

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, UNAN-LEÓN
ÁREA DEL CONOCIMIENTO DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
DIRECCIÓN DE MATEMÁTICA Y ESTADÍSTICA
CIENCIAS ACTUARIALES Y FINANCIERAS



UNAN-LEÓN

**MONOGRAFÍA PARA OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIADO EN CIENCIAS
ACTUARIALES Y FINANCIERAS.**

**RESERVAS MATEMÁTICAS Y VALORES GARANTIZADOS DE LOS SEGUROS
DE VIDA: UNA APLICACIÓN EN EXCEL Y VBA.**

AUTORES:

- **Br. ESTHER PRICILA GUILLÉN MONTES**
- **Br. FREYDELL JULISSA GUTIÉRREZ GONZÁLEZ**
- **Br. MARÍA JOSÉ MERCADO HERNÁNDEZ.**

TUTOR:

- **M.Sc. ÁLVARO ARÁUZ.**

LEÓN, 15 DE NOVIEMBRE DEL 2024.

2024: “45/19 ¡LA PATRIA, LA REVOLUCIÓN!”



DEDECATORIA

A mi Madre, tu amor, tu dedicación y tu fuerza me han guiado siempre. Gracias por siempre estar a mi lado, sin importar las circunstancias.

A mi abuela paterna, quiero agradecerte de todo corazón por todo el amor y las enseñanzas que me diste. Siempre fuiste una fuente de alegría, sabiduría y apoyo.

A mi tutor, agradezco infinitamente al Act. Álvaro Aráuz, quien además de brindarme una excelente formación académica, su paciencia, conocimientos y consejos me han permitido crecer tanto profesional como personalmente. Gracias por brindarme no solo su experiencia, sino también por motivarme a seguir adelante, siempre con consejos sabios y constructivos. Gracias por ser una gran fuente de inspiración y por contribuir al éxito de este proyecto.

Esther Guillén.

A mis padres, por su apoyo constante, amor y paciencia, que han sido fundamentales en cada paso de este camino. A mis hermanas, por su compañía, por ser mi refugio y mi fuerza. A ti, mi hermanita menor, que me ves como un ejemplo de esfuerzo y determinación. Me llena de orgullo saber que mis logros también son una fuente de inspiración para ti.

A mis abuelos, que, aunque ya no estén conmigo, su sabiduría y cariño siguen guiando mis pasos.

Y a la persona que fui, que comenzó a soñar con este futuro lejano, y a la que hoy le agradezco por haber seguido adelante. Este logro es el resultado de perseverancia y dedicación.

Freydell Gutiérrez.

A Dios, por ser mi guía constante y la fuerza que me sostuvo en cada paso de este camino, por darme la sabiduría y la paciencia necesarias para enfrentar cada desafío y por acompañarme siempre.

A mi familia, por su amor incondicional, por su apoyo y comprensión a lo largo de este proceso. Gracias por estar a mi lado en los momentos difíciles y celebrar conmigo cada pequeño logro.

A mí misma, por la perseverancia, el esfuerzo y la dedicación. Este trabajo es el reflejo de mi crecimiento, de mi compromiso y de mi determinación por alcanzar mis metas. Y al profesor, por su apoyo incansable, su orientación y sus palabras de aliento, que siempre nos motivaron a dar lo mejor de nosotros mismos.

María José Mercado.



AGRADECIMIENTOS

A mí, Agradezco la dedicación, el esfuerzo y la perseverancia que he puesto en mi paso por la vida. Por cada noche en vela, cada obstáculo superado, y cada momento en el que, a pesar del cansancio y las dudas, decidí seguir adelante. Agradezco las risas que me recordaron por qué vale la pena luchar y las lágrimas que cayeron cuando la carga se hizo pesada. Este viaje ha sido duro, con altibajos emocionales y retos constantes, pero cada paso me ha hecho más fuerte y determinada. agradezco por no rendirme, por buscar siempre una razón para continuar, y por demostrarme que, incluso en los días más oscuros, la superación es posible.

Esther Guillén.

Ante todo, agradezco a Dios por brindarme la fortaleza y la sabiduría necesarias para alcanzar este logro. Su presencia ha sido mi guía en cada paso, permitiéndome avanzar con confianza y determinación. Agradezco también a mí misma, por la constancia, el empeño y la capacidad de aprender de cada desafío. Este trabajo refleja no solo mi esfuerzo, sino el crecimiento continuo que he experimentado a lo largo de este proceso, donde cada día fue una oportunidad para mejorar y avanzar.

Además, mi gratitud va hacia todas las personas que, con generosidad, compartieron su sabiduría y me ofrecieron su apoyo. Sus consejos y ejemplos me han inspirado a seguir adelante, sabiendo que el verdadero crecimiento se encuentra en la dedicación constante y el aprendizaje continuo. Este logro es, sin duda, el resultado del esfuerzo personal y del valioso acompañamiento recibido a lo largo de este camino.

Freydell Gutiérrez.

Primero, doy gracias a Dios y a la Virgen Santísima, por darme la sabiduría, la paciencia y la perseverancia necesarias para llegar hasta aquí. Su luz me ha guiado en cada paso y su protección ha sido mi fuerza en los momentos de mayor desafío.

A mis padres, mi más profundo agradecimiento por su apoyo incondicional a lo largo de todos estos años. Su amor, sacrificio y confianza en mí me han dado el valor para avanzar y perseguir mis sueños. A todas las personas que estuvieron a mi lado, brindándome un consejo cuando más lo necesitaba, les agradezco por su generosidad y por ayudarme a ver las cosas con claridad en cada etapa de este camino. A mis profesores, gracias infinitas por su dedicación, su paciencia y por compartir conmigo el pan de la sabiduría.

María José Mercado.



RESUMEN

Esta investigación presenta un programa automatizado para el cálculo de reservas matemáticas y valores garantizados en seguros de vida individual, utilizando Microsoft Excel y Visual Basic for Applications (VBA). La metodología aplicada se dividió en cinco fases: recolección de datos, selección de las herramientas adecuadas, implementación del sistema en Excel y VBA, y validación de su funcionamiento mediante casos prácticos.

El programa permite calcular reservas utilizando métodos actuariales específicos, como las Primas Netas Niveladas, el Año Temporal Preliminar Completo (ATPC) y el Sistema de Comisionados, además de facilitar el cálculo de los valores de rescate y seguros saldados. La gestión adecuada de las reservas es esencial para asegurar la solvencia de la aseguradora y cumplir con sus compromisos financieros.

La automatización de procesos mediante plataformas como Excel y VBA mejora la eficiencia operativa en el sector asegurador. Esta herramienta reduce los errores humanos y optimiza los tiempos de procesamiento, permitiendo una gestión más ágil y un análisis detallado de datos para la toma de decisiones estratégicas. La modernización de los cálculos y la adopción de soluciones tecnológicas responden a las crecientes demandas del mercado, que exigen rapidez y fiabilidad en los servicios.

Palabras claves: Reservas matemáticas, valores garantizados, automatización, Microsoft Excel, Visual Basic for Applications (VBA).

**ÍNDICE**

I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	5
Objetivo general	5
Objetivos específicos	5
III. MARCO TEÓRICO	6
CAPÍTULO I: MARCO CONCEPTUAL	6
3.1. Seguro	6
3.2. Riesgo	6
3.3. Prima de seguro	8
3.4. Interés técnico	9
3.5. Siniestro	9
3.6. Suma asegurada	9
CAPÍTULO II: SEGUROS DE VIDA INDIVIDUAL	9
3.7. Seguros de vida, en caso de muerte	10
3.8. Seguros de vida, en caso de supervivencia	11
CAPÍTULO III: TABLAS DE MORTALIDAD	11
3.9. Funciones biométricas.....	12
3.10. Valores conmutados	12
CAPÍTULO IV: PRIMA NETA NIVELADA	14
3.11. Fórmulas de las primas netas niveladas	16
CAPÍTULO V: RESERVAS MATEMÁTICAS	17
3.12. Sistema de Reservas a Primas Netas Niveladas	18
3.13. Sistemas Modificados.....	23
3.14. Sistema de Reservas a Año Temporal Preliminar Completo (ATPC)...	24
3.15. Sistema de Reservas Matemáticas por Comisionados	27
CAPÍTULO VI: VALORES GARANTIZADOS	31
3.16. Seguro saldado por cantidad reducida.....	32
3.17. Valor de rescate.....	33
IV. DISEÑO METODOLÓGICO	35
4.1. Tipo de estudio	35
4.2. Materiales utilizados	36



4.3. Etapas del proyecto.....	37
V. RESULTADOS	39
Etapa I: Recolección de la información.....	39
Etapa II: Selección de la herramienta a usar.....	43
2.1 Excel y VBA.....	43
Etapa III: Desarrollo de la Aplicación en Excel para el Cálculo de Reservas Matemáticas en Seguros de Vida.	46
Etapa IV: Desarrollo de la aplicación en VBA	55
Etapa V: Funcionalidad del programa de Automatización de Cálculos de Reservas Matemáticas y Valores Garantizados de los seguros de vida individual.	63
VI. CONCLUSIONES.....	94
VII. RECOMENDACIONES	96
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	98
IX. ANEXOS	102



I. INTRODUCCIÓN

El seguro de vida es una de las herramientas más valiosas en la planificación financiera, no solo como un mecanismo de protección ante riesgos, sino también como una forma de ahorro. Según Montufar (1967), el seguro de vida se define como una combinación de protección y ahorro, que se ajusta a las necesidades específicas de cada asegurado, dependiendo de sus circunstancias y objetivos personales. No obstante, para que las aseguradoras puedan cumplir con sus compromisos y garantizar el cumplimiento de las pólizas a largo plazo, es crucial gestionar adecuadamente las reservas matemáticas.

Las reservas matemáticas representan los fondos que una aseguradora debe mantener para hacer frente a sus obligaciones futuras. Estas reservas son calculadas mediante complejos métodos actuariales, considerando factores como la mortalidad, la esperanza de vida y los pagos futuros comprometidos por cada póliza. Así, las reservas no solo reflejan la solvencia financiera de la compañía, sino que también aseguran que los derechos de los asegurados sean respetados, incluso ante situaciones inesperadas. Bowers et al. (1997), indica que una correcta determinación de las reservas matemáticas es esencial para mantener la estabilidad financiera de la aseguradora, especialmente en un contexto económico en constante cambio.

Como producto de la constitución de reservas se obtienen los valores de garantizado, es decir, las compañías de seguros de vida suelen ofrecer valores garantizados o valores de rescate a los asegurados que desean abandonar el plan de seguro o a aquellos que no pueden continuar pagando las primas. El seguro saldado que consiste en tomar el capital de rescate como una prima única que el asegurado deja en poder del asegurador (sin más obligación de pagos de primas) para tener un seguro vigente de las mismas características que el rescindido, en cuanto a su duración, pero por un capital reducido que resulte suficiente o adecuado para dicha prima única pagada. Estos valores, establecidos en el contrato de seguro, representan una cantidad que el asegurado tiene derecho a recibir si decide



rescindir su póliza antes de su vencimiento. Es importante destacar que los valores garantizados no son más que una fracción de las reservas matemáticas acumuladas, y son fundamentales para la confianza y lealtad del asegurado hacia la aseguradora.

Sin embargo, el cálculo y gestión de estas reservas y valores garantizados no son tareas sencillas. El proceso es complejo, requiere una gran cantidad de datos y debe ser realizado con una alta precisión para evitar errores que puedan poner en riesgo la estabilidad financiera de la aseguradora. Es aquí donde entra en juego la automatización de los cálculos actuariales. Aunque herramientas como Excel y Visual Basic for Applications (VBA) no son las opciones más sofisticadas disponibles, representan soluciones accesibles y efectivas para optimizar estos cálculos, especialmente en aseguradoras que no cuentan con grandes presupuestos para software especializados. Estas herramientas permiten integrar fórmulas complejas y automatizar tareas repetitivas, lo que reduce el riesgo de error y agiliza el proceso.

Diversos estudios han demostrado los beneficios de la automatización en este campo. Calzada (2006) desarrolló un prototipo utilizando Microsoft Access para optimizar el cálculo de reservas en una aseguradora de salud, logrando una mejora significativa en la eficiencia y precisión de los cálculos. A nivel local, Quiñónez, Vallecillo y Núñez (2008) implementaron un sistema en Excel para la automatización de cálculos actuariales en seguros de vida, logrando reducir los tiempos de procesamiento y facilitando la toma de decisiones. Por su parte, Manzanares, López y Jarquín (2018) diseñaron una aplicación en C Sharp para optimizar los cálculos de reservas y valores garantizados, demostrando que la automatización no solo mejora la productividad, sino que también minimiza la probabilidad de errores.

En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo explorar la viabilidad de desarrollar una aplicación en Excel y VBA que automatice los cálculos de reservas matemáticas y valores garantizados en los seguros de vida individuales. Si bien estas herramientas no reemplazan los sistemas más avanzados y específicos de la



industria, pueden representar una mejora sustancial en la eficiencia operativa de las aseguradoras que buscan optimizar sus procesos con recursos limitados. La automatización de estos cálculos no solo permitiría a las aseguradoras reducir costos, sino también mejorar la precisión y la rapidez en sus operaciones, ayudando a la toma de decisiones en tiempo real.

