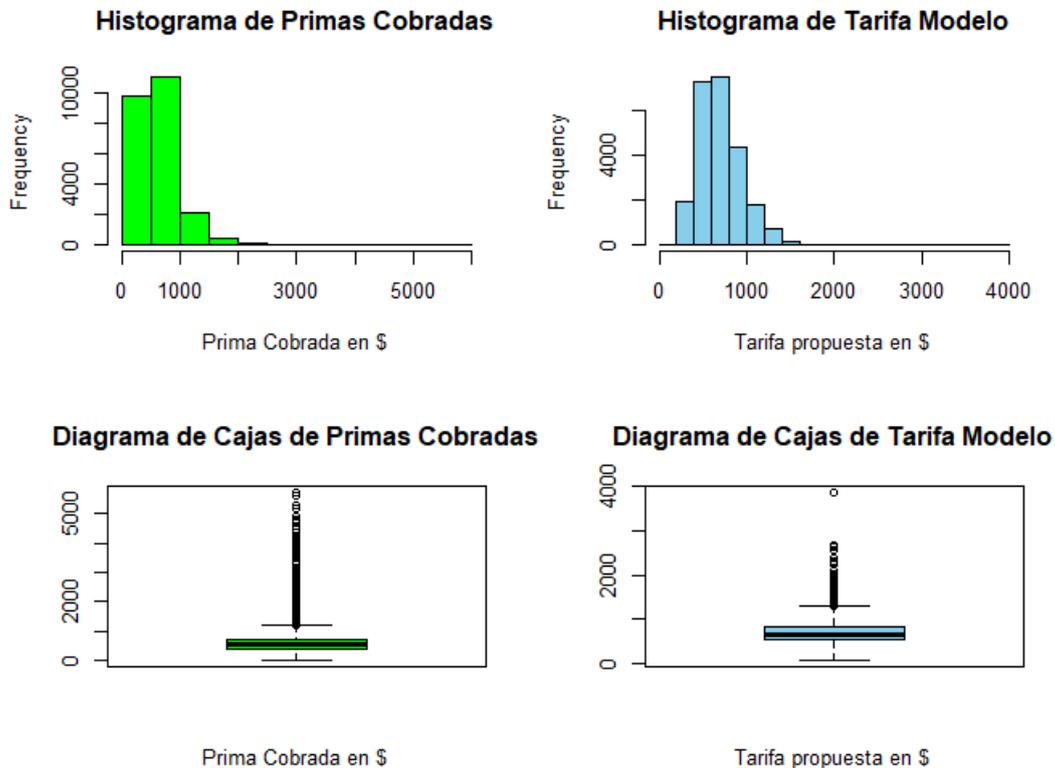
Number of Fisher Scoring iterations: 8

El modelo obtenido es el siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Severidad} = & 6.671 + 0.00002217 \times \text{Suma Asegurada} + 1.019 \times \text{Ciudad del Riesgo Cuenca} + 0.9367 \\ & \times \text{Ciudad del Riesgo Guayaquil} + 1.804 \times \text{Ciudad del Riesgo Machala} + 0.9226 \\ & \times \text{Ciudad del Riesgo Manta} + 0.9545 \times \text{Ciudad del Riesgo Otras} + 1.231 \\ & \times \text{Ciudad del Riesgo Portoviejo} + 0.476 \times \text{Ciudad del Riesgo Quito} - 0.00003665 \\ & \times \text{Suma Asegurada: Ciudad del Riesgo Cuenca} - 0.00002202 \\ & \times \text{Suma Asegurada: Ciudad del Riesgo Guayaquil} - 0.00003494 \\ & \times \text{Suma Asegurada: Ciudad del Riesgo Machala} - 0.00002280 \\ & \times \text{Suma Asegurada: Ciudad del Riesgo Manta} - 0.00002564 \\ & \times \text{Suma Asegurada: Ciudad del Riesgo Otras Ciudades} - 0.4940 \\ & \times \text{Suma Asegurada: Ciudad del Riesgo Portoviejo} - 0.00001605 \\ & \times \text{Suma Asegurada: Ciudad del Riesgo Quito} \end{aligned}$$

## 5.5. CONTRASTE ENTRE EL MODELO GLM VERSUS LA METODOLOGÍA DE TARIFICACIÓN ACTUAL

Fig. 5-33 Comparativo de la distribución de la tarifa actual versus la propuesta



La tabla 5.18 muestra la comparación entre la tarifa usada actualmente, y la tarifa nueva por rangos, segmentando la probabilidad obtenida en percentiles.

