



Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Económicas



Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de Buenos Aires

Centro Interamericano de Estudios de Seguridad Social

Tesis

“Diseño y tarificación del Seguro de Gastos Médicos Mayores Individual “

Maestría en Gestión Actuarial de la Seguridad Social

Presenta:

Mario Alvarado Rodríguez

Director de tesis:

M.Sc. Rodrigo Arias López

Buenos Aires, Argentina 2018

San José, Costa Rica, 14 de diciembre de 2018

Señores

Facultad de Ciencias Económicas

Universidad de Buenos Aires

Estimados señores:

Por medio de la presente hago de su conocimiento que he revisado el trabajo de investigación “Diseño y tarifación del Seguro de Gastos Médicos Mayores individual” realizado por el Sr. Mario Alvarado Rodríguez para optar por el título de “Maestría Gestión Actuarial de Seguridad Social”, impartido por el Centro Interamericano de Seguridad Social (CIESS) y la Universidad de Buenos Aires, al cual le realicé observaciones que fueron incorporados a la versión final, con lo cual me siento satisfecho y lo apruebo para que continúe con el trámite.

Atentamente,



MSc. Rodrigo Arias López

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación es efectuar el diseño y tarificación de un Seguro de Gastos Médicos Mayores, modalidad individual.

Los seguros de salud o más conocidos como seguros de gastos médicos están diseñados para brindar cobertura al asegurado titular y a su núcleo familiar ante cualquier eventualidad de salud que estos puedan sufrir.

La salud es un derecho inherente al ser humano y su preservación es una obligación de los Estados, en quienes recae la labor de garantizar las condiciones de acceso de las personas a sistemas de salud en condiciones de equidad y calidad.

Los seguros de salud tienen una función social muy importante pues contribuyen al mejoramiento de las condiciones de salud de la población, no solo por su carácter de asistencia, sino más aún por las iniciativas de prevención que de ellas se derivan y las cuales tienen como propósito hacer un control de las pérdidas. Asimismo, estos alivian la carga sobre el sistema público de salud y los impactos en las finanzas de las familias, al tiempo que contribuyen al desarrollo tecnológico y a la investigación, bajo el principio que resulta más eficiente promover, prevenir y detectar tempranamente con el fin de controlar la siniestralidad.

Un seguro de salud es un respaldo valioso que ofrece apoyo en caso de emergencia, ya sea por algún accidente o enfermedad y, además, ayuda a resguardar la salud y el bienestar, pues en la actualidad recibir atención médica se vuelve cada día más complejo y costoso.

Como parte del estudio, se analizarán las coberturas del producto de Gastos Médicos Mayores que se ofrecen en el mercado, la población meta a la que está orientada esta clase de productos y se realizará la valoración del perfil de cliente al que se podría ofrecer en Costa Rica. Más adelante, se revisan los datos de la Encuesta Nacional de Hogares de Propósitos Múltiples, con la finalidad de revisar la

composición etaria de la población, los ingresos promedio de los hogares, para definir el posible perfil del cliente potencial que estaría en capacidad económica de adquirir este tipo de producto.

Para el diseño del producto, se analizarán las coberturas ofrecidas por algunas compañías de seguros que operan en Costa Rica y en el mercado internacional, así como las exclusiones para definir las coberturas y exclusiones del producto de Gastos Médicos Mayores.

Para determinar las primas del seguro de gastos médicos mayores, se emplean datos estadísticos de aseguramiento y reclamos obtenidos de las bases de datos del INS, con factores de ajuste para proteger la confidencialidad de la información.

En el presente trabajo se documentan diferentes técnicas actuariales para tarifar este tipo de productos sin embargo, con fines académicos, se realizará el cálculo de primas de riesgo por medio de teoría de riesgos, es decir modelando la distribución de la frecuencia y severidad, para lo cual se emplea la versión de prueba 7.6 del software @Risk de la Empresa Palisade, la cual es una herramienta revolucionaria y muy completa que permite ajustar las distribuciones de frecuencia y severidad, así como simular las primas de riesgo a través de la función RiskCompound.

ABSTRACT

The objective of this research is to design and rate a Major Medical Expenses Insurance, individual modality.

Health insurance or better known as medical expenses insurance are designed to provide coverage to the insured owner and their family in case of any health event they may suffer.

Health is an inherent right of the human being and its preservation is an obligation of the States, in whom falls the task of guaranteeing the conditions of access of people to health systems in conditions of equity and quality.

Health insurance has a very important social function because it contributes to the improvement of the health conditions of the population, not only because of its nature of assistance, but even more so because of the prevention initiatives that derive from them and which have as their purpose make a control of the losses. They also relieve the burden on the public health system and the impacts on family finances, while contributing to technological development and research, under the principle that it is more efficient to promote, prevent and detect early in order to control the accident rate.

A health insurance is a valuable support that offers support in case of emergency, whether due to an accident or illness and, in addition, helps to protect health and well-being, because currently receiving medical care becomes increasingly complex and expensive.

As part of the study, we will analyze the coverage of the Major Medical Expenses product offered in the market, the target population to which this class of products is oriented and the assessment of the client profile that could be offered in Costa Rica. Later, we review the data from the National Household Survey of Multiple Purposes, in order to review the age composition of the population, the average income of households, to define the potential profile of the potential client that would be in economic capacity of Acquire this type of product.

For the design of the product, the coverage offered by some insurance companies operating in Costa Rica and in the international market will be analyzed, as well as the exclusions to define the coverage and exclusions of the Major Medical Expenses product.

To determine insurance premiums for major medical expenses, statistical insurance and claims data obtained from the INS databases are used, with adjustment factors to protect the confidentiality of the information.

In the present work, different actuarial techniques are documented to rate this type of products; however, for academic purposes, the calculation of risk premiums will be carried out by means of risk theory, that is, by modeling the frequency and severity distribution, which is used in test version 7.6 of Palisade's @Risk software, which is a very powerful tool for modeling frequency and severity distributions, as well as the simulation of risk premiums through the RiskCompound function.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por acompañarme siempre, por darme las fuerzas para culminar mis estudios y cuidar a mis seres queridos.

A mis padres por darme la oportunidad de nacer y enseñarme los valores y principios que han regido mi vida todos estos años. A mi esposa, por su amor y apoyo incondicional, a mis hijos por ser mi fuente de inspiración, a mis compañeros de estudio por las palabras de aliento, sabios consejos, por compartirme su conocimiento y su amistad.

Al personal administrativo y profesores de la Maestría Gestión Actuarial de la Seguridad Social, por su esmero en la excelente plataforma virtual de aprendizaje, por la calidad del material didáctico de los cursos, por estar presentes siempre atentos a nuestras consultas y a la Universidad de Buenos Aires por pensar en esta Maestría y hacerla realidad, gracias infinitas a todos los que han sido parte de mi educación.

A Don Rodrigo Arias López, quien es un reconocido profesor en la formación profesionales en la carrera de Actuaría de la Universidad de Costa Rica, una persona muy crítica en la búsqueda de soluciones de los problemas que afectan al Sistema de Pensiones del Régimen del IVM y defensor del sistema de seguridad social de nuestro país, por ofrecerme su ayuda como tutor, motivarme a presentar este trabajo final y dedicar tiempo a revisar mis avances y brindarme todo su apoyo en este proceso.

Contenido

1. MARCO INTRODUCTORIO	11
1.1. ANTECEDENTES	11
1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	13
1.3 CONTEXTO	14
1.4 UTILIDAD	15
1.5 RELEVANCIA Y JUSTIFICACIÓN.....	16
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	18
2.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE LA TESIS	18
2.2. OBJETIVOS: GENERAL Y ESPECÍFICOS.....	19
2.2.1. Objetivo General:	19
2.2.2. Objetivos Específicos:	20
2.3. Hipótesis.....	20
3. MARCO TEÓRICO	21
3.1 CONCEPTOS INTRODUCTORIOS.....	21
3.2 SEGURO DE GASTOS MÉDICOS MAYORES.....	24
3.3 TARIFACIÓN	29
3.4 TIPOS DE TARIFACIÓN.....	30
3.5 PROPIEDADES Y PRINCIPIOS DEL CÁLCULO DE PRIMAS	32
3.6 PRIMA DE RIESGO, COLECTIVA Y BAYES.....	42
3.7 LA TEORÍA DE CREDIBILIDAD	44
3.7.1 Cálculo de primas bonus –malus con Método bayesiano.....	46
3.7.2 Credibilidad total.....	46
3.7.3 Credibilidad parcial	47
3.7.4 Credibilidad e inferencia bayesiana.....	48
3.8 MODELOS PROBABILÍSTICOS	50
3.9 TEORÍA DE RIESGO: MODELO INDIVIDUAL Y COLECTIVO	51
3.10 MODELO INDIVIDUAL	52
3.11 FÓRMULA DE PRIL	55
3.12 MODELO COLECTIVO.....	57
3.13 MODELO BINOMIAL COMPUESTO	59
3.14 MODELO BINOMIAL NEGATIVO COMPUESTO	60
3.16 MODELO POISSON COMPUESTO ASOCIADO AL MODELO INDIVIDUAL	61
3.17 FRECUENCIA Y SEVERIDAD MODIFICACIONES DE COBERTURA	62

3.18 DEDUCIBLES	62
4. METODOLOGÍA.....	73
4.1 TIPO DE ESTUDIO	73
4.2. FUENTES DE DATOS Y HERRAMIENTAS PARA SU PROCESAMIENTO	73
4.3. DEFINICIÓN DE LA UNIDAD DE ANÁLISIS, VARIABLES Y DIMENSIONES	74
5. DESARROLLO Y HALLAZGOS	75
5.1 COBERTURAS DEL SEGURO DE GASTOS MÉDICOS MAYORES.....	75
5.2 MERCADO META PARA EL SEGURO DE GASTOS MÉDICOS MAYORES	92
5.3 TARIFACIÓN DEL SEGURO DE GASTOS MÉDICOS MAYORES.....	94
6. CONCLUSIONES	103
8. RECOMENDACIONES	105
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	106

Lista de tablas y gráficos

Cuadro No.	Descripción	Página
1	Cantidad de productos de Gastos Médicos inscritos en SUGESE al 19-08-2018	15
2	Distribución del ingreso por primas en Salud Costa Rica	16
3	Riesgos asegurados INS Medical Individual al 31-12-2017	17
5.1	Composición etaria de la población de Costa Rica período 2011-2018	92
5.2	Cantidad de hogares y promedios de ingreso por hogar en Costa Rica	93
	Cantidad de siniestros por período de ocurrencia y rango de edad Seguro de INS Medical Individual Período 2013-2018	96
5.3	Individual Período 2013-2018	96
5.4	Cartera expuesta por período y rango de edad Seguro INS Medical Período 2013-2018	96
5.5	Promedio de siniestros por rangos de edad Seguro de INS Medical Período 2013-2018	97
5.6	Funciones de frecuencia y severidad para opción de monto de 25 millones de colones	98
5.7	Funciones de frecuencia y severidad para opción de monto de 50 millones de colones	98
5.8	Función compuesta por cada rango de edad, opción de monto y deducible	99
5.9	Primas de riesgo anuales por opción de monto y deducible	99
5.10	Recargos multiplicativos	100
5.11	Primas comerciales anuales por opción de monto y deducible	101
Figura No.	Descripción	Página
1	Función cóncava	38
2	Función convexa	38
3	Representación geométrica principio del porcentaje	40
4	Orden que guardan las funciones $F(x)$ y $G(x)$ (x)	42
5	Función de distribución $F_j(x)$	54
6	Modelo de reclamaciones De Pril	56
7	Modelo colectivo	57
8	Modelo de reclamaciones de Pril	58
9	Primas comerciales anuales Opción de 25.000.000	101
10	Primas comerciales anuales Opción de 50.000.000	102

LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

CCSS:	Caja Costarricense de Seguro Social
CIESS:	Centro Interamericano de Estudios de la Seguridad Social
INEC:	Instituto Nacional de Estadística y Censos
INS:	Instituto Nacional de Seguros
IPS:	Índice de Precios de los Servicios
PSP:	Provisión de siniestros Pendientes
SUGESE:	Superintendencia General de Seguros
UBA:	Universidad de Buenos Aires
UNED:	Universidad Nacional Estatal a Distancia

1. MARCO INTRODUCTORIO

1.1. ANTECEDENTES

En Costa Rica, la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS), tiene la misión de proporcionar los servicios de salud en forma integral al individuo, la familia y la comunidad, así como otorgar la protección económica, social y de pensiones, conforme la legislación vigente, sin embargo en los últimos años los servicios de salud de esta benemérita institución han entrado en crisis, tal y como se informa en el Semanario Universidad, en su publicación del 27 de febrero de 2018, “Estudio de la UNED sobre el seguro social“, la deuda del Estado y el problema estructural del empleo que tiene Costa Rica junto a otras causas, están en la base de la crisis.

El cambio en el perfil demográfico y perfil epidemiológico que ha experimentado Costa Rica en las últimas décadas, junto a problemas como la evasión de pagos y la morosidad de pago de contribuciones, se analizan también en la investigación titulada “Orígenes políticos y económicos de la crisis de la CCSS”, realizada por Andrey Badilla Solano del Centro de Investigación en Cultura y Desarrollo de la Universidad Nacional Estatal a Distancia (UNED). El estudio indica que esta crisis se traduce en el rezago de década y media en construcciones nuevas, equipamiento de clínicas y hospitales, insuficiencia de médicos especialistas y otros servicios médicos, con listas de espera que postergan por meses y años las citas médicas.

Ante la crisis de la seguridad social, algunos ciudadanos han optado por recurrir por la vía legal, por medio de recursos de amparo ante la Sala Constitucional, con la intención que se les asigne citas en menores plazos, pues en muchos casos no reciben la atención oportuna, al respecto el periódico Crhoy en su publicación del 31-05-2018 menciona que los Magistrados volvieron a llamarle a “jalarle las orejas” a la CCSS por las listas de espera de pacientes, pues para el corte del 29-05-2018 la Sala Constitucional había recibido un total de 2.848 denuncias de usuarios por los problemas con los servicios de salud. (Crhoy, 2018)

El tema de la presente investigación precisamente corresponde al diseño y tarificación de un Seguro de Gastos Médicos Mayores, como una alternativa para que las personas reciban servicios de salud de forma oportuna y podría colaborar con la seguridad social para disminuir las listas de espera.

Este trabajo está muy relacionado con el programa de estudio de la Maestría Gestión Actuarial de la Seguridad Social, puesto que en la carrera una buena parte de la temática giró en torno a los problemas y retos que afronta la seguridad social, al estudio de la matemática financiera, al cálculo de probabilidades y en especial al cálculo actuarial, este último muy relacionado con la ecuación fundamental que sustenta el equilibrio de un producto: el valor presente de las primas debe ser equivalente al valor esperado de los beneficios y gastos operativos del negocio.

Los seguros privados contribuyen de forma directa a solucionar varios problemas a la seguridad social, pues según diversos estudios y autores, el crecimiento y envejecimiento de la población supera con creces la capacidad instalada y los recursos disponibles del Estado para atender la demanda de los servicios médicos y en ciertos casos de enfermedades muy complejas, a la seguridad social le resulta difícil costear los tratamientos médicos.

La mayoría de las personas normalmente carece de suficientes recursos económicos para afrontar los gastos médicos de enfermedades de alta complejidad, por lo que es de vital importancia contar con un seguro de gastos médicos mayores, el cual es un valioso respaldo en caso de una emergencia, ya sea por un accidente o enfermedad, por lo que el seguro se convierte en un buen instrumento para resguardar la salud y el bienestar de las personas, lo cual me motiva a investigar sobre este tema, dado que el seguro de gastos médicos mayores bien definido en cuanto a beneficios, podría estar al alcance de un amplio sector de la población con ingresos medios y altos.

1.2. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Sin lugar a dudas, la salud es uno de los dones más preciados para el ser humano, por lo cual el seguro de gastos médicos mayores viene a complementar esa necesidad de protección, pues tiene por objetivo resarcir la mayor parte de los gastos derivados de accidentes o enfermedades, por lo cual en caso de presentarse uno de los riesgos cubiertos, evita al individuo tener que realizar un desembolso de dinero que le afecte significativamente su economía y la estabilidad familiar.

En la presente investigación se documentará la metodología actuarial para el cálculo de la prima comercial de un Seguro de Gastos Médicos Mayores Individual, para el caso práctico se analizarán las distribuciones de frecuencia y severidad de los reclamos de un seguro de gastos médicos comercializado por el INS, por medio de la herramienta @Risk de Palisade y se propondrán las posibles tarifas del producto con base en la experiencia siniestral recopilada.

En Costa Rica, una persona que sufre un accidente o enfermedad puede ser amparada por medio del sistema de seguridad social, ya sea a través del seguro de salud a cargo de la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS) o por medio de uno de los Seguros Obligatorios: Seguro Obligatorio de Automóviles (SOA) o Seguro de Riesgos del Trabajo a cargo del Instituto Nacional de Seguros (INS), sin embargo no toda la población está amparada y la que sí está cubierta se expone al riesgo de que la cobertura sea insuficiente o a no recibir a tiempo el tratamiento.

Durante más de 84 años, el mercado de seguros de Costa Rica funcionó como monopolio bajo la dirección del Instituto Nacional de Seguros (INS), pero a partir de agosto 2008 se abrió el mercado de seguros con motivo de la aprobación del Tratado de Libre Comercio entre Costa Rica, Estados Unidos, Centroamérica y República Dominicana, por lo cual para mantener el liderazgo el INS debe brindar a los costarricenses productos que cubran sus necesidades más importantes como lo es el acceso a los servicios médicos mayores.

En el caso del seguro de salud a cargo de la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS), en los últimos años los servicios han perdido calidad, pues se generan grandes listas de espera casi interminables para recibir ciertos servicios básicos como exámenes de diagnóstico o para programar ciertas cirugías.

El tema de investigación se relaciona con algunos de los contenidos de la Maestría Gestión Actuarial de la Seguridad Social, por cuanto como Actuarios podemos ayudar a la sociedad aportando nuestros conocimientos al desarrollo de productos que permitan atender las distintas necesidades de las personas que la seguridad social no puede resolver, como es el poder tener acceso por medio de un seguro a los servicios de salud, sean estos privados o públicos y pese a que los seguros privados tienen fines de lucro, estos colaboran y son complementarios a los servicios que puede brindar la seguridad social de cada país, por lo cual encuentro muy aplicables los conocimientos de la Maestría.

1.3 CONTEXTO

El INS es una institución de seguros que pertenece al Estado de Costa Rica, se fundó el 30 de octubre de 1924 durante la Administración del Licenciado Ricardo Jiménez Oreamuno, siendo el Licenciado Tomás Soley Güell, Secretario de Hacienda y Comercio, el gestor del proyecto de su creación.

Desde su creación, el INS tuvo a su cargo la administración del monopolio de los seguros hasta el 07 de agosto de 2008, debido a la entrada en vigencia de la Ley 8653, “Ley Reguladora del Mercado de Seguros”, la cual abrió el mercado de seguros a la competencia.

De acuerdo con el boletín sobre el Sector Seguros de diciembre 2017, publicado por SUGESE, el Mercado Asegurador costarricense se compone de 13 compañías de seguros activas, el INS tiene una cuota de mercado total del 75% y en seguros voluntarios mantiene un 67%.

1.4 UTILIDAD

A nivel individual, contar con un seguro de gastos médicos es muy relevante para evitar que el patrimonio familiar se vea afectado por una eventualidad o peor aún perderse todo.

El trabajo de investigación a desarrollar es importante pues el diseño y tarificación de un Seguro de Gastos Médicos Mayores podría ser útil para que la administración del INS implemente un nuevo seguro para atender las necesidades de una parte de la población con recursos medios y altos con capacidad de contratar gastos médicos mayores para complementar la protección de la seguridad social, contribuyendo a mejorar los ingresos de la líneas de gastos médicos individual ante la pérdida de cuota de mercado con motivo de la competencia con otras aseguradoras que ofrecen diversos productos de gastos médicos.

Al 19 de agosto 2018 en el mercado costarricense habían registrados 60 productos de la línea de gastos médicos, la mayor parte de los productos pertenecen a Best Meridian, INS y Triple S:

Cuadro No. 1

Cantidad de productos de Gastos Médicos inscritos en SUGESE al 19-08-2018

NOMBRE DE LA ASEGURADORA	CANTIDAD DE PRODUCTOS
BEST MERIDIAN INSURANCE COMPANY	12
INSTITUTO NACIONAL DE SEGUROS	10
TRIPLE-S BLUE INC	10
ASEGURADORA DEL ISTMO (ADISA) S.A.	7
PAN AMERICAN LIFE INSURANCE DE COSTA RICA, S.A.	7
ASSA COMPAÑÍA DE SEGUROS, S.A.	4
SAGICOR COSTA RICA S.A.	4
MAPFRE SEGUROS COSTA RICA S.A.	3
SEGUROS DEL MAGISTERIO S.A.	3
TOTAL GENERAL	60

Fuente: Elaboración propia con datos de SUGESE, Costa Rica.

En cuanto a la participación de mercado, al cierre del 2017 la Aseguradora PAN AMERICAN LIFE y el INS tienen cada uno un 38% del ingreso por primas; del 2016 a 2017 el INS perdió un 5% de cuota de mercado, debido al crecimiento de las otras aseguradoras, como muestra el cuadro siguiente:

Cuadro No. 2 Distribución del ingreso por primas en Salud Costa Rica

ASEGURADORA	2017	2016	DESVIACIÓN
INSTITUTO NACIONAL DE SEGUROS	38%	43%	-5%
PAN AMERICAN LIFE INSURANCE DE COSTA RICA, S.A.	38%	35%	3%
TRIPLE-S BLUE INC	6%	5%	1%
ASEGURADORA DEL ISTMO (ADISA) S.A.	6%	6%	0%
BEST MERIDIAN INSURANCE COMPANY	6%	5%	1%
ASSA COMPAÑÍA DE SEGUROS, S.A.	4%	4%	0%
MAPFRE SEGUROS COSTA RICA S.A.	2%	2%	0%
SAGICOR	0%	0%	0%

Fuente: Elaboración propia con datos de boletín de SUGESE a 12-2017

1.5 RELEVANCIA Y JUSTIFICACIÓN

La situación por la que atraviesa el seguro de salud de la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS) impide que muchos asegurados puedan recibir la oportuna atención de salud que merecen, por lo cual hay una imperante necesidad de contar con seguros de salud privados, para que las personas mediante la protección de este tipo de seguro puedan recibir atención oportuna y de calidad en centros médicos y hospitales privados.