El interés por automatizar los cálculos actuariales no solo radica en una mejora operativa, sino también en una aplicación académica significativa. Para los estudiantes de actuaría, este proceso ofrece una oportunidad invaluable de aplicar sus conocimientos teóricos en un contexto práctico, enfrentándose a problemas actuariales reales y desarrollando habilidades que les serán útiles a lo largo de su carrera profesional. Además, el uso de herramientas como Excel y VBA permite que los estudiantes adquieran competencias tecnológicas clave, que serán un valor agregado en su futura inserción en el mercado laboral.

Esta tesis se estructura de la siguiente manera:

En el Capítulo I, se establece el marco conceptual que aborda los principios fundamentales del seguro, como el riesgo, la prima de seguro, el interés técnico, el siniestro y la suma asegurada, los cuales son esenciales para comprender el cálculo actuarial en los seguros de vida. En el Capítulo II, se exploran los seguros de vida individual, diferenciando entre los seguros en caso de muerte y los de supervivencia, lo que permite contextualizar los productos que se utilizarán en la automatización de cálculos. En el Capítulo III, se analizan las tablas de mortalidad y las funciones biométricas, las cuales son fundamentales para calcular las probabilidades de eventos como la muerte o supervivencia, elementos clave en los cálculos actuariales. En el Capítulo IV, se plasman las fórmulas actuariales necesarias para determinar las primas constantes que los asegurados deben pagar a lo largo de la vida del seguro. Este capítulo es crucial porque aquí se plantean las bases técnicas actuariales que serán implementadas en el programa automatizado. En el Capítulo V, se examinan los diferentes sistemas de reservas matemáticas: el Sistema de Reservas a Primas Netas Niveladas, los Sistemas Modificados, el Sistema de



Reservas a Año Temporal Preliminar Completo (ATPC) y el Sistema de Reservas Matemáticas por Comisionados, que son aplicados para calcular las reservas que deben mantener las aseguradoras. Finalmente, el Capítulo VI aborda los valores garantizados, profundizando en su definición, cálculo y relación con las reservas matemáticas, y proporcionando los detalles necesarios para su inclusión en el sistema automatizado.



II. OBJETIVOS

Objetivo general

- Diseñar un programa en Microsoft Excel y Visual Basic for Application que automatice el cálculo de las reservas matemáticas de seguros de vida individuales, valores de rescate y seguro saldado.

Objetivos específicos

- Plantear las bases técnicas para el cálculo de las reservas matemáticas por los métodos de primas netas niveladas, año temporal preliminar completo y el sistema de los comisionados.
- Determinar las bases técnicas para el cálculo de los valores de rescate y seguro saldado.
- Desarrollar en Excel y Visual Basic for Application el programa que automatice el cálculo de las reservas, valores de rescate y seguro saldado haciendo uso de sus herramientas y funciones.
- Evaluar mediante casos aplicados de planes de seguros que la aplicación ejecuta correctamente las operaciones de cálculo de reservas, valores de rescate y seguro saldado.



III. MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO I: MARCO CONCEPTUAL

3.1. Seguro

De acuerdo con Osorio (2003), el seguro es una actividad económica esencial, busca reducir el impacto individual de eventos fortuitos mediante la mutualización del riesgo entre todos los participantes. Este enfoque permite que el costo social de la producción afectado por siniestros estadísticamente previsible a nivel colectivo sea compartido equitativamente, proporcionando así seguridad financiera a los asegurados.

Por su parte, Buerda (2006) enfatiza que la función primordial del seguro radica en la capacidad de gestionar una amplia gama de riesgos para mitigar la incertidumbre financiera. Al agrupar una diversidad de riesgos dentro de un pool común, el seguro proporciona un mecanismo efectivo para compensar las pérdidas ocasionadas por siniestros imprevistos, garantizando así la estabilidad económica de los asegurados en momentos críticos.

3.2. Riesgo

El riesgo es la posible ocurrencia de un acontecimiento que produce una necesidad económica. Existen tres medios para hacer frente al problema del riesgo: la aceptación del riesgo por cuenta propia, la prevención del riesgo y la transferencia del riesgo a quien desea soportarlo. Podemos entonces decir, que el seguro es la aceptación del riesgo a cambio de un precio determinado (Niño, 2002).

3.2.1. Riesgos en los seguros de vida

En el ámbito de la evaluación de riesgos y aseguramiento, es crucial considerar una variedad de factores que influyen en la determinación de la tarifa y la cobertura adecuada (Rios, 2008).

Figura 1: Factores claves en la evaluación de riesgos y aseguramiento.

Edad

Se considera como edad real del asegurado el número de años cumplidos a la fecha de inicio de la póliza y es un factor de riesgo porque la probabilidad de



muerte se calcula con la edad, entre mayor sea la persona mayor probabilidad de fallecimiento tiene.

Suma asegurada

La suma asegurada debe de estar de acuerdo y en relación directa a los ingresos del solicitante, esto con el objeto de asegurar la capacidad y forma de pago.

Interés asegurable

Garantiza que el beneficiario tenga un interés económico genuino en la vida del asegurado para que el seguro cumpla su propósito de mitigar el impacto económico de su fallecimiento.

Ocupación

La ocupación del asegurado determina el nivel de riesgo asociado, con trabajos de alto riesgo como los industriales comparados con roles administrativos, lo que puede resultar en ajustes en las primas del seguro.

Constitución física

Relación entre peso y estatura que afecta la salud y el riesgo de muerte.

Estado de salud actual

Detalles sobre enfermedades actuales como diabetes, cáncer o enfermedades cardíacas impactan directamente en la esperanza de vida y la evaluación de riesgos por parte de los aseguradores.

Antecedentes de padecimientos

El historial médico pasado, incluyendo el tipo, duración y tratamiento de enfermedades, es clave para evaluar el riesgo de vida y determinar la prima del seguro.

Estilo de vida del solicitante

Hábitos y costumbres del asegurado, como dietas, ejercicio y consumo de alcohol y tabaco, pueden afectar su salud y el riesgo de mortalidad, influenciando la tarificación del seguro.



Deportes o aficiones

Actividades recreativas que pueden aumentar el riesgo de mortalidad y su evaluación en el seguro.

Hábitos

El consumo de alcohol, tabaco y drogas puede incrementar el riesgo de muerte prematura y enfermedades graves, lo cual es considerado por los aseguradores al evaluar el riesgo del asegurado.

Fuente: (Ríos, 2008).

3.3. Prima de seguro

Ley 733, Ley General de Seguros, Reaseguros y Fianzas (2010), define prima como el valor de la cuota o pago que debe satisfacer el contratante o asegurado a una sociedad de seguros, en concepto de contraprestación por la cobertura del riesgo especificado en el contrato de seguro, reaseguro y fianza.

3.3.1. Clasificación de las primas

Ríos (2008) clasifica las primas de seguros en las siguientes categorías:

Prima de riesgo: Calculada usando la Tabla de Mortalidad, cubre solo los costos por fallecimiento multiplicando la suma asegurada individual por los fallecimientos esperados y dividiendo entre el número total de asegurados al inicio del año.

Prima natural ascendente: Aumenta con la edad del asegurado debido al incremento en la probabilidad de muerte. Utilizada en seguros temporales renovables anualmente, pero puede volverse costosa con el tiempo, lo que puede llevar a la cancelación del seguro en edades avanzadas.

Prima nivelada: Diseñada para evitar los aumentos de la prima natural ascendente, se calcula promediando las primas puras de riesgo esperadas durante la duración del seguro, manteniendo los pagos estables y predecibles para el asegurado.

Prima de tarifa: Incluye los gastos operativos de la compañía de seguros (administrativos y de adquisición) y la utilidad esperada. Esta prima se cobra al cliente junto con recargos por pagos fraccionados.



Las comisiones pagadas a los agentes se calculan sobre la prima de tarifa, reflejando así los costos totales incluidos en el proceso de tarificación y venta de seguros.

$$PT = PNN + recargos. \quad (1)$$

3.4. Interés técnico

El interés técnico, es decir, la rentabilidad financiera que la entidad aseguradora estima poder obtener de la inversión de las primas mientras estas todavía no han sido consumidas en el pago de las prestaciones aseguradas, es el segundo elemento esencial o base técnica que interviene en el cálculo de primas de seguro (Pérez, 1986).

3.5. Siniestro

Es la realización del hecho previsto en el contrato de seguro, que produce las consecuencias económicas que el asegurador se ha comprometido a compensar (Pérez, 1986).

3.6. Suma asegurada

Pineda (2002) define la suma asegurada como el monto en pesos por el cual se contrata la póliza y que se pagará como indemnización en caso de siniestro. Esta suma puede ser fija o variable, incrementándose con el tiempo. En ocasiones, para riesgos con alta probabilidad de ocurrencia o severidad, las compañías limitan la suma asegurada a un número específico de salarios mínimos.

CAPÍTULO II: SEGUROS DE VIDA INDIVIDUAL

El seguro de vida, según lo describe Buerda (2006), es un contrato que enfrenta la certeza de la muerte con la incertidumbre de cuándo ocurrirá. En esta transacción, una compañía se compromete a pagar sumas considerables a cambio de primas relativamente modestas, un riesgo que parece insondable para muchos. Este tipo de seguro no trata con individuos aislados, sino con grupos, donde la imprevisibilidad de la duración de la vida se equilibra mediante el uso meticuloso de estadísticas y probabilidades. Cada fallecimiento prematuro se compensa con aquellos que viven más allá de lo esperado, permitiendo una previsión razonable de



los eventos anuales y asegurando así la estabilidad financiera de las aseguradoras y la protección de los beneficiarios.

Niño (2002) ofrece una clasificación detallada de los seguros tradicionales, que se dividen en tres categorías fundamentales: seguro vitalicio, seguro temporal y seguro dotal. Estos seguros varían en términos de los riesgos que cubren y los períodos de cobertura establecidos en el contrato. En el caso del seguro vitalicio y el seguro temporal, se asegura el riesgo de muerte durante toda la vida del asegurado o un período específico, respectivamente. Por otro lado, el seguro dotal se centra en el riesgo de supervivencia, con la posibilidad de que el asegurado reciba la suma asegurada si sobrevive al término del contrato. Una forma específica dentro del seguro dotal es el seguro dotal mixto, que combina coberturas de muerte y supervivencia, proporcionando beneficios tanto a los beneficiarios como al asegurado según las condiciones pactadas.

Pérez (1986) en su libro *Teoría general del seguro*, aborda la clasificación de los seguros de vida de la siguiente manera:

3.7. Seguros de vida, en caso de muerte

- **Vida entera**

Garantiza el pago del capital asegurado a los beneficiarios únicamente tras el fallecimiento del asegurado, sin importar cuándo ocurra este evento. Este tipo de seguro puede tener primas vitalicias (pagadas durante toda la vida del asegurado) o primas temporales (pagadas por un número de años o hasta el fallecimiento anticipado del asegurado, pero siempre con la condición de que el pago del capital se realizará eventualmente en caso de fallecimiento).

- **Vida temporal**

El capital asegurado se paga si el asegurado fallece antes del plazo acordado. Incluso el seguro temporal puede incluir el reembolso de primas en caso de supervivencia al final del periodo, convirtiéndolo en un seguro mixto donde el capital de vida es igual al total de las primas pagadas.



3.8. Seguros de vida, en caso de supervivencia

- **Dotal puro**

La suma asegurada se paga si el asegurado alcanza una edad específica estipulada en el contrato.

- **Dotal mixto**

La aseguradora se compromete a pagar la suma asegurada al beneficiario si el asegurado muere dentro de un período específico desde la emisión de la póliza, o al asegurado si sobrevive a ese período.

- **Dotal generalizado**

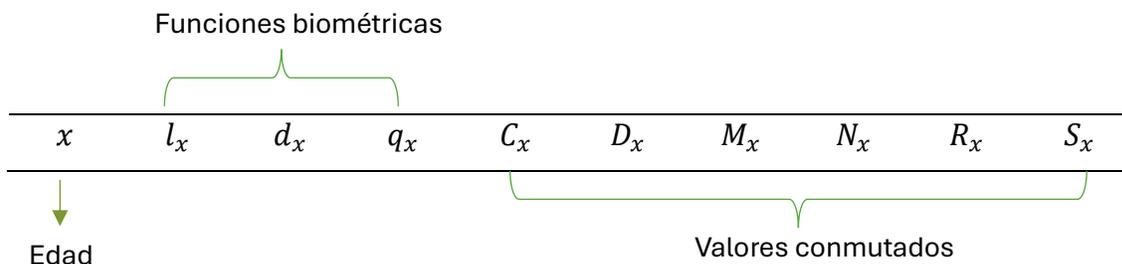
Similar al dotal mixto, pero con sumas aseguradas diferentes para el caso de vida y muerte.

CAPÍTULO III: TABLAS DE MORTALIDAD

López y López (1996) definen las tablas de mortalidad como modelos que registran los eventos de mortalidad experimentados por una cohorte desde su nacimiento hasta la extinción completa del grupo.

Ortiz (2012), por otro lado, destaca que las tablas de mortalidad son herramientas cruciales para las compañías de seguros de vida, al representar la distribución estadística del tiempo de supervivencia esperado de un grupo específico. Estas tablas son fundamentales para calcular tarifas y reservas, determinando la rentabilidad de la empresa y su capacidad para cumplir con los pagos futuros asociados a las pólizas vigentes, asegurando así su solvencia.

Figura 2: Construcción de la tabla de mortalidad.



Fuente: (Palacios, 1996).



