

# DISEÑO DE UNA HOJA ELECTRÓNICA PARA EL CÁLCULO Y ANÁLISIS ACTUARIAL

Falcones Eduardo<sup>1</sup>, Sandoya Fernando<sup>2</sup>

**Resumen.** El presente artículo presenta a breves rasgos el diseño e implementación de una hoja electrónica actuarial para el análisis de modelos de seguros y rentas discretos y continuos, a través de sus valores actuariales, así como para el cálculo de primas netas de inventario y comercial con sus reservas respectivas para distintos planes actuariales, desarrollado bajo el lenguaje de programación Visual Basic 6.0 incluidas las herramientas que este presenta para la creación de componentes de código Active X.

**Palabras Claves:** Análisis actuarial, hoja electrónica, modelos de seguros, primas netas, reservas.

## 1. INTRODUCCIÓN

MAXIM es el resultado de la simbiosis de la ciencia actuarial y la tecnológica informática, el mismo que está compuesto por un ejecutable llamado Maxim.exe, y dos componentes de código DLL Active X, llamados Seguros.dll, y Rentas.dll.

La aplicación ejecutable proporciona la interfaz visual de una hoja electrónica, así como las herramientas de edición, además está compuesta de dos módulos principales, uno para el análisis unimodelos y otro para el análisis multimodelos o planes, esta aplicación sirve de cliente para las DLL Active X.

Los componentes de código Seguros.dll y Rentas.dll son servidores de los modelos actuariales, estos componentes al admitir la automatización Active X pueden ser utilizados por aplicaciones diferentes a Maxim, como Microsoft Excel.

## 2. JUSTIFICACIÓN

La justificación principal para el desarrollo de este proyecto, es que los profesionales y estudiantes de la ciencia actuarial cuentan con una herramienta sólida que permita una gran flexibilidad para el análisis de los modelos actuariales existentes, así como para el diseño y generación de planes actuariales.

Las entradas principales de Maxim son las tablas de mortalidad, mientras existan más tablas de mortalidad y diversificadas por sexo, profesión etc. Maxim acrecienta su potencial de análisis, esto crea una ventaja de implementación ya que en Ecuador no existe aun una cultura actuarial establecida, puesto que la mayor parte de las empresas de seguros locales no desarrollan o hacen uso de tablas de mortalidad nacionales si no que utilizan tablas

de países como Colombia o Perú para diseñar sus planes actuariales.

## 3. DISEÑO DE LA HOJA ELECTRÓNICA

Para el diseño de la hoja electrónica se consideró objetivos concretos que definieron las características que debía poseer la hoja electrónica, estos objetivos se los dividió en dos, los objetivos computacionales y los objetivos actuariales, estos últimos se presentan a continuación

### 3.1. Objetivos Actuariales

1. Permitir el cálculo de los valores actuariales y riesgos para modelos discretos y continuos de seguros y rentas, así como primas, y reservas matemáticas, para distintas tablas de mortalidad.
2. Cálculo de valores actuariales haciendo uso de modelos continuos donde las indemnizaciones son funciones continuas.
3. Permitir sensibilizar los modelos actuariales, variando los parámetros de este, para modelos de seguros o rentas de vida, continuos o discretos.
4. Cálculo de valores actuariales, riesgos, primas y reservas para Planes.

### 3.2. Objetivos Computacionales

Los objetivos computacionales considerados fueron:

1. Una interfaz que brinde la flexibilidad necesaria para la manipulación de los datos numéricos, como la hoja electrónica de Microsoft Excel.
2. Herramienta gráfica que brinde diversidad de gráficos que ayude a la interpretación de los resultados.
3. Capacidad para manejar más de una hoja electrónica a la vez.

<sup>1</sup>Eduardo Falcones, Ingeniero en Estadística Informática;(e-mail: x\_falcones@hotmail.com)

<sup>2</sup>Fernando Sandoya, Profesor Principal de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL); (e-mail: fsandoya@espol.edu.ec).

