

Estimación alternativa de una prima de seguro de gastos médicos mayores bajo el contexto de las opciones financieras

Fernando Gamaliel Hermosillo Ramírez*

Guillermo Sierra Juárez**

Fecha de recepción: 16 de diciembre de 2013

Fecha de aceptación: 14 de mayo de 2014

* Universidad de Guadalajara
Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas (CUCEA)
fhermosillo9@gmail.com

** Universidad de Guadalajara
Centro Universitario de Ciencias Económico Administrativas (CUCEA)
gsierraj@cucea.udg.mx

RESUMEN

El presente trabajo tiene el propósito de estimar de una forma complementaria a la metodología tradicional o actuarial una prima de gastos médicos mayores utilizando la teoría Black-Scholes de opciones financieras. Se proponen cuatro variables independientes de salud como variables subyacentes donde la combinación ponderada de sus primas como opciones financieras tipo *call* europeas determinará la prima total que adicionalmente tendría que sumarse sobre todos los días del año. El equivalente del precio de ejercicio es el límite máximo para no caer en una emergencia de salud recomendados en cada una de las variables. El trabajo presenta limitaciones en su análisis debido a la escasa cantidad de información histórica de las variables de salud y a las simplificaciones para encontrar su solución.¹

Clasificación JEL: F34, G10, G32, G39

Palabras Clave: Merton , Black-Scholes, prima, seguros.

Alternative estimation of major medical expensive prime in the financial options context

ABSTRACT

The present paper intended to estimate on complementary form to the traditional or actuarial methodology the premium of the medical care services but using the financial option theory in Black-Scholes context. We propose four healthy variables as underlying variables which combination and the daily sum of them give us the total premium. The equivalent of exercise price is the limit of good health. This work has limitations because of the shortage of healthy historical information and for reduction form in order to find the possible solution.

JEL Classification: F34, G10, G32, G39.

Keywords: Merton, Black-Scholes, premium, insurances.

¹ En lugar de considerar una opción americana donde el tiempo es un continuo, se considera una suma de opciones europeas diarias que en el límite continuo deberían de converger. La propuesta tiene como objetivo la simplificación y utilización de los datos e información obtenida.

Introducción

El sector asegurador en México ha ido experimentado cambios, principalmente dentro del marco legal a efecto de generar una mayor participación en la economía. Sin duda, el punto más importante que vivió el sector, se dio en la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte en los años 1993-1994, cuando la penetración del sector asegurador fue de 1.43% (Reyes, 2008). Más recientemente para el año 2011, según datos de la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas (CNSF, 2012), dicho índice subió a 1.8%, por lo que se podría decir que no ha habido cambios sustanciales desde esas fechas.

En México operan diversas empresas y diversos ramos de seguros. El presente estudio se enfocará en el ramo de gastos médicos mayores en virtud de que sólo el 5% de la población contaba, hasta el 2010, con un seguro de este tipo, lo cual evidencia la gran oportunidad que tienen las aseguradoras en este ramo. Se debe comentar que el precio de la prima de este tipo de seguros en México opera por encima del promedio que se cobra en América Latina, lo que a su vez es causa de la alta siniestralidad que existe en el país (El Economista, 2010). En esta propuesta se buscará estimar la prima de seguro de gastos médicos mayores utilizando la teoría de las opciones financieras de manera complementaria a la técnica actuarial, para lo cual se utilizará el modelo Black & Scholes (1973). Una de las principales ventajas del modelo es que buscará individualizar la prima de seguro, lo cual es tendencia en las aseguradoras a nivel internacional.

La estructura del trabajo se divide en cinco secciones: la primera consiste de una breve descripción de la industria del seguro en México, posteriormente, la segunda sección se presenta un resumen de la teoría de las opciones financieras. La sección tres consiste en una propuesta de la aplicación del modelo de opciones al sector asegurador. En la parte cuatro se revisa la metodología del modelo propuesto y finalmente en la quinta parte se explican sus resultados y las conclusiones.

1. La industria del seguro en México, el sector de gastos médicos mayores

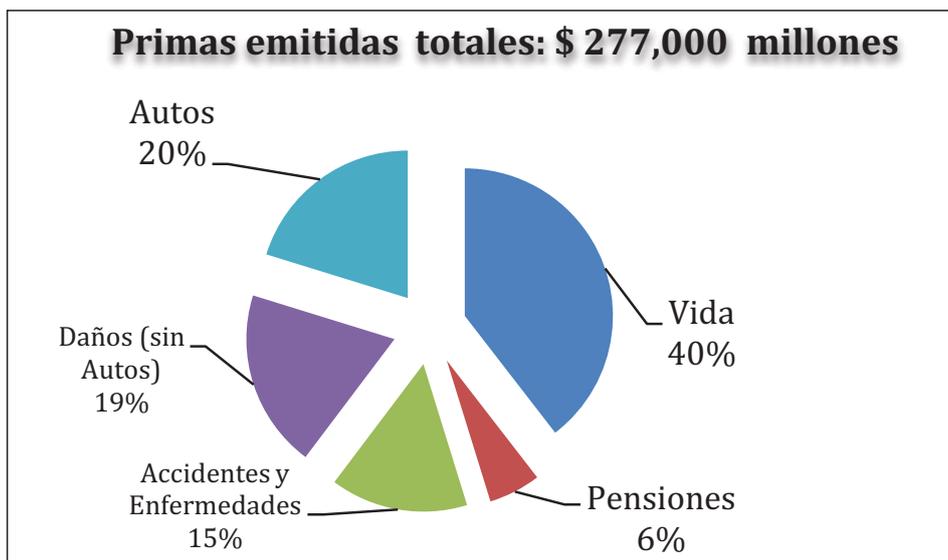
El sector asegurador en México ha mostrado cierto dinamismo en los últimos años, en específico a raíz de la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), en el cual se acordó realizar las modificaciones correspondientes al marco legal en materia financiera permitiendo la inversión extranjera en el sector (Ley de Inversión Extranjera, *DOF*, 27 de Diciembre 1993). Si bien, se ha observado cierto crecimiento del sector en los últimos años, éste no ha sido el esperado. Como se mencionó anteriormente el sector asegurador en la economía, pasó de 1.43% en 1993 (Reyes, 2008) a aproximadamente 1.8% en el año 2011 según datos de la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas (CNSF, 2012), lo cual evidencia de alguna manera el lento crecimiento del sector. Cabe mencionar, como referencia, que el índice promedio de penetración del sector asegurador en la economía para los miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) es aproximadamente del 8%, incluso en Gran Bretaña la relación es cerca de 15% (OCDE, 2010).

En México las 102 compañías registradas ante la CNSF en el año 2012 operaban en conjunto diversos ramos: responsabilidad civil y riesgos profesionales, terremoto y otros riesgos catastróficos, marítimo y de transporte, obligatorios, de crédito, automóviles y camiones, incendio, agrícola y de animales, de salud, gastos médicos mayores (GMM) y de accidentes personales, fianzas y diversos.

En la Figura 1 se puede observar la participación observada por ramo del sector asegurador en el año 2011, compuesto por 4 ejes principales: Vida, que concentró el 39.6%, daños (sin autos) 19.3%, autos el 20.3%, accidentes y enfermedades 15.1%, y el resto 5.7% corresponde a pensiones. En conjunto, este mismo año el sector asegurador emitió primas por un total de \$276,185 millones de pesos, de las cuales, cerca de \$41,703 millones corresponden al ramo de gastos médicos mayores (CNSF, 2012).

Se observa que el ramo de GMM tiene una participación importante en la emisión de primas total del sector asegurador mexicano, éste representa una oportunidad de crecimiento importante dado que todo individuo es sujeto de seguro por el hecho de enfrentar el riesgo de accidente y/o enfermedad diariamente. El sector tiene el potencial de ir a la par con la emisión de primas del ramo de vida, incluso superarla. A continuación se hará una breve descripción del sector asegurador a raíz de la firma del TLCAN.

Figura 1. Participación por ramo en el mercado asegurador mexicano en el año 2011



Fuente: Elaboración propia con datos de la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas, 2012.

Los acuerdos derivados de la firma del TLCAN en materia financiera benefició en gran medida la entrada de nuevos competidores al sector asegurador en general. Sin duda este acuerdo representa un punto de inflexión en el sector asegurador puesto que hasta su firma operaban en México 38 empresas que ofrecían los distintos tipos de seguros: responsabilidad civil, automóviles, gastos médicos mayores, daños y otros. En la actualidad (Septiembre, 2012), según información proporcionada por la Comisión Nacional de Seguros y de Fianzas, la cantidad de firmas operando en el sector asegurador es de 102, es decir, casi se ha triplicado la cantidad de empresas ofreciendo este tipo de servicios. Del total de 102 firmas aseguradoras, 59 son empresas filiales, mientras que las 43 empresas restantes operan con capital nacional. Lo anterior es reflejo del aumento de inversión extranjera en el sector a raíz de la apertura comercial vía TLCAN. Asimismo, 38 firmas ofrecieron seguros de GMM en el año 2011. Considerando que en el año 2003 operaban este ramo solamente 8 compañías (Minzoni, 2005), se podría deducir que el ramo de GMM ha mostrado gran dinamismo en los últimos años, lo cual podría resultar ilusorio como se presentará más adelante; esto es, la oferta de este tipo de servicios se ha incrementado, no así la demanda por los mismos.