En un mercado en competencia, el INS requiere ofrecer una amplia gama de productos, en los cuales no puede faltar un Seguro de Gastos Médicos Mayores, el cual puede resultar una excelente oportunidad para hacer negocios y en la actualidad diversos intermediarios de seguros han externado

la necesidad de contar con este tipo de productos, por lo cual se considera de mucha importancia poder plantear como primer paso una metodología general para el cálculo de las tarifas.

En la modalidad individual de gastos médicos, el INS solo ofrece dos productos de INS Medical con cobertura Regional o Internacional, con sumas aseguradas de \$200.000 y \$2.000.000, respectivamente. En el caso del Seguro INS Medical Internacional se ofrece con tres deducibles a saber: \$5.000, \$10.000 y \$15.000, tales deducibles se consideran muy elevados, puesto que según datos del Instituto Nacional de Estadístico y Censo (INEC), la mayoría de la población ocupada de Costa Rica (87%) tiene salarios por debajo de 1.000.000 de colones (unos \$1.637 dólares al tipo de cambio de venta 610,74 colones por cada dólar), por lo cual no tienen capacidad de asumir una porción tan elevada de los gastos, razón por la cual es necesario valorar cambios en dichos deducibles o en la sumas aseguradas para que sean más accesibles para la población.

En el siguiente cuadro se muestra la cantidad de riesgos asegurados en los seguros de INS Medical modalidad individual, para el corte del 31-12-2017 solo están asegurados un total de 661 riesgos en el producto Grandes Deducibles, el cual se asemeja al producto de Gastos Médicos Mayores que se está analizando en la presente investigación:

Cuadro No. 3 Riesgos asegurados INS Medical Individual al 31-12-2017

Producto	Riesgos asegurados
Regional	3.847
Internacional	7.419
Grandes Deducibles	661
Total	11.927

Fuente: Elaboración propia con datos de Administración de sistemas.

En un mercado cada vez más competitivo, la fijación de las primas de seguro se convierte en una tarea primordial para las compañías aseguradoras. Cuanto mayor conocimiento se tenga sobre el riesgo a cubrir, más exacto será el cálculo de la prima de seguro.

La tendencia es que los costos médicos han ido creciendo sostenidamente, se ha producido un envejecimiento de la población y los consumidores tienen necesidades crecientes y cambiantes, aumentado la exigencia de mayor información, calidad y tecnología en sus atenciones médicas. Por otra parte, las compañías de seguros que participan en el mercado de seguros de salud están expuestas a diversos riesgos actuariales y financieros.

Uno de los riesgos actuariales corresponde al riesgo de tarificación, en cuanto a la incertidumbre acerca de resultados futuros tales como ingresos de inversión, tasas de mortalidad y morbilidad, gastos administrativos y ventas. Si los supuestos utilizados en la tarificación de seguros son erróneos, no se podrán cumplir las obligaciones con los accionistas. En este contexto, uno de los factores determinantes para participar en este mercado es lo que se denomina “underwriting” o suscripción de seguros, que consta, por una parte, sobre cómo determinar la tarifa del seguro y por otra, cómo seleccionar los riesgos, para tener una cartera de riesgo controlado, y con una prima suficiente para que el negocio sea rentable en su conjunto.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE LA TESIS

De acuerdo con la información que reporta la SUGESE de Costa Rica, el INS año tras año viene perdiendo cuota de mercado en los seguros de salud y no cuenta en la actualidad con un seguro de gastos médicos mayores individual para las personas de ingresos medios, el único producto similar que ofrece es el INS Medical Grandes Deducibles, con una cartera asegurada de 661 riesgos a

diciembre 2017, por lo cual si se desea aumentar las ventas en los seguros de salud, es importante estudiar el diseño y tarificación del Seguro de Gastos Médicos Mayores.

Durante más de 84 años, el mercado de seguros de Costa Rica funcionó como monopolio bajo la dirección del Instituto Nacional de Seguros (INS), pero a partir de agosto de 2008 tiene lugar la apertura del mercado de seguros con motivo del Tratado de libre comercio entre Costa Rica, Estados Unidos, Centroamérica y República Dominicana, por lo cual el INS para mantenerse como líder en este mercado debe brindar a los costarricenses productos que cubran sus necesidades más importantes como lo es el acceso a los servicios médicos mayores y a un precio competitivo.

El tema de investigación se relaciona mucho con los contenidos de la Maestría Gestión Actuarial de la Seguridad Social, en los temas abordados en las asignaturas de cálculo actuarial del seguro de personas, demografía, estadística, cálculo diferencial e integral, álgebra lineal, entre otras y por el énfasis de la carrera en aspectos relacionados con la seguridad social, en nuestro rol como Actuarios podemos contribuir con nuestros conocimientos para el desarrollo de productos que permitan atender las distintas necesidades de las personas no satisfechas por la seguridad social, como es el tener acceso por medio de un seguro a los servicios de salud, sean estos privados o públicos. Aunque los seguros privados tienen fines de lucro, estos productos contribuyen de forma significativa con la sociedad y son complementarios a los servicios que debería brindar la seguridad social, por lo cual encuentro muy aplicables los conocimientos de la Maestría en el diseño y tarificación de un Seguro de Gastos Médicos Mayores.

2.2. OBJETIVOS: GENERAL Y ESPECÍFICOS.

2.2.1. Objetivo General:

Diseñar un seguro de gastos médicos mayores y desarrollar la metodología de cálculo de sus primas de riesgo y comerciales.

2.2.2. Objetivos Específicos:

1. Investigar las coberturas y el funcionamiento de un seguro de gastos médicos mayores.
2. Investigar métodos de tarificación y diseño de seguros de gastos médicos mayores.
3. Diseñar un seguro de gastos médicos mayores.
4. Desarrollar la metodología de cálculo de las primas del seguro diseñado utilizando teoría de riesgo.
5. Definir el perfil del asegurado que podría adquirir un seguro de gastos médicos mayores.

2.3. Hipótesis

El Instituto Nacional de Seguros de Costa Rica no cuenta con un seguro de gastos médicos mayores individual para la población con ingresos medios y altos.

3. MARCO TEÓRICO

Antes de profundizar en el estudio del seguro de gastos médicos mayores, es necesario introducir algunos conceptos sobre riesgos, seguros personales, seguros de gastos médicos mayores, el contrato de seguros y las metodologías de tarificación.

3.1 CONCEPTOS INTRODUCTORIOS

Definición 1: definición de riesgo

El Diccionario de la Lengua Española, define riesgo como:

“Contingencia o proximidad de un daño.

Cada una de las contingencias que pueden ser objeto de un contrato de seguros”. (Real Academia Española, 2018)

El riesgo, en términos generales, lo podemos definir como la posibilidad de que ocurra un acontecimiento incierto, fortuito y de consecuencias económicas negativas o dañosas, lo cual precisamente, es el campo de acción de los seguros. (Mapfre, Seguros de Vida y Salud, 2010)

Según Nieto y Vegas ((Nieto de Alba & Vegas Asensio, 1993), en el marco legal español los seguros de accidentes y enfermedad forman parte de los seguros de no vida, entre las características más relevantes se encuentran las siguientes:

1. Son operaciones a corto plazo. En la mayoría de los casos la duración es anual, renovable tácitamente, por lo que el interés no juega un papel tan importante como en los seguros de vida.
2. Las probabilidades de los sucesos que dan lugar al pago de las indemnizaciones no dependen de un único factor, sino que existe un gran número de factores que dan lugar a una mayor complejidad en los problemas de tarificación.
3. Las prestaciones o indemnizaciones están en función de la cuantía del daño, lo cual está dado por una variable aleatoria.

4. Las primas cubren normalmente el riesgo del período correspondiente y no contemplan el componente de ahorro a diferencia de los seguros de vida.
5. Los problemas de estabilidad son más complejos que en el seguro de vida, por la fluctuación de los valores medios (primas), en cambio en los seguros de vida las provisiones matemáticas juegan un papel estabilizador.
6. En la evolución temporal de la siniestralidad influye, en gran medida el entorno socioeconómico, especialmente en determinados ramos, como por ejemplo responsabilidad civil y robo, entre otros, a diferencia de vida, excepto en la contingencia de invalidez. (p.160-161)

Aspectos peculiares de los seguros personales

La naturaleza y principios de los seguros personales difieren notablemente del resto por las siguientes razones:

1. En los seguros personales no existe una valoración objetiva, sino subjetiva. Hay que tener en cuenta que el bien asegurado es la propia persona como sujeto expuesto al riesgo, y esto no admite una única cuantía o baremo, sino tantas como situaciones pueda contemplar. Es evidente que la vida o el fallecimiento no valen igual para todas las personas y, por lo tanto, no se puede hablar de indemnizar un daño concreto con un coste equivalente en todos los casos. Cada padre de familia representa un valor monetario distinto para los que dependen de él.

Por lo anterior, las sumas aseguradas se fijan atendiendo a las necesidades y posibilidades económicas de cada cuál, pues no se trata de resarcir un daño sino proporcionar al asegurado una protección, un respaldo monetario ante diferentes circunstancias. Es por la voluntad de cada uno por lo que se establece el importe de su seguro, sin atender a criterios sujetos a una norma determinada y objetiva. (Mapfre, Seguros de Vida y Salud, 2010)

En seguros personales, el riesgo a asegurar siempre recae sobre una persona en concreto, con la exigencia de que, si el tomador es diferente, se requiere el consentimiento de este último para la contratación y existe una edad mínima para la contratación del seguro. (Mapfre, Seguros de Vida y Salud, 2010)

Como cuarto aspecto, aparece la figura del beneficiario cuya importancia es fundamental sobre todo en seguros denominados de riesgo. (Mapfre, Seguros de Vida y Salud, 2010)

El evento cubierto no es necesariamente una circunstancia dañosa. Existen modalidades de seguro de vida o salud que, por ejemplo, no buscan compensar económicamente al titular, sino canalizar un ahorro para su futuro o prestarle un servicio asistencial. (Mapfre, Seguros de Vida y Salud, 2010)

De acuerdo con la Ley Reguladora del Contrato de seguros de Costa Rica, el contrato de seguros es aquel en que el asegurador se obliga, contra el pago de una prima y en el caso de que se produzca un evento cuyo riesgo es objeto de cobertura, a indemnizar el daño producido a la persona asegurada, o a satisfacer un capital, una renta u otras prestaciones dentro de los límites y las condiciones convenidas. El artículo 8 establece los elementos esenciales del contrato de seguro:

"Artículo 8 Elementos esenciales del contrato de seguro

Son elementos esenciales del contrato de seguro:

- a) El consentimiento de las partes.
- b) El interés asegurable presente o futuro.
- c) El riesgo asegurable.
- d) La prima del seguro o el procedimiento para determinarla.
- e) La obligación del asegurador.

Será absolutamente nulo el contrato de seguro que carezca de algo de estos elementos esenciales."
(Asamblea Legislativa, 2011)

3.2 SEGURO DE GASTOS MÉDICOS MAYORES

Definición 2: Definición de seguro de gastos médicos mayores

Existen varias definiciones del seguro de gastos médicos mayores, como las siguientes:

El seguro de gastos médicos mayores es el producto financiero que, a cambio de una prima (costo de seguro), si el titular o familiares incluidos en la póliza, se enferman o sufren un accidente, cubre los gastos médicos generados por el evento hasta la suma asegurada. (Guzmán, 2008)

Según afirma Guzmán (2008), el seguro de gastos médicos mayores es un instrumento financiero que permite hacer frente a impactos económicos que pueden desestabilizar el patrimonio familiar al atender problemas de salud, principalmente aquellas que requieren atención médico-quirúrgica en un hospital, por un accidente o una enfermedad cubierto y ha representado desde sus inicios, uno de los seguros que persigue de manera directa, el bienestar de las personas mediante el mantenimiento o restablecimiento de la salud y ha propiciado el pleno uso de los recursos médicos pues ofrece siempre aquellos que son efectivos, que garantizan una rápida recuperación del asegurado. (p.11)

Entre las coberturas que todos debemos tener, la de gastos médicos mayores puede ser la más compleja, por lo cual es muy importante conocer y entender conceptos como suma asegurada, coberturas, exclusiones, deducible, coaseguro y tabla de honorarios quirúrgicos entre otros aspectos, para conocer el verdadero alcance de la póliza.

De acuerdo con Vaughan (2007), la póliza de gastos médicos mayores está diseñada para proporcionar cobertura para gastos médicos catastróficos. Las características distintivas de la póliza de gastos médicos mayores son el límite alto por pérdida y la relativa ausencia de exclusiones. Las políticas médicas importantes generalmente se escriben con un límite tan alto como \$ 1 millón o incluso \$ 5 millones. El máximo de la póliza puede aplicarse a cada accidente o enfermedad, o puede aplicarse como un máximo de por vida. Algunas pólizas, especialmente los contratos grupales, se

suscriben sin límite máximo del monto a pagar. Otras incluyen limitaciones internas, restringiendo la cantidad a pagar para ciertos tipos específicos de gastos (por ejemplo, enfermedades mentales). Sin embargo, las pólizas de gastos médicos mayores van más allá de los contratos de seguros de salud usuales y proporcionan pagos por las transfusiones de sangre, prescripciones y medicamentos, moldes, férulas, aparatos ortopédicos y muletas, y equipo médico duradero, como miembros u ojos artificiales, e incluso el alquiler de sillas de ruedas (p.391-392).

Una segunda característica de la póliza de gastos médicos mayores es su deducible, que puede ser de \$ 250, \$ 500 o incluso mayores, sin embargo, en el mercado la aplicación del deducible difiere de un contrato a otro. La mayoría de las pólizas establecen que el deducible se aplique a un período de tiempo, como un año calendario. En este caso, el deducible podría aplicarse solo una vez por miembro de la familia durante el período establecido. Otras pólizas aplican el deducible por evento, lo que requiere que el deducible se pague solo una vez por cualquier evento. Muchas pólizas tienen deducibles tanto a nivel familiar como a nivel individual. (Vaughan, 2007)

Finalmente, la póliza de gastos médicos mayores también requiere que el asegurado comparta una parte de la pérdida en exceso del deducible. Por ejemplo, la compañía de seguros puede pagar el 80 por ciento de la pérdida en exceso del deducible, mientras que el asegurado paga al otro 20 por ciento. la aseguradora puede pagar un porcentaje menor para ciertas clases de gastos (por ejemplo, enfermedad mental). (Vaughan, 2007).

Exclusiones bajo las pólizas de seguro de salud

Vaughan (2007) afirma que todas las pólizas de seguro de salud están sujetas a exclusiones y que las exclusiones en pólizas individuales tienden a ser más extensas que aquellas en pólizas grupales, y algunos contratos grupales contienen más exclusiones que otras. Las siguientes son exclusiones típicas de las que pueden estar en contratos individuales o grupales, según la aseguradora:

1. Gastos pagaderos en virtud de la indemnización por accidentes de trabajo o cualquier ley de enfermedad ocupacional.
2. Artículos de comodidad personal (por ejemplo, televisión, teléfono, aire acondicionado).
3. Cirugía estética electiva.
4. Atención médica de rutina (por ejemplo, exámenes físicos anuales, control de la natalidad, cuidado del bebé sano).
5. Audífonos y anteojos.
6. Trabajos dentales.
7. Procedimientos experimentales.
8. Gastos resultantes de lesiones auto infligidas.
9. Gastos resultantes de una guerra o cualquier acto de guerra.
10. Gastos incurridos durante el servicio en conjunto con las fuerzas armadas.
11. Servicios recibidos en cualquier hospital del gobierno sin cargo para dichos servicios.
12. Gastos por desórdenes nerviosos (algunos países cubren un desorden nervioso sujeto a un máximo más bajo o solo por un porcentaje de los costos cubiertos). (p.393)

Para la contratación del seguro, es necesario estar conscientes que la mayoría de las pólizas establecen limitaciones en la cobertura para condiciones preexistentes. Los beneficios de maternidad, por ejemplo, pueden o no estar incluidos en los contratos individuales. Si están incluidos, generalmente tienen un pago máximo especificado. También es habitual incluir las prestaciones de maternidad en los contratos individuales solo después de que el asegurado haya estado cubierto por la póliza durante 9 o 10 meses, lo cual se conoce como período de espera.

Como es de esperar, las causas que originan las eventualidades en el Seguro de Gastos Médicos Mayores son los accidentes y enfermedades. Sin embargo, dado el grado de dificultad implícito, determinar en sentido estricto el concepto de enfermedad y de accidente no ha sido una tarea fácil por lo que se han hecho ciertas convenciones que definen estos conceptos dentro del ámbito de seguros en este sentido, el diccionario de la Lengua Española (2018), define enfermedad como:

Definición 3: definición de enfermedad

“(1) alteración más o menos grave de la salud, (2) Pasión dañosa o alteración en lo moral o espiritual y (3) Anormalidad dañosa en el funcionamiento de una institución, colectividad, etc.”. (Real Academia Española, 2018)

Con la finalidad de avanzar en el conocimiento de este tipo de seguros, se detallan algunos conceptos claves, como los siguientes:

Definición 4: definición de deducible

De acuerdo con la Aseguradora Triple S, se define deducible al monto que el Asegurado es responsable de asumir antes de la aplicación del coaseguro, y antes de que sea efectivo el pago de la indemnización bajo la póliza. Ese monto no será reembolsado por el seguro. (Triple S Blue Inc. , 2018)

Definición 5: definición de coaseguro:

En términos generales, un coaseguro es un porcentaje que se aplica al monto total de los gastos en que incurra el asegurado, derivados de un accidente o enfermedad una vez que se ha descontado el deducible.

Para ilustrar la aplicación del deducible, coaseguro y límites de la póliza de gastos médicos, los autores Klugman, Panjer & Willmot (2012), explican lo siguiente:

La última modificación de la cobertura común es el coaseguro. En este caso, la compañía de seguros paga una proporción, α , de la pérdida y el asegurado paga la fracción restante. Si el coaseguro es la única modificación, esto cambia la variable de pérdida X a la variable de pago, $Y = \alpha X$. El efecto de la multiplicación ya ha sido cubierto. De esta forma, cuando los cuatro elementos están presentes (deducible ordinario, límite, coaseguro e inflación), definimos la siguiente variable aleatoria de pérdida:

$$Y^L = \begin{cases} 0, & X < \frac{d}{1+r}, \\ \alpha[(1+r)X - d], & \frac{d}{1+r} \leq X < \frac{\mu}{1+r}, \\ \alpha(\mu - d), & X \geq \frac{\mu}{1+r} \end{cases} \quad (1)$$

Para ajustar el reclamo, las cantidades se aplican en un orden particular, en este caso el coaseguro se aplica en último lugar. Para el contrato ilustrado, el límite de la póliza es $(\mu - d)$, es decir, el monto máximo a pagar. (p.127)

En la definición anterior, μ es la pérdida por encima de la cual no se pagan beneficios adicionales y se le denomina pérdida máxima cubierta. Para la variable de pago, Y^p no está definido para $X < \frac{d}{1+r}$. (Klugmann, 2012).

Definición 6: definición de tabulador de honorarios médicos

Se refiere al listado de la compañía aseguradora que especifica el monto máximo a pagar al médico tratante por cada procedimiento médico y/o quirúrgico. (Mapfre, Seguros de Vida y Salud, 2010),

Definición 7: definición de red de proveedores

Son los hospitales, clínicas, laboratorios, entre otros con lo que la aseguradora mantiene convenio de pago y a los cuales el asegurado puede asistir. (Mapfre, Seguros de Vida y Salud, 2010)

Definición 8: definición de exclusiones:

Situaciones por las cuales la aseguradora se exime de intervenir, es decir la condición o casos no cubiertos. (Mapfre, Seguros de Vida y Salud, 2010),

Definición 9: definición de preexistencias

Son enfermedades o padecimientos que hayan sido declaradas o diagnosticadas antes de la celebración del contrato y la fecha de inicio de la póliza. (Mapfre, Seguros de Vida y Salud, 2010)

El objeto común de cualquier seguro médico privado es proporcionar al titular y a su familia una cobertura sanitaria, asistencial y a veces también de carácter económico, en caso de sufrir alguna dolencia o enfermedad, sin embargo la gran mayoría de pólizas no cubren enfermedades preexistentes o padecimientos que no hayan sido declarados al momento de la suscripción de la póliza.

3.3 TARIFACIÓN

Para comprender mejor las labores de tarifación, se hace imprescindible comprender los siguientes conceptos:

Definición 10: definición de tarifación

El proceso de estimar las pérdidas futuras y los gastos futuros y la asignación de estos costos entre las diversas clases de asegurados se denomina tarifación. Una tarifa es el precio o tasa que se cobra por cada unidad de protección o exposición y debe distinguirse de una prima, que se determina multiplicando la tasa por la cantidad de unidades compradas. (Vaughan, 2007)

La cobertura de un riesgo por parte de una compañía aseguradora se establece con la garantía de un contrato, la póliza y exige al asegurado pagar un precio, la prima.

El proceso de convertir la prima pura en una tarifa bruta requiere la adición de los recargos, destinamos a cubrir los gastos que se requerirán en la producción y el servicio del seguro. La determinación de estos gastos es principalmente una cuestión de contabilidad de costos. Las diversas clases de gastos para las cuales se deben hacer provisiones normalmente incluyen comisiones, otros gastos de adquisición, gastos generales de administración, impuestos a las primas, previsión para contingencias y ganancias. (Vaughan, 2007)

3.4 TIPOS DE TARIFACIÓN

El enfoque para establecer tarifas es bastante similar en la mayoría de los casos, pero es posible distinguir entre dos tipos diferentes de tarifas: por clase y por persona.

