



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ESTADÍSTICA**

**CARRERA DE POSGRADO  
ESPECIALIZACIÓN EN ESTADISTICA ACTUARIAL**

**Tema: Seguro de retiro individual en pesos.**

**Autora: Sabrina Andrea Silva Quintana**

**Directora: Act. Natalia Florencia Castro**

**Fecha: 18/08/2025**

## Resumen:

Las tablas de mortalidad son herramientas utilizadas en el campo actuarial y financiero para predecir la probabilidad de muerte de una población en diferentes edades. Estas tablas son fundamentales para el cálculo de rentas vitalicias. Es importante destacar que los cálculos de estas se basan en datos históricos y suposiciones sobre la longevidad futura de la población. Por lo tanto, la actualización de esos datos es crucial. Estas tablas son herramientas esenciales, para calcular rentas vitalicias, permitiendo a las aseguradoras determinar los pagos adecuados para sus clientes, teniendo en cuenta factores como la edad y la probabilidad de muerte. Mediante el presente se desarrolló el cálculo de las distintas primas necesarias para la compañía aseguradora y el planteo de 4 tipos de rentas atractivas para los asegurados, basándonos en ejemplos numéricos se evaluó la importancia de las tablas de mortalidad utilizada. Las aseguradoras compiten ofreciendo primas competitivas. El uso de tablas de mortalidad más precisas y actualizadas permite establecer precios más exactos y competitivos en el mercado de los seguros de retiro. El uso de tablas de mortalidad distintas puede afectar el cálculo de primas, las reservas, el diseño de productos y la competitividad de las aseguradoras en el mercado de seguros de retiro. Esto ayudará a que las aseguradoras tomen decisiones financieras sólidas y así cumplir con sus obligaciones a largo plazo.

Palabras clave: RENTA VITALICIA – TABLAS DE MORTALIDAD - RETIRO

## INDICE

I.	INTRODUCCION:	5
II.	OBJETIVOS:	6
2.1	General:	6
2.2	Específicos:	6
III.	MÉTODOLOGÍA	6
3.1	Tipos de renta	6
3.2	Primas a pagar	6
3.3	Reserva Matemática del Asegurado Activo	7
3.4	Rendimiento Garantizado y Adicional	7
3.5	Rescate Total y Retiros Parciales	7
3.6	Determinación de la Renta Vitalicia a la Fecha Efectiva de Retiro	7
3.7	Incremento de la Renta Vitalicia	7
3.8	Reservas Matemáticas para Rentistas	7
3.9	Bases Técnicas	8
3.9.1	Análisis de Tablas de Mortalidad Alternativas	8
3.10	Primas	9
3.11	Reserva Matemática del Asegurado Activo	11
3.12	Valor de Rescate Total de la Póliza	12
3.13	Valor de Liquidación de los Retiros Parciales	13
3.14	Muerte o Incapacidad del Asegurado Activo	13
3.15	Primas Únicas Unitarias de Rentas Vitalicias	13
3.16	Importe de la Renta Vitalicia	15
3.17	Incrementos de la renta vitalicia	15
3.18	Reservas Matemáticas – Rentas Vitalicias	16
IV.	RESULTADOS	17
	APLICACIÓN NUMÉRICA	17
4.1	Primas Puras Pagadas	17
4.2	Prima Única	18
4.3	Prima Normal	18
4.4	Rendimiento Adicional	18
4.5	Ajuste de la Prima Normal	19
4.6	Reservas Matemáticas del Asegurado Activo	19
4.7	Valor de Rescate Total de una Póliza	19
4.8	Valor de Liquidación de los Retiros Parciales	20
4.9	Prima Única Unitaria de Rentas Vitalicias	20

4.10	Importe de la Renta Vitalicia a la fecha efectiva de retiro .....	20
4.11	Incremento de la Renta Vitalicia .....	21
4.12	Reservas Matemáticas – Renta Vitalicia.....	21
TABLAS.....		22
V.	CONCLUSIONES .....	23
VI.	BIBIOGRAFÍA .....	24
VII.	ANEXOS .....	25
7.1	Anexo A: Detalle de cálculos adicionales. ....	25
7.1.1	Detalle del cálculo de la Prima Única (Punto 4.2) .....	25
7.1.2	Detalle del cálculo de la Prima Normal (Punto 4.3).....	25
7.1.3	Detalle del cálculo de la Reserva Mat. del Asegura Activo (Punto 4.6) .....	26
7.1.4	Detalle del cálculo de la Prima Única de Rentas Vitalicias (Punto 4.9) .....	27
7.1.5	Detalle del cálculo de Rvas Matemática - Rentas Vitalicias (Punto 4.12).....	29
7.2	Anexo B: Tablas de Mortalidad.....	32
7.2.1	Tabla de Mortalidad IAM 1996.....	32
7.2.2	Tabla de Mortalidad CSO 2001 .....	33

## I. INTRODUCCION:

En los inicios del negocio asegurador, las bases técnicas de los contratos existentes eran normalmente arbitrarias, los contratos solían ser de corto plazo, y el seguro de vida era contemplado como un juego de azar. Sin embargo, para el siglo XVII, con el desarrollo de la teoría de la probabilidad, comenzaron las primeras formalizaciones del concepto de seguro.

En lo que respecta a los seguros sobre la vida de las personas es necesario la realización del “cálculo actuarial”, este es una técnica que utiliza las probabilidades y las matemáticas financieras, entre otros, para el conocer el valor de una prestación dineraria sujeta a un suceso aleatorio. Las tablas de mortalidad interpretan un papel de vital importancia para el cálculo de tarifas y reservas. Mientras las tarifas, que constituyen el precio de los productos de seguros, determinan en gran medida la rentabilidad de la compañía y de alguna forma el nivel de demanda de los productos, las reservas, o recursos que las aseguradoras tienen para hacer pagos futuros asociados a las pólizas vigentes, establecen el nivel de solvencia de las aseguradoras.

Una tabla de mortalidad puede verse como un modelo que representa la distribución estadística del tiempo de sobrevivencia esperado de los miembros un grupo determinado. Una de las primeras tablas de mortalidad conocidas fue la de John Graunt (1662), luego una tabla de mortalidad más completa fue publicada por Edmond Halley (1693). En 1783, Richard Price publica la Tabla de Northampton, una nueva tabla de mortalidad que reemplazó las de Halley y Dodson (1747), y fue ampliamente utilizada por las compañías aseguradoras británicas hasta bien entrado el siglo XIX, avanzando posteriormente hasta llegar a las utilizadas en la actualidad.

Los Seguros de Retiro se presentan como una alternativa de ahorro, a través de distintas opciones de aporte, las cuales pueden darse de manera individual o combinada, un individuo o asegurado puede aportar periódicamente, de una sola vez o de manera esporádica durante una cierta etapa (usualmente la etapa activa) y luego percibir una renta que muchas veces sirve para complementar el sistema de jubilación oficial. El objetivo es formar un mecanismo de ahorro que funcione eficientemente y pueda otorgar una cantidad de dinero para el momento del retiro a largo plazo.

Este tipo de seguro permite estar preparado ante cualquier tipo de eventualidad que pueda presentarse, ya sea una enfermedad, invalidez, accidentes; todo lo relacionado con la salud de la persona. Particularmente proporcionaremos a los asegurados una renta vitalicia, a partir del momento del retiro, y en el pago del saldo del Fondo de Primas, en el caso de fallecimiento o invalidez durante la etapa activa.

El presente trabajo tiene como objetivo demostrar el impacto tangible que tiene la elección de las bases técnicas, específicamente las tablas de mortalidad, en la estructura de un seguro de retiro individual. La comparación entre una tabla más antigua y una más moderna no es un mero ejercicio matemático, sino una forma de ilustrar las implicancias económicas directas tanto para la solvencia de la aseguradora como para el costo y beneficio final que percibe el asegurado. El objetivo es evidenciar cómo la actualización de las herramientas actuariales es crucial para la competitividad y sostenibilidad del mercado de seguros de retiro en un contexto de cambios demográficos constantes.

## II. OBJETIVOS:

### 2.1 General:

Analizar el impacto en el costo de una póliza para el asegurado, el uso de distintas tablas de mortalidad en seguros de retiro.

### 2.2 Específicos:

Evaluación de las distintas opciones de renta disponibles.

Comparativo de las rentas con ambas tablas.

Indagar sobre el comportamiento de las reservas con cada tabla de mortalidad.

## III. MÉTODOLÓGÍA

Se establece un plan de cobertura para el Asegurado, el cual, a partir de la Fecha Efectiva de Retiro, proporcionará el pago de una renta vitalicia mensual vencida que, a opción del Asegurado se liquidará bajo alguna de las siguientes modalidades mencionadas a continuación.

### 3.1 Tipos de renta

- RENTA VITALICIA NORMAL: Pagadera mientras viva el Asegurado.
- RENTA VITALICIA EXTENSIVA SUCESOR: Pagadera mientras viva el Asegurado, y después de su fallecimiento, al Sucesor mientras viva, en la proporción indicada en el Certificado de Rentistas.
- RENTA VITALICIA CON NÚMERO DE AÑOS GARANTIZADOS: Pagadera al Asegurado hasta la terminación del período garantizado estipulado en el Certificado de Rentistas y, si hubiese fallecido, al Beneficiario o Beneficiarios designados, o a sus herederos. Si el Asegurado sobrevive el período garantizado, continuará cobrando la renta hasta su fallecimiento.
- RENTA VITALICIA TEMPORARIA POR UN NÚMERO DE AÑOS DADO: Pagadera mientras viva el Asegurado, pero limitada a la cantidad de años estipulada en el Certificado de Rentistas.