La operación de accidentes y enfermedades está integrado por 3 subramos: gastos médicos mayores (GMM), accidentes personales y salud; donde el 89% de la emisión de primas se concentra en GMM. El objetivo principal del seguro de GMM consiste en satisfacer la necesidad económica de resarcir los gastos por conceptos de servicio de salud no previstos, que por su severidad pudieran crear en la familia o al individuo dificultades económicas (Mejía, 1993). El ramo de GMM está dominado por 5 empresas aseguradoras, puesto que a finales del año 2011 de las 38 firmas participantes en la emisión de primas, estas empresas aseguradoras controlaron alrededor del 68% del mercado total: Grupo Nacional Provincial, S.A.B., Metlife México, S.A., AXA Seguros, S.A de C.V., Seguros Monterrey New York Life, S.A de C.V., y Seguros Inbursa S.A. Para determinar el índice de concentración de mercado se calculó el índice Herfindahl en función de la emisión de primas con datos obtenidos de la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas.

Si bien, los seguros de GMM han mostrado un crecimiento importante en los últimos años, aún existe una oportunidad de crecimiento importante dado que solamente el 5% de la población contaba, hasta el año 2010, con un seguro de GMM según datos consultados en la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos en los Hogares (ENIGH, 2010), esto es, solamente 6.3 millones de mexicanos contaron con un seguro de GMM. En este sentido, se enfatiza el potencial de crecimiento de este ramo de seguros dado que todo individuo, al tener probabilidades de adquirir enfermedades, y con ello, necesidad de resarcir gastos derivados de éstas, se vuelve sujeto de seguro de GMM.

La emisión de primas por parte del ramo de GMM ha mostrado una tendencia creciente en el tiempo, sin embargo, el crecimiento no ha sido el esperado por diversos factores. Uno de los factores que inhiben la demanda del seguro de GMM en México es su precio relativamente alto en comparación con los demás países de América Latina, las primas resultan, según un estudio realizado por *Health Digital System*, hasta 40% más caras debido a la alta siniestralidad e incertidumbre en el control de riesgos, así como por el aislamiento entre las aseguradoras y los prestadores de servicios médicos que hace más vulnerable al sector en cuanto a intentos de fraude. Se identifican 2 tipos de fraude principalmente: el realizado por el asegurado y el que realizan los prestadores de servicios médicos solicitando exámenes de laboratorio, tomografías o análisis innecesarios para cobrar más al seguro (El Economista, 2010). La siniestralidad es un problema dada la incidencia que tiene en la determinación del precio del seguro, la cual se realiza por los actuarios utilizando la ley de los grandes números mediante la técnica actuarial.

En términos de seguros de GMM la siniestralidad se estima, *grosso modo*, del cociente de la suma de los gastos erogados por la compañía de seguros por concepto de pago de hospital, de consultas médicas, de estudios médicos, de medicamento y otros, para el total de pólizas de GMM; con el total de primas emitidas por la compañía en este tipo de póliza. En la Tabla 1 se ilustra el comportamiento que tuvo la siniestralidad en el ramo de GMM para el periodo 2000 – 2011, lo anterior con datos obtenidos de la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas.

Tabla 1. Comportamiento de la siniestralidad en México 2000-2011

Año	Prima emitida*	Costo total de siniestros	Incremento anual primas emitidas	Incremento anual del costo siniestralidad	Siniestralidad
2000	\$ 7,797	\$ 5,363	–	–	69%
2001	\$ 9,621	\$ 6,648	23%	24%	69%
2002	\$ 11,173	\$ 7,273	16%	9%	65%
2003	\$ 12,939	\$ 8,846	16%	22%	68%
2004	\$ 15,169	\$ 10,546	17%	19%	70%
2005	\$ 17,750	\$ 12,455	17%	18%	70%
2006	\$ 20,502	\$ 14,534	16%	17%	71%
2007	\$ 24,446	\$ 16,341	19%	12%	67%
2008	\$ 27,955	\$ 18,487	14%	13%	66%
2009	\$ 30,389	\$ 21,864	9%	18%	72%
2010	\$ 32,707	\$ 23,242	8%	6%	71%
2011	\$ 36,371	\$ 25,891	11%	11%	71%

* Cantidades expresadas en millones de pesos

Fuente: Elaboración propia con datos de la CNSF (2012).²

En la Tabla 1 se observa claramente que tanto el total de primas emitidas, como el costo total de la siniestralidad han ido aumentando con el tiempo, si bien los incrementos de la prima emitida son considerables, este avance se ve disminuido con el incremento que registra el costo de siniestralidad en el mismo periodo. Lo anterior se ve reflejando en la siniestralidad que lejos de disminuir ha ido aumentando. Lo anterior justifica de alguna manera el aumento que se da año con año de la prima de seguro de GMM puesto que el costo de la siniestralidad tiene una ponderación importante al momento de

² Comisión Nacional de Seguros y Fianzas (CNSF).

determinar la prima de seguro utilizando la técnica actuarial. Así pues, la prima de riesgo de este tipo de seguros aumenta casi proporcionalmente ante aumentos en el costo de la siniestralidad.

Seguridad Social

Por otra parte, según la evaluación de riesgos de salud realizada por el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) efectuado por la Coordinación de Administración de Riesgos Institucionales, mediante el Programa de Administración de Riesgos Institucionales (PARI) en el año 2010, existen ciertas enfermedades en la categoría de alto impacto financiero proyectado al año 2050 (ver anexo 1):

1. Diabetes Mellitus (DM).
2. Insuficiencia Renal (IR).
3. Hipertensión Arterial (HA).
4. Cáncer Cérvico-uterino (CaCu).
5. Cáncer de Mama (CaMa).
6. Infección por el Síndrome de Inmunodeficiencia Adquirida y su manifestación (VIH/SIDA).
7. Enfermedades de Atesoramiento Lisosomal (EAL).

La proyección de costos que realizó el PARI (2010) se fundamentó en 4 líneas de análisis para cada padecimiento:

1. Las tasas de incidencia y prevalencia.
2. La sobrevivencia de los pacientes mediante la estimación de las tasas de mortalidad obtenidas a partir de la información del Sistema Nacional de Información en Salud (SINAIS).
3. Los registros de egresos hospitalarios por institución obtenidos del SINAIS y de los resultados preliminares del Sistema de Costeo por Grupo Relacionados con el Diagnóstico (GRD).
4. Las guías clínicas y Normas Oficiales Mexicanas (NOM) con las que se identificaron y costearon los tratamientos médicos y auxiliares de diagnóstico.

Las proyecciones del gasto médico de los padecimientos que se consideran en el PARI se realizaron considerando 2 escenarios de evolución futura (ver anexo 2):

- a) Un escenario base, que se fundamenta en el supuesto de que tanto las acciones preventivas, como los avances médicos y tecnológicos contribuirán a disminuir las tasas de morbilidad de cada padecimiento.
- b) Un escenario inercial, en el que se asume que ninguno de las acciones ni avances descritos en el escenario base impactarán de manera significativa en las tasas de morbilidad, razón por la cual éstas se mantendrán constantes a lo largo del periodo de proyección.

Adicionalmente, para realizar las proyecciones del gasto bajo las premisas de los dos escenarios, se asumió que los gastos médicos se incrementan a una tasa anual real de 2.37%.

En la actualidad, las compañías de seguros en México determinan la prima del seguro de gastos médicos mayores de forma tradicional, mediante técnicas actuariales en función de la siniestralidad del año inmediatamente anterior, así como del nivel de riesgo de padecer un accidente y/o una enfermedad; esto es, se determina la prima a pagar por el servicio de GMM. La aplicación de instrumentos derivados, en este caso, el modelo Black-Scholes (1973) y las opciones financieras para determinar de manera complementaria o paralela, la prima de riesgo en seguros se ha utilizado ya en algunas partes del mundo, sin embargo, la literatura al respecto es escasa, incluso en México es prácticamente inexistente. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo se limita a desarrollar una forma alternativa de valuación de la prima de riesgos para los seguros de gastos médicos mayores a partir de la teoría de valuación de opciones financieras, para ello, como primer paso, en la siguiente sección se hará una breve reseña de las opciones financieras.

2. Las opciones financieras

Los contratos de opciones financieras se han usado desde el siglo XVII con tulipanes en Holanda. Los comerciantes de tulipanes compraban opciones de compra (*call options*) cuando querían asegurarse de que podrían incrementar sus inventarios si los precios subían. Estas opciones daban al comprador el derecho pero no la obligación de comprar tulipanes a un precio preestablecido. Otros buscaban protección si los precios bajaban mediante

la compra de opciones de venta (*put option*), que daban el derecho pero no la obligación de vender tulipanes a un precio previamente acordado. Los vendedores de las opciones de tulipanes asumían sus riesgos a cambio de quedarse con una prima pagada por los compradores de estas opciones. Los contratos de opciones se diseñaron para que el comprador de la opción se beneficiara de los movimientos del mercado en una dirección, pero no sufriera pérdidas como consecuencia de movimientos del mercado en la otra dirección (De Lara, 2003).