- Código reutilizable capaz de servir en otras aplicaciones diferentes a Maxim, que admitan automatización Active X.

### 3.3. Diseño

Los objetivos definidos dan una idea clara del alcance del proyecto y las características que se deben incluir en el diseño de la hoja electrónica actuarial, sobre la base del análisis de las necesidades de sistema, y el diccionario de datos que se creo para este fin.

Maxim está conformado por tres módulos independientes, pero se invocan entre ellos para cumplir acciones específicas, estos módulos son:

- Módulo 1: para el análisis Unimodelo
- Módulo 2: para el análisis Multimodelos (Análisis de planes)
- Módulo 3: para la generación de modelos actuariales

El módulo para el análisis Unimodelo tiene como objetivo principal el prestar las condiciones adecuadas para el análisis de los modelos actuariales de seguros y rentas de manera independiente.

El módulo para el análisis Multimodelos tiene como objetivo principal el de prestar las condiciones necesarias para el análisis de planes actuariales.

El último módulo para la generación de modelos actuariales es el eje principal de Maxim, este provee los modelos actuariales de seguros y rentas como objetos con sus propiedades y métodos bien definidos.

Este módulo genera objetos que representan a los modelos actuariales, estos objetos pertenecen a clases definidas dentro de dos componentes de código DLL Active X, denominados Seguros.dll, y Rentas.dll.

La figura 1 muestra como los componentes de código que son las aplicaciones servidoras interactúan con la aplicación cliente Maxim.exe, en esta aplicación se encuentra definidos los módulos 1 y 2 de Maxim.

Los componentes de código Seguros.dll, y Rentas.dll no son de uso exclusivo de Maxim, ya que cualquier aplicación que admita la automatización Active X como Microsoft Excel o SPSS pueden hacer uso de los objetos que generan estas componentes, en este caso los modelos actuariales.

## 4. IMPLEMENTACIÓN DE LA HOJA ELECTRÓNICA

Figura 2

Diseño de una hoja electrónica para el cálculo y análisis actuarial



La figura 2 muestra la presentación inicial de Maxim en tiempo de ejecución, para la implementación se va a considerar varios casos para ambos módulos, Para esto consideremos las siguientes tablas de mortalidad que fueron asignadas a los modelos generados.

Tabla I

Diseño de una hoja electrónica para el cálculo y análisis actuarial

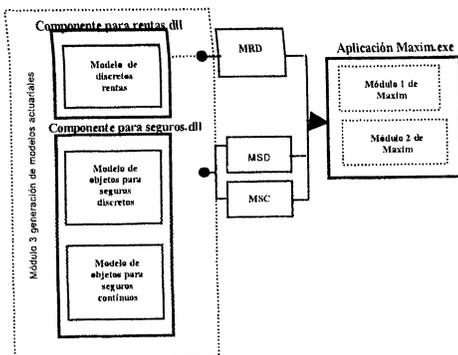
### Tablas de mortalidad

Tabla	Descripción	Fuente
ECU90	Tabla de mortalidad de Ecuador para hombres y mujeres	INEC, Censo de 1990
CSO80 MU	Tabla de mortalidad masculina del año de 1980 para U.S.A	Seminario de Swiss Re Life & Healt dictado en Colombia
CSO80FU	Tabla de mortalidad femenina del año 1980 para U.S.A	Seminario de Swiss Re Life & Healt dictado en Colombia

Figura 1

Diseño de una hoja electrónica para el cálculo y análisis actuarial

### Componentes de código

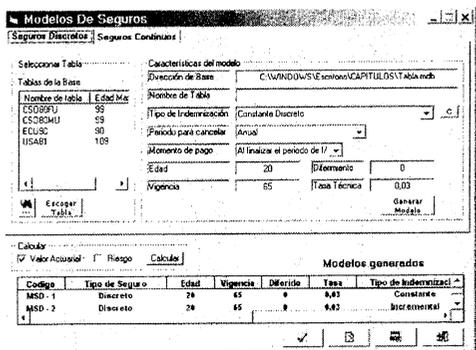


### 4.1. Implementación del modulo 1

La siguiente figura muestra la interfaz visual para la generación de modelos actuariales de seguro discretos asignados a cualquier tabla de mortalidad o continuos asignados a cualquier ley teórica de mortalidad como la de Moivre, Gompertz, Pareto, Constante etc.