### 3.2 Primas a pagar

El Asegurado puede optar por contratar el seguro a prima única, o bien ir efectuando aportes durante el transcurso de la etapa activa (para este período se considera una Prima Normal mensual de referencia).

La Prima Normal mensual inicial, y las posteriores, a pagar por el Asegurado estarán dadas por el valor indicado en las Condiciones Particulares de la póliza.

El Asegurado Activo tendrá el derecho de suspender el pago de primas, ya sea en forma temporaria o definitiva, sin por ello perder la condición de asegurado.

El Asegurado podrá pagar primas extraordinarias, para acrecentar su fondo de primas, quedando a exclusivo criterio de la Compañía el rechazar dichos pagos cuando, en un mes, el total de pagos recibidos por ella supere el doble de la Prima Normal. Asimismo, el Asegurado podrá abonar primas inferiores a la Prima Normal.

En caso de contratar a prima única, el importe inicial abonado debe ser tal que, la renta adquirida correspondiente (según fecha prevista de retiro) sea mayor o igual al valor de referencia indicado en las Condiciones Particulares. El Asegurado podrá abonar primas

extraordinarias en un futuro, sin necesidad de que las mismas guarden relación alguna con la prima inicial aportada.

### 3.3 Reserva Matemática del Asegurado Activo

En todo momento de la vigencia de la póliza, la reserva matemática de la misma estará dada por el fondo de primas más el fondo de recomposición de reservas matemáticas.

- Fondo de Primas: El Fondo de Primas en cualquier momento previo al retiro estará dado por la totalidad de las primas puras pagadas por el Asegurado, menos los retiros parciales efectuados por éste. Todos los conceptos mencionados serán capitalizados mensualmente con la tasa de interés garantizada, más el Rendimiento Adicional equivalente.
- Fondo de Recomposición de Reservas Matemáticas: Será constituido a cargo de la Compañía, al momento de producirse un cambio de tarifas, respecto del fondo de primas y el fondo de recomposición existente en ese momento. El importe de la recomposición será tal que la renta adquirida a la fecha prevista de retiro permanezca inalterada al momento del cambio de tarifas.

### 3.4 Rendimiento Garantizado y Adicional

- Rendimiento Garantizado: Al fin de cada mes, la compañía capitalizará los fondos del asegurado a una tasa de interés equivalente a la Tasa Testigo mensual que publique la Superintendencia de Seguros de la Nación por un período correspondiente siempre y cuando esta no sea inferior a la tasa técnica, en cuyo caso utilizará esa tasa.
- Rendimiento Adicional: Al fin de cada mes, en caso de que la tasa de rendimiento de las inversiones realizadas por la Compañía en dicho mes –con los fondos provenientes de la operatoria de esta clase de pólizas– resulte superior a la tasa garantizada, la Compañía otorgará al Asegurado un rendimiento adicional, en caso de que corresponda.

### 3.5 Rescate Total y Retiros Parciales

En cualquier momento previo a la Fecha Efectiva de Retiro, el Asegurado tendrá derecho a rescatar totalmente su póliza. Adicionalmente, podrá solicitar retiros parciales. En ambos casos se aplicarán el descuento establecido en la póliza.

### 3.6 Determinación de la Renta Vitalicia a la Fecha Efectiva de Retiro

A la Fecha Efectiva de Retiro del Asegurado, se calculará el importe de la renta vitalicia, en función de la edad alcanzada y el sexo, tanto del Asegurado como del Sucesor (en caso de corresponder), la reserva matemática, la modalidad de renta vitalicia a pagar y las tarifas de rentas en ese momento.

### 3.7 Incremento de la Renta Vitalicia

Al finalizar cada mes, la póliza prevé un mecanismo por el cual se incrementa el importe de la renta vitalicia en caso de que corresponda.

### 3.8 Reservas Matemáticas para Rentistas

Para la determinación de la Reserva Matemática de Rentistas se multiplicará el importe de la Renta Vitalicia vigente al momento del cálculo por el valor de la Prima Pura Única Unitaria de

la Renta Vitalicia correspondiente a la edad alcanzada a ese momento y a la modalidad de pago optada por el Asegurado, considerando a tal efecto las tarifas vigentes a esa fecha.

Si la Compañía incrementase las respectivas primas únicas, recompondrá a su cargo las reservas matemáticas, sin alterar el importe de la renta vitalicia que estuviese pagando.

### 3.9 Bases Técnicas

Para una correcta comparación de costos y reservas, se utilizan dos tablas de mortalidad distintas, lo que permite analizar el efecto del paso del tiempo y la actualización de la data demográfica. Se tomará, por un lado, la Tabla de Mortalidad para la Cobertura de Sobrevivencia: *I.A.M. 1996* y a su vez *C.S.O. 2001*, ambas discriminadas por sexo. Mientras que la Tasa de Interés Técnico será de un 4% efectivo anual.

- Tabla IAM 1996 (Individual Annuity Mortality): Esta tabla de mortalidad fue desarrollada en Estados Unidos para rentas vitalicias individuales. Se la elige por haber sido un estándar en la industria durante años, representando una base técnica más conservadora o "antigua" en el contexto actual.
- Tabla CSO 2001 (Commissioners Standard Ordinary): Es una tabla de mortalidad más moderna, también de origen estadounidense, que refleja mejoras en la longevidad. Se la selecciona para contrastar con la IAM 1996 y así cuantificar el impacto de utilizar una tabla más actualizada, que supone una mayor esperanza de vida.

La elección de estas dos tablas permite crear un escenario comparativo claro sobre cómo la evolución de la mortalidad afecta las primas y reservas del seguro.

#### 3.9.1 Análisis de Tablas de Mortalidad Alternativas

Además de las tablas *I.A.M. 1996* y *C.S.O. 2001* utilizadas en el presente análisis, existen otras tablas de mortalidad de relevancia en el ámbito actuarial. La elección de una tabla no es trivial, ya que debe representar de la forma más fidedigna posible la experiencia de mortalidad del grupo asegurado.

Algunas alternativas notables son:

- Tablas de la Superintendencia de Seguros de la Nación (SSN): La SSN de Argentina ha publicado tablas de mortalidad de referencia para el mercado local, como las *SSN-H* y *SSN-M*, construidas con datos de la población argentina. Su principal diferencia y ventaja sobre tablas de origen extranjero (como las *CSO*) es su especificidad geográfica, lo que permite reflejar de manera más precisa las condiciones socio-sanitarias y la longevidad del país.
- Tablas GAM (Group Annuity Mortality): Estas tablas (ej. *GAM-94*) se diseñaron para seguros de renta grupal e introdujeron el concepto de proyección de mejora de la mortalidad. A diferencia de las tablas estáticas usadas en este trabajo, las tablas generacionales como la *GAM-94* anticipan que la longevidad aumentará con el tiempo. Esto implica un mayor riesgo de longevidad para la aseguradora y resulta en primas de retiro más elevadas para cubrir un período de pago de rentas potencialmente más largo.

### 3.10 Primas

#### Primas de Tarifa

Las primas de tarifa (única, normales o extraordinarias), estarán dadas por los pagos realizados por el Asegurado neta de impuestos, tasas y sellados.

#### Primas Puras Pagadas

Las primas puras pagadas (única, normales o extraordinarias), estarán dadas por las primas de tarifa pagadas por el Asegurado, netas de gastos, se obtienen según la siguiente relación (Bowers et al., 1997):

$$PP = PT \cdot (1 - g_1\% - g_2\%)$$

O bien:

$$PPE = PTE \cdot (1 - g_1\%)$$

Dónde:

$PP$  : Prima Pura pagada por el Asegurado activo

$PPE$  : Prima Pura Extraordinaria pagada por el Asegurado activo

$g_1\%$  : Gastos de Administración a cargo del Asegurado expresados como porcentaje de la prima de tarifa.

$g_2\%$  : Gastos de Producción y mantenimiento a cargo del Asegurado expresados como porcentaje de la prima de tarifa.

Dichos porcentajes de gastos, en su conjunto no podrán ser superiores al 10% de la Prima de Tarifa. Cuando el asegurado abone una Prima de Tarifa Extraordinaria, los gastos se limitarán al 10% de la misma.

#### Prima Única

En caso de contratarse el seguro a Prima Pura Única, debe respetarse la siguiente relación:

$$PPU \geq v_{12}^m \cdot R_{ref} \cdot a(z)$$

Dónde:

$PPU$  : Prima Pura Única

$v_{12}^1$  :  $(1 + i_{12})^{-1}$  donde  $i_{12}$  es la tasa mensual equivalente a la tasa de interés técnico del plan.

$m$  : número de meses que median entre la fecha de inicio de vigencia de la póliza y la fecha en que el Asegurado alcanza la edad prevista de retiro.

$R_{ref}$  : Renta Adquirida de Referencia, indicada en las Condiciones Particulares.

$z$  : Edad prevista de retiro.