Una opción es un contrato que le da al tenedor o comprador el derecho, más no la obligación, de comprar o vender alguna acción o valor en una fecha predeterminada (o antes) y a un precio preestablecido. De esta forma, por el derecho que otorga la opción al comprador de la misma, existen dos tipos: opciones de compra (*call option*) y opciones de venta (*put option*). Una opción de compra le da al tenedor el derecho, mas no la obligación, de comprar un valor hasta una fecha predeterminada y a un precio preestablecido. Por otra parte, una opción de venta le da al tenedor el derecho, mas no la obligación, de vender un valor hasta una fecha predeterminada y a un cierto precio preestablecido (Díaz, 2000).

Por su duración, las opciones se dividen en opciones americanas y opciones europeas. Las opciones europeas son aquellas que sólo pueden ser ejercidas en la fecha de vencimiento; mientras que las opciones americanas son aquellas que se pueden ejercer durante la vida de la opción, en cualquier momento antes de la expiración (Díaz, 2000). Para analizar una opción americana hay que tener en mente que ésta puede ser ejercida antes de expirar, lo que lleva a resolver problemas de frontera libre. Al evaluar opciones americanas, no se conoce *a priori* dónde se aplican las condiciones de frontera, es decir, el tiempo óptimo, al que se ejerce la opción (Elizondo, R., Padilla P, y Bladt, M., 2009).

Si se considera la volatilidad inherente a los mercados bursátiles es razonable pensar que algún inversionista pueda querer tomar ventaja de algún movimiento fuerte del precio del activo subyacente: reclamando el flujo asociado al producto derivado inmediatamente sin tener que esperar a la terminación del contrato, corriendo el riesgo de que un movimiento adverso lo prive de las ganancias que podría obtener en ese momento. Por supuesto una opción americana ofrece las mismas ventajas, y quizá más que las ofrecidas por una opción de tipo europeo. Por ello, la opción americana deberá valer por lo menos lo mismo que su contraparte europea. Valuar una opción de tipo americano representa una dificultad poco trivial pues no

sabemos en qué momento del tiempo se ejercerá la opción y se generará un flujo de efectivo para el inversionista, el tiempo de ejercicio t es aleatorio.

Por otro lado, la teoría de la valuación de opciones ha revolucionado la teoría financiera moderna (Pérez y Lamothe, 2006). Estos autores distinguen al menos cinco modalidades de opciones: opciones sobre acciones, opciones sobre divisas, sobre tipos de interés y/o instrumentos de deuda, sobre índices bursátiles y derivados de riesgo crediticio.

El modelo Black-Scholes (1973) fue desarrollado por Fischer Black, Myron Scholes y Robert Merton, este modelo propone una forma consistente para la estimación de precios de opciones sobre acciones. Posteriormente, Merton analizó la valuación de derivados suponiendo procesos estocásticos más complejos para el precio del activo subyacente, tales como discontinuidades. Este modelo ha tenido una gran influencia en la manera en que se determina el precio de las opciones, así como en sus coberturas. Asimismo, fue esencial en el crecimiento y éxito de la ingeniería financiera en 1980's y 1990's (Hull, 2003). El desarrollo de esta teoría les valió a Scholes y a Merton el premio Nobel de Economía en 1997 (Fernández, 1999).

La idea básica subyacente al modelo Black-Scholes (1973) es que mediante ciertas propiedades del mercado, cualquier opción sobre un activo financiero puede ser replicada, es decir, se puede hallar una estrategia de inversiones tal que la cartera correspondiente generará el mismo flujo de retornos que la opción. Si las condiciones del mercado son tales que las oportunidades de arbitraje están excluidas, entonces el precio de la opción y el precio de la cartera replicante deben ser iguales. Puede decirse que la contribución fundamental de Black, Scholes y Merton fue la de descubrir como asignarle un precio al riesgo (González, 1999).

- El modelo Black & Scholes (1973) asume que el comportamiento de los precios sigue una distribución *log normal* y muestra cómo formar una posición de cobertura con un portafolio que contenga el subyacente (posición larga) y una posición corta de opciones. Mediante argumentos de arbitraje determinan una ecuación diferencial parcial de segundo orden cuya solución representa el precio de la opción. Este modelo es sólo aplicable a opciones europeas. A continuación se presenta la expresión para la valuación de opciones de compra *Call* (De Lara, 2003):

$$C = SN(d_1) - Ke^{-rt}N(d_2) \quad (1)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left[r + \frac{\sigma^2}{2}\right]t}{\sigma\sqrt{t}} \quad (2a)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{t} \quad (2b)$$

Donde;

S = valor del bien subyacente

K= precio del ejercicio de la opción

r = tasa libre de riesgo

t = periodo de la opción

σ = volatilidad del bien subyacente

$N(d_1)$ y $N(d_2)$ = valores que corresponden a la curva de distribución normal acumulada (el área bajo la curva).

Por otra parte los supuestos del modelo Black-Scholes (De Lara, 2003):

- La tasa libre de riesgos de corto plazo es conocida y es constante durante la vida de la opción.
- El precio del valor subyacente se comporta de acuerdo con una caminata aleatoria (*random walk*) en tiempo continuo y la distribución de posibles valores de dicho precio es *log normal*. La varianza de rendimientos del valor subyacente es constante durante el periodo de la opción.
- No se considera el pago de dividendos si el valor subyacente es una opción o el pago de intereses si dicho subyacente es un bono.
- La opción es "europea", es decir, sólo se ejerce al vencimiento de la opción.
- Es posible pedir prestado una parte del valor subyacente para comprarlo o mantenerlo, a una tasa de interés libre de riesgo de corto plazo.
- No hay costos de transacción en la compra o venta del subyacente o la opción.

3. Antecedentes de opciones financieras en el sector asegurador

Las opciones financieras se han utilizado en el sector asegurador principalmente para proteger el patrimonio. Para cumplir con el objetivo, las entida-

des deben cubrirse adecuadamente ante sus riesgos, tanto los riesgos generales de cualquier empresa (entorno general), como los riesgos propios de su actividad (entorno específico), destacando especialmente el riesgo de suscripción derivado de las pólizas de seguros y el riesgo de inversión derivado de su cartera de activos. De la misma forma, dentro de la gestión del riesgo de las compañías aseguradoras, cabe destacar las soluciones dadas por los reaseguradores, ofreciendo coberturas de reaseguro flexibles y mejores para proteger sus resultados operativos contra peligros y riesgos financieros inherentes al negocio de seguros (Rivas, 2002).

Chicaíza y Cabedo (2007) utilizaron las opciones financieras como mecanismo para estimar las primas de seguro y reaseguro en el sistema de salud colombiano, buscando demostrar que la cobertura proporcionada por las operaciones de reaseguro de enfermedades de alto costo en el sistema de salud colombiano puede ser duplicada a través de la adquisición de opciones y que la teoría devaluación de opciones puede ser utilizada para la estimación del valor de las primas y de reaseguro. En general, las opciones y los seguros tienen cuatro elementos comunes: riesgo, prima, indemnización y plazo.

Estos autores utilizaron los derivados financieros como una alternativa al tradicional reaseguro, que se da cuando compañías reaseguradoras adquieren el riesgo tomado por las compañías aseguradoras, en este caso en el sector de salud colombiano. Lo anterior dada la existencia de enfermedades catastróficas que disparan el costo de siniestralidad para las empresas aseguradoras. Para este caso, se tomó como activo subyacente el costo medio de la siniestralidad por paciente (C_{cn}) en unidades monetarias, con la cual la firma de aseguramiento compra una opción de compra (call) para no tener que soportar un costo medio por paciente superior a C_{cn} . El vendedor, en este caso sería el reasegurador con un precio de ejercicio igual a C_{scn} . Por la compra de esta *call*, la firma pagará una prima igual a Pr .

En ese caso la estimación del valor de las primas que se ilustra en las ecuaciones 1, 2a y 2b quedaría de la siguiente manera:

$$Pr = C_{cn}N(d_1) - C_{scn}e^{-rt}N(d_2) \quad (3)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{C_{scn}}\right) + \left[r + \frac{\sigma^2}{2}\right]t}{\sigma\sqrt{t}} \quad (4a)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{t} \quad (4b)$$

En este caso, C_{cn} representaría el costo medio de la siniestralidad por paciente en unidades monetarias, mientras que C_{scn} haría referencia al costo medio de la siniestralidad al cual se dispara la siniestralidad afectando la rentabilidad de la aseguradora, C sería la Pr (prima). Así, la prima del seguro estaría determinada en función del costo medio de la siniestralidad. Las variables $N(d_1)$ y $N(d_2)$ son las funciones de distribución de probabilidad para variables estandarizadas.

Así pues, Chicaíza y Cabedo (2007) concluyeron que existe un claro paralelismo entre una opción *call* y una operación de reaseguro de enfermedades de alto costo financiero. Por ello, para una población homogénea, la prima que se va a pagar por la opción y la prima que se va a pagar por el reaseguro deben ser equivalentes. En otras palabras, la determinación de la prima que se va a pagar por el reaseguro puede realizarse a partir de la teoría de valuación de opciones.