Tabla 5-9 Comparativo de nueva tarifa versus tarifa actual

RANGO INFERIOR	RANGO SUPERIOR	NÚMERO DE ASEGURADOS	PRIMA COBRADA	SINIESTROS PAGADOS	%SLTD REAL	TARIFA NUEVA	%SLTD TARIFA NUEVA
0	0.09054	2,241	2,060,201	494,147	23.99%	856,089	57.72%
0.09054	0.10469	2,282	1,764,147	533,137	30.22%	1,114,099	47.85%
0.10469	0.11594	2,336	1,717,797	758,796	44.17%	1,274,350	59.54%
0.11594	0.12653	2,353	1,643,189	814,170	49.55%	1,396,070	58.32%
0.12653	0.13648	2,434	1,633,407	854,215	52.30%	1,555,718	54.91%
0.13648	0.14700	2,397	1,578,245	779,287	49.38%	1,665,592	46.79%
0.14700	0.15912	2,376	1,547,389	792,874	51.24%	1,772,510	44.73%
0.15912	0.17426	2,351	1,476,439	1,010,359	68.43%	1,914,882	52.76%
0.17426	0.19465	2,388	1,432,061	1,065,153	74.38%	2,142,992	49.70%
0.19465	1	2,465	1,425,789	1,519,596	106.58%	2,611,427	58.19%
<b>TOTALES</b>		23,623	6,278,665	8,621,734	52.96%	16,303,729	52.88%

Las columnas de rangos, inferior y superior, contienen los intervalos de probabilidad en cada categoría.

La columna de número de asegurados muestra el número de asegurados dentro de cada rango de probabilidad.

La prima cobrada presenta la suma total de prima que se cobró a los clientes pertenecientes a cada uno de los rangos.

La siniestralidad real (%SLTD REAL) es calculada como la razón entre siniestros pagados y la prima cobrada.

El campo tarifa nueva muestra la suma total de la prima que se cobraría aplicando la nueva tarifa.

Finalmente, calculamos la siniestralidad que se obtendría si aplicamos la nueva tarifa (%SLTD TARIFA NUEVA).

A través de la tabla podemos comparar la tarifa cobrada con la nueva tarifa y apreciamos la mejora en la siniestralidad.

Es interesante apreciar que en los últimos rangos mejora la siniestralidad de manera sustancial, por ejemplo en el último rango pasa de 106.58% a 58.19%.

Es entonces que la compañía podría plantearse implementar políticas de suscripción de acuerdo a la probabilidad generada por el modelo con base en sus características.

# CAPÍTULO 6

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. PRINCIPALES CONCLUSIONES

El mercado asegurador ecuatoriano maneja anualmente un monto de \$1,600 millones de dólares al año, siendo un sector interesante y con un potencial de crecimiento muy amplio, donde se manejan variables que pueden ser modeladas y explicar su comportamiento para mejorar la tarificación de sus primas.

El ramo de seguros de vehículos a diciembre de 2017 cerró en \$378 millones, representando el 23%, siendo el ramo con mayor participación en el sector.

Las primas retenidas en vehículos pasaron de 52.32% en 2012 al 92.72% al cierre del 2017, viéndose claramente la apuesta por las empresas por tomar el riesgo, aplicando metodologías y creando una mayor competitividad en el mercado. Esta mayor retención obliga a las empresas a utilizar herramientas más sofisticadas que permitan obtener un crecimiento en la rentabilidad del sector.

En el 2017, la siniestralidad del ramo de vehículos fue de 57.48% a nivel global en el sector asegurador.