$a(z)$  : Prima Única Unitaria de una renta vitalicia (según la modalidad elegida) de pagos vencidos mensuales y unitarios para la edad "z"

## Primas Normales

### Prima Normal Inicial

La Prima Pura Normal mensual Inicial (considerando su pago adelantado), teniendo como objetivo una renta de \$ $R$  mensuales a partir de la Edad Prevista de Retiro elegida y liquidable, bajo la forma de una Renta Vitalicia Normal, será:

$$PPN = \frac{v_{12}^m}{v_{12}^m - 1} \cdot (v_{12} - 1) \cdot R \cdot a(z)$$

Dónde:

$$v_{12}^1 : (1 + i_{12})^{-1}$$

$i_{12}$  : Tasa mensual equivalente a la tasa de interés técnico anual

$m$  : número de meses que median entre la fecha de inicio de vigencia de la póliza y la fecha en que el asegurado alcanza la edad prevista de retiro.

$R$  : Importe mensual de renta vitalicia fijada como objetivo del Asegurado.

$z$  : Edad Prevista de Retiro

$a(z)$  : Prima Única de la Renta Vitalicia Normal de pagos vencidos, mensuales y unitarios para la edad “ $z$ ”.

La prima de tarifa normal estará dada por:

$$PTN = \frac{PPN}{1 - g_1\% - g_2\%}$$

Dónde:

$PTN$  : Prima de Tarifa Normal

$PPN$  : Prima Pura Normal

$g_1\%$  y  $g_2\%$  : Porcentual de gastos establecidos en las Condiciones Particulares. Los mismos no podrán superar, en conjunto, el 10% de la Prima de Tarifa Normal.

### Ajuste de Primas Normales

La Prima Normal podrá ajustarse mensualmente de acuerdo con la siguiente expresión:

$$PN(m) = PN(m - 1) \cdot [1 + F(m - 1)]$$

Dónde:

$PN(m)$  : Prima Normal del mes “ $m$ ”

$PN(m - 1)$  : Prima Normal del mes “ $m - 1$ ”

$F(m - 1)$  : Rendimiento Adicional del mes “ $m - 1$ ”.

### 3.11 Reserva Matemática del Asegurado Activo

La Reserva Matemática del Asegurado Activo se compone de la suma del fondo de primas más el fondo de recomposición de reservas matemáticas.

#### Fondo de Primas

El saldo del fondo de primas de un asegurado activo al fin de un mes estará dado por (Bowers et al., 1997):

$$FP(l; m) = FP(l; m - 1) \cdot [1 + TG(m)] \cdot (1 + F(m)) + \sum PP(s; m) \cdot \{[1 + TG(m)] \cdot (1 + F(m))\}^{\frac{l-s}{t}} - \sum RP(s; m) \cdot \{[1 + TG(m)] \cdot (1 + F(m))\}^{\frac{l-s}{t}}$$

Dónde:

$l$  : Último día del mes considerado

$m$  : Cualquier mes del año

$FP(l; m)$  : Fondo de primas al último día del mes  $m$

$FP(l; m - 1)$  : Fondo de primas al último día del mes  $m - 1$

$s$  : Cualquier día del mes  $m$

$PP(s; m)$  : Prima Pura pagada el día  $s$  del mes  $m$

$RP(s; m)$  : Retiro Parcial otorgado al Asegurado el día  $s$  del mes  $m$

$TG(m)$  : Tasa Garantizada que surge del Máximo entre la Tasa Testigo del mes  $m$  y la tasa de interés técnico ( $i_m$ ) de ese mes.

$TT(m)$  : la Tasa Testigo del mes  $m$  publicada por la Superintendencia de Seguros de la Nación, siempre y cuando no resulte inferior a la tasa de interés técnica mensual equivalente, en dicho caso se empleará la tasa máxima (en tanto por uno).

$i_m$  : Tasa de interés técnico mensual equivalente a la tasa anual del 4%. Tal que:

$$i_m = (1 + i)^{\frac{l}{cant \text{ días año}}} - 1$$

$F(m)$  : Rendimiento Adicional, en tanto por uno.

$$F(m) = \text{MAX} \left( 1, \frac{1 + J^A \cdot r}{1 + TG(m)} \right) - 1$$

$r$  : Tasa de rendimiento mensual de las inversiones realizadas por la compañía (en tanto por uno) con los fondos provenientes de la operatoria de esta clase de pólizas correspondientes al mes considerado.

$J^A$  : Coeficiente de Transferencia de rentabilidad de Asegurados Activos. Tomará valores entre:

$$0,5 \leq J^A \leq 1$$

### Fondo de Reconstrucción

Suponiendo que al fin de un mes “d”, existiendo una reserva matemática  $RM(l; d)$ , la Compañía modifique las primas únicas de rentas vitalicias normales de  $a_1(z)$  a  $a_2(z)$ , siendo esta última mayor, constituirá un fondo de reconstrucción de reservas matemáticas dado por (Bowers et al., 1997):

$$FRRM(l; d) = RM(l; d) \cdot \left[ \frac{a_2(z)}{a_1(z)} - 1 \right]$$

Dónde:

$FRRM(l; d)$  : Fondo de reconstrucción de reservas matemáticas

$RM(l; d)$  : Reserva matemática al fin del mes  $d$ , antes de la reconstrucción

$a_1(z)$  : Prima Única Unitaria de Rentas vitalicias optada por el rentista utilizadas por la Compañía

$a_2(z)$  : Nueva Prima Única Unitaria de Rentas vitalicias optada.

El Fondo de reconstrucción se capitalizará de igual forma que el fondo de primas.

El plazo de integración de la reconstrucción se ajustará a las normas vigentes en la materia.

### 3.12 Valor de Rescate Total de la Póliza

El valor de rescate total de la póliza, suponiendo que la fecha de disposición de los fondos corresponde al día  $h$  del mes  $j$ , estará dado por (Bowers et al., 1997):

$$VR(h; j) = (1 - f) \cdot \left[ FP(l; j - 1) \cdot (1 + i_m)^{\frac{h}{t}} + \sum PP(s; j) \cdot (1 + i_m)^{\frac{h-s}{t}} \right]$$

Dónde:

$VR(h; j)$  : Valor de Rescate Total de la póliza al día  $h$  del mes  $j$ .

$s$  : Día del mes  $j$ , anterior a  $h$

$l$  : Último día del mes considerado

$FP(l; j - 1)$  : Fondo de Primas al último día del mes  $j - 1$

$i_m$  : Tasa de interés técnico mensual, equivalente al 4% efectivo anual.

$f$  : Descuento a aplicar por la compañía en caso de rescate total de la póliza (no se considera para los casos especiales previstos en las Condiciones Generales de la póliza).

Años de vigencia de la póliza	Descuento $f$
Menos de 5 años	8%
5 años y más	5%

### 3.13 Valor de Liquidación de los Retiros Parciales

En caso de que el Asegurado solicite un retiro parcial, el valor a liquidar estará dado por:

$$VLRP(h; j) = RP(h; j) \cdot (1 - f)$$

Dónde:

$VLRP(h; j)$  : Valor de Liquidación del retiro parcial al día  $h$  del mes  $j$ .

$RP(h; j)$  : Retiro Parcial otorgable al Asegurado el día  $h$  del mes  $j$ .

$f$  : Descuento a aplicar por la Compañía en caso de Rescate Parcial (para retiros especiales toma el valor 0)

Años de vigencia de la póliza	Descuento $f$
Menos de 5 años	8%
5 años y más	5%

### 3.14 Muerte o Incapacidad del Asegurado Activo

En caso de muerte del Asegurado Activo, se pagará a los beneficiarios un importe igual a:

$$VL(h; j) = \left[ FP(l; j - 1) \cdot (1 + i_m)^{\frac{h}{t}} + \sum PP(s; j) \cdot (1 + i_m)^{\frac{h-s}{t}} \right]$$

Dónde:

$VL(h; j)$  : Valor de Liquidación de la póliza al día  $h$  del mes  $j$  correspondiente a la disposición de los fondos, en caso de fallecimiento del asegurado activo.

$s$  : Día del mes  $j$ , anterior a  $h$ .

$l$  : Último día del mes considerado.

### 3.15 Primas Únicas Unitarias de Rentas Vitalicias

Todos los casos que se presentan a continuación suponen una renta inmediata de pagos mensuales vencidos unitarios, para un Asegurado que al momento del primer pago tiene la edad  $x$ .

#### Renta Vitalicia Normal

La prima única neta para una renta vitalicia normal vencida se calcula con la siguiente expresión (Bowers et al., 1997):

$$RVN(x) = m \cdot \left[ \frac{N(x)}{D(x)} - \frac{m + 1}{2m} \right]$$

Donde:

$RVN(x)$  : es la renta vitalicia normal vencida para un asegurado de edad  $x$

$m$  : es la cantidad de pagos anuales pautados.

$N(x)$  : es el valor de conmutación para la tabla respectiva, para el asegurado de edad  $x$ , tal que:

$$N(x) = \sum_{k=x}^{\omega} D(x+k)$$

Siendo  $\omega$  la última edad de la tabla.

$D(x)$  : es el valor de conmutación para la respectiva, para el asegurado de edad  $x$ , tal que:

$$D(x) = l_x \cdot v^x$$

Donde,  $l_x$  es la cantidad de personas que llegan con vida a la edad  $x$  para la tabla respectiva.