En otro artículo, Pozo (2004) desarrolla un modelo de valuación de opciones aplicado a la valoración de una empresa aseguradora. Para ello, comienza con la aplicación a una empresa aseguradora utilizando el valor del capital de la firma (V_e), el cual es igual al valor de sus activos (A) menos el valor de sus obligaciones (L). Suponiendo que al final del periodo la compañía se liquida, los accionistas recibirán la diferencia entre los activos y las obligaciones (si A es mayor que L), o nada (si A es menor que L). Esta relación se puede expresar de la siguiente manera:

$$V_e = \max[A - L, 0] \quad (5)$$

Este valor al final del periodo es lo mismo que la liquidación de una opción de compra (*call*) europea, donde el valor de los activos es el valor del subyacente (A), y el valor de las obligaciones es el precio de ejercicio (L). Por tanto, los acreedores recibirán el valor de sus siniestros (L) si el valor de los activos supera al de las obligaciones, o el valor de los activos (A) si los activos de la compañía son menores que las obligaciones al final del periodo. El valor al final del periodo de los siniestros pendientes (VL) puede escribirse de la siguiente forma:

$$V_L = \min[L, A] \quad (6)$$

Los acreedores tienen suscrita la venta de una opción de venta (*put*), cuyo valor máximo es el valor de sus siniestros (L) si el valor de los activos (A) es mayor o igual a (L) cuyo valor mínimo es cero si los activos carecen de valor al final del periodo.

En este mismo artículo, Pozo (2004) utiliza la valuación de opciones aplicado a un contrato de seguros dado que el contrato de seguro es otro activo financiero que tiene características de una opción. En este caso, se supone que una compañía de seguros suscribe en un único periodo pólizas con una prima (P) con una franquicia de cuantía (B), y tiene una siniestralidad desconocida pero que se estima en una cuantía (L). Ignorando el valor del dinero para simplificar, el valor de la póliza al final del periodo asegurado (V_p) se podría escribir de la siguiente forma:

$$V_p = \min[P, P - (L - B)], \text{ o bien, } \min[P, P - L + B] \quad (7)$$

En este caso el asegurador obtendría la prima neta si no existe siniestralidad o si la siniestralidad no excede a la franquicia. Si la siniestralidad fuera mayor que la franquicia, el ingreso del asegurador se reduciría por la diferencia entre la siniestralidad y la franquicia. Así, la ecuación anterior, es muy similar a la liquidación de una opción de compra (*call*) europea, (el asegurador es vendedor de la *call*). El asegurador, en efecto, ha vendido una opción de compra europea con precio de ejercicio la franquicia. En este caso, el asegurado es comprador o propietario de una opción de compra europea. El valor del siniestro asegurado (V_h) se puede escribir:

$$V_h = \max[L - B - P, -P]. \quad (8)$$

Esto puede ser utilizado para determinar el rendimiento de equilibrio en la valuación del seguro empleando la estructura de valuación de opciones.

Hasta aquí se puede observar que existen diferentes formas en que se pueden utilizar las opciones financieras en el sector asegurador, ya sea para cubrir los riesgos como el caso colombiano, o bien para determinar el valor de contratos de seguros. El objetivo del presente trabajo es determinar la prima de seguro de GMM utilizando el modelo Black & Scholes (1973), el cual se comenzará a describir en el siguiente apartado.

4. Planteamiento y valuación del Modelo Black & Scholes para estimar la prima de seguro de gastos médicos

En la modelación de opciones financieras existen varios supuestos financieros y matemáticos, mencionados previamente. Uno importante, es el referente al comportamiento del activo subyacente como un tipo particular de proceso estocástico denominado “movimiento geométrico browniano”. En el presente trabajo el equivalente de un subyacente financiero son los cuatro indicadores de salud (se supone que se comportan cada uno como movimiento geométrico browniano) y que ponen alertas sobre la posible presencia de riesgos de enfermedades presión arterial (PA sistólica, diastólica), índice de masa corporal (IMC), frecuencia cardiaca (FC)), por ejemplo: el nivel de presión arterial repercute en la posibilidad de padecer hipertensión arterial, para este caso se supone que el comportamiento de la variable tensión arterial fungiría como un proceso estocástico que sería el activo subyacente. Al final se considera un equivalente de portafolio de índices de salud subyacentes de los cuatro índices mencionados en función de las variables y los datos del Programa de Administración de Riesgos Institucionales (PARI, 2010) antes descrito.

Por otra parte, el planteamiento puede realizarse tanto con opciones europeas como con opciones americanas, si bien, en el problema propuesto las primeras se acercan más a una descripción real, debido a la falta de información empírica y a la dificultad técnica (al considerar un portafolio de cuatro activos con evolución continua en el tiempo) se simplifica el planteamiento y se selecciona para el análisis de la prima una suma de opciones europeas a lo largo de un año (incluso es más cercana a una opción bermuda).

Debe mencionarse que no existe un mercado para este tipo de opciones y las variables financieras no son monetarias, sino de salud, por lo que habrá que encontrar un factor de calibración para transformar la variable de salud a una variable financiera.

Para recabar las series de datos que corresponden a las variables que se utilizarán como activo subyacente se acudió a las oficinas del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), al área de enseñanza, cuyo objetivo era obtener la información médica (expediente), al menos, de 4 pacientes. Tal información, se pretendía tuviera las siguientes características:

- El expediente donde se pudiera observar el registro (mensual, semestral, o anual) de algunas de las variables elegidas (presión arterial (PA), índice de masa corporal (IMC), frecuencia cardiaca (FC)) lo anterior, estaría en

función de la enfermedad que contrajo el paciente a la postre y por la que seguramente es atendido.

- Que el expediente abarcara el antes, y el después de que el paciente contrajo alguna enfermedad. Lo anterior a efecto de poder determinar el momento en que se podría o no ejercer la opción. En realidad la edad del paciente no era importante, siempre y cuando pudiéramos obtener en el expediente el antes y el después.
- Que la observación abarcara al menos 10 años, siempre y cuando registrara el antes y después de que se contrajo algún padecimiento.

Las características buscadas se podrían obtener de los registros que llevan las aseguradoras de sus clientes de pólizas de vida, lo anterior porque ellas mismas solicitan exámenes generales de manera anual a sus asegurados con suma asegurada más elevada a efecto de reducir el riesgo del contrato de póliza. Sin embargo, por medio de aseguradoras no se pudo conseguir la información completa por razones de confidencialidad.

Debido a lo anterior, sólo fue posible obtener información del IMSS para personas en observación médica con registro de tensión arterial diastólica y sistólica, frecuencia cardiaca e índice de masa corporal de 4 pacientes femeninos con edad mayor a 60 años: 2 pacientes con diabetes mellitus y 2 pacientes con hipertensión arterial. Los expedientes abarcan un periodo de Febrero del 2004 a Octubre del 2012. Como se mencionó anteriormente, el portafolio de riesgos de salud estará formado por 4 equivalentes de activos subyacentes: Presión arterial sistólica, presión arterial diastólica, índice de masa corporal y frecuencia cardiaca.

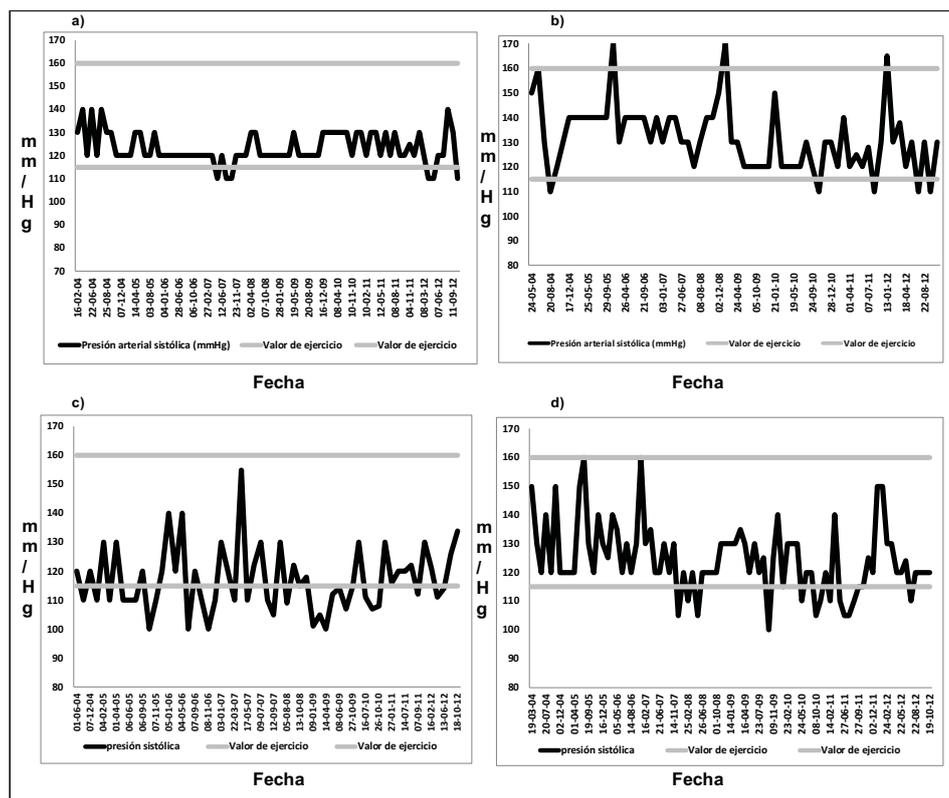
Para el caso de los datos que se utilizarían como precios de ejercicio de la opción, se buscaron datos en distintas fuentes acreditadas como la Organización Mundial de la Salud. Se encontró que el nivel promedio recomendable de presión arterial por rango de edad, así como del IMC según peso y estatura, y de la frecuencia cardiaca. Para el caso de la presión arterial sistólica se utilizó un valor de 160 mm/Hg, para la presión diastólica 100 mm/Hg, para el IMC un valor de 30 kg/m² y para el caso de la frecuencia cardiaca se tomó un valor de 100 latidos/min. Los límites anteriores establecidos funcionarán de forma equivalente del precio de ejercicio de las variables de salud, debido a que cuando se sobrepasan estos límites de índices de salud es cuando mayores posibilidades se tiene de poder enfermarse para cada uno de los cuatro casos. Finalmente, se tomará la tasa de interés (r) de 4.80%, a partir de la tasa de interés interbancaria de equilibrio (TIIE) a 26 semanas o 182 días, que

corresponde a los resultados presentados en la sesión del día 5 de Enero de 2013 del Banco de México (Banxico), el plazo (t) a utilizar va desde un día a 1 año puesto que es la duración de una póliza o contrato de seguros de gastos médicos mayores, como se mencionó, se van sumando las opciones europeas para cada día.

