

# TRABAJO FINAL DE MÁSTER

---

**Título: Análisis del SBM en seguros de automóvil de diferentes compañías aseguradoras**

**Autoría: Juan López Bautista**

**Tutoría: M<sup>a</sup> Mercè Claramunt y Eva Boj**

**Curso académico: 2017 - 2018**



Facultad de Economía y Empresa

Universidad de Barcelona

Trabajo Final de Máster

Máster en Ciencias Actuariales y Financieras

# **Análisis del SBM en seguros de automóvil de diferentes compañías aseguradoras**

Autoría: Juan López Bautista

Tutoría: M<sup>a</sup> Mercè Claramunt y Eva Boj



*“El contenido de este documento es de exclusiva responsabilidad del autor, quien declara que no ha incurrido en plagio y que la totalidad de referencias a otros autores han sido expresadas en el texto. “*



## Resumen

La mayoría de las compañías aseguradoras que trabajan con seguros de automóvil utilizan sistemas Bonus Malus para calcular el nivel de prima de sus pólizas. Los sistemas Bonus Malus penalizan o bonifican a los asegurados en función del número de siniestros declarados cada año, haciendo que a medida que avanzan los años, dichos asegurados vean modificada la clase en la que se encuentran dentro de la escala del sistema Bonus Malus de su compañía. Esta clase será la que determine los aumentos o disminuciones de las primas a pagar por cada asegurado año tras año. Este trabajo se centra en el análisis comparativo de varios sistemas Bonus Malus de diferentes compañías aseguradoras, y en la simulación de la trayectoria de un asegurado a lo largo de los años en cada una de las compañías.

**Palabras clave:** Sistema Bonus Malus, matriz de transición, estado estacionario, RSAL, coeficiente de variación, eficiencia de Loimaranta.

## Abstract

Most insurance companies that work with auto insurances use Bonus Malus systems to calculate the premium level of their policies. The Bonus Malus systems penalize or reward the insured people according to the number of claims declared each year. These insured will see modified the class in which they are within the scale of the Bonus Malus system. This class will determine the increases or decreases of the premiums to be paid by each insured year after year. This work will focus on the comparative analysis of several Bonus Malus systems of different insurance companies, and will simulate an insured trajectory over the years in each of the companies.

**Key words:** Bonus Malus system, transition matrix, stationary state, RSAL, coefficient of variation, Loimaranta's efficiency.

# Índice general

	<b>Página</b>
<b>1. Introducción y objetivos del trabajo</b>	<b>5</b>
<b>2. Introducción a los sistemas Bonus Malus</b>	<b>6</b>
2.1. Tarificación del seguro de automóvil	6
2.2. Estructura y funcionamiento de un SBM	7
2.3. Cálculo de la prima en un SBM	8
2.4. Evaluación de un SBM	9
<b>3. Los SBM de las diferentes compañías aseguradoras</b>	<b>11</b>
3.1. SBM de SegurCaixa	11
3.2. SBM de Génesis y Regal	13
3.3. SBM de Generali	16
3.4. SBM de Nationale Suisse	18
3.5. SBM de Allianz	21
<b>4. Análisis comparativo entre los SBM de las compañías</b>	<b>29</b>
4.1. Prima media	29
4.2. Coeficiente de variación (CV)	30
4.3. Variación total (TV)	32
4.4. Nivel medio estacionario (RSAL)	33
4.5. Eficiencia de Loimaranta	34
4.6. Caso Binomial Negativa	34
<b>5. Impacto de los SBM en la evolución de las primas a abonar por asegurados con distintas trayectorias de siniestralidad</b>	<b>35</b>
<b>6. Conclusiones</b>	<b>39</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>40</b>
<b>Anexo 1: Caso Binomial Negativa</b>	<b>42</b>
<b>Anexo 2: Código en R</b>	<b>48</b>

## Índice de Tablas

	Página
1. Tabla esquemática de un SBM.	8
2. Escala Bonus-Malus SegurCaixa Adeslas.	12
3. Tabla de clases SBM SegurCaixa Adeslas.	12
4. Escala Bonus-Malus Génesis y Regal.	13
5. Tabla de clases SBM Génesis y Regal.	14
6. Escala Bonus-Malus Generali.	16
7. Tabla de clases SBM Generali RC.	17
8. Tabla de clases SBM Generali DP.	18
9. Escala Bonus-Malus Nationale Suisse.	18
10. Tabla de clases SBM Nationale Suisse.	20
11. Escala Bonus-Malus Allianz.	21
12. Tabla de clases SBM Allianz RC + Lesiones 1ª y 2ª renovación.	22
13. Tabla de clases SBM Allianz RC + Lesiones 3ª renovación y sucesivas.	23
14. Tabla de clases SBM Allianz RC 1ª y 2ª renovación.	24
15. Tabla de clases SBM Allianz RC 3ª renovación y sucesivas.	25
16. Tabla de clases SBM Allianz Otros 1ª y 2ª renovación.	26
17. Tabla de clases SBM Allianz Otros 3ª renovación y sucesivas.	28
18. Prima media después de $n$ años operando en el SBM (Poisson).	29
19. Prima media dependiente de $\lambda$ .	30
20. CV en las primas pagadas por los asegurados dependiente de $n$ (Poisson).	31
21. CV en las primas pagadas por los asegurados dependiente de $\lambda$ .	31
22. TV del SBM (Poisson).	32
23. RSAL del SBM dependiente de $\lambda$ .	33
24. Eficiencia de Loimaranta.	34
25. Trayectoria de los asegurados del SBM tras 10 años.	35
26. Primas a pagar por Asegurado 1 (Poisson).	36
27. Primas a pagar por Asegurado 2 (Poisson).	37
28. Primas a pagar por Asegurado 3 (Poisson).	38
29. Prima media después de $n$ años operando en el SBM (BN).	42
30. Prima media dependiente de $E(N)$ y $V(N)$ .	42
31. CV en las primas pagadas por los asegurados dependiente de $n$ (BN).	43
32. CV en las primas pagadas por los asegurados dependiente de $E(N)$ y $V(N)$ .	44
33. TV del SBM (BN).	44
34. RSAL del SBM dependiente de $E(N)$ y $V(N)$ .	45
35. Primas a pagar por Asegurado 1 (BN).	46
36. Primas a pagar por Asegurado 2 (BN).	46
37. Primas a pagar por Asegurado 3 (BN).	47

## Índice de Figuras

	<b>Página</b>
1. Matriz de transición SBM SegurCaixa Adeslas.	13
2. Matriz de transición SBM Génesis y Regal.	15
3. Matriz de transición SBM Generali RC.	17
4. Matriz de transición SBM Generali DP.	18
5. Matriz de transición SBM Nationale Suisse.	20
6. Matriz de transición SBM Allianz RC + Lesiones 1ª y 2ª renovación.	23
7. Matriz de transición SBM Allianz RC + Lesiones 3ª renovación y sucesivas.	24
8. Matriz de transición SBM Allianz RC 1ª y 2ª renovación.	25
9. Matriz de transición SBM Allianz RC 3ª renovación y sucesivas.	26
10. Matriz de transición SBM Allianz Otros 1ª y 2ª renovación.	27
11. Matriz de transición SBM Allianz Otros 3ª renovación y sucesivas.	28
12. Prima media después de $n$ años operando en el SBM (Poisson).	29
13. Prima media dependiente de $\lambda$ .	30
14. CV en las primas pagadas por los asegurados dependiente de $n$ (Poisson).	31
15. CV en las primas pagadas por los asegurados dependiente de $\lambda$ .	32
16. TV del SBM (Poisson).	33
17. RSAL del SBM dependiente de $\lambda$ .	33
18. Eficiencia de Loimaranta.	34
19. Primas a pagar por Asegurado 1 (Poisson).	36
20. Primas a pagar por Asegurado 2 (Poisson).	37
21. Primas a pagar por Asegurado 3 (Poisson).	38
22. Prima media después de $n$ años operando en el SBM (BN).	42
23. Prima media dependiente de $E(N)$ y $V(N)$ .	43
24. CV en las primas pagadas por los asegurados dependiente de $n$ (BN).	43
25. CV en las primas pagadas por los asegurados dependiente de $E(N)$ y $V(N)$ .	44
26. TV del SBM (BN).	45
27. RSAL del SBM dependiente de $E(N)$ y $V(N)$ .	45
28. Primas a pagar por Asegurado 1 (BN).	46
29. Primas a pagar por Asegurado 2 (BN).	47
30. Primas a pagar por Asegurado 3 (BN).	47

# 1. Introducción y objetivos del trabajo

El tema principal que se va a tratar en este trabajo es el de la tarificación, mediante sistemas Bonus Malus (SBM), para los seguros de automóvil, cuya importancia dentro del sector asegurador es mayúscula debido a que se trata de un seguro obligatorio para todo individuo poseedor de un vehículo de motor. Por tanto, se puede indicar que el seguro de automóvil es uno de los seguros más influyentes en la vida económica y social de los países desarrollados, ya que actualmente, el uso de vehículos de motor es prácticamente indispensable para la realización de la actividad diaria.

El seguro de automóvil pertenece al ramo de los seguros de no vida, y se puede definir como un seguro multirriesgo responsable de cubrir los riesgos inherentes al uso y la circulación de los vehículos de motor. De manera especial se encarga de cubrir el riesgo relativo a la responsabilidad civil del asegurado por daños causados a terceras personas o a bienes propiedad de terceros, además de otros riesgos complementarios relativos al mismo vehículo, su conductor o sus ocupantes.

El proceso de tarificación del seguro del automóvil está formado por dos fases. En la primera de ellas, conocida como tarificación *a priori*, se agrupa a los asegurados en diferentes grupos de riesgo utilizando variables de clasificación de riesgo observables, como la edad y el sexo del conductor, de tal manera que los asegurados de cada clase paguen la misma *prima a priori*. En la segunda fase, conocida como tarificación *a posteriori*, se aborda el problema de la heterogeneidad residual que aún permanece en las clases *a priori*. Para solventar dicho problema, se utiliza la información relativa a la experiencia en la siniestralidad de los asegurados para aplicar correcciones a la *prima a priori*. Uno de los mecanismos de tarificación *a posteriori* más conocidos y utilizados es el SBM.

Los SBM de clases constituyen uno de los métodos más usuales a la hora de realizar modificaciones en las tarifas teniendo en cuenta la experiencia de siniestralidad del asegurado. Los SBM consisten en un sistema de rebajas e incrementos que dependen del número de siniestros que tiene el asegurado en los distintos periodos contratados en el seguro con la compañía aseguradora. Cada clase del SBM lleva asociada un porcentaje de descuento o penalización que se aplica sobre la prima base de la compañía. La zona asociada a los descuentos sobre la prima es conocida como zona de Bonus, mientras que la zona asociada a las penalizaciones se conoce como zona de Malus.

Actualmente, muchas compañías aseguradoras de automóviles utilizan SBM para tarificar, y bonifican o penalizan a sus asegurados en función del número de siniestros declarados en cada anualidad de la póliza, aumentándoles o reduciéndoles la prima. Es por ello, que el objetivo principal del trabajo es el de analizar algunos de los SBM utilizados por diferentes compañías aseguradoras.

Para la consecución del objetivo comentado en el párrafo anterior, en el segundo apartado del trabajo se va a realizar una breve introducción teórica a los SBM para explicar en qué consisten y cómo funcionan. Después de esta introducción a los SBM, en el tercer apartado se va a analizar y explicar el funcionamiento de los SBM utilizados por las compañías aseguradoras escogidas con el fin de, aplicando las reglas de cada uno de los SBM, construir sus matrices de transición. Los SBM que aparecen en el trabajo

pertenecen a las siguientes compañías aseguradoras: SegurCaixa Adeslas, Génesis, Regal, Generali, Nationale Suisse y Allianz.

La parte práctica del trabajo se divide en dos partes. La primera, una vez obtenidas las matrices de transición de cada uno de los sistemas, consiste en evaluar y comparar los SBM aplicando los siguientes métodos: la prima media, el coeficiente de variación (CV), la variación total (TV), el nivel medio estacionario (RSAL), y la eficiencia de Loimaranta. Para la realización de la segunda parte, se va a simular la trayectoria de tres asegurados de perfiles diferentes, en lo que a número de siniestros declarados por periodo se refiere, a lo largo de 10 años para comparar el nivel de prima que pagará en cada una de las compañías aseguradoras analizadas. Los perfiles escogidos para los asegurados son los siguientes: un asegurado que no declare ningún siniestro en los periodos observados, un asegurado que declare una cantidad reducida de siniestros en los periodos observados, y, por último, un asegurado que declare una cantidad elevada de siniestros en los periodos observados.

## 2. Introducción a los sistemas Bonus Malus

### 2.1. Tarificación del seguro de automóvil

En este apartado, expongo la manera en la que las compañías aseguradoras establecen el precio o prima de sus pólizas. En el sector del automóvil (Bermúdez *et al.*, 2004) esta tarea resulta complicada debido a que, por un lado, son muchos los factores que influyen en la probabilidad de ocurrencia de un riesgo o siniestro, y, por otro lado, existe un elevado número de pólizas dentro del sector. La consecuencia de estos dos hechos es la existencia de carteras muy heterogéneas. Por eso, uno de los principales problemas que se encuentran las compañías aseguradoras radica en el diseño de un sistema de tarifas capaz de distribuir el coste de los siniestros de la manera más justa posible, es decir, que la prima pagada por cada asegurado se ajuste correctamente al riesgo que supone para la cartera.

#### *Tarificación a priori: Segmentación*

Con el objetivo de solventar el problema de la existencia de carteras heterogéneas mencionado con anterioridad, una de las operativas más habituales aplicadas por las compañías aseguradoras consiste en dividir o segmentar su cartera en clases de riesgos homogéneas, de manera que todo asegurado perteneciente a una clase pague la misma prima. En el caso particular del seguro de automóvil, con el fin de agrupar a los asegurados en las diferentes clases homogéneas, éstos se clasifican teniendo en cuenta una serie de factores de riesgo que reciben el nombre de *variables de tarificación a priori*, entre las que destacan las siguientes (Bermúdez *et al.*, 2004):

- *Relativas al conductor*: Edad, Sexo, antigüedad del permiso de conducir, estado civil, número de hijos...
- *Relativas al vehículo*: Categoría, marca, modelo, potencia, color...
- *Relativas a la circulación*: Uso del vehículo, diferenciando entre un uso particular o profesional del mismo, o la zona de circulación, teniendo en cuenta las infraestructuras de la zona, la geografía o la densidad del tráfico, entre otros.

Este procedimiento consistente en agrupar a los asegurados por clases de tarifa en base a la información de que dispone la compañía recibe el nombre de *tarificación a priori* o segmentación de riesgos, de manera que se espera que aquellos asegurados agrupados en la misma clase de tarifa presenten la misma frecuencia prevista de siniestros.

A la hora de llevar a cabo la parte práctica del presente trabajo, se asume que, en el instante de contratación del seguro de automóvil por parte de los asegurados, todos serán asignados *a priori* en la clase neutral del SBM de las diferentes compañías.

### ***Tarificación a posteriori: Sistema Bonus Malus***

Con la *tarificación a priori*, al asegurado se le aplica una tarifa basada en la experiencia del colectivo al que pertenece y no en la suya propia. En base a este argumento, habiéndose agrupado a los asegurados en clases de tarifa homogéneas, aún existe cierta heterogeneidad, más o menos fuerte, dentro de cada clase. Esto es debido a que hay factores de riesgo que no se tienen en cuenta en la *tarificación a priori* debido a su difícil cuantificación, como el grado de agresividad en la manera de conducir del asegurado o su conocimiento del código de circulación.

Para corregir esta heterogeneidad residual de cada clase de tarifa, y, debido a que los modelos de *tarificación a priori* no capturan la propensión a la siniestralidad de los asegurados, surge la idea de ajustar la prima correspondiente a cada clase de tarifa de acuerdo con la experiencia individual de siniestralidad de cada asegurado. Este procedimiento recibe el nombre de *tarificación a posteriori*. Una de las formas de *tarificación a posteriori* más populares dentro de las compañías de seguros de automóvil, es lo que conocemos como *sistemas Bonus Malus*.

## **2.2. Estructura y funcionamiento de un SBM**

Como se ha comentado en el apartado anterior, un SBM es un sistema de *tarificación a posteriori* que nos sirve como complemento de la *tarificación a priori* en los seguros de automóvil, ya que nos permitirá aplicar correcciones sobre la prima en función del número de siniestros declarados por el asegurado en un periodo. Por tanto, definiremos los SBM como un sistema de bonificaciones y penalizaciones sobre la *prima a priori* de la compañía aseguradora basado en el número de siniestros declarados por el asegurado en un periodo.

Dentro del SBM, todos los asegurados pertenecen a un mismo grupo de tarifa *a priori*. Al mismo tiempo, los asegurados se distribuyen dentro de las distintas clases del SBM, y cada una de las clases tiene asociada una prima distinta expresada en forma de porcentaje de la prima base asociada a ese grupo de tarifa. Por tanto, un SBM está definido por los siguientes elementos (Boj *et al.*, 2018):

- El número de clases o niveles:  $s$ . El número de clases lo determina la propia compañía aseguradora.
- El vector de niveles de prima o de ajuste:  $b = (b_1, \dots, b_s)$ :  $b_s > \dots > b_1$ , donde  $b_i$  es la prima que debe pagar un asegurado en la clase  $i$  como porcentaje de la prima base.
- La clase de entrada:  $i_0$ .

- Las reglas o algoritmo de transición entre las diferentes clases dependiendo del número de siniestros declarados durante un periodo.

En la *Tabla 1* aparecen representados los elementos que definen un SBM ordenados por niveles de prima decrecientes.

Tabla 1: Tabla esquemática de un SBM

Clase $i$	Nivel de primas $b_i$	Clase después de $x$ siniestros			
		0	1	2	3+
$s$	$b_s$				
$\vdots$	$\vdots$				
$i_0$	$b_{i_0}$				
$\vdots$	$\vdots$				
1	$b_1$				

Fuente: Elaboración propia a partir de "Boj et al., (2018)"

Los SBM que aparecen en este trabajo presentan un número finito de clases, y por tanto trabajan con *Cadenas de Markov finitas*. Por ello, para que un SBM pueda ser tratado con cadenas de Markov, se necesita que sea un *Sistema Markoviano*, es decir, que la clase que ocupará un asegurado dentro del SBM en el periodo próximo al actual, únicamente dependerá de la clase del periodo actual y del número de siniestros declarados en dicho periodo. De esta forma el historial previo al periodo actual no influirá en la clase para el periodo próximo. La ley del proceso de Markov está determinada por dos elementos clave (Boj et al., 2018):

- El vector de probabilidades iniciales:

$$\left( P_j^{(0)} \right)_{j \in E}, \text{ con } E = \{1, 2, \dots, s\}.$$

Este vector está formado por tantos elementos,  $s$ , como clases tenga el SBM y nos indica la probabilidad de estar en cada clase en el momento inicial.

- La matriz de transición  $M$ :

$$M = \left( P_{ij} \right)_{i, j \in E}.$$

En esta matriz aparecen reflejadas las probabilidades de que un asegurado que se encuentra en la clase  $i$  en el periodo actual esté en la clase  $j$  en el periodo siguiente ( $P_{ij}$ ). Estas probabilidades estarán representadas por la probabilidad de tener  $N$  siniestros en un periodo, y tienden a modelizarse utilizando la regresión de Poisson o la distribución Binomial Negativa.

### 2.3. Cálculo de la prima en un SBM

Una tarea muy importante de las compañías aseguradoras es la determinación de una prima justa para cada asegurado. La prima es el precio del seguro, es decir, la cuantía que un asegurado paga a la compañía aseguradora a cambio de la cobertura de un riesgo, y se paga de manera anticipada.

Para calcular la prima que pagará cada asegurado en función de la clase en la que se encuentre, primero se deberá calcular la prima base o de referencia  $P_b$  sobre la que se aplicarán los ajustes correspondientes a cada clase. Para su cálculo, se utiliza la siguiente fórmula (Boj *et al.*, 2018):

$$P_b = \frac{E(N)}{\sum_{i=1}^s \Pi_i \cdot b_i}.$$

En la que  $\Pi$  es la distribución estacionaria del SBM, es decir, el vector de probabilidades cuando el sistema está en equilibrio, es decir, cuando el vector de probabilidades se mantiene constante de un periodo a otro.

Una vez obtenida la prima de referencia, para calcular la prima que se pagará en cada clase del sistema, bastará con multiplicar su valor por el ajuste de prima que corresponda de la siguiente manera:

$$P_i = P_b \cdot b_i.$$

## 2.4. Evaluación de un SBM

El objetivo de este apartado es el de explicar el funcionamiento de una serie de criterios con los que, en el punto 4 del trabajo, se evalúan y comparan los SBM de las compañías aseguradoras presentadas en el punto 3. Antes de proceder a su explicación, es necesario introducir las siguientes incógnitas que aparecerán en sus fórmulas:

- $P^{(n)}$  es el vector de probabilidades de estar en las diferentes clases en el momento  $n$ , y será equivalente a  $\Pi$  en el estado estacionario. Se calcula utilizando la siguiente fórmula (Boj *et al.*, 2018):

$$P^{(n)} = (M^{(n)})^T \cdot P^{(0)} = (M^n)^T \cdot P^{(0)}.$$

$M^{(n)}$  es la matriz de transición del sistema transcurridos  $n$  periodos.

- $b_i$  es el vector de ajuste de la prima.

### *Prima media:*

Este método, como su nombre indica, muestra la prima media que pagará un asegurado con un cierto nivel de siniestralidad tras  $n$  años operando en el sistema o una vez que el sistema alcanza el equilibrio. Para su cálculo se utiliza la siguiente expresión:

$$\bar{b}(n) = \sum_{i=1}^s P_i^{(n)} b_i \sim \sum_{i=1}^s \Pi_i b_i.$$

Además, este valor permite analizar un único sistema o comparar diferentes sistemas entre sí. Si se quiere analizar un único SBM, se hará en base a la siniestralidad esperada de la siguiente manera (Poprawska, 2015):

- Si  $\bar{b} = E(N)$ , se considera que el SBM está equilibrado o es justo.
- Si  $\bar{b} > E(N)$ , las primas a pagar por los asegurados son más altas de lo que deberían.
- Si  $\bar{b} < E(N)$ , las primas del SBM están siendo subestimadas.