### Renta Vitalicia Extensiva a Sucesor

La prima única neta para una renta vitalicia extensiva a un sucesor vencida se calcula con la siguiente expresión (Bowers et al., 1997):

$$RVE(x; y) = RVN(x) + \%S \cdot [RVN(y) - RVN(x; y)]$$

Siendo:

$$RVN(x, y) = m \cdot \left[ \frac{N(x, y)}{D(x, y)} - \frac{m+1}{2m} \right]$$

Dónde:

$y$  : Edad del Sucesor al momento del primer pago de la renta inmediata de pagos mensuales adelantados, recibida por el asegurado.

$\%S$  : porcentaje de renta que cobrará el Sucesor.

### Renta Vitalicia con “n” años Garantizados

La prima única neta para una renta vitalicia con “n” años garantizados vencida se calcula con la siguiente expresión (Bowers et al., 1997):

$$RVG(x) = \frac{1 - v_m^{m \cdot n}}{i_m} + m \cdot \left[ \frac{N(x+n)}{D(x)} - \frac{m+1}{2m} \cdot \frac{D(x+n)}{D(x)} \right]$$

Dónde:

$n$  : Plazo garantizado de pago, con  $n \leq 15$  años

### Renta Vitalicia Temporal por un número de años dado

La prima única neta para una renta vitalicia temporal por un número de años dado vencida se calcula con la siguiente expresión (Bowers et al., 1997):

$$RVT(x) = m \left\{ \frac{N(x) - N(x+n)}{D(x)} - \frac{m+1}{2m} \cdot \left[ 1 - \frac{D(x+n)}{D(x)} \right] \right\}$$

Dónde:

$n$  : Años por los cuales se contrató la renta.

### Interpolación de Tarifas

Cuando la edad del Asegurado al momento del primer pago de la renta no sea una edad exacta " $x$ ", sino una edad " $x + f$ ", que este comprendida entre las edades " $x$ " y " $x + 1$ ", siendo " $f$ " el cociente entre los meses enteros cumplidos y 12, se tendrá que (Bowers et al., 1997):

$$RV(x + f) = (1 - f) \cdot RV(x) + f \cdot RV(x + 1)$$

Cuando se trate de la renta vitalicia extensiva a sucesor, teniendo el asegurado la edad " $x + f$ " y el sucesor la edad " $y + k$ ", resultará (Bowers et al., 1997):

$$RVE(x + f; y + k) = (1 - f - k) \cdot RVE(x; y) + f \cdot RVE(x + 1; y) + k \cdot RVE(x; y + 1)$$

### 3.16 Importe de la Renta Vitalicia

El importe de la renta vitalicia a la fecha efectiva de retiro para el asegurado que a dicha fecha tiene una edad " $x + f$ ", estará dada por:

$$R = \frac{RM(s; d)}{RV(x + f)}$$

Dónde:

$R$  : Importe de la renta vitalicia, determinado a la fecha efectiva de retiro.

$RM(s; d)$  : Saldo de la reserva matemática del asegurado activo a la fecha efectiva de retiro

$x + f$  : Edad del asegurado a la fecha efectiva de retiro

$RV(x + f)$  :  $RVN(x + f)$  si opto por la Renta Vitalicia Normal. o  $RVE(x + f)$  para la Renta Vitalicia Extensiva a un Sucesor o  $RVG(x + f)$  para la Renta Vitalicia con " $n$ " años garantizados o  $RVT(x + f)$  para la Renta Vitalicia Temporal por un número de años dado.

### 3.17 Incrementos de la renta vitalicia

Al finalizar cada mes, la Compañía incrementará el importe de la renta vitalicia por el siguiente factor:

$$1 + FG(m) = \text{MAX} \left( 1, \frac{1 + TT(m)}{1 + i_m} \right)$$

Adicionalmente, existirá un factor adicional establecido por:

$$1 + FA(m) = \text{MAX} \left( 1, \frac{1 + J^P \cdot r}{1 + \text{MAX}(i_m, TT(m))} \right)$$

En consecuencia, la renta del mes  $m$  estará dada por:

$$RV(m - 1 + k) = RV(m - 1) \cdot \prod_{s=1}^k [1 + FG(s)] \cdot [1 + FA(s)]$$

Dónde:

$FG(s)$  : Tasa de Rendimiento Garantizado correspondiente al mes  $s$ , en tanto por uno

$FA(s)$  : Tasa de Rendimiento Adicional correspondiente al mes  $s$ , en tanto por uno

$TT(s)$  : Tasa Testigo publicada por la Superintendencia de Seguros de la Nación para el mes  $s$ , en tanto por uno. Dicha tasa no podrá ser inferior a la tasa de interés mensual equivalente al 4% efectivo anual.

$k$  : cantidad de meses que tiene la periodicidad elegida para el cobro de rentas.

$r$  : Tasa de Rendimiento mensual de las inversiones realizadas por la Compañía con los fondos provenientes de la operatoria de este tipo de pólizas, correspondiente al mes  $m$ , en tanto por uno.

$RV(m)$  : Renta Vitalicia a pagar en el mes  $m$

$RV(m - 1)$  : Última Renta Vitalicia pagada.

$J^P$  : Coeficiente de Transferencia de rentabilidad de Asegurados en etapa Pasiva. Tomará valores entre:

$$0,5 \leq J^P \leq 1$$

### 3.18 Reservas Matemáticas – Rentas Vitalicias

Las reservas matemáticas al final del  $t$ -ésimo año de pagos de la Renta Vitalicia de Pagos Unitarios mensuales, ( $t \geq 1$ ) será:

#### Renta Vitalicia Normal

La reserva matemática para una Renta Vitalicia Normal se calcula utilizando la siguiente fórmula (Bowers et al., 1997):

$$RRVN(x; t) = m \cdot \left[ \frac{N(x + t)}{D(x + t)} - \frac{m + 1}{2m} \right]$$

#### Renta Vitalicia Extensiva a Sucesor

La reserva matemática para una Renta Vitalicia Extensiva a un Sucesor se calcula utilizando la siguiente fórmula (Bowers et al., 1997):

Si el rentista y el sucesor están con vida:

$$RRVE(x, y; t) = RRVN(x; t) + \% \cdot [RRVN(y; t) - RRVN(x, y; t)]$$

Si sólo el rentista está con vida:

$$RRVE(x, y; t) = RRVN(x; t)$$

Si sólo el sucesor está con vida:

$$RRVE(x, y; t) = \% \cdot RRVN(y; t)$$

## Renta Vitalicia con “n” años Garantizados

La reserva matemática para una Renta Vitalicia con “n” años Garantizados se calcula utilizando la siguiente fórmula (Bowers et al., 1997):

Si  $t < n$  y el Rentista vive:

$$RRVG(x; t) = \frac{1 - v_m^{(n-t) \times m}}{i_m} + m \cdot \left[ \frac{N(x+n)}{D(x+t)} - \frac{m+1}{2m} \cdot \frac{D(x+n)}{D(x+t)} \right]$$

Si  $t < n$  y el Rentista ha fallecido:

$$RRVG(x; t) = \frac{1 - v_m^{(n-t) \times m}}{i_m}$$

Si  $t \geq n$  y el Rentista vive:

$$RRVG(x; t) = RRVN(x; t)$$

## Renta Vitalicia Temporal por un número de años dado

La reserva matemática para una Renta Vitalicia Temporal por un número de años dado se calcula utilizando la siguiente fórmula (Bowers et al., 1997):

Si  $t < n$

$$RRVT(x; t) = m \cdot \left\{ \frac{N(x+n) - N(x+n)}{D(x+t)} - \frac{m+1}{2m} \cdot \left[ 1 - \frac{D(x+n)}{D(x+t)} \right] \right\}$$

Si  $t \geq n$

$$RRVT(x; t) = 0$$

En todos los casos deberá entenderse que los valores serán determinados con la tabla de mortalidad y la tasa de interés técnico vigente en cada momento “t”.

Para todas las modalidades de renta la Reserva Matemática estará dada por el producto entre el monto de Renta Vitalicia del momento “t” y la Prima Única Unitaria de Renta Vitalicia vigente a ese momento.

# IV. RESULTADOS

## APLICACIÓN NUMÉRICA

### 4.1 Primas Puras Pagadas

Para el caso de un asegurado que hubiese pagado un importe que, neto de tasas, impuestos y sellados, asciende a \$100,- la prima pura correspondiente, suponiendo que los gastos hubiesen sido fijados en un 10% de la prima de tarifa (5% para administración y 5% para producción y mantenimiento), sería:

$$PP = 100 \cdot (1 - 0,05 - 0,05)$$

$$PP = 90$$

## 4.2 Prima Única

Asumiendo los siguientes supuestos:

- Edad de contratación : 35 años
- Sexo : masculino
- Edad a la fecha prevista de retiro : 65 años
- Tipo de Renta Vitalicia : Normal
- Renta Adquirida de Referencia : 1.000
- $i$  : 4%
- $i_{12}$  : 0,327374%
- $v_{12}$  : 0,996737
- $m$  : 360

Con la formula detallada sobre la Prima Pura Única (PPU) y la Prima de Tarifa Única (PTU) en el punto 3.10, aplicando los valores correspondientes para cada tabla de mortalidad y considerando un 5% para gastos de administración y un 5% para gastos de producción y mantenimiento, se obtienen los siguientes resultados (ver detalle de cálculo en Anexo A.1).