Tarifación por clases

El término tarifación por clase se refiere a la práctica de calcular un precio por unidad de seguro que se aplica a todos los solicitantes que poseen un conjunto determinado de características. Por ejemplo, una tarifa de clase puede aplicarse a todos los tipos de viviendas de un tipo determinado de construcción en una ciudad específica. Las tarifas que se aplican a todos los individuos de una misma edad y sexo también son ejemplos de las tarifas de clase. (Vaughan, 2007)

Tarifas individuales

En algunos casos, las características de las unidades a ser aseguradas varían tan ampliamente que se considera conveniente apartarse del enfoque de clase y calcular las tasas sobre una base que intente medir de manera más precisa las características que producen pérdidas del individuo. Se trata de cuatro enfoques de calificación individual básica, programación, calificación de la experiencia y calificación retrospectiva. (Vaughan, 2007)

Tarifación por juicio o criterio

En algunas líneas de seguro, la tasa se determina para cada riesgo individual en función de la base de juicio. Los procesos de evaluación de riesgos y suscripción deciden si la exposición (solicitud de aseguramiento) se acepta o no a una tasa razonable. La tarificación por criterio se usa cuando faltan estadísticas creíbles o cuando las unidades de exposición son tan variadas que es imposible construir una clase. Esta técnica se aplica con mayor frecuencia en el campo marino oceánico, aunque también se utiliza en otras líneas de seguro. (Vaughan, 2007)

Tarifación o calificación por horarios

La tarificación por horario como su nombre lo indica, establece las tasas aplicando un programa de cargos y créditos a una tasa base para determinar la tasa adecuada para una unidad de exposición individual. En el seguro contra incendios comercial, por ejemplo, las tasas para muchos edificios se determinan sumando débitos y restando créditos de una tasa base. Los débitos y créditos representan, por ejemplo, aquellas características de la construcción, ocupación, protección contra incendios del edificio en particular y la ubicación (barrio, distrito). A través de la aplicación de estas ofertas y créditos, las características físicas de cada edificio determinan la tasa final que se aplicará. (Vaughan, 2007)

Tarifación por experiencia

En la tarificación por experiencia, los resultados de las pérdidas de años anteriores del asegurado son tomados en cuenta en la determinación de la prima de renovación. La calificación por experiencia se superpone a un sistema de clasificación de clase y ajusta la prima del asegurado hacia arriba o hacia abajo, según el grado de experiencia que se tenga. Este tipo de tarificación se usa con más frecuencia en los campos de compensación de trabajadores (Riesgos del Trabajo), responsabilidad general y seguros de vida y salud grupales. En general, la experiencia se usa solo cuando el asegurado genera

una prima lo suficientemente grande como para ser considerado estadísticamente creíble. (Vaughan, 2007)

3.5 PROPIEDADES Y PRINCIPIOS DEL CÁLCULO DE PRIMAS

Para introducir los principios del cálculo de primas, son necesarias las siguientes definiciones:

Definición 11: definición de prima

La prima es el precio del seguro o reaseguro, vendido por la compañía aseguradora, es el pago que un asegurado hace a un asegurador por la cobertura total o parcial contra un riesgo (Vaughan, 2007).

Definición 12: definición de componentes de la prima mínima

Vaughan (2007) afirma que una prima mínima está compuesta por los siguientes elementos:

Prima pura de riesgo, sobreprima de seguridad, costos operativos (administración y distribución) y costo adicional para el beneficio (utilidad esperada)

Por lo tanto, la prima o precio del servicio es el coste que para la empresa supone los siniestros más el margen de gastos y beneficios esperados.

El establecimiento de las primas es un proceso crítico en las compañías de seguros, pues si el precio establecido para un determinado producto es demasiado bajo, se puede presentar una pérdida para la compañía aseguradora y si es demasiado alto el precio, se pierde competitividad frente a otras empresas, por lo tanto, una de las labores del actuario es encontrar un buen método de cálculo de primas, para lo cual es necesario conocer algunos principios básicos del cálculo de primas.

Un principio de cálculo de primas es la función $H(X)$ que asigna a un riesgo un número real que es la prima.

En la práctica, el principio de cálculo de primas dependerá de la función de distribución $F(x)$ que siga la variable aleatoria X , por lo que en vez de hablar de $H(X)$ como una función, debería hablarse en términos más precisos del funcional $H(F(x))$.

Propiedades del cálculo de primas

La prima debe satisfacer una serie de propiedades ideales o axiomas, sin embargo, no existe en la literatura actuarial un sistema axiomático comúnmente aceptado de propiedades que un principio de cálculo de primas debería satisfacer, pero se han dado contribuciones importantes en esta materia que pueden encontrarse en autores como Gerber (1979), Heilmann (1989) y Hürlimann (1994).

Gerber (1979) señala cinco propiedades que un principio de cálculo de prima $H(X)$ debería satisfacer, las cuales se indican a continuación:

1. Sobreprima de seguridad no negativa:

$$H(X) \geq E(X)$$

2. No estafa o no exceso, es decir que la prima no excederá la máxima reclamación posible, r_x :

$$H(X) \leq r_x$$

3. Consistencia, esto es que para riesgo X y cada constante c se cumple lo siguiente:

$$H(X + c) = H(X) + c$$

Lo anterior significa que si el beneficio se incrementa en una constante esta constante tiene que ser añadida a la prima.

4. Aditividad, significa que si X_1 y X_2 son riesgos independientes, se cumple lo siguiente:

$$H(X_1 + X_2) = H(X_1) + H(X_2)$$

5. Iteratividad: Si X y θ son dos riesgos arbitrarios dependientes, entonces:

$$H(X) = H(H(X/\theta))$$

Lo anterior significa que la prima para X puede calcularse en dos pasos. Primero, calcular la prima condicionada para X , $H(X/\theta)$, aplicando H a la distribución condicionada de X . Tal prima condicional es una función de θ y por lo tanto una variable aleatoria en sí misma. Luego se aplica H a la distribución de $H(X/\theta)$ para obtener $H(H(X/\theta))$.

Por su parte, Heilmann (1989) solo presta atención a la primera de esas propiedades, mientras que Hürlimann (1994) no considera la quinta y, sin embargo, agrega las siguientes propiedades:

6. Riesgos constantes. $H(c) = c$ para toda constante $c \geq 0$.

Esto significa que para un riesgo no aleatorio $X = c$, con $Pr(X = c) = 1$, la prima a cobrar será c .

7. Homogeneidad positiva, lo cual resulta conveniente para corregir efectos inflacionarios.

$$H(cX) = cH(X) \text{ para todo } c \geq 0$$

La lista de las propiedades que debería satisfacer un buen principio de cálculo de prima no acaba aquí.

Por su parte, Rincón (2012) afirma que existen una serie de propiedades que se deben cumplir en el cálculo de primas a continuación se describen tales propiedades:

1. Simplicidad

Significa que cálculo de la prima debe ser fácil de calcular. La simplicidad en el cálculo de la prima es deseable que se cumpla por varias razones, entre ellas está el aspecto práctico del cálculo mismo, y para lograr una cabal comprensión del cálculo de la prima por parte del asegurado (cuando sea necesario revelarlo) y del resto de las personas involucradas en los procesos técnicos, administrativos y legales del seguro.

2. Consistencia

Se refiere a que si un riesgo se incrementa en una constante c , entonces la prima debe reflejar ese cambio incrementándose en la misma cantidad, es decir, si $c \geq 0$ es una constante, entonces

$$p(S + c) = p(S) + c.$$

3. Aditividad

Este principio indica que la prima de un portafolio consistente en dos riesgos independientes debe ser la suma de las primas individuales, por lo tanto:

$$p(S_1 + S_2) = p(S_1) + p(S_2),$$

cuando S_1 y S_2 son dos riesgos independientes. Es claro que cuando se cumple esta propiedad, el intentar combinar o separar los riesgos no resulta en ninguna ventaja o provecho ni para el asegurado ni para el asegurador.

4. Invarianza de escala

Si $a > 0$ es una constante, entonces $p(aS) = ap(S)$, es decir, si la cuantificación del riesgo S cambia de escala y se considera ahora el riesgo aS , la prima para este nuevo riesgo debe ser $ap(S)$, esto equivale a la prima original modificada con la misma escala.

5. Cota inferior

La prima debe tener siempre como cota inferior la prima pura de riesgo, es decir, $p \geq E(S)$.

Sin embargo, en algunas situaciones es necesario considerar un recargo positivo y se considera la condición más restrictiva $p \geq E(S)$. A menos que se establezca lo contrario, la propiedad de cota inferior se entenderá en el sentido $p > E(S)$.

6. Cota superior

Si un riesgo está acotado superiormente, entonces la prima para cubrir este riesgo también debe tener la misma cota superior, es decir, si $S \leq M$ para alguna constante $M > 0$, entonces

$$p(S) \leq M. \text{ (p 71-72)}$$

No existe un mecanismo de cálculo para la prima que sea el mejor, dado que existen varias condiciones que afectan la forma de calcular las primas, por ejemplo, las restricciones legales y financieras, las condiciones del asegurado, las condiciones de la propia aseguradora y del mercado. Dichos factores determinan directa o indirectamente, el valor de la prima para cubrir un riesgo particular en una situación real, a tales procedimientos se les denomina con el término de principios.

Rincón (2012) establece una serie de principios para el cálculo de primas, según se explica a continuación:

Principios generales para el cálculo de primas

1. Principio del valor esperado

Este principio indica que la prima puede calcularse de la siguiente forma:

$$p = (1 + \theta)E(S),$$

Donde $\theta > 0$ es una constante llamada factor de riesgo (safety loading)

Lo anterior implica que la prima se calcula como la reclamación promedio más un porcentaje de ésta y que en el factor de recargo se encuentra inmersos los costos administrativos y comerciales del seguro, así como los márgenes de utilidad de la aseguradora.

La desventaja que presenta dicho método es que asigna la misma prima a dos riesgos con distinta distribución, pero con media común y no toma en cuenta otros aspectos como, por ejemplo, si las varianzas de los riesgos son distintas, entonces las primas tal vez deberían ser distintas. (Rincón, 2012)

2. Principio de la varianza

Este principio hace uso de la esperanza y la varianza del riesgo, en este caso el factor de recargo $\theta > 0$ se aplica sobre el valor de la varianza de la siguiente forma:

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

3. Principio de la desviación estándar

El factor de recargo se aplica sobre la desviación estándar del riesgo como se expresa en la fórmula siguiente:

$$p = E(S) + \theta \sqrt{Var(S)}, \text{ con } \theta > 0$$

4. Principio de utilidad cero

En este principio se hace uso de la función de utilidad, es decir una función $v(x)$ definida sobre el intervalo $[0, \infty)$ un subconjunto de este intervalo y con valores en $\mathbb{R}$ y presenta las siguientes características:

- a) Es estrictamente creciente
- b) Es cóncava

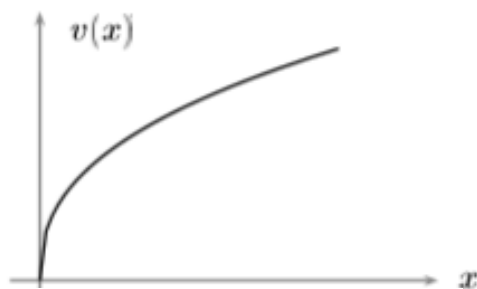


Figura No.1 Función cóncava

Este principio establece que la prima para cubrir un cierto riesgo S es aquel número que satisface la ecuación:

$$v(u) = E(v(\mu + p - S))$$

Donde μ debe ser idéntica a la utilidad esperada al cubrir el riesgo y el cálculo de la prima p está dado implícitamente dado por la ecuación anterior.

5. Principio del valor medio

En este principio se hace uso de la función de valor, esto es una función $v(x)$ que cumple las propiedades siguientes y cuya gráfica se presenta a continuación:

- a) $v(0) = 0$
- b) Es estrictamente creciente
- c) Es estrictamente convexa

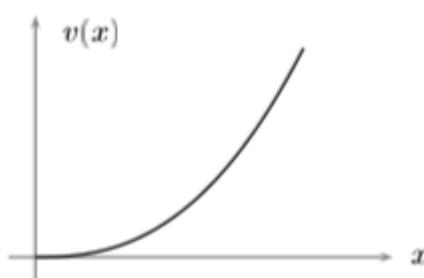


Figura No.2 Función convexa

El principio del valor medio indica que la prima p debe calcularse a partir de la igualdad

$$v(p) = E[v(S)]$$

La identidad anterior significa que la compañía de seguros asigna el mismo valor a la prima que al valor promedio de la reclamación y por lo tanto indiferente a cualquiera de las dos situaciones.

Al respecto, la inversa de cualquier función de utilidad es un buen ejemplo de una función de valor y la prima se puede escribir de la siguiente forma:

$$p = v^{-1}(E(v(S)))$$

Ya sea por la desigualdad de Jensen para la función convexa v , $E(v(S)) \geq v(E(S))$ o bien por la misma desigualdad para la función cóncava v^{-1} , $v^{-1}(E(v(S))) \geq E(v^{-1}(v(S)))$, ambos caminos llevan a la desigualdad siguiente:

$$p \geq E(S).$$

6. Principio exponencial

Este principio sugiere que la prima p puede calcularse mediante la expresión siguiente:

$$p = \frac{1}{\alpha} \ln M_S(\alpha)$$

En este caso, la prima no depende del capital μ , puede verificarse directamente que $p \geq E(S)$.

7. Principio del porcentaje o de pérdida máxima

El principio del porcentaje establece que la prima p puede calcularse mediante la siguiente expresión:

$p = \inf\{x > 0: P(S > x) \leq \epsilon\}$, donde ϵ es una constante > 0 y se representa con la siguiente figura

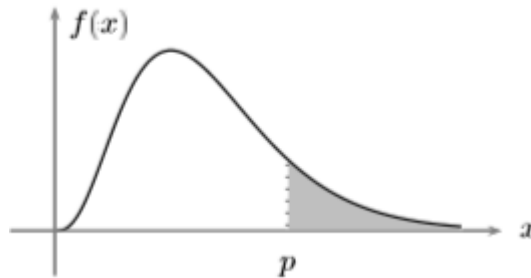


Figura No. 3 Representación geométrica principio del porcentaje

Lo anterior significa que la probabilidad de que el riesgo exceda el monto de la prima debe ser pequeño o ajustable mediante el parámetro ϵ , a este principio se le conoce como principio de máxima pérdida.

Por ejemplo, si S sigue una distribución exponencial de parámetro λ , entonces $P(S > x) = e^{-\lambda x}$ y por lo tanto p es el valor numérico tal que $e^{-\lambda p} = \epsilon$, al despejar se obtiene $p = \frac{-1}{\lambda} \ln \epsilon$, lo que implica que para este caso particular se cumple la condición $p \geq E(S) \Leftrightarrow \frac{-1}{\lambda} \ln \epsilon \geq \frac{1}{\lambda}$ es decir, $\epsilon \leq e^{-1}$.

Lo anterior muestra que el principio de porcentaje no produce en general primas que cumplen la condición de ganancia neta.

8. Principio de Esscher

Para poder aplicar este principio, antes es necesario definir la transformada de Esscher de una distribución de probabilidad para la cual existe la función generadora de momentos.

Transformada de Esscher

Sea S un riesgo con función de densidad $f(x)$, función de distribución $F(x)$ y para la cual existe una función generadora de momentos $M_s(h)$ para algunos valores de $h \geq 0$, la transformada de Esscher con parámetro h de $f(x)$ es la función:

$$x \rightarrow g(x) = \frac{1}{M_s(h)} e^{hx} f(x)$$

Se comprueba que dicha función es efectivamente de densidad, por ejemplo, puede demostrarse que la transformada de Esscher de la distribución exponencial es también una distribución exponencial, pero con parámetro distinto.

El principio de Esscher establece que la prima para cubrir el riesgo S es la esperanza de esta nueva función de densidad, lo que se puede expresar de la siguiente forma:

$$p = \frac{1}{M_s(h)} \int_0^{\infty} x e^{hx} f(x) dx = \frac{E(S e^{hS})}{E(e^{hS})}$$

La correspondiente función de distribución está dada por:

$$G(x) = \frac{1}{M_s(h)} \int_0^x e^{hy} dy$$

A esta función se le llama transformada de Escher de la función de distribución $F(x)$, $M_s(t) = \frac{M_s(t+h)}{M_s(t)}$

9. Principio del riesgo ajustado

Este principio está basado en una transformación de la distribución del riesgo. Para un riesgo S con función de distribución $F(x)$ se define una nueva función de distribución como sigue:

$$G(x) = 1 - (1 - F(x))^{\frac{1}{p}}, \text{ en donde } p \geq 1 \text{ es un parámetro conocido como el índice de riesgo;}$$

como $1 - F(x)$ es un número entre 0 y 1 se cumple que:

$$1 - G(x) = 1 - (1 - F(x))^{\frac{1}{p}} \geq 1 - F(x)$$

Lo anterior significa que la cola de la distribución del riesgo está siendo sobre estimada por la cola de la nueva distribución. Tal sobre estimación es usada para definir la prima para cubrir S .

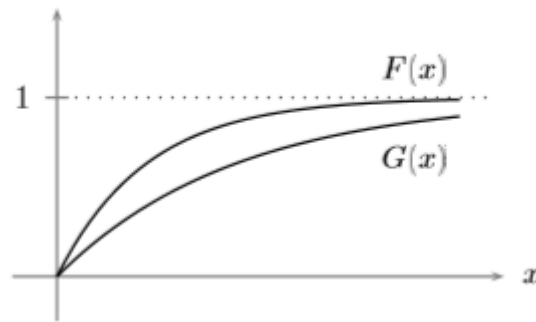


Figura No. 4 Orden que guardan las funciones $F(x)$ y $G(x)$

Así, la prima por el principio del riesgo ajustado para el riesgo S se define como la esperanza de la nueva función de distribución, es decir,

$$p = \int_0^{\infty} (1 - G(x))dx = \int_0^{\infty} (1 - F(x))dx.$$

Con lo anterior se verifica la condición $p \geq E(S)$, puesto que:

$$p = \int_0^{\infty} (1 - F(x)^{1/p})dx \geq \int_0^{\infty} (1 - F(x))dx = E(S). \text{ (p.71-80)}$$

3.6 PRIMA DE RIESGO, COLECTIVA Y BAYES

Una vez establecido un buen principio de cálculo de prima a aplicar a un riesgo X , el siguiente paso consiste en calcular la prima asociada a X conforme a una determinada distribución de probabilidad asociada al riesgo. En algunos casos, las variables aleatorias intervinientes degeneran en variables deterministas. Por ejemplo, en muchas de las formas de los seguros de vida la cantidad reclamada es fija y en otras ocasiones, tanto los costes como el número de siniestros o reclamaciones son variables

aleatorias, como ocurre en seguros de accidentes, especialmente en seguros de automóviles. En este caso el asegurador desconoce las siguientes cuestiones:

- a) ¿Qué persona asegurada declarará un siniestro?
- b) ¿Cuántos ocurrirán?
- c) ¿Cuántos siniestros se declararán?
- d) ¿De qué cuantía serán los siniestros?

Según Sarabia, Gómez y Vázquez (2007), la forma de recopilar los datos por parte de las compañías determinará la metodología de trabajo, al respecto se señalan las siguientes situaciones:

1. En algunas ocasiones, las compañías recogen datos solamente de la cantidad total reclamada en unidades monetarias generada por cada póliza y año. En este caso la única vía para trabajar es utilizar la cantidad y todos los modelos y/o estimadores se referirán básicamente, a la distribución de la cantidad total reclamada.
2. Los datos se recogen separadamente para el número de reclamaciones y el coste de cada uno de ellos. En este caso, el modo en que se trabaja es componer los dos modelos, del número de reclamaciones y de la cuantía asociada, para así obtener la distribución de la cantidad total reclamada, esto es la distribución de la variable compuesta, $X = \sum_{i=1}^N X_i$, donde N es la variable aleatoria asociada al número de reclamaciones y X_i la variable aleatoria asociada a la cuantía del i -ésimo siniestro.
3. Por último, en algunas ocasiones se cree que una vez ocurrido un siniestro la cuantía de este está fuera de control del asegurador, de modo que el número de reclamaciones o siniestros es la única componente por considerar. En este caso, el modo de trabajar sería por medio del número de reclamaciones y no la cantidad total reclamada. Este es el caso habitual en el ramo de automóviles, en el que para conductores precavidos y mediante bonificaciones en la prima, se puede estimular al individuo a tomar una conducta más prudente. (p.366)

3.7 LA TEORÍA DE CREDIBILIDAD

Según Sarabia et al (2007), las primeras ideas sobre credibilidad aparecen a principios del siglo XX en los trabajos de Mowbray (1914) y Whitney (1918).

Definición 12: Definición de teoría de credibilidad

Sarabia (2007) et al, afirman que la teoría de credibilidad es el mecanismo que permite el ajuste sistemático de las primas de seguros a medida que se obtiene la experiencia de siniestralidad y que el problema básico es el siguiente:

Supongamos que disponemos para un asegurado o contrato de la experiencia de la siniestralidad de $X_1, \dots, X_t$ de modo que $E(X_j) = \varepsilon$ y $Var(X_j) = \sigma^2$, para todo $j=1, \dots, t$. El objetivo de la aseguradora es decidir qué prima cargar a esa póliza o asegurado. Al respecto, existen tres alternativas posibles:

1. Ignorar la experiencia de siniestralidad y cargar lo que en literatura actuarial se le conoce como prima de manual o de libro, **M**. Esta prima está basada en la experiencia de otros contratos similares. Por ejemplo, en el seguro de automóviles son contratos similares los que incluyen asegurados con la misma edad o propietarios de un vehículo con la misma cilindrada.
2. Cobrarle $X = \frac{1}{t} \sum_{j=1}^t X_j$, lo cual significa dar credibilidad total a la experiencia del asegurado.
3. Cobrar una prima que venga dada como un punto medio o combinación lineal convexa entre la experiencia individual y **M** (prima de manual). Esto es:

$$\pi = Z(t)\hat{X} + [1 - Z(t)]M,$$

donde el factor $Z(t) \in [0, 1]$ y recibe el nombre de factor de credibilidad y π es la prima individual de credibilidad. (p.377)

Lo razonable es que el asegurador se decante por $\bar{X}$ si la experiencia es estable, es decir si tiene una varianza pequeña. (Sarabia Alegría, 2007).

Una de las principales aplicaciones de la teoría de credibilidad se presenta en el seguro de automóviles, en el que se estima una prima inicial la cual se va modelando sucesivamente a medida que se incorpora la información de siniestralidad, son los denominados sistemas de tarificación bonus -malus.