Niño (2002) define las funciones representadas en la figura anterior mediante una notación clara y precisa:

3.9. Funciones biométricas

Columna l_x : Indica la edad exacta alcanzada por el grupo inicial.

Columna l_0 : Número de personas con las que se inicia el estudio, por lo general es un múltiplo de 1,000.

l_x : Número de personas, que, de un grupo inicial dado, alcanzan exactamente la edad x . La función l_x es una función decreciente, ya que el grupo con el transcurso del tiempo va disminuyendo por las bajas.

Por tanto, si al número de sobrevivientes a la edad x , le restamos el número de fallecidos a esa misma edad, tendremos el número de sobrevivientes a la edad $x+1$

$$l_{x+1} = l_x - d_x \quad (2)$$

Columna d_x : Está función representa el número de muertes que se producen entre los componentes de una generación inicial (nacimientos) entre las edades exactas x y $x+1$, se denota como:

$$d_x = l_x - l_{x+1} \quad (3)$$

También se puede expresar de la siguiente manera:

$$d_x = l_x * q_x \quad (4)$$

Columna q_x : Probabilidad de que una persona a edad x muera antes de cumplir la edad $x+1$.

$$q_x = \frac{d_x}{l_x} = \frac{l_x - l_{x+1}}{l_x} \quad (5)$$

3.10. Valores conmutados

A partir de los elementos básicos de la tabla de mortalidad, se calculan las funciones llamadas valores conmutados, las cuales dependen de una cierta tasa de interés y



de las posibilidades de supervivencia y mortalidad, los valores conmutados se crean para facilitar los cálculos de las anualidades, primas, seguros y reserva:

Pinos (2021) señala que, en las tablas de mortalidad, se puede ver columnas encabezadas con letras mayúsculas; cada una de estas representa un símbolo de conmutación, que no es más que una función matemática que combina algunos elementos de la tabla como el l_x , d_x con factores financieros, esto se lo hace con el objetivo de facilitar el cálculo de valores actuariales.

Definimos el valor presente de un peso invertido a una tasa de interés i , que representa el interés mínimo que la compañía reconoce al asegurado, debido a la inversión que realiza de las primas y reservas:

$$V = \frac{1}{(1+i)} \quad (6)$$

Conmutados relacionados con las anualidades: D_x , N_x y S_x

Columna D_x : Número de sobrevivientes descontados, a una determinada tasa de interés anual por un tiempo equivalente a su edad.

$$D_x = V * l_x \quad (7)$$

Columna N_x : Columna de valores conmutativos que se obtiene a partir de la suma de los D_x , desde el subíndice x en adelante, hasta la edad extrema.

$$N_x = \sum_{t=0}^{w-x-1} D_{x+t} \quad (8)$$

Columna S_x : Se obtiene de la suma de los N_x , desde el subíndice x en adelante, hasta la edad extrema.

$$S_x = \sum_{t=0}^{w-x-1} N_{x+t} \quad (9)$$

Conmutados relacionados con los seguros: C_x , M_x y R_x

Columna C_x : El producto del número medio de fallecidos d_x , por el factor de descuento correspondiente a un período de $_{x+1}$ años.



$$C_x = d_x * V^{x+1} \quad (10)$$

Columna M_x : Depende de la suma de los C_x , desde el subíndice x en adelante, hasta la edad extrema.

$$M_x = \sum_{t=0}^{w-x-1} C_{x+t} \quad (11)$$

Columna R_x : Depende de la sumatoria de los M_x , desde el subíndice x en adelante, hasta la edad extrema.

$$R_x = \sum_{t=0}^{w-x} M_{x+t} \quad (12)$$

CAPÍTULO IV: PRIMA NETA NIVELADA

En el estudio del seguro, ciertos conceptos teóricos fundamentales destacan por su relevancia y aplicabilidad práctica. Entre ellos, se encuentran la Prima Neta Nivelada (PNN) y sus componentes esenciales en diversas perspectivas teóricas:

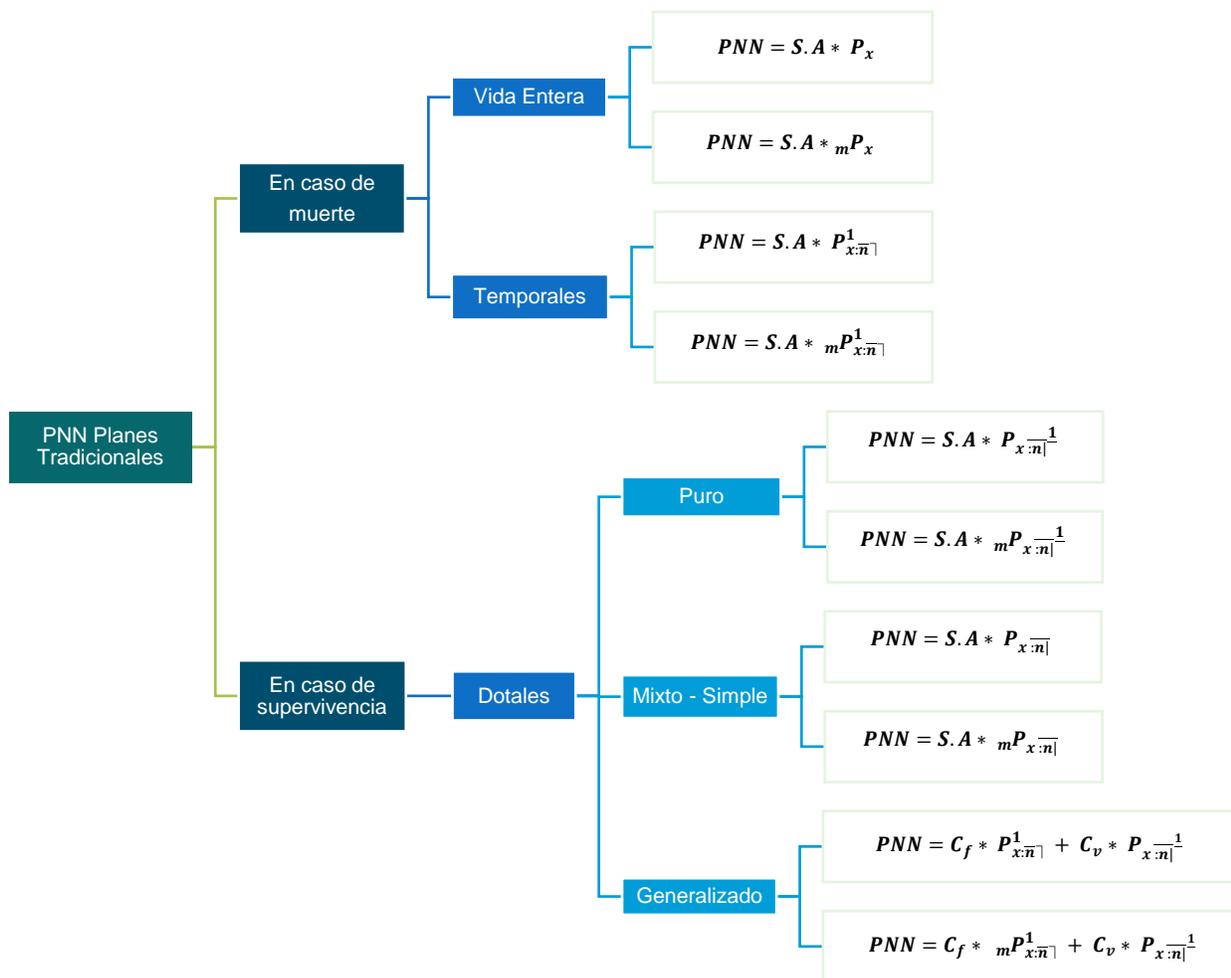
Según Niño (2002), la PNN se caracteriza por un esquema de pagos regulares y constantes a lo largo de un periodo determinado, que puede ser igual o menor a la duración total del seguro. Este enfoque permite al asegurado planificar sus gastos de manera más predecible y gestionar mejor sus recursos financieros a lo largo del tiempo.

Quiñónez et al. (2008) explican que la PNN se divide en dos componentes principales: la prima de riesgo y la prima de ahorro. La prima de riesgo está diseñada para cubrir el riesgo de muerte del asegurado anualmente, mientras que la prima de ahorro se destina a la formación de una reserva acumulativa con intereses técnicos. Esta estructura dual asegura que la póliza no solo proteja contra riesgos inmediatos, como la muerte prematura del asegurado, sino que también garantice un ahorro a largo plazo que pueda beneficiar al asegurado o a sus beneficiarios en el futuro.

Finalmente, Robles (2006) destaca que el cálculo preciso de la PNN depende en gran medida de las proyecciones de siniestralidad basadas en la probabilidad de

muerte. Las primas anuales uniformes garantizan que el conjunto de asegurados que mantengan vigente su póliza año tras año contribuya suficientemente para cubrir los costos totales de siniestros que puedan ocurrir durante el período de cobertura. Esto proporciona seguridad tanto para la aseguradora como para los asegurados, al asegurar que el fondo de la póliza esté adecuadamente financiado y preparado para responder a las demandas de los beneficiarios en caso de siniestro.

Figura 3: Planes convencionales de seguros de vida utilizando PNN.



Fuente: Gil Fana et al., (1999)

3.11. Fórmulas de las primas netas niveladas

Exploraremos ahora las fórmulas PNN, las cuales se calculan utilizando una tabla de mortalidad específica y un tipo de interés técnico determinado. Este enfoque garantiza la estabilidad y previsibilidad de las primas a lo largo del tiempo, siendo fundamentales para la gestión financiera de las pólizas aseguradas.

Tabla 1: Fórmulas detalladas para el cálculo de PNN a pagos ordinarios y limitados.

Pagos Ordinarios	Pagos Limitados
<ul style="list-style-type: none"> Vida entera $P_x = \frac{A_x}{\ddot{a}_x}$ $PNN = S.A * \frac{M_x}{N_x}$	${}_mP_x = \frac{A_x}{\ddot{a}_{x:\overline{m} }}$ $PNN = S.A * \frac{M_x}{N_x - N_{x+m}}$
<ul style="list-style-type: none"> Vida temporal $P_{x:\overline{n} }^1 = \frac{A_{x:\overline{n} }^1}{\ddot{a}_{x:\overline{n} }}$ $PNN = S.A * \frac{M_x - M_{x+n}}{N_x - N_{x+n}}$	${}_mP_{x:\overline{n} }^1 = \frac{A_{x:\overline{n} }^1}{\ddot{a}_{x:\overline{m} }}$ $PNN = S.A * \frac{M_x - M_{x+n}}{N_x - N_{x+m}} \quad m < n$
<ul style="list-style-type: none"> Dotal puro $P_{x:\overline{n} }^{\frac{1}{2}} = \frac{A_{x:\overline{n} }^{\frac{1}{2}}}{\ddot{a}_{x:\overline{n} }}$ $PNN = S.A * \frac{D_{x+n}}{N_x - N_{x+n}}$	${}_mP_{x:\overline{n} }^{\frac{1}{2}} = \frac{A_{x:\overline{n} }^{\frac{1}{2}}}{\ddot{a}_{x:\overline{m} }}$ $PNN = S.A * \frac{D_{x+n}}{N_x - N_{x+m}} \quad m < n$
<ul style="list-style-type: none"> Dotal simple o mixto $P_{x:\overline{n} } = \frac{A_{x:\overline{n} }}{\ddot{a}_{x:\overline{n} }}$ $PNN = S.A * \frac{M_x - M_{x+n} + D_{x+n}}{N_x - N_{x+n}}$	${}_mP_{x:\overline{n} } = \frac{A_{x:\overline{n} }}{\ddot{a}_{x:\overline{m} }}$ $PNN = S.A * \frac{M_x - M_{x+n} + D_{x+n}}{N_x - N_{x+m}} \quad m < n$
<ul style="list-style-type: none"> Dotal generalizado $P'_{x:\overline{n} } = cf * P_{x:\overline{n} }^1 + cv * P_{x:\overline{n} }^{\frac{1}{2}}$	${}_mP'_{x:\overline{n} } = cf * {}_mP_{x:\overline{n} }^1 + cv * {}_mP_{x:\overline{n} }^{\frac{1}{2}}$



$$PNN = \frac{cf * (M_x - M_{x+n}) + cv * (D_{x+n})}{N_x - N_{x+n}} \quad PNN = \frac{cf * (M_x - M_{x+n}) + cv * (D_{x+n})}{N_x - N_{x+m}}$$

Fuente: (Gil Fana et al., 1999).

Donde:

- x : edad del asegurado al emitirse la póliza
- m : número de pagos anuales de primas del asegurado
- n : años de cobertura del seguro
- t : años transcurridos después de la emisión de la póliza
- Cf : suma asegurada en caso de fallecimiento
- Cv : suma asegurada en caso de supervivencia.

CAPÍTULO V: RESERVAS MATEMÁTICAS

En el ámbito de los seguros de vida, las reservas matemáticas son fundamentales como parte del pasivo de las compañías aseguradoras. Es crucial incorporar opiniones de diversos autores para obtener una comprensión completa y enriquecer el análisis de estas prácticas en la gestión de riesgos y recursos financieros del sector asegurador.

Niño (2002), las reservas se generan como un excedente derivado del cálculo de primas utilizando el método de primas netas niveladas. Este método considera que la mortalidad esperada inicialmente supera a la mortalidad real durante los primeros años de vigencia del seguro. La reserva matemática, entonces, representa la diferencia entre el valor presente de los beneficios esperados y el valor presente de las primas netas pagadas. Esta reserva se mantiene bajo custodia de la aseguradora y está destinada a cubrir compromisos futuros en caso de que la mortalidad supere las expectativas.