Tabla 1996: PPU  $\geq$  48.200,82 y PTU  $\geq$  53.556,47

Tabla 2001: PPU  $\geq$  42.763,19 y PTU  $\geq$  47.514,65

## 4.3 Prima Normal

Asumiendo los siguientes supuestos:

- Edad de contratación : 35 años
- Sexo : masculino
- Edad a la fecha prevista de retiro : 65 años
- Tipo de Renta Vitalicia : Normal
- Renta Adquirida de Referencia : 1.000
- $i$  : 4%
- $i_{12}$  : 0,327374%
- $v_{12}$  : 0,996737
- $m$  : 360

Con la formula detallada sobre la Prima Pura Normal (PPN) y la Prima de Tarifa Normal (PTN) en el punto 3.10, aplicando los valores correspondientes para cada tabla de mortalidad y considerando un 5% para gastos de administración y un 5% para gastos de producción y mantenimiento, se obtienen los siguientes resultados (ver detalle de cálculo en Anexo A.2):

Tabla 1996: PPN = 227,39 y PTN = 252,66

Tabla 2001: PPN = 201,74 y PTN = 224,15

## 4.4 Rendimiento Adicional

Asumiendo los siguientes supuestos:

- Tasa de rendimiento obtenida por la Compañía en el mes : 5,05% mensual
- Tasa testigo informada en el mes : 2,03% mensual
- $J$  : 70%

El Rendimiento Adicional para el mes, en tanto por uno, para ambas tablas será:

$$F(m) = \text{MAX} \left( 1, \frac{1 + 0,7 \cdot 0,0505}{1 + 0,0203} \right) - 1 = 0,01475$$

#### 4.5 Ajuste de la Prima Normal

La prima normal, podrá ajustarse asumiendo los siguientes supuestos:

- Rendimiento Adicional para el Asegurado en el mes anterior : 0,01475
- Prima Normal del mes anterior \$252,66 o \$224,15 dependiendo la tabla.

La prima normal para el mes será:

Tabla 1996:  $PN = 252,66 \cdot (1 + 0,01475) = 256,39$

Tabla 2001:  $PN = 224,15 \cdot (1 + 0,01475) = 227,46$

#### 4.6 Reservas Matemáticas del Asegurado Activo

Asumiendo los siguientes supuestos:

- Saldo del Fondo de Primas al último día del mes anterior : \$6.000,00
- Retiro Parcial otorgado el día 15 del mes : \$500,00
- Último día del mes considerado : 31
- Rendimiento Adicional para el Asegurado en el mes : 0,01475
- Tasa Testigo informada en el mes : 2,03%
- Prima Pura Pagada el primer día del mes \$250.50 para la tabla '96 y \$220 para '01.

#### Fondo de Primas

El Fondo de Primas al final del mes será (ver detalle de cálculo en Anexo A.3):

Tabla 1996:  $FP(31; m) = 5.962,12$

Tabla 2001:  $FP(31; m) = 5.930,57$

#### Fondo de Recomposición

Si en ese momento la Compañía aumentase su tarifa de rentas vitalicias normales en un 10%, no habiendo existido cambios anteriores, se obtendrá:

Tabla 1996:  $FRRM(31; m) = 596,21$

Tabla 2001:  $FRRM(31; m) = 593,57$

#### Reserva Matemática

Tabla 1996:  $RM(m) = 6.558,33$

Tabla 2001:  $RM(m) = 6.524,14$

#### 4.7 Valor de Rescate Total de una Póliza

El Valor de Rescate de una Póliza, calculado sobre la base de los siguientes supuestos, cualquiera sea la tabla:

- Día de efectivización del rescate : día 10 de un mes
- Fondo de primas al final del mes anterior : \$6.000,00
- Descuento correspondiente : 8%

- Día del mes considerado : 31
- Movimientos del mes : no existieron

$$VR(10; m) = 6.000 \cdot (1 - 0,08) \cdot (1,00327374)^{\frac{10}{31}} = 5.525,82$$

#### 4.8 Valor de Liquidación de los Retiros Parciales

Si el asegurado solicita un retiro parcial bajo los siguientes supuestos:

- Día de efectivización del retiro parcial : día 15 de un mes
- Importe solicitado en concepto de retiro parcial : \$1.000,00
- Descuento correspondiente : 5%

$$VLRP(15; m) = 1.000 \cdot (1 - 0,05) = 950$$

#### 4.9 Prima Única Unitaria de Rentas Vitalicias

Para todos los casos que se presentan a continuación, se supone un Asegurado de sexo masculino que, al momento del primer pago tiene la edad de 65 años (ver detalle de cálculo en Anexo A.4).

##### Renta Vitalicia Normal

Tabla 1996:  $RVN(65) = 156,33443$

Tabla 2001:  $RVN(65) = 138,69514$

##### Renta Vitalicia Extensiva Sucesor

Suponiendo que la cónyuge tiene 2 años menos que el titular y la proporción de la renta extensiva es del 70%, resulta:

Tabla 1996:  $RVE(65; 63) = 187,426602$

Tabla 2001:  $RVE(65; 63) = 170,727252$

##### Renta Vitalicia con “n” años garantizados

Consideremos un plazo de 10 años garantizados.

Tabla 1996:  $RVG(65) = 162,81246$

Tabla 2001:  $RVG(65) = 148,24122$

##### Renta Vitalicia Temporaria con un número de años dado

Consideramos una renta temporaria a 10 años.

Tabla 1996:  $RVT(65) = 92,62449$

Tabla 2001:  $RVT(65) = 89,5550$

#### 4.10 Importe de la Renta Vitalicia a la fecha efectiva de retiro

Asumiendo que el Asegurado optase por una Renta Vitalicia Normal y que:

- Edad a la fecha efectiva de retiro : 65 años
- Reserva Matemática a la fecha efectiva de Retiro : \$81.500,-
- Prima Única de una Renta Vitalicia Tabla 1996 : 156,33443
- Prima Única de una Renta Vitalicia Tabla 2001 : 138,69514

Tabla 1996:  $R = \frac{81.500}{156,33443} = 521,32$

Tabla 2001:  $R = \frac{81.500}{138,69514} = 587,62$

#### 4.11 Incremento de la Renta Vitalicia

Asumiendo los siguientes supuestos:

- Renta Vitalicia del mes anterior : \$100,-
- Tasa de Rendimiento obtenida por la Compañía en el mes : 5,05% mensual
- Tasa Testigo informada en el mes : 2,03% mensual
- $i_{12}$  : 0,3274% mensual

$$1 + FG(m) = \frac{1,0203}{1,003274} = 1,016971$$

El Factor de Rendimiento Adicional para el mes, en tanto por uno, será:

$$1 + FA(m) = \text{MAX} \left( 1, \frac{1 + 0,7 \cdot 0,505}{(1 + 0,0203)} \right) = 1,01475$$

En consecuencia, la renta del mes  $m$  estará dada por:

$$RV(m) = 100 \cdot (1,016971) \cdot (1,01475) = 103,1971$$

#### 4.12 Reservas Matemáticas – Renta Vitalicia

En todos los casos se considera una Renta Vitalicia de \$1,-

##### Renta Vitalicia Normal

Asumiendo en todos los siguientes datos:

- Fecha de cálculo : al final del 4to. año de pago de rentas mensuales
- Sexo del rentista : masculino
- Edad efectiva de retiro : 65 años

Tabla 1996:  $RVN(65, 4) = 138,95906$

Tabla 2001:  $RVN(65, 4) = 121,31607$

##### Renta Vitalicia Extensiva al Sucesor

Asumiendo en todos los siguientes datos:

- Fecha de cálculo : al final del 4to. año de pago de rentas mensuales
- Sexo del rentista : masculino
- Edad efectiva de retiro : 65 años
- Edad del cónyuge a la edad efectiva de retiro : 63 años
- % que cobra el Sucesor : 70%

Si el rentista y el sucesor están con vida:

Tabla 1996:  $RVE(65, 63; 4) = 245,96454$

Tabla 2001:  $RVE(65, 63; 4) = 216,97942$

Si el rentista está con vida, pero el sucesor no:

Tabla 1996:  $RVN(65, 4) = 138,95906$

Tabla 2001:  $RVN(65, 4) = 121,31607$

Si el rentista falleció, pero el sucesor está con vida:

Tabla 1996:  $RVE(63; 4) = 117,11271$

Tabla 2001:  $RVE(63; 4) = 104,19257$

### Renta Vitalicia con “ $n$ ” años garantizados

Asumiendo en todos los siguientes datos:

- Fecha de cálculo : al final del 4to. año de pago de rentas mensuales
- Sexo del rentista : masculino
- Edad efectiva de retiro : 65 años
- Años garantizados : 10 años

Si el rentista está con vida:

Tabla 1996:  $RVG(65; 4) = 142,40532$

Tabla 2001:  $RVG(65; 4) = 126,20168$

Si el rentista falleció:

$$RVG(65; 4) = 64,05075$$

### Renta Vitalicia Temporaria con un número de años dados

Asumiendo en todos los siguientes datos:

- Fecha de cálculo : al final del 4to. año de pago de rentas mensuales
- Sexo del rentista : masculino
- Edad efectiva de retiro : 65 años
- Plazo de pago de renta : 10 años

Tabla 1996:  $RVT(65; 4) = 60,60450$

Tabla 2001:  $RVT(65; 4) = 59,16413$

## TABLAS

Se adjuntan como Anexo B las Tablas de Mortalidad mencionadas.