Una vez obtenida la información de los activos subyacentes, se procedió a graficar el comportamiento que tuvo cada uno de ellos en el periodo total, las gráficas anuales de los 4 índices de salud subyacentes, para los 4 pacientes se muestran y describen en las siguientes gráficas:

De la Figura 2, las gráficas “a” y “b” corresponden a los pacientes diabéticos, mientras que las gráficas “c” y “d” corresponden a los pacientes hipertensos. En esta figura se puede observar que salvo en el paciente “a”, los

Figura 2. Comportamiento de la presión arterial sistólica 2004 – 2012



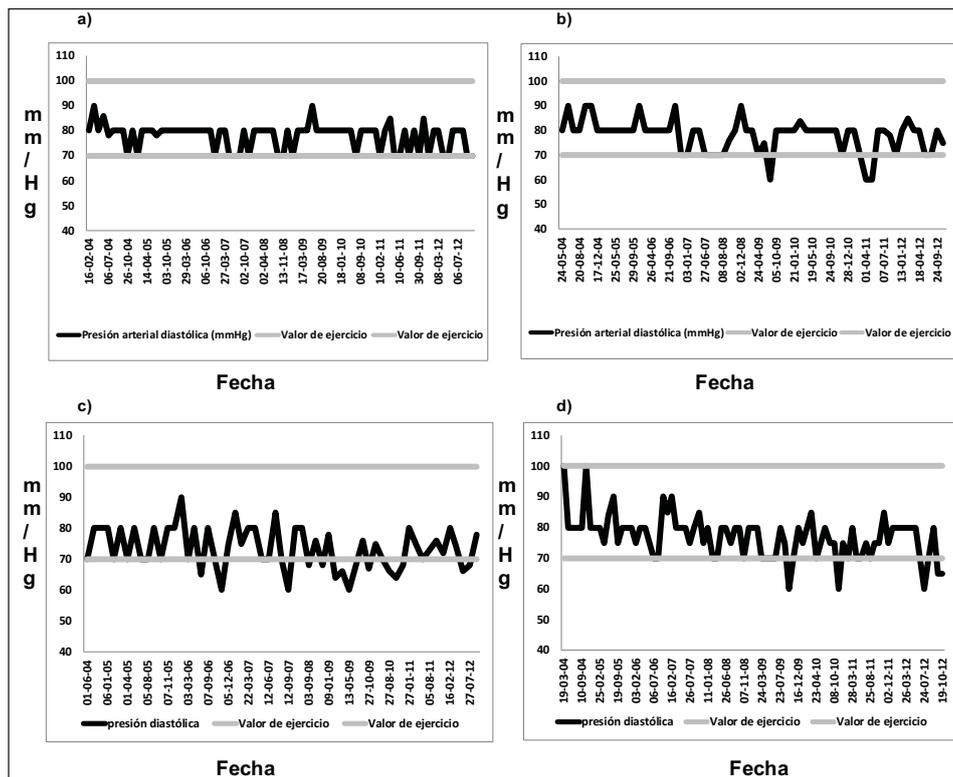
Fuente: Elaboración propia.

pacientes “b”, “c” y “d” registraron cierta dispersión en sus valores de presión arterial sistólica, incluso los pacientes hipertensos “c” y “d” llegaron a registrar niveles fuera del rango (115 – 160) durante varios periodos, lo cual implica una volatilidad alta.

En la Figura 3 se presentan el conjunto de gráficas de los mismos pacientes pero respecto a sus niveles de presión arterial diastólica. En ellas se observa que los pacientes diabéticos “a” y “b” mantienen cierta estabilidad en sus registros, pues se encuentran relativamente dentro del rango, mientras que los pacientes “c” y “d” registra mayores altibajos en sus valores, aunque no son tan volátiles como en el caso de la presión arterial sistólica.

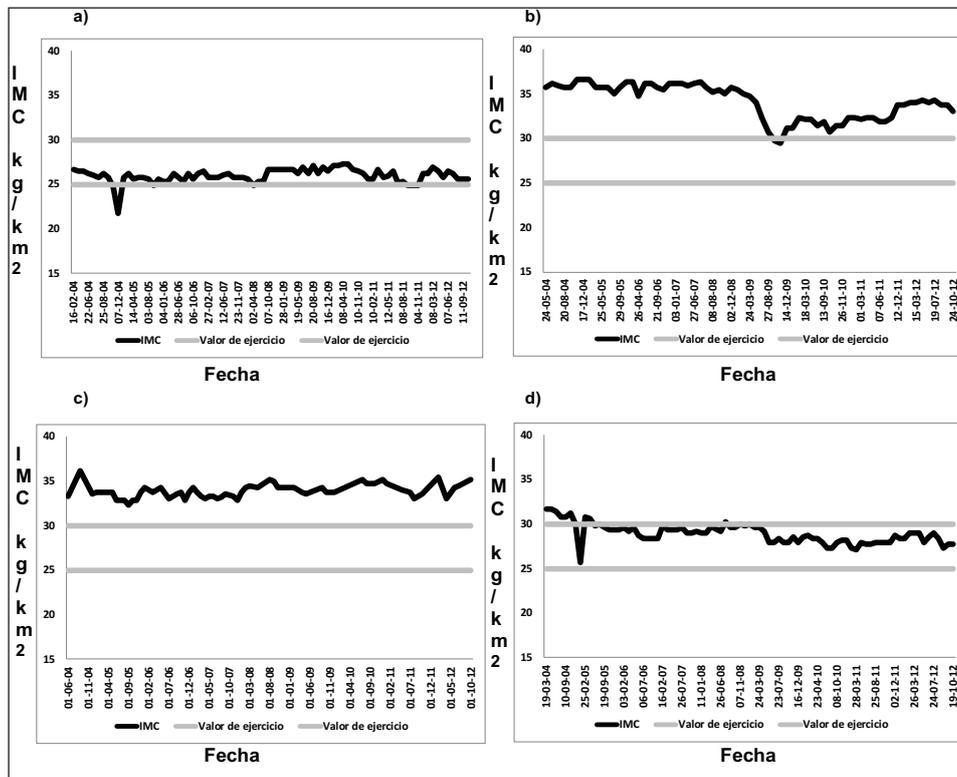
Asimismo, la Figura 4 representa un conjunto de gráficas que muestran los niveles registrados de índice de masa corporal (IMC) para los mismos 4

Figura 3. Comportamiento de la presión arterial diastólica 2004-2012



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en las oficinas del IMSS.

Figura 4. Comportamiento del IMC 2004-2012



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en las oficinas del IMSS.

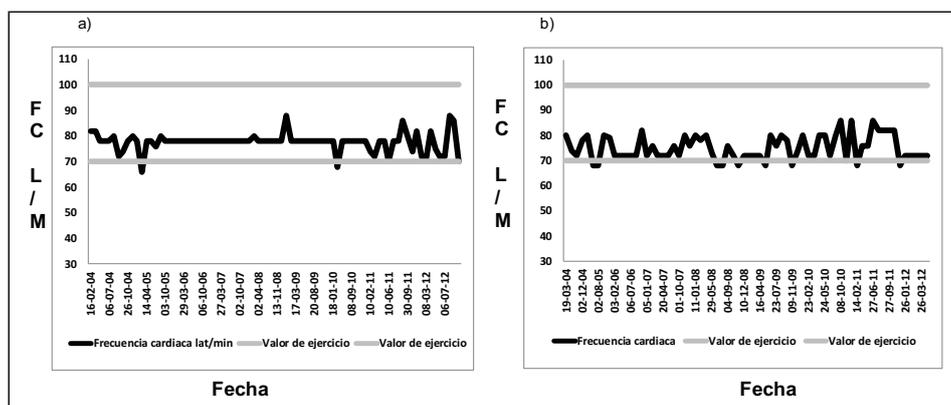
pacientes y en el mismo periodo de tiempo 2004 – 2012. Cabe mencionar que para este indicador se pueden tomar diversos valores como el equivalente del precio de ejercicio tal como el grado de obesidad. Sin embargo, para efectos del presente se tomó el valor 30 (obesidad) como precio de ejercicio en el modelo, por ello es que los casos del diabético “b” y el hipertenso “c”, los niveles registrados de IMC están fuera del rango o valor crítico de 30 kg/m²; es decir, se encuentran en niveles de obesidad tipo I y tipo II. Para efectos de uniformidad y entendiéndose que a partir de un nivel de IMC equivalente a 30 kg/m² aumentan las probabilidades de contraer alguna de las enfermedades relacionadas con esta variable, o acentuar las ya existentes, es que se determinó utilizar como valor crítico a partir de 30 kg/m².