Por su parte, la Asociación de Superintendentes de Seguros de América Latina (ASSAL, 2000), enfatiza que la constitución de la reserva matemática en los seguros de vida depende de la temporalidad del plan y de la modalidad de pago de la prima. En el caso de seguros cuya temporalidad es superior a un año, la constitución de la reserva debe realizarse mediante métodos actuariales de carácter universal que se



encuentran preestablecidos a nivel internacional, por lo que resulta necesaria la asesoría de un actuario con conocimientos en la materia. En estos seguros, es frecuente que el pago de las primas se haga en forma nivelada y anual. La forma de operación origina la necesidad de constituir una reserva, ya que la prima nivelada anual al principio del tiempo es superior a la mortalidad esperada y a partir de cierto número de años transcurridos, esta prima es inferior a la mortalidad esperada anual.

Las reservas matemáticas constituyen uno de los elementos más importantes del pasivo de las empresas de seguros que operan en el ramo de vida, y en relación con ellas se encuentran regulados algunos derechos que, en ciertas modalidades, posee el tomador del seguro (Gil Fana et al., 1999, pag.193).

Las Reservas Matemáticas en la evolución del tiempo

Según Pérez (1986), las provisiones matemáticas evolucionan de manera distinta según la modalidad del seguro:

En los seguros temporales con prima nivelada, las provisiones matemáticas nivelan las primas, acumulando los excesos de prima de riesgo de los primeros años. Estas alcanzan su punto máximo aproximadamente a mitad de la duración del contrato y luego disminuyen gradualmente hasta ser nulas al final de este.

En los seguros de vida, las provisiones matemáticas deben aumentar anualmente porque el pago del capital asegurado depende de la supervivencia del asegurado al final del contrato. Si el asegurado fallece, las provisiones se cancelan; si sobrevive, crecen hasta igualar el capital asegurado al vencimiento del seguro.

Este patrón también se aplica a los seguros mixtos y de vida entera, donde la entidad aseguradora debe constituir las reservas matemáticas necesarias a lo largo del tiempo.

3.12. Sistema de Reservas a Primas Netas Niveladas

En las reservas a primas netas niveladas en seguros, se emplean dos enfoques fundamentales: el método prospectivo y el método retrospectivo.

→ Métodos Prospectivo



Para Castillo (2004), este método consiste en evaluar la reserva en función de las obligaciones futuras tanto de la compañía de seguros como del contratante. Consiste en determinar en un tiempo t la diferencia del valor presente de los beneficios futuros que otorgará la aseguradora por la vida de una persona y el valor presente de las primas periódicas que faltan por cubrir. Para una póliza cualquiera, emitida para una persona de edad x , lo anterior queda claramente enunciado en la expresión:

$$RRC_1 = VPAC_t - VPAA_t \quad (13)$$

Si se trata de un seguro de vida entera para una persona de edad x , con pago de prima nivelada, la reserva matemática en el año t , se simboliza en la notación actuarial como ${}_tV_x$ y debe calcularse como:

$${}_tV_x = A_{x+t} - PN_x * \ddot{a}_{x+t} \quad (14)$$

Donde:

A_{x+t} : representa el valor presente actuarial de las obligaciones futuras de la compañía, por concepto de siniestros futuros.

$PN_x * \ddot{a}_{x+t}$: representa el valor presente actuarial de las obligaciones futuras del asegurado por concepto de pago de primas.

→ **Método Retrospectivo**

Ubaldo (2002) define el método retrospectivo como aquel que considera las primas y los beneficios pasados, determinando la diferencia entre el valor acumulado de las primas pagadas y el valor acumulado de los beneficios pasados. Este método se basa en el análisis de datos históricos y eventos pasados para calcular las reservas necesarias. Proporciona una evaluación más conservadora y retrospectiva de los compromisos financieros, asegurando que las compañías de seguros puedan cumplir con sus obligaciones en función de las experiencias pasadas.

Fórmulas para el cálculo de las Reservas a Primas Netas Niveladas.

En este estudio, exploraremos las fórmulas del sistema de reservas matemáticas a primas netas niveladas, desarrolladas por Gil Fana et al. (1999), abordando tanto el



método prospectivo como el método retrospectivo. Estos enfoques son cruciales para evaluar con precisión los compromisos financieros en el sector asegurador, cada uno con aplicaciones estratégicas distintas.

Las fórmulas se presentarán organizadas por tipo de plan y subdivididas según el método de pago, para facilitar su comprensión y aplicación práctica. También se definirán explícitamente las siguientes variables clave:

- x : edad del asegurado al emitirse la póliza
- m : número de pagos anuales de primas del asegurado
- n : años de cobertura del seguro
- t : años transcurridos después de la emisión de la póliza

Método Prospectivo

→ Vida entera a pagos ordinarios y limitados

$${}_tV_x = S.A * A_{x+t} - P_x * \ddot{a}_{x+t} \quad (15)$$

$${}_tV_x = S.A * \frac{M_{x+t}}{D_{x+t}} - P_x * \frac{N_{x+t}}{D_{x+t}}$$

$${}_t^mV_x = S.A * A_{x+t} - {}_mP_x * \ddot{a}_{x+t:\overline{m-t}|}; \quad t < m \quad (16)$$

$${}_t^mV_x = S.A * \frac{M_{x+t}}{D_{x+t}} - {}_mP_x * \frac{N_{x+t} - N_{x+m}}{D_{x+t}}$$

$${}_t^mV_x = S.A * A_{x+t}; \quad t \geq m$$

$${}_t^mV_x = S.A * \frac{M_{x+t}}{D_{x+t}}$$

→ Vida temporal a pagos ordinarios y limitados

$${}_tV_{x:\overline{n}|}^1 = S.A * A_{x+t:\overline{n-t}|}^1 - P_{x:\overline{n}|}^1 * \ddot{a}_{x+t:\overline{n-t}|} \quad (17)$$

$${}_tV_{x:\overline{n}|}^1 = S.A * \frac{M_{x+t} - M_{x+n}}{D_{x+t}} - P_{x:\overline{n}|}^1 * \frac{N_{x+t} - N_{x+n}}{D_{x+t}}$$



$${}^m_tV_{x:\bar{n}}^1 = S.A * A_{x+t:\overline{n-t}}^1 - mP_{x:\bar{n}}^1 * \ddot{a}_{x+t:\overline{m-t}}; \quad t < m \quad (18)$$

$${}_tV_{x:\bar{n}}^1 = S.A * \frac{M_{x+t} - M_{x+n}}{D_{x+t}} - mP_{x:\bar{n}}^1 * \frac{N_{x+t} - N_{x+n}}{D_{x+t}}$$

$${}^m_tV_{x:\bar{n}}^1 = S.A * A_{x+t:\overline{n-t}}^1; \quad t \geq m$$

$${}_tV_{x:\bar{n}}^1 = S.A * \frac{M_{x+t} - M_{x+n}}{D_{x+t}}$$

→ **Dotal puro a pagos ordinarios y limitados**

$${}^1_tV_{x:\bar{n}} = S.A * A_{x+t:\overline{n-t}}^1 - P_{x:\bar{n}}^1 * \ddot{a}_{x+t:\overline{n-t}} \quad (19)$$

$${}_tV_{x:\bar{n}}^1 = S.A * \frac{D_{x+n}}{D_{x+t}} - P_{x:\bar{n}}^1 * \frac{N_{x+t} - N_{x+n}}{D_{x+t}}$$

$${}^m_tV_{x:\bar{n}}^1 = S.A * A_{x+t:\overline{n-t}}^1 - mP_{x:\bar{n}}^1 * \ddot{a}_{x+t:\overline{m-t}}; \quad t < m \quad (20)$$

$${}_tV_{x:\bar{n}}^1 = S.A * \frac{D_{x+n}}{D_{x+t}} - mP_{x:\bar{n}}^1 * \frac{N_{x+t} - N_{x+n}}{D_{x+t}}$$

$${}^m_tV_{x:\bar{n}}^1 = S.A * A_{x+t:\overline{n-t}}^1; \quad t \geq m$$

$${}_tV_{x:\bar{n}}^1 = S.A * \frac{D_{x+n}}{D_{x+t}};$$

→ **Dotal simple a pagos ordinarios y limitados**

$${}^1_tV_{x:\bar{n}} = S.A * A_{x+t:\overline{n-t}} - P_{x:\bar{n}} * \ddot{a}_{x+t:\overline{n-t}} \quad (21)$$

$${}_tV_{x:\bar{n}} = S.A * \frac{M_{x+t} - M_{x+n} + D_{x+n}}{D_{x+t}} - P_{x:\bar{n}} * \frac{N_{x+t} - N_{x+n}}{D_{x+t}}$$

$${}^m_tV_{x:\bar{n}} = S.A * A_{x+t:\overline{n-t}} - mP_{x:\bar{n}} * \ddot{a}_{x+t:\overline{m-t}}; \quad t < m \quad (22)$$

$${}_tV_{x:\bar{n}} = S.A * \frac{M_{x+t} - M_{x+n} + D_{x+n}}{D_{x+t}} - mP_{x:\bar{n}} * \frac{N_{x+t} - N_{x+n}}{D_{x+t}}$$

$${}^m_tV_{x:\bar{n}} = S.A * A_{x+t:\overline{n-t}}; \quad t \geq m$$

$${}_tV_{x:\bar{n}} = S.A * \frac{M_{x+t} - M_{x+n} + D_{x+n}}{D_{x+t}}$$

→ **Dotal generalizado a pagos ordinarios y limitados**

$${}_tV'_{x:\overline{n}|} = A'_{x+t:\overline{n-t}|} - P'_{x:\overline{n}|} * \ddot{a}_{x+t:\overline{n-t}|} \quad (23)$$

$${}_tV'_{x:\overline{n}|} = \frac{cf * (M_{x+t} - M_{x+n}) + cv * D_{x+n}}{D_{x+t}} - P'_{x:\overline{n}|} * \frac{N_{x+t} - N_{x+n}}{D_{x+t}}$$

$${}_t^mV'_{x:\overline{n}|} = A'_{x+t:\overline{n-t}|} - mP'_{x:\overline{n}|} * \ddot{a}_{x+t:\overline{m-t}|}; t < m \quad (24)$$

$${}_t^mV'_{x:\overline{n}|} = \frac{cf * (M_{x+t} - M_{x+n}) + cv * D_{x+n}}{D_{x+t}} - mP'_{x:\overline{n}|} * \frac{N_{x+t} - N_{x+m}}{D_{x+t}}$$

$${}_t^mV'_{x:\overline{n}|} = A'_{x+t:\overline{n-t}|}; t \geq m$$

$${}_t^mV'_{x:\overline{n}|} = \frac{cf * (M_{x+t} - M_{x+n}) + cv * D_{x+n}}{D_{x+t}}$$

Método Retrospectivo

Para los seguros que no son a pagos limitados, la reserva se calculará así:

$${}_tV_x = P * \ddot{S}_{x:\overline{t}|} - S.A * A_{x:\overline{t}|}^1 * \frac{1}{A_{x:\overline{t}|}^{\frac{1}{i}}} \quad (25)$$

$${}_tV_x = P * \left(\frac{N_x - N_{x+t}}{D_{x+t}} \right) - S.A * \left(\frac{M_x - M_{x+t}}{D_{x+t}} \right)$$

Para los planes de seguros que son a pagos limitados, la reserva se calculará así:

$${}_t^mV_x = P * \ddot{S}_{x:\overline{t}|} - S.A * A_{x:\overline{t}|}^1 * \frac{1}{A_{x:\overline{t}|}^{\frac{1}{i}}}; t < m \quad (26)$$

$${}_t^mV_x = P * \left(\frac{N_x - N_{x+t}}{D_{x+t}} \right) - S.A * \left(\frac{M_x - M_{x+t}}{D_{x+t}} \right)$$

$${}_t^mV_x = P * \ddot{S}_{x:\overline{m}|} * \frac{1}{A_{x+m:\overline{t-m}|}^{\frac{1}{i}}} - S.A * A_{x:\overline{t}|}^1 * \frac{1}{A_{x:\overline{t}|}^{\frac{1}{i}}}; t \geq m$$

$${}_t^mV_x = P * \left(\frac{N_x - N_{x+m}}{D_{x+t}} \right) - S.A * \left(\frac{M_x - M_{x+t}}{D_{x+t}} \right)$$



3.13. Sistemas Modificados

En el contexto de seguros, los sistemas modificados de reservas son estrategias técnicas diseñadas para enfrentar los desafíos financieros y operativos asociados con los altos costos de adquisición en los primeros años de un plan. ASSAL (2000) destaca que estas técnicas permiten a las aseguradoras ajustar la forma en que se constituyen las reservas matemáticas, lo cual facilita el uso completo de la prima inicial para cubrir los gastos iniciales, tales como comisiones y costos de publicidad. Esta flexibilidad es crucial dado que la prima anual inicial no siempre es suficiente para cubrir estos desembolsos, lo que puede resultar en pérdidas técnicas iniciales significativas.