Definición 13: definición de Sistemas bonus – malus

El sistema bonus malus es un sistema de tarificación en el que la prima inicial se va modelando a medida que se incorpora la experiencia de siniestralidad. Para ello se parte de un nivel x -neutro y , de modo que para niveles superiores a x el asegurado entra en la escala de **malus** y para niveles inferiores a x el asegurado entra en la escala **bonus**. (Sarabia, 2007, pág. 391)

Este tipo de sistemas está generalmente basado en el número de reclamaciones y no en la cuantía. La prima está dada en función del número medio de reclamaciones $\bar{x}$, $t\bar{x} = \sum_{i=1}^t x_i$ y del período de tiempo t , por lo tanto, representamos la prima bonus mediante $P_{BM}(\bar{x}, t)$. (Sarabia, 2007)

Lo relevante de este sistema de tarificación es que un asegurado que en el período actual no presente reclamación, se verá bonificado en el siguiente período mediante un descuento en la prima a pagar, por el contrario, si experimenta reclamaciones se verá penalizado con un incremento en la prima, por lo que será necesario verificar las reglas de transición. (Sarabia, 2007)

$$\frac{\partial P_{BM}(\bar{x}, t)}{\partial \bar{x}} > 0, \quad \frac{\partial P_{BM}(\bar{x}, t)}{\partial t} < 0$$

3.7.1 Cálculo de primas bonus –malus con Método bayesiano

Según Sarabia et al (2007), una forma de obtener las primas que cumplan las reglas de transición empleando la metodología bayesiana, consiste en dividir la prima Bayes entre la prima colectiva para los principios de cálculo de prima estudiados anteriormente. Se denota $P(x, t)$ a la prima Bayes, por lo tanto, la prima bonus-malus puede obtenerse como:

$$P_{BM}(\bar{x}, t) = \frac{P(\bar{x}, t)}{P'} \text{ donde } P' \text{ representa la prima colectiva.}$$

3.7.2 Credibilidad total

Parece lógico que los asegurados con una experiencia de reclamación que les sea favorable quieran que la prima esté basada únicamente en su propia experiencia de siniestralidad, es decir, que la aseguradora le asigne a ésta un 100% de credibilidad. Sin embargo, desde el punto de vista de la aseguradora, esto sólo será posible si la experiencia de reclamación es suficiente y estable. Una forma de resolver este problema es suponer que $\bar{X}$ es estable si existe una probabilidad alta de que la diferencia entre $\bar{X}$ y $\mathcal{E}$ sea pequeña. (Sarabia, 2007)

Sarabia et al (2007) afirman que, en términos matemáticos, suponer credibilidad total implica lo siguiente:

$$Pr(|\bar{X} - \mathcal{E}| \leq c\mathcal{E}) = Pr((1 - c)\mathcal{E} \leq \bar{X} \leq (1 + c)\mathcal{E}) \geq p \quad (1)$$

Donde $0 < p < 1$ y $c > 0$. En la práctica lo razonable es elegir un valor de p cercano a 1 y un valor de c cercano a 0. Normalmente, suelen considerarse 0,9 y 0,05 para p y c , respectivamente.

La ecuación (1) puede reescribirse como sigue:

$$Pr\left(\left|\frac{\bar{x} - \mathcal{E}}{\sigma/\sqrt{t}}\right| \leq \frac{c\mathcal{E}\sqrt{t}}{\sigma}\right) \geq p \quad (2) \text{ y se define ahora } X_p \text{ tal y como se indica a continuación:}$$

$$X_p = \inf_X \Pr \left\{ \left(\left| \frac{\bar{X} - \varepsilon}{\sigma/\sqrt{t}} \right| \leq x \right) \geq p \right\} \quad \text{bajo el supuesto que } \bar{X} \text{ siga una distribución de tipo continua,}$$

esta última expresión es equivalente a la siguiente:

$$\Pr \left(\left| \frac{\bar{X} - \varepsilon}{\sigma/\sqrt{t}} \right| \leq X_p \right) = p \quad (3) \quad \text{por lo tanto, la condición que ha de verificarse para suponer}$$

credibilidad total es:

$$\frac{c\varepsilon\sqrt{t}}{\sigma} \geq X_p \text{ o de forma equivalente}$$

$$\frac{\sigma}{\varepsilon} \leq \frac{c}{X_p} \sqrt{t} = \frac{\sqrt{t}}{\lambda_0} \quad (4)$$

donde $\lambda_0 = \left(\frac{X_p}{c} \right)^2$ de esta expresión puede interpretarse que hay credibilidad total si el coeficiente de variación es menor o igual que $\sqrt{t/\lambda_0}$. También, a partir de (3) se observa que se supone credibilidad total si:

$$\text{Var}(\bar{X}) = \frac{\sigma^2}{t} \leq \frac{\varepsilon^2}{\lambda_0} \text{ y, por otro lado, el valor que debe tomar } t \text{ para suponer credibilidad total ha de ser: } t \geq \lambda_0 \left(\frac{\sigma}{\varepsilon} \right)^2$$

En la práctica, si la experiencia del asegurado es suficientemente grande, de acuerdo con el teorema del límite central, entonces $(\bar{X} - x)/\sigma\sqrt{t}$ sigue aproximadamente una distribución normal con media cero y desviación típica 1. De esta forma, la expresión (3) puede escribirse como $p = 2\Phi(X_p - 1)$ donde $\Phi(x)$ es la función de distribución normal estándar, luego X_p es el $(1 + p)/2$ percentil de la distribución normal.

3.7.3 Credibilidad parcial

Según Sarabia et al (2007), para muchos asegurados la experiencia de siniestralidad es insuficiente para suponer credibilidad total, es decir que el factor $Z(t)$ es insuficiente para suponer credibilidad

total, es decir, $Z(t) = 1$. Ahora se supone que la prima a cargar sea una combinación lineal entre la experiencia del asegurado y la experiencia del colectivo o prima de manual, de modo que:

$$P = Z(t)X + [1 - Z(t)]M$$

Lo anterior implica que debemos determinar el valor de $Z(t)$ para obtener la prima. De seguido se plantea la siguiente expresión:

$$Var(p) = Var[Z(t)X + [1 - Z(t)]M] = Z(t)^2 Var(\bar{X})$$

Se iguala este último término a ε^2/λ_0 y resulta lo siguiente:

$Z(t) = (\varepsilon/\sigma) \sqrt{t/\lambda_0}$ de modo que se elige $Z(t)$ de acuerdo a la expresión:

$$Z(t) = \min\left\{\frac{\varepsilon}{\sigma} \sqrt{\frac{t}{\lambda_0}}; 1\right\}. \text{ (p.380)}$$

3.7.4 Credibilidad e inferencia bayesiana

El uso de distribuciones a priori, con un marcado carácter subjetivo, resulta útil en el mercado de seguros, sobre todo si se tiene en cuenta que cuando se requiere tarifar un riesgo nuevo no se cuenta con datos disponibles. (Sarabia, 2007)

Sarabia et al (2007) afirman que el problema de la teoría de la credibilidad consiste en determinar las ponderaciones que afectan la experiencia de siniestralidad de una póliza con respecto a la experiencia de un colectivo al que pertenece dicha póliza. (p.381)

Consideremos la cartera de seguros que aparece en la tabla siguiente:

	1	2	...	j		k
1	X_{11}	X_{21}	...	X_{j1}	...	X_{k1}
2	X_{21}	X_{22}	...	X_{j2}	...	X_{k2}
	$\vdots$	$\vdots$		$\vdots$		$\vdots$
t	X_{1t}	X_{2t}	...	X_{jt}	...	X_{kt}

Sarabia et al (2007) afirman que la cuestión básica de la teoría de credibilidad es determinar una prima establecida como una combinación lineal o convexa entre la experiencia particular de un asegurado y la experiencia del colectivo, esto es toda la cartera, lo cual se expresa a continuación:

$$P_j = [1 - Z(t)]P_0 + Z(t)\bar{P}_j \quad . \text{ (p.381)}$$

Donde:

P_j : Prima por aplicar a los asegurados al riesgo j.

P_0 : Prima por aplicar a un colectivo al que pertenece el asegurado j.

$\bar{P}_j$: Prima obtenida con base a la experiencia del asegurado j.

$Z(t)$: Factor de credibilidad que verifica $\lim_{t \rightarrow \infty} Z(t) = 1$, donde t es el número de expuestos al riesgo j o el período de observación de la póliza j.

Por lo tanto, si $Z(t) = 1$ la experiencia del asegurado es creíble al 100%, mientras que si $Z(t) = 0$, $P_j = P_0$ y la prima del asegurado j coincide con la del colectivo al que pertenece la póliza. (Sarabia, 2007)

La fórmula de la credibilidad puede interpretarse de la siguiente manera: puede considerarse a P_0 como la información a priori, $\bar{P}_j$ es la nueva información obtenida mediante la observación de la

sinistralidad del riesgo j y P_j es el resultado de combinar la información a priori con la información adquirida, por lo tanto:

$$\textbf{Prima (a posteriori)} = [1 - Z(t)]\textbf{Prima apriori} + Z(t) \textbf{Experiencia observada}.$$

Lo anterior implica que la teoría de credibilidad sigue un enfoque bayesiano, donde se da entrada a la información a priori con la información muestral, para obtener finalmente un estimador revisado de la prima. (Sarabia, 2007)

3.8 MODELOS PROBABILÍSTICOS

Los modelos de probabilidad básicos para situaciones actuariales tienden a ser continuos o discretos (es decir, no mixtos). La situación requiere contar algo (discreto) o pagar algo (continuo). En ambos casos, es poco probable que el modelo tenga que adaptarse a valores negativos. El conjunto de todas las funciones de distribución posibles es demasiado grande para comprender. Por lo tanto, al buscar una función de distribución para usar como modelo para un fenómeno aleatorio, puede ser útil si el campo puede reducirse.

El papel de los parámetros

Los modelos se caracterizan por la cantidad de información necesaria para especificar el modelo, en este sentido el número de parámetros necesarios para hacerlo da alguna indicación de cuán complejo es un modelo, en el sentido de que se necesitan muchos elementos para describir un modelo complejo. Los argumentos para un modelo simple incluyen lo siguiente:

1. Con pocos elementos requeridos en su especificación, es más probable que cada elemento pueda determinarse con mayor precisión.

2. Es más probable que sea estable en el tiempo y en la configuración. Es decir, si al modelo le va bien hoy (probablemente con pequeños cambios para reflejar la inflación o fenómenos similares) mañana lo hará bien y también lo hará en otras situaciones similares.

3. Debido a que los datos a menudo pueden ser irregulares, un modelo simple puede proporcionar el suavizado necesario.

Por supuesto, los modelos complejos también tienen ventajas.

1. Con muchos elementos requeridos en su especificación, un modelo complejo puede ajustarse más a la realidad.

2. Con muchos elementos requeridos en su especificación, puede igualar más de cerca las irregularidades en los datos.

Otra forma de expresar la diferencia es que los modelos más simples pueden estimarse con mayor precisión, pero el modelo en sí puede ser demasiado superficial. El principio de parsimonia establece que se debe usar el modelo más simple que refleje adecuadamente la realidad. La definición de "adecuadamente" dependerá del propósito para el cual se utilizará el modelo.

Existe cierta dificultad para nombrar las diversas clasificaciones porque no existe un acuerdo universal sobre las definiciones. Con la excepción de las distribuciones paramétricas, los nombres de otras categorías han sido creados por los autores. También, debe entenderse que estas categorías no cubren el universo de posibles modelos ni que cada modelo sea fácil de categorizar. Estos deben ser considerados como descripciones cualitativas.

3.9 TEORÍA DE RIESGO: MODELO INDIVIDUAL Y COLECTIVO

De forma general, la forma en que opera un seguro es la siguiente: un grupo de personas reconocen que están expuestas a sufrir algún tipo de siniestros en sus bienes o en sus personas, y que dichos siniestros pueden causarles consecuencias irreparables, como la pérdida de la vida o bien, pérdidas económicas considerables. Cuando se contrata el seguro, cada una de estas personas paga por

adelantado una cantidad de dinero, llamada prima a una compañía aseguradora la cual se compromete a resarcir monetariamente a todas aquellas personas aseguradas que sufrieron algún siniestro durante el tiempo de vigencia del seguro y según las condiciones estipuladas en la póliza de seguro. Aunque no se conozca de manera individual a las personas que sufrirán un siniestro, el capital obtenido de manera colectiva deberá ser suficiente para solventar los gastos de los siniestros individuales que se presenten. (Rincón, 2012)

Con este mecanismo, las pérdidas económicas individuales se distribuyen en la población entera de asegurados logrando así la sobrevivencia financiera de todos ellos.

3.10 MODELO INDIVIDUAL

Supongamos que se tiene un portafolio de n pólizas individuales de seguros válidos por un año, sea p_j la probabilidad de que el j -ésimo asegurado no efectúe ninguna reclamación durante el tiempo de vigencia del seguro, y sea q_j la probabilidad que se observe exactamente una reclamación, se cumple la igualdad $p_j + q_j = 1$, lo cual implica que no puede haber más de una reclamación por cada asegurado, lo cual podría corresponder al seguro de vida. (Rincón, 2012)

Se define la variable aleatoria:

$$D_j = \begin{cases} 1 & \text{si hay reclamación en la póliza } j \\ 0 & \text{si no hay reclamación en la póliza } j \end{cases}$$

Lo anterior implica que D_j tiene distribución Bernoulli con parámetro q_j .

El número total de reclamaciones está dado por la variable aleatoria $N = D_1 \dots D_n$, supongamos que cada póliza presenta una reclamación y se define el monto de la reclamación la variable aleatoria del monto de la reclamación de la póliza j , $C_j > 0$. (Rincón, 2012)

La verdadera reclamación por póliza está dada por el producto y esta variable aleatoria puede ser mixta, es decir no continua ni discreta:

$$D_j C_j = \begin{cases} C_j & \text{si } D_j = 1 \\ 0 & \text{si } D_j = 0 \end{cases}$$

De esta forma, se considera como datos en este modelo la colección de vectores aleatorios: $(D_1, C_1), \dots, (D_n, C_n)$, las cuales se suponen independientes y, además, las variables D_j y C_j son independientes entre sí. (Rincón, 2012)

Definición 14: definición modelo de reclamaciones individual

El monto de reclamaciones agregadas, también llamado agregado de reclamaciones, en el modelo individual, es la variable aleatoria $S = \sum_{j=1}^n D_j C_j$, en donde $D_1, \dots, D_n, C_1, \dots, C_n$ son variables aleatorias independientes con $C_j > 0$ y D_j con distribución Bernoulli (q_j) . (Rincón, 2012)

La variable S es el monto que afronta una compañía aseguradora por concepto de reclamaciones durante el período completo del seguro.

La ecuación $S = \sum_{j=1}^n D_j C_j$ representa el modelo individual, pues se supone que se conocen las probabilidades de reclamación.

Se define la siguiente notación:

$F_j(x)$ función de distribución de $D_j C_j$

$G_j(x)$ función de distribución C_j

La función de distribución $F(x)$ del riesgo S adquiere la siguiente expresión en términos de las convoluciones: $F(x) = (F_1 * \dots * F_n)(x)$

$$F_j(x) = \begin{cases} 1 - q_j (1 - G_j(x)) & \text{si } x \geq 0 \\ 0 & \text{si } x < 0 \end{cases} \quad (\text{Rincón, 2012})$$

En la siguiente figura se muestran las gráficas de la función de distribución $F_j(x)$ en dos casos: en el primer caso $G_j(x)$ es discreta y otro cuando $G_j(x)$ es continua.

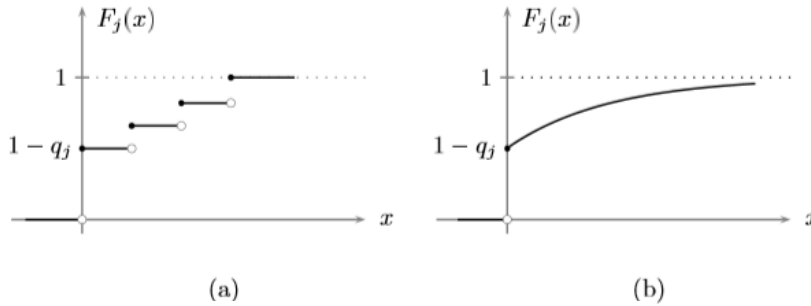


Figura No. 5 Función de distribución $F_j(x)$

Denotamos $M_x(t)$ a la función generadora de momentos de una variable X , cuando exista.

Seguidamente, se presentan algunas características y resultados de S para el modelo individual:

$$1. E(S) = \sum_{j=1}^n q_j E(C_j)$$

$$2. Var(S) = \sum_{j=1}^n q_j [Var(C_j) + p_j E^2 C_j]$$

$$3. M_{D_j C_j}(t) = 1 - q_j(1 - M_{C_j}(t))$$

$$4. M_S(t) = \prod_{j=1}^n [1 - q_j(1 - M_{C_j}(t))] \text{ (Rincón, 2012)}$$

Puede considerarse que la variable S tiene una distribución binomial generalizada en el sentido siguiente: se tienen n ensayos independientes Bernoulli, en donde la probabilidad de éxito en el ensayo j es q_j y el valor asociado al resultado éxito no es 1 como en el esquema usual sino el monto $C_j > 0$.

Aproximación normal

Cuando n es grande y el portafolio de asegurados es homogéneo en el sentido de que las variables $D_j C_j$ son idénticamente distribuidas con segundo momento finito, podemos usar el teorema del límite central para aproximar la distribución de S mediante la distribución normal:

$$P(S \leq x) = P \frac{S - E(S)}{\sqrt{Var(S)}} \leq \frac{E(S)}{\sqrt{Var(S)}} = \Phi \left(\frac{x - E(S)}{\sqrt{Var(S)}} \right)$$

Tal aproximación es adecuada para ciertos riesgos, pero no tiene desventaja de que asigna una probabilidad positiva al intervalo $(-\infty, 0)$ lo cual no es consistente con $S \geq 0$. (Rincón, 2012)

3.11 FÓRMULA DE PRIL

Rincón (2012) afirma que el resultado de la fórmula fue demostrado por Nelson De Pril en 1986 y proporciona una expresión exacta, aunque recursiva, de la distribución de probabilidad de un riesgo en el modelo individual. El modelo presupone que las reclamaciones toman los valores $\{1, 2, \dots\}$. Tal supuesto no es una restricción fuerte, pues en la práctica el pago de siniestros se realiza siempre usando alguna unidad monetaria. Por otra parte, destaca que la fórmula se puede usar para riesgos no homogéneos, sin embargo, estarán determinados a priori, es decir, serán deterministas y fijos. (p.9)

Para establecer la fórmula de Pril es necesario dividir el portafolio de n asegurados de acuerdo con la tasa de mortalidad y la suma asegurada. Denotamos con n_{ij} el número de asegurados de acuerdo que tienen probabilidad de reclamación q_j y monto de reclamación i , en donde i toma valores en $\{1, 2, \dots, I\}$ y j en $\{1, 2, \dots, J\}$, de esa forma se obtiene la suma de las entradas, n , como se ilustra a continuación:

$$n = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J n_{ij} \text{ (Rincón, 2012)}$$

		Probabilidad de reclamación					
Monto de la reclamación		q_1	q_2	...	q_j	...	q_J
	1	n_{11}	n_{12}	...	...	...	n_{1J}
	2	...	n_{22}	...	...	...	n_{2J}
	...	...	...	...	...	...	...
	i	...	...	...	n_{ij}	...	n_{iJ}
	...	n_{I1}	n_{21}	...	...	...	...
	I	n_{I1}	n_{I2}	...	...	...	n_{IJ}
			n_{I1}		n_{Ij}	...	n_{IJ}

Figura No. 6 Modelo de reclamaciones De Pril

Sean Y_{ij} el monto real reclamado por el asegurado cuya probabilidad de reclamación es q_j y posible monto reclamado i , lo cual se describe a continuación:

$$Y_{ij} = \begin{cases} i & \text{con probabilidad } q_j, \\ 0 & \text{con probabilidad } 1 - q_j \end{cases} \quad (\text{Rincón, 2012})$$

Teorema fórmula de De Pril

Sea n_{ij} el número de pólizas cuyos asegurados tienen tasa de mortalidad q_j y suma asegurada i , supongamos que $j = 1, 2, \dots, J$ e $i = 1, 2, \dots, I$, entonces para el riesgo S que sigue el modelo individual, las probabilidades $g_x = P(S = x)$, están dadas por:

$$g_x = \frac{1}{x} \sum_{i=1}^{x \wedge I} \sum_{k=1}^{[x/i]} g_{x-i_k} h(i, k), \text{ para } x \geq 1;$$

$$go = \prod_{i=1}^I \prod_{j=1}^J (1 - q_j)^{n_{ij}}$$

Donde $h(i, k) = i(-1)^{k-1} \sum_{j=1}^J n_{ij} \left(\frac{q_j}{1-q_j} \right)^k$. (Rincón, 2012, pág. 10)

3.12 MODELO COLECTIVO

Este modelo parte del supuesto de un número no determinado de contratos de seguros con vigencia en un período de tiempo $[0, T]$, tal período puede corresponder por ejemplo a un año. Sea N la variable aleatoria que representa el número de reclamaciones ocurridas en este intervalo y sean $Y_1, \dots, Y_N$ los montos de tales reclamaciones. (Rincón, 2012)

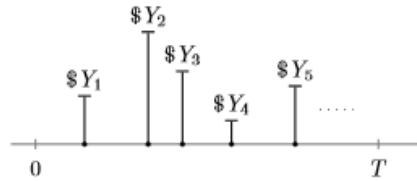


Figura No. 7 Modelo colectivo

El número de siniestros y los montos de las reclamaciones son variables aleatorias independientes entre sí y comparten la misma distribución.

El monto agregado o monto acumulado de todas las reclamaciones efectuadas es la variable aleatoria S , llamada riesgo y definida por medio de la siguiente expresión:

$$S = \sum_{j=1}^N Y_j$$

Donde $Y_1, Y_2, \dots$ es una colección de variables aleatorias independientes positivas idénticamente distribuidas e independientes de la variable aleatoria N con valores en el conjunto $\{0, 1, 2, \dots\}$ cuando $N = 0$ se define S como cero. (Rincón, 2012)

La ecuación anterior, representa el modelo colectivo para un contrato colectivo de seguros, cuyas posibles realizaciones como función del tiempo tienen la forma de la siguiente gráfica:

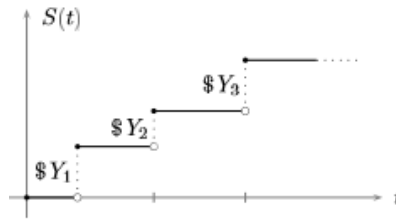


Figura No. 8 Modelo de reclamaciones de Pril

Se destaca que cada sumando es una variable aleatoria y que el número de sumandos es también aleatorio. La variable S puede ser una variable aleatoria mixta, es decir no ser discreta ni continua, puesto que los montos de las reclamaciones Y son variables continuas estrictamente positivas, lo cual implica que la variable S puede tomar el valor 0 con probabilidad $P(S = 0) = P(N) > 0$ y puede tomar cualquier valor en el intervalo $(0, \infty)$. (Rincón, 2012)

La función de distribución de cada reclamación Y se representa por medio de la letra G , la cual para $G(0) = 0$, lo cual equivale a decir que la variable Y es positiva.

Para este modelo, se emplea la siguiente notación:

$\mu_n = E(Y^n)$, se escribe en lugar de $\mu_1 = E(Y)$

El problema central consiste en determinar la distribución de probabilidad de S , la cual depende de la distribución de Y y de N .