Si bien, se puede observar poca dispersión en los valores registrados para todos los pacientes, se observan algunos picos en el paciente “a” y “d”,

por lo demás sólo se puede observar cierta tendencia a la baja para todos los pacientes, lo cual es entendible puesto que están bajo control médico.

Finalmente, en la Figura 5 que muestran sólo 2 gráficas puesto que sólo 2 de los 4 pacientes tuvieron registro de frecuencia cardiaca en el periodo 2004-2012, se observa un comportamiento de frecuencia cardiaca dentro del rango permitido, incluso el paciente hipertenso “d” tuvo registros dentro del rango, no obstante en periodos estuvo rozando el límite inferior. En ambas series se puede observar poca dispersión en sus valores, sobre todo en la correspondiente al paciente diabético “a”, que por periodos registró un valor constante de 80 lat/min.

Figura 5. Comportamiento de la frecuencia cardiaca 2004-2012



Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en las oficinas del IMSS.

Hasta aquí sólo se ha hecho el análisis gráfico de cada uno de los valores de los activos subyacentes de cada expediente del periodo 2004 – 2012, visualmente se aprecia que dependiendo del índice y del paciente puede observarse mayor o menor volatilidad. Parecería que sí siguen una caminata aleatoria.

En el siguiente apartado se determinará las series de cambios porcentuales que serían los equivalentes de los rendimientos financieros para cada uno de los índices, con el objeto de obtener las volatilidades que se utilizarán en el modelo, asimismo, se realizará un análisis gráfico de estas series elaborando un histograma para cada una de ellas.

La volatilidad es la dispersión del rendimiento del activo subyacente, definiendo como cambio porcentual o “rendimiento” a las variaciones del índice original (en este caso son: mm Hg, kg/m², y lat/min). Es un indicador importante puesto que guarda una relación directa con la prima de riesgo.

Para calcular la volatilidad diaria sólo se multiplicó la volatilidad anual que ya tenemos por $\sqrt{\frac{t}{360}}$ donde, t va de 1 a 360. Una vez calculada la *call* diaria, como se acaba de mencionar, se procedió a sumar todas para cada activo subyacente.

Para el periodo 2004 - 2012, se procedió a calcular el equivalente del rendimiento o cambio porcentual en la serie de salud a partir de la fórmula descrita a continuación:

$$\Delta = \frac{V_f - V_i}{V_i} \quad (9)$$

donde

Δ = rendimiento del activo subyacente

V_f = valor final del activo subyacente

V_i = valor inicial del activo subyacente

De las series generadas de rendimientos o cambios porcentuales para cada índice de salud subyacente se determinó la volatilidad para utilizar posteriormente en el modelo Black & Scholes (1973), para cada serie de manera individual y para cada paciente. Asimismo, se elaboraron unas gráficas de frecuencias o histogramas de cada una de estas series a efecto de observar si los valores de las series tienen un comportamiento normal o *log normal*. Las gráficas se pueden consultar en el apéndice (anexo 3).

Resumiendo, a partir de las series de salud PA sistólica, PA diastólica, IMC y FC tomadas como subyacentes, se calcula una serie de cambios porcentuales que nos ayudarán a estimar las volatilidades de cada variable. Debe mencionarse que a partir de las gráficas de los histogramas de los pacientes y de las series de salud se toma como supuesto para el planteamiento y solución del modelo que el comportamiento de los índices siguen un proceso estocástico conocido como un movimiento geométrico browniano y la volatilidad es constante en los distintos casos.

Considerando los supuestos anteriores y suponiendo que la prima de GMM se puede modelar como una suma en un año de portafolios de cuatro opciones europeas compuesta por los subyacentes de los cuatro índices, el

siguiente paso es calcular los valores d_2 y d_1 (ecuaciones) para calcular el $N(d_1)$ y $N(d_2)$ que son las funciones de distribución de probabilidad para variables estandarizadas. En otras palabras, la probabilidad de que una variable aleatoria con distribución normal estándar $N(0,1)$, sea menor que d_1 (Hull, 2003).

$$C = SN(d_1) - Ke^{-rt}N(d_2) \quad (10)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{K}\right) + \left[r + \frac{\sigma^2}{2}\right]t}{\sigma\sqrt{t}} \quad (11.a)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{t} \quad (11.b)$$

Donde;

S = valor del bien subyacente de la variable de salud

K= precio del ejercicio es decir el límite máximo de la variable de salud antes de enfermar

r = tasa libre de riesgo

t = periodo de la opción (diaria y luego se sumaron las de todo el año)

σ = volatilidad del bien subyacente de cada variable de salud

Al valor obtenido de la opción final *call* (C) se le multiplicó por un factor con la finalidad de calibrar el modelo con precio de una póliza de características similares estimada mediante la técnica actuarial, pero antes esta opción final *call* es producto de la suma ponderada de las cuatro opciones donde cada una de ellas tiene asociada un índice de salud subyacente, además hay que recordar que hay que sumar las opciones europeas para el periodo de un año. El índice se determinó en función de la proporción de enfermos de hipertensión, diabetes y obesidad en México; información que se obtuvo de la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición, (2012).

Así, tomando en cuenta a la presión arterial sistólica y diastólica como los predictores más importantes de enfermedades cardiovasculares, según la *American Heart Association*, se determinó asignarles a ambas una ponderación de 60%, siendo la presión arterial sistólica de 40% y la diastólica de 20%

porque se considera de mayor peligrosidad para la salud a la presión arterial sistólica (Tranche, S., Marín, R., Prieto M., Hevia, E., 2001).

Considerando que el IMC es un indicador de la diabetes mellitus y la hipertensión arterial, se otorga una ponderación de 25%, el restante 15% se otorga a la frecuencia cardiaca de acuerdo a la opinión de los expertos.

Para el caso de pacientes que tuvieron registro de la frecuencia cardiaca se asignará el peso entre los 3 activos subyacentes, quedando 45% para presión arterial sistólica, 25% para presión arterial diastólica y el restante 30% para el IMC. La ponderación propuesta es sugerida con base a la experiencia de médicos. Lo que se pretende pues con los índices es asignar al valor total de la *Call* una ponderación en función del activo subyacente en cuestión.

$$K = w_1k_1 + w_2k_2 + w_3k_3 + w_4k_4 \quad (12)$$

donde:

K = Valor de la prima de seguro considerando la suma de distintas variables de salud.

wi = Ponderación asignada a cada una de las variables de salud.

ki = Valor de la suma diaria durante un año de los call con diferentes subyacentes de variables de salud.

5. Resultados

A continuación se presentará la prima anualizada (después de sumar las opciones europeas y la suma ponderada de los distintos índices) obtenida para cada uno de los pacientes descritos con anterioridad.

Considerando las distintas series de salud (PS, PD, IMC y FC), se obtuvieron los siguientes resultados de las *call* anualizadas para cada uno de los pacientes:

En este caso, el factor multiplicativo o factor de calibración, que iguala el valor de la prima actuarial a la prima financiera de la opción *call* C, resulta ser muy distinto para cada uno de los pacientes, como puede observarse en el cuadro 2. En el caso del primer paciente se tuvo que utilizar un factor de 600 a efecto de que la prima total tuviera cierta similitud con la prima calculada mediante la técnica actuarial. Así, la prima total para el paciente A es de

Cuadro 2. Resultados por activo subyacente y paciente (diario)

Paciente	Activo Subyacente	Call	Factor	Ponderación	Prima	Prima total
A	PS	98.1712	600	0.4	\$23,561.08	\$67,065.59
	PD	272.1078		0.2	\$32,652.93	
	IMC	24.8591		0.25	\$3,728.87	
	FC	79.1412		0.15	\$7,122.70	
B	PS	2206.2995	40	0.45	\$39,713.39	\$62,423.84
	PD	641.6325		0.25	\$6,416.32	
	IMC	1357.8441		0.3	\$16,294.13	
C	PS	3451.9834	25	0.45	\$38,834.81	\$63,612.58
	PD	1412.1934		0.25	\$8,826.21	
	IMC	2126.8743		0.3	\$15,951.56	
D	PS	1374.8710	100	0.4	\$54,994.84	\$67,528.05
	PD	255.9566		0.2	\$5,119.13	
	IMC	125.8222		0.25	\$3,145.55	
	FC	284.5681		0.15	\$4,268.52	

Fuente: Elaboración propia.

67,065.59. Esto es, para el paciente "a", si durante Octubre del 2012 a Octubre del 2013 tiene que utilizar el servicio de seguro de gastos médicos mayores, su prima a pagar será de \$ 67,065.59 M. N., de \$62,423 M. N para el paciente "b", de \$ 63,612.58 M. N. para el paciente "c"; y de \$67,528.05 M. N. para el paciente "d". Cabe mencionar que para cada paciente se utilizaron factores distintos como se ilustra en el Cuadro 2.