**Figura 3**

*Diseño de una hoja electrónica para el cálculo y análisis actuarial*



Entre los tipos de indemnizaciones para los modelos discretos se tiene constante, incremental y decremental aritmético, geométrico incremental y decremental y de dote puro. Para los continuos se desarrollaron indemnizaciones funcionales definidas para cualquier punto en el tiempo, entre las que se tiene indemnizaciones lineales, cuadráticas, o logarítmicas.

Los modelos que se generaron, computacional mente representan objetos que se instancia de una clase en particular contenidas dentro del componente de código Seguros.dll, los modelos generados se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla II**

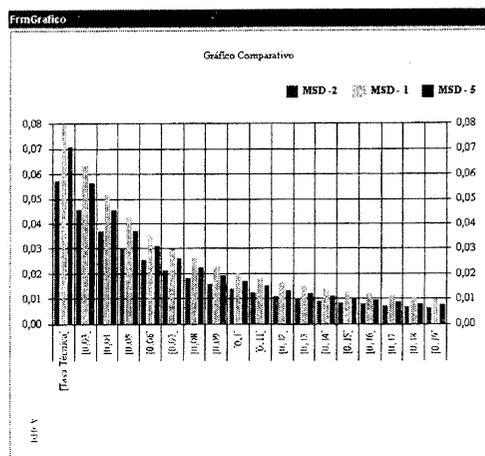
*Diseño de una hoja electrónica para el cálculo y análisis actuarial*  
**Modelos de seguros generados**

Código del modelo	Tabla	Descripción
MSD - 1	CSO80 FU	Modelo con indemnización constante para una persona de edad 20 años temporal hasta 40 años más.
MSD - 2	CSO80 MU	Modelo con indemnización constante para una persona de edad 20 años temporal hasta 40 años más
MSD - 5	ECU90 MU	Modelo con indemnización constante para una persona de edad 20 años temporal hasta 40 años más.

Los modelos presentados en la tabla II son discretos, en esta tabla se presenta el código, la tabla asignada, y la descripción del modelo. En esta primera corrida de Maxim se procede a sensibilizar el valor actuarial de los modelos en base a sus características comunes como la edad del asegurado, los años de vigencia, la edad de diferimiento o la tasa de interés a continuación se presentan gráficamente los resultados de este proceso.

**Figura 4**

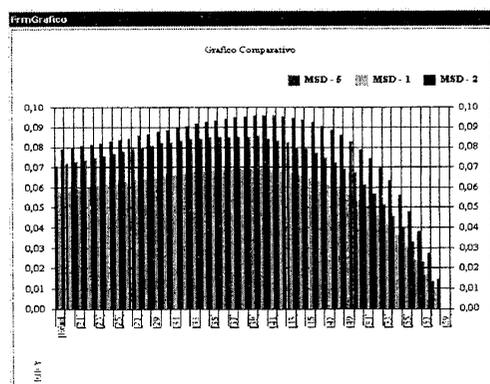
*Diseño de una hoja electrónica para el cálculo y análisis actuarial*  
**Cómo afecta la variación de la tasa de interés**



La figura 4 muestra gráficamente como afecta la variación de la tasa de interés en los modelos actuariales considerados, se observa que a medida que la tasa aumenta el valor actuarial decrece, esto es de esperarse ya que esta tasa representa el monto de interés a la que se somete la indemnización en el transcurso del tiempo, esta característica sensibiliza de manera considerable el valor actuarial de los modelos.