Por otro lado, si se quiere comparar diferentes SBM, se hará en base a los beneficios por póliza que obtendrá la compañía, ya que un mayor valor de  $\bar{b}$  le será más beneficioso, y hará que las pólizas sean más caras para los asegurados.

***Coefficiente de variación (CV):***

Esta ratio se encarga de medir el grado de variación en las primas del SBM ya sea una vez alcanzado el estado estacionario como en cualquier otro momento  $n$ , y se calcula utilizando la siguiente expresión (Boj *et al.*, 2018):

$$CV(n) = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^s P_i^{(n)} (b_i - \bar{b}(n))^2}}{\bar{b}(n)} \sim \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^s \Pi_i \cdot (b_i - \bar{b})^2}}{\bar{b}}.$$

Si los valores del CV son bajos, significa que las primas del sistema no se diferencian, y que, por tanto, los asegurados estarán agrupados en las mismas zonas. Por el contrario, valores más elevados del coeficiente serán indicativo de una mayor diversidad en las primas del sistema, lo que lo convertirán en sistema más riguroso. Según “Poprawska (2015)”, en la práctica, si el valor del CV es inferior al 10% la mayoría de los asegurados estarán concentrados en las zonas de Bonus.

***Variación Total (TV):***

Este parámetro nos muestra la velocidad con la que el sistema se acerca a su estado estacionario y la diferencia que hay respecto al mismo en cualquier momento  $n$ , y se calcula utilizando la siguiente fórmula expresión (Poprawska, 2015):

$$TV(n) = \sum_{i=1}^s |P_i^{(n)} - \Pi_i|.$$

Los sistemas con un menor número de clases acostumbran a estabilizarse con mayor velocidad que aquellos más complejos y con un mayor número de clases, por lo que la TV también puede utilizarse para analizar el impacto que tienen sobre su ritmo de estabilización las modificaciones realizadas en un SBM.

***Nivel medio estacionario (RSAL):***

Este método nos da la posición de un asegurado promedio una vez alcanzado el estado estacionario del SBM, y se calcula utilizando la siguiente expresión (Boj *et al.*, 2018):

$$RSAL = \frac{\bar{b} - \min(b_i)}{\max(b_i) - \min(b_i)}, \text{ con } \min(b_i) = b_1 \text{ y } \max(b_i) = b_s.$$

Los valores que puede tomar el RSAL están comprendidos en el rango [0,1], siendo 0 el valor asignado a las primas más bajas, y 1 a las primas más altas. Según “Poprawska (2015)”, en un SBM ideal el valor de la ratio debería estar alrededor de 0,5 y, también indica, que un bajo valor de la ratio implica que el sistema está en desequilibrio y que, con el tiempo, la mayoría de los asegurados estarán en las clases con los mayores descuentos.

### ***Eficiencia de Loimaranta:***

Este parámetro equivale a la elasticidad del SBM, y mide su respuesta frente a cambios producidos en la frecuencia de la siniestralidad. Para su cálculo es necesario suponer que el número de siniestros se distribuye según una Poisson de parámetro  $\lambda$ . La expresión utilizada para su cálculo es la siguiente (Boj *et al.*, 2018):

$$\eta(\lambda) = \frac{\frac{d\bar{b}(\lambda)}{\bar{b}(\lambda)}}{\frac{d\lambda}{\lambda}} = \lambda \cdot \frac{\bar{b}'(\lambda)}{\bar{b}(\lambda)}.$$

Según “Kafkova (2015)”, la eficiencia de Loimaranta permite comparar la calidad de los SBM, y dice que para un SBM razonable, el valor de la eficiencia de Loimaranta debería ser superior o igual a 0, y que el valor para un SBM ideal debería ser igual a 1.

## **3. Los SBM de las diferentes compañías aseguradoras**

Este apartado recopila la información extraída de las condiciones generales de cada una de las compañías a analizar en lo que a sistema Bonus Malus se refiere. La información extraída ha sido la siguiente:

- La escala Bonus Malus, que indica el número de clases o niveles que forman el sistema, así como la zona a la que pertenece cada nivel y el coeficiente de descuento o recargo a aplicar sobre la prima base en cada uno de los niveles.
- Qué entiende cada compañía como siniestro computable.
- Las normas o reglas de asignación de nivel en la escala Bonus Malus.

Con la ayuda de esta información, se obtienen la tabla de clases de cada uno de los SBM, en la que se especifica en que clase  $j$  se encontrará un asegurado de clase  $i$  después de  $n$  siniestros. A su vez, con la información obtenida de cada una de las tablas se elaboran las correspondientes matrices de transición, que reflejan la probabilidad con la que un asegurado de la clase  $i$  se encontrará en la clase  $j$  al finalizar la anualidad o periodo de observación, y están representadas por la probabilidad de ocurrencia de  $n$  número de siniestros en un periodo de observación. A continuación, se explican los SBM ordenados en base a su complejidad.

### **3.1. SBM de SegurCaixa**

La *Tabla 2* recoge la escala Bonus-Malus incluida en las condiciones generales de la póliza de autos de SegurCaixa Adeslas:

Tabla 2: Escala Bonus-Malus SegurCaixa Adeslas

Escala Bonus-Malus SegurCaixa Adeslas													
Zona	Bonus							Neutra	Malus				
Nivel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Coficiente	-60	-55	-50	-40	-30	-20	-10	0	20	40	60	80	100

Fuente: Elaboración propia a partir de las condiciones generales de la póliza de autos de SegurCaixa Adeslas

Reglas de asignación de nivel:

- En el momento de contratación de la póliza, se asignará el nivel correspondiente a la zona neutral.
- Por cada anualidad sin siniestros computables declarados, se descenderá un nivel o clase en la escala hasta llegar al nivel mínimo 1.
- Por cada siniestro computable declarado en la anualidad, se ascenderá un nivel o clase en la escala hasta llegar al nivel máximo 13.

Siniestros computables:

- Aquellos siniestros que afecten las garantías de Responsabilidad Civil en los que el asegurado resulte culpable.
- Aquellos siniestros que afecten a las garantías de Daños Propios donde no exista un tercero responsable.

Teniendo en cuenta las reglas de asignación de nivel, la *Tabla 3* recoge las características del SBM.

Tabla 3: Tabla de clases SBM SegurCaixa Adeslas

Clase	Nivel de primas	Clase después de N siniestros												
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12+
13	100	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
12	80	11	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
11	60	10	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
10	40	9	11	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
9	20	8	10	11	12	13	13	13	13	13	13	13	13	13
8	0	7	9	10	11	12	13	13	13	13	13	13	13	13
7	-10	6	8	9	10	11	12	13	13	13	13	13	13	13
6	-20	5	7	8	9	10	11	12	13	13	13	13	13	13
5	-30	4	6	7	8	9	10	11	12	13	13	13	13	13
4	-40	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13	13	13
3	-50	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13	13
2	-55	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	13
1	-60	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Fuente: Elaboración propia

El caso del SBM de SegurCaixa es el más sencillo de todos los que se analizan a lo largo del trabajo puesto que su escala es -1/+1, es decir, que el asegurado sube una clase por siniestro declarado, y baja una clase por año sin declarar siniestros. Debido a la sencillez del SBM, lo utilizo para explicar, con un ejemplo, cómo se interpretan la tabla de clases y la matriz de transición. Para la tabla de clases, en el caso de un asegurado que se encuentre en el momento actual en la clase 5, si no declara ningún siniestro, el próximo periodo bajará a la clase 4, mientras que si declara 3 siniestros subirá 3 clases, una por siniestro declarado, hasta llegar a la clase 8. La *Figura 1* muestra la matriz de transición del SBM, construida a partir de la *Tabla 3*.

Figura 1: Matriz de transición SBM SegurCaixa Adeslas

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	PN0	PN1	PN2	PN3	PN4	PN5	PN6	PN7	PN8	PN9	PN10	PN11	1-(PN0+...+PN11)
2	PN0	0	PN1	PN2	PN3	PN4	PN5	PN6	PN7	PN8	PN9	PN10	1-(PN0+...+PN10)
3	0	PN0	0	PN1	PN2	PN3	PN4	PN5	PN6	PN7	PN8	PN9	1-(PN0+...+PN9)
4	0	0	PN0	0	PN1	PN2	PN3	PN4	PN5	PN6	PN7	PN8	1-(PN0+...+PN8)
5	0	0	0	PN0	0	PN1	PN2	PN3	PN4	PN5	PN6	PN7	1-(PN0+...+PN7)
6	0	0	0	0	PN0	0	PN1	PN2	PN3	PN4	PN5	PN6	1-(PN0+...+PN6)
7	0	0	0	0	0	PN0	0	PN1	PN2	PN3	PN4	PN5	1-(PN0+...+PN5)
8	0	0	0	0	0	0	PN0	0	PN1	PN2	PN3	PN4	1-(PN0+...+PN4)
9	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	PN1	PN2	PN3	1-(PN0+...+PN3)
10	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	PN1	PN2	1-PN0-PN1-PN2
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	PN1	1-PN0-PN1
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	1-PN0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	1-PN0

Fuente: Elaboración propia

Volviendo al ejemplo anterior, la probabilidad de que un asegurado que se encuentra en la clase 5 en el periodo actual esté en la clase 4 en el siguiente se refleja en la matriz por PN0, que equivale a  $P(N=0)$ , es decir, que no declare ningún siniestro. Mientras que la probabilidad de que este mismo asegurado se encuentre en la clase 8 al finalizar el periodo, se representa dentro de la matriz por PN3, que equivale a  $P(N=3)$ , es decir, que declare 3 siniestros.

### 3.2. SBM de Génesis y Regal

La *Tabla 4* recoge la escala Bonus-Malus incluida en las condiciones generales de la póliza de autos de Génesis y Regal:

Tabla 4: Escala Bonus-Malus Génesis y Regal

Escala Bonus-Malus Génesis y Regal															
Zona	Bonus								Neutra	Malus					
Nivel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Coefficiente	0,35	0,4	0,45	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,5	2	3

Fuente: Elaboración propia a partir de las condiciones generales de la póliza de autos de Génesis y Regal

Reglas de asignación de nivel:

- En el momento de contratación de la póliza, se asignará el nivel correspondiente a la zona neutral.
- Por cada anualidad sin siniestros computables declarados, se descenderá un nivel o clase en la escala hasta llegar al nivel mínimo 1.
- Por cada siniestro computable declarado en la anualidad, se ascenderá un nivel o clase en la escala hasta llegar al nivel máximo 15.
- Si la póliza se encuentra en la zona de Malus, en caso de dos anualidades consecutivas sin declarar siniestro, se descenderá automáticamente al nivel 9 o zona neutral.

Siniestros computables:

- Aquellos siniestros que afecten las garantías de Responsabilidad Civil, de suscripción obligatoria o voluntaria, en los que el conductor del vehículo asegurado resulte culpable o no exista un tercero responsable.
- Aquellos siniestros que afecten a las garantías de Daños Propios en los que el conductor del vehículo asegurado resulte culpable o no exista un tercero responsable.
- Para los siniestros de Daños Propios de importe inferior a 300 € declarados en la última anualidad del seguro en los que el asegurado se encuentre en la zona de Bonus, tendrá la facultad de abonar al asegurador el importe de la indemnización satisfecha. En dicho caso, el siniestro recomprado no tendrá consideración de computable.

El análisis del SBM de Génesis y Regal que viene a continuación se ha hecho sin tener en cuenta el tercer punto del apartado de siniestros computables, que hace referencia a la recompra de siniestros. Una vez acabado el análisis, se da una breve explicación de porque no se ha tenido en cuenta, y de cómo hubiese afectado al análisis del sistema el haberlo hecho.

Para la construcción de la tabla de clases y de la matriz de transición de este SBM se han tenido que dividir algunas de las clases de la zona de Malus para que el sistema sea Markoviano. Esto se ha hecho porque, debido a la cuarta regla de asignación, el sistema no depende únicamente de la clase del periodo actual y del número de siniestros del mismo, sino que también depende de la no ocurrencia de siniestros en el periodo anterior al actual. Para solucionar el problema (Denuit and Charpentier, 2005), las clases 11, 12, 13 y 14 del sistema se han dividido en dos, las acabadas en .0 y las acabadas en .1. De esta forma, los asegurados que se encuentren en zona de Malus y no declaren ningún siniestro, el próximo periodo bajarán a una de las clases acabadas en .0. Si, encontrándose el asegurado al inicio del periodo actual en una de las clases acabadas en .0, no declarase ningún siniestro durante el periodo, el próximo periodo bajará automáticamente a la zona neutral. Por lo tanto, las clases acabadas en .1 solo son accesibles para aquellos asegurados que hayan declarado algún siniestro durante el periodo. Teniendo en cuenta todas estas reglas de asignación de nivel, la *Tabla 5* recoge las características del SBM.

Tabla 5: Tabla de clases SBM Génesis y Regal

Clase Nivel de primas		Clase después de N siniestros														
i	bi	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14+
15	3	14.0	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
14.0	2	9	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
14.1	2	13.0	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
13.0	1,5	9	14.1	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
13.1	1,5	12.0	14.1	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
12.0	1,3	9	13.1	14.1	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
12.1	1,3	11.0	13.1	14.1	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
11.0	1,2	9	12.1	13.1	14.1	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
11.1	1,2	10	12.1	13.1	14.1	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
10	1,1	9	11.1	12.1	13.1	14.1	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
9	1	8	10	11.1	12.1	13.1	14.1	15	15	15	15	15	15	15	15	15
8	0,9	7	9	10	11.1	12.1	13.1	14.1	15	15	15	15	15	15	15	15
7	0,8	6	8	9	10	11.1	12.1	13.1	14.1	15	15	15	15	15	15	15
6	0,7	5	7	8	9	10	11.1	12.1	13.1	14.1	15	15	15	15	15	15
5	0,6	4	6	7	8	9	10	11.1	12.1	13.1	14.1	15	15	15	15	15
4	0,5	3	5	6	7	8	9	10	11.1	12.1	13.1	14.1	15	15	15	15
3	0,45	2	4	5	6	7	8	9	10	11.1	12.1	13.1	14.1	15	15	15
2	0,4	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11.1	12.1	13.1	14.1	15	15
1	0,35	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11.1	12.1	13.1	14.1	15

Fuente: Elaboración propia

Para aclarar lo explicado en el párrafo anterior me ayudo del siguiente ejemplo. Si un asegurado se encuentra en la clase 12.1 al inicio del periodo actual y no declara ningún siniestro, el próximo periodo bajará a la clase 11.0, y, si por el contrario declara 2 siniestros, subirá a la clase 14.1. Por otro lado, un asegurado que se encuentre en la clase 11.0 al iniciarse el periodo actual, hecho que implica que no declaró ningún siniestro el periodo anterior, si no declara ningún siniestro bajará la clase 9 o zona neutral el próximo periodo, pero si declara 1 siniestro, subirá a la clase 12.1. La *Figura 2* muestra la matriz de transición del SBM, construida a partir de la *Tabla 5*.

Figura 2: Matriz de transición SBM Génesis y Regal

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11.1	11.0	12.1	12.0	13.1	13.0	14.1	14.0	15
1	PN0	PN1	PN2	PN3	PN4	PN5	PN6	PN7	PN8	PN9	PN10	0	PN11	0	PN12	0	PN13	0	1-(PN0+...+PN13)
2	PN0	0	PN1	PN2	PN3	PN4	PN5	PN6	PN7	PN8	PN9	0	PN10	0	PN11	0	PN12	0	1-(PN0+...+PN12)
3	0	PN0	0	PN1	PN2	PN3	PN4	PN5	PN6	PN7	PN8	0	PN9	0	PN10	0	PN11	0	1-(PN0+...+PN11)
4	0	0	PN0	0	PN1	PN2	PN3	PN4	PN5	PN6	PN7	0	PN8	0	PN9	0	PN10	0	1-(PN0+...+PN10)
5	0	0	0	PN0	0	PN1	PN2	PN3	PN4	PN5	PN6	0	PN7	0	PN8	0	PN9	0	1-(PN0+...+PN9)
6	0	0	0	0	PN0	0	PN1	PN2	PN3	PN4	PN5	0	PN6	0	PN7	0	PN8	0	1-(PN0+...+PN8)
7	0	0	0	0	0	PN0	0	PN1	PN2	PN3	PN4	0	PN5	0	PN6	0	PN7	0	1-(PN0+...+PN7)
8	0	0	0	0	0	0	PN0	0	PN1	PN2	PN3	0	PN4	0	PN5	0	PN6	0	1-(PN0+...+PN6)
9	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	PN1	PN2	0	PN3	0	PN4	0	PN5	0	1-(PN0+...+PN5)
10	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	PN1	0	PN2	0	PN3	0	PN4	0	1-(PN0+...+PN4)
11.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	0	PN1	0	PN2	0	PN3	0	1-(PN0+...+PN3)
11.0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	0	0	PN1	0	PN2	0	PN3	0	1-(PN0+...+PN3)
12.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	PN1	0	PN2	0	1-PN0-PN1-PN2
12.0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	0	0	0	0	PN1	0	PN2	0	1-PN0-PN1-PN2
13.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	0	PN1	0	1-PN0-PN1
13.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	0	0	0	0	0	PN1	0	1-PN0-PN1
14.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	1-PN0
14.0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-PN0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	1-PN0

Fuente: Elaboración propia

En el caso de haber tenido en cuenta la recompra de siniestros, esto solo habría afectado al cálculo de las probabilidades de la matriz de transición. Esta cláusula de recompra puede tener su origen en el *hambre de bonus*, que surge por la motivación que puede tener el asegurado de no declarar un siniestro cuando el mismo es de pequeño importe para evitar así la posible penalización en las primas futuras derivadas del sistema Bonus-Malus (ver, entre otros, Charpentier *et al.*, 2017). Con la presente cláusula de recompra, de hecho, el asegurador formaliza y reconoce esta posibilidad, pero al mismo tiempo obtiene el dato de la ocurrencia del siniestro, que en otro caso no tendría. La incorporación de la cláusula de recompra en el tratamiento técnico actuarial afecta a las probabilidades de la matriz de transición. La matriz de transición representada en la *Figura 2* se ha construido utilizando la probabilidad de ocurrencia de siniestros  $P(N=k)$ , pero de haber tenido en cuenta la recompra de siniestros, las probabilidades de la matriz de transición deberían hacer referencia a la probabilidad de que los siniestros computen. Simbolizando por  $NC$ , la variable aleatoria número de siniestros computables, las probabilidades  $P(N=k)$  vendría cambiadas por las probabilidades  $P(NC=k)$ . Teniendo en cuenta la recompra de siniestros, un asegurado, cuando el siniestro es inferior a 300 € tiene la capacidad de decidir si recompra el siniestro (y entonces el siniestro ocurrido no computa en el SBM) o no lo recompra (y entonces el siniestro ocurrido si computa en el SBM). Podemos definir así  $h$ , como la probabilidad de que, ocurrido un siniestro, el mismo compute en el sistema, bien porque sea mayor de 300 € o porque, siendo menor, el asegurado decide no recomprarlo,

$$h = P(X > 300) + P(X < 300) \cdot \pi_d$$

siendo  $\pi_d$  la probabilidad de no recomprar un siniestro de cuantía inferior a 300 €.

Las probabilidades que aparecerán en la matriz de transición, si se tiene en cuenta la cláusula de recompra de siniestros, son:

$$P(ND = i) = \sum_{k=i}^{\infty} P(N = k) \cdot P(D_k = i),$$

dónde  $D_k$  es una variable aleatoria distribuida según una Binomial  $B(k, h)$ .

En la modelización que acabamos de indicar se han asumido las siguientes hipótesis: las cuantías de los siniestros tienen la misma distribución y son independientes entre ellas (son i.i.d.) y la probabilidad de no recomprar el siniestro es la misma para todos los siniestros (independientemente de la cuantía exacta y el orden del siniestro).

Por tanto, no he tenido en cuenta la posibilidad de recompra de siniestros porque de haberlo hecho debería haber definido una estrategia de decisión para el asegurado teniendo en cuenta tanto aspectos económicos como éticos, lo cual me hubiese desviado del objetivo principal del trabajo.

### 3.3. SBM de Generali

La *Tabla 6* recoge la escala Bonus-Malus incluida en las condiciones generales de la póliza de autos de Generali:

*Tabla 6: Escala Bonus-Malus Generali*

Escala Bonus-Malus Generali																	
Zona	Bonus										Neutra	Malus					
Nivel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Coficiente	-60	-54	-48	-42	-36	-30	-24	-18	-12	-6	0	10	25	50	75	100	150

*Fuente: Elaboración propia a partir de las condiciones generales de la póliza de autos de Generali*

Reglas de asignación de nivel:

- En el momento de contratación de la póliza, se asignará el nivel correspondiente a la zona neutral.
- Por cada anualidad sin siniestros computables declarados, se descenderá un nivel o clase en la escala hasta llegar al nivel mínimo 1.
- Por cada siniestro computable declarado en la anualidad, que afecte a la garantía de Responsabilidad Civil, se ascenderá dos niveles o clases en la escala hasta llegar al nivel máximo 17.
- Por cada siniestro computable declarado en la anualidad, que afecte a la garantía de Daños Propios, se ascenderá un nivel o clase en la escala hasta llegar al nivel máximo 17.

Siniestros computables:

- Aquellos siniestros que afecten las garantías de Responsabilidad Civil, de suscripción obligatoria o voluntaria, en los que el conductor del vehículo asegurado resulte culpable o no exista un tercero responsable.

- Aquellos siniestros que afecten a las garantías de Daños Propios en los que el conductor del vehículo asegurado resulte culpable o no exista un tercero responsable.