Posteriormente se realizaron diferentes cambios en los valores de la ponderación para el resultado de la *call* C, y se observó que la ponderación asignada a la presión diastólica tenía gran sensibilidad al cambio en el valor de este ponderador para el caso del paciente "a", lo cual era de esperarse puesto que este activo subyacente se comportó como el más volátil en este expediente. En los pacientes "b", "c" y "d"; se detectó que los cambios en el ponderador del activo subyacente presión sistólica ocasionaron mayores movimientos en la prima total, o sea, la sensibilidad de este activo fue mayor en la mayoría de los casos, lo cual se podría explicar por la volatilidad observada en esta variable.

Los valores utilizados de factor para cada uno de los pacientes resultaron muy distintos, lo cual no es consistente, se esperaría que en todos los expedientes se hubiese utilizado el mismo factor, al menos un valor cercano entre los cuatro expedientes, esto con la intención de poder generalizar este factor

como un múltiplo importante en la determinación de la prima para cualquier tipo de expediente.

Conclusiones

El seguro de gastos médicos mayores ha experimentado un lento crecimiento, pues cerca del 6% de la población cuenta con un seguro de este tipo. Recordemos que en México se tienen las primas de seguros de gastos médicos mayores más elevadas de toda América Latina, y que estas primas elevadas son resultado de la alta siniestralidad que existe en México en el ramo. Debido a la importancia de este ramo conviene tener formas alternativas y complementarias para realizar estimaciones en el valor de las primas.

El presente trabajo pretende calcular la prima de seguro de gastos médicos de una forma paralela o complementaria utilizando la teoría de las opciones financieras, en específico, del modelo Black & Scholes. Con el objeto de simplificar el modelo y debido a la escasez de información se considera en lugar de opciones americanas, una suma de opciones europeas y que existe un factor de calibración entre el modelo de primas actuarial y de opciones financieras.

Se considera como supuestos que los índices de salud PA sistólica, PA diastólica, IMC se comportan como un movimiento geométrico browniano con volatilidad constante. El modelo plantea construir un portafolio ponderado (a partir de la opinión de expertos) de opciones de compra europeas cada una con un subyacente de un índice indicador de salud: presión arterial sistólica, presión arterial diastólica, IMC y frecuencia cardiaca y el equivalente de precio de ejercicio el límite de buena salud en cada rubro para cada una de las cuatro series. Al final este portafolio se suma durante todos los días del año.

Como las variables originales están dadas en términos de series de salud y no hay un mercado de este tipo de opciones se propone un factor de calibración en donde se compara el valor obtenido con el precio ofrecido por un seguro de gastos médicos mayores.

A pesar de los fuertes supuestos y de la limitación de la información, los resultados son modestos pero en general alentadores. Además, no son concluyentes porque los factores de calibración son distintos para cada persona y es muy importante mencionar que se necesitaría validar los resultados con un muestra más representativa, es decir, se necesitan datos históricos de salud de un mayor número de personas. Resumiendo, no podemos generalizar los resultados obtenidos a partir de sólo unos casos.

Bibliografía

- Black Fischer y Scholes Myron (Mayo-Junio 1973), "The Pricing of Options and Corporate Liabilities". *Journal of Political Economy*, 81(3), 637-654.
- Chicaíza Becerra Liliana Alejandra y Cabe do Semper José David (2007), *Las opciones financieras como mecanismo para estimar las primas de seguro y reaseguro en el sistema de salud colombiano*. Cuad. Adm. Bogotá (Colombia), 19(34): 221-236.
- De Lara H., Alfonso (2003), *El riesgo en productos derivados: en Medición y Control de Riesgos Financieros*, De Lara H., (tercera edición), Limusa Noriega Editores, 101-140.
- Del Pozo G., Eva (2004). *Modelo de análisis de opciones aplicado a la valoración del seguro*, Gerencia de riesgos y seguros, año 21; Núm 85: 41-50.
- Díaz Tinoco, Jaime y Hernández Trillo, Fausto (2000), *Futuros y opciones financieras: Una introducción*. México, Limusa Noriega Editores.
- Elizondo, R., Padilla, P., y Bladt, M. (2009). *Una fórmula alternativa de valorar opciones americanas*, Working papers/Banco de México, Dirección de Investigación Económica; 2009,06.
- Fernández, Viviana (1999), "Teoría de opciones: Una síntesis", *Revista de Análisis Económico* 14(2) 87-116.
- González de Paz, Raúl B. (1999), *Introducción a los instrumentos derivados y su aplicación al análisis de riesgo*. CEMLA, 46, 1-42.
- Hull, John C. (2003), *Options, Futures and Other Derivates*, Upper Saddle River, New Jersey USA, Fifth Edition 2003. Prentice Hall.
- Ley de Inversión Extranjera. Título I, capítulo III. *De las actividades y adquisiciones con regulación específica*, 27 de Diciembre 1993.
- Mejía Tapia, Pedro (1993). *Aspectos relevantes del seguro de gastos médicos mayores*. Comisión Nacional de Seguros y de Fianzas, 28, 2-39.
- Minzoni, Antonio (2005). *Crónica de dos siglos de seguro en México*. Recuperado de <http://www.cnsf.gob.mx/Difusion/Otraspublicaciones/historia/CRONICA%20DE%20DOS%20SIGLOS%20DEL%20SEGURO%20EN%20MEXICO.pdf>
- Pérez Somalo, Miguel y Lamothe Fernández, Prósper (2006), *Opciones financieras y productos estructurados*. Madrid, España, Mc Graw Hill.
- Reyes Durán, J. Francisco (2008). *Sector Asegurador y Economía Mexicana*, Revista Latinoamericana de Economía, problemas del desarrollo, 39(154) 157-180.

Rivas López, María Victoria (2002), *Análisis de la gestión de riesgos financieros aplicado a las entidades aseguradoras*, Gerencia de Riesgos y Seguros, Núm. 78, Madrid, España.

Tranche, S., Marín, R., Prieto, M., Hevia, E. (2001), "La presión de pulso como marcador de riesgo cardiovascular", *Revista Hipertensión* 18(5), 218-224.

Referencias de Páginas Web

<http://eleconomista.com.mx/sistema-financiero/2010/04/14/sector-asegurador-mexico-mas-costoso>. *Sector Asegurador en México, el más costoso en AL*, Periódico El Economista, Revisado en Octubre 2011.

<http://vivecondiabetes.com/basicos-de-diabetes/estadisticas/136-estadisticas?format=pdf> Estadísticas básicas de diabetes, Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT), Revisado en Diciembre 2012.

<http://www.cnsf.gob.mx/paginas/informacionfinanciera.aspx>, Comisión Nacional de Seguros y Fianzas. Revisado en Abril 2012.

<http://www.imss.gob.mx/estadisticas/financieras/Documents/parievaluacion2010.pdf>, Programa de Administración de Riesgos Institucionales (2010). Dirección de Finanzas del Instituto Mexicano del Seguro Social, Coordinación de Administración de Riesgos Institucionales, Revisado en Diciembre 2012.

<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/encuestas/hogares/regulares/enigh/enigh2010/ncv/default.aspx> Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH, 2010). Consultado en la base de datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Revisado en Febrero 2012.

<http://www.oecdilibrary.org/docserver/download/fulltext/191800041e1t002.pdf?expires=1329954296&id=id&accname=freeContent&checksum=5DD57C70B0670F21236732F3EA87CD3A>, Insurance activity indicators, OECD Insurance Statistics (database), Accesed on September 2012.

<http://allman.rhon.itam.mx/~ggomez/CLASE10.pdf>

Apéndice

Anexo 1

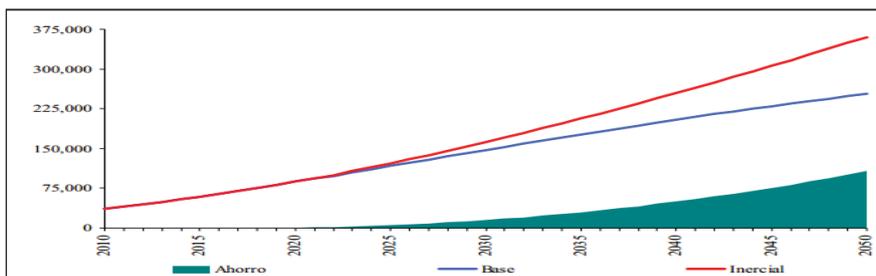
Proyección de consultas totales, pacientes bajo tratamiento, egresos hospitalarios y gasto médico por componente, de las enfermedades de alto impacto financiero (2010-2050). Escenario Base (Cifra de gastos en millones de pesos de 2010)