**Figura 5**

*Diseño de una hoja electrónica para el cálculo y análisis actuarial*  
**Edad del asegurado**

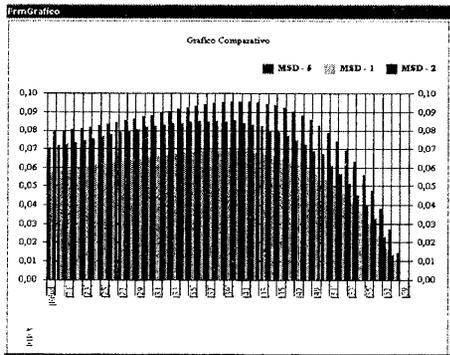


La figura 5 muestra la forma en que la característica "edad del asegurado" sensibiliza a

los modelos de seguro, se observa que el valor actuarial de los modelos crecen hasta cierto valor para después volver a decrecer hasta anularse al llegar a la edad limite, que en este caso particular para los tres modelos es de 40 años de edad.

**Figura 6**

*Diseño de una hoja electrónica para el cálculo y análisis actuarial*  
**Valores actuariales de los modelos para diferentes años de diferimiento**



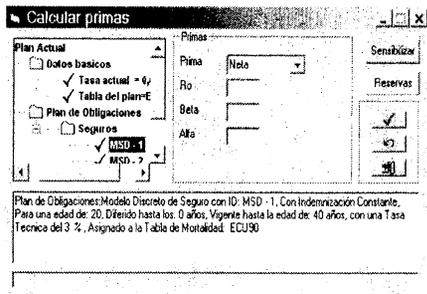
En la figura 6 se presenta la grafica de los valores actuariales de los modelos para diferentes años de diferimiento, comenzando con 0 años, y terminando con 20, se observa que conforme la edad de diferimiento se acerca a la de vigencia el valor actuarial decrece.

**4.1. Implementación del modulo 2**

El módulo 2 presenta las herramientas necesarias, para el diseño y análisis de planes de seguros. Entre los dos módulos que conforman Maxim, este el más comercial puesto que en la vida real las empresas aseguradoras, venden los planes actuariales como productos, de ahí que conjuntamente con la investigación de mercados que determine el nivel de aceptación del producto, es necesario también el correspondiente análisis actuarial del plan, para determinar la viabilidad en este medio.

**Figura 7**

*Diseño de una hoja electrónica para el cálculo y análisis actuarial*  
**Interfaz**



La figura 7 muestra la interfaz con las características que se le han dado al plan de obligaciones y al plan de pagos.

**Tabla III**

*Diseño de una hoja electrónica para el cálculo y análisis actuarial*  
**Modelos de seguros generados**

<b>Tabla</b>	<b>ECU90</b>	
<b>Tasa de Interés</b>	3%	
<b>Intervalos Plan Obligaciones</b>	[20-40)	[40-60)
<b>Intervalo Plan de Pagos</b>	[20-60)	

La Tabla III muestra las condiciones iniciales del plan a generar, se aprecia que el plan de obligaciones se ha particionado en dos intervalos, mientras que el plan de pagos tiene un intervalo, esto quiere decir que el plan de obligaciones estará compuesto de dos modelos actuariales, uno por cada intervalo, no así el plan de pagos, éste sólo puede estar compuesto de un modelo actuarial.

**Generación del plan de Obligaciones**

**Tabla IV**

*Diseño de una hoja electrónica para el cálculo y análisis actuarial*  
**Modelos de seguros generados**

Intervalo	Código del modelo	Descripción
[20-40)	MSD-1	Modelo discreto de seguro con indemnización constante para una persona de 20 años con vigencia hasta los 40 años
[40-60)	MSD-2	Modelo de seguro con indemnización incremental para una persona de 20 años diferido hasta los 40 años, vigente hasta los 60 años.

La tabla IV muestra los modelos asignados a cada intervalo en el plan de obligaciones, cada uno representado por un código, por la tabla 3 se deduce que los modelos presentados tienen la tabla de mortalidad ECU90, y una tasa de interés del 3%.