La peculiaridad que presenta el SBM de Generali es que utiliza dos sistemas diferentes dependiendo de la garantía a la que afecte el siniestro declarado. Por tanto, tendremos un SBM para aquellos siniestros que afecten a la garantía de Responsabilidad Civil, y otro SBM para aquellos siniestros que afecten a la garantía de Daños Propios. Debido a esto, el SBM de Generali está formado por dos tablas de clases y dos matrices de transición.

Para la construcción de la tabla de clases y la matriz de transición del primer sistema, diseñado para aquellos siniestros que afectan a garantías de Responsabilidad Civil, hay que tener en cuenta que presenta una escala -1/+2. Por lo tanto, siguiendo estas reglas de asignación de nivel, las características del sistema se recogen en la *Tabla 7* y en la *Figura 3*.

Tabla 7: Tabla de clases SBM Generali RC

Clase	Nivel de primas	Clase después de N siniestros (RC)								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8+
17	150	16	17	17	17	17	17	17	17	17
16	100	15	17	17	17	17	17	17	17	17
15	75	14	17	17	17	17	17	17	17	17
14	50	13	16	17	17	17	17	17	17	17
13	25	12	15	17	17	17	17	17	17	17
12	10	11	14	16	17	17	17	17	17	17
11	0	10	13	15	17	17	17	17	17	17
10	-6	9	12	14	16	17	17	17	17	17
9	-12	8	11	13	15	17	17	17	17	17
8	-18	7	10	12	14	16	17	17	17	17
7	-24	6	9	11	13	15	17	17	17	17
6	-30	5	8	10	12	14	16	17	17	17
5	-36	4	7	9	11	13	15	17	17	17
4	-42	3	6	8	10	12	14	16	17	17
3	-48	2	5	7	9	11	13	15	17	17
2	-54	1	4	6	8	10	12	14	16	17
1	-60	1	3	5	7	9	11	13	15	17

Fuente: Elaboración propia

Figura 3: Matriz de transición SBM Generali RC

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
1	PN0	0	PN1	0	PN2	0	PN3	0	PN4	0	PN5	0	PN6	0	PN7	0	1-(PN0+...+PN7)	
2	PN0	0	0	PN1	0	PN2	0	PN3	0	PN4	0	PN5	0	PN6	0	PN7	1-(PN0+...+PN7)	
3	0	PN0	0	0	PN1	0	PN2	0	PN3	0	PN4	0	PN5	0	PN6	0	1-(PN0+...+PN6)	
4	0	0	PN0	0	0	PN1	0	PN2	0	PN3	0	PN4	0	PN5	0	PN6	1-(PN0+...+PN6)	
5	0	0	0	PN0	0	0	PN1	0	PN2	0	PN3	0	PN4	0	PN5	0	1-(PN0+...+PN5)	
6	0	0	0	0	PN0	0	0	PN1	0	PN2	0	PN3	0	PN4	0	PN5	1-(PN0+...+PN5)	
7	0	0	0	0	0	PN0	0	0	PN1	0	PN2	0	PN3	0	PN4	0	1-(PN0+...+PN4)	
8	0	0	0	0	0	0	PN0	0	0	PN1	0	PN2	0	PN3	0	PN4	1-(PN0+...+PN4)	
9	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	0	PN1	0	PN2	0	PN3	0	1-(PN0+...+PN3)	
10	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	0	PN1	0	PN2	0	PN3	1-(PN0+...+PN3)	
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	0	PN1	0	PN2	0	1-PN0-PN1-PN2	
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	0	PN1	0	PN2	1-PN0-PN1-PN2	
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	0	PN1	0	1-PN0-PN1	
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	0	PN1	1-PN0-PN1	
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	1-PN0	
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	1-PN0	
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	1-PN0

Fuente: Elaboración propia

Para el segundo sistema, diseñado para aquellos siniestros que afectan a garantías de Daños Propios, hay que tener en cuenta que presenta una escala -1/+1. Por lo tanto, siguiendo estas reglas de asignación de nivel, las características del sistema se recogen en la *Tabla 8* y en la *Figura 4*.

Tabla 8: Tabla de clases SBM Generali DP

Clase	i	bi	Clase después de N siniestros (Daños Propios)																
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16+
17	150	16	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
16	100	15	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
15	75	14	16	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
14	50	13	15	16	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
13	25	12	14	15	16	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
12	10	11	13	14	15	16	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
11	0	10	12	13	14	15	16	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
10	-6	9	11	12	13	14	15	16	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
9	-12	8	10	11	12	13	14	15	16	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
8	-18	7	9	10	11	12	13	14	15	16	17	17	17	17	17	17	17	17	17
7	-24	6	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	17	17	17	17	17	17	17
6	-30	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	17	17	17	17	17	17
5	-36	4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	17	17	17	17	17
4	-42	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	17	17	17	17
3	-48	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	17	17	17
2	-54	1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	17	17
1	-60	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	17

Fuente: Elaboración propia

Figura 4 Matriz de transición SBM Generali DP

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	PN0	PN1	PN2	PN3	PN4	PN5	PN6	PN7	PN8	PN9	PN10	PN11	PN12	PN13	PN14	PN15	1-(PN0+...+PN15)
2	PN0	0	PN1	PN2	PN3	PN4	PN5	PN6	PN7	PN8	PN9	PN10	PN11	PN12	PN13	PN14	1-(PN0+...+PN14)
3	0	PN0	0	PN1	PN2	PN3	PN4	PN5	PN6	PN7	PN8	PN9	PN10	PN11	PN12	PN13	1-(PN0+...+PN13)
4	0	0	PN0	0	PN1	PN2	PN3	PN4	PN5	PN6	PN7	PN8	PN9	PN10	PN11	PN12	1-(PN0+...+PN12)
5	0	0	0	PN0	0	PN1	PN2	PN3	PN4	PN5	PN6	PN7	PN8	PN9	PN10	PN11	1-(PN0+...+PN11)
6	0	0	0	0	PN0	0	PN1	PN2	PN3	PN4	PN5	PN6	PN7	PN8	PN9	PN10	1-(PN0+...+PN10)
7	0	0	0	0	0	PN0	0	PN1	PN2	PN3	PN4	PN5	PN6	PN7	PN8	PN9	1-(PN0+...+PN9)
8	0	0	0	0	0	0	PN0	0	PN1	PN2	PN3	PN4	PN5	PN6	PN7	PN8	1-(PN0+...+PN8)
9	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	PN1	PN2	PN3	PN4	PN5	PN6	PN7	1-(PN0+...+PN7)
10	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	PN1	PN2	PN3	PN4	PN5	PN6	1-(PN0+...+PN6)
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	PN1	PN2	PN3	PN4	PN5	1-(PN0+...+PN5)
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	PN1	PN2	PN3	PN4	1-(PN0+...+PN4)
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	PN1	PN2	PN3	1-(PN0+...+PN3)
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	PN1	PN2	1-PN0-PN1-PN2
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	PN1	1-PN0-PN1
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	1-PN0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	1-PN0

Fuente: Elaboración propia

### 3.4. SBM de Nationale Suisse

La *Tabla 9* recoge la escala Bonus-Malus incluida en las condiciones generales de la póliza de autos de Nationale Suisse:

Tabla 9 Escala Bonus-Malus Nationale Suisse

Zona	Escala Bonus-Malus Nationale Suisse																	
	Bonus									Neutra	Malus							
Nivel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Coefficiente RC	-55	-55	-50	-45	-40	-35	-30	-20	-10	0	10	20	40	60	80	150	225	300
Coefficiente DP	-55	-55	-50	-45	-40	-35	-30	-20	-10	0	10	20	30	50	50	50	50	50

Fuente: Elaboración propia a partir de las condiciones generales de la póliza de autos de Nationale Suisse

Reglas de asignación de nivel:

- En el momento de contratación de la póliza, se asignará el nivel correspondiente a la zona neutral.
- Por cada anualidad sin siniestros computables declarados, se descenderá un nivel o clase en la escala hasta llegar al nivel mínimo 1.
- Por cada siniestro computable declarado en la anualidad, se ascenderá dos niveles si previamente a la declaración del siniestro la póliza se encontraba en una zona de Bonus o en la zona Neutral.
- Por cada siniestro computable declarado en la anualidad, se ascenderá tres niveles si previamente a la declaración del siniestro la póliza se encontraba en una zona de Malus.
- Si la póliza se encuentra en la zona de Malus, en caso de dos anualidades consecutivas sin declarar siniestro, se accederá automáticamente al nivel 10 o zona neutral.

Siniestros computables:

- Aquellos siniestros que afecten las garantías de Responsabilidad Civil con pago o previsión de pago a cargo de la compañía.
- Aquellos siniestros que afecten las garantías de Daños Propios con pago o previsión de pago a cargo de la compañía.

La peculiaridad que presenta el SBM de Nationale Suisse es que tiene dos vectores de ajuste de la prima  $b_i$  dependiendo de la garantía a la que afecte el siniestro declarado. Por tanto, aunque la tabla de clases y la matriz de transición sean la misma, hay que tener en cuenta dichos vectores a la hora de realizar los cálculos en apartados posteriores.

Además, aparte de tener en cuenta lo explicado en el apartado de Génesis y Regal referente a la subdivisión de clases, este SBM es el primero de los analizados que presenta una escala diferente en función de si la clase en la que se encuentra el asegurado es de Bonus o de Malus. Por lo tanto, la escala del SBM si el asegurado se encuentra en la zona de Bonus o en la Neutral es  $-1/+2$ , mientras que si el asegurado se encuentra en la zona de Malus es  $-1/+3$ . Como las condiciones generales no lo especifican, para aplicar una escala u otra, únicamente he tenido en cuenta la zona en la que se encuentra el asegurado en el inicio del periodo. Por lo tanto, siguiendo estas reglas de asignación de nivel, las características del sistema se recogen en la *Tabla 10*.

Tabla 10: Tabla de clases SBM Nationale Suisse

Clase	Nivel de primas		Clase después de N siniestros									
	i	bi	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9+
18	300	50	17.0	18	18	18	18	18	18	18	18	18
17.0	225	50	10	18	18	18	18	18	18	18	18	18
17.1	225	50	16.0	18	18	18	18	18	18	18	18	18
16.0	150	50	10	18	18	18	18	18	18	18	18	18
16.1	150	50	15.0	18	18	18	18	18	18	18	18	18
15.0	80	50	10	18	18	18	18	18	18	18	18	18
15.1	80	50	14.0	18	18	18	18	18	18	18	18	18
14.0	60	50	10	17.1	18	18	18	18	18	18	18	18
14.1	60	50	13.0	17.1	18	18	18	18	18	18	18	18
13.0	40	30	10	16.1	18	18	18	18	18	18	18	18
13.1	40	30	12.0	16.1	18	18	18	18	18	18	18	18
12.0	20	20	10	15.1	18	18	18	18	18	18	18	18
12.1	20	20	11	15.1	18	18	18	18	18	18	18	18
11	10	10	10	14.1	17.1	18	18	18	18	18	18	18
10	0	0	9	12.1	14.1	16.1	18	18	18	18	18	18
9	10	10	8	11	13.1	15.1	17.1	18	18	18	18	18
8	20	20	7	10	12.1	14.1	16.1	18	18	18	18	18
7	30	30	6	9	11	13.1	15.1	17.1	18	18	18	18
6	35	35	5	8	10	12.1	14.1	16.1	18	18	18	18
5	40	40	4	7	9	11	13.1	15.1	17.1	18	18	18
4	45	45	3	6	8	10	12.1	14.1	16.1	18	18	18
3	50	50	2	5	7	9	11	13.1	15.1	17.1	18	18
2	55	55	1	4	6	8	10	12.1	14.1	16.1	18	18
1	55	55	1	3	5	7	9	11	13.1	15.1	17.1	18

Fuente: Elaboración propia

Para aclarar lo explicado en el párrafo anterior me ayudo del siguiente ejemplo. Un asegurado que en el momento inicial se encuentra en la clase 5 (zona de Bonus), si declara 3 siniestros, el próximo periodo subirá a la clase 11 (zona de Malus), y si declara 4 siniestros, subirá sólo dos clases más que declarando 3, es decir, hasta la clase 13. Sin embargo, si el asegurado se encuentra en la clase 11 (zona de Malus) en el momento inicial, declarando un único siniestro, el próximo periodo subirá a la clase 14. De esta manera se observa que, en el primer caso, aumentando en uno los siniestros declarados, el asegurado sube dos clases, de la 11 a la 13, mientras que en el segundo caso lo hace tres, de la 11 a la 14. Esto se produce porque, como he indicado anteriormente, la escala la he aplicado en base a la zona en la que se encuentra la clase del asegurado en el inicio del periodo, siendo de Bonus en el primer caso (-1/+2) y de Malus en el segundo (-1/+3). La Figura 5 muestra la matriz de transición del SBM, construida a partir de la Tabla 10.

Figura 5: Matriz de transición SBM Nationale Suisse

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12.1	12.0	13.1	13.0	14.1	14.0	15.1	15.0	16.1	16.0	17.1	17.0	18	
1	PNO	0	PN1	0	PN2	0	PN3	0	PN4	0	PN5	0	0	PN6	0	0	0	PN7	0	0	0	PN8	0	1-(PNO+...+PN8)	
2	PNO	0	0	PN1	0	PN2	0	PN3	0	PN4	0	PN5	0	0	PN6	0	0	0	PN7	0	0	0	0	1-(PNO+...+PN7)	
3	0	PNO	0	0	PN1	0	PN2	0	PN3	0	PN4	0	0	PN5	0	0	0	PN6	0	0	0	PN7	0	1-(PNO+...+PN7)	
4	0	0	PNO	0	0	PN1	0	PN2	0	PN3	0	PN4	0	0	PN5	0	0	0	PN6	0	0	0	0	1-(PNO+...+PN6)	
5	0	0	0	PNO	0	0	PN1	0	PN2	0	PN3	0	0	PN4	0	0	0	PN5	0	0	0	PN6	0	1-(PNO+...+PN6)	
6	0	0	0	0	PNO	0	0	PN1	0	PN2	0	PN3	0	0	PN4	0	0	0	PN5	0	0	0	0	1-(PNO+...+PN5)	
7	0	0	0	0	0	PNO	0	0	PN1	0	PN2	0	0	PN3	0	0	0	PN4	0	0	0	0	PN5	0	1-(PNO+...+PN5)
8	0	0	0	0	0	0	PNO	0	0	PN1	0	PN2	0	0	PN3	0	0	0	PN4	0	0	0	0	1-(PNO+...+PN4)	
9	0	0	0	0	0	0	0	PNO	0	0	PN1	0	0	PN2	0	0	0	PN3	0	0	0	0	PN4	0	1-(PNO+...+PN4)
10	0	0	0	0	0	0	0	0	PNO	0	0	PN1	0	0	0	PN2	0	0	0	PN3	0	0	0	1-(PNO+...+PN3)	
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PNO	0	0	0	0	0	PN1	0	0	0	0	0	PN2	0	1-PNO-PN1-PN2	
12.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PNO	0	0	0	0	0	0	PN1	0	0	0	0	1-PNO-PN1	
12.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PNO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-PNO-PN1	
13.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN1	0	1-PNO-PN1	
13.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN1	0	1-PNO-PN1	
14.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	0	0	0	0	0	PN1	0	1-PNO-PN1
14.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN1	0	1-PNO-PN1
15.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PNO	0	0	0	0	0	1-PNO
15.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-PNO
16.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-PNO
16.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-PNO
17.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	1-PNO
17.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-PNO
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	1-PNO

Fuente: Elaboración propia

### 3.5. SBM de Allianz

La *Tabla 11* recoge la escala Bonus-Malus incluida en las condiciones generales de la póliza de autos de Allianz:

Tabla 11: Escala Bonus-Malus Allianz

Escala Bonus-Malus Allianz																								
Zona	Bonus														Neutra	Malus								
Nivel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Coefficiente	0,45	0,48	0,51	0,54	0,57	0,6	0,64	0,68	0,72	0,76	0,8	0,85	0,9	0,95	1	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,25	2,5	3

Fuente: Elaboración propia a partir de las condiciones generales de la póliza de autos de Allianz

Reglas de asignación de nivel:

- En el momento de contratación de la póliza, se asignará el nivel correspondiente a la zona neutral.
- Por cada anualidad sin siniestros computables declarados, se descenderá un nivel si previamente a la declaración del siniestro la póliza se encontraba en una zona de Bonus o en la zona Neutral.
- Por cada anualidad sin siniestros computables declarados, se descenderá dos niveles si previamente a la declaración del siniestro la póliza se encontraba en una zona de Malus.
- El primer siniestro computable declarado en la anualidad provocará, si la póliza se encuentra en una zona de Bonus, el ascenso de dos niveles si nos encontramos en la 1ª o 2ª renovación, y de un nivel si nos encontramos en la 3ª o sucesivas. En caso de encontrarse la póliza en una zona de Malus o en la zona Neutral, se ascenderá un nivel en cualquiera de los casos.
- El segundo siniestro computable declarado en la anualidad provocará, si la póliza se encuentra en una zona de Bonus, el ascenso de tres niveles si nos encontramos en la 1ª o 2ª renovación, y de dos niveles si nos encontramos en la 3ª o sucesivas. En caso de encontrarse la póliza en una zona de Malus o en la zona Neutral, se ascenderán dos niveles en cualquiera de los casos.
- El tercer siniestro computable declarado en la anualidad provocará, si la póliza se encuentra en una zona de Bonus, el ascenso de 3 niveles. En caso de encontrarse la póliza en una zona de Malus o en la zona Neutral, se ascenderán dos niveles en cualquiera de los casos.
- A partir del cuarto siniestro computable declarado en la anualidad se ascenderán dos niveles por siniestro computable declarado en la escala, independientemente de la zona en la que se encuentre la póliza.
- Si la póliza se encuentra en la zona de Malus, en caso de dos anualidades consecutivas sin declarar siniestro, se accederá automáticamente al nivel 15 o zona neutral.

Siniestros computables:

- Aquellos siniestros que afecten las garantías de Responsabilidad Civil en los que se declare culpable al asegurado, y además se hayan producido lesiones corporales, computarán como dos.
- Aquellos siniestros que afecten las garantías de Responsabilidad Civil en los que se declare culpable al asegurado, computarán como uno.
- Para el resto de siniestros, el primero no computará y el resto lo hará como medio.

Las peculiaridades que presenta el SBM de Allianz respecto al resto de sistemas vistos hasta ahora son dos. En primer lugar, diferencia dos sistemas, uno destinado a las dos primeras renovaciones del contrato, y otro destinado a la tercera y sucesivas renovaciones. En segundo lugar, los siniestros computan de manera diferente dependiendo a la garantía a la que afecten, que en este caso serán las tres mencionadas en el apartado de siniestros computables. Debido a esto, el sistema presenta seis tablas de clases y seis matrices de transición. Además, también se aplican los conceptos relacionados con la división de clases explicados en el SBM de Génesis y Regal, y se aplican diferentes escalas en función de la zona en la que se encuentre la clase del asegurado al inicio del periodo, como sucede en el SBM de Nationale Suisse.

En primer lugar, para aquellos siniestros que afecten a las garantías de Responsabilidad Civil en los que se produzcan lesiones corporales, y que por tanto computan doble, tenemos una tabla y una matriz para las dos primeras renovaciones, y otra tabla y otra matriz para la tercera y posteriores. Las características del sistema para las dos primeras renovaciones se recogen en la *Tabla 12*.

Tabla 12: Tabla de clases SBM Allianz RC + Lesiones 1a y 2a renovación

Clase i	Nivel de primas bi	Clase después de N siniestros (1a y 2a renovación RC + Lesiones)					
		0	1	2	3	4	5+
24	3	20.0	24	24	24	24	24
23	2,5	19.0	24	24	24	24	24
22	2,25	18.0	24	24	24	24	24
21	2	17.0	23	24	24	24	24
20.0	1,8	15	22	24	24	24	24
20.1	1,8	16.0	22	24	24	24	24
19.0	1,6	15	21	24	24	24	24
19.1	1,6	15	21	24	24	24	24
18.0	1,4	15	20.1	24	24	24	24
18.1	1,4	14	20.1	24	24	24	24
17.0	1,2	15	19.1	23	24	24	24
17.1	1,2	13	19.1	23	24	24	24
16.0	1,1	15	18.1	22	24	24	24
16.1	1,1	12	18.1	22	24	24	24
15	1	13	17.1	21	24	24	24
14	0,95	12	18.1	24	24	24	24
13	0,9	11	17.1	23	24	24	24
12	0,85	10	16.1	22	24	24	24
11	0,8	9	15	21	24	24	24
10	0,76	8	14	20.1	24	24	24
9	0,72	7	13	19.1	24	24	24
8	0,68	6	12	18.1	24	24	24
7	0,64	5	11	17.1	23	24	24
6	0,6	4	10	16.1	22	24	24
5	0,57	3	9	15	21	24	24
4	0,54	2	8	14	20.1	24	24
3	0,51	1	7	13	19.1	23	24
2	0,48	1	6	12	18.1	22	24
1	0,45	1	5	11	17.1	21	24

Fuente: Elaboración propia

En este primer caso, al computar doble los siniestros, las escalas explicadas en el apartado de las reglas de asignación de nivel también se multiplicarán por dos. El apartado de las reglas de asignación de nivel dice que un asegurado que se encuentre en la zona de Bonus desciende un nivel en el sistema si no declara ningún siniestro, y asciende dos niveles, en el caso de las dos primeras renovaciones, si declara uno, lo que implica que, para este sistema, el asegurado desciende dos clases si no declara ningún siniestro y asciende cuatro si declara uno. Por ejemplo, un asegurado que se encuentra en la clase 6

al inicio del periodo, desciende a la clase 4, en lugar de a la 5, si no declara ningún siniestro, y asciende a la clase 10, en lugar de a 8, si declara un siniestro. La *Figura 6* muestra la matriz de transición del SBM, construida a partir de la *Tabla 12*.