La o-convolución de la función de distribución de G se define como se indica a continuación:

$$G^{*0}(x) = \begin{cases} 1 & \text{si } x \geq 0 \\ 0 & \text{si } x < 0 \end{cases}$$

La función de distribución del riesgo S en el modelo colectivo se define por medio de la siguiente expresión:

$$F(x) = \sum_{m=0}^{\infty} G^{*n}(x)P(N = n)$$

Rincón (2012) afirma que el modelo colectivo debe cumplir con las siguientes propiedades:

1. $E(S) = E(N)E(Y)$
2. $E(S^2) = E(N)E(Y^2) + E(N(N - 1))E^2(Y)$
3. $Var(S) = Var(N)E^2(Y) + Var(Y)E(N)$
4. $M_S(t) = M_N(\ln(M_Y(t)))$ (p. 21 – 23)

3.13 MODELO BINOMIAL COMPUESTO

Cuando el número de reclamaciones N tiene una distribución ***bin***(n, p) se dice que el riesgo S tiene una distribución binomial compuesta, y se escribe como $S \sim \mathbf{bin\ comp}(n, p, G)$, en donde G es la función de distribución de cada sumando en la definición de S .

Si N tiene una distribución ***bin***(n, p) entonces, se cumple los siguientes supuestos:

- a) $E(S) = npu$
- b) $E(S^2) = np((u_2 + (n - 1)pu^2)$
- c) $Var(S) = np(u_2 - pu^2)$
- d) $M_S(t) = (1 - p + pM_Y(t))^n$

Se debe tener presente que si N tiene distribución ***bin***(n, p), se cumple:

$$E(N) = np, \quad Var(N) = np(1 - p) \text{ y } M_N(t) = (1 - p + pe^t)^n \text{ (Rincón, 2012, p. 23)}$$

3.14 MODELO BINOMIAL NEGATIVO COMPUESTO

Cuando el número de reclamaciones N tiene una distribución binomial negativa, se dice que el riesgo S tiene una distribución binomial negativa compuesta. Esto es si $S \sim \text{bin neg}(k, p)$, entonces $S \sim \text{bin neg comp}(k, p, G)$, donde G es la variable que hace referencia a la función de distribución de cada sumando de S . (Rincón, 2012)

Si N tiene una distribución binomial negativa ($\text{bin neg}(k, p)$), entonces se cumple los siguientes principios:

- a) $E(S) = k(1/p - 1)\mu$
- b) $E(S^2) = k(1/p - 1)[\mu_2 + (k + 1)(1/p - 1)\mu^2]$
- c) $Var(S) = k(1/p - 1)[\mu_2 + (1/p - 1)\mu^2]$
- d) $M_S(t) = \left(\frac{p}{1 - (1-p)M_Y(t)} \right)^k$ (Rincón, 2012, p. 24)

Se debe tener presente que si N tiene distribución binomial negativa ($\text{bin neg}(k, p)$), entonces

$$E(N) = k(1 - p)/p, Var(N) = k(1 - p)/p \text{ y } M_N(t) = [p/(1 - (1 - p)e^t)]^k$$

3.15 MODELO POISSON COMPUESTO

Cuando el número de reclamaciones N tiene una distribución Poisson se dice que el riesgo S tiene una distribución compuesta y se escribe $S \sim \text{Poisson comp}(\lambda, G)$, en donde λ es el parámetro de la distribución Poisson y G es la función de distribución de cada sumando de S , para este modelo se tienen los siguientes resultados:

- a) $E(S) = \lambda\mu$
- b) $E(S^2) = \lambda\mu_2 + \lambda^2\mu^2$
- c) $Var(S) = \lambda\mu_2$

d) $M_S(t) = \exp[\lambda[M_Y(t) - 1]]$ (Rincón, 2012, p. 25).

Si N tiene una distribución Poisson (λ), se cumplen las siguientes condiciones:

$$E(N) = \lambda, \text{Var}(N) = \lambda \text{ y } M_N(t) = \exp((\lambda(e^t - 1)))$$

3.16 MODELO POISSON COMPUESTO ASOCIADO AL MODELO INDIVIDUAL

Para este caso, se considera el modelo individual de riesgo $S^i = \sum_{j=1}^n D_j C_j$, el superíndice i indica que se trata del modelo individual. A partir de este modelo se construye el modelo colectivo con distribución Poisson, para lo cual únicamente se necesita establecer el valor del parámetro λ de la distribución Poisson y la función de distribución $G(x)$ del monto de las reclamaciones. (Rincón, 2012)

El número esperado de reclamaciones está dado por:

$$\lambda = \sum_{j=1}^n q_j$$

Sea $G(x)$ la función de distribución del monto de las reclamaciones:

$$G(x) = \sum_{j=1}^n \frac{q_j}{\lambda} G_j(x)$$

Donde $G_j(x)$ es la función de distribución de la variable C_j

Las ponderaciones están dadas por los factores $q_1/\lambda, \dots, q_n/\lambda$.

Al agregar los distintos tipos de riesgo C_j del modelo individual para formar el modelo colectivo con reclamaciones Y_j independientes e idénticamente distribuidas, se pierde el comportamiento individual, es decir, en la proporción que se agrega el j -ésimo riesgo individual, q_1/λ , así es su contribución en la función de distribución de las reclamaciones en el modelo colectivo. (Rincón, 2012)

El modelo colectivo Poisson compuesto está representado por la expresión siguiente, en la cual el superíndice "c" indica que se trata de un modelo colectivo:

$$S^c = \sum_{j=1}^N Y_j$$

Para este modelo se cumplen las siguientes desigualdades:

- a) $E(S^c) = \sum_{j=1}^n q_j E(C_j)$
- b) $Var(S^c) = \sum_{j=1}^n q_j E(C_j^2)$
- c) $E(Y^k) = \sum_{j=1}^n \frac{q_j}{\lambda} E(C_j^k)$
- d) $M_Y(t) = \sum_{j=1}^n \frac{q_j}{\lambda} M_{C_j}(t)$ (Rincón, 2012, p. 27)

3.17 FRECUENCIA Y SEVERIDAD MODIFICACIONES DE COBERTURA

Existe una gran variedad de ejemplos que involucran funciones de variables aleatorias, relacionadas con las aplicaciones de seguro, al respecto asumimos que todas las variables aleatorias tienen soporte en todos o en conjunto de números reales no negativos. Es necesario distinguir entre una variable aleatoria que mide el pago por pérdida (por lo que cero es una posibilidad, que tiene lugar cuando hay una pérdida sin pago) y una variable que mide el pago por pago (la variable aleatoria no se define cuando no hay pago). (Klugmann, 2012)

Para notación, una variable por pérdida se denota Y^L y una variable por pago se anota Y^P . Cuando la distinción no es material (por ejemplo, establecer un pago máximo no crea una diferencia), el superíndice se desactiva. (Klugmann, 2012)

3.18 DEDUCIBLES

Las pólizas de seguro a menudo se venden con un deducible por pérdida de d . Cuando la pérdida, x , está en o por debajo de d , el seguro no paga nada. (Klugmann, 2012)

Cuando la pérdida es superior a d , el seguro paga $x - d$. Dicho deducible se puede definir de la siguiente manera.

Un deducible ordinario modifica una variable aleatoria ya sea en la pérdida en exceso o en la variable censurada y desplazada a la izquierda. (Klugmann, 2012)

La diferencia depende de si el resultado de aplicar el deducible es por pago o por pérdida, respectivamente. Este concepto ya se ha introducido junto con fórmulas para determinar sus momentos. La variable por pago está dada por:

$$Y^P = \begin{cases} \text{indefinida}, & X \leq d \\ X - d, & X > d \end{cases}$$

Mientras que la variable por la pérdida es

$$Y^L = \begin{cases} 0, & X \leq d \\ X - d, & X > d \end{cases}$$

Es necesario tener en cuenta que la variable por pago $Y^P = Y^L | Y^L > 0$, es decir, la variable por pago es la variable por pérdida condicionada a que la pérdida sea positiva. Para la variable exceso de pérdida / pago, la función de densidad está dada por la siguiente expresión:

$$f_{Y^P}(y) = \frac{f_x(y+d)}{S_x(d)}, y > 0$$

Es importante notar que para una distribución discreta, la función de densidad solo necesita ser reemplazada por la función de probabilidad. Otras funciones clave son las siguientes:

$$S_{Y^P}(y) = \frac{S_x(y+d)}{S_x(d)}$$

$$F_{Y^P}(y) = \frac{F_x(y+d)}{S_x(d)}$$

$$h_{Y^P}(y) = \frac{f_x(y+d)}{S_x(y+d)} = h_x(y+d)$$

Es necesario notar que, como variable por pago, la variable de pérdida excesiva no coloca ninguna probabilidad en cero. La variable censurada y desplazada a la izquierda tiene una probabilidad discreta de cero en $Fx(d)$, que representa la probabilidad de que se realice un pago de cero porque la pérdida no excedió d . Por encima de cero, la función de densidad es

$$f_Y L(y) = f_x(y + d), y > 0$$

Mientras que las otras funciones clave son (para $y > 0$)

Es importante reconocer que al contar los reclamos por pago, el cambio del deducible cambiará la frecuencia con la que se realizan los pagos (mientras que la frecuencia de las pérdidas no se modificará). (Klugmann, 2012)

3.19 PRUEBA DE HIPÓTESIS

Cuando se usan datos para construir un modelo, el proceso debe terminar con el anuncio del ganador. A pesar de las calificaciones, limitaciones, advertencias y otros intentos de escapar de la responsabilidad total son apropiados y a menudo necesarios, se requiere un compromiso con una solución. (Klugmann, 2012)

Es necesario tener presente, que cualquiera que sea el modelo que selecciones, será tan solo una aproximación de la realidad.

Según Klugmann (2012), una imagen puede valer muchas palabras, pero a veces es mejor sustituir las impresiones por cuadros con las demostraciones matemáticas. Una demostración de este tipo es una prueba de las siguientes hipótesis:

$H_0 =$ Los datos provienen de una población con el modelo establecido

$H_i =$ Los datos no provienen de tal población.

El estadístico de prueba suele ser una medida de qué tan cerca está la función de distribución del modelo a la función de distribución empírica. (p.346)

Cuando la hipótesis nula especifica complemente el modelo (por ejemplo, una distribución exponencial con media 100), los valores críticos son bien conocidos. Sin embargo, es más frecuente que la hipótesis nula indique el nombre del modelo, pero no sus parámetros.

Cuando los parámetros se estiman a partir de los datos, las pruebas se vuelven aproximadas. Debido a que el rechazo de la hipótesis nula se produce para valores grandes del estadístico de prueba, la aproximación tiende a aumentar la probabilidad de un error de Tipo II (declarar que el modelo es aceptable cuando no lo es) mientras se reduce la probabilidad de un error de Tipo I (rechazar un modelo aceptable). Para el modelo actuarial, esta tendencia es probable que sea una compensación aceptable. Un método para evitar la aproximación es dividir aleatoriamente la muestra por la mitad., es decir, usar una mitad para estimar los parámetros y la otra mitad de los datos para realizar la prueba de hipótesis. Una vez que se selecciona el modelo, el conjunto completo de datos podría usarse para volver a estimar el parámetro. (Klugmann, 2012)

Prueba de Kolmogorov Smirnov

Sea t el punto de truncamiento izquierdo ($i = 0$ si no hay truncamiento) y u sea el punto de censura derecho ($w = \infty$ si no hay censura). Entonces, la estadística de prueba está dada por:

$$D = \max_{t \leq x \leq u} |F_n(x) - F^*(x)|$$

Esta prueba, tal como se presenta aquí, solo debe usarse en datos individuales para garantizar que la función de paso $F_n(x)$ esté bien definida. Además, se supone que la función de distribución de modelos $F^*(x)$ es continua en el rango relevante.

Tanto para esta prueba como para la prueba de Anderson-Darling que sigue, los valores críticos son correctos solo cuando la hipótesis nula especifica completamente el modelo. Cuando el conjunto de

datos se usa para estimar parámetros para la distribución hipotética nula (como en el ejemplo), el valor crítico correcto es menor. Para ambas pruebas, el cambio depende de la distribución particular que se hipotetiza y tal vez incluso de los valores reales particulares de los parámetros. (Klugmann, 2012)

Prueba de Anderson Darling

Según Klugmann (2012), el test de Anderson Darling es similar a la prueba de Kolmogorov-Smirnov pero utiliza una medida diferente de la diferencia entre las dos funciones de distribución. La prueba estadística es:

$$A^2 = \int_t^u \frac{[F_n(x) - F^*(x)]^2}{F^*(x)[1 - F^*(x)]} f^*(x) dx$$

En otras palabras, es un promedio ponderado de las diferencias cuadradas entre las funciones de distribución empírica y el modelo. Es necesario tener en cuenta que cuando x está cerca de t o de u , los pesos pueden ser muy grande debido al pequeño valor de uno de los factores en el denominador. Esta estadística de prueba tiende a poner más énfasis en el buen ajuste en las colas que en la mitad de la distribución. Calcular con esta fórmula parece ser un reto. Sin embargo, para datos individuales (por lo que esta es otra prueba que no funciona para datos agrupados), la integral se simplifica a

$$A^2 = -nF^*(u) + n \sum_{j=0}^k [1 - F_n(y_j)]^2 \{ \ln[1 - F^*(y_j)] - \ln[1 - F^*(y_{j+1})] \} \\ + n \sum_{j=1}^k F_n(y_j)^2 [\ln F^*(y_{j+1}) - \ln F^*(y_j)],$$

Donde los únicos puntos de datos no censurados son $t = y_0 < y_1 < \dots < y_k < y_{k+1} = u$. Es necesario tener en cuenta que cuando $u = \infty$, el último término de la primera suma es cero. Los valores críticos son 1.933, 2.492 y 3.857 para los niveles de significación del 10%, 5% y 1%, respectivamente. Al igual que con la prueba de Kolmogorov-Smirnov, el valor crítico debe ser menor cuando $u < \infty$. (Klugmann, 2012)

Prueba de bondad de ajuste Chi cuadrado

A diferencia de las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Anderson-Darling, esta prueba permite cierta discreción. Comienza con la selección de $k - 1$ valores arbitrarios, $t = c_0 < c_1 < \dots < c_k = \infty$. Sea $\hat{p}_j = F^*(c_j) - F^*(c_{j-1})$ la probabilidad de que una observación truncada caiga en el intervalo de c_{j-1} a c_j . De manera similar, sea $p_{nj} = F_n(c_j) - F_n(c_{j-1})$ la misma probabilidad según la distribución empírica. La prueba estadística es entonces

$$X^2 = \sum_{j=1}^k \frac{n(\hat{p}_j - p_{nj})^2}{\hat{p}_j},$$

donde n es el tamaño de la muestra. (Klugmann, 2012)

Otra forma de escribir la fórmula es dejar que $E_j = n\hat{p}_j$ sea el número de observaciones esperadas en el intervalo (suponiendo que el modelo hipotetizado sea verdadero) y $O_j = np_{nj}$ sea el número de observaciones en el intervalo. Entonces,

$$X^2 = \sum_{j=1}^k \frac{(E_j - O_j)^2}{E_j}$$

El valor crítico para esta prueba proviene de la distribución de chi-cuadrado con grados de libertad igual al número de términos en la suma (k) menos 1 menos el número de parámetros estimados. Se han propuesto una serie de reglas para decidir cuándo la prueba es razonablemente precisa. Se centran alrededor de los valores de $E_j = np_j$. Los estados más conservadores de que cada uno debe tener al menos 5. Algunos autores afirman que los valores tan bajos como 1 son aceptables. Todos coinciden en que la prueba funciona mejor cuando los valores son aproximadamente iguales de un término a otro. Si los datos se agrupan, no queda más remedio que usar los grupos como se indica, aunque los

grupos adyacentes se podrían combinar para aumentar el Ej. Para datos individuales, los datos se pueden agrupar con el propósito de realizar esta prueba. (Klugmann, 2012)

La empresa Palisade (Palisade Corporation, 2013) en su Guía para el uso del software @Risk, brinda la siguiente explicación sobre el cálculo de los estadísticos de ajuste mencionados, los p-valores y los valores críticos:

Estadísticos de ajuste

Para cada ajuste, @RISK genera una o más estadísticas de ajuste: el criterio de información Akaike (AIC), el criterio de información bayesiano (BIC), la Chi-Cuadrada, la Kolmogorov-Smirnov (KS), la Anderson-Darling (AD) y el error de raíz cuadrada de la media (RMSErr).

Estas estadísticas indican el nivel de coincidencia entre el ajuste y los datos de entrada, y el nivel de confianza que puede tener en que los datos han sido producidos por la función de distribución. Por cada una de estas estadísticas, cuanto menor sea el valor mejor es el ajuste. La estadística RMSErr se usa exclusivamente para datos de curva (de densidad o acumulativa). Las pruebas AD y KS se usan sólo para datos de muestra continuos. Las pruebas AIC, BIC y Chi-Cuadrado se pueden usar para datos de muestra tanto continuos como independientes”. (p.824)

Estadístico Chi-cuadrado

El estadístico Chi-cuadrado es el estadístico de bondad del ajuste más conocida. Se puede utilizar tanto con datos de muestra continuos como discretos. Para calcular el estadístico Chi-cuadrado, primero debe dividir el eje x en varios intervalos. La estadística Chi-cuadrado se define entonces como:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(N_i - E_i)^2}{E_i}$$

donde

K = número de intervalos N_i = el número observado de muestras en el intervalo i .

E_i = el número esperado de muestras en el intervalo i

Uno de los inconvenientes del estadístico Chi-cuadrado es que no hay normas claras para seleccionar el número y localización de los intervalos. En algunas situaciones, pueden alcanzarse diferentes conclusiones a partir de unos mismos datos dependiendo de cómo se establecieron los intervalos. (Palisade Corporation, 2013)

Algunas de las arbitrariedades de la selección de intervalos se pueden eliminar indicando al @RISK que utilice intervalos equiprobables. De este modo, @RISK ajusta los tamaños de los intervalos basándose en la distribución ajustada, tratando de que cada intervalo contenga una cantidad igual de probabilidad. Para las distribuciones continuas, este proceso es simple. Sin embargo, para las distribuciones discretas, el @RISK sólo puede hacer los intervalos aproximadamente iguales. @RISK permite controlar totalmente la forma en que se definen los intervalos para la prueba Chi-cuadrado. Esta configuración se establece en el cuadro de diálogo Definir intervalos de Chi-2". (Palisade Corporation, 2013)

Estadístico Kolmogorov Smirnov (K-S)

Otro estadístico de ajuste que se puede usar con datos de muestra continuos es la Kolmogorov-Smirnov, que se define como

$$D_n = \sup[|F_n(x) - F^s(x)|]$$

donde

n = número total de puntos de datos

$F_n(x)$ = la función de distribución acumulativa ajustada

$$F_n(x) = \frac{N_x}{n}$$

N_x = el número de X_i 's menor que X .

El estadístico K-S no requiere el establecimiento de intervalos, lo cual hace que sea un estadístico menos arbitrario que el de Chi-cuadrado. Uno de los inconvenientes del estadístico K-S es que no detecta muy bien discrepancias en los extremos". (Palisade Corporation, 2013)

Estadístico Anderson-Darling (A-D)

La última estadística de ajuste que se puede usar con datos de muestra continuos es la Anderson-Darling, que se define como:

$$A_n^2 = n \int_{-\infty}^{+\infty} [F_n(x) - F^*(x)]^2 \Psi(x) F^*(x) dx$$

donde

n = número total de puntos de datos

$$\Psi^2 = \frac{1}{F^*(x)[1-F^*(x)]}$$

$F^s(x)$ = la función de densidad hipotética

$F_n(x)$ = la función de distribución acumulativa hipotética

$$F_n(x) = \frac{N_x}{n}$$

N_x = el número de X_i 's menores que x .

Como la estadística K-S, la A-D no requiere el establecimiento de intervalos. Pero a diferencia del estadístico K-S, que se enfoca en el centro de la distribución, el estadístico A-D destaca las diferencias entre los extremos de la distribución ajustada y los datos de entrada. (Palisade Corporation, 2013)

Validación del ajuste con valores-P y valores críticos

Las estadísticas “clásicas” de idoneidad del ajuste (las estadísticas Chi-Cuadrado, KS y AD) muestran la medida de la desviación de la distribución ajustada con respecto a los datos de entrada. Como dijimos anteriormente, cuanto menor sea la estadística de ajuste, mejor será el ajuste. Pero, ¿cuál debe ser el tamaño de un valor para que el ajuste sea “bueno”? Para los ajustes de datos de muestra, esta sección explica cómo se pueden utilizar los valores-P y los valores críticos para analizar la “idoneidad” de un ajuste. (Palisade Corporation, 2013)

Valores P

¿Qué probabilidades hay de que un nuevo grupo N de muestras extraídas de la distribución ajustada generen un estadístico de ajuste mayor o igual a s? Esta probabilidad se conoce como valor P y a veces también se denomina “nivel de significancia observado” de la prueba. Cuanto más cerca esté el valor P de cero, menor será la confianza en que la distribución ajustada pueda generar el grupo de datos original. Por el contrario, cuanto más cerca esté de uno el valor P, menos argumentos tendremos para rechazar la hipótesis de que la distribución ajustada realmente haya generado nuestro grupo de datos”. (p.828)

Valores críticos

A veces, conviene invertir la pregunta y establecer un nivel específico de significancia, normalmente denominado α . Este valor es la probabilidad de que rechacemos incorrectamente una distribución porque generó, debido a fluctuaciones estadísticas, un valor s demasiado grande. Ahora queremos saber, dado este nivel de significancia, cuál es el mayor valor de s que aceptaríamos como ajuste válido. Este valor s se denomina “valor crítico” de la estadística ajustada al nivel de significancia α . Cualquier ajuste con un valor s por encima del valor crítico es rechazado, mientras que los ajustes con valor s por debajo del valor crítico son aceptados. Normalmente, los valores críticos dependen del

tipo de ajuste de distribución, el estadístico de ajuste utilizado, el número de puntos de datos y el nivel de significancia. (Palisade Corporation, 2013)

4. METODOLOGÍA

4.1 TIPO DE ESTUDIO

El tipo de estudio es de tipo exploratorio descriptivo, por cuanto se trata de investigar las diferentes metodologías para la tarificación de un seguro de gastos médicos mayores, por lo cual será necesario consultar varias fuentes que permitan lograr tal cometido.

En la presente investigación, se revisan los diferentes modelos actuariales propuestos por varios autores, los cuales son recomendados para la tarificación de seguros de no vida en los cuales se ubica el seguro de Gastos Médicos Mayores.