Para el análisis del factor de gastos, el ramo de vehículos tiene un 21.91% para gastos administrativos y 15.60% para comisiones considerando datos del mercado en general. Estos porcentajes nos permitieron plantear los supuestos para el cálculo de la nueva tarifa. Si se aplican a una empresa específica, estos porcentajes deben ser calculados de acuerdo a la realidad de cada compañía aseguradora, según sus criterios de gastos y comisiones.

Mediante la aplicación de la regresión logística binaria para clasificar a los clientes a través de la variable frecuencia de siniestralidad, obtuvimos un modelo que explica esta problemática y que permite asignar probabilidades de que los clientes presenten un siniestro.

Las variables relevantes en el modelo de frecuencia fueron: edad, estado civil, pertenece a grupo, sexo, ciudad de emisión de la póliza, tipo de cliente y suma asegurada, dando un porcentaje de explicación de alrededor del 60%. Con base en el análisis de dichas variables explicativas es posible plantear las estrategias y políticas de suscripción para los nuevos negocios y el mantenimiento de la cartera actual.

En la construcción del modelo de severidad, se realizó un análisis de la variable monto de siniestros. Dado que la severidad por sí misma no se ajustaba a una distribución de probabilidad teórica para poder aplicar un modelo de regresión se optó por identificar los valores atípicos, estos casos fueron excluidos para la modelización.

El porcentaje de representatividad de estos datos atípicos fue añadido al modelo, de modo que se considere la carga completa de siniestralidad de las observaciones.

En la comparación de la tarifa cobrada versus la tarifa propuesta se pudo observar la mejora en porcentajes de siniestralidad y por ende en el resultado técnico del ramo, sobre todo en los rangos de mayor probabilidad de ocurrencia.

## **6.2. RECOMENDACIONES**

En primer lugar se recomienda mejorar la calidad en el ingreso de información para poder contar con una mayor cantidad de variables descriptivas del riesgo y del asegurado, que permitan crear un modelo que considere más variables y se obtenga una tarifa adaptada a la realidad de cada individuo.

Se debe realizar un seguimiento mensual al menos durante el primer año, y de esta manera hacer un monitoreo de los resultados brindados por el modelo, comparándolo con la tarifa anterior y comprobar la efectividad de la aplicación de la metodología.

Realizar un monitoreo de las variables de manera semestral para analizar la inclusión de más características de interés y mejorar el poder de predicción del modelo.

El área de análisis debe comenzar a evaluar y a hacer seguimiento a nuevas variables que, con el tiempo, podrían dar mayor explicación al modelo. Estas variables pueden ser kilometraje, zonas de domicilio y de lugar de trabajo y de este modo cuantificar el riesgo implícito en estas variables.

Si es posible, crear políticas de suscripción basadas en las variables significativas en el presente modelo.

Se debe hacer un seguimiento de la frecuencia siniestral y de la severidad por periodos, tratando también de encontrar patrones en las diferentes épocas del año que puedan representar un riesgo mayor.

Modelizar los siniestros punta, es decir analizar la función de distribución que se ajusta a los datos considerados como atípicos y tratar de explicar el comportamiento de éstos.

Complementar con modelos de fidelización de clientes, donde además de contar con un modelo para la asignación de tarifas, se pueda contar con un modelo que nos permita mejorar la retención de asegurados.

Analizar también la calidad de la atención al cliente, dado que este es un factor de importancia tanto en la captación como en la renovación de pólizas.

Finalmente, analizar nuevas herramientas y hacer seguimiento a todas las variables que impactan en el negocio, tales como gastos, comisiones, utilidad esperada, crecimiento de cartera y otros análisis que permitan tener un panorama más amplio de lo que ocurre en la empresa de seguros.