**Generación del plan de Pagos**

**Tabla V**  
 Diseño de una hoja electrónica para el cálculo y análisis actuarial  
 Modelos asignados al plan de pagos

Intervalo	Código del modelo	Descripción
[20-60)	MRD-1	Modelo de renta discreto con pago constante anticipado, para un ente de 20 años con vigencia hasta los 60 años de edad

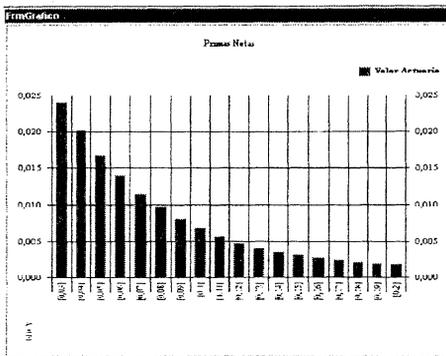
La tabla V muestra el modelo asignado al único intervalo definido en el plan de pagos, éste modelo se lo identifica por su respectivo código.

Una vez definidas las características se va a proceder a sensibilizar la prima neta, comercial y de inventario del plan generados hasta aquí, a través de la tasa de interés.

**Sensibilización de la prima neta**

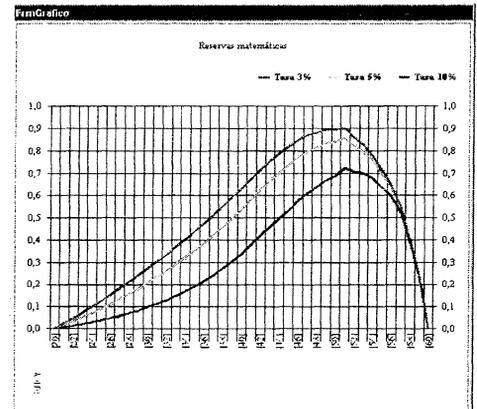
La siguiente figura muestra los resultados de calcular la prima neta al plan generado, para distintas tasas de interés, recordemos que el plan generado ésta formado por tres modelos actuariales, dos modelos de seguro para el plan de obligaciones, y un modelo de renta para el plan de pagos.

**Figura 8**  
 Diseño de una hoja electrónica para el cálculo y análisis actuarial  
 Tasa De Interés Que Sensibiliza De Gran Forma La Prima Neta



La figura 8 deja ver que la tasa de interés al igual que en los modelos de seguros y rentas sensibiliza de gran forma la prima neta, también de una manera cóncava hacia abajo

**Figura 9**  
 Diseño de una hoja electrónica para el cálculo y análisis actuarial  
 Máximo común que presenta la reserva para todas las tasas de interés



La figura 9 deja ver claramente el máximo común que presenta la reserva para todas las tasas de interés, además mientras la tasa de interés disminuye la reserva crece más decisivamente.

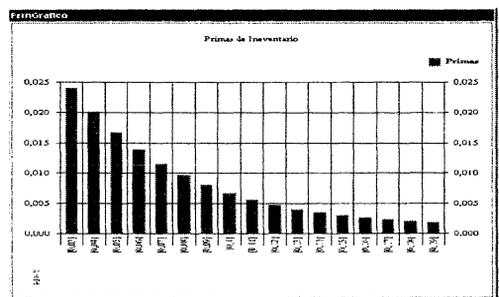
Un detalle interesante que se observa es que existe un punto en común para las tres funciones de reservas donde estas decrecen de igual forma, es decir las reservas son inmunes a la variación de la tasa de interés, esto ocurre a partir de los 55 años de edad para este plan en particular.

**Sensibilización de la prima de Inventario**

Para el cálculo de la prima de inventario se consideró los gastos de administración igual al 10 % de la suma asegurada.

Al igual que las primas netas, el patrón de decrecimiento es cóncavo hacia abajo, pero a diferencia de las primas netas, las primas de inventario presentan un valor más alto, esto se debe principalmente al porcentaje de los gastos administrativos que consideran las primas de inventario.