4.2. FUENTES DE DATOS Y HERRAMIENTAS PARA SU PROCESAMIENTO

En el INS se identificaron dos posibles fuentes primarias de información para la elaboración de tarifas de nuevos productos de gastos médicos: el Seguro de Gastos Médicos del INS y los Seguros de INS Medical (regional, internacional y grandes deducibles), el primero es un seguro en colones con cobertura únicamente local (Costa Rica) y que está en proceso de extinción, mientras que los segundos son productos en dólares, con cobertura extendida en todo el mundo y son los que más se comercializan.

Otras fuentes importantes de información fueron los portales o sitios Web de la Aseguradoras, la Superintendencia de Seguros y la Sociedad de Actuarios, entre otros.

Las herramientas para el procesamiento de los datos fueron el procesador de texto (Word), hojas de cálculo (Excel) y el software @Risk de la Empresa Palisade para ajustar las distribuciones de frecuencia y severidad, así como el cálculo de las primas de riesgo.

4.3. DEFINICIÓN DE LA UNIDAD DE ANÁLISIS, VARIABLES Y DIMENSIONES

La unidad de análisis para la presente investigación corresponde a los seguros de INS Medical, los cuales comercializa el Instituto Nacional de Seguros de Costa Rica desde el año 2001, dado que este tipo de productos cuentan con suficiente información estadística para valorar el desarrollo de nuevos productos de gastos médicos.

Como parte de los datos necesarios para realizar la tarificación del seguro de gastos médicos mayores, se emplea la base de siniestros del período 2013-2017. Las variables que se consideran más relevantes son las modalidades de seguro (individual y colectivo), coberturas, rubros afectados, deducibles, coaseguros, fecha del siniestro, edad, género, fecha de pago y la inflación de los servicios médicos, esta última variable se emplea para calcular los siniestros a precios del 2018.

Para realizar la tarificación del seguro, se utilizará teoría de riesgo, con fines académicos se ilustrarán las primas de riesgo y comerciales del Seguro de Gastos Médicos Mayores.

En la estructura tarifaria de los seguros se deben adicionar los recargos por concepto de costos de administración, costos de distribución, comisión de cobros, impuestos y la utilidad esperada para el negocio; para obtener el valor de estas variables se consultaron los Estados Financieros de las líneas de Gastos Médicos del INS con corte al 31 de diciembre de 2017 y se transformaron los datos para guardar la confidencialidad de la información.

Para establecer las coberturas del seguro de gastos médicos mayores, se toman como referencia la descripción de coberturas descritas en los libros de texto consultados en la presente investigación, así como los contratos obtenidos en el sitio Web de tres importantes compañías de seguros con presencia en Costa Rica y en otros países América, las cuales llamaremos Aseguradora A1, Aseguradora A2 y Aseguradora A3.

5. DESARROLLO Y HALLAZGOS

Esta sección es el elemento central de la presente investigación, pues como parte de los objetivos planteados se analizan las coberturas que ofrece el seguro de gastos médicos mayores a nivel internacional, las cuales son necesarias para definir el esquema de coberturas a ofrecer en el producto.

5.1 COBERTURAS DEL SEGURO DE GASTOS MÉDICOS MAYORES

Con la finalidad de analizar las coberturas del seguro de gastos médicos mayores que se ofrecen en el mercado, se consultaron las condiciones generales de tres importantes aseguradoras, las cuales llamaremos A1, A2 y A3, como se indicó en el capítulo anterior, para así proteger la confidencialidad de información, las cuales fueron seleccionadas por su presencia en varios países de América, incluyendo Costa Rica.

Seguidamente, se describen las coberturas ofrecidas por las tres aseguradoras:

Coberturas brindadas por la Aseguradora A1

Esta compañía ofrece las siguientes coberturas en el Seguro de Gastos Médicos Mayores:

1. Hospitalización: ofrece las siguientes coberturas y beneficios:

- a) Habitación y alojamiento.
- b) Unidad de cuidados intensivos
- c) Honorarios del cirujano y del médico asistente.
- d) Honorarios del anestesiólogo.
- e) Medicamentos recetados.
- f) Estudios de laboratorio, patología y diagnóstico por imágenes.
- g) Tratamiento de cáncer.
- h) Diálisis.

- i) Prótesis e instrumentos correctivos.
- j) Gastos de acompañante del asegurado hospitalizado.
- k) Trasplante de órganos.

2. Tratamientos ambulatorios

- a) Visitas a médicos y especialistas
- b) Visitas a sala de emergencias
- c) Tratamientos de cáncer
- d) Estudios de laboratorio, patología y diagnóstico por imágenes
- e) Diálisis
- f) Medicamentos recetados
- g) Terapia física y de rehabilitación
- h) Cuidados de salud en el hogar
- i) Equipo médico duradero

3. Otros beneficios

- a) Maternidad y cuidados del recién nacido.
- b) Complicaciones del embarazo y cuidados para el recién nacido enfermo.
- c) Ambulancia aérea y terrestre.
- d) Condiciones congénitas y hereditarias.
- e) Pasatiempos riesgosos
- f) Tratamiento dental de urgencia médica.
- g) Cuidados con fines paliativos.
- h) Cobertura de VIH /Sida

- i) Tratamiento de urgencia médica.
- j) Repatriación de restos mortales
- k) Extensión de las coberturas
- l) Tratamientos de podología

Exclusiones Generales Aseguradora A1:

1. Tratamientos médicos o quirúrgicos que no sean médicamente necesarios o que no hayan sido probados científicamente o que esté en fase investigativa, así como los servicios prestados por personas sin la formación médica o profesional calificado como idóneo en el país donde se da la atención médica.
2. Toda condición preexistente o no declarada en la solicitud de seguro.
3. Complicaciones médicas relacionadas con cualquier condición excluida en la póliza.
4. Costos médicos no relacionados con la urgencia médica dentro de los primeros sesenta (60) días posteriores a la fecha efectiva de la póliza, salvo que el período de espera hay sido expresamente renunciado por la Aseguradora.
5. Costos que excedan el gasto usual, razonable y acostumbrado por un suministro o servicio médico determinado.
6. Tratamientos por lesiones o enfermedades y sus complicaciones causadas por participar en guerras, motines, conmoción civil, huelga o actividades ilegales, incluyendo encarcelamiento resultante.
7. Tratamiento de lesiones, sus complicaciones y sus secuelas sufridas por el asegurado mientras es miembro activo de una unidad de seguridad pública, policial o militar y que dichas lesiones sean consecuencia de la actividad profesional del asegurado.

8. Tratamiento de lesiones o enfermedades y sus complicaciones y secuelas provocadas por materiales nucleares o radioactivos, polución o contaminación ambiental.
9. Almacenamiento de médula ósea, célula madre, sangre de cordón umbilical u otro tipo de tejido o célula, salvo que sea estipulado bajo las coberturas de la póliza.
10. Trastornos psiquiátricos o psicológicos, excepto que sean necesarios para tratar la complicación de una condición médica cubierta por la póliza.
11. Tratamientos por obesidad o para el control del peso, sus complicaciones y sus secuelas.
12. Tratamiento de lesiones o enfermedades y sus complicaciones y secuelas provocadas por materiales nucleares o radiactivos, polución o contaminación ambiental.
13. Tratamiento de epidemias que estén bajo el control y dirección del gobierno correspondiente.
14. Tratamiento por lesiones o enfermedades causadas a sí mismo intencionalmente, ya sea estando en su juicio o privado de su capacidad mental, causados por el uso o bajo la influencia del alcohol, drogas, sustancias ilegales o uso inapropiado de medicamentos.
15. Gastos médicos incurridos en los países con los cuales los Estados Unidos de América, por disposición legal tuvieren interrumpidas o suspendidas sus relaciones comerciales.
16. Hospitalizaciones por servicios que puedan efectuarse de forma ambulatoria.
17. Hospitalizaciones de más de 24 horas previas a una cirugía programada, independientemente que la hospitalización sea por más de 24 horas.
18. Cuidados en el hogar prestados por personal no calificado por personal doméstico y costos relacionados con servicios usados comúnmente en el hogar.
19. Suplementos alimenticios a no ser que sea para darle sustento a un asegurado hospitalizado.
20. Reemplazo de prótesis fijas o removibles y de prótesis externas o implantes del oído.
21. Equipos de diálisis portátiles o para ser usados en el hogar, a menos que la Aseguradora los apruebe expresamente.

22. Exámenes auditivos de rutina, dispositivos para la audición, exámenes oculares, anteojos, lentes de contacto y otros procedimientos o dispositivos para corregir desórdenes de la refracción visual, quedando cubierto el lente intraocular.
 23. Tratamientos quiroprácticos, homeopáticos o cualquier tipo de medicina alternativa.
 24. Tratamiento dental no relacionado con el accidente cubierto por la póliza.
 25. La esterilización, la reversión de esterilización, tratamientos de infertilidad, control de la natalidad, métodos anticonceptivos o micro abortivos, procedimientos para el cambio del sexo y tratamientos para la disfunción eréctil aún y cuando sean secundarios a una condición cubierta por la póliza.
 26. Desórdenes relacionados con el Virus del Papiloma Humano y las Enfermedades de Transmisión Sexual, salvo por el beneficio de VIH/Sida que sí se encontrará cubierto una vez que haya transcurrido el período de espera.
 27. El tratamiento de lesiones o enfermedades y sus complicaciones y secuelas relacionadas con la participación del asegurado en la práctica profesional de deportes o la práctica de deportes por la que se reciba compensación.
 28. Tratamiento por trastornos del sueño, apnea del sueño, síndrome de fatiga crónica, alopecia y trastornos de conducta o aprendizaje.
 29. Cirugía electiva de carácter cosmética, sus complicaciones y secuelas, o tratamientos médicos cuyo propósito principal sea de carácter estético, sus complicaciones y secuelas.
 30. Tratamientos con estimuladores del crecimiento óseo o con hormonas de crecimiento y sus complicaciones y secuelas.
 31. Servicios médicos proporcionados por el cónyuge o por parientes del asegurado hasta el segundo grado de consanguinidad o por afinidad por cualquier persona que viva con el asegurado.
 32. Tratamientos con procedimientos de implantes artificiales u órganos procedentes de animales.
- No se encuentran cubiertos los costos de la crío preservación por espacio de más de veinticuatro

horas, la preservación de médula ósea, células madres, sangre del cordón umbilical, o cualquier otro tejido o célula.

33. Cuidados de maternidad del recién nacido y sus complicaciones, que estén relacionados con un embarazo no cubierto.

34. Terminación voluntaria de un embarazo, excepto cuando el mismo ponga en peligro la vida de la madre y sea permitido legalmente.

35. Exámenes de carácter preventivo.

Coberturas brindadas por la Aseguradora A2

Esta Aseguradora ofrece las siguientes coberturas en Gastos Médicos Mayores:

Cobertura comprensiva de Gastos Médicos:

- a) Cama extra para acompañante
- b) Cuarto privado estándar y alimentos para el paciente.
- c) Estancia en terapia intensiva, intermedia y unidad de cuidados coronarios.
- d) Sala de operaciones, recuperación y ocupaciones.
- e) Honorarios médicos: de enfermera, por consulta y quirúrgicos.
- f) Medicamentos dentro o fuera de hospital.
- g) Oxígeno
- h) Transfusiones de sangre.
- i) Auxiliares de diagnóstico: análisis de laboratorio y gabinete, estudios de rayos X, isótopos radiactivos, electrocardiogramas, electroencefalogramas, tratamiento con terapia radiactiva, fisioterapia o cualquier otro medicamento justificado.
- j) Ambulancia terrestre y aérea: cuando se vea imposibilitado a trasladarse por sus propios medios, siempre y cuando sea a consecuencia del accidente o enfermedad cubierta por la póliza.

- k) Otros servicios médicos: tratamientos dentales, alveolares o gingivales, de carácter estético o plástico que resulten indispensables, prótesis y aparatos ortopédicos.
- l) Renta de equipo especial y suministros indispensables para el cuidado médico a domicilio, siempre que sea prescrito por el médico tratante.
- m) Rehabilitación física en centros especializados, prescritos por el médico para reducir los efectos de las afecciones que provocan la incapacidad física.
- n) Eventos sujetos a condiciones particulares: padecimientos preexistentes declarados, acupuntura, dos o más cirugías en la misma sesión quirúrgica, complicaciones del embarazo, homeopatía, recién nacido, padecimientos congénitos, padecimientos psiquiátricos
- o) Coberturas adicionales sujetas al pago de extra prima: maternidad, gastos intrahospitalarios del recién nacido, accidentes personales, muerte accidental, pérdidas orgánicas, gastos de sepelio, invalidez total y permanente, enfermedades catastróficas en el extranjero, incremento de la cobertura de honorarios quirúrgicos, indemnización por hospitalización, cobertura internacional, eliminación del deducible por accidente.
- p) Otros servicios: orientación médica telefónica, asistencia en viaje.

Exclusiones generales Asegurada A2:

1. Padecimientos preexistentes, salvo los que hayan sido declarados y expresamente aceptados por la Aseguradora.
2. Malformaciones o padecimientos congénitos salvo que haya contratado la cobertura de Padecimientos preexistentes.
3. Cualquier tipo de tratamiento psiquiátrico, psicológico o psíquico, salvo que haya contratado la cobertura y haya sido expresamente aceptado por la Aseguradora.
4. Alteraciones del sueño.

5. Tratamiento médico o quirúrgico de padecimientos que resulten por culpa grave del asegurado como consecuencia del uso de drogas, narcóticos o alucinógenos no prescritos como medicamento o bajo los influjos del alcohol.
6. Tratamiento de calvicie, anorexia, bulimia, acné y nevos, cualquiera que sea la causa.
7. Tratamientos dietéticos, médicos y/o quirúrgicos para reducción del peso o para el control de la obesidad, cualquiera que sea la causa.
8. Intervenciones quirúrgicas o tratamientos para el control de la natalidad, infertilidad y /o esterilidad, así como sus complicaciones.
9. Gastos de atención de recién nacidos, de manera enunciativa más no limitativa, incubadora, cunero y circuncisión.
10. En el caso de trasplante de órganos no se cubren los gastos del donador de órganos ajenos al procedimiento quirúrgico para la extracción del órgano, así como cualquier complicación derivada de éste.
11. Tratamiento correctivo médico o quirúrgico de estrabismo o presbicia, cualquiera que sea su causa.
12. Anteojos y lentes de contacto.
13. Tratamiento con fines profilácticos y preventivos, vacunas, curas de reposo, exámenes médicos para comprobación del estado de salud, exámenes y/o estudios para diagnósticos diferenciales, los medicamentos para disfunción eréctil, así como aquellos productos que funcionen como complemento alimenticio.
14. Los honorarios y cualquier tipo de tratamiento médico quirúrgico realizado a través de medicina alternativa, medicina biológica, naturistas, hipnotismo y tratamientos experimentales o de investigación.
15. Tratamientos que requiera el asegurado infectado por el VIH y gastos requeridos para su detección, antes de cumplir 60 meses de cobertura continua.

16. Cualquier complicación derivada durante o después del tratamiento médico o quirúrgico de los padecimientos, afecciones o intervenciones no cubiertas o excluidas por la póliza.
17. Cualquier gasto realizado por el o los acompañantes del asegurado durante la hospitalización y traslados de éste.
18. Gastos no relacionados con el tratamiento médico.
19. Suicidio o intento de suicidio, cualesquiera que sean las causas o circunstancias que lo provoquen.
20. Lesiones auto infligidas, mutilación voluntaria y cualquier consecuencia de la acción voluntaria del asegurado que ponga en riesgo su vida o salud.
21. Reposición de prótesis.
22. Lesiones producidas por riñas provocadas por el asegurado, así como las sufridas al realizar servicio militar, naval, policíaco o en tiempo de guerra, revoluciones, como consecuencia de riesgos atómicos o nucleares.
23. Lesiones producidas como consecuencia de la práctica, ya sea profesional o amateur de los siguientes deportes peligrosos: alpinismo, automovilismo, aviación deportiva, salto de bungee, lucha grecorromana, espeleología, box y tauromaquia.
24. Homicidio cuando resulte de la participación directa del asegurado en actos delictuosos intencionales.
25. Cirugías estéticas o reconstructivas ni las complicaciones que deriven de ellas.
26. Cualquier gasto que no esté expresamente citado en la sección de “Gastos cubiertos” de la póliza.
27. No se cubre responsabilidad civil de cualquier carácter jurídico.
28. Los gastos por honorarios médicos y/o honorarios quirúrgicos por tratamiento médico realizado por un familiar del asegurado por consanguinidad o afinidad hasta segundo grado.

29. Afecciones que resulten del alcoholismo y/o drogadicción, así como el tratamiento de desintoxicación.

30. Cualquier gasto erogado por padecimientos cuyos primeros signos o síntomas se manifiesten o primer gasto para diagnóstico o tratamiento que se haya realizado antes de cumplirse el período de espera estipulado en la póliza.

Coberturas brindadas por la Aseguradora A3

La Aseguradora A3 brinda el siguiente esquema de coberturas:

Gastos médicos mayores cubiertos:

- a) Honorarios de procedimientos terapéuticos.
- b) Honorarios por consultas médicas.
- c) Gastos dentro de hospital: habitación privada, alimentos, medicamentos, estudios de laboratorio y gabinete, atención general de enfermeras, sala de operaciones, curaciones y terapia intensiva.
- d) Equipo de anestesia y material médico.
- e) Gastos del acompañante: cama extra durante la estancia del asegurado.
- f) Tratamiento a consecuencia de una enfermedad o accidente: incluye terapias de rehabilitación, hidroterapia, inhalo terapia, fisioterapia, fototerapia, crioterapia y otros tratamientos similares siempre que se compruebe que son medicamente necesarias.
- g) Honorarios de médicos: con y sin intervención quirúrgica, honorarios de quiropráctico con cédula profesional, siempre y cuando sean recomendados por el médico tratante.
- h) Cirugía reconstructiva a consecuencia de un accidente o enfermedad cubiertos.
- i) Consumo de oxígeno.
- j) Transfusiones de sangre, aplicaciones de plasma, suero y otras sustancias semejantes, así como las pruebas de compatibilidad que correspondan al número de donaciones que reciba el asegurado.

- k) Prótesis, órtesis, implantes, injertos y aparatos ortopédicos que se requieran a consecuencia de un accidente o enfermedad cubiertos.
- l) Tratamiento dental por accidente: restauración de dientes naturales o reemplazo de dientes dañados o perdidos como consecuencia de un accidente, así como las prótesis dentales siempre que se lleve a cabo durante los primeros noventa (90) días siguientes al accidente.
- m) Equipo tipo hospital: equipo necesario para la recuperación del asegurado en casa o tratamiento domiciliario, previamente autorizado por la Aseguradora.
- n) Medicamentos consumidos dentro del hospital y fuera de hospital siempre que hayan sido prescritos por el médico tratante.
- o) Uso de ambulancia terrestre siempre que se trate de un accidente o enfermedad cubierto por la póliza.
- p) Uso de ambulancia aérea por urgencia médica, siempre que sea por accidente o enfermedad cubierto por la póliza y no se cuente en la localidad con los recursos médicos hospitalarios necesarios para su atención.
- q) Urgencia médica en el extranjero: cubre los gastos del cuarto semiprivado, honorarios médicos, consultas médicas, servicio de diagnóstico, exámenes de laboratorio y gabinete, servicio de ambulancia terrestre, prótesis, órtesis y aparatos ortopédicos.
- r) Honorarios de enfermeras: gastos de enfermeras bajo prescripción del médico tratante, que sean necesarios para la convalecencia domiciliaria
- s) Estudios de laboratorio y gabinete: incluye rayos X, isótopos radiactivos, electrocardiogramas, encefalografía o cualesquiera otros para el diagnóstico o tratamiento de una enfermedad o accidente cubierto.
- t) Consulta médica psiquiátrica o psicológica, prescritas pro el médico tratante solamente por las siguientes causas: cáncer en su fase terminal, insuficiencia renal crónica, accidente vascular cerebral, invalidez total y permanente, infarto de miocardio, amputación de al menos una mano o

un pie, poli traumatizado con lesiones que impliquen un cambio radical en la vida del asegurado, víctimas de asalto con violencia o víctimas de violación.

u) Síndrome de talla baja: cubre al recién nacido siempre y cuando haya sido dado de alta dentro de los primeros treinta (30) días de su nacimiento y la madre asegurada tenga como mínimo 10 meses de cobertura continua en la póliza individual o familiar de la Aseguradora.

v) Protección dental y servicio de asistencia incluido: ofrece los siguientes servicios: radiografía panorámica, raspado y alisado periodontal por cuadrante, amalgamas, resinas, extracción simple y endodoncia, sujeto a las limitaciones de la póliza.

Exclusiones generales Asegurada A3

1. Gastos y situaciones que se originen por padecimientos preexistentes.
2. Procedimientos voluntarios, lesiones auto infligidas, intento de suicidio aún y cuando sea a consecuencia de enajenación mental.
3. Lesiones derivadas de una agravación del riesgo respecto a lo declarado en la solicitud, así como aquellas situaciones derivadas de una exposición mayor al riesgo por parte del asegurado.
4. Tratamientos o procedimientos terapéuticos para corregir el astigmatismo, presbicia, hipermetropía, aberraciones ópticas o visuales, miopía, o cualquier otro trastorno de la refracción y estrabismo, así como la adquisición de anteojos, lentes de contacto, lentes intraoculares, anillos intracorneales.
5. Aparatos auditivos o implantes cocleares.
6. Compra o renta de zapatos ortopédicos, plantillas y alerones ortopédicos.
7. Curas de reposo o descanso y exámenes médicos iniciales para la comprobación del estado de salud, conocidos con el nombre de “check up”.
8. Honorarios médicos cuando el médico sea el mismo asegurado o familiar hasta el segundo grado de consanguinidad.
9. Cualquier gasto que no esté expresamente citado en la sección correspondiente a Gastos Médicos Mayores Cubiertos.