Castillo (2004) complementa esta perspectiva al explicar que los métodos modificados de reserva incluyen la anulación temporal de la constitución de reservas matemáticas en el primer año. Esto se acompaña de la implementación de primas escalonadas: una prima inicial (α) inferior a la prima nivelada (P), lo que permite que la aseguradora utilice esos fondos adicionales para cubrir los costos de adquisición y otros gastos iniciales significativos y una prima de renovación (β) que es superior a P , como una forma de reintegrar gradualmente el equivalente de la reserva matemática del primer año. Esta estrategia no solo asegura la recuperación de los costos iniciales a lo largo del tiempo, sino que también ayuda a mantener la solvencia financiera de la aseguradora a medida que el plan se desarrolla.

Asimismo, castillo indica que existen varios métodos modificados de reservas, cada uno con sus propias características y aplicaciones específicas en función de las necesidades y regulaciones del mercado asegurador. Algunos de estos métodos incluyen:

- **Año Temporal Preliminar (completo y modificado):** Posterga la constitución de la reserva matemática hasta el segundo año del plan.
- **Método de Zilmer:** Aplica un sistema de amortización específico para los costos de adquisición.



- **Método Comisionados:** Considera los costos de comisiones en la estructura de primas de manera escalonada.
- **Método Illinois:** Utiliza un enfoque detallado en la determinación de la reserva matemática y los costos iniciales.
- **Método New Jersey:** Enfocado en la modificación de las primas para adecuarlas a los costos iniciales y la constitución de reservas.

3.14. Sistema de Reservas a Año Temporal Preliminar Completo (ATPC)

Buerda (2006) describe que el sistema de ATPC es el método más utilizado para calcular la reserva del primer año de cualquier seguro con una duración mayor a 5 años. Este método consiste en tratar el primer año como un seguro temporal de 1 año, mientras que los años restantes se calculan como el seguro correspondiente con duración de $n-1$ años. La razón de esto radica en los altos costos iniciales de comisiones y gastos durante el primer año, lo cual dificulta la acumulación inicial de la reserva. Por lo tanto, al considerar este periodo como un seguro temporal de 1 año, al finalizar el año la reserva debería ser cero. Para seguros con una duración inferior a 5 años, se utilizan métodos tradicionales, que pueden ser cualquiera de los anteriores mencionados.

En este método, denotaremos a las primas modificadas de primer año α y renovación β .

Fórmulas para el cálculo de las reservas por el sistema ATPC.

Prima neta modificada del 1er año:

$$\alpha_x = S.A * \frac{C_x}{D_x} \quad (27)$$

Prima neta de renovación:

$$\beta^{ATPC} = \frac{P * (N_x - N_{x+k}) - S.A * C_x}{N_{x+1} - N_{x+k}}; \quad k = m \quad (28)$$

Para utilizar este sistema se tienen que cumplir las siguientes condiciones:

$$\begin{aligned} \alpha &< PNN \\ \beta &> PNN \end{aligned} \quad (29)$$

A continuación, se presentan las fórmulas correspondientes al sistema ATPC, desarrolladas por Gil Fana et al. (1999). Estas están estructuradas según el tipo de plan y subdivididas por el tipo de pago, manteniendo un enfoque similar al sistema anteriormente descrito:

Método Prospectivo

→ **Vida entera a pagos ordinarios y limitados**

$${}_tV_x = S.A * A_{x+t} - \beta^{ATPC} * \ddot{a}_{x+t:\overline{n-t}|} \quad (30)$$

$${}_tV_x = S.A * \frac{M_{x+t}}{D_{x+t}} - \beta^{ATPC} * \frac{N_{x+t} - N_{x+n}}{D_{x+t}}$$

$${}_t^mV_x = S.A * A_{x+t} - \beta^{ATPC} * \ddot{a}_{x+t:\overline{m-t}|}; \quad 1 \leq t < m \quad (31)$$

$${}_t^mV_x = S.A * \frac{M_{x+t}}{D_{x+t}} - \beta^{ATPC} * \frac{N_{x+t} - N_{x+m}}{D_{x+t}}$$

$${}_t^mV_x = S.A * A_{x+t}; \quad t \geq m$$

$${}_t^mV_x = S.A * \frac{M_{x+t}}{D_{x+t}}$$

→ **Vida temporal a pagos ordinarios y limitados**

$${}_tV_{x:\overline{n}|}^1 = S.A * A_{x+t:\overline{n-t}|}^1 - \beta^{ATPC} * \ddot{a}_{x+t:\overline{n-t}|} \quad (32)$$

$${}_tV_{x:\overline{n}|}^1 = S.A * \frac{M_{x+t} - M_{x+n}}{D_{x+t}} - \beta^{ATPC} * \frac{N_{x+t} - N_{x+n}}{D_{x+t}}$$

$${}_t^mV_{x:\overline{n}|}^1 = S.A * A_{x+t:\overline{n-t}|}^1 - \beta^{ATPC} * \ddot{a}_{x+t:\overline{m-t}|}; \quad 1 \leq t < m \quad (33)$$

$${}_t^mV_{x:\overline{n}|}^1 = S.A * \frac{M_{x+t} - M_{x+n}}{D_{x+t}} - \beta^{ATPC} * \frac{N_{x+t} - N_{x+m}}{D_{x+t}}$$

$${}_t^mV_{x:\overline{n}|}^1 = S.A * A_{x+t:\overline{n-t}|}^1; \quad t \geq m$$

$${}_t^mV_{x:\overline{n}|}^1 = S.A * \frac{M_{x+t} - M_{x+n}}{D_{x+t}}$$

→ **Total puro a pagos ordinarios y limitados**



$${}_tV_{x:\bar{n}}^1 = S.A * A_{x+t:\bar{n-t}}^1 - \beta^{ATPC} * \ddot{a}_{x+t:\bar{n-t}} \quad (34)$$

$${}_tV_{x:\bar{n}}^1 = S.A * \frac{D_{x+n}}{D_{x+t}} - \beta^{ATPC} * \frac{N_{x+t} - N_{x+n}}{D_{x+t}}$$

$${}_t^mV_{x:\bar{n}}^1 = S.A * A_{x+t:\bar{n-t}}^1 - \beta^{ATPC} * \ddot{a}_{x+t:\bar{m-t}}; \quad 1 \leq t < m \quad (35)$$

$${}_t^mV_{x:\bar{n}}^1 = S.A * \frac{D_{x+n}}{D_{x+t}} - \beta^{ATPC} * \frac{N_{x+t} - N_{x+m}}{D_{x+t}}$$

$${}_t^mV_{x:\bar{n}}^1 = S.A * A_{x+t:\bar{n-t}}^1; \quad t \geq m$$

$${}_t^mV_{x:\bar{n}}^1 = S.A * \frac{D_{x+n}}{D_{x+t}};$$

→ **Dotal simple a pagos ordinarios y limitados**

$${}_tV_{x:\bar{n}} = S.A * A_{x+t:\bar{n-t}} - \beta^{ATPC} * \ddot{a}_{x+t:\bar{n-t}} \quad (36)$$

$${}_tV_{x:\bar{n}} = S.A * \frac{M_{x+t} - M_{x+n} + D_{x+n}}{D_{x+t}} - \beta^{ATPC} * \frac{N_{x+t} - N_{x+n}}{D_{x+t}}$$

$${}_t^mV_{x:\bar{n}} = S.A * A_{x+t:\bar{n-t}} - \beta^{ATPC} * \ddot{a}_{x+t:\bar{m-t}}; \quad 1 \leq t < m \quad (37)$$

$${}_t^mV_{x:\bar{n}} = S.A * \frac{M_{x+t} - M_{x+n} + D_{x+n}}{D_{x+t}} - \beta^{ATPC} * \frac{N_{x+t} - N_{x+m}}{D_{x+t}}$$

$${}_t^mV_{x:\bar{n}} = S.A * A_{x+t:\bar{n-t}}; \quad t \geq m$$

$${}_t^mV_{x:\bar{n}} = S.A * \frac{M_{x+t} - M_{x+n} + D_{x+n}}{D_{x+t}}$$

→ **Dotal generalizado a pagos ordinarios y limitados**

$${}_tV'_{x:\bar{n}} = A'_{x+t:\bar{n-t}} - \beta^{ATPC} * \ddot{a}_{x+t:\bar{n-t}} \quad (38)$$

$${}_tV'_{x:\bar{n}} = \frac{cf * (M_{x+t} - M_{x+n}) + cv * D_{x+n}}{D_{x+t}} - \beta^{ATPC} * \frac{N_{x+t} - N_{x+n}}{D_{x+t}}$$

$${}_t^mV'_{x:\bar{n}} = A'_{x+t:\bar{n-t}} - \beta^{ATPC} * \ddot{a}_{x+t:\bar{m-t}}; \quad 1 \leq t < m \quad (39)$$

$${}_t^mV'_{x:\bar{n}} = \frac{cf * (M_{x+t} - M_{x+n}) + cv * D_{x+n}}{D_{x+t}} - \beta^{ATPC} * \frac{N_{x+t} - N_{x+m}}{D_{x+t}}$$

$${}^m_tV'_{x:\overline{n}|} = A'_{x+t:\overline{n-t}|}; \quad t \geq m$$

$${}^m_tV'_{x:\overline{n}|} = \frac{cf * (M_{x+t} - M_{x+n}) + cv * D_{x+n}}{D_{x+t}}$$

Método Retrospectivo

Para los seguros que no son a pagos limitados, la reserva se calculará así:

$${}_tV_x = \alpha_x * \ddot{a}_{x:\overline{1}|} * \frac{1}{A^1_{x:\overline{t}|}} + \beta^{ATPC} * \ddot{a}_{x+1:\overline{t-1}|} * \frac{1}{A^1_{x+1:\overline{t-1}|}} - S.A * A^1_{x:\overline{t}|} * \frac{1}{A^1_{x:\overline{t}|}} \quad (40)$$

$${}_tV_x = \alpha_x * \frac{N_x - N_{x+1}}{D_{x+t}} + \beta^{ATPC} * \frac{N_{x+1} - N_{x+t}}{D_{x+t}} - S.A * \frac{M_x - M_{x+t}}{D_{x+t}}$$

$${}_tV_x = \alpha_x * \frac{1}{A^1_{x:\overline{t}|}} + \beta^{ATPC} * \ddot{a}_{x+1:\overline{t-1}|} * \frac{1}{A^1_{x+1:\overline{t-1}|}} - S.A * A^1_{x:\overline{t}|} * \frac{1}{A^1_{x:\overline{t}|}} \quad (41)$$

$${}_tV_x = \alpha_x * \frac{D_x}{D_{x+t}} + \beta^{ATPC} * \frac{N_{x+1} - N_{x+t}}{D_{x+t}} - S.A * \frac{M_x - M_{x+t}}{D_{x+t}}$$

Para los planes de seguros que son a pagos limitados, la reserva se calculará así:

$${}^m_tV_x = \alpha_x * \ddot{a}_{x:\overline{1}|} * \frac{1}{A^1_{x:\overline{t}|}} + \beta^{ATPC} * \ddot{a}_{x+1:\overline{t-1}|} * \frac{1}{A^1_{x+1:\overline{t-1}|}} - S.A * A^1_{x:\overline{t}|} * \frac{1}{A^1_{x:\overline{t}|}} \quad (42)$$

$${}^m_tV_x = \alpha_x * \frac{N_x - N_{x+1}}{D_{x+t}} + \beta^{ATPC} * \frac{N_{x+1} - N_{x+t}}{D_{x+t}} - S.A * \frac{M_x - M_{x+t}}{D_{x+t}} \quad t < m$$

$${}^m_tV_x = \alpha_x * \ddot{a}_{x:\overline{1}|} * \frac{1}{A^1_{x:\overline{t}|}} + \beta^{ATPC} * \ddot{a}_{x+1:\overline{m-1}|} * \frac{1}{A^1_{x+1:\overline{t-1}|}} - S.A * A^1_{x:\overline{t}|} * \frac{1}{A^1_{x:\overline{t}|}} \quad (43)$$

$${}^m_tV_x = \alpha_x * \frac{N_x - N_{x+1}}{D_{x+t}} + \beta^{ATPC} * \frac{N_{x+1} - N_{x+m}}{D_{x+t}} - S.A * \frac{M_x - M_{x+t}}{D_{x+t}} \quad t \geq m$$

3.15. Sistema de Reservas Matemáticas por Comisionados

De acuerdo con Pérez (1986) este método se utiliza cuando la prima de renovación bajo el Sistema ATPC es más alta que la prima de renovación de un seguro de vida

entera con 20 pagos, para la misma edad en la emisión de la póliza ($\beta^{ATPC} > {}_{19}P_{x+1}$). En estos casos específicos, se aplica esta modificación. Para otras pólizas donde la prima de renovación es igual o menor que la de un seguro de vida entera con 20 pagos a esa edad, se sigue utilizando el Sistema ATPC estándar.