Figura 6: Matriz de transición SBM Allianz RC + Lesiones 1a y 2a renovación

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16.1	16.0	17.1	17.0	18.1	18.0	19.1	19.0	20.1	20.0	21	22	23	24
1	PNO	0	0	0	PN1	0	0	0	0	0	PN2	0	0	0	0	0	0	PN3	0	0	0	0	0	0	0	PN4	0	0	1-(PNO+...+PN4)
2	PNO	0	0	0	0	PN1	0	0	0	0	0	PN2	0	0	0	0	0	0	0	PN3	0	0	0	0	0	0	PN4	0	1-(PNO+...+PN4)
3	PNO	0	0	0	0	0	PN1	0	0	0	0	0	PN2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN4	1-(PNO+...+PN4)	
4	0	PNO	0	0	0	0	0	PN1	0	0	0	0	0	PN2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-(PNO+...+PN3)
5	0	0	PNO	0	0	0	0	0	PN1	0	0	0	0	0	PN2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-(PNO+...+PN3)
6	0	0	0	PNO	0	0	0	0	0	PN1	0	0	0	0	PN2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-(PNO+...+PN3)
7	0	0	0	0	PNO	0	0	0	0	0	PN1	0	0	0	0	0	0	0	PN2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-(PNO+...+PN3)
8	0	0	0	0	0	PNO	0	0	0	0	0	PN1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-PNO-PN1-PN2
9	0	0	0	0	0	0	PNO	0	0	0	0	0	PN1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-PNO-PN1-PN2
10	0	0	0	0	0	0	0	PNO	0	0	0	0	0	PN1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-PNO-PN1-PN2
11	0	0	0	0	0	0	0	0	PNO	0	0	0	0	0	PN1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-PNO-PN1-PN2
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PNO	0	0	0	0	0	PN1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-PNO-PN1-PN2
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PNO	0	0	0	0	0	0	PN1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-PNO-PN1-PN2
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PNO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-PNO-PN1
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PNO	0	0	0	0	0	PN1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-PNO-PN1-PN2
16.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-PNO-PN1-PN2
16.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-PNO-PN1-PN2
17.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-PNO-PN1-PN2
17.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-PNO-PN1-PN2
18.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-PNO-PN1
18.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-PNO-PN1
19.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-PNO-PN1
19.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-PNO-PN1
20.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-PNO-PN1
20.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-PNO-PN1
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-PNO-PN1
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-PNO
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-PNO
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-PNO

Fuente: Elaboración propia

Los criterios utilizados para la construcción de la *Tabla 13* y la *Figura 7*, que se presentan a continuación, correspondientes a la tercera y sucesivas renovaciones, son los mismos que los utilizados para las dos primeras renovaciones.

Tabla 13: Tabla de clases SBM Allianz RC + Lesiones 3a renovación y sucesivas

Clase	Nivel de primas	Clase después de N siniestros (3a renovación y sucesivas)						
		0	1	2	3	4	5	6+
24	3	20.0	24	24	24	24	24	24
23	2,5	24	24	24	24	24	24	24
22	2,25	18.0	24	24	24	24	24	24
21	2	17.0	23	24	24	24	24	24
20.0	1,8	15	22	24	24	24	24	24
20.1	1,8	16.0	22	24	24	24	24	24
19.0	1,6	15	21	24	24	24	24	24
19.1	1,6	15	21	24	24	24	24	24
18.0	1,4	15	20.1	24	24	24	24	24
18.1	1,4	14	20.1	24	24	24	24	24
17.0	1,2	15	19.1	23	24	24	24	24
17.1	1,2	13	19.1	23	24	24	24	24
16.0	1,1	15	18.1	22	24	24	24	24
16.1	1,1	12	18.1	22	24	24	24	24
15	1	13	17.1	21	24	24	24	24
14	0,95	12	16.1	20.1	24	24	24	24
13	0,9	11	15	19.1	24	24	24	24
12	0,85	10	14	18.1	24	24	24	24
11	0,8	9	13	17.1	23	24	24	24
10	0,76	8	12	16.1	22	24	24	24
9	0,72	7	11	15	21	24	24	24
8	0,68	6	10	14	20.1	24	24	24
7	0,64	5	9	13	19.1	23	24	24
6	0,6	4	8	12	18.1	22	24	24
5	0,57	3	7	11	17.1	21	24	24
4	0,54	2	6	10	16.1	20.1	24	24
3	0,51	1	5	9	15	19.1	23	24
2	0,48	1	4	8	14	18.1	22	24
1	0,45	1	3	7	13	17.1	21	24

Fuente: Elaboración propia

Figura 7: Matriz de transición SBM Allianz RC + Lesiones 3a renovación y sucesivas

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16.1	16.0	17.1	17.0	18.1	18.0	19.1	19.0	20.1	20.0	21	22	23	24	
1	PN0	0	PN1	0	0	0	PN2	0	0	0	0	0	PN3	0	0	0	0	PN4	0	0	0	0	0	0	PN5	0	0	1-(PN0+...+PN5)		
2	PN0	0	0	PN1	0	0	0	PN2	0	0	0	0	0	PN3	0	0	0	0	0	PN4	0	0	0	0	0	PN5	0	1-(PN0+...+PN5)		
3	PN0	0	0	0	PN1	0	0	0	PN2	0	0	0	0	0	PN3	0	0	0	0	0	PN4	0	0	0	0	0	PN5	1-(PN0+...+PN5)		
4	0	PN0	0	0	0	PN1	0	0	0	PN2	0	0	0	0	0	PN3	0	0	0	0	0	0	0	PN4	0	0	0	1-(PN0+...+PN4)		
5	0	0	PN0	0	0	0	PN1	0	0	0	PN2	0	0	0	0	0	0	PN3	0	0	0	0	0	0	0	PN4	0	1-(PN0+...+PN4)		
6	0	0	0	PN0	0	0	0	PN1	0	0	0	PN2	0	0	0	0	0	0	0	PN3	0	0	0	0	0	0	PN4	1-(PN0+...+PN4)		
7	0	0	0	0	PN0	0	0	0	PN1	0	0	0	PN2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN4	1-(PN0+...+PN4)		
8	0	0	0	0	0	PN0	0	0	0	PN1	0	0	0	PN2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN3	1-(PN0+...+PN3)	
9	0	0	0	0	0	0	PN0	0	0	0	PN1	0	0	0	PN2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN3	1-(PN0+...+PN3)	
10	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	0	0	PN1	0	0	0	PN2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN3	1-(PN0+...+PN3)	
11	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	0	0	PN1	0	0	0	PN2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN3	1-(PN0+...+PN3)
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	0	0	PN1	0	0	0	0	0	0	PN2	0	0	0	0	0	0	0	1-PN0-PN1-PN2	
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	0	0	PN1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-PN0-PN1-PN2	
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	0	0	PN1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-PN0-PN1-PN2	
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	0	0	0	PN1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-PN0-PN1-PN2	
16.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-PN0-PN1-PN2	
16.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-PN0-PN1-PN2
17.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-PN0-PN1-PN2
17.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-PN0-PN1-PN2
18.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-PN0-PN1
18.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-PN0-PN1
19.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-PN0-PN1
19.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-PN0-PN1
20.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	0	0	0	0	0	0	1-PN0-PN1
20.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-PN0-PN1
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-PN0-PN1
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PN0	0	0	0	0	0	0	0	1-PN0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-PN0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1-PN0

Fuente: Elaboración propia

En segundo lugar, para aquellos siniestros que afecten a las garantías de Responsabilidad Civil no incluidas en el primer caso tenemos también una tabla y una matriz para las dos primeras renovaciones, y otra tabla y otra matriz para la tercera y posteriores. La construcción de estas tablas y matrices no presenta ninguna complicación añadida ya que cada siniestro declarado computa como uno. La *Tabla 14* y la *Figura 8* recogen las características del sistema para las dos primeras renovaciones.

Tabla 14: Tabla de clases SBM Allianz RC 1a y 2a renovación

Clase i	Nivel de primas bi	Clase después de N siniestros (1a y 2a renovación RC)												
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11+	
24	3	22.0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
23	2,5	21.0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
22.0	2,25	15	23	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
22.1	2,25	20.1	23	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
21.0	2	15	22.1	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
21.1	2	19.0	22.1	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
20.0	1,8	15	21.1	23	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
20.1	1,8	18.0	21.1	23	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
19.0	1,6	15	20.1	22.1	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
19.1	1,6	17.0	20.1	22.1	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
18.0	1,4	15	19.1	21.1	23	24	24	24	24	24	24	24	24	24
18.1	1,4	16.0	19.1	21.1	23	24	24	24	24	24	24	24	24	24
17.0	1,2	15	18.1	20.1	22.1	24	24	24	24	24	24	24	24	24
17.1	1,2	15	18.1	20.1	22.1	24	24	24	24	24	24	24	24	24
16.0	1,1	15	17.1	19.1	21.1	23	24	24	24	24	24	24	24	24
16.1	1,1	14	17.1	19.1	21.1	23	24	24	24	24	24	24	24	24
15	1	14	16.1	18.1	20.1	22.1	24	24	24	24	24	24	24	24
14	0,95	13	16.1	19.1	22.1	24	24	24	24	24	24	24	24	24
13	0,9	12	15	18.1	21.1	23	24	24	24	24	24	24	24	24
12	0,85	11	14	17.1	20.1	22.1	24	24	24	24	24	24	24	24
11	0,8	10	13	16.1	19.1	21.1	23	24	24	24	24	24	24	24
10	0,76	9	12	15	18.1	20.1	22.1	24	24	24	24	24	24	24
9	0,72	8	11	14	17.1	19.1	21.1	23	24	24	24	24	24	24
8	0,68	7	10	13	16.1	18.1	20.1	22.1	24	24	24	24	24	24
7	0,64	6	9	12	15	17.1	19.1	21.1	23	24	24	24	24	24
6	0,6	5	8	11	14	16.1	18.1	20.1	22.1	24	24	24	24	24
5	0,57	4	7	10	13	15	17.1	19.1	21.1	23	24	24	24	24
4	0,54	3	6	9	12	14	16.1	18.1	20.1	22.1	24	24	24	24
3	0,51	2	5	8	11	13	15	17.1	19.1	21.1	23	24	24	24
2	0,48	1	4	7	10	12	14	16.1	18.1	20.1	22.1	24	24	24
1	0,45	1	3	6	9	11	13	15	17.1	19.1	21.1	23	24	24

Fuente: Elaboración propia









## 4. Análisis comparativo entre los SBM de las compañías

Una vez explicado el funcionamiento de un SBM y construidas las tablas de clases y matrices de transición de los SBM de cada una de las compañías explicadas en el apartado anterior, utilizando los métodos de evaluación de los SBM explicados en el apartado 2.4, el objetivo de este apartado es el de comparar los distintos sistemas comentados con anterioridad. La frecuencia de siniestralidad escogida para analizar el comportamiento de los SBM desde el instante inicial hasta llegar al estado estacionario ha sido  $\lambda = 0,4$ . Esta frecuencia de siniestralidad ha sido obtenida del informe de siniestralidad de ICEA 2017.

### 4.1. Prima media

Para hacer el análisis de la prima media de los diferentes sistemas, se ha observado su comportamiento hasta llegar al estado estacionario, y una vez alcanzado el estado estacionario, como reacciona frente a aumentos del parámetro  $\lambda$ .

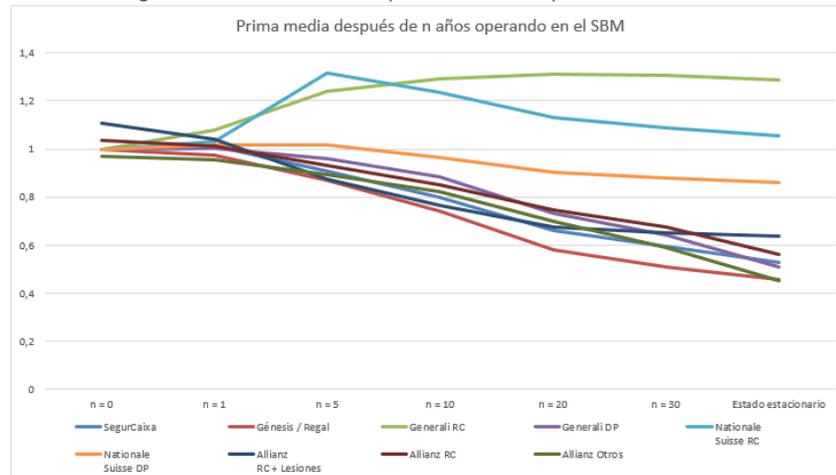
Tabla 18: Prima media después de n años operando en el SBM

		$\lambda = 0,4$								
		Prima media después de n años operando en el SBM								
	SegurCaixa	Génesis / Regal	Generali RC	Generali DP	Nationale Suisse RC	Nationale Suisse DP	Allianz RC + Lesiones	Allianz RC	Allianz Otros	
n = 0	1	1	1	1	1	1	1,108363	1,037116	0,9712071	
n = 1	1,012967	0,9730737	1,078922	1,004175	1,031823	1,01737	1,041099	1,013996	0,9547338	
n = 5	0,9097327	0,871113	1,237811	0,9619099	1,31447	1,017751	0,8758338	0,9290016	0,8934414	
n = 10	0,796309	0,7439223	1,29056	0,8823515	1,2358	0,9638271	0,766314	0,8512737	0,8216757	
n = 20	0,659075	0,5805746	1,309072	0,7338508	1,130034	0,9042045	0,6766188	0,7443308	0,6976493	
n = 30	0,5935277	0,5096382	1,303472	0,6402896	1,085798	0,8789274	0,6501	0,676129	0,589517	
Estado estacionario	0,528937	0,4564068	1,287169	0,5079789	1,052989	0,8601732	0,6389103	0,5639142	0,4514491	

Fuente: Elaboración propia

Observando los resultados obtenidos de la *Tabla 18*, y con la ayuda del gráfico representado en la *Figura 12*, se dibuja una tendencia decreciente del valor de la prima media a medida que pasan los años. El valor de la prima media decrece desde el instante inicial en todos los sistemas salvo para los de las compañías Generali y Nationale Suisse para aquellas garantías que afectan a Responsabilidad Civil. En el caso de Generali el valor de la prima media empieza a decrecer pasados los 20 años, y en el de Nationale Suisse pasados los 5.

Figura 12: Prima media después de n años operando en el SBM



Fuente: Elaboración propia

Otro aspecto destacable de los sistemas analizados es que, una vez alcanzado el estado estacionario, ninguno de ellos es justo puesto que los valores de la prima media superan el del parámetro  $\lambda$  en todos los casos, aunque los casos más destacables son el sistema de Generali RC, y los de Nationale Suisse para ambas garantías. Esto es indicativo de que todas las compañías cobrarán unas primas más elevadas de lo que debería a sus asegurados.

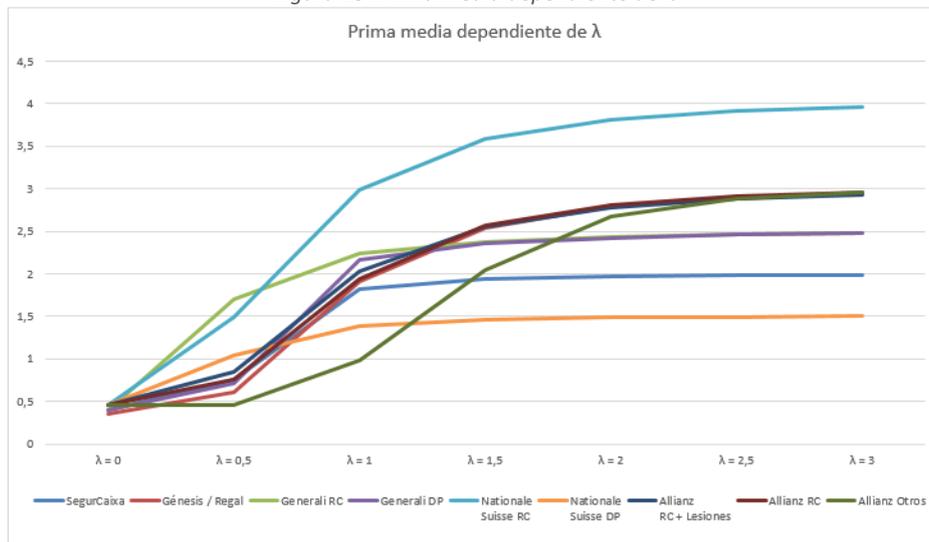
En la línea de lo comentado en el párrafo anterior, si nos centramos en la *Tabla 19* y la *Figura 13*, se aprecia que, en la mayoría de los casos, a medida que el parámetro  $\lambda$  aumenta su valor, el valor de la prima media se va estabilizando hasta, incluso, haber sistemas que infravaloran las primas. Como ya ocurría con anterioridad, el único sistema que sobrevalora las primas a pagar para todos los valores de  $\lambda$  analizados es Nationale Suisse RC. Por tanto, a medida que aumenta el valor del parámetro  $\lambda$ , los SBM analizados se vuelven más justos e incluso tienden a favorecer a los asegurados.

Tabla 19: Prima media dependiente de  $\lambda$

	Estado estacionario								
	Prima media dependiente de $\lambda$								
	SegurCaixa	Génesis / Regal	Generali RC	Generali DP	Nationale Suisse RC	Nationale Suisse DP	Allianz RC + Lesiones	Allianz RC	Allianz Otros
$\lambda = 0$	0,4	0,35	0,4	0,4	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
$\lambda = 0,5$	0,7567363	0,6117804	1,694559	0,7155722	1,489346	1,044944	0,8390907	0,757699	0,4536565
$\lambda = 1$	1,822551	1,902426	2,242917	2,163072	2,98338	1,386957	2,030645	1,933118	0,9866733
$\lambda = 1,5$	1,934043	2,535757	2,369782	2,355638	3,583846	1,464837	2,555807	2,564898	2,041671
$\lambda = 2$	1,967007	2,788266	2,426637	2,423362	3,815966	1,488385	2,774968	2,810438	2,676327
$\lambda = 2,5$	1,981735	2,89378	2,45706	2,456248	3,910985	1,496035	2,878178	2,908506	2,884298
$\lambda = 3$	1,989431	2,942496	2,474445	2,47424	3,953472	1,498616	2,931315	2,952143	2,95229

Fuente: Elaboración propia

Figura 13: Prima media dependiente de  $\lambda$



Fuente: Elaboración propia

## 4.2. Coeficiente de variación (CV)

Con la ayuda de este coeficiente se puede medir el grado de variación en las primas del SBM pagadas por los asegurados. Con la ayuda de la *Tabla 20* y de la *Figura 14*, podemos ver un comportamiento ligeramente decreciente, aunque constante en algunos

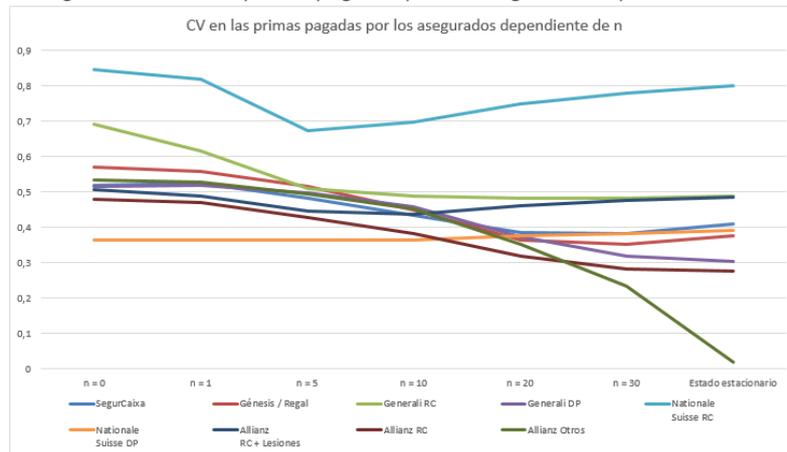
casos, del coeficiente de variación a medida que pasa el tiempo. Una vez alcanzado el estado estacionario, el sistema más riguroso es el de Nationale Suisse que afecta a las garantías de responsabilidad civil, ya que presenta un coeficiente de variación mayor. Por otro lado, el SBM de Allianz que afecta a garantías diferentes de responsabilidad civil, presenta un coeficiente de variación muy bajo, inferior al 2%, por lo que sus primas no estarán prácticamente diferenciadas.

Tabla 20: CV en las primas pagadas por los asegurados dependiente de  $n$

$\lambda = 0,4$									
CV en las primas pagadas por los asegurados dependiente de $n$									
	SegurCaixa	Génesis / Regal	Generali RC	Generali DP	Nationale Suisse RC	Nationale Suisse DP	Allianz RC + Lesiones	Allianz RC	Allianz Otros
$n = 0$	0,5187435	0,5701092	0,6922048	0,5157599	0,8457833	0,3643012	0,5075455	0,4801767	0,5352315
$n = 1$	0,523755	0,5595628	0,6148377	0,5175832	0,818345	0,3649751	0,4877212	0,4695134	0,5272144
$n = 5$	0,4819065	0,515319	0,510383	0,4985488	0,6722809	0,3649972	0,4454414	0,4271249	0,4947901
$n = 10$	0,4326247	0,4502579	0,4880328	0,4590754	0,6988916	0,3652165	0,4373083	0,383644	0,4506821
$n = 20$	0,3842352	0,3651742	0,4814156	0,3730386	0,7500929	0,3752112	0,4614682	0,3197195	0,3530891
$n = 30$	0,3818553	0,3529984	0,4833534	0,3178916	0,7780074	0,3833316	0,4770876	0,283241	0,2346047
Estado estacionario	0,4107161	0,3765188	0,4893117	0,3044856	0,8016432	0,391082	0,4851271	0,2751958	0,01787068

Fuente: Elaboración propia

Figura 14: CV en las primas pagadas por los asegurados dependiente de  $n$



Fuente: Elaboración propia

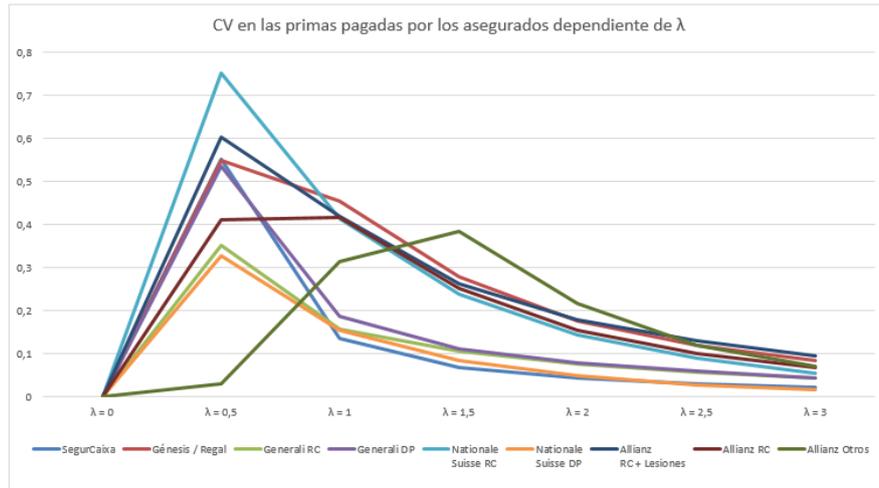
Observando la *Tabla 21* y la *Figura 15*, podemos ver el comportamiento del coeficiente de variación a medida que aumenta la frecuencia de siniestralidad en los asegurados. En este aspecto, el punto en común que tienen todos los sistemas analizados es que a medida que aumenta la frecuencia en la siniestralidad, el coeficiente de variación va en aumento hasta llegar a un coeficiente máximo, a partir del cual empieza a disminuir y poco a poco se va estabilizando en valores inferiores al 10%.