10. Tratamiento psicológico o psiquiátrico, trastorno de enfermedad mental, estados de depresión psíquica o nerviosa, histeria, neurosis o psicosis, cualesquiera que fueran sus manifestaciones clínicas, así como los tratamientos para prevenir trastornos de la conducta o el aprendizaje.
11. Los siguientes medicamentos: fórmulas lácteas, suplementos y complementos alimenticios, cosméticos, medicamentos no autorizados para su venta en el país, medicamentos de terapia celular, medicamentos que no tengan relación con el padecimiento.
12. Maternidad y complicaciones del embarazo, parto o puerperio.
13. Complicaciones de Gastos Médicos Mayores no cubiertos.
14. Padecimientos congénitos y del recién nacido.
15. Tratamientos dentales, alveolares, gingivales y maxilares por enfermedad.
16. Cáncer in situ (en sitio) del cuello uterino y cáncer de piel, así como los tumores en presencia del Virus de Inmunodeficiencia Humana (VIH) y Síndrome de Inmunodeficiencia Adquirida (SIDA).
17. Procedimientos quirúrgicos de angioplastia con colocación de stent y sus complicaciones como la trombólisis u otras enfermedades con tratamientos similares.
18. En la cobertura de trasplante de órganos quedan excluidos los gastos pre y postquirúrgicos de donación, así como cualquier gratificación o remuneración que reciba éste.
19. Casos en que el asegurado no cumpla con dar aviso por escrito a la Compañía.
20. Rentas por hospitalizaciones a consecuencia de partos, cesáreas, así como complicaciones específicas del parto.
21. Rentas por hospitalizaciones en territorio extranjero.
22. Viajes o vacaciones realizados por los asegurados en contra de la prescripción del médico o viajes cuya duración sea superior a sesenta (60) días no dan derecho a los servicios de asistencia.

Definición de coberturas para el seguro de Gastos Médicos Mayores

De acuerdo con el análisis de las condiciones generales que ofrecen las aseguradoras A1, A2 y A3, se escogieron las coberturas del Seguro de Gastos Médicos Mayores, las cuales se detallan a continuación:

Coberturas del Seguro de Gastos Médicos Mayores:

La póliza ofrecerá una cobertura integral ambulatoria y hospitalaria para los gastos médicos derivados de accidentes y enfermedades.

El paquete de coberturas es el siguiente:

1. Cobertura de hospitalización

Comprende los siguientes servicios:

- a) Habitación y alojamiento del asegurado y del acompañante.
- b) Sala de operaciones.
- c) Unidad de cuidados intensivos.
- d) Honorarios del médico cirujano, anestesiólogo y asistentes.
- e) Medicamentos recetados.
- f) Estudios de laboratorio, patología y diagnóstico.
- g) Enfermedades y accidentes graves
- h) Diálisis.
- i) Prótesis, aparatos de apoyo e instrumentos correctivos.
- j) Trasplante de órganos.

2. Cobertura de gastos médicos ambulatorios sin hospitalización

Brinda los siguientes servicios:

- a) Honorarios médicos por tratamientos médicos en consultorio.
- b) Consultas médicas: médico general y especialista.
- c) Uso de sala de operaciones: cirugías ambulatorias.
- d) Visitas a la sala de emergencias.
- e) Tratamiento de cáncer.
- f) Estudios de laboratorio, patología y diagnóstico.
- g) Diálisis
- h) Medicamentos recetados
- i) Terapias físicas y de rehabilitación.
- j) Cuidados en el hogar: visitas de personal de enfermería.
- k) Ambulancia aérea y terrestre.
- l) Equipo médico duradero: incluye sillas de ruedas, bastones, muletas, respiradores, colchones de presión y andaderas, entre otros.

3. Cobertura en caso de emergencias

Bajo este concepto, se cubren los gastos por servicios médicos prestados en las primeras veinticuatro (24) horas en sala de emergencia, siempre y cuando la enfermedad que origina la emergencia no sea preexistente ni se encuentre en período de carencia.

En forma adicional, se proponen las siguientes exclusiones generales para este seguro:

Exclusiones para el Seguro de Gastos Médicos Mayores

Luego de analizar las diferentes exclusiones de las Aseguradoras A1, A2 y A3, se establecen las siguientes exclusiones generales:

1. Tratamientos no prescritos por el médico.
2. Toda condición preexistente.
3. Controles médicos.
4. Tratamientos experimentales.
5. Enfermedades, lesiones y/o defectos congénitos diagnosticados antes de la inclusión en la póliza, excepto si se contrata la Cobertura de Enfermedades congénitas del recién nacido.
6. Trastornos, enfermedades o deficiencias emocionales.
7. Suicidio, intento de suicidio o lesiones causadas voluntariamente por sí mismo.
8. Gastos médicos o quirúrgicos por sobrepeso, bajo peso, obesidad u obesidad mórbida.
9. Tratamientos para bulimia, anorexia nerviosa, fatiga y estrés.
10. Enfermedades, condiciones o padecimientos originados como consecuencia del consumo de alcohol, tabaco o uso de drogas ilícitas.
11. Tranquilizantes o ansiolíticos, antidepresivos, antipsicóticos, hipnóticos, tratamientos médicos para enfermedades mentales o trastornos nerviosos.
12. Métodos anticonceptivos no quirúrgicos, vitaminas, vacunas, medicamentos para estimular sistema inmunológico tomados en forma preventiva, energizantes y suplementos alimenticios independientemente del uso que determine el médico.
13. Alopecia (caída del cabello) independientemente de la causa.
14. Tratamientos y cirugías estéticas, plásticas o de embellecimiento, salvo que la cirugía reconstructiva se realice para corregir enfermedades o accidentes cubiertos por la póliza.
15. Consultas y tratamientos que se usen para corregir defectos de la refracción visual.
16. Prótesis dentales, excepto que sean reemplazos de piezas dentales naturales.
17. Gastos y tratamientos para problemas de mandíbula o de la articulación temporomandibular, incluyendo prognatismo, síndrome mandibular, cráneo mandibular, excepto que sea consecuencia de un accidente cubierto por la póliza.

18. Consulta y/o tratamiento quiropráctico de todo tipo y para toda enfermedad.
19. Consultas y tratamientos para pies planos, arcos o pies débiles.
20. Soportes para zapatos y zapatos ortopédicos.
21. Consultas y tratamiento para síndrome pre menopáusico, síndrome climaterio, incluyendo osteopenia y osteoporosis.
22. Exámenes y/o tratamientos para la infertilidad o esterilidad.
23. Implantación de embriones.
24. Consultas y tratamientos de la disfunción eréctil.
25. Tratamientos y/o procedimientos para el cambio de sexo.
26. Enfermedades de transmisión sexual (venéreas), virus del papiloma humano, pruebas de diagnóstico y/o tratamiento para el Síndrome de Inmunodeficiencia Adquirida (SIDA), en todas sus etapas, así como para la condición del portador sano del Virus de Inmunodeficiencia Adquirida (VIH).
27. Servicios médicos, exámenes, medicamentos ordenados, tratamientos y/o consultas brindadas al asegurado tanto por personas físicas como jurídicas, en los que el asegurado tenga una relación de afinidad o consanguinidad hasta el tercer grado de consanguinidad, o tenga una relación comercial pero no limitados a proveedores de servicios, representante legal, miembro, socio, propietario u otro.
28. Tratamientos y/o cirugías no reconocidas por la comunidad médica internacional, así como los practicados por personas que no sean médicos profesionales, o no considerados médicamente necesarios.
29. Se excluye la práctica de cualquier deporte en forma competitiva, así como la práctica de deportes de forma recreativa o competitiva donde se utilicen vehículos acuáticos con motor.

5.2 MERCADO META PARA EL SEGURO DE GASTOS MÉDICOS MAYORES

En esta sección se analizan algunos datos relevantes sobre la composición etaria de la población de Costa Rica, así como el ingreso de los hogares con la finalidad de identificar el posible mercado potencial del producto de Gastos Médicos Mayores Individual.

A partir de los datos publicados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), se elaboró el siguiente cuadro con los datos de población de Costa Rica del período 2011-2018, la cual se distribuyó en rangos homogéneos de 10 años:

Cuadro No. 5.1 Composición etaria de la población de Costa Rica período 2011-2018

Rango de edad								Promedio			
	2 011	2 012	2 013	2 014	2 015	2 016	2 017	2 018	2011-2018	% Relativo	% Acumulado
0-10	807.869	803.692	803.958	808.463	810.050	812.725	815.212	817.019	809.873	17%	17%
11-20	834.632	828.787	821.907	809.084	800.151	789.435	778.964	770.817	804.222	17%	34%
21-30	857.534	866.870	876.237	885.932	891.204	889.804	884.106	881.404	879.136	18%	52%
31-40	666.263	684.015	702.668	721.053	741.562	768.810	797.111	818.008	737.436	15%	67%
41-50	584.975	588.936	590.808	593.540	595.730	597.681	601.852	607.744	595.158	12%	80%
51-60	428.640	449.572	466.898	482.986	498.417	511.889	524.252	535.663	487.290	10%	90%
61-70	227.760	239.845	253.907	268.719	284.408	301.260	318.664	336.451	278.877	6%	96%
71-80	124.176	127.997	131.818	136.201	141.542	147.511	153.642	160.015	140.363	3%	99%
Más de 80	60.300	62.745	64.968	67.151	69.169	71.264	73.687	76.281	68.196	1%	100%
Total	4.592.149	4.652.459	4.713.168	4.773.130	4.832.234	4.890.379	4.947.490	5.003.402	4.800.551	100%	

Fuente: Elaboración propia con datos del INEC de Costa Rica.

Según se aprecia en el cuadro anterior, la población promedio de Costa Rica del período 2011-2018 está constituida por 4.800.551 habitantes, el grupo etario con mayor peso está en el rango de 21-30 años que representa el 18% del total de población, los individuos en edades laboralmente activas son las que se encuentra entre los 20 y 60 años de edad, tal segmento representa el 55% del total de población, precisamente en ese rango de edad se encuentran las personas que podrían estar en posibilidad de cumplir los requisitos de asegurabilidad y contar con los recursos económicos para adquirir un Seguro de Gastos Médicos Mayores. En el siguiente cuadro se detallan la cantidad de hogares, cantidad promedio de personas por hogar, cantidad de personas, el ingreso promedio del hogar y el ingreso promedio per cápita según quintil para el período comprendido entre julio 2017 y julio 2018:

Cuadro No. 5.2. Cantidad de hogares y promedios de ingreso por hogar en Costa Rica
 Periodo julio 2017 y julio 2018 (montos en colones)

Quintil	Hogares	Promedio de personas	Personas		Ingreso por hogar		Ingreso per cápita del hogar		Distribución relativa del ingreso
			Total país	Porcentaje	Promedio	Variación 2017-2018	Promedio	Variación 2017-2018	
I	312 387	3,50	1 094 855	21,9	203 546	-2,1	58 527	-1,7	4,0
II	312 198	3,52	1 098 682	22,0	461 317	0,8	130 944	0,7	9,1
III	312 530	3,32	1 038 222	20,8	726 874	-2,2	218 965	1,4	14,3
IV	312 201	3,03	945 853	19,0	1 130 684	0,2	375 882	1,5	22,2
V	312 321	2,60	813 115	16,3	2 568 482	-2,5	1 063 425	-0,2	50,5
Total país	1 561 637	3,20	4 990 727	100,0	1 018 142	-1,6	369 534	0,4	100,0

Fuente: INEC-Costa Rica. Encuesta Nacional de Hogares, 2017 y 2018.

Según los datos del cuadro anterior, los hogares con ingresos superiores a los 726.874 colones por mes representan el 35,3% del total de hogares, el ingreso per cápita del hogar a nivel nacional es de 369.534 colones por mes.

Los hogares ubicados en los quintiles IV y V con ingresos promedio mensuales de 1.130.684 y de 2.568.482 colones, son los que tienen mayor posibilidad de contratar seguros y en la oferta de productos podría ser relevante ofrecer el Seguro de Gastos Médicos Mayores, ya que en esos estratos se concentra el 72.7% de los ingresos de los hogares.

5.3 TARIFACIÓN DEL SEGURO DE GASTOS MÉDICOS MAYORES

Para la tarificación del producto, se empleó la información de los Seguros INS Medical modalidad individual que comercializa el INS y se escogieron las coberturas afines al seguro de gastos médicos mayores que fueron definidas en el apartado 5.1.

Los valores de los reclamos fueron actualizados a precios del 2019 mediante el índice de precios de los servicios médicos, el cual es publicado por el Banco Central de Costa Rica.

Como parte de los supuestos, el cálculo de primas se realiza sin distingo del sexo (primas unisex) y se definieron nueve rangos de edad homogéneos para facilitar el análisis, los cuales son: 0-10, 11-20, 21-30, 31-40, 41-50, 51-60, 61-70, 71-80 y más de 80 años.

Lo anterior implica que las personas de cualquier edad podrían tener acceso al seguro, esto por cuanto en Costa Rica según Acuerdo de Superintendente (SUGESE de Costa Rica, 2013), ningún tomador, asegurado o beneficiario de un seguro, podrá ser excluido de ningún tipo de cobertura en los ramos y líneas de seguros personales, por el mero hecho de que haya alcanzado una determinada edad sino que la entidad aseguradora supervisada, deberá considerar otros factores en conjunto en el análisis de riesgo y morbilidad, entre ellos los historiales de salud, estadísticos y actuariales. (p.3)

Los siniestros se acumularon por año póliza y por persona, lo cual se logra por medio de un identificador único del reclamo en el cual está compuesto por tres variables: número de caso, número de póliza y número de cédula del asegurado.

Se establecieron sumas aseguradas de 25 y 50 millones de colones, se escogieron tres opciones de deducible para cada opción de monto y sin coaseguro, según se detalla a continuación:

Opción 1: Suma asegurada 25.000.000: deducibles: 25.000, 50.000 y 100.000 de colones.

Opción 2: Suma asegurada 50.000.000: deducibles: 75.000, 150.000 y 300.000 de colones.

Las primas de riesgo fueron calculadas mediante teoría de riesgo, para lo cual se empleó el software @Risk de la Empresa Palisade. Dicha herramienta permite entre otras funciones, ajustar las distribuciones de frecuencia y severidad, así como generar la función compuesta para determinar las primas de riesgo. La simulación se realizó para cada uno de los rangos de edad y para las opciones de monto asegurado indicadas.

Los datos originales fueron transformados, con la finalidad de resguardar la confidencialidad de la información.

Para eliminar los valores extremos de los reclamos, se empleó como criterio el percentil 99, dado que en las bases de datos se encontraron valores muy elevados que podrían estar incorrectos.

Resultados obtenidos:

Seguidamente, se indican los datos de la siniestralidad, cartera expuesta y frecuencias promedio empleadas en la tarificación del seguro de Gastos Médicos Mayores:

Cuadro No. 5.3 Cantidad de siniestros por periodo de ocurrencia y rango de edad
Seguro de INS Medical Individual Período 2013-2018 (datos transformados)

Periodo	0 10	11 20	21 30	31 40	41 50	51 60	61 70	71 80	Más de 80	Total general
2013Trim.1	1.346	449	468	1.182	1.042	956	778	217	11	6.449
2013Trim.2	1.530	458	506	1.348	1.042	953	783	155	11	6.786
2013Trim.3	1.373	401	463	1.128	907	828	628	158	18	5.904
2013Trim.4	1.135	337	413	1.098	862	781	601	200	32	5.459
2014Trim.1	1.186	411	426	1.032	931	779	671	171	62	5.669
2014Trim.2	1.180	379	386	1.093	895	798	692	211	65	5.699
2014Trim.3	1.347	379	381	1.065	924	765	659	198	41	5.759
2014Trim.4	858	244	235	622	538	503	405	122	17	3.544
2015Trim.1	841	260	271	652	677	601	521	147	28	3.998
2015Trim.2	1.350	426	417	1.135	992	816	864	232	31	6.263
2015Trim.3	1.195	375	483	1.012	891	806	781	265	15	5.823
2015Trim.4	1.124	377	438	967	907	733	737	231	22	5.536
2016Trim.1	836	323	396	886	788	724	708	283	20	4.964
2016Trim.2	687	293	315	732	667	665	675	327	22	4.383
2016Trim.3	451	265	238	596	616	651	579	288	36	3.720
2016Trim.4	302	155	227	465	599	439	505	225	47	2.964
2017Trim.1	279	150	221	491	575	554	630	295	24	3.219
2017Trim.2	265	160	187	484	509	533	578	299	20	3.035
2017Trim.3	210	162	182	398	408	530	492	242	50	2.674
2017Trim.4	188	134	127	372	404	468	507	270	37	2.507
2018Trim.1	171	141	136	333	377	438	490	312	37	2.435
2018Trim.2	162	101	144	291	418	442	433	290	48	2.329
2018Trim.3	113	134	106	251	291	480	382	258	27	2.042

Fuente: Elaboración propia con datos de INS Medical transformados

Cuadro No. 5.4 Cartera expuesta por periodo y rango de edad
Seguro INS Medical Período 2013-2018 (datos transformados)

Periodo	0 10	11 20	21 30	31 40	41 50	51 60	61 70	71 80	Más de 80	Total general
2013Trim.1	175	116	88	200	153	114	70	12	2	935
2013Trim.2	633	294	338	690	520	382	223	55	10	3.232
2013Trim.3	1.076	552	586	1.104	955	646	413	76	5	5.524
2013Trim.4	1.741	908	752	1.552	1.093	769	550	129	3	7.294
2014Trim.1	226	284	101	229	189	126	85	16	2	1.098
2014Trim.2	636	495	328	668	532	355	234	57	15	3.158
2014Trim.3	1.047	1.163	679	1.158	979	687	442	104	7	5.831
2014Trim.4	1.711	1.678	773	1.528	1.089	797	567	135	3	7.275
2015Trim.1	269	119	105	233	183	130	92	21	1	1.130
2015Trim.2	702	286	333	714	537	371	249	63	14	3.312
2015Trim.3	971	574	618	1.118	949	649	477	128	6	5.661
2015Trim.4	1.513	827	641	1.346	1.066	742	517	154	8	6.622
2016Trim.1	256	122	97	199	168	117	90	23	1	1.019
2016Trim.2	610	266	287	649	499	352	250	62	17	3.019
2016Trim.3	854	574	558	988	903	607	467	139	13	5.198
2016Trim.4	1.088	668	522	1.091	958	649	436	170	9	5.522
2017Trim.1	182	97	88	153	140	109	79	28	3	842
2017Trim.2	422	252	238	514	409	332	236	78	22	2.526
2017Trim.3	575	575	472	815	763	516	442	160	12	4.379
2017Trim.4	796	554	449	825	853	629	404	185	8	4.667
2018Trim.1	144	93	80	125	129	106	74	33	4	761
2018Trim.2	335	242	218	420	377	323	222	92	24	2.285
2018Trim.3	456	550	433	666	704	503	416	190	14	3.961

Fuente: Elaboración propia con datos de INS Medical transformados

La cantidad de reclamos promedio por trimestre por rangos de edad es la siguiente:

Cuadro No. 5.5 Promedio de siniestros por rangos de edad
Seguro de INS Medical Período 2013-2018 (datos transformados)

Período	0 10	11 20	21 30	31 40	41 50	51 60	61 70	71 80	Más de 80	Total
2013Trim.1	8	4	5	6	7	8	11	18	6	7
2013Trim.2	2	2	1	2	2	2	4	3	1	2
2013Trim.3	1	1	1	1	1	1	2	2	3	1
2013Trim.4	1	0	1	1	1	1	1	2	11	1
2014Trim.1	5	1	4	5	5	6	8	11	28	5
2014Trim.2	2	1	1	2	2	2	3	4	4	2
2014Trim.3	1	0	1	1	1	1	1	2	6	1
2014Trim.4	1	0	0	0	0	1	1	1	6	0
2015Trim.1	3	2	3	3	4	5	6	7	23	4
2015Trim.2	2	1	1	2	2	2	3	4	2	2
2015Trim.3	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1
2015Trim.4	1	0	1	1	1	1	1	1	3	1
2016Trim.1	3	3	4	4	5	6	8	12	16	5
2016Trim.2	1	1	1	1	1	2	3	5	1	1
2016Trim.3	1	0	0	1	1	1	1	2	3	1
2016Trim.4	0	0	0	0	1	1	1	1	5	1
2017Trim.1	2	2	3	3	4	5	8	11	8	4
2017Trim.2	1	1	1	1	1	2	2	4	1	1
2017Trim.3	0	0	0	0	1	1	1	2	4	1
2017Trim.4	0	0	0	0	0	1	1	1	4	1
2018Trim.1	1	2	2	3	3	4	7	9	10	3
2018Trim.2	0	0	1	1	1	1	2	3	2	1
2018Trim.3	0	0	0	0	0	1	1	1	2	1

Fuente: Elaboración propia con datos de INS Medical transformados

Los valores de la frecuencia se simularon por medio de la opción ajustar distribución de la herramienta @Risk, para cada uno de los rangos de edad, dichos valores corresponden a datos discretos, mientras que para la severidad los datos por definición son continuos.

Para determinar la distribución teórica con la mayor probabilidad de ajustar como los datos empíricos, se realiza la prueba de hipótesis siguiente, tanto para el monto como para el número de siniestros de cada uno de los rangos de edad:

H_0 : X se distribuye como $F(x)$

H_1 : X no se distribuye como $F(x)$

Donde $F(x)$ en el caso de las distribuciones discretas para la frecuencia:

Gamma, Gauss inversa, Laplace, Levy, Logistic, Loglogistic, Lognormal, Normal, Pareto, Pearson tipo 5, Triangular, Uniforme.

En el caso de las distribuciones de severidad las distribuciones empleadas fueron las siguientes:

Exponencial. Laplace, Pearson tipo 5, Logística, Levi, Pareto, Lognormal, Normal, Gauss Inversa, triangular, Uniforme, Weibull.

El resultado de las distribuciones de la frecuencia y severidad por opción de monto es el siguiente:

Cuadro No. 5.6 Funciones de frecuencia y severidad para opción de monto de 25 millones de colones

Rango	Tipo distr. Frecuencia	Función frecuencia	Tipo distr. Severidad	Función severidad
0-10	Geométrica	Geomet(0,38333)	Loglogistic	Loglogistic(434,75;69360;2,2414)
11-20	Poisson	Poisson(0,95652)	Pearson5	Pearson5(1,8491;158341;RiskShift(-15047))
21-30	Binomial negativa	Negbin(3,0,66029)	Pearson5	Pearson5(1,3503;135398;RiskShift(-14156))
31-40	Poisson	Poisson(1,6957)	Pearson5	Pearson5(1,3116;130527;RiskShift(-14799))
41-50	Binomial negativa	Negbin(3,0,60526)	Pearson5	Pearson5(1,326;136050;RiskShift(-15966))
51-60	Pareto	Pareto(1,6747;1)	Pearson5	Pearson5(1,2283;135665;RiskShift(-18339))
61-70	Binomial negativa	Negbin(3,0,46939)	Gauss Inversa	Invgauss(427503;123522;RiskShift(-7880,6))
71-80	Binomial negativa	Negbin(2,0,2987)	Gauss Inversa	Invgauss(517239;133843;RiskShift(-9495))
Más de 80	Geométrica	Geomet(0,13218)	Gauss Inversa	Invgauss(446055;117602;RiskShift(-6890,7))

Fuente: Elaboración propia, distribuciones ajustadas con el Software @Risk de la Empresa Palisade.