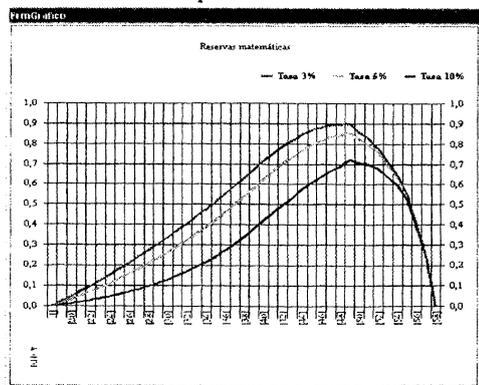
**Figura 10**  
 Diseño de una hoja electrónica para el cálculo y análisis actuarial  
 Reserva matemática de la prima de inventario



El gráfico de la reserva matemática de la prima de inventario para diferentes tasas de interés es la que se presenta a continuación.

**Figura 11**

Diseño de una hoja electrónica para el cálculo y análisis actuarial  
**Tasa de interés que sensibiliza la reserva**



Al observar la figura 11 se aprecia que la tasa de interés sensibiliza la reserva de tal forma que a menor tasa menor mayor reserva matemática.

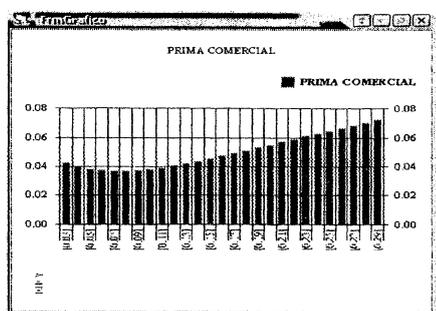
Al comparar las figuras 9 y 11 se observa que las reservas en 11 presentan máximos a edades más tempranas, además las reservas calculadas con las primas de inventario son mayores a las reservas calculadas con las primas netas, para todas las edades.

### Sensibilización de la prima Comercial

La prima comercial fue calculada con un gasto adquisición inicial del 30% de la suma asegurada (comisiones para los agentes y corredores), seguidos del 3% de los gastos de cobranza (cobradores domiciliarios o cobros electrónicos) aplicado a la prima comercial Para cada año de pago de la prima comercial y de 0.1% de los gastos de administración (salarios, alquiler de oficina) aplicado a la suma asegurada para cada año de vigencia de la póliza.

**Figura 12**

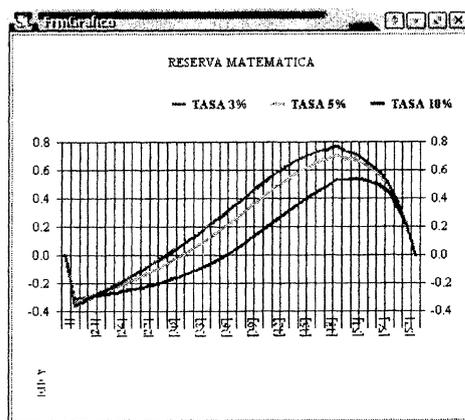
Diseño de una hoja electrónica para el cálculo y análisis actuarial  
**Comportamiento de la prima comercial**



La figura 12 deja ver el comportamiento de la prima comercial, al someterla a una variación de un punto porcentual en la tasa de Interés, se observa que inicialmente la prima comercial decrece hasta llegar al 8%.

**Figura 13**

Diseño de una hoja electrónica para el cálculo y análisis actuarial  
**Reservas matemáticas de las primas comerciales para tasas del 3,5 y 10 % de interés**



La figura 13 muestra las reservas matemáticas de las primas comerciales para tasas del 3,5 y 10 % de interés, observamos que la diferencia con las figuras 9 y 11 no es significativa en el patrón de crecimiento y decrecimiento, más bien la diferencia principal radica que en la figura 13 las reservas son negativas al inicio del periodo.

Se observa que al igual que las reservas obtenidas de las primas de inventario y primas netas, las primas comerciales también presentan reservas comunes para las tres tasas de interés, a partir de los 50 años de edad.