Tabla 21: CV en las primas pagadas por los asegurados dependiente de  $\lambda$

Estado estacionario									
CV en las primas pagadas por los asegurados dependiente de $\lambda$									
	SegurCaixa	Génesis / Regal	Generali RC	Generali DP	Nationale Suisse RC	Nationale Suisse DP	Allianz RC + Lesiones	Allianz RC	Allianz Otros
$\lambda = 0$	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\lambda = 0,5$	0,5517472	0,5493138	0,3535376	0,5362522	0,7531932	0,3272623	0,6050519	0,4123995	0,02996379
$\lambda = 1$	0,1374352	0,4565636	0,1573456	0,187194	0,415055	0,1545485	0,4200665	0,41774	0,3144767
$\lambda = 1,5$	0,0683574	0,2798994	0,1058306	0,112059	0,2382809	0,08611664	0,2638031	0,251574	0,3852239
$\lambda = 2$	0,0445681	0,1778042	0,0778867	0,07968473	0,1434739	0,0496674	0,1802882	0,1541105	0,216815
$\lambda = 2,5$	0,03186061	0,1197915	0,05910184	0,05966953	0,09024993	0,02915151	0,1298386	0,1003244	0,1203542
$\lambda = 3$	0,02371307	0,08495695	0,04541963	0,04560268	0,0539354	0,01730233	0,0964419	0,06901299	0,0707475

Fuente: Elaboración propia

Figura 15: CV en las primas pagadas por los asegurados dependiente de  $\lambda$



Fuente: Elaboración propia

### 4.3. Variación total (TV)

Con la ayuda de este coeficiente, puede verse la velocidad con la que cada uno de los sistemas se acerca a su estado estacionario, es decir, la velocidad con la que cada uno de los sistemas se estabiliza.

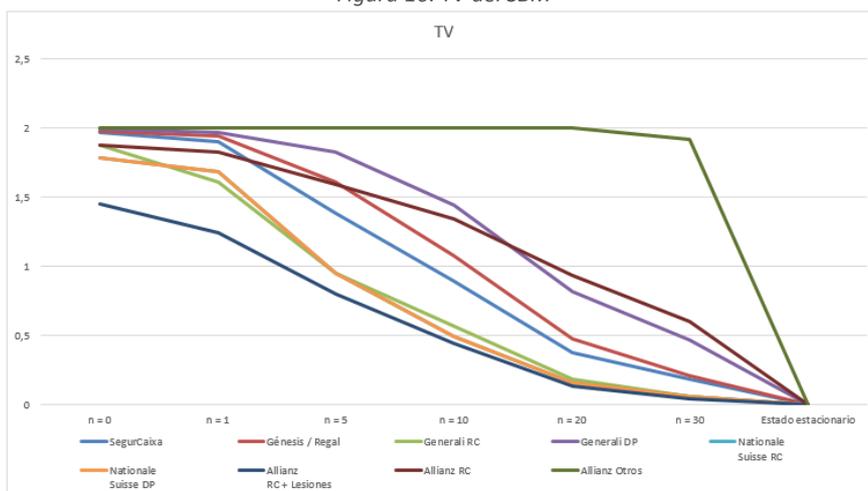
Tabla 22: TV del SBM

	$\lambda = 0.4$								
	TV								
	SegurCaixa	Génesis / Regal	Generali RC	Generali DP	Nationale Suisse RC	Nationale Suisse DP	Allianz RC + Lesiones	Allianz RC	Allianz Otros
n = 0	1,965601	1,977101	1,873973	1,990053	1,786142	1,786142	1,451448	1,87329	2,001028
n = 1	1,898656	1,945321	1,610136	1,969593	1,681356	1,681356	1,239127	1,825748	2,001028
n = 5	1,387475	1,606056	0,9503512	1,821995	0,9487695	0,9487695	0,7971516	1,59031	2,001028
n = 10	0,8954909	1,074469	0,5660958	1,439604	0,4923356	0,4923356	0,4386144	1,344623	2,001027
n = 20	0,3783257	0,4751296	0,1796149	0,8162396	0,1598531	0,1598531	0,1315641	0,9316967	1,999343
n = 30	0,1807078	0,2066794	0,05576616	0,464425	0,0586674	0,0586674	0,03890528	0,5966654	1,913874
Estado estacionario	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Observando la *Figura 16*, se aprecia que el SBM de Allianz que afecta a garantías diferentes de responsabilidad civil es el que más tarda en estabilizarse debido a su gran número de clases ya que, aún pasados 30 años, el valor de su coeficiente apenas disminuye. En cuanto al resto de sistemas, vemos que todos se estabilizan a un ritmo parecido, siendo el de Allianz que afecta a la garantía de responsabilidad civil con lesiones corporales, los de Nationale Suisse, y el de Generali que afecta a la garantía de responsabilidad civil los más rápidos, con coeficientes inferiores a 0,1 pasados 30 años.

Figura 16: TV del SBM



Fuente: Elaboración propia

#### 4.4. Nivel medio estacionario (RSAL)

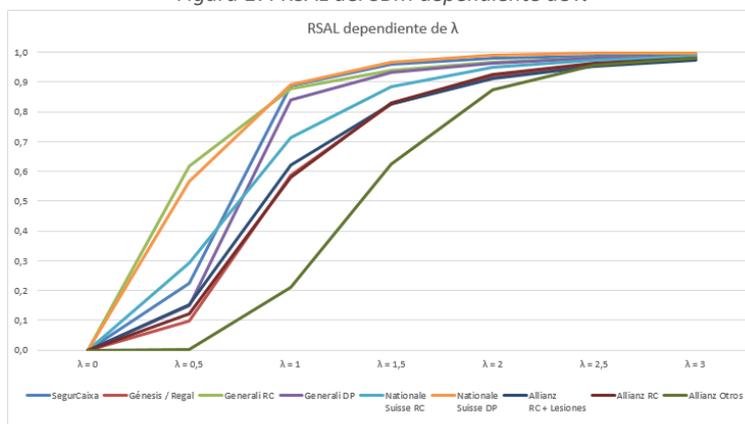
Observando el valor de la ratio RSAL, vemos que el SBM de Allianz que afecta a garantías diferentes de responsabilidad civil es el que presenta unos valores más pequeños para todos los valores de  $\lambda$  utilizados, por lo que es el sistema menos estricto de todos. Además, a medida que aumenta la frecuencia de siniestralidad, el valor del RSAL también aumenta, por lo que, de acuerdo con lo explicado en el apartado 2.4, a medida que aumenta la frecuencia de siniestralidad, los asegurados pagarán unas primas más elevadas.

Tabla 23: RSAL del SBM dependiente de  $\lambda$

	Estado estacionario								
	RSAL dependiente de $\lambda$								
	SegurCaixa	Génesis / Regal	Generalí RC	Generalí DP	Nationale Suisse RC	Nationale Suisse DP	Allianz RC + Lesiones	Allianz RC	Allianz Otros
$\lambda = 0$	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\lambda = 0,5$	0,2229602	0,0987851	0,6164565	0,1502725	0,2927736	0,5666133	0,1525846	0,1206663	0,001433914
$\lambda = 1$	0,8890946	0,5858213	0,8775793	0,8395581	0,7136283	0,8923404	0,6198609	0,581615	0,2104601
$\lambda = 1,5$	0,9587771	0,8248141	0,9379913	0,9312560	0,8827735	0,9665114	0,8258067	0,8293719	0,6241846
$\lambda = 2$	0,9793792	0,9201003	0,9650651	0,9635057	0,9481594	0,9889384	0,9117523	0,9256621	0,8730695
$\lambda = 2,5$	0,9885843	0,9599168	0,9795524	0,9791658	0,9749254	0,996224	0,9522267	0,9641201	0,9546266
$\lambda = 3$	0,9933943	0,9783004	0,9878308	0,9877335	0,9868936	0,9986815	0,9730646	0,9812325	0,9812904

Fuente: Elaboración propia

Figura 17: RSAL del SBM dependiente de  $\lambda$



Fuente: Elaboración propia

#### 4.5. Eficiencia de Loimaranta

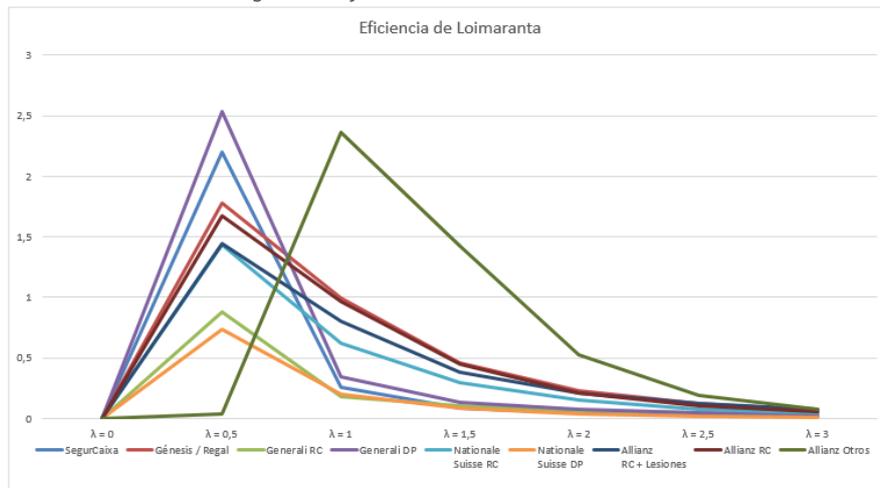
En el caso del sistema de Allianz que afecta a garantías distintas de responsabilidad civil, observamos que para una frecuencia de siniestralidad situada entre 0,7 y 1,8, el importe de la prima aumentará a un ritmo superior que la frecuencia de declaración de siniestros ya que el valor de la ratio es superior a 1. Esto mismo le sucede al resto de sistemas para una frecuencia de siniestralidad situada entre 0,2 y 0,8, excepto para el sistema de Generali que afecta a las garantías de responsabilidad civil y el de Nationale Suisse que afecta a la garantía de daños propios, cuyas ratios no superan en ningún momento la unidad.

Tabla 24: Eficiencia de Loimaranta del SBM

Estado estacionario									
Eficiencia de Loimaranta									
	SegurCaixa	Génesis / Regal	Generali RC	Generali DP	Nationale Suisse RC	Nationale Suisse DP	Allianz RC + Lesiones	Allianz RC	Allianz Otros
$\lambda = 0$	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
$\lambda = 0,5$	2,202982	1,783135	0,8759457	2,533382	1,437131	0,7329478	1,448347	1,673358	0,03539083
$\lambda = 1$	0,2581617	0,9903812	0,1813322	0,3395199	0,6245168	0,1992633	0,7981263	0,9611256	2,363597
$\lambda = 1,5$	0,08018271	0,4597942	0,1002029	0,1285129	0,2995117	0,08138253	0,3779396	0,4484214	1,425314
$\lambda = 2$	0,0420884	0,2238307	0,06641131	0,07414609	0,1486345	0,03399147	0,2080833	0,2097918	0,5265428
$\lambda = 2,5$	0,02597922	0,118736	0,04589689	0,04819739	0,07788612	0,01407574	0,1248818	0,1075241	0,1923529
$\lambda = 3$	0,01701741	0,06860224	0,03184746	0,03253335	0,04354647	0,005782175	0,07850893	0,06000155	0,07909276

Fuente: Elaboración propia

Figura 18: Eficiencia de Loimaranta del SBM



Fuente: Elaboración propia

#### 4.6. Caso Binomial Negativa

En este apartado se comparan de nuevo los diferentes SBM, pero utilizando una distribución Binomial Negativa para modelizar el comportamiento de la siniestralidad. Para este caso he escogido una siniestralidad esperada de 0,4 para hacerla coincidir con el caso Poisson, y una varianza de 0,8. Todas las tablas con los datos y sus representaciones gráficas se encuentran en el apartado de “Anexo 1” al final del trabajo.

En primer lugar, la prima media de los diferentes sistemas también presenta una tendencia decreciente a medida que pasa el tiempo, siendo también los sistemas de Generali y de Nationale Suisse para las garantías que afectan a responsabilidad civil los

únicos que presentan síntomas de crecimiento en la prima media, aunque ahora la prima media de Generali empezará a decrecer a partir de los 5 años y no de los 20. En cuanto a la evolución de la prima media en el estado estacionario a medida que aumenta la siniestralidad esperada, es la misma que en el caso Poisson.

En segundo lugar, el comportamiento del coeficiente de variación a medida que pasa el tiempo es similar al del caso Poisson, y el sistema de Nationale Suisse que afecta a garantías de responsabilidad civil sigue siendo el más riguroso una vez se alcanza el estado estacionario. En cuanto a la evolución del coeficiente de variación en el estado estacionario a medida que aumenta la siniestralidad esperada, el único sistema que se comporta igual que en el caso Poisson es el de Allianz que afecta a siniestros diferentes de responsabilidad civil. En el resto de sistemas, el primer crecimiento del coeficiente es menor que en el caso Poisson, llegando a ser prácticamente imperceptible para el sistema de Nationale Suisse que afecta a las garantías de responsabilidad civil.

Por último, la variación total (TV) y el nivel medio estacionario (RSAL) no presentan variaciones significativas respecto al caso Poisson. Se continúa confirmando que el sistema de Allianz que afecta a garantías diferentes de responsabilidad civil sigue siendo el que más tarda en estabilizarse (TV), y el menos estricto (RSAL). Para calcular la eficiencia de Loimaranta es necesario suponer que el número de siniestros se distribuye según una Poisson.

## 5. Impacto de los SBM en la evolución de las primas a abonar por asegurados con distintas trayectorias de siniestralidad

En este apartado, se va a comparar el nivel de prima que tendrán que pagar tres asegurados, cada uno con un perfil de riesgo diferente, en las diferentes compañías aseguradoras a lo largo de 10 años de actividad. El perfil de riesgo del primer asegurado corresponde a un asegurado que no declare ningún siniestro a lo largo de los 10 años. El perfil de riesgo del segundo asegurado corresponde a un asegurado que, a lo largo de los 10 años, tiene un número reducido de siniestro. Por último, el perfil de riesgo del tercer asegurado corresponde a un asegurado con un elevado número de siniestros. En la *Tabla 25*, se muestran los siniestros que han tenido los tres asegurados cada año y a que garantías han afectado cada uno de ellos:

Tabla 25: Trayectoria de los asegurados del SBM tras 10 años

	Trayectoria de los asegurados tras 10 años									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>ASEGURADO 1: Sin siniestros</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>ASEGURADO 2: Moderado</b>	1	2	0	0	1	2	0	1	0	0
RC corporal	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0
RC material	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
RC Total	0	2	0	0	1	1	0	0	0	0
DP	1	2	0	0	0	2	0	1	0	0
<b>ASEGURADO 3: Elevado</b>	2	4	2	1	3	2	3	3	5	4
RC corporal	1	2	0	0	2	0	1	1	3	2
RC material	0	1	0	0	2	0	1	1	1	1
RC Total	1	2	0	0	3	0	1	2	3	2
DP	2	3	2	1	3	2	2	3	4	4

Fuente: Elaboración propia

Una vez que ya conocemos la trayectoria de siniestros de cada asegurado, hay que definir los parámetros utilizados. Las frecuencias de siniestralidad utilizadas para cada garantía han sido obtenidas del informe de siniestralidad de ICEA 2017, y son las siguientes:

- Frecuencia de siniestralidad global:  $\lambda = 0,4$ .
- Frecuencia de siniestralidad para siniestros que afecten a las garantías de responsabilidad civil:  $\lambda = 0,07$  para RC corporal, y  $\lambda = 0,02$  para RC material.
- Frecuencia de siniestralidad para siniestros que afecten a las garantías de daños propios:  $\lambda = 0,3$ .

Una vez definidos los parámetros a utilizar, empezamos con el primer asegurado. En este caso, al tratarse de un asegurado que a lo largo de los 10 años analizados no ha declarado ningún siniestro, es común en todas las compañías que el nivel de prima decrezca a medida que pasan los años. Esto es debido a que el asegurado no recibirá ninguna penalización y siempre se encontrará en zonas de bonus.

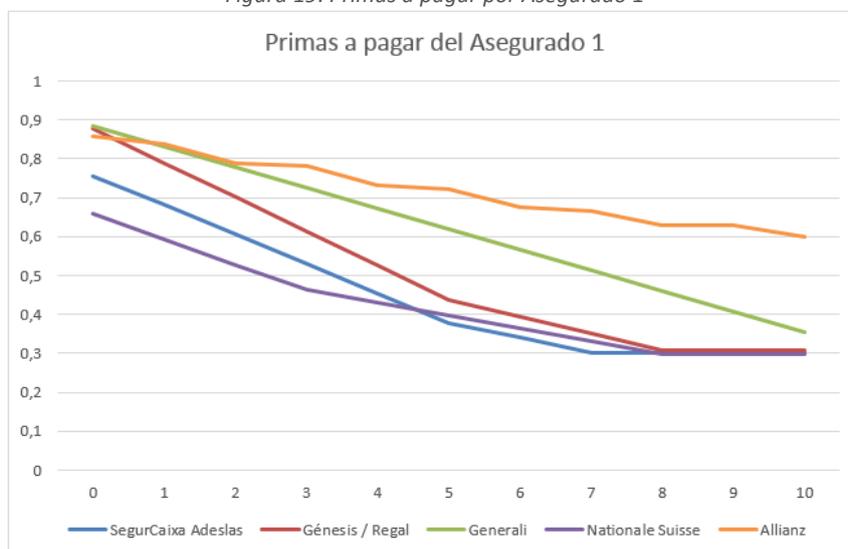
Tabla 26: Primas a pagar por Asegurado 1

Primas a pagar del Asegurado 1												
Momento t	SegurCaixa Adeslas	Génesis / Regal	Generali			Nationale Suisse			Allianz			
			RC	DP	Total	RC	DP	Total	RC + Lesiones	RC	Otros	Total
0	0,7562338	0,8764112	0,212564	0,671148	0,883712	0,195755	0,464287	0,660042	0,14948527	0,04425	0,662595	0,856331
1	0,6806104	0,7887701	0,19981	0,630879	0,830689	0,17618	0,417858	0,594038	0,13453674	0,042038	0,662595	0,839169
2	0,604987	0,701129	0,187056	0,59061	0,777666	0,156604	0,371429	0,528033	0,11958822	0,039825	0,629465	0,788879
3	0,5293636	0,6134878	0,174302	0,550341	0,724644	0,137029	0,325001	0,462029	0,11061171	0,037723	0,632647	0,780982
4	0,4537403	0,5258467	0,161548	0,510073	0,671621	0,127241	0,301786	0,429027	0,09832152	0,035504	0,59935	0,733176
5	0,3781169	0,4382056	0,148795	0,469804	0,618598	0,117453	0,278572	0,396025	0,0875676	0,033729	0,59935	0,720647
6	0,3403052	0,394385	0,136041	0,429535	0,565576	0,107665	0,255358	0,363023	0,07834996	0,031954	0,566053	0,676356
7	0,3024935	0,3505645	0,123287	0,389266	0,512553	0,097878	0,232143	0,330021	0,06913232	0,030179	0,566053	0,665364
8	0,3024935	0,3067439	0,110533	0,348997	0,45953	0,08809	0,208929	0,297019	0,06913232	0,028403	0,532756	0,630291
9	0,3024935	0,3067439	0,097779	0,308728	0,406507	0,08809	0,208929	0,297019	0,06913232	0,026628	0,532756	0,628516
10	0,3024935	0,3067439	0,085026	0,268459	0,353485	0,08809	0,208929	0,297019	0,06913232	0,025297	0,506118	0,600547

Fuente: Elaboración propia

Viendo los resultados obtenidos, las compañías más beneficiosas para un perfil de asegurado que nunca declare siniestros son SegurCaixa y Nationale Suisse, ya que presentan una prima más pequeña a lo largo del periodo, aunque a partir del octavo año se unen Génesis y Regal. Por el contrario, Allianz es la compañía que más perjudica a un asegurado con este perfil de riesgo bajo.

Figura 19: Primas a pagar por Asegurado 1



Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, en el caso del segundo asegurado, que presenta un perfil de riesgo moderado, observamos que las oscilaciones de los niveles de prima son más frecuentes que para el primero. Esto se debe a que el segundo asegurado habrá años que no declare ningún siniestro, en los que se le haga un descuento en la prima, y años en los que sí que declare uno o más, sufriendo en este caso penalizaciones en la prima.