Fórmulas para el cálculo de las reservas por comisionados

1. Prima modificada del 1er año:

$$\alpha_x^{COM} = \beta^{COM} - ({}_{19}P_{x+1} - \alpha_x); \text{ en donde } \alpha_x = \frac{C_x}{D_x} \quad (44)$$

2. Prima neta modificada del 1er año:

$$\beta^{COM} = P + \frac{({}_{19}P_{x+1} - \alpha_x)}{\ddot{a}_{x:\overline{m}|}}; \quad k = m \quad (45)$$

Donde:

$${}_{19}P_{x+1} = S.A * \left[\frac{M_{x+1}}{N_{x+1} - N_{x+20}} \right] \quad (46)$$

$$\alpha_x = S.A * \frac{C_x}{D_x}$$

$$\ddot{a}_{x:\overline{m}|} = \frac{N_x - N_{x+m}}{D_x}$$

De acuerdo con Gil Fana et al. (1999), las fórmulas del sistema Comisionado se presentan siguiendo una estructura y organización análogas a los sistemas previamente mencionados:

Método Prospectivo

→ **Vida entera a pagos ordinarios y limitados**

$${}_tV_x = S.A * A_{x+t} - \beta^{COM} * \ddot{a}_{x+t:\overline{n-t}|} \quad (47)$$

$${}_tV_x = S.A * \frac{M_{x+t}}{D_{x+t}} - \beta^{COM} * \frac{N_{x+t} - N_{x+n}}{D_{x+t}}$$

$${}_t^mV_x = S.A * A_{x+t} - \beta^{COM} * \ddot{a}_{x+t:\overline{m-t}|}; \quad 1 \leq t < m \quad (48)$$

$${}_t^mV_x = S.A * \frac{M_{x+t}}{D_{x+t}} - \beta^{COM} * \frac{N_{x+t} - N_{x+m}}{D_{x+t}}$$

$${}^m_tV_x = S.A * A_{x+t}; \quad t \geq m$$

$${}^m_tV_x = S.A * \frac{M_{x+t}}{D_{x+t}}$$

→ **Vida temporal a pagos ordinarios y limitados**

$${}_tV_{x:\overline{n}|}^1 = S.A * A_{x+t:\overline{n-t}|}^1 - \beta^{COM} * \ddot{a}_{x+t:\overline{n-t}|} \quad (49)$$

$${}_tV_{x:\overline{n}|}^1 = S.A * \frac{M_{x+t} - M_{x+n}}{D_{x+t}} - \beta^{COM} * \frac{N_{x+t} - N_{x+n}}{D_{x+t}}$$

$${}^m_tV_{x:\overline{n}|}^1 = S.A * A_{x+t:\overline{n-t}|}^1 - \beta^{COM} * \ddot{a}_{x+t:\overline{m-t}|}; \quad 1 \leq t < m \quad (50)$$

$${}^m_tV_{x:\overline{n}|}^1 = S.A * \frac{M_{x+t} - M_{x+n}}{D_{x+t}} - \beta^{COM} * \frac{N_{x+t} - N_{x+m}}{D_{x+t}}$$

$${}^m_tV_{x:\overline{n}|}^1 = S.A * A_{x+t:\overline{n-t}|}^1; \quad t \geq m$$

$${}^m_tV_{x:\overline{n}|}^1 = S.A * \frac{M_{x+t} - M_{x+n}}{D_{x+t}}$$

→ **Dotal puro a pagos ordinarios y limitados**

$${}_tV_{x:\overline{n}|}^1 = S.A * A_{x+t:\overline{n-t}|}^1 - \beta^{COM} * \ddot{a}_{x+t:\overline{n-t}|} \quad (51)$$

$${}_tV_{x:\overline{n}|}^1 = S.A * \frac{D_{x+n}}{D_{x+t}} - \beta^{COM} * \frac{N_{x+t} - N_{x+n}}{D_{x+t}}$$

$${}^m_tV_{x:\overline{n}|}^1 = S.A * A_{x+t:\overline{n-t}|}^1 - \beta^{COM} * \ddot{a}_{x+t:\overline{m-t}|}; \quad 1 \leq t < m \quad (52)$$

$${}^m_tV_{x:\overline{n}|}^1 = S.A * \frac{D_{x+n}}{D_{x+t}} - \beta^{COM} * \frac{N_{x+t} - N_{x+m}}{D_{x+t}}$$

$${}^m_tV_{x:\overline{n}|}^1 = S.A * A_{x+t:\overline{n-t}|}^1; \quad t \geq m$$

$${}^m_tV_{x:\overline{n}|}^1 = S.A * \frac{D_{x+n}}{D_{x+t}};$$

→ **Dotal simple a pagos ordinarios y limitados**

$${}_tV_{x:\overline{n}|} = S.A * A_{x+t:\overline{n-t}|} - \beta^{COM} * \ddot{a}_{x+t:\overline{n-t}|} \quad (53)$$

$$\begin{aligned}
 {}_tV_{x:\overline{n}|} &= S.A * \frac{M_{x+t} - M_{x+n} + D_{x+n}}{D_{x+t}} - \beta^{COM} * \frac{N_{x+t} - N_{x+n}}{D_{x+t}} \\
 {}^m_tV_{x:\overline{n}|} &= S.A * A_{x+t:\overline{n-t}|} - \beta^{COM} * \ddot{a}_{x+t:\overline{m-t}|}; \quad 1 \leq t < m \\
 {}^m_tV_{x:\overline{n}|} &= S.A * \frac{M_{x+t} - M_{x+n} + D_{x+n}}{D_{x+t}} - \beta^{COM} * \frac{N_{x+t} - N_{x+m}}{D_{x+t}} \\
 {}^m_tV_{x:\overline{n}|} &= S.A * A_{x+t:\overline{n-t}|}; \quad t \geq m \\
 {}^m_tV_{x:\overline{n}|} &= S.A * \frac{M_{x+t} - M_{x+n} + D_{x+n}}{D_{x+t}}
 \end{aligned} \tag{54}$$

→ **Dotal generalizado a pagos ordinarios y limitados**

$$\begin{aligned}
 {}_tV'_{x:\overline{n}|} &= A'_{x+t:\overline{n-t}|} - \beta^{COM} * \ddot{a}_{x+t:\overline{n-t}|} \\
 {}_tV'_{x:\overline{n}|} &= \frac{cf * (M_{x+t} - M_{x+n}) + cv * D_{x+n}}{D_{x+t}} - \beta^{COM} * \frac{N_{x+t} - N_{x+n}}{D_{x+t}}
 \end{aligned} \tag{55}$$

$$\begin{aligned}
 {}^m_tV'_{x:\overline{n}|} &= A'_{x+t:\overline{n-t}|} - \beta^{COM} * \ddot{a}_{x+t:\overline{m-t}|}; \quad 1 \leq t < m \\
 {}^m_tV'_{x:\overline{n}|} &= \frac{cf * (M_{x+t} - M_{x+n}) + cv * D_{x+n}}{D_{x+t}} - \beta^{COM} * \frac{N_{x+t} - N_{x+m}}{D_{x+t}} \\
 {}^m_tV'_{x:\overline{n}|} &= A'_{x+t:\overline{n-t}|}; \quad t \geq m \\
 {}^m_tV'_{x:\overline{n}|} &= \frac{cf * (M_{x+t} - M_{x+n}) + cv * D_{x+n}}{D_{x+t}}
 \end{aligned} \tag{56}$$

Método retrospectivo

Para los seguros que no son a pagos limitados, la reserva se calculará así:

$$\begin{aligned}
 {}_tV_x &= \alpha^{COM} * \ddot{a}_{x:\overline{1}|} * \frac{1}{A^1_{x:\overline{t}|}} + \beta^{COM} * \ddot{a}_{x+1:\overline{t-1}|} * \frac{1}{A^1_{x+1:\overline{t-1}|}} - S.A * A^1_{x:\overline{t}|} * \frac{1}{A^1_{x:\overline{t}|}} \\
 {}_tV_x &= \alpha^{COM} * \frac{N_x - N_{x+1}}{D_{x+t}} + \beta^{COM} * \frac{N_{x+1} - N_{x+t}}{D_{x+t}} - S.A * \frac{M_x - M_{x+t}}{D_{x+t}}
 \end{aligned} \tag{57}$$

UNA APLICACIÓN EN EXCEL Y VBA.

$${}_tV_x = \alpha^{COM} * \frac{1}{A_{x:\bar{t}}^1} + \beta^{COM} * \ddot{a}_{x+1:\bar{t}-1} * \frac{1}{A_{x+1:\bar{t}-1}^1} - S.A * A_{x:\bar{t}}^1 * \frac{1}{A_{x:\bar{t}}^1} \quad (58)$$

$${}_tV_x = \alpha^{COM} * \frac{D_x}{D_{x+t}} + \beta^{COM} * \frac{N_{x+1} - N_{x+t}}{D_{x+t}} - S.A * \frac{M_x - M_{x+t}}{D_{x+t}}$$

Para los planes de seguros que son a pagos limitados, la reserva se calculará así:

$${}_t^mV_x = \alpha^{COM} * \ddot{a}_{x:\bar{t}} * \frac{1}{A_{x:\bar{t}}^1} + \beta^{COM} * \ddot{a}_{x+1:\bar{t}-1} * \frac{1}{A_{x+1:\bar{t}-1}^1} - S.A * A_{x:\bar{t}}^1 * \frac{1}{A_{x:\bar{t}}^1} \quad (59)$$

$${}_t^mV_x = \alpha^{COM} * \frac{N_x - N_{x+1}}{D_{x+t}} + \beta^{COM} * \frac{N_{x+1} - N_{x+t}}{D_{x+t}} - S.A * \frac{M_x - M_{x+t}}{D_{x+t}} \quad t < m$$

$${}_t^mV_x = \alpha^{COM} * \ddot{a}_{x:\bar{t}} * \frac{1}{A_{x:\bar{t}}^1} + \beta^{COM} * \ddot{a}_{x+1:m-1} * \frac{1}{A_{x+1:\bar{t}-1}^1} - S.A * A_{x:\bar{t}}^1 * \frac{1}{A_{x:\bar{t}}^1} \quad (60)$$

$${}_t^mV_x = \alpha^{COM} * \frac{N_x - N_{x+1}}{D_{x+t}} + \beta^{COM} * \frac{N_{x+1} - N_{x+m}}{D_{x+t}} - S.A * \frac{M_x - M_{x+t}}{D_{x+t}} \quad t \geq m$$

CAPÍTULO VI: VALORES GARANTIZADOS

Buerda (2006) resalta la importancia de los valores garantizados en los seguros de vida individual. Estos valores se activan si el asegurado decide interrumpir el pago de primas después de cumplir al menos tres anualidades consecutivas, generando una reserva matemática bajo el sistema de prima nivelada. Durante los primeros años del contrato, la mortalidad esperada supera a la ocurrida, lo que justifica la acumulación de estos beneficios. Los seguros menores a diez años no otorgan valores garantizados debido a que sus reservas son muy reducidas. Los valores garantizados representan los derechos cualitativos del asegurado sobre la Provisión Matemática establecida en el contrato.

Por su parte, Montufar, P. (1967) clasifica los valores garantizados como: El seguro saldado, el seguro prorrogado, el préstamo sobre pólizas y el valor de rescate, a continuación, se explican cada uno de ellos:

**3.16. Seguro saldado por cantidad reducida.**

Todo asegurado tiene la opción al seguro saldado. Esta operación consiste en reducir la suma asegurada contratada originalmente a la suma que correspondía a un seguro de vida completamente pagado, que sea equivalente, sobre una base de prima neta, al valor de rescate en efectivo, es decir, una suma cuya reserva, después del cambio, sea igual valor de rescate en efectivo al día en que comience la caducidad.

Si el asegurado deja de pagar las primas de su póliza, lógicamente tiene que separarse del grupo al que pertenece por su edad, clase de seguro y demás condiciones similares que lo mantenían en el mismo, ya que tiene que ser objeto de una nueva valuación de su reserva particular, la que se utilizará como prima única neta del seguro, por un valor reducido que se compromete la compañía a pagar en la misma fecha que pagaría el seguro original, si éste hubiere llegado a su vencimiento natural, o antes, si ocurriere el siniestro. A esta suma así fijada, se le designa con el nombre de “seguro saldado por cantidad reducida”.

→ **Vida entera**

$${}_tS_x = \frac{{}_tR_x}{\frac{M_{x+t}}{D_{x+t}}} \quad ; 1 \leq t \leq n \quad (61)$$

→ **Vida temporal**

$${}_tS_x = \frac{{}_tR_x}{\frac{M_{x+t} - M_{x+n}}{D_{x+t}}} \quad ; 1 \leq t \leq n \quad (62)$$

→ **Vida dotal puro**

$${}_tS_x = \frac{{}_tR_x}{\frac{D_{x+n}}{D_{x+t}}} \quad ; 1 \leq t \leq n \quad (63)$$



→ **Vida dotal**

$${}_tS_x = \frac{{}_tR_x}{\frac{M_{x+t} - M_{x+n} + D_{x+n}}{D_{x+t}}} \quad ; 1 \leq t \leq n \quad (64)$$

→ **Vida dotal generalizado**

$${}_tS_x = \frac{{}_tR_x}{\frac{M_{x+t} - M_{x+n} + \alpha * D_{x+n}}{D_{x+t}}} \quad ; 1 \leq t \leq n \quad (65)$$

En donde:

x : edad del asegurado al emitirse la póliza

${}_tR_x$ Valor de rescate a la edad ($x+t$)

n : años de cobertura del seguro

t : años transcurridos después de la emisión de la póliza

$$\alpha = \frac{C_v}{C_f} = \frac{\text{Suma asegurada en caso de supervivencia}}{\text{Suma asegurada en caso de fallecimiento}} \quad (66)$$

3.17. Valor de rescate.

Se entiende valores de rescate, el pago en efectivo que recibe el asegurado de la parte del fondo de reserva que le corresponde, después de deducir las comisiones no amortizadas de acuerdo con los cálculos técnicos contenidos en las tablas de valores garantizados.