## V. CONCLUSIONES

El cálculo de primas puras en seguros de retiro juega un papel crucial en la determinación de los beneficios económicos para los asegurados y la viabilidad de la aseguradora. En este contexto, la elección de la tabla de mortalidad adecuada se convierte en un factor determinante que impacta significativamente en el resultado final. Los resultados no son solo cifras, sino que reflejan un dilema central en el mercado asegurador.

Al comparar dos tablas de mortalidad utilizadas, la IAM 1996 y la CSO 2001, se observa una diferencia en los cálculos de primas puras. Específicamente, las primas calculadas con la tabla IAM 1996 tienden a ser superiores en comparación con las obtenidas mediante la tabla CSO 2001. Esta disparidad genera conveniencias y desventajas para ambas partes:

- Compañía Aseguradora: el uso de la IAM 1996 representa una ventaja al calcular primas más altas, acumula mayores Reservas Matemáticas, esto la protege contra el riesgo de longevidad, asegurando su solvencia a largo plazo. Por otro lado, se presenta una desventaja al ofrecer un producto más caro y esto la hace menos competitiva frente a otras compañías que usen tablas más actuales (ej. CSO 2001), que permiten ofrecer precios más bajos.
- Asegurado: El uso de la tabla CSO 2001 presenta como beneficio un menor costo. Con el mismo aporte, podría aspirar a una renta objetivo mayor o pagar menos por la misma renta. Como se observa en el punto 4.10, si se acumula un mismo fondo de reserva, una tabla como la CSO 2001 genera una renta mensual más alta. No es menor el análisis de una desventaja indirecta; si bien la obligación es de la compañía, la elección de una tabla demasiado optimista podría, en un caso extremo, comprometer la solvencia a largo plazo de la aseguradora.

Por lo tanto, para el asegurado, la utilización de tablas actualizadas que reflejen correctamente la longevidad actual es claramente beneficiosa. Mientras que las distintas ofertas, basadas en diferentes tablas, segmentan el mercado. Una aseguradora que utiliza la tabla IAM 1996 (más conservadora) cobrará primas más altas y esto la hace menos competitiva. Por el contrario, una aseguradora que use la tabla CSO 2001 será más atractiva en precio, pero deberá gestionar sus reservas de forma más ajustada.

En síntesis, el análisis demuestra que la elección de una tabla de mortalidad en un plan de retiro es de suma importancia como se pudo ver a lo largo del presente trabajo y a su vez afecta la competencia en el mercado. La decisión deberá ser estratégica para balancear la competitividad comercial con la solvencia financiera, ya que esto afecta directamente la oferta de productos en el mercado y las condiciones para el asegurado.

## VI. BIBIOGRAFÍA

- Bowers, N. L., Gerber, H. U., Hickman, J. C., Jones, D. A., & Nesbitt, C. J. (1997). *Actuarial Mathematics*. The Society of Actuaries.
- Society of Actuaries (1996). *1994 Group Annuity Mortality (GAM-94) Table*.
- Society of Actuaries (2001). *2001 Commissioners Standard Ordinary (CSO) Mortality Table*.
- Superintendencia de Seguros de la Nación (Argentina). Resoluciones y normativa sobre bases técnicas para seguros de retiro.

## VII. ANEXOS

### 7.1 Anexo A: Detalle de cálculos adicionales.

#### 7.1.1 Detalle del cálculo de la Prima Única (Punto 4.2)

Valores:

- Edad de contratación : 35 años
- Sexo : masculino
- Edad a la fecha prevista de retiro : 65 años
- Tipo de Renta Vitalicia : Normal
- Renta Adquirida de Referencia : 1.000
- $i$  : 4%
- $i_{12}$  : 0,327374%
- $v_{12}$  : 0,996737
- $m$  : 360

Tabla A.1: Cálculo de la Prima Pura Única (PPU).

Tabla 1996	Tabla 2001
$PPU \geq 0,996737^{360} \cdot 1.000 \cdot 156,33443$ $PPU \geq 48.200,82$	$PPU \geq 0,996737^{360} \cdot 1.000 \cdot 138,69514$ $PPU \geq 42.763,19$

Fuente: Elaboración propia.

Considerando un 5% para gastos de administración y un 5% para gastos de producción y mantenimiento, la Prima Única de Tarifa estará dada por:

Tabla A.2: Cálculo de la Prima de Tarifa Única (PTU).

Tabla 1996	Tabla 2001
$PTU \geq \frac{48.200,82}{1 - 0,05 - 0,05}$ $PTU \geq 53.556,47$	$PTU \geq \frac{42.763,19}{1 - 0,05 - 0,05}$ $PTU \geq 47.514,65$

Fuente: Elaboración propia.

#### 7.1.2 Detalle del cálculo de la Prima Normal (Punto 4.3)

Valores:

- Edad de contratación : 35 años
- Sexo : masculino
- Edad a la fecha prevista de retiro : 65 años
- Tipo de Renta Vitalicia : Normal
- Renta Adquirida de Referencia : 1.000
- $i$  : 4%
- $i_{12}$  : 0,327374%
- $v_{12}$  : 0,996737
- $m$  : 360

Tabla A.3: Cálculo de la Prima Pura Normal (PPN).

Tabla 1996	Tabla 2001
$PPN = \frac{0,996737^{360}}{(0,996737^{360} - 1)} \cdot (0,996737^{360} - 1) \cdot$	$PPN = \frac{0,996737^{360}}{(0,996737^{360} - 1)} \cdot (0,996737^{360} - 1) \cdot$
$1.000 \cdot 156,33443$	$1.000 \cdot 138,69514$
$PPN = 227,39$	$PPN = 201,74$

Fuente: Elaboración propia.

Considerando un 5% para gastos de administración y un 5% para gastos de producción y mantenimiento, la Prima Tarifa Normal estará dada por:

Tabla A.4: Cálculo de la Prima de Tarifa Normal (PTN).

Tabla 1996	Tabla 2001
$PTN = \frac{227,39}{1 - 0,05 - 0,05}$	$PTN = \frac{201,74}{1 - 0,05 - 0,05}$
$PTN = 252,66$	$PTN = 224,15$

Fuente: Elaboración propia.

### 7.1.3 Detalle del cálculo de la Reserva Mat. del Asegura Activo (Punto 4.6)

#### Fondo de Primas

Asumiendo los siguientes supuestos:

- Saldo del Fondo de Primas al último día del mes anterior : \$6.000,00
- Retiro Parcial otorgado el día 15 del mes : \$500,00
- Último día del mes considerado : 31
- Rendimiento Adicional para el Asegurado en el mes : 0,01475
- Tasa Testigo informada en el mes : 2,03%
- Prima Pura Pagada el primer día del mes \$250.50 para la tabla '96 y \$220 para '01.

Tabla A.5: Cálculo del Fondo de Prima (FP).

Tabla 1996	Tabla 2001
$FP(31; m) = 6.000 \cdot (1,0203 \cdot 1,01475) + 250,50$	$FP(31; m) = 6.000 \cdot (1,0203 \cdot 1,01475) + 220$
$\cdot (1,0203 \cdot 1,01475)^{\frac{30}{31}} - 500$	$\cdot (1,0203 \cdot 1,01475)^{\frac{30}{31}} - 500$
$\cdot (1,0203 \cdot 1,01475)^{\frac{16}{31}}$	$\cdot (1,0203 \cdot 1,01475)^{\frac{16}{31}}$
$FP(31; m) = 5.962,12$	$FP(31; m) = 5.930,57$

Fuente: Elaboración propia.

## Fondo de Reconstrucción

Aumento en la tarifa de la renta vitalicia normal de un 10%.

$$\left[ \frac{a_2(z)}{a_1(z)} \right] = 1,10$$

Y, por lo tanto:

Tabla A.6: Cálculo del Fondo de Reconstrucción de Rva Matemática (FRRM)

Tabla 1996	Tabla 2001
$FRRM(31; m) = 5.962,12 \cdot (1,10 - 1)$	$FRRM(31; m) = 5.930,57 \cdot (1,10 - 1)$
$FRRM(31; m) = 596,21$	$FRRM(31; m) = 593,57$

Fuente: Elaboración propia.

Tabla A.7: Cálculo de Reserva matemática.

Tabla 1996	Tabla 2001
$RM(m) = 5.962,12 + 596,21$	$RM(m) = 5.930,57 + 593,57$
$RM(m) = 6.558,33$	$RM(m) = 6.524,14$

Fuente: Elaboración propia.

### 7.1.4 Detalle del cálculo de la Prima Única de Rentas Vitalicias (Punto 4.9)

Para todos los casos que se presentan a continuación, se supone un Asegurado de sexo masculino que, al momento del primer pago tiene la edad de 65 años.

#### Renta Vitalicia Normal.

Tabla A.8: Cálculo de Renta Vitalicia Normal.

Tabla 1996	Tabla 2001
$RVN(65) = 12 \cdot \left[ \frac{934724,05371}{68884,00897} - \frac{13}{24} \right]$	$RVN(65) = 12 \cdot \left[ \frac{78847,64421}{6516,55226} - \frac{13}{24} \right]$
$RVN(65) = 156,33443$	$RVN(65) = 138,69514$

Fuente: Elaboración propia.