## 7. ANEXOS

Tabla 7-1 Tabla de Contingencia – Sexo versus Tiene Siniestros

SEXO	TIENE SINIESTROS		Total
	NO	SI	
F	6343 86.4 %	999 13.6 %	7342 100 %
M	13903 85.4 %	2378 14.6 %	16281 100 %
Total	20246 85.7 %	3377 14.3 %	23623 100 %

Tabla 7-2 Tabla de Contingencia – Ciudad del Riesgo versus Tiene Siniestros

CIUDAD_RIESGO	TIENE SINIESTROS		Total
	NO	SI	
AMBATO	486 82.9 %	100 17.1 %	586 100 %
CUENCA	1124 82.8 %	234 17.2 %	1358 100 %
GUAYAQUIL	8989 87.6 %	1267 12.4 %	10256 100 %
MACHALA	48 80 %	12 20 %	60 100 %
MANTA	637 78.2 %	178 21.8 %	815 100 %
OTRAS CIUDADES	724 86.1 %	117 13.9 %	841 100 %
PORTOVIEJO	289 83.8 %	56 16.2 %	345 100 %
QUITO	7949 84.9 %	1413 15.1 %	9362 100 %
Total	20246 85.7 %	3377 14.3 %	23623 100 %

Tabla 7-3 Tabla de Contingencia – Tipo de Producto versus Tiene Siniestros

TipoProducto	TIENE SINIESTROS		Total
	NO	SI	
Colectivo	1332 87.2 %	195 12.8 %	1527 100 %
Individual	18914 85.6 %	3182 14.4 %	22096 100 %
Total	20246 85.7 %	3377 14.3 %	23623 100 %

Tabla 7-4 Tabla de Contingencia – Pertenecer a Grupo versus Tiene Siniestros

PERTE_GRUPO	TIENE SINIESTROS		Total
	NO	SI	
NO	12056 83.9 %	2305 16.1 %	14361 100 %
SI	8190 88.4 %	1072 11.6 %	9262 100 %
Total	20246 85.7 %	3377 14.3 %	23623 100 %

Tabla 7-5 Tabla de Contingencia – Forma de Cobranza versus Tiene Siniestros

<b>Forma_Cobranza</b>	<b>TIENE SINIESTROS</b>		<b>Total</b>
	<b>NO</b>	<b>SI</b>	
<b>Débito cuenta</b>	8906 84.7 %	1613 15.3 %	10519 100 %
<b>Débito tarjeta de crédito</b>	5576 86.2 %	890 13.8 %	6466 100 %
<b>Domicilio</b>	5764 86.8 %	874 13.2 %	6638 100 %
<b>Total</b>	20246 85.7 %	3377 14.3 %	23623 100 %

Tabla 7-6 Tabla de Contingencia – Tipo de Cliente versus Tiene Siniestros

<b>TIPO_CLIENTE</b>	<b>TIENE SINIESTROS</b>		<b>Total</b>
	<b>NO</b>	<b>SI</b>	
<b>DIRECTO</b>	5850 84 %	1116 16 %	6966 100 %
<b>INDIRECTO</b>	14396 86.4 %	2261 13.6 %	16657 100 %
<b>Total</b>	20246 85.7 %	3377 14.3 %	23623 100 %

Tabla 7-7 Tabla de Contingencia – Marca Carro versus Tiene Siniestros

<b>MARCA_CARRO</b>	<b>SINIESTROS</b>		<b>Total</b>
	<b>NO</b>	<b>SI</b>	
<b>CHEVROLET</b>	6918 86.1 %	1114 13.9 %	8032 100 %
<b>FORD</b>	753 86.7 %	116 13.3 %	869 100 %
<b>HYUNDAI</b>	2079 85.1 %	365 14.9 %	2444 100 %
<b>KIA</b>	2221 86.1 %	358 13.9 %	2579 100 %
<b>MAZDA</b>	731 84.7 %	132 15.3 %	863 100 %
<b>NISSAN</b>	1313 84.1 %	248 15.9 %	1561 100 %
<b>OTRAS</b>	2324 87.4 %	335 12.6 %	2659 100 %
<b>RENAULT</b>	938 83.9 %	180 16.1 %	1118 100 %
<b>SUZUKI</b>	900 84.2 %	169 15.8 %	1069 100 %
<b>TOYOTA</b>	1263 84.8 %	226 15.2 %	1489 100 %
<b>VOLKSWAGEN</b>	806 85.7 %	134 14.3 %	940 100 %
<b>Total</b>	20246 85.7 %	3377 14.3 %	23623 100 %