Padecimiento	Año	(En miles)			Gasto Médico			Total
		Consultas	Pacientes bajo Tratamiento	Egresos Hospitalarios	Consultas	Medicamentos y Auxiliares de Diagnóstico	Hospitalización	
Diabetes Mellitus	2010	10,245.5	546.7	75.7	5,922	3,183	5,259	14,364
	2020	14,045.5	1,718.6	102.0	10,261	13,854	8,954	33,069
	2030	15,310.0	2,581.0	110.8	14,137	26,817	12,305	53,260
	2040	15,481.3	2,906.8	113.7	18,068	38,414	15,959	72,441
	2050	14,516.6	2,834.3	107.6	21,414	47,467	19,076	87,957
Hipertensión Arterial	2010	12,759.5	3,673.5	21.7	7,209	6,471	801	14,480
	2020	17,614.7	7,028.8	28.1	12,578	16,068	1,306	29,952
	2030	19,612.2	10,188.5	31.1	17,701	29,864	1,829	49,395
	2040	20,302.5	11,770.9	33.3	23,161	43,859	2,479	69,499
	2050	19,354.4	11,805.5	33.3	27,907	55,750	3,130	86,786
Insuficiencia Renal	2010	761.8	274.5	70.2	590	2,878	3,077	6,545
	2020	972.2	1,218.3	88.0	952	19,457	4,874	25,283
	2030	1,001.8	1,997.1	93.0	1,240	41,299	6,512	49,050
	2040	978.2	2,422.8	93.9	1,530	63,815	8,308	73,652
	2050	897.1	2,488.6	89.3	1,774	83,114	9,986	94,874
Cáncer Cérvico Uterino	2010	139.9	43.9	7.4	124	33	480	637
	2020	181.2	44.3	9.5	203	42	792	1,037
	2030	184.3	43.0	9.5	261	53	1,226	1,541
	2040	175.1	38.9	9.0	314	66	1,791	2,171
	2050	156.8	33.3	8.0	355	81	2,463	2,899
Cáncer de Mama	2010	1,000.1	35.2	9.5	770	67	817	1,654
	2020	1,201.2	46.7	12.3	1,169	113	1,340	2,621
	2030	1,120.7	54.1	12.4	1,378	165	1,714	3,258
	2040	985.9	54.2	11.8	1,533	210	2,061	3,804
	2050	829.4	49.6	10.6	1,630	243	2,325	4,197
Virus de Inmunodeficiencia Humana	2010	178.5	99.8	3.0	163	910	297	1,371
	2020	204.5	113.0	3.3	236	1,303	415	1,955
	2030	181.1	110.9	3.0	265	1,617	469	2,351
	2040	150.1	95.5	2.5	277	1,761	499	2,537
	2050	120.3	76.2	2.0	281	1,777	510	2,569
Total	2010	25,085.3	4,673.6	187.5	14,778	13,541	10,731	39,051
	2020	34,219.3	10,169.7	243.2	25,400	50,836	17,681	93,917
	2030	37,410.1	14,974.6	259.8	34,983	99,816	24,056	158,855
	2040	38,073.1	17,289.1	264.2	44,883	148,124	31,097	224,104
	2050	35,874.6	17,287.5	250.8	53,361	188,432	37,490	279,283

Fuente: Base de datos IMSS en la Coordinación de Administración de Riesgos Institucionales.

Anexo 2

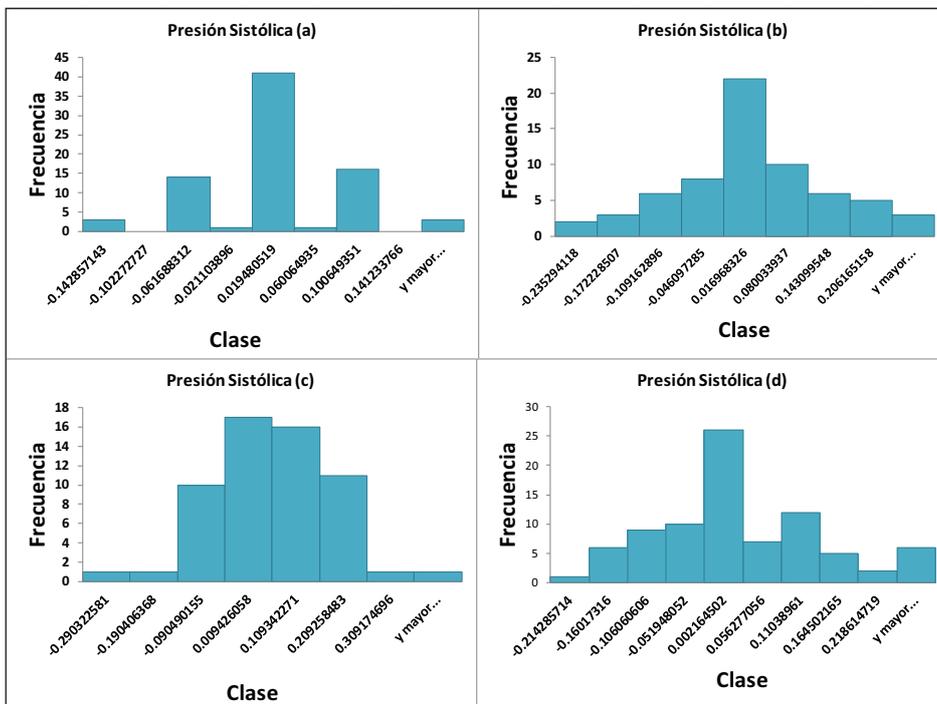
Gráfica 1.2. Comparativo del gasto médico estimado de los seis padecimientos en los escenarios base e inercial. 2010-2050 (millones de pesos de 2010)



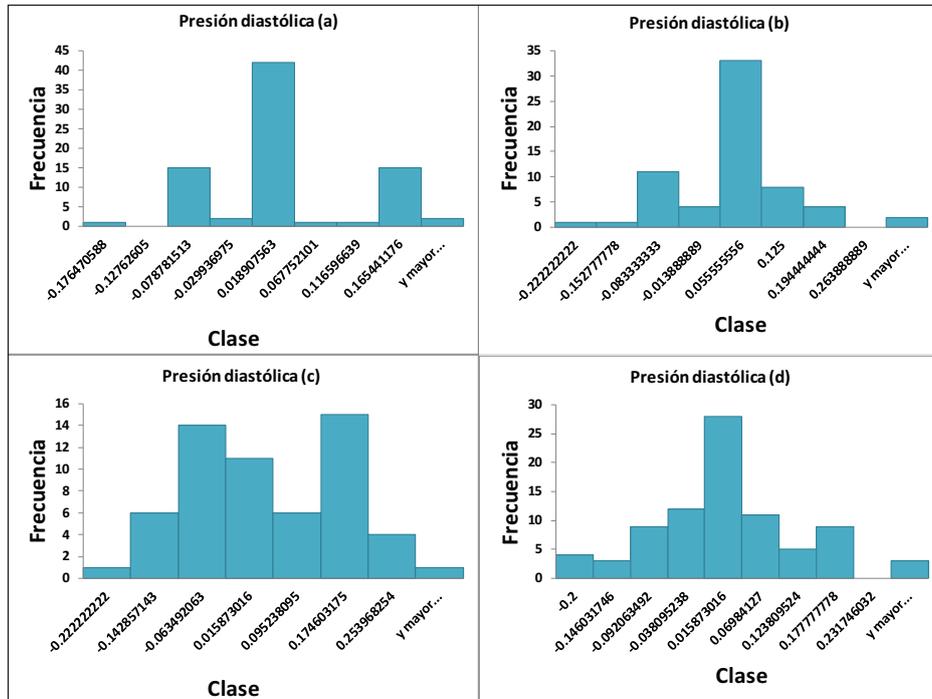
Fuente: Coordinación de Administración de Riesgos Institucionales.

Anexo 3

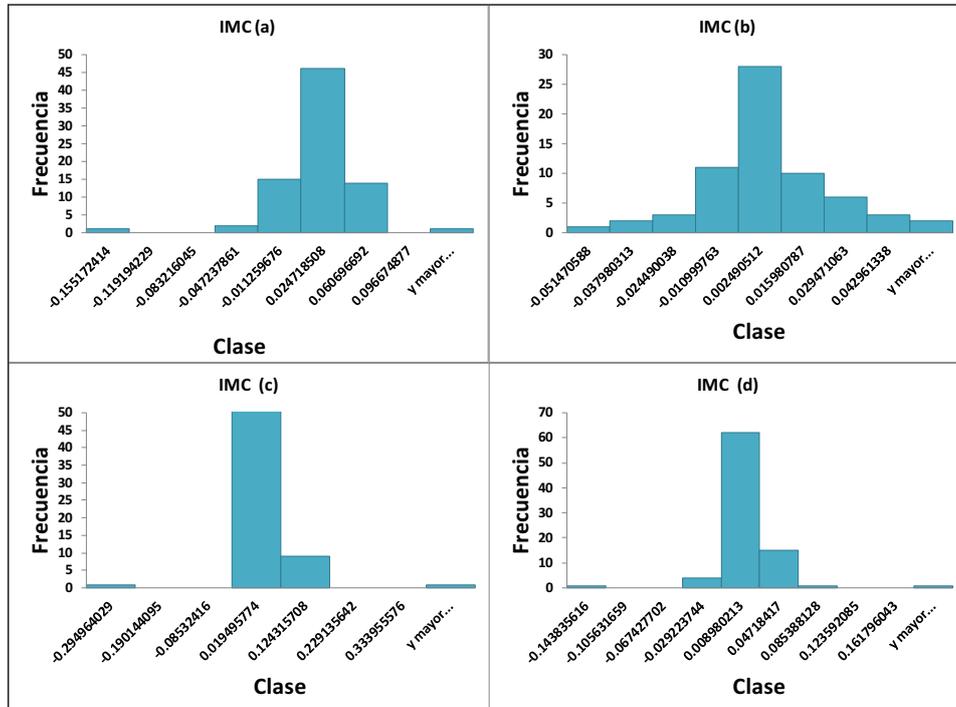
3.1. Presión Sistólica



3.2. Presión Diastólica



3.3 Índice de Masa Corporal (IMC)



3.4 Frecuencia Cardiaca (FC)