#### Renta Vitalicia Extensiva Sucesor

Suponiendo que la cónyuge tiene 2 años menos que el titular y la proporción de la renta extensiva es del 70%, resulta:

Tabla A.9: Cálculo de Renta Vitalicia Extensiva Sucesor.

Tabla 1996	Tabla 2001
$RVN(65; 63) = 12 \cdot \left[ \frac{8263765290,7}{679834519,1} - \frac{13}{24} \right]$	$RVN(65; 63) = 12 \cdot \left[ \frac{6318140422,5}{603357250,3} - \frac{13}{24} \right]$
$RVN(65; 63) = 139,366649$	$RVN(65; 63) = 119,15969$
Además:	

$RVN(63) = 12 \cdot \left[ \frac{1271663,4300896}{80192,7000277} - \frac{13}{24} \right]$ $RVN(63) = 183,7840321$	$RVN(63) = 12 \cdot \left[ \frac{107473,8549119}{7523,552186504} - \frac{13}{24} \right]$ $RVN(63) = 164,91985$
<p>Finalmente, resulta que:</p> $RVE(65; 63) = RVN(65) + 0,7 \cdot [RVN(63) - RVN(65; 63)]$	
$RVE(65; 63) = 156,3344345 + 0,7$ $\cdot [183,7840321$ $- 139,3666495]$ $RVE(65; 63) = 187,426602$	$RVE(65; 63) = 138,69514 + 0,7$ $\cdot [164,91985 - 119,15969]$ $RVE(65; 63) = 170,727252$

Fuente: Elaboración propia.

### Renta Vitalicia con “n” años garantizados

Consideremos un plazo de 10 años garantizados.

Tabla A.10: Cálculo de Renta Vitalicia con “n” años garantizados.

Tabla 1996	Tabla 2001
$RVG(65) = \frac{1 - 0,996737^{10 \cdot 12}}{0,00327374} + 12$ $\cdot \left[ \frac{386796,1866}{68884,0090} - \frac{13}{24} \right]$ $\cdot \frac{38916,5944}{68884,0090}$ $RVG(65) = 162,81246$	$RVG(65) = \frac{1 - 0,996737^{10 \cdot 12}}{0,00327374} + 12$ $\cdot \left[ \frac{28519,4436}{6516,5522} - \frac{13}{24} \right]$ $\cdot \frac{3386,0066}{6516,5522}$ $RVG(65) = 148,24122$

Fuente: Elaboración propia.

### Renta Vitalicia Temporal con un número de años dado

Consideramos una renta temporal a 10 años.

Tabla A.11: Cálculo de Renta Vitalicia Temporal con un número de años dado.

Tabla 1996	Tabla 2001
$RVT(65) = 12 \cdot \left\{ \frac{N(65) - N(75)}{D(65)} - \frac{13}{24} \cdot \left[ 1 - \frac{D(75)}{D(65)} \right] \right\}$	$RVT(65) = 12 \cdot \left\{ \frac{N(65) - N(75)}{D(65)} - \frac{13}{24} \cdot \left[ 1 - \frac{D(75)}{D(65)} \right] \right\}$
$RVT(65) = 12 \cdot \left\{ \frac{934724,0537 - 386796,1866}{68884,0090} \right.$ $\left. - \frac{13}{24} \cdot \left[ 1 - \frac{38916,5944}{68884,0090} \right] \right\}$	$RVT(65) = 12 \cdot \left\{ \frac{78847,6442 - 28519,4436}{6516,5522} \right.$ $\left. - \frac{13}{24} \cdot \left[ 1 - \frac{3386,0066}{6516,5522} \right] \right\}$
$RVT(65) = 12 \cdot \left\{ 7,95436 - \frac{13}{24} \cdot 0,43504 \right\}$	$RVT(65) = 12 \cdot \left\{ 7,72313 - \frac{13}{24} \cdot 0,48039 \right\}$
$RVT(65) = 92,62449$	$RVT(65) = 89,5550$

Fuente: Elaboración propia.

### 7.1.5 Detalle del cálculo de Rvas Matemática - Rentas Vitalicias (Punto 4.12)

En todos los casos se considera una Renta Vitalicia de \$1,-

#### Renta Vitalicia Normal

Asumiendo en todos los siguientes datos:

- Fecha de cálculo : al final del 4to. año de pago de rentas mensuales
- Sexo del rentista : masculino
- Edad efectiva de retiro : 65 años

Tabla A.12: Cálculo de Rvas para una Renta Vitalicia Normal.

Tabla 1996	Tabla 2001
$RVN(65, 4) = 12 \cdot \left[ \frac{N(69)}{D(69)} - \frac{13}{24} \right]$	
$RVN(65, 4) = 12 \cdot \left[ \frac{678923,5498}{56009,4528} - \frac{13}{24} \right]$	$RVN(65, 4) = 12 \cdot \left[ \frac{54878,6951}{5152,2809} - \frac{13}{24} \right]$
$RVN(65, 4) = 138,95906$	$RVN(65, 4) = 121,31607$

Fuente: Elaboración propia.

#### Renta Vitalicia Extensiva al Sucesor

Asumiendo en todos los siguientes datos:

- Fecha de cálculo : al final del 4to. año de pago de rentas mensuales
- Sexo del rentista : masculino
- Edad efectiva de retiro : 65 años
- Edad del cónyuge a la edad efectiva de retiro : 63 años
- % que cobra el Sucesor : 70%

Tabla A.13: Cálculo de Rvas para una Renta Vitalicia Extensiva al Sucesor.

Tabla 1996	Tabla 2001
Si el rentista y el sucesor están con vida:	
$RVE(65, 63; 4) = 12 \cdot \left[ \frac{N(69)}{D(69)} - \frac{13}{24} \right] + 0,7 \cdot 12 \cdot \left\{ \left[ \frac{N(67)}{D(67)} - \frac{13}{24} \right] - \left[ \frac{N(69; 67)}{D(69; 67)} - \frac{13}{24} \right] \right\}$	
$RVE(65, 63; 4) = 12 \cdot \left[ \frac{678923,5498}{56009,4528} - \frac{13}{24} \right]$	$RVE(65, 63; 4) = 12 \cdot \left[ \frac{54878,6951}{5152,2809} - \frac{13}{24} \right] + 0,7$
$+ 0,7 \cdot 12$	$\cdot 12$
$\cdot \left\{ \left[ \frac{971137,4733}{67050,5744} - \frac{13}{24} \right] \right.$	$\cdot \left\{ \left[ \frac{79509,0888}{6141,81081} - \frac{13}{24} \right] \right.$
$\left. - \left[ \frac{5757521,82}{540668,3} - \frac{13}{24} \right] \right\}$	$\left. - \left[ \frac{413250,540}{45557,831} - \frac{13}{24} \right] \right\}$
$RVE(65, 63; 4) = 245,96454$	$RVE(65, 63; 4) = 216,97942$

Si el rentista está con vida, pero el sucesor no:	
$RVN(65, 4) = 12 \cdot \left[ \frac{N(69)}{D(69)} - \frac{13}{24} \right]$	
$RVN(65, 4) = 12 \cdot \left[ \frac{678923,5498}{56009,4528} - \frac{13}{24} \right]$	$RVN(65, 4) = 12 \cdot \left[ \frac{54878,6951}{5152,2809} - \frac{13}{24} \right]$
$RVN(65, 4) = 138,95906$	$RVN(65, 4) = 121,31607$
Si el rentista falleció, pero el sucesor está con vida:	
$RVE(63; 4) = 0,7 \cdot 12 \cdot \left[ \frac{N(67)}{D(67)} - \frac{13}{24} \right]$	
$RVE(63; 4) = 0,7 \cdot 12 \cdot \left[ \frac{971137,4733}{67050,5744} - \frac{13}{24} \right]$	$RVE(63, 4) = 0,7 \cdot 12 \cdot \left[ \frac{79509,0888}{6141,81081} - \frac{13}{24} \right]$
$RVE(63; 4) = 117,11271$	$RVE(63; 4) = 104,19257$

Fuente: Elaboración propia.

### Renta Vitalicia con “n” años garantizados

Asumiendo en todos los siguientes datos:

- Fecha de cálculo : al final del 4to. año de pago de rentas mensuales
- Sexo del rentista : masculino
- Edad efectiva de retiro : 65 años
- Años garantizados : 10 años

Tabla A.14: Cálculo de Rvas para una Renta Vitalicia con “n” años garantizados.

Tabla 1996	Tabla 2001
Si el rentista está con vida:	
$RVG(65; 4) = \frac{1 - v^{(10-4) \cdot 12}}{i} + 12 \cdot \left[ \frac{N(75)}{D(69)} - \frac{13}{24} \cdot \frac{D(75)}{D(69)} \right]$	
$RVG(65; 4) = \frac{1 - 0,996737^{(6) \cdot 12}}{0,00327374} + 12 \cdot \left[ \frac{386796,1866}{56009,4528} - \frac{13}{24} \cdot \frac{38916,5944}{56009,4528} \right]$	$RVG(65; 4) = \frac{1 - 0,996737^{(6) \cdot 12}}{0,00327374} + 12 \cdot \left[ \frac{28519,443}{5152,2809} - \frac{13}{24} \cdot \frac{3386,0066}{5152,2809} \right]$
$RVG(65; 4) = \frac{0,209685}{0,00327374} + 12 \cdot [6,90591 - 0,37636]$	$RRVG(65; 4) = \frac{0,209685}{0,00327374} + 12 \cdot [5,535304 - 0,3559]$
$RVG(65; 4) = 142,40532$	$RVG(65; 4) = 126,20168$

Si el rentista falleció:
$RVG(65; 4) = \frac{1 - v^{(10-4) \cdot 12}}{i}$
$RVG(65; 4) = \frac{1 - 0,996737^{(6) \times 12}}{0,00327374}$
$RVG(65; 4) = \frac{0,209685}{0,00327374}$
$RVG(65; 4) = 64,05075$

Fuente: Elaboración propia.