Cuadro No. 5.7 Funciones de frecuencia y severidad para opción de monto de 50 millones de colones

Rango	Tipo distr. Frecuencia	Función frecuencia	Tipo distr. Severidad	Función severidad
0-10	Geométrica	Geomet(0,38333)	Loglogistic	Loglogistic(434,75;69360;2,2414)
11-20	Poisson	Poisson(0,95652)	Pearson5	Pearson5(1,8491;158341;RiskShift(-15047))
21-30	Binomial negativa	Negbin(3,0,66029)	Pearson5	Pearson5(1,3503;135398;RiskShift(-14156))
31-40	Poisson	Poisson(1,6957)	Pearson5	Pearson5(1,3116;130527;RiskShift(-14799))
41-50	Binomial negativa	Negbin(3,0,60526)	Pearson5	Pearson5(1,326;136050;RiskShift(-15966))
51-60	Pareto	Pareto(1,6747;1)	Pearson5	Pearson5(1,2283;135665;RiskShift(-18339))
61-70	Binomial negativa	Negbin(3,0,46939)	Gauss Inversa	Invgauss(427503;123522;RiskShift(-7880,6))
71-80	Binomial negativa	Negbin(2,0,2987)	Gauss Inversa	Invgauss(517239;133843;RiskShift(-9495))
Más de 80	Geométrica	Geomet(0,13218)	Gauss Inversa	Invgauss(446055;117602;RiskShift(-6890,7))

Fuente: Elaboración propia, distribuciones ajustadas con el Software @Risk de la Empresa Palisade.

Las funciones compuestas que se obtuvieron por medio de la función Riskcompound() del Software @Risk son las siguientes:

Cuadro No. 5.8 Función compuesta por cada rango de edad, opción de monto y deducible

Rango	Suma Asegurada de 25 millones de colones		
	deducible 25.000	deducible 50.000	deducible 100.000
0-10	Expon(114492;Shift(-114,49))	Expon(93837;Shift(-93,837))	Expon(39471;Shift(-39,471))
11-20	Expon(143833;Shift(-143,83))	Expon(113979;Shift(-113,98))	Expon(98064;Shift(-98,064))
21-30	Invgauss(472114;8837,9;Shift(-2788,7))	Expon(423158;Shift(-423,16))	Expon(346967;Shift(-346,97))
31-40	Invgauss(598024;52268;Shift(-13938))	Invgauss(449818;17546;Shift(-5223))	Expon(518681;Shift(-518,68))
41-50	Invgauss(570953;40185;Shift(-11443))	Invgauss(593974;6067,2;Shift(-1934,4))	Expon(436120;Shift(-436,12))
51-60	Lognorm(911240,2;4547785,5;Shift(-2417))	Invgauss(820742;63101;Shift(-14561))	Invgauss(604619;10344;Shift(-3160,4))
61-70	Expon(1428184;Shift(-1428,2))	Invgauss(1307006;370603;Shift(-83471))	Invgauss(1202077;205695;Shift(-51972))
71-80	Expon(2308090;Shift(-2308,1))	Expon(2188545;Shift(-2188,5))	Expon(1880536;Shift(-1880,5))
Más de 80	Invgauss(2911254;725889;Shift(-168064))	Invgauss(2648511;495184;Shift(-120517))	Invgauss(2348296;335532;Shift(-86398))

Rango	Suma Asegurada de 50 millones de colones		
	deducible 75.000	deducible 150.000	deducible 300.000
0-10	Expon(62508;Shift(-62,509))	Expon(41707;Shift(-41,707))	Expon(16856;Shift(-16,856))
11-20	Expon(83981;Shift(-83,982))	Expon(66439;Shift(-66,439))	Expon(36110;Shift(-36,11))
21-30	Expon(413147;Shift(-413,15))	Expon(287018;Shift(-287,02))	Expon(228716;Shift(-228,72))
31-40	Invgauss(436238;2485,2;Shift(-803,9))	Expon(420545;Shift(-420,55))	Expon(302366;Shift(-302,37))
41-50	Expon(528447;Shift(-528,45))	Expon(540884;Shift(-540,88))	Expon(527606;Shift(-527,61))
51-60	Invgauss(650955;21772;Shift(-6150,4))	Expon(658951;Shift(-658,95))	Expon(516793;Shift(-516,79))
61-70	Invgauss(1171254;206609;Shift(-50888))	Invgauss(1012829;75864;Shift(-22101))	Expon(853879;Shift(-853,88))
71-80	Invgauss(2321823;525624;Shift(-122129))	Invgauss(2070008;284578;Shift(-75261))	Invgauss(1472187;23980;Shift(-7655,6))
Más de 80	Invgauss(2460867;487370;Shift(-119755))	Invgauss(2251652;160377;Shift(-46224))	Expon(1616164;Shift(-1616,2))

Fuente: Elaboración propia, distribuciones ajustadas con el Software @Risk de la Empresa Palisade.

Las primas de riesgo obtenidas, en moneda colones, son las siguientes:

Cuadro No. 5.9 Primas de riesgo anuales por opción de monto y deducible

Rango de edad	Opción 1 - 25 millones de colones		
	deducible 25.000	deducible 50.000	deducible 100.000
0-10	114.492,44	93.743,44	39.431,54
11-20	143.833,29	113.865,97	97.966,22
21-30	469.326,22	422.735,60	346.620,29
31-40	584.086,28	444.595,74	518.163,01
41-50	559.509,60	592.039,69	435.684,01
51-60	825.527,28	806.180,96	601.459,10
61-70	1.426.755,92	1.223.534,54	1.150.105,64
71-80	2.305.781,97	2.186.357,11	1.878.656,15
Más de 80	2.743.189,79	2.527.993,66	2.261.897,84

Rango de edad	Opción 2 - 50 millones de colones		
	deducible 75.000	deducible 150.000	deducible 300.000
0-10	62.446,01	41.665,51	16.839,47
11-20	83.897,98	66.372,98	36.074,00
21-30	412.734,72	286.731,50	228.488,06
31-40	435.434,75	420.124,60	302.063,81
41-50	527.919,00	540.343,69	527.079,28
51-60	644.805,52	658.292,62	516.276,58
61-70	1.120.365,22	990.728,59	853.025,16
71-80	2.199.693,96	1.994.747,15	1.464.531,86
Más de 80	2.341.112,29	2.205.427,99	1.614.548,20

Fuente: Elaboración propia, distribuciones ajustadas con el Software @Risk de la Empresa Palisade.

En el cuadro siguiente se detallan los valores hipotéticos de los recargos multiplicativos, empleados en el cálculo de la prima comercial anual:

Cuadro No. 5.10 Recargos multiplicativos

Rubro	% Aplicado
Costo de distribución	15%
Costo de administración	10%
Costo de recaudación	3%
Utilidad esperada	7%
Total (R)	35%

La prima comercial (Π) para cada rango de edad (x), opción de monto (m) y deducible (d) se determina mediante la siguiente fórmula general:

$$\Pi_{(x,m,d)} = \frac{\pi_{(x,m,d)}}{(1 - g_1 - g_2 - g_3 - u)}$$

Donde:

$\pi_{(x,m,d)}$ = prima de riesgo por rango de edad (x), opción de monto (m) y deducible (d)

g_1 = Costo de distribución.

g_2 = Costo de administración.

g_3 = Costo de recaudación.

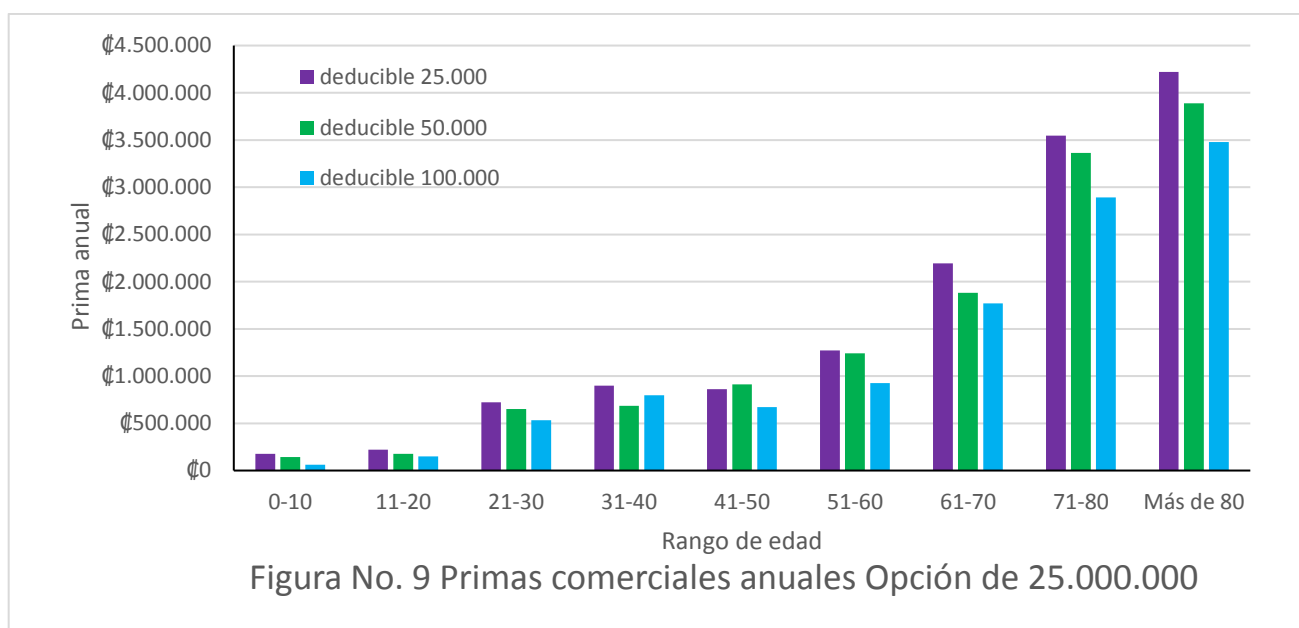
u = utilidad esperada de la Compañía Aseguradora.

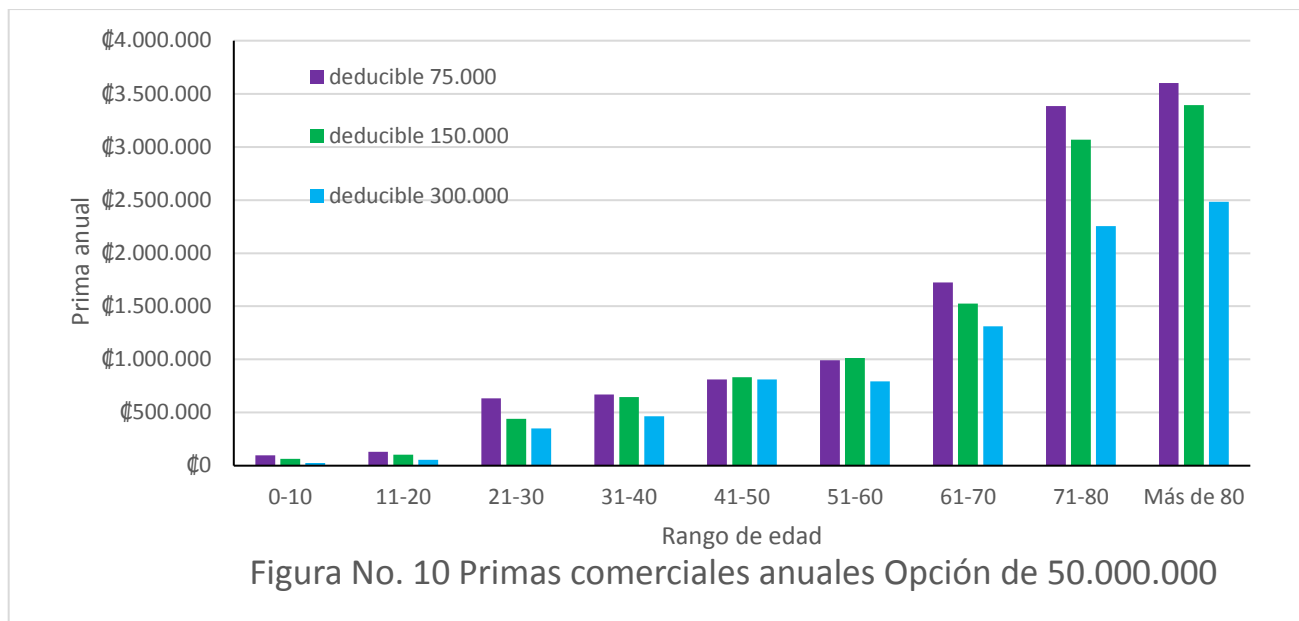
Las primas comerciales anuales determinadas a partir de la prima de riesgo del cuadro 5.9 por rango de edad, opción de monto asegurado y deducible son las siguientes:

Cuadro No. 5.11 Primas comerciales anuales por opción de monto y deducible (cifras en colones)

Rango de edad	Opción 1 - 25 millones de colones			Opción 2 - 50 millones de colones		
	deducible 25.000	deducible 50.000	deducible 100.000	deducible 75.000	deducible 150.000	deducible 300.000
0-10	¢176.142,00	¢144.221,00	¢60.664,00	¢96.071,00	¢64.101,00	¢25.907,00
11-20	¢221.282,00	¢175.178,00	¢150.717,00	¢129.074,00	¢102.112,00	¢55.498,00
21-30	¢722.040,00	¢650.362,00	¢533.262,00	¢634.976,00	¢441.125,00	¢351.520,00
31-40	¢898.594,00	¢683.993,00	¢797.174,00	¢669.900,00	¢646.346,00	¢464.714,00
41-50	¢860.784,00	¢910.830,00	¢670.283,00	¢812.183,00	¢831.298,00	¢810.891,00
51-60	¢1.270.042,00	¢1.240.278,00	¢925.322,00	¢992.008,00	¢1.012.758,00	¢794.272,00
61-70	¢2.195.009,00	¢1.882.361,00	¢1.769.393,00	¢1.723.639,00	¢1.524.198,00	¢1.312.346,00
71-80	¢3.547.357,00	¢3.363.626,00	¢2.890.240,00	¢3.384.145,00	¢3.068.842,00	¢2.253.126,00
Más de 80	¢4.220.292,00	¢3.889.221,00	¢3.479.843,00	¢3.601.711,00	¢3.392.966,00	¢2.483.920,00

Los siguientes gráficos presentan las primas comerciales anuales obtenidas por rangos de edad, opción monto asegurado y deducible.





De acuerdo con los datos anteriores, podemos comprobar que existe un comportamiento creciente en la prima anual por rangos de edad y también un importante efecto del deducible, entre más alto sea el deducible, la prima tiende a disminuir, esto por cuanto el Asegurado asume una mayor proporción de los gastos.

6. CONCLUSIONES

1. Mediante la presente investigación, se logró determinar que el INS no cuenta con un producto de Gastos Médicos Mayores Modalidad Individual para la población de ingresos medios, puesto que en los productos de INS Medical que ofrece tiene sumas aseguradas de \$200.000 en el Plan Regional y \$2.000.000 en el Plan Internacional. Como parte de los hallazgos de la presente investigación, se pudo determinar la necesidad de implementar seguros con montos asegurados y deducibles accesibles a la población, que permitan abarcar nuevos segmentos de población con capacidad de adquirir productos tales como el Seguro de Gastos Médicos Mayores.
2. Desde la apertura del mercado de seguros, el INS ha venido perdiendo cuota de mercado en los Seguros de Salud, por lo cual requiere implementar nuevos productos para aumentar su cartera de asegurados y lograr mantenerse como la compañía de seguros dominante.
3. Los seguros de Gastos Médicos Mayores son productos que comercializan otras compañías tanto a nivel nacional e internacional que han venido aumentando su cuota de mercado, por lo cual dicho seguro es necesario incluirlo dentro de la oferta de productos de salud del INS, de manera que le permita competir con las otras empresas y brindar opciones de aseguramiento a la población.
4. De acuerdo con los datos de la Encuesta Nacional de Hogares de Propósitos Múltiples del período 07-2017 a 07-2018, existe un importante segmento de la población con ingresos medios y altos que concentra el 72.7% de los ingresos totales de los hogares y que representa el 35,2% de la población total del país, razón por la cual se constituye un segmento atractivo al cual se le podría ofrecer el Producto de Gastos Médicos Mayores.
5. Los seguros de salud privados constituyen un importante mecanismo de protección para las familias ante la posibilidad de sufrir un accidente o una enfermedad para recibir atención oportuna, minimizando las pérdidas económicas para las personas y constituyen un valioso aliado para la seguridad social, que podría ayudar a descongestionar las largas listas de espera de los servicios médicos de la CCSS.

6. Las diferentes distribuciones de frecuencias y severidad con la herramienta @Risk, permiten explorar nuevas formas de tarifar los productos de salud y lograr obtener diferentes escenarios de tarifas, introduciendo cambios en los deducibles, límites de seguro y en otros parámetros, para lograr tarifas más acordes al riesgo.
7. De acuerdo con los objetivos planteados, se logró determinar la prima del seguro del Seguro de Gastos Médicos Mayores aplicando teoría de riesgos, para dos opciones de suma asegurada de 25 y 50 millones de colones y se pudo realizar el cálculo con la herramienta de @Risk para tres diferentes opciones de deducible por suma asegurada.

8. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda valorar la posibilidad de implementar el Seguro de Gastos Médicos Mayores modalidad individual en el INS, para el segmento de población con ingresos medios y altos, lo cual ayudaría a la Aseguradora a mejorar la oferta de productos y a mantener la posición de liderazgo en el mercado de seguros local.
2. A nivel local e internacional se han venido aplicando diferentes medidas para que los seguros sean accesibles para todas las personas, por lo cual la Aseguradora Estatal (INS) podría valorar la tarificación sin diferenciación por sexo, tal y como se propone en la presente investigación.
3. El INS puede contribuir con la sociedad y con la CCSS realizando campañas de aseguramiento, para que se comercialicen más productos de salud y aprovechar las instalaciones de los centros médicos regionales y el Hospital del Trauma para la atención de los asegurados de los productos de gastos médicos con el fin de abaratar costos de los servicios médicos.
4. Es necesario adoptar nuevas metodologías de tarificación para garantizar la solvencia de las compañías de seguros, las metodologías de cálculo deterministas deben ir evolucionando al análisis de teoría de riesgo para lograr tarifas y primas más adecuadas a los riesgos.
5. Es recomendable que la Dirección de Indemnizaciones del INS realice depuraciones y correcciones a la información que se genera en el pago de indemnizaciones, dado que como parte del estudio se determinó que algunos datos como fechas de nacimiento, codificación de coberturas y rubros afectados en el proceso de pago de reclamos presentan registros inconsistentes, lo cual dificulta las revisiones y estudios tarifarios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Asamblea Legislativa. (17 de Junio de 2011). Ley 8956 Ley del contrato de seguros. San José, San José, Costa Rica.
2. AXA Seguros, S.A. de C.V. . (16 de 11 de 2018). *Axa México*. Obtenido de <https://axa.mx/home>
3. Crhoy. (31 de Mayo de 2018). Magistrados vuelven a jalar las orejas a la Caja por listas de espera. San José, San José, Costa Rica.
4. Jean, A. J. (2004). *Certificación actuarial accidentes y enfermedades , generalidades sobre el ramo de accidentes y enfermedades*.
5. Klugmann, S. A. (2012). *Loss model from data to decision*. New Jersey, United States of America: Willey.
6. Mapfre México. (16 de 11 de 2018). *Mapfre México*. Obtenido de <https://www.mapfre.com.mx/seguros-mx/particulares/seguros-de-gastos-medicos/medicos/gastos-medicos-mayores/>
7. Mapfre, F. (2010). *Seguros de Vida y Salud*. España: Instituto de Ciencias del Seguro.
8. Meade, A. J. (1997). *Seguros de Gastos Médicos de Grupo y Colectivo*. México: Editorial Prado S.A. de C.V. .
9. Nieto de Alba, U., & Vegas Asensio, J. (1993). *Matemática Actuarial*. (F. Mapfre, Ed.) Madrid, España: Mapfre.
10. Palisade Corporation. (01 de 08 de 2013). *Guía para el uso de @Risk*. (P. Corporation, Ed.) Recuperado el 13 de 12 de 2018, de <https://www.palisade-lta.com/>: <https://www.palisade-lta.com/>
11. Pan American Life. (16 de 11 de 2018). *Pan American Life México*. Obtenido de <https://www.palig.com/es/mexico>
12. Peto, E. A. (2008). Metodología para el cálculo de la prima de riesgo del seguro de gastos médicos mayores de la UNAM. México, Distrito Federal, México.
13. Pitacco, E. (2014). *Health insurance basic actuarial models*. Springer.
14. Real Academia Española. (28 de Noviembre de 2018). *Diccionario de la lengua española*. (R. A. Española, Ed.) Recuperado el 28 de Noviembre de 2018, de Real Academia Española: <https://dle.rae.es/?id=DglqVCc>
15. Rincón, L. (2012). *Introducción a la teoría de riesgo*. México: Escuela de Ciencias UNAM.
16. Sarabia Alegría, J. M. (2007). *Estadística actuarial teoría y aplicaciones*. Madrid, España: Pearson Educación, S.A.
17. SUGESE de Costa Rica. (05 de 07 de 2013). <http://www.sugese.fi.cr>. Obtenido de <http://www.sugese.fi.cr>: http://www.sugese.fi.cr/marco_legal/acuerdos%20superintendente/aprobados/SGS-DES-A-025-2013_Disposiciones_nodiscrim_edad.pdf

18. Triple S Blue Inc. . (28 de Noviembre de 2018). *SUGESE*. Obtenido de Superintendencia General de Seguros de Costa Rica: http://www.sugese.fi.cr/polizas_servicios/personales
19. Vaughan, E. J. (2007). *Fundamental of Risk and Insurance*. United States of America: Willey.
20. Werner, G. y. (2010). *Basic Ratemaking*. United States of America: Casualty Actuarial Society.

Otras fuentes consultadas:

21. Tesis Metodología para el cálculo de la prima de riesgo del seguro de gastos médicos mayores de la Universidad Nacional Autónoma de México. Guzmán Peto, Rodrigo Alonso. México, 2008.
22. Cálculo actuarial de la prima de tarifa para los seguros de corto plazo (vida y no-vida). Estándar de Práctica Actuarial No. 01. Comité de Estándares de Práctica Actuarial de la Asociación Mexicana de Actuarios, A.C. México, noviembre de 2001.