Tabla 7-8 Tabla de Contingencia – Tipo de Vehículo versus Tiene Siniestros

TIPO	SINIESTROS		Total
	NO	SI	
AUTOMOVIL	12657 85.2 %	2201 14.8 %	14858 100 %
CAMIONETA	1781 85.7 %	298 14.3 %	2079 100 %
JEEP/CAMPERO	5007 86.4 %	785 13.6 %	5792 100 %
OTROS	801 89.6 %	93 10.4 %	894 100 %
<b>Total</b>	20246 85.7 %	3377 14.3 %	23623 100 %

Tabla 7-9 Tabla de Contingencia – Color del Vehículo versus Tiene Siniestros

COLOR	SINIESTROS		Total
	NO	SI	
AZUL	1430 86.8 %	218 13.2 %	1648 100 %
BLANCO	3571 86.5 %	559 13.5 %	4130 100 %
DORADO	888 87.7 %	124 12.3 %	1012 100 %
GRIS	3664 84 %	697 16 %	4361 100 %
NEGRO	2268 83.8 %	438 16.2 %	2706 100 %
OTROS	2747 86.8 %	416 13.2 %	3163 100 %
PLATA	3990 86.6 %	620 13.4 %	4610 100 %
ROJO	1688 84.7 %	305 15.3 %	1993 100 %
<b>Total</b>	20246 85.7 %	3377 14.3 %	23623 100 %

## 8. REFERENCIAS

- Ambríz, R., Esteva, E., & Montiel, G. (23 de Noviembre de 2007). *Contribuciones recientes de la estadística a la actuaría en México*. Obtenido de [http://estadistica.itam.mx/sites/default/files/u486/178-174ambriz\\_esteva.pdf](http://estadistica.itam.mx/sites/default/files/u486/178-174ambriz_esteva.pdf)
- Boj del Val, E., Claramunt Bielsa, M., & Costa Cor, T. (14 de Marzo de 2017). *Tarificación y Provisiones*. Obtenido de <http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/107124/6/MA-OMADO.pdf>
- Bousoño, C., Heras, A., & Tolmos, P. (s.f.). *Factores de riesgo y cálculo de primas mediante técnicas de aprendizaje*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Antonio\\_Heras2/publication/266272381\\_FACTORES\\_DE\\_RIESGO\\_Y\\_CALCULO\\_DE\\_PRIMAS\\_MEDIANTE\\_TECNICAS\\_DE\\_APRENDIZAJE/links/556d8c0f08aeccd7773c13c4/FACTORES-DE-RIESGO-Y-CALCULO-DE-PRIMAS-MEDIANTE-TECNICAS-DE-APRENDIZAJE.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Antonio_Heras2/publication/266272381_FACTORES_DE_RIESGO_Y_CALCULO_DE_PRIMAS_MEDIANTE_TECNICAS_DE_APRENDIZAJE/links/556d8c0f08aeccd7773c13c4/FACTORES-DE-RIESGO-Y-CALCULO-DE-PRIMAS-MEDIANTE-TECNICAS-DE-APRENDIZAJE.pdf)
- Fundación MAPFRE. (2017). *Fundación MAPFRE*. Obtenido de <https://segurosypensioneparatodos.fundacionmapfre.org/syp/es/seguros/definicion-seguro-asegurar/>
- FUNDACIÓN MAPFRE. (s.f.). *DICCIONARIO MAPFRE DE SEGUROS*. Obtenido de [https://www.fundacionmapfre.org/fundacion/es\\_es/publicaciones/diccionario-mapfre-seguros/](https://www.fundacionmapfre.org/fundacion/es_es/publicaciones/diccionario-mapfre-seguros/)
- Guillen, M. (Abril de 2016). *Big Data en Seguros*. Obtenido de Revista Índice: <http://www.revistaindice.com/numero67/p28.pdf>
- Junguito Bonnet, R. (01 de 10 de 2008). *Fundación Mapfre*. Obtenido de [https://www.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/pt/catalogo\\_imagenes/grupo.cmd?path=1060618](https://www.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/pt/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1060618)
- León, J. (04 de Abril de 2013). *Teoría General del Seguro*. Obtenido de <http://jonathanseguroleon.blogspot.com/2013/04/teoria-general-del-seguro.html>
- Llopis Pérez, J. (s.f.). *Aplicación del Test de Hosmer-Lemeshow en Medicina*. Obtenido de <https://estadisticaorquestainstrumento.wordpress.com/2014/04/02/aplicacion-del-test-de-hosmer-lemeshow-en-medicina/>
- López & Ruiz. (Abril de 2011). *Análisis de datos con el modelo lineal generalizado*. Obtenido de <https://reunir.unir.net/bitstream/handle/123456789/3839/AnalisisDeDatosConElModeloLinealGeneralizado-3365075.pdf?sequence=1>
- López Soria, B. (Julio de 2006). *Revista Índice*. Obtenido de <http://www.revistaindice.com/numero17/p16.pdf>
- Padilla Barreto, A. E., Guillen, M., & Bolancé, C. (Enero de 2016). *Cuantificación del riesgo para la tarificación en seguros de automóvil*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/319469292\\_Cuantificacion\\_del\\_riesgo\\_para\\_la\\_tarificacion\\_en\\_seguros\\_de\\_automovil](https://www.researchgate.net/publication/319469292_Cuantificacion_del_riesgo_para_la_tarificacion_en_seguros_de_automovil)
- Pérez Torres, J. L. (Enero de 1986). *Conociendo el seguro: teoría general del seguro*. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Jose\\_Luis\\_Perez\\_Torres/publication/40942409\\_Conociendo\\_el\\_seguro\\_teoría\\_general\\_del\\_seguro/links/56dc897e08aeb4638c0324a/Conociendo-el-seguro-teoria-general-del-seguro.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jose_Luis_Perez_Torres/publication/40942409_Conociendo_el_seguro_teoría_general_del_seguro/links/56dc897e08aeb4638c0324a/Conociendo-el-seguro-teoria-general-del-seguro.pdf)