## 5. CONCLUSIONES

1. Maxim es un sistema integrado por tres proyectos dependientes Maxim.exe, y los componentes de código Seguros.dll y Rentas.dll, siendo estos dos últimos proyectos no exclusivos para Maxim, si no que se los puede utilizar en aplicaciones que admitan automatización Active X como Excel, SPSS, etc.
2. La expansibilidad de Seguros.dll, y Rentas.dll es una tarea sencilla debido a la forma en que fueron estructurados los

- componentes, es decir que en una nueva versión de los componentes de código es posible añadir más modelos con mínimos cambios en la codificación.
3. Al tratar las tablas de mortalidad cómo características de los modelos discretos, y las leyes de mortalidad como características para los modelos continuos se enriqueció el poder de análisis de Maxim, ya que la sensibilidad de modelos no se limita a las variaciones de características como la tasa técnica o la edad del asegurado, si no también a variaciones de tablas o leyes.
  4. El módulo 2 de Maxim, aparte de ser didáctico es el más comercial de los dos que componen el proyecto, puesto que brinda la posibilidad de analizar actuarialmente planes, los cuales son los que se ofrecen en las compañías de Seguros con el nombre de productos.
  5. Basándose en el análisis de los resultados obtenidos se pudo concluir que la tasa de interés sensibiliza en gran medida los valores actuariales de los modelos de seguros y rentas de modo que a mayor tasa de interés menor valor actuarial.
  6. Las variaciones en la edad del asegurado también afectan al valor actuarial de los modelos con indemnización constante, de manera creciente hasta una cierta edad, desde ahí comienza a decrecer significativamente hasta llegar a un valor actuarial de cero al llegar a la edad de vigencia del modelo.
  7. Las primas netas presentan un valor actuarial menor que las primas de inventario, y estas menor a las primas comerciales.
  8. Las primas netas, de inventario y comerciales compuestas por modelos constantes e incrementales decrecen al aumentar la tasa de interés.
  9. Las reservas matemáticas para las primas netas, de inventario disminuyen conforme aumenta la tasa de interés.
  10. Las reservas matemáticas calculadas para una prima en particular a diferentes tasas de interés presentan un máximo en común.
  11. Las reservas matemáticas calculadas para una prima en particular presentan reservas comunes a partir de una edad determinada, es decir que a partir de esa edad las reservas no son sensibles a las variaciones en la tasa técnica.

### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. **SWISS RE LIFE & HEALTH.** (noviembre 2001) , "Seminario De Actuariales". RE LIFE & HEALTH.
2. **APPLEMAN D.** (2000). *Desarrollo De Componentes Com / Active X Con Visual Basic 6*, Editorial Prentice Hall.
3. **BALENA F.** (1999). "Programming Microsoft Visual Basic 6.0". Microsoft Press.
4. **MARTÍN J. & ODELL J.** (1997). "Métodos Orientados A Objetos". Editorial Prentice Hall.
5. **RUMBAUGH J. & BLUHA M. & PREMRLANI W. & EDDY F. & LORENSEN W.** (1996). "Modelo y Diseño Orientado a Objetos". Editorial Prentice Hall.
6. **WHITTEN G. & BORLOW V.** (1996). "Análisis Y Diseño De Sistemas De Información". Tercera Editorial Mac Graw Hill.
7. **KENDALL K. & KENDALL J.** (1991). "Análisis y Diseño de Sistemas" Tercera Edición. Editorial Prentice Hall.
8. **NEWTON L. BOWERS & GERBER H. & HICKMAN J. C. & JONES D., & NESBITT C.** (1986). "Actuarial Mathematics", Editado por Millicent M. Treloar.
9. **LAWLESS J.F.** (1982). "Statistical Models And Methods For Lifetime Data". Editorial Wiley.
10. **GERALD & WHEATLEY.** (1978). "Applied Numerical Analysis". Sexta Edición, Edición Addison Wesley