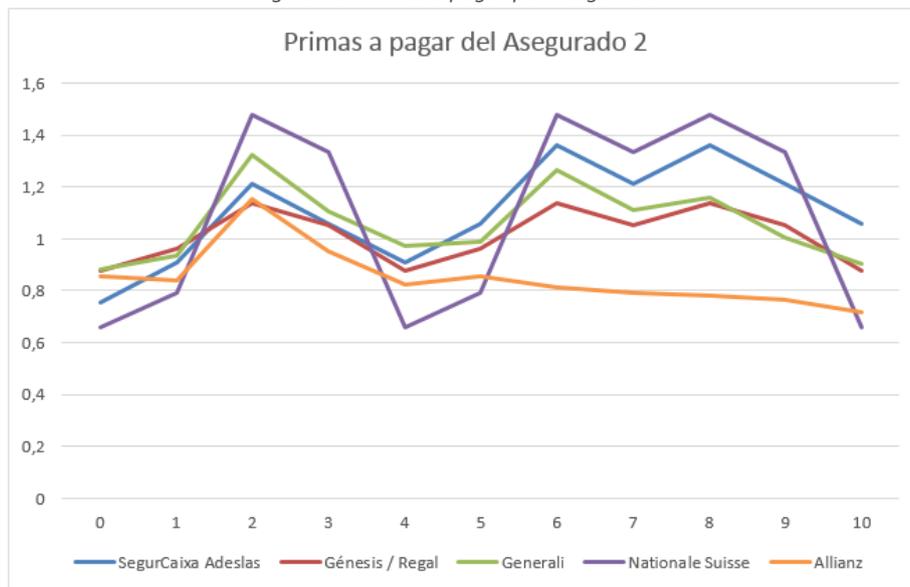
Tabla 27: Primas a pagar por Asegurado 2

Primas a pagar del Asegurado 2												
Momento t	SegurCaixa Adeslas	Génesis / Regal	Generali			Nationale Suisse			Allianz			
			RC	DP	Total	RC	DP	Total	RC + Lesiones	RC	Otros	Total
0	0,7562338	0,8764112	0,212564	0,671148	0,883712	0,195755	0,464287	0,660042	0,14948527	0,04425	0,662595	0,856331
1	0,9074805	0,9640523	0,19981	0,738263	0,938073	0,234906	0,557144	0,79205	0,13453674	0,042038	0,662595	0,839169
2	1,209974	1,1393346	0,318846	1,006722	1,325568	0,78302	0,69643	1,47945	0,37371317	0,048675	0,728854	1,151243
3	1,0587273	1,0516934	0,265705	0,838935	1,10464	0,636204	0,69643	1,332634	0,2458038	0,042161	0,665944	0,95391
4	0,9074805	0,8764112	0,23382	0,738263	0,972083	0,195755	0,464287	0,660042	0,15362737	0,039942	0,632647	0,826217
5	1,0587273	0,9640523	0,318846	0,671148	0,989994	0,234906	0,557144	0,79205	0,18435285	0,037723	0,632647	0,854723
6	1,3612208	1,1393346	0,425128	0,838935	1,264063	0,78302	0,69643	1,47945	0,13826464	0,039942	0,632647	0,810854
7	1,209974	1,0516934	0,371987	0,738263	1,110249	0,636204	0,69643	1,332634	0,1229019	0,037723	0,632647	0,793272
8	1,3612208	1,1393346	0,318846	0,838935	1,157781	0,78302	0,69643	1,47945	0,11061171	0,035504	0,632647	0,778763
9	1,209974	1,0516934	0,265705	0,738263	1,003968	0,636204	0,69643	1,332634	0,09832152	0,033729	0,632647	0,764698
10	1,0587273	0,8764112	0,23382	0,671148	0,904968	0,195755	0,464287	0,660042	0,0875676	0,031954	0,59935	0,718871

Fuente: Elaboración propia

Al contrario de lo que le ocurría al primer asegurado, la compañía que más beneficia al segundo, cobrándole un importe de prima menor, es Allianz, mientras que la compañía que más le perjudica es Nationale Suisse. Además, si en la *Figura 20* nos fijamos en las oscilaciones de la prima de Nationale Suisse, vemos que es la que presenta unos cambios más bruscos tanto en aumentos como en disminuciones. Estas caídas tan pronunciadas se deben a que el SBM de Nationale Suisse es de aquellos en los que te puedes beneficiar de que, en el caso de no declarar siniestros durante dos años seguidos, se puede pasar de una zona de malus a la neutral.

Figura 20: Primas a pagar por Asegurado 2



Fuente: Elaboración propia

Por último, para el tercer asegurado, que declara al menos un siniestro cada año, los niveles de prima se van incrementando a lo largo de los años. Esto se debe a que, por culpa de su mala conducta, no se beneficia de los descuentos del sistema y solo sufre los recargos.

Tabla 28: Primas a pagar por Asegurado 3

Primas a pagar del Asegurado 3												
Momento t	SegurCaixa Adeslas	Génesis / Regal	Generali			Nationale Suisse			Allianz			
			RC	DP	Total	RC	DP	Total	RC + Lesiones	RC	Otros	Total
0	0,7562338	0,8764112	0,212564	0,671148	0,883712	0,195755	0,464287	0,660042	0,14948527	0,04425	0,662595	0,856331
1	1,0587273	1,0516934	0,265705	0,838935	1,10464	0,313208	0,69643	1,009638	0,17938232	0,042038	0,728854	0,950275
2	1,5124676	2,6292336	0,531409	1,342296	1,873706	0,78302	0,69643	1,47945	0,37371317	0,048675	0,795114	1,217502
3	1,5124676	2,6292336	0,425128	1,67787	2,102998	0,78302	0,69643	1,47945	0,2458038	0,042161	0,932322	1,220287
4	1,5124676	2,6292336	0,371987	1,67787	2,049857	0,78302	0,69643	1,47945	0,15362737	0,039942	0,932322	1,125892
5	1,5124676	2,6292336	0,531409	1,67787	2,20928	0,78302	0,69643	1,47945	0,30725475	0,048818	1,065511	1,421584
6	1,5124676	2,6292336	0,425128	1,67787	2,102998	0,78302	0,69643	1,47945	0,18435285	0,042161	1,1987	1,425214
7	1,5124676	2,6292336	0,531409	1,67787	2,20928	0,78302	0,69643	1,47945	0,2458038	0,04438	1,1987	1,488884
8	1,5124676	2,6292336	0,531409	1,67787	2,20928	0,78302	0,69643	1,47945	0,30725475	0,048818	1,498375	1,854448
9	1,5124676	2,6292336	0,531409	1,67787	2,20928	0,78302	0,69643	1,47945	0,46088212	0,053256	1,997833	2,511972
10	1,5124676	2,6292336	0,531409	1,67787	2,20928	0,78302	0,69643	1,47945	0,46088212	0,062132	1,997833	2,520848

Fuente: Elaboración propia

En el largo plazo, las compañías que más beneficiarán a un asegurado con un perfil de riesgo alto serán SegurCaixa y Nationale Suisse, igual que le ocurría al primer asegurado. Por otro lado, la compañía Allianz, en los primeros años de contratación no perjudica en exceso a los asegurados, pero en última instancia sí.

Figura 21: Primas a pagar por Asegurado 3



Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, una vez analizados los tres perfiles, considero que tanto SegurCaixa como Nationale Suisse son las compañías más beneficiosas, ya que, aunque el nivel de prima presente muchas oscilaciones para asegurados con perfiles de riesgo moderado son las más beneficiosas para asegurados con perfiles de riesgo bajo y elevado.

### Caso Binomial Negativa

Las frecuencias de siniestralidad utilizadas para cada garantía, igual que se ha hecho en el apartado 4.6, coinciden con las del caso Poisson. Las tablas con los datos y sus representaciones gráficas se encuentran en el apartado de "Anexo 1" al final del trabajo.

Las conclusiones extraídas para el caso Binomial Negativa, una vez analizados los tres asegurados, son las mismas que para el caso Poisson. Por lo tanto, SegurCaixa y Nationale Suisse son las compañías que más benefician a sus asegurados.

## 6. Conclusiones

Después de explicar qué es y cómo funciona un SBM, se han estudiado los sistemas utilizados por seis compañías aseguradoras: SegurCaixa Adeslas, Génesis, Regal, Generali, Nationale Suisse y Allianz. Para el estudio de estos sistemas se han interpretado las reglas de transición de cada uno de los sistemas, extraídas de las condiciones generales de las pólizas, con el objetivo de montar las tablas de clases de cada uno de los sistemas, así como sus matrices de transición. Una vez hecho esto, se han comparado los sistemas entre si utilizando varios métodos de evaluación, y se ha simulado la trayectoria de siniestralidad de tres asegurados con perfiles de riesgo diferentes a lo largo de 10 años para comparar la prima a pagar en cada una de las compañías.

Para la creación de las tablas de clases y las matrices de transición de los diferentes sistemas, se han interpretado las reglas de asignación de nivel de cada una de las pólizas. Además, las reglas de asignación de nivel han sido diferentes para todos los sistemas, haciendo que cada uno tuviese matices que no tenían los otros. El de Allianz ha sido el sistema más complicado de interpretar, ya que se ha tenido que dividir en seis sistemas distintos y aplicar diferentes criterios en cada uno de ellos.

Para poder comparar los sistemas entre sí, se ha elegido el programa R-Studio, utilizado con frecuencia en diferentes asignaturas del Máster. Para el análisis principal de los sistemas, se ha utilizado una distribución de Poisson de parámetro  $\lambda$  para el número de siniestros, y, como complemento, se ha realizado el mismo análisis utilizando una distribución Binomial Negativa para ver si había diferencias significativas en los resultados obtenidos. No ha sido el caso, ya que los resultados obtenidos aplicando cada una de las distribuciones han sido muy parecidos.

Por último, para comparar las primas ofrecidas por cada una de las compañías analizadas, se ha simulado la trayectoria de tres asegurados con perfiles de riesgo diferentes a lo largo de 10 años en la compañía. El primer asegurado presentaba un perfil de riesgo muy bajo, no declarando ningún siniestro durante los 10 años. El segundo asegurado presentaba un perfil de riesgo moderado, habiendo años en los que declaraba algún siniestro y años en los que no. Por último, el tercer asegurado presentaba un perfil de riesgo alto, declarando como mínimo un siniestro por año. Para la obtención de las primas de cada compañía también se han utilizado una distribución de Poisson y una Binomial Negativa, llegando de nuevo a los mismos resultados con ambas. La conclusión obtenida ha sido que tanto SegurCaixa Adeslas como Nationale Suisse son las compañías aseguradoras que más benefician a sus asegurados cobrándoles primas inferiores, sobre todo para asegurados con perfiles de riesgo bajo y elevado.

## Bibliografía

- Bermúdez, L., Espinosa, F., Pérez, J., 2004. *Introducció al món de les assegurances*. Colección “Edicions Universitat de Barcelona”, Barcelona (España).
- Boj, E., Claramunt, M.M., Costa, T., 2018. *Tarifificación y provisiones (segunda edición)*. Colección OMADO, Objetos y Materiales Docentes. Depósito Digital de la Universidad de Barcelona, Barcelona (España). URL: <http://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/119675>
- Charpentier, A., David, A., Romuald, E., 2017. Optimal Claiming Strategies in Bonus Malus Systems and Implied Markov Chains. *Risks* 2017 6:58, 1-17.
- Denuit, M., Charpentier, A., 2005. *Mathématiques de l'assurance non-vie. Tome II : Tarification et provisionnement*. Collection “Économie et statistiques avancées”, Paris (Francia).
- Kafkova, S., 2015. A Comparison of Several Bonus Malus Systems. Published by Elsevier B.V. *4<sup>th</sup> World Conference on Business, Economics and Management, WCBEM*. Masaryk University, Czech Republic. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212567115009181>
- Poprawska, E., 2015. Analysis of the Effectiveness of Selected New Types of Bonus-Malus Systems – A Simulation Approach. *European Financial Systems 2015. Proceedings of the 12<sup>th</sup> International Scientific Conference*, 2015, Masaryk University, Czech Republic. URL: [https://is.muni.cz/do/econ/sborniky/2015/EFS\\_2015\\_proceedings.pdf](https://is.muni.cz/do/econ/sborniky/2015/EFS_2015_proceedings.pdf) (páginas 472 - 480)
- Condiciones generales de SegurCaixa Adeslas. Fecha de consulta: 25/02/2018. <http://www.arpem.com/imagenes/base/8/7/8/6/a59b348c2290bcec07fdd4d2c99771c5ce19176f.pdf>
- Condiciones generales de Génesis. Fecha de consulta: 25/02/2018. [https://www.genesis.es/documents/13959/9965794/CONDI\\_ICW205\\_1213\\_AUTO.pdf/7cf17da6-2976-4b31-83e4-649cc5a02c3c](https://www.genesis.es/documents/13959/9965794/CONDI_ICW205_1213_AUTO.pdf/7cf17da6-2976-4b31-83e4-649cc5a02c3c)
- Condiciones generales de Regal. Fecha de consulta: 25/02/2018. [https://www.regal.es/documents/14028/2422508/Condicionado\\_autos\\_0616/32c38f7e-dffc-44d7-9d4d-f9a89d4c7df6](https://www.regal.es/documents/14028/2422508/Condicionado_autos_0616/32c38f7e-dffc-44d7-9d4d-f9a89d4c7df6)
- Condiciones generales de Generali. Fecha de consulta: 25/02/2018. <https://www.generali.es/doc/condicionado-general-seguro-online.pdf>
- Condiciones generales de Nationale Suisse. Fecha de consulta: 25/02/2018. Extraídas de una póliza física.
- Condiciones generales de Allianz. Fecha de consulta: 25/02/2018. <https://concepcion-mazo.allianz.es/documents/20197/22459/auto-terceros.pdf/68342571-23ec-45be-863e-1edf9a641e38>

Informe de siniestralidad de ICEA 2017:

[https://www.icea.es/es-ES/informaciondelseguro/paginas/visor.aspx?url=/es-es/informaciondelseguro/almacenedatos/autos/2017/frec\\_sinies\\_174.xls&FromMenu=/es-es/informaciondelseguro/visiointiponegocio/automoviles/paginas/home.aspx&IdCategoria=161&UrlVolver=/es-es/informaciondelseguro/visiointiponegocio/automoviles/paginas/home.aspx%3Ftermstoreid%3D2c61164d-9f65-45ee-919c-fede61060ef7%26termsetid%3D8387da77-65cd-46ce-81d3-8b8145eb0ac5%26termid%3D69981a5e-f883-4380-81c8-9f819cc57578](https://www.icea.es/es-ES/informaciondelseguro/paginas/visor.aspx?url=/es-es/informaciondelseguro/almacenedatos/autos/2017/frec_sinies_174.xls&FromMenu=/es-es/informaciondelseguro/visiointiponegocio/automoviles/paginas/home.aspx&IdCategoria=161&UrlVolver=/es-es/informaciondelseguro/visiointiponegocio/automoviles/paginas/home.aspx%3Ftermstoreid%3D2c61164d-9f65-45ee-919c-fede61060ef7%26termsetid%3D8387da77-65cd-46ce-81d3-8b8145eb0ac5%26termid%3D69981a5e-f883-4380-81c8-9f819cc57578)

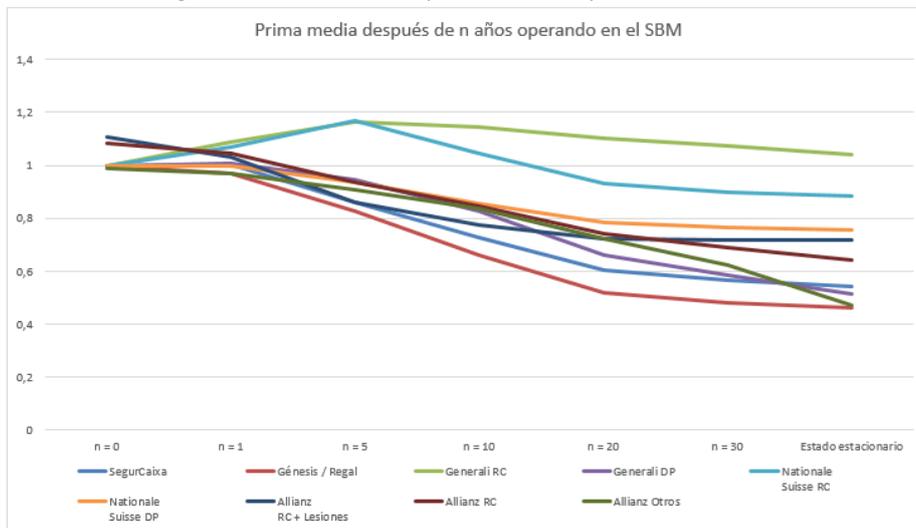
## Anexo 1. Caso Binomial Negativa:

Tabla 29: Prima media después de n años operando en el SBM

BN(0.4,0.8)									
Prima media después de n años operando en el SBM									
	SegurCaixa	Génesis / Regal	Generalí RC	Generalí DP	Nationale Suisse RC	Nationale Suisse DP	Allianz RC + Lesiones	Allianz RC	Allianz Otros
n = 0	1	1	1	1	1	1	1,108292	1,08185	0,988928
n = 1	1,002977	0,9714513	1,088489	1,00926	1,067088	0,9998135	1,028729	1,045025	0,9699855
n = 5	0,8599279	0,8251215	1,165383	0,9436092	1,167802	0,9377694	0,8625609	0,9355955	0,9058159
n = 10	0,7268599	0,6633033	1,146866	0,8267918	1,043615	0,8563373	0,7737427	0,8476762	0,8367012
n = 20	0,6063922	0,5199898	1,099674	0,6610219	0,933234	0,7859143	0,7248583	0,7406231	0,7212789
n = 30	0,5643823	0,478828	1,07178	0,5842242	0,899314	0,7644088	0,7172152	0,688337	0,6246717
Estado estacionario	0,5403776	0,462385	1,039248	0,5160344	0,884051	0,7547181	0,7158005	0,640256	0,4700989

Fuente: Elaboración propia

Figura 22: Prima media después de n años operando en el SBM



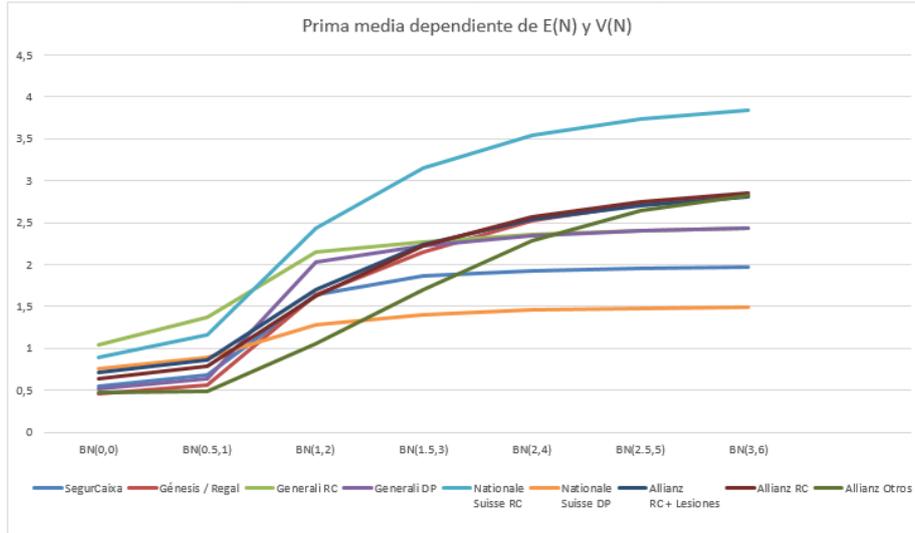
Fuente: Elaboración propia

Tabla 30: Prima media dependiente de E(N) y V(N)

Estado estacionario									
Prima media dependiente de E(N) y V(N)									
	SegurCaixa	Génesis / Regal	Generalí RC	Generalí DP	Nationale Suisse RC	Nationale Suisse DP	Allianz RC + Lesiones	Allianz RC	Allianz Otros
BN(0,0)	0,5403776	0,462385	1,039248	0,5160344	0,884051	0,7547181	0,7158005	0,640256	0,4700989
BN(0.5,1)	0,6758487	0,5580879	1,365148	0,639771	1,157158	0,8914022	0,8603128	0,7860151	0,488066
BN(1,2)	1,633596	1,645608	2,153698	2,022866	2,427898	1,280767	1,697391	1,630111	1,051849
BN(1.5,3)	1,859182	2,141763	2,26377	2,221872	3,158434	1,406869	2,23644	2,221884	1,702937
BN(2,4)	1,924822	2,515807	2,35132	2,337863	3,541353	1,457903	2,535577	2,566676	2,290388
BN(2.5,5)	1,954351	2,717053	2,401351	2,3965	3,740736	1,480414	2,706831	2,751441	2,642394
BN(3,6)	1,9705	2,827094	2,432826	2,430992	3,847065	1,490721	2,809358	2,851194	2,817409

Fuente: Elaboración propia

Figura 23: Prima media dependiente de E(N) y V(N)