- Superintendencia de Bancos del Ecuador. (08 de Mayo de 2012). *Superintendencia de Bancos del Ecuador*. Obtenido de [http://www.superbancos.gob.ec/medios/PORTALDOCS/downloads/normativa/2012/resol\\_JB-2012-2154.pdf](http://www.superbancos.gob.ec/medios/PORTALDOCS/downloads/normativa/2012/resol_JB-2012-2154.pdf)
- Towers Watson. (25 de Mayo de 2010). *Modelos GLM - Aplicación orientada a la tarificación*. Obtenido de Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros: [http://www.amis.com.mx/amiswp/wp-content/uploads/2017/08/3\\_-ES\\_TowersWatson\\_Modelos-GLM-Aplicados-Tarificacion-25May10.pdf](http://www.amis.com.mx/amiswp/wp-content/uploads/2017/08/3_-ES_TowersWatson_Modelos-GLM-Aplicados-Tarificacion-25May10.pdf)
- Vegas Asensio, J., & Nieto de Alba, U. (1993). *Matemática Actuarial*. Madrid: Mapfre S.A.
- Vilar Zanón, J. L. (13 de Marzo de 2013). *Equilibrio entre tarificaciones a priori y a posteriori: Diseño de Sistemas Bonus Malus*. Obtenido de [http://semanadelseguro.inese.es/2013/multimedia/ponencias/ACTUARIS\\_Semana\\_del\\_SeguroJoseLuisVILAR13III2013.pdf](http://semanadelseguro.inese.es/2013/multimedia/ponencias/ACTUARIS_Semana_del_SeguroJoseLuisVILAR13III2013.pdf)
- Zelada, C. (10 de Mayo de 2017). *RPubs*. Obtenido de <https://rpubs.com/chzelada/275494>