Desde el momento en que el asegurado decide, ya no continuar con su seguro de vida, y recibe en efectivo su valor de rescate, la póliza, prácticamente pasa a favor de la compañía con todos los derechos que de ella dimanen y causa baja definitiva.



Para resumir lo expuesto anteriormente, el valor de rescate al final del año t , se define como:

$${}_tR_x = \begin{cases} 0 & t \leq c \\ {}_tV_x & t > c \end{cases} \quad (67)$$

En donde:

x : edad del asegurado al emitirse la póliza

t : años transcurridos después de la emisión de la póliza

c : es el tiempo de espera en el que no se otorga dicha garantía.

En cuanto al cálculo de los valores de rescate, usaremos las siguientes condiciones:

$${}_tR_x = 0 \quad ; t \leq 3 \quad (68)$$

$${}_tR_x = 0.30 * {}_tV_x \quad ; t = 4$$

$${}_tR_x = \frac{t}{10} * {}_tV_x \quad ; 5 \leq t \leq 9$$

$${}_tR_x = {}_tV_x \quad ; t \geq 10$$



IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.1. Tipo de estudio

Por su finalidad: Es aplicada dado que se emplearán conocimientos científicos ya existentes para atender la necesidad de automatizar los procedimientos del cálculo reservas matemáticas y valores garantizados.

Por su alcance temporal transversal: Ya que el desarrollo de la investigación y el análisis de las variables se llevará a cabo durante un período determinado, abril-julio del año 2024, durante el cual se realizará la recopilación de información, el diseño e implementación del programa, así como la validación y documentación de este.

Por su alcance u objetivo descriptiva: Se llevará a cabo una descripción detallada de las bases técnicas y actuariales utilizadas en el cálculo de las reservas matemáticas. Se analizarán y documentarán los procesos y metodologías existentes para el cálculo de primas en el campo asegurador, así mismo, se explicará todo lo relacionado al programa Visual Basic y de Excel, sus funciones con sus diversas características.

Por su carácter de medida: Cuantitativo, ya que se basará en datos numéricos y en el uso de fórmulas y técnicas actuariales para calcular las reservas matemáticas y valores garantizados. El programa desarrollado generará resultados numéricos precisos, lo que permitirá una evaluación objetiva de su eficacia y exactitud en comparación con los cálculos manuales y otros métodos existentes.

Por el manejo de la variable: No experimental, dado que no implicará la manipulación de variables. Se basará en la recopilación de información técnica y actuarial para el diseño del programa, el cual operará sobre datos establecidos y no será objeto de manipulación experimental.

Por el marco donde tiene lugar: Documental ya que, para el desarrollo del programa, se recopilará información a través de la consulta de libros en físicos, libros en pdf, tutoriales, tesis y sitios web especializados, videos de programación,



así como en un entorno práctico, donde se probará la precisión y eficiencia del programa desarrollado.

4.2. Materiales utilizados

Hardware

Por definición de Hardware se entiende la parte física de la computadora, lo que se puede ver y tocar en un equipo de cómputo. (Pedro de Marchena, 2023)

Para desarrollo de esta aplicación se utilizó el siguiente hardware con las siguientes especificaciones:

Tabla 2: Descripción del Hardware.

Material	Descripción	Presupuesto
Computadora Personal	Nombre del producto: DESKTOP-6OQOES0 Procesador: Intel(R) Core(TM) i5-5200U CPU @ 2.20GHz 2.20 GHz RAM instalada: 8.00 GB (7.89 GB usable) Tipo de sistema: Sistema operativo de 64 bits, procesador basado en x64.	
Total		US\$400

Fuente: (Best computer-Nicaragua, 2024)

Software

El software se refiere a un tipo de diseñado específicamente para realizar tareas o funciones específicas en una computadora u otro dispositivo electrónico. Los softwares de aplicación están diseñados para ayudar a los usuarios a llevar a cabo una variedad de tareas (Moonflow, 2024)

Microsoft Excel

Es un software para el manejo de hojas electrónicas agrupadas en libros para cálculos de casi cualquier índole. Excel ofrece amplias posibilidades para automatizar tareas que realizamos de manera cotidiana, y para crear aplicaciones



basadas en el procesamiento y el análisis de datos numéricos por medio de la creación de macros (Zanini, 2013).

VBA Visual

Basic es un lenguaje de programación orientado a objetos que permite crear aplicaciones. Es una versión de Visual Basic que se encuentra embebido en las aplicaciones de Microsoft Office y que permite escribir un conjunto de instrucciones (macros) para programar los distintos objetos de Excel como, por ejemplo, una hoja de cálculo, un conjunto de celdas o de gráficos (Zanini, 2013).

4.3. Etapas del proyecto

Etapa I: Recolección de la información

En esta etapa se establecieron los conceptos y fórmulas de los diferentes tipos métodos de reservas, seguro saldado y seguro prorrogado utilizadas para el desarrollo de la aplicación en Excel y Visual Basic.

Etapa II: Selección de las herramientas.

Para desarrollar la aplicación que automatiza el cálculo de las reservas matemáticas, seguro saldado y seguro prorrogado se tomaran en cuenta dos herramientas complementarias de programación: Microsoft Excel y Visual Basic.

Etapa III: Desarrollo de la aplicación en el programa Excel

En esta etapa se diseñara el programa que automatiza el cálculo de las operaciones de Reservas matemáticas de seguros saldados y prorrogados en Excel, es decir, la apariencia que tendrá la aplicación y que contiene todas y cada una de las variables que se requieren para obtener el resultado del cálculo de reservas, se nombran las celdas donde se introducirán los datos de cada variable, se construyen listas desplegables, se programan fórmulas con funciones predefinidas de maneras simples o anidadas y se muestran los resultados.

Etapa IV: Desarrollo de la aplicación en el programa en VBA.



Una vez diseñado el programa en Excel el siguiente paso consiste en crear los formularios del programa que contienen: Etiquetas o Labels con los nombres de las variables, etiquetas o labels que mostraran los resultados, Textbox o cajas de texto que son los que servirán para rellenar datos, ComboBox o lista desplegable que contienen las diferentes opciones de cálculos y botones de comando o CommandButton, que sirven para realizar las acciones de cálculos, cerrar o salir del formulario. Una vez creado el formulario se sincronizan los elementos del Excel con lo de Visual Basic y por último se ejecutan macros que contienen códigos de programación de algoritmo simples.

Etapa V: Comprobación de la funcionalidad del programa.

En esta etapa, se verificará por medio de casos prácticos la funcionalidad del programa que automatiza el cálculo de las reservas matemáticas (prospectivo y retrospectivo), valores garantizados y seguro saldado por el método de Primas Netas Niveladas, por el Sistema de Año Temporal Preliminar Completo (ATPC) y el Sistema de Comisionados. Se resolverá cada ejercicio de forma manual y se probará en el programa comprobando si da el mismo resultado



V. RESULTADOS

Descripción del Programa.

En esta sección se desarrollaron las diferentes etapas de la aplicación, con el fin de obtener el cálculo de las reservas matemáticas, valores garantizados y seguro saldado de los seguros de vida individuales.

Etapa I: Recolección de la información.

En esta etapa se obtuvieron los conceptos y fórmulas de los diferentes tipos métodos de reservas utilizadas para el desarrollo de la aplicación en Excel y Visual Basic. Las variables se clasificaron en dependiente e independiente y se estableció su forma de medición. La siguiente figura muestran la definición de las variables y su forma de medición:

Tabla 3: Tipo y forma de medición de la variable a utilizar en el programa.

Variable	Variable Dependiente	Medición
Suma asegurada (Cf)	La suma asegurada es el límite de indemnización que se pacta entre el asegurado y la aseguradora al inicio del contrato" (Rivera, 2010).	Matemática Actuarial
Suma asegurada (Cv)	La suma asegurada es el límite de responsabilidad de la aseguradora ante la ocurrencia del siniestro pactado" (Vaughan & Vaughan, 2013).	Matemática Actuarial
Pagos (m)	Se refieren a las cantidades de dinero que el asegurado debe abonar, generalmente en forma de primas periódicas (Crosby, 2015).	Matemática Actuarial



Valores garantizados	Los valores garantizados representan los derechos cualitativos del asegurado sobre la Provisión Matemática establecida en el contrato. Buerda (2006)	Matemática Actuarial
----------------------	--	----------------------

Variable	Variable Independiente	Medición
Tipo de Plan	Refiere a la metodología o enfoque utilizado para calcular y acumular fondos que cubran futuras obligaciones de seguros (Bowers, 1997).	Matemática Actuarial.
Tabla de Mortalidad	Es una herramienta estadística que muestra la probabilidad de muerte y supervivencia para una población en función de la edad (Blake, 2006).	Estadística Actuarial
Interés técnico	El interés técnico refleja la rentabilidad que debe garantizar una aseguradora para cubrir los compromisos futuros con sus asegurados (Suárez, 2008)	Estadística Actuarial
Edad de emisión (x)	Es la edad del asegurado en el momento en que se emite o inicia una póliza de seguro (McGill, 2008).	Matemática Actuarial
Cobertura (n)	Se refiere al período durante el cual el asegurado está protegido (Rejda & McNamara, 2014).	Actuarial
Pagos (m)	Se refieren a las cantidades de dinero que el asegurado debe abonar, generalmente	Matemática Actuarial



UNA APLICACIÓN EN EXCEL Y VBA.

	en forma de primas periódicas (Crosby, 2015).	
Vigencia t	Es el período de tiempo durante el cual el seguro está activo y proporciona cobertura (Harrington & Niehaus, 2014).	Matemática Actuarial
$X+t$	Se define como el cálculo de la edad del asegurado en cualquier momento durante el período de cobertura (Bowers 1997).	Matemática Actuarial
PNN	Prima neta nivelada establece que el pago sea constante durante toda la duración de la póliza, manteniendo la suficiencia actuarial sin tener en cuenta otros gastos (Vaughan, 2013).	Matemática Actuarial
ATPC	Es un método que utilizado para calcular la reserva del primer año de cualquier seguro con una duración mayor a 5 años (Buerda 2006).	Matemática Actuarial
COM	Es otro sistema de modificación de reservas, el cual facilita una especial modificación para las pólizas cuya prima neta de renovación basada en el sistema ATPC excede a la prima neta de renovación de un seguro de vida entera a 20 pagos a la misma edad (Chavaría, 2013)	Matemática Actuarial

Fuente: Elaboración propia.



Al ser largo el nombre de cada una de las variables y para efecto comodidad y de programación, se ocupó abreviatura mostrándose en la pantalla del programa desarrollado de la siguiente manera:

Tabla 4: Abreviaturas utilizadas en el programa para el cálculo de las reservas matemáticas y valores garantizados.

Abreviatura	Descripción
i	Interés técnico
Cf	Suma asegurada al fallecimiento
Cv	Suma asegurada de Supervivencia
X	Edad del asegurado
n	Cobertura
m	Pagos
t	Vigencia
x + t	Tiempo en Vigencia
PNN	Prima Neta Nivelada
ATPC	Año Temporal Preliminar Completo
COM	Comisionados
S.V Entera Ord	Seguro de Vida Entera Ordinarios
S.V Entera P.L	Seguro de Vida Entera Pagos Limitados
S.V Temporal Ord	Seguro de Vida Temporal Ordinarios
S.V Temporal P.L	Seguro de Vida Temporal Pagos Limitados
S.V Dotal Puro Ord	Seguro de Vida Dotal Puro Ordinarios
S.V Dotal Puro P.L	Seguro de Vida Dotal Puro a Pagos Limitados
S.V Dotal S. Ord	Seguro de Vida Dotal Simple Ordinarios
S.V Dotal S. P.L	Seguro de Vida Dotal Simple a Pagos Limitados
S.V Dotal G. Ord	Seguro de Vida Dotal Generalizado Ordinarios
S.V Dotal G. P.L	Seguro de Vida Dotal Generalizado a Pagos Limitados

Fuente: Elaboración propia.

Para el caso de las tablas de mortalidad su nombre y su abreviatura se muestran a continuación:

Tabla 5: Tablas de Mortalidad



Tabla de Mortalidad	Abreviatura
Commissioners Standard Ordinary	CSO 41
Commissioners Standard Ordinary	CSO58
Group Annuity Mortality	GAM-71
Commissioners Standard Ordinary	C-SO 80
Commissioners Extended Term	CET 58

Fuente: National Association of Insurance Commissioners (1941, 1958, 1980); Society of Actuaries (1971).

Etapas II: Selección de la herramienta a usar.

2.1 Excel y VBA.

Microsoft Excel es una herramienta valiosa en el ámbito laboral y académico porque permite organizar, analizar y presentar datos de manera eficiente y clara. Esta facilita el manejo de grandes volúmenes de información, la automatización de tareas repetitivas y la creación de reportes visuales, lo cual es esencial para la toma de decisiones y el trabajo colaborativo. Excel ayuda a los estudiantes a desarrollar habilidades de análisis de datos, realizar cálculos complejos, presentar proyectos y organizar sus tareas. Además, aprender a usar Excel en la escuela prepara a los estudiantes para el uso de esta herramienta en su vida profesional, donde es una habilidad altamente demandada y versátil.

VBA (Visual Basic for Applications) es una solución que permite a los usuarios automatizar tareas repetitivas y personalizar aplicaciones dentro de programas de Microsoft Office, como Excel, Word y Access. Con VBA, se pueden crear macros que ejecutan secuencias de acciones de forma automática, agilizando procesos que de otra manera serían manuales y tediosos. Ofreciendo la posibilidad de desarrollar funciones que se adaptan a las necesidades específicas del usuario, como formularios de entrada de datos, cálculos complejos, informes automatizados y flujos de trabajo optimizados, especialmente en el análisis de datos, organización, y automatización de tareas.