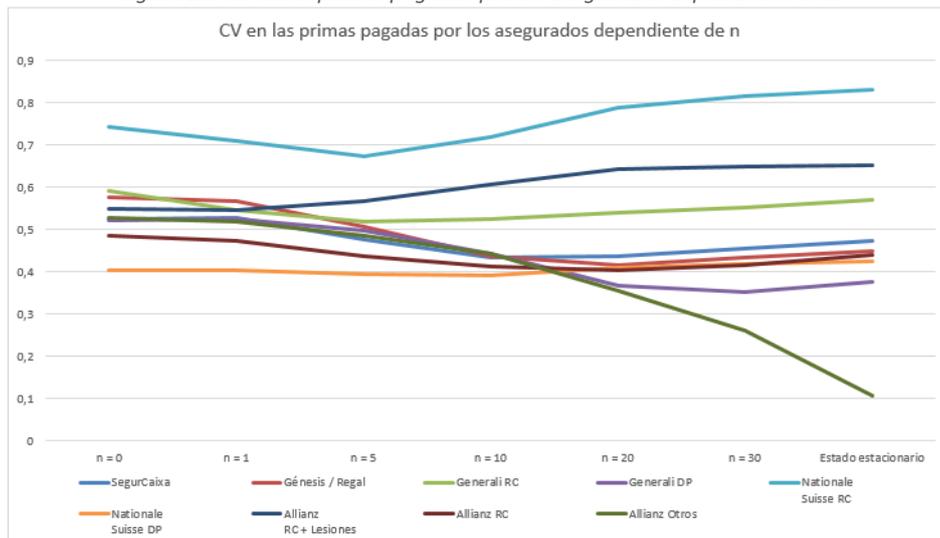
Fuente: Elaboración propia

Tabla 31: CV en las primas pagadas por los asegurados dependiente de n

BN(0,4,0,8)									
CV en las primas pagadas por los asegurados dependiente de n									
	SegurCaixa	Génesis / Regal	Generali RC	Generali DP	Nationale Suisse RC	Nationale Suisse DP	Allianz RC + Lesiones	Allianz RC	Allianz Otros
n = 0	0,5260266	0,5763233	0,592433	0,521393	0,7429566	0,4035451	0,5499678	0,4844397	0,5271069
n = 1	0,5270607	0,5659453	0,5449563	0,5251368	0,7087841	0,403507	0,545917	0,4722005	0,5179668
n = 5	0,4760229	0,506552	0,5186614	0,4975779	0,6737448	0,3935334	0,5667845	0,4366457	0,4842282
n = 10	0,4355535	0,4356089	0,5239043	0,4430748	0,7196142	0,3925701	0,6073385	0,4132125	0,4422723
n = 20	0,4357152	0,4144165	0,5403527	0,3663665	0,788119	0,4096637	0,6434717	0,4044783	0,3551821
n = 30	0,455291	0,4350212	0,5523762	0,3519466	0,8161908	0,4193988	0,6502093	0,4159562	0,260265
Estado estacionario	0,4734365	0,4490853	0,5688072	0,3759038	0,8301028	0,4245899	0,6514914	0,4408425	0,1071988

Fuente: Elaboración propia

Figura 24: CV en las primas pagadas por los asegurados dependiente de n



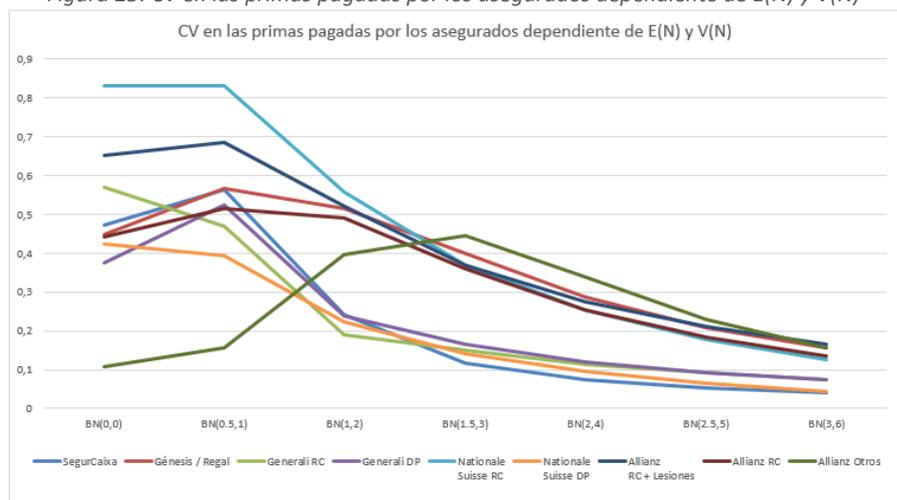
Fuente: Elaboración propia

Tabla 32: CV en las primas pagadas por los asegurados dependiente de E(N) y V(N)

Estado estacionario									
CV en las primas pagadas por los asegurados dependiente de E(N) y V(N)									
	SegurCaixa	Génesis / Regal	Generali RC	Generali DP	Nationale Suisse RC	Nationale Suisse DP	Allianz RC + Lesiones	Allianz RC	Allianz Otros
BN(0,0)	0,4734365	0,4490853	0,5688072	0,3759038	0,8301028	0,4245899	0,6514914	0,4408425	0,1071988
BN(0,5,1)	0,563303	0,565832	0,4687512	0,5245542	0,8312794	0,3942072	0,6843375	0,5148372	0,1567606
BN(1,2)	0,2415124	0,5161277	0,1906385	0,2378857	0,557483	0,2223158	0,5214362	0,4901745	0,3977439
BN(1,5,3)	0,1156932	0,4007559	0,1493401	0,1653212	0,3699348	0,1424583	0,369327	0,3596814	0,4464258
BN(2,4)	0,07451386	0,2864236	0,1139236	0,1196394	0,2530756	0,09544857	0,2738597	0,2541492	0,3379121
BN(2,5,5)	0,05415908	0,209228	0,09105318	0,0934218	0,1773294	0,0650884	0,2104501	0,1822877	0,2306592
BN(3,6)	0,04175365	0,1572294	0,0743958	0,0754425	0,1269454	0,04484266	0,165982	0,1341498	0,1564947

Fuente: Elaboración propia

Figura 25: CV en las primas pagadas por los asegurados dependiente de E(N) y V(N)



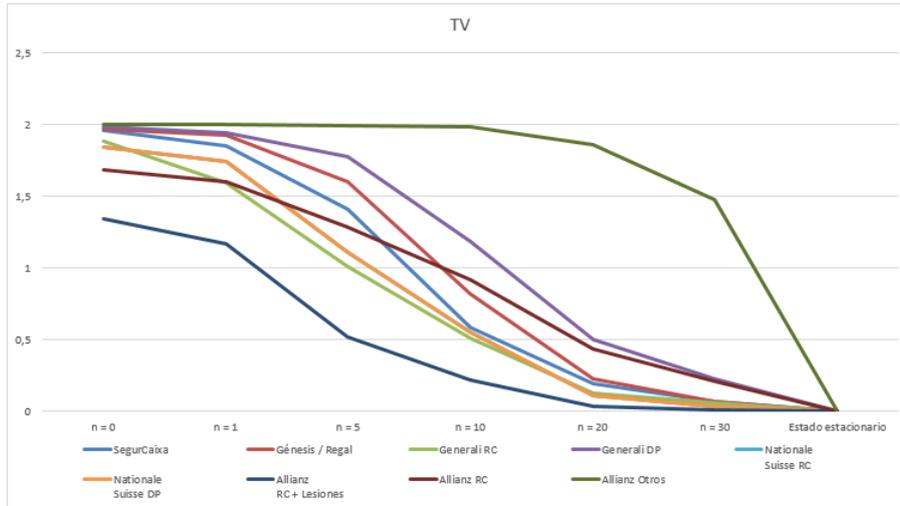
Fuente: Elaboración propia

Tabla 33: TV del SBM

BN(0,4,0,8)									
TV									
	SegurCaixa	Génesis / Regal	Generali RC	Generali DP	Nationale Suisse RC	Nationale Suisse DP	Allianz RC + Lesiones	Allianz RC	Allianz Otros
n = 0	1,958188	1,969289	1,887826	1,98405	1,844482	1,844482	1,338791	1,686432	2,000351
n = 1	1,853671	1,92685	1,593982	1,941811	1,742256	1,742256	1,165035	1,600292	1,999897
n = 5	1,411665	1,597383	1,011978	1,775641	1,112286	1,112286	0,5208797	1,280466	1,996474
n = 10	0,5870337	0,8132097	0,5127973	1,187718	0,5529013	0,5529013	0,2155816	0,9183278	1,983708
n = 20	0,1893429	0,2267693	0,1214106	0,4987795	0,1115794	0,1115794	0,03283125	0,4372663	1,858906
n = 30	0,06816997	0,06478169	0,06025438	0,2286507	0,03358464	0,03358464	0,005066919	0,2110679	1,477108
Estado estacionario	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia

Figura 26: TV del SBM



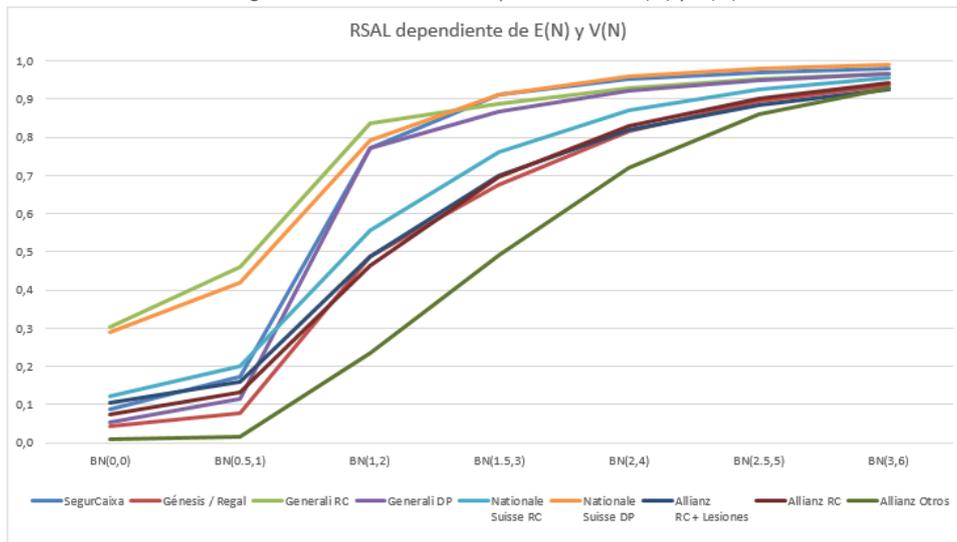
Fuente: Elaboración propia

Tabla 34: RSAL del SBM dependiente de E(N) y V(N)

	Estado estacionario								
	RSAL dependiente de E(N) y V(N)								
	SegurCaixa	Génesis / Regal	Generali RC	Generali DP	Nationale Suisse RC	Nationale Suisse DP	Allianz RC + Lesiones	Allianz RC	Allianz Otros
BN(0,0)	0,087736	0,04240945	0,3044036	0,05525447	0,1222678	0,2902077	0,1042355	0,0746102	0,007881917
BN(0,5,1)	0,1724054	0,07852375	0,4595942	0,1141767	0,1991995	0,4203831	0,160907	0,1317706	0,01492783
BN(1,2)	0,7709976	0,4889086	0,835094	0,7727932	0,5571545	0,7912069	0,4891728	0,4627888	0,2360191
BN(1,5,3)	0,9119885	0,676137	0,8875095	0,8675582	0,7629398	0,9113036	0,7005647	0,6948564	0,4913477
BN(2,4)	0,9530136	0,8172856	0,9291998	0,9227918	0,8708037	0,9599079	0,8178732	0,8300691	0,7217207
BN(2,5,5)	0,9714691	0,8932274	0,9530242	0,9507143	0,926968	0,9813466	0,8850318	0,9025259	0,8597625
BN(3,6)	0,9815623	0,9347525	0,968011	0,9671392	0,9569172	0,9911632	0,9252384	0,9416445	0,9283956

Fuente: Elaboración propia

Figura 27: RSAL del SBM dependiente de E(N) y V(N)



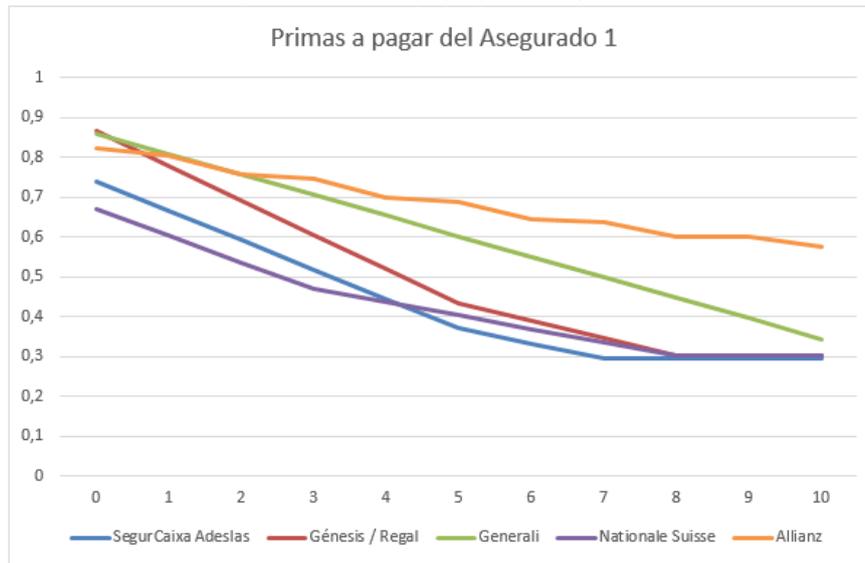
Fuente: Elaboración propia

Tabla 35: Primas a pagar por el Asegurado 1

Primas a pagar del Asegurado 1												
Momento t	SegurCaixa Adeslas	Génesis / Regal	Generali			Nationale Suisse			Allianz			
			RC	DP	Total	RC	DP	Total	RC + Lesiones	RC	Otros	Total
0	0,7402231	0,8650879	0,20579	0,6542873	0,8600773	0,1905481	0,4805324	0,6710805	0,14352748	0,0439951	0,6328802	0,8204028
1	0,6662008	0,7785719	0,1934426	0,61503	0,8084726	0,1714933	0,4324792	0,6039725	0,12917473	0,0417954	0,6328802	0,8038503
2	0,5921785	0,6920639	0,1810952	0,5757728	0,756868	0,1524385	0,3844259	0,5368644	0,11482198	0,0395956	0,6012362	0,7556538
3	0,5181562	0,6055559	0,1687478	0,5365156	0,7052634	0,1333837	0,3363727	0,4697564	0,1074564	0,0375849	0,6012362	0,7462775
4	0,4441338	0,5190479	0,1564004	0,4972583	0,6536587	0,1238563	0,3123461	0,4362024	0,0955168	0,035374	0,5695922	0,700483
5	0,3701115	0,4325399	0,144053	0,4580011	0,6020541	0,1143289	0,2883194	0,4026483	0,08506965	0,0336053	0,5695922	0,6882672
6	0,3331004	0,3892859	0,1317056	0,4187438	0,5504494	0,1048015	0,2642928	0,3690943	0,07611495	0,0318366	0,5379482	0,6458998
7	0,2960892	0,346032	0,1193582	0,3794866	0,4988448	0,0952741	0,2402662	0,3355403	0,06716025	0,0300679	0,5379482	0,6351764
8	0,2960892	0,302778	0,1070108	0,3402294	0,4472402	0,0857467	0,2162396	0,3019863	0,06716025	0,0282992	0,5063042	0,6017637
9	0,2960892	0,302778	0,0946634	0,3009721	0,3956355	0,0857467	0,2162396	0,3019863	0,06716025	0,0265305	0,5063042	0,599995
10	0,2960892	0,302778	0,082316	0,2617149	0,3440309	0,0857467	0,2162396	0,3019863	0,06716025	0,025204	0,4809889	0,5733532

Fuente: Elaboración propia

Figura 28: Primas a pagar por el Asegurado 1



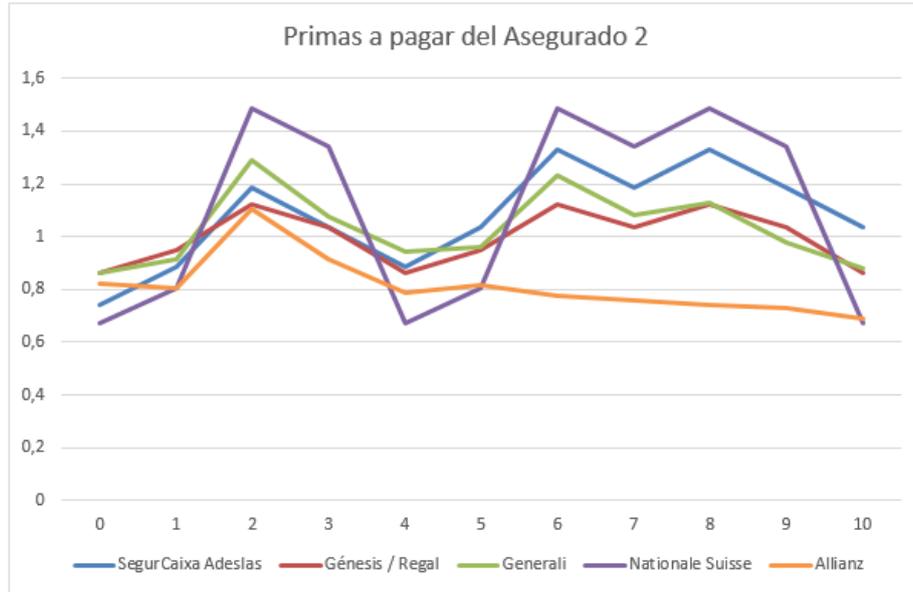
Fuente: Elaboración propia

Tabla 36: Primas a pagar por el Asegurado 2

Primas a pagar del Asegurado 2												
Momento t	SegurCaixa Adeslas	Génesis / Regal	Generali			Nationale Suisse			Allianz			
			RC	DP	Total	RC	DP	Total	RC + Lesiones	RC	Otros	Total
0	0,7402231	0,8650879	0,20579	0,6542873	0,8600773	0,1905481	0,4805324	0,6710805	0,14352748	0,0439951	0,6328802	0,8204028
1	0,8882677	0,9515879	0,1934426	0,719716	0,9131586	0,2286578	0,5766389	0,8052967	0,12917473	0,0417954	0,6328802	0,8038503
2	1,1843569	1,1246038	0,3086851	0,9814309	1,290116	0,7621926	0,7207986	1,4829912	0,3588187	0,0483946	0,6961682	1,1033815
3	1,0363123	1,0380959	0,2572375	0,8178591	1,0750966	0,6192815	0,7207986	1,3400801	0,23879199	0,0420067	0,6328802	0,9136789
4	0,8882677	0,8650879	0,226369	0,719716	0,946085	0,1905481	0,4805324	0,6710805	0,14924499	0,0397958	0,6012362	0,790277
5	1,0363123	0,9515879	0,3086851	0,6542873	0,9629724	0,2286578	0,5766389	0,8052967	0,17909399	0,0375849	0,6012362	0,8179151
6	1,3324015	1,1246038	0,4115801	0,8178591	1,2294392	0,7621926	0,7207986	1,4829912	0,13432049	0,0397958	0,6012362	0,7753525
7	1,1843569	1,0380959	0,3601326	0,719716	1,0798486	0,6192815	0,7207986	1,3400801	0,119396	0,0375849	0,6012362	0,7582171
8	1,3324015	1,1246038	0,3086851	0,8178591	1,1265442	0,7621926	0,7207986	1,4829912	0,1074564	0,035374	0,6012362	0,7440666
9	1,1843569	1,0380959	0,2572375	0,719716	0,9769535	0,6192815	0,7207986	1,3400801	0,0955168	0,0336053	0,6012362	0,7303583
10	1,0363123	0,8650879	0,226369	0,6542873	0,8806563	0,1905481	0,4805324	0,6710805	0,08506965	0,0318366	0,5695922	0,6864985

Fuente: Elaboración propia

Figura 29: Primas a pagar por el Asegurado 2



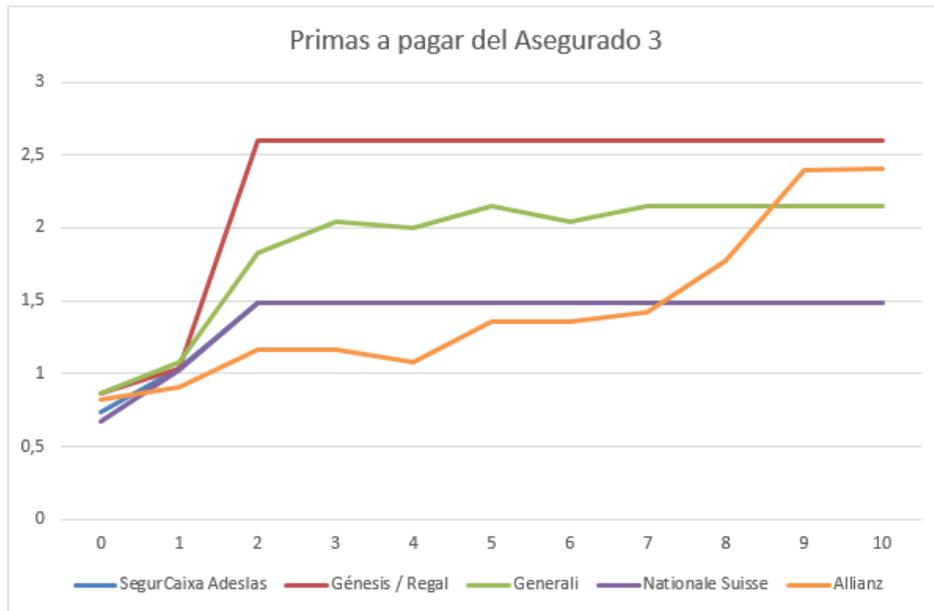
Fuente: Elaboración propia

Tabla 37: Primas a pagar por el Asegurado 3

Primas a pagar del Asegurado 3												
Momento t	SegurCaixa Adeslas	Génesis / Regal	Generali			Nationale Suisse			Allianz			
			RC	DP	Total	RC	DP	Total	RC + Lesiones	RC	Otros	Total
0	0,7402231	0,8650879	0,20579	0,6542873	0,8600773	0,1905481	0,4805324	0,6710805	0,14352748	0,0439951	0,6328802	0,8204028
1	1,0363123	1,0380959	0,2572375	0,8178591	1,0750966	0,304877	0,7207986	1,0256756	0,17223298	0,0417954	0,6961682	0,9101965
2	1,4804461	2,5952396	0,5144751	1,3085745	1,8230496	0,7621926	0,7207986	1,4829912	0,3588187	0,0483946	0,7594562	1,1666695
3	1,4804461	2,5952396	0,4115801	1,6357181	2,0472982	0,7621926	0,7207986	1,4829912	0,23879199	0,0420067	0,8860323	1,166831
4	1,4804461	2,5952396	0,3601326	1,6357181	1,9958507	0,7621926	0,7207986	1,4829912	0,14924499	0,0397958	0,8860323	1,0750731
5	1,4804461	2,5952396	0,5144751	1,6357181	2,1501932	0,7621926	0,7207986	1,4829912	0,29848999	0,0486393	1,0126083	1,3597376
6	1,4804461	2,5952396	0,4115801	1,6357181	2,0472982	0,7621926	0,7207986	1,4829912	0,17909399	0,0420067	1,1391843	1,360285
7	1,4804461	2,5952396	0,5144751	1,6357181	2,1501932	0,7621926	0,7207986	1,4829912	0,23879199	0,0442175	1,1391843	1,4221938
8	1,4804461	2,5952396	0,5144751	1,6357181	2,1501932	0,7621926	0,7207986	1,4829912	0,29848999	0,0486393	1,4239804	1,7711097
9	1,4804461	2,5952396	0,5144751	1,6357181	2,1501932	0,7621926	0,7207986	1,4829912	0,44773498	0,0530611	1,8986406	2,3994366
10	1,4804461	2,5952396	0,5144751	1,6357181	2,1501932	0,7621926	0,7207986	1,4829912	0,44773498	0,0619046	1,8986406	2,4082801