### Renta Vitalicia Temporal con un número de años dados

Asumiendo en todos los siguientes datos:

- Fecha de cálculo : al final del 4to. año de pago de rentas mensuales
- Sexo del rentista : masculino
- Edad efectiva de retiro : 65 años
- Plazo de pago de renta : 10 años

Tabla A.15: Cálculo de Rvas para una Renta Vitalicia Temporal.

Tabla 1996	Tabla 2001
$RVT(65; 4) = 12 \cdot \left\{ \frac{N(69) - N(75)}{D(69)} - \frac{13}{24} \cdot \left[ 1 - \frac{D(75)}{D(69)} \right] \right\}$	
$RVT(65; 4)$	$RVT(65; 4)$
$= 12$	$= 12$
$\cdot \left\{ \frac{678923,5498 - 386796,1866}{56009,4528} - \frac{13}{24} \right.$	$\cdot \left\{ \frac{54878,69519 - 28519,44368}{5152,28094} - \frac{13}{24} \right.$
$\cdot \left[ 1 - \frac{38916,5944}{56009,4528} \right] \left. \right\}$	$\cdot \left[ 1 - \frac{3386,0066}{5152,28094} \right] \left. \right\}$
$RVT(65; 4) = 12 \cdot \left\{ 5,21568 - \frac{13}{24} \cdot [0,30518] \right\}$	$RVT(65; 4) = 12 \cdot \left\{ 5,1160 - \frac{13}{24} \cdot [0,342814] \right\}$
$RVT(65; 4) = 60,60450$	$RVT(65; 4) = 59,16413$

Fuente: Elaboración propia.

## 7.2 Anexo B: Tablas de Mortalidad.

### 7.2.1 Tabla de Mortalidad IAM 1996

X	q(x)		X	q(x)	
	Masculino	Femenino		Masculino	Femenino
5	0.000310	0.000159	61	0.007372	0.003916
6	0.000288	0.000131	62	0.007997	0.004308
7	0.000274	0.000110	63	0.008728	0.004746
8	0.000307	0.000111	64	0.009579	0.005231
9	0.000335	0.000114	65	0.010564	0.005762
10	0.000358	0.000119	66	0.011696	0.006339
11	0.000376	0.000127	67	0.012989	0.006963
12	0.000392	0.000136	68	0.014456	0.007637
13	0.000405	0.000147	69	0.016096	0.008390
14	0.000417	0.000159	70	0.017913	0.009256
15	0.000427	0.000172	71	0.019903	0.010268
16	0.000438	0.000186	72	0.033068	0.011459
17	0.000451	0.000200	73	0.024414	0.012859
18	0.000465	0.000215	74	0.026967	0.014484
19	0.000481	0.000230	75	0.029761	0.016345
20	0.000500	0.000245	76	0.032829	0.018454
21	0.000520	0.000260	77	0.036205	0.020822
22	0.000543	0.000276	78	0.039919	0.023469
23	0.000567	0.000291	79	0.043993	0.026439
24	0.000593	0.000307	80	0.048449	0.029786
25	0.000618	0.000322	81	0.053305	0.033560
26	0.000642	0.000336	82	0.058582	0.037814
27	0.000664	0.000350	83	0.064299	0.042605
28	0.000682	0.000362	84	0.070462	0.047995
29	0.000697	0.000373	85	0.077080	0.054057
30	0.000709	0.000383	86	0.084158	0.060857
31	0.000718	0.000392	87	0.091701	0.068464
32	0.000724	0.000400	88	0.099715	0.076911
33	0.000729	0.000407	89	0.108196	0.086087
34	0.000735	0.000415	90	0.117140	0.095846
35	0.000747	0.000426	91	0.126540	0.106039
36	0.000770	0.000439	92	0.136392	0.116521
37	0.000807	0.000457	93	0.146691	0.127149
38	0.000862	0.000481	94	0.157432	0.137798
39	0.000937	0.000512	95	0.168615	0.148351
40	0.001034	0.000549	96	0.180232	0.158684
41	0.001155	0.000593	97	0.192282	0.168680
42	0.001301	0.000646	98	0.205218	0.178961
43	0.001473	0.000706	99	0.219494	0.190149
44	0.001669	0.000775	100	0.235563	0.202865
45	0.001887	0.000853	101	0.253878	0.217733
46	0.002124	0.000941	102	0.274893	0.235373
47	0.002377	0.001039	103	0.299061	0.256408
48	0.002643	0.001149	104	0.326834	0.281459
49	0.002922	0.001270	105	0.358668	0.311150
50	0.003213	0.001403	106	0.395014	0.346100
51	0.003516	0.001548	107	0.436326	0.386933
52	0.003829	0.001705	108	0.483057	0.434271
53	0.004153	0.001876	109	0.535662	0.488734
54	0.004487	0.002060	110	0.594592	0.550947
55	0.004833	0.002260	111	0.660302	0.621529
56	0.005190	0.002477	112	0.733244	0.701104
57	0.005560	0.002713	113	0.813872	0.790292
58	0.005947	0.002970	114	0.902640	0.889717
59	0.006365	0.003252	115	1.000000	1.000000
60	0.006834	0.003566			

## 7.2.2 Tabla de Mortalidad CSO 2001

X	q(x)		X	q(x)	
	Masculino	Femenino		Masculino	Femenino
0	0.000970	0.000480	61	0.010940	0.008680
1	0.000560	0.000350	62	0.012250	0.009390
2	0.000390	0.000260	63	0.013710	0.010140
3	0.000270	0.000200	64	0.015240	0.010960
4	0.000210	0.000190	65	0.016850	0.011850
5	0.000210	0.000180	66	0.018470	0.012820
6	0.000220	0.000180	67	0.020090	0.013890
7	0.000220	0.000210	68	0.021850	0.015070
8	0.000220	0.000210	69	0.023640	0.016360
9	0.000230	0.000210	70	0.025770	0.017810
10	0.000230	0.000220	71	0.028150	0.019470
11	0.000270	0.000230	72	0.031320	0.021300
12	0.000330	0.000270	73	0.034620	0.023300
13	0.000390	0.000300	74	0.038080	0.025500
14	0.000470	0.000330	75	0.041910	0.027900
15	0.000610	0.000350	76	0.046080	0.030530
16	0.000740	0.000390	77	0.050920	0.033410
17	0.000870	0.000410	78	0.056560	0.036580
18	0.000940	0.000430	79	0.063060	0.040050
19	0.000980	0.000460	80	0.070140	0.043860
20	0.001000	0.000470	81	0.078190	0.049110
21	0.001000	0.000480	82	0.086540	0.054950
22	0.001020	0.000500	83	0.095510	0.060810
23	0.001030	0.000500	84	0.105430	0.067270
24	0.001050	0.000520	85	0.116570	0.074450
25	0.001070	0.000540	86	0.128910	0.080990
26	0.001120	0.000560	87	0.142350	0.090790
27	0.001170	0.000600	88	0.156730	0.101070
28	0.001170	0.000630	89	0.171880	0.112020
29	0.001150	0.000660	90	0.187660	0.121920
30	0.001140	0.000680	91	0.202440	0.126850
31	0.001130	0.000730	92	0.217830	0.136880
32	0.001130	0.000770	93	0.234040	0.151640
33	0.001150	0.000820	94	0.251140	0.170310
34	0.001180	0.000880	95	0.269170	0.193660
35	0.001210	0.000970	96	0.285640	0.215660
36	0.001280	0.001030	97	0.303180	0.238480
37	0.001340	0.001110	98	0.321880	0.242160
38	0.001440	0.001170	99	0.341850	0.255230
39	0.001540	0.001230	100	0.363190	0.275730
40	0.001650	0.001300	101	0.380080	0.297840
41	0.001790	0.001380	102	0.398060	0.322210
42	0.001960	0.001480	103	0.417200	0.349060
43	0.002150	0.001590	104	0.437560	0.378610
44	0.002390	0.001720	105	0.459210	0.410570
45	0.002650	0.001870	106	0.482220	0.443330
46	0.002900	0.002050	107	0.506690	0.476890
47	0.003170	0.002270	108	0.532690	0.510650
48	0.003330	0.002500	109	0.560310	0.545810
49	0.003520	0.002780	110	0.589640	0.581770
50	0.003760	0.003080	111	0.620790	0.616330
51	0.004060	0.003410	112	0.653840	0.649850
52	0.004470	0.003790	113	0.688940	0.680370
53	0.004930	0.004200	114	0.726180	0.723390
54	0.005500	0.004630	115	0.765700	0.763410
55	0.006170	0.005100	116	0.807610	0.804930
56	0.006880	0.005630	117	0.852070	0.850440
57	0.007640	0.006190	118	0.899230	0.892440
58	0.008270	0.006800	119	0.949220	0.935110
59	0.008990	0.007390	120	1.000000	1.000000
60	0.009860	0.008010			