Fuente: Elaboración propia

Figura 30: Primas a pagar por el Asegurado 3



Fuente: Elaboración propia

















,p18,0,p17,0,p16,0,p15,0,p14,0,p13,0,p12,0,p11,0,p10,0,p9,0,p8,0,0,p7,0,p6,p6,0,p5,p5,  
0,p4,p4,0,p3,p3,0,p2,p2,p1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,p21,0,p20,0,p19,0,p18,0,p17,0,p16,0,p1  
5,0,p14,0,p13,0,p12,0,p11,0,p10,0,p9,0,p8,p8,0,p7,0,0,p6,0,0,p5,0,0,p4,0,0,p3,0,0,p2,p1  
,p1,0,  
0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,p0,p0,0,0,0,0,0,p22,0,p21,0,p20,0,p19,0,p18,0,p17,0,p16,0,p15,0,  
p14,0,p13,0,p12,0,p11,0,p10,0,p9,0,0,p8,0,p7,p7,0,p6,p6,0,p5,p5,0,p4,p4,0,p3,p3,0,p2,p  
2,p1,0,0,0,0,0,0,0,p22,0,p21,0,p20,0,p19,0,p18,0,p17,0,p16,0,p15,0,p14,0,p13,0,p12,0  
,p11,0,p10,0,p9,p9,0,p8,0,0,p7,0,0,p6,0,0,p5,0,0,p4,0,0,p3,0,0,p2,p1,p1,0,0,0,0,0,0,0,0  
,0,  
,p0,p0,0,0,0,p23,0,p22,0,p21,0,p20,0,p19,0,p18,0,p17,0,p16,0,p15,0,p14,0,p13,0,p12,0,  
p11,0,p10,0,0,p9,0,p8,p8,0,p7,p7,0,p6,p6,0,p5,p5,0,p4,p4,0,p3,p3,0,p2,p2,p1,0,0,0,0,0,  
p23,0,p22,0,p21,0,p20,0,p19,0,p18,0,p17,0,p16,0,p15,0,p14,0,p13,0,p12,0,p11,0,p10,p10  
,0,p9,0,0,p8,0,0,p7,0,0,p6,0,0,p5,0,0,p4,0,0,p3,0,0,p2,p1,p1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,  
0,p0,p0,p24,  
0,p23,0,p22,0,p21,0,p20,0,p19,0,p18,0,p17,0,p16,0,p15,0,p14,0,p13,0,p12,0,p11,0,0,p1  
0,0,p9,p9,0,p8,p8,0,p7,p7,0,p6,p6,0,p5,p5,0,p4,p4,0,p3,p3,0,p2,p2,p1,0,1-p0-p1-p2-p3-  
p4-p5-p6-p7-p8-p9-p10-p11-p12-p13-p14-p15-p16-p17-p18-p19-p20-p21-p22-p23-  
p24,1-p0-p1-p2-p3-p4-p5-p6-p7-p8-p9-p10-p11-p12-p13-p14-p15-p16-p17-p18-p19-  
p20-p21-p22-p23,1-p0-p1-p2-p3-p4-p5-p6-p7-p8-p9-p10-p11-p12-p13-p14-p15-p16-  
p17-p18-p19-p20-p21-p22-p23,1-p0-p1-p2-p3-p4-p5-p6-p7-p8-p9-p10-p11-p12-p13-  
p14-p15-p16-p17-p18-p19-p20-p21-p22,1-p0-p1-p2-p3-p4-p5-p6-p7-p8-p9-p10-p11-  
p12-p13-p14-p15-p16-p17-p18-p19-p20-p21-p22,1-p0-p1-p2-p3-p4-p5-p6-p7-p8-p9-  
p10-p11-p12-p13-p14-p15-p16-p17-p18-p19-p20-p21,1-p0-p1-p2-p3-p4-p5-p6-p7-p8-  
p9-p10-p11-p12-p13-p14-p15-p16-p17-p18-p19-p20-p21,1-p0-p1-p2-p3-p4-p5-p6-p7-  
p8-p9-p10-p11-p12-p13-p14-p15-p16-p17-p18-p19-p20,1-p0-p1-p2-p3-p4-p5-p6-p7-  
p8-p9-p10-p11-p12-p13-p14-p15-p16-p17-p18-p19,1-p0-p1-p2-p3-p4-p5-p6-p7-p8-p9-  
p10-p11-p12-p13-p14-p15-p16-p17-p18-p19,1-p0-p1-p2-p3-p4-p5-p6-p7-p8-p9-p10-  
p11-p12-p13-p14-p15-p16-p17-p18,1-p0-p1-p2-p3-p4-p5-p6-p7-p8-p9-p10-p11-p12-p13-p14-  
p15-p16-p17,1-p0-p1-p2-p3-p4-p5-p6-p7-p8-p9-p10-p11-p12-p13-p14-p15-p16-p17,1-  
p0-p1-p2-p3-p4-p5-p6-p7-p8-p9-p10-p11-p12-p13-p14-p15-p16,1-p0-p1-p2-p3-p4-p5-  
p6-p7-p8-p9-p10-p11-p12-p13-p14-p15-p16,1-p0-p1-p2-p3-p4-p5-p6-p7-p8-p9-p10-  
p11-p12-p13-p14-p15,1-p0-p1-p2-p3-p4-p5-p6-p7-p8-p9-p10-p11-p12-p13-p14-p15,1-  
p0-p1-p2-p3-p4-p5-p6-p7-p8-p9-p10-p11-p12-p13-p14,1-p0-p1-p2-p3-p4-p5-p6-p7-p8-  
p9-p10-p11-p12-p13-p14,1-p0-p1-p2-p3-p4-p5-p6-p7-p8-p9-p10-p11-p12-p13,1-p0-p1-  
p2-p3-p4-p5-p6-p7-p8-p9-p10-p11-p12-p13,1-p0-p1-p2-p3-p4-p5-p6-p7-p8-p9-p10-  
p11-p12,1-p0-p1-p2-p3-p4-p5-p6-p7-p8-p9-p10-p11-p12,1-p0-p1-p2-p3-p4-p5-p6-p7-  
p8-p9-p10-p11,1-p0-p1-p2-p3-p4-p5-p6-p7-p8-p9-p10-p11,1-p0-p1-p2-p3-p4-p5-p6-  
p7-p8-p9-p10,1-p0-p1-p2-p3-p4-p5-p6-p7-p8-p9-p10,1-p0-p1-p2-p3-p4-p5-p6-p7-p8-  
p9-p10,1-p0-p1-p2-p3-p4-p5-p6-p7-p8-p9,1-p0-p1-p2-p3-p4-p5-p6-p7-p8-p9,1-p0-p1-  
p2-p3-p4-p5-p6-p7-p8-p9,1-p0-p1-p2-p3-p4-p5-p6-p7-p8,1-p0-p1-p2-p3-p4-p5-p6-p7-  
p8,1-p0-p1-p2-p3-p4-p5-p6-p7-p8,1-p0-p1-p2-p3-p4-p5-p6-p7,1-p0-p1-p2-p3-p4-p5-  
p6-p7,1-p0-p1-p2-p3-p4-p5-p6-p7,1-p0-p1-p2-p3-p4-p5-p6,1-p0-p1-p2-p3-p4-p5-p6,1-  
p0-p1-p2-p3-p4-p5-p6,1-p0-p1-p2-p3-p4-p5,1-p0-p1-p2-p3-p4-p5,1-p0-p1-p2-p3-p4-  
p5,1-p0-p1-p2-p3-p4,1-p0-p1-p2-p3-p4,1-p0-p1-p2-p3-p4,1-p0-p1-p2-p3,1-p0-p1-p2-  
p3,1-p0-p1-p2-p3,1-p0-p1-p2,1-p0-p1-p2,1-p0-p1-p2,1-p0-p1,1-  
p0),nrow=56,ncol=56);M

**Vectores de ajuste de la prima:**

- **SegurCaixa Adeslas:**

b<-c(0.4,0.45,0.5,0.6,0.7,0.8,0.9,1,1.2,1.4,1.6,1.8,2);b

- **Génesis y Regal:**

b<-c(0.35,0.4,0.45,0.5,0.6,0.7,0.8,0.9,1,1.1,1.2,1.2,1.3,1.3,1.5,1.5,2,2,3);b

- **Generali:**

b<-c(0.4,0.46,0.52,0.58,0.64,0.7,0.76,0.82,0.88,0.94,1,1.1,1.25,1.5,1.75,2,2.5);b

- **Nationale Suisse para siniestros que afecten a Responsabilidad Civil:**

b<-  
c(0.45,0.45,0.5,0.55,0.6,0.65,0.7,0.8,0.9,1,1.1,1.2,1.2,1.4,1.4,1.6,1.6,1.8,1.8,2.5,2.5,3.25,3.25,4);b

- **Nationale Suisse para siniestros que afecten a Daños Propios:**

b<-  
c(0.45,0.45,0.5,0.55,0.6,0.65,0.7,0.8,0.9,1,1.1,1.2,1.2,1.3,1.3,1.5,1.5,1.5,1.5,1.5,1.5,1.5,1.5);b

- **Allianz para siniestros que afecten a Responsabilidad Civil con lesiones corporales:**

b<-  
c(0.45,0.48,0.51,0.54,0.57,0.6,0.64,0.68,0.72,0.76,0.8,0.85,0.9,0.95,1,1.1,1.1,1.2,1.2,1.4,1.4,1.6,1.6,1.8,1.8,2,2.25,2.5,3);b

- **Allianz para siniestros que afecten a Responsabilidad Civil:**

b<-  
c(0.45,0.48,0.51,0.54,0.57,0.6,0.64,0.68,0.72,0.76,0.8,0.85,0.9,0.95,1,1.1,1.1,1.2,1.2,1.4,1.4,1.6,1.6,1.8,1.8,2,2.25,2.25,2.5,3);b

- **Allianz para siniestros que afecten a garantías diferentes de Responsabilidad Civil:**

b<-  
c(0.45,0.45,0.48,0.48,0.51,0.51,0.54,0.54,0.57,0.57,0.6,0.6,0.64,0.64,0.68,0.68,0.72,0.72,0.76,0.76,0.8,0.8,0.85,0.85,0.9,0.9,0.95,0.95,1,1,1.1,1.1,1.1,1.2,1.2,1.2,1.4,1.4,1.4,1.6,1.6,1.6,1.8,1.8,1.8,2,2,2.25,2.25,2.25,2.5,2.5,2.5,3,3);b

***Cálculo de probabilidades para el caso Poisson:***

```
lambda<-0.4
```

```
p0<-dpois(0,lambda);p0
p1<-dpois(1,lambda);p1
p2<-dpois(2,lambda);p2
p3<-dpois(3,lambda);p3
p4<-dpois(4,lambda);p4
p5<-dpois(5,lambda);p5
p6<-dpois(6,lambda);p6
p7<-dpois(7,lambda);p7
p8<-dpois(8,lambda);p8
p9<-dpois(9,lambda);p9
p10<-dpois(10,lambda);p10
p11<-dpois(11,lambda);p11
p12<-dpois(12,lambda);p12
p13<-dpois(13,lambda);p13
p14<-dpois(14,lambda);p14
p15<-dpois(15,lambda);p15
p16<-dpois(16,lambda);p16
p17<-dpois(17,lambda);p17
p18<-dpois(18,lambda);p18
p19<-dpois(19,lambda);p19
p20<-dpois(20,lambda);p20
p21<-dpois(21,lambda);p21
p22<-dpois(22,lambda);p22
p23<-dpois(23,lambda);p23
p24<-dpois(24,lambda);p24
```

***Cálculo de probabilidades para el caso Binomial Negativa:***

```
medn<-0.4
```

```
desvn<-0.8
```

```
agamma<-medn^2/(desvn-medn);agamma
```

```
bgamma<-(desvn-medn)/medn;bgamma
```

```
p0<-dnbinom(0,agamma,1/(1+bgamma));p0
p1<-dnbinom(1,agamma,1/(1+bgamma));p1
p2<-dnbinom(2,agamma,1/(1+bgamma));p2
p3<-dnbinom(3,agamma,1/(1+bgamma));p3
p4<-dnbinom(4,agamma,1/(1+bgamma));p4
p5<-dnbinom(5,agamma,1/(1+bgamma));p5
p6<-dnbinom(6,agamma,1/(1+bgamma));p6
p7<-dnbinom(7,agamma,1/(1+bgamma));p7
p8<-dnbinom(8,agamma,1/(1+bgamma));p8
p9<-dnbinom(9,agamma,1/(1+bgamma));p9
p10<-dnbinom(10,agamma,1/(1+bgamma));p10
p11<-dnbinom(11,agamma,1/(1+bgamma));p11
```

```

p12<-dnbinom(12,agamma,1/(1+bgamma));p12
p13<-dnbinom(13,agamma,1/(1+bgamma));p13
p14<-dnbinom(14,agamma,1/(1+bgamma));p14
p15<-dnbinom(15,agamma,1/(1+bgamma));p15
p16<-dnbinom(16,agamma,1/(1+bgamma));p16
p17<-dnbinom(17,agamma,1/(1+bgamma));p17
p18<-dnbinom(18,agamma,1/(1+bgamma));p18
p19<-dnbinom(19,agamma,1/(1+bgamma));p19
p20<-dnbinom(20,agamma,1/(1+bgamma));p20
p21<-dnbinom(21,agamma,1/(1+bgamma));p21
p22<-dnbinom(22,agamma,1/(1+bgamma));p22
p23<-dnbinom(23,agamma,1/(1+bgamma));p23
p24<-dnbinom(24,agamma,1/(1+bgamma));p24

```

***Cálculos tomando como ejemplo SegurCaixa Adeslas:***

- **Antes de realizar los cálculos hay que ejecutar los parámetros, las probabilidades de ocurrencia de siniestros y la matriz de transición que corresponda.**
- **Para el estado estacionario:**

➤ Vector de probabilidades en el estado estacionario ( $\Pi$ ):

```

eigen(t(M))
pi<-eigen(t(M))$vectors[,1];pi
pi<-pi/sum(pi);pi
pi<-Re(pi);pi

```

➤ Cálculo de la prima de referencia que equilibra el sistema en el caso Poisson:

```

b<-c(0.4,0.45,0.5,0.6,0.7,0.8,0.9,1,1.2,1.4,1.6,1.8,2);b
bmedia<-sum(b*pi);bmedia
primabase<-lambda/bmedia;primabase

```

➤ Cálculo de la prima de referencia que equilibra el sistema en el caso Binomial Negativa:

```

b<-c(0.4,0.45,0.5,0.6,0.7,0.8,0.9,1,1.2,1.4,1.6,1.8,2);b
bmedia<-sum(b*pi);bmedia
primabase<-medn/bmedia;primabase

```

➤ Cálculo de las primas que se cobrarán en las diferentes clases cuando el sistema está en equilibrio:

```

primaclase<-b*primabase;primaclase

```

➤ Coeficiente de Variación:

```

CV<-((sum(((b-bmedia)^2)*pi))^0.5)/bmedia;CV

```

- Nivel medio estacionario (RSAL):

```
RSAL<- (bmedia-b[1])/(b[13]-b[1]);RSAL
```

- Eficiencia de Loimaranta (solo para el caso Poisson):

```
lambdaori<- lambda
bmedia<-c(0,0)
lambdaperturbada<- c(lambdaori*(1-0.0001),lambdaori*(1+0.0001));lambdaperturbada
```

```
for (i in 1:2){ p0<- dpois(0,lambdaperturbada[i]);
p1<- dpois(1,lambdaperturbada[i]);
p2<- dpois(2,lambdaperturbada[i]);
p3<- dpois(3,lambdaperturbada[i]);
p4<- dpois(4,lambdaperturbada[i]);
p5<- dpois(5,lambdaperturbada[i]);
p6<- dpois(6,lambdaperturbada[i]);
p7<- dpois(7,lambdaperturbada[i]);
p8<- dpois(8,lambdaperturbada[i]);
p9<- dpois(9,lambdaperturbada[i]);
p10<- dpois(10,lambdaperturbada[i]);
p11<- dpois(11,lambdaperturbada[i]);
M<-
matrix(c(p0,p0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,p1,0,p0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,p2,p1,0,p0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,p3,p2,p1,0,p0,0,0,0,0,0,0,0,0,p4,p3,p2,p1,0,p0,0,0,0,0,0,0,0,0,p5,p4,p3,p2,p1,0,p0,0,0,0,0,0,0,0,0,p6,p5,p4,p3,p2,p1,0,p0,0,0,0,0,0,0,0,0,p7,p6,p5,p4,p3,p2,p1,0,p0,0,0,0,0,0,0,0,0,p8,p7,p6,p5,p4,p3,p2,p1,0,p0,0,0,0,0,0,0,0,0,p9,p8,p7,p6,p5,p4,p3,p2,p1,0,p0,0,0,0,0,0,0,0,0,p10,p9,p8,p7,p6,p5,p4,p3,p2,p1,0,p0,0,0,0,0,0,0,0,0,p11,p10,p9,p8,p7,p6,p5,p4,p3,p2,p1,0,p0,1-p0-p1-p2-p3-p4-p5-p6-p7-p8-p9-p10-p11,1-p0-p1-p2-p3-p4-p5-p6-p7-p8-p9-p10,1-p0-p1-p2-p3-p4-p5-p6-p7-p8-p9,1-p0-p1-p2-p3-p4-p5-p6-p7-p8,1-p0-p1-p2-p3-p4-p5-p6-p7,1-p0-p1-p2-p3-p4-p5-p6,1-p0-p1-p2-p3-p4-p5,1-p0-p1-p2-p3-p4,1-p0-p1-p2-p3,1-p0-p1-p2,1-p0-p1,1-p0,1-p0),nrow=13,ncol=13);
pi<- eigen(t(M))$vectors[,1];
pi<-pi/sum(pi);
pi<-Re(pi);
bmedia[i]<- sum(pi*b)}
```

```
eficiencia<- (log(bmedia[2])-log(bmedia[1]))/(log(lambdaperturbada[2])-log(lambdaperturbada[1]))
eficiencia
```

- **Cálculos para el momento inicial:**

```
P0<-c(0,0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0);P0
b<-c(0.4,0.45,0.5,0.6,0.7,0.8,0.9,1,1.2,1.4,1.6,1.8,2);b
bmedia0<-sum(b*P0);bmedia0
CV0<-((sum(((b-bmedia0)^2)*pi))^0.5)/bmedia0;CVar0
TV0<-sum(abs(P0-pi));TV0
```

- **Cálculos para el momento t=1:**

```
P1<-t(M)%*%P0;P1
b<-c(0.4,0.45,0.5,0.6,0.7,0.8,0.9,1,1.2,1.4,1.6,1.8,2);b
bmedia1<-sum(b*P1);bmedia1
CV1<-((sum(((b-bmedia1)^2)*pi))^0.5)/bmedia1;CVar1
TV1<-sum(abs(P1-pi));TV1
```

- **Cálculos para el momento t=5:**

```
P5<-P0
for (k in 1:5) P5<-t(M)%*%P5
P5
b<-c(0.4,0.45,0.5,0.6,0.7,0.8,0.9,1,1.2,1.4,1.6,1.8,2);b
bmedia5<-sum(b*P5);bmedia5
CV5<-((sum(((b-bmedia5)^2)*pi))^0.5)/bmedia5;CVar5
TV5<-sum(abs(P5-pi));TV5
```

- **Cálculos para el momento t=10:**

```
P10<-P0
for (k in 1:10) P10<-t(M)%*%P10
P10
b<-c(0.4,0.45,0.5,0.6,0.7,0.8,0.9,1,1.2,1.4,1.6,1.8,2);b
bmedia10<-sum(b*P10);bmedia10
CV10<-((sum(((b-bmedia10)^2)*pi))^0.5)/bmedia10;CVar10
TV10<-sum(abs(P10-pi));TV10
```

- **Cálculos para el momento t=20:**

```
P20<-P0
for (k in 1:20) P20<-t(M)%*%P20
P20
b<-c(0.4,0.45,0.5,0.6,0.7,0.8,0.9,1,1.2,1.4,1.6,1.8,2);b
bmedia20<-sum(b*P20);bmedia20
CV20<-((sum(((b-bmedia20)^2)*pi))^0.5)/bmedia20;CVar20
TV20<-sum(abs(P20-pi));TV20
```

- **Cálculos para el momento t=30:**

```
P30<-P0
for (k in 1:30) P30<-t(M)%*%P30
P30
b<-c(0.4,0.45,0.5,0.6,0.7,0.8,0.9,1,1.2,1.4,1.6,1.8,2);b
bmedia30<-sum(b*P30);bmedia30
CV30<-((sum(((b-bmedia30)^2)*pi))^0.5)/bmedia30;CVar30
TV30<-sum(abs(P30-pi));TV30
```