Tabla 6: Bondades de Excel

Aspectos	Descripción
-----------------	--------------------



Facilidad de uso	Es intuitiva, lo que facilita el uso de las funciones básicas
Funciones de cálculo avanzadas	Tiene una amplia variedad de funciones matemáticas, estadísticas, financieras y lógicas que permiten realizar desde operaciones simples hasta análisis complejos.
Automatización con macros	Permite la creación de macros, pequeñas rutinas de programación en Visual Basic for Applications (VBA), que automatizan tareas repetitivas y ahorran tiempo.
Transformar y limpiar datos	Realizar operaciones de limpieza y transformación de datos de manera visual sin necesidad de escribir código. Esto incluye tareas como eliminar filas vacías, dividir columnas, cambiar tipos de datos, filtrar información, combinar tablas, entre otras.
Gráficos, Visualización de datos y Tablas dinámicas	Ofrece muchas opciones de gráficos y herramientas de visualización, Excel permite analizar grandes cantidades de datos y generar resúmenes que se pueden reorganizar para ver distintas perspectivas, lo cual es muy útil para análisis y reportes rápidos.
Capacidad de análisis y gestión de grandes volúmenes de datos	Aunque no es una base de datos en sí, Excel puede manejar una gran cantidad de datos y proporciona filtros, ordenamientos y fórmulas avanzadas para su análisis.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7: Bondades de Visual Basic for Applications (VBA)

Aspectos	Descripción
Automatización de tareas repetitivas	VBA permite crear macros que



UNA APLICACIÓN EN EXCEL Y VBA.

automatizan tareas que, de otro modo, requerirían mucho tiempo y esfuerzo, como la actualización de reportes o la ejecución de cálculos complejos.

Reducción de errores humanos

Permitir cálculos automatizados, VBA reduce la posibilidad de cometer errores manuales, mejorando la precisión y fiabilidad de los resultados.

Interacción entre aplicaciones de Microsoft Office

VBA no solo trabaja dentro de Excel, sino que también puede interactuar con otros programas de Microsoft Office, como Word, PowerPoint y Access, lo que permite crear soluciones integradas y gestionar múltiples aplicaciones a la vez.

Desarrollo de aplicaciones personalizadas

Los usuarios pueden diseñar aplicaciones completas dentro de las herramientas de Microsoft Office, creando interfaces de usuario personalizadas (formularios) y funcionalidades avanzadas que se ajusten a sus necesidades

Facilidad de aprendizaje

VBA es un lenguaje de programación relativamente sencillo de aprender, especialmente para quienes ya están familiarizados con el entorno de Microsoft Office, lo que lo convierte en una opción accesible

Mejora de la productividad

Al automatizar procesos y crear soluciones a medida, VBA permite a los profesionales dedicar más tiempo a tareas de mayor valor, mejorando la eficiencia general de las operaciones.

Incremento de eficacia y eficiencia

Agiliza y reducir el tiempo de espera en la creación de reportes e informes se logra eficiencia, ya que las tareas repetitivas y mecanizadas que antes eran realizados por el usuario son ahora ejecutados por el programa.



Fuente: Elaboración propia

Etapa III: Desarrollo de la Aplicación en Excel para el Cálculo de Reservas Matemáticas en Seguros de Vida.

La interfaz del programa que automatiza el cálculo de las reservas matemáticas en Excel se ha diseñado con un enfoque en la facilidad de uso y la claridad. Esta interfaz se organiza en dos bloques claramente definidos, agrupados por afinidad para facilitar la comprensión del usuario.

Figura 4: Apariencia del formulario en Excel para el Cálculo Reservas Matemáticas.

AUTOMATIZACIÓN DEL CÁLCULO DE RESERVAS MATEMÁTICAS		
Cálculo de Primas	Reservas Técnicas y Matemáticas	Valores Garantizados
Plan	PNN	PNN
Tabla de Mortalidad	Reservas M.P (x+t)	Capital de Rescate
Interés Técnico (I)	Reservas M.R (x+t)	Seguro Salado
Suma Asegurada (Cf)	ATPC	ATPC
Suma Asegurada (Cv)	α (ATPC)	Capital de Rescate
Edad de Emisión (x)	β (ATPC)	Seguro Salado
Periodo de Cobertura (n)	Reservas M.P (x+t)	COM
Pago de Primas (m)	Reservas M.R (x+t)	Capital de Rescate
Tiempo Transcurrido de la Póliza (t)	COM	Seguro Salado
Edad en Vigencia (x+t)	19P _{x+1}	
PNN	ax	
Tabla	ax:m	
	β (COM)	
	α (COM)	
	Reservas M.P (x+t)	
	Reservas M.R (x+t)	

Fuente: Gil Fana et al. (1999).

El primer bloque se centra en el cálculo de la prima neta nivelada (PNN). En este, se enlistarán las variables actuariales fundamentales, como el tipo de plan a utilizar, la tasa de interés técnico, la mortalidad esperada, edad, sumas aseguradas, el período y el tiempo de pago. Es relevante destacar que estas variables no están ligadas a la funcionalidad específica de un plan, ya que su análisis dependerá de la naturaleza de cada tipo de seguro.

Se han incluido nueve ítems que recibirán valores digitales, variando según el tipo de plan a registrar o consultar. De estos ítems, dos presentarán listas desplegables



para facilitar la selección de opciones, asegurando así la precisión en los datos ingresados. Una celda única mostrará el resultado de la PNN, utilizando fórmulas anidadas para calcular este valor de manera eficiente.

Figura 5: Primer bloque de la interfaz, cálculo de la Prima Neta Nivelada.

Cálculo de Primas	
Plan	<input type="text"/>
Tabla de Mortalidad	<input type="text"/>
Intéres Técnico (I)	<input type="text"/>
Suma Asegurada (Cf)	<input type="text"/>
Suma Asegurada (Cv)	<input type="text"/>
Edad de Emisión (x)	<input type="text"/>
Periodo de Cobertura (n)	<input type="text"/>
Pago de Primas (m)	<input type="text"/>
Tiempo Transcurrido de la Póliza (t)	<input type="text"/>
Edad en Vigencia (x+t)	<input type="text"/>
PNN	<input type="text"/>

S.V Entera Ord
S.V Entera P.L
S.V Temporal Ord
S.V Temporal P.L
S.V Dotal Puro Ord
S.V Dotal Puro P.L
S.V Dotal S. Ord
S.V Dotal S. P.L
S.V Dotal G. Ord
S.V Dotal G. P.L

CSO 41
CSO 58
GAM-71
CSO 80
CET 58

Fuente: Gil Fana et al. (1999).

El segundo bloque se clasifica según el tipo de sistema de reservas, incluyendo reservas a prima netas niveladas, sistema ATPC y sistema por comisionados. Además, se subclasifica por el método utilizado, ya sea prospectivo o retrospectivo. En este bloque, todas las celdas son de resultado, y la anidación de fórmulas actuariales en Excel permitirá calcular automáticamente un valor único, validando múltiples condiciones para generar un resultado específico en cada ejercicio planteado. Este enfoque optimiza el tiempo de cálculo y minimiza la posibilidad de errores en la introducción de datos.



Es importante señalar que el segundo bloque está diseñado específicamente para observar la reserva de un año en particular. Para ampliar la visión del usuario, se ha agregado un ítem que consulta si desea visualizar una tabla adicional. Esta tabla contendrá la reserva completa del plan seleccionado, incluyendo el tiempo, cada sistema de reservas y cada método utilizado, lo que permitirá al usuario tener una comprensión más amplia y detallada del desempeño del plan a lo largo del tiempo.

Adicionalmente, se han incorporado comentarios y notas explicativas en ciertas celdas para guiar al usuario en la introducción de datos y en la interpretación de resultados. Esto asegura que incluso aquellos con menor experiencia en actuaría puedan utilizar la aplicación de manera efectiva.

Figura 6: Segundo bloque de la interfaz, cálculo de la Reservas Matemáticas y Valores Garantizados para el año $x+t$.

Reservas Técnicas y Matemáticas		Valores Garantizados	
PNN		PNN	
Reservas M.P ($x+t$)		Capital de Rescate	
Reservas M.R ($x+t$)		Seguro Salado	
ATPC		ATPC	
α (ATPC)		Capital de Rescate	
β (ATPC)		Seguro Salado	
Reservas M.P ($x+t$)		COM	
Reservas M.R ($x+t$)		Capital de Rescate	
COM		Seguro Salado	
$19P_{x+1}$			
ax			
$ax:m$			
β (COM)			
α (COM)			
Reservas M.P ($x+t$)			
Reservas M.R ($x+t$)			



Fuente: Gil Fana et al. (1999).

Figura 7: Tabla de las Reservas Matemáticas.

5	x+t
Tiempo Transcurrido de la Póliza	Edad en Vigencia
0	0
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5

Sistema PNN		Sistema ATPC		Sistema COM	
M. Prospectivo	M. Retrospectivo	M. Prospectivo	M. Retrospectivo	M. Prospectivo	M. Retrospectivo
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Figura 8: Tabla de los Valores Garantizados

VALORES GARANTIZADOS		VALORES GARANTIZADOS		VALORES GARANTIZADOS	
Sistema PNN		Sistema ATPC		Sistema Comisionados	
Capital de Rescate	Seguro Saldado	Capital de Rescate	Seguro Saldado	Capital de Rescate	Seguro Saldado
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

1. Principales funciones de Excel utilizadas en el Programa

El programa de Excel que se ha diseñado para calcular primas, reservas y otros valores relacionados con seguros utiliza diversas funciones para gestionar los cálculos y la lógica de negocio. A continuación, se describen las funciones más relevantes y su propósito.

**a. Función SI**

La función **SI** es una de las más utilizadas en el programa, ya que permite aplicar una lógica condicional. Esto significa que se puede calcular un valor solo si se cumple una condición específica.

- **Propósito:** Validar y realizar cálculos sólo cuando se cumplan ciertas condiciones.
- **Sintaxis:** =SI (condición; valor_si_verdadero; valor_si_falso)

En el programa, la función **SI** se usa para:

- Validar el tipo de seguro seleccionado (por ejemplo, si el usuario elige "vida entera", la fórmula realizará el cálculo correspondiente a ese tipo de seguro).
- Verificar si las tasas de mortalidad, la edad del asegurado o los montos son válidos antes de realizar cualquier cálculo.

Ejemplo en el contexto del programa: Supongamos que se tiene que determinar la prima neta para un plan de vida entera, y si el plan es ordinario o con pagos extraordinarios, la fórmula sería algo como:

=SI(\$AD\$5="Vida entera ordinario"; \$AQ\$4; SI(\$AD\$5="Vida entera a pagos limitados"; \$AQ\$5; "Error"))

En este caso, la fórmula valida el tipo de plan seleccionado en la celda \$AD\$5. Si el plan es Vida Entera Ordinario, la fórmula devuelve el valor de la prima correspondiente en \$AQ\$4; si el plan es Vida Entera Extraordinario, devuelve el valor en \$AQ\$5. Si el tipo de plan no coincide, devuelve el texto "Error".

b. Función Y

La función **Y** es fundamental para realizar validaciones complejas en conjunto con la función **SI**. Esta función permite evaluar varias condiciones al mismo tiempo y devuelve VERDADERO si todas las condiciones son verdaderas, o FALSO si al menos una de las condiciones es falsa.



- **Propósito:** Evaluar varias condiciones de manera simultánea.
- **Sintaxis:** =Y(*condición1; condición2; ...; condiciónN*)

La función **Y** se utiliza en el programa para verificar que todas las condiciones necesarias para un cálculo sean ciertas antes de proceder. Por ejemplo, puede verificar que la edad del asegurado esté dentro de un rango válido, que los montos asegurados sean positivos, o que los datos del formulario estén completos.

Ejemplo:

```
=SI(Y($AD$5="Vida Entera"; $AD$11>1; $AD$13=""; $AD$15>1; AD17=""; $AD19=""); "Cálculo válido"; "Datos inválidos")
```

En este caso, se evalúan varias condiciones:

- El plan seleccionado debe ser "Vida Entera" (condición 1).
- El valor de \$AD\$11 (por ejemplo, edad del asegurado) debe ser mayor que 1 (condición 2).
- Además, se verifican otras condiciones (por ejemplo, que no haya campos vacíos o que ciertos valores estén dentro de rangos válidos).

Si todas las condiciones se cumplen, se devuelve "Cálculo válido"; de lo contrario, "Datos inválidos".

c. Función BUSCAR y BUSCARV

La función **BUSCAR** se utiliza para extraer datos de tablas de mortalidad. Por ejemplo, puede buscar una tasa de mortalidad para una edad específica dentro de una tabla de datos (como una tabla de mortalidad CSO58) y devolver el valor correspondiente.

- **Propósito:** Buscar valores en una tabla o rango de datos.
- **Sintaxis:** =BUSCAR(*valor_a_buscar; rango_búsqueda; rango_resultado*)

**Ejemplo en el contexto del programa:**

=BUSCAR(\$AD\$15; EDAD; Mx)

Esta fórmula busca la edad del asegurado (almacenada en \$AD\$15) dentro de la tabla EDAD y devuelve el valor correspondiente de la tabla de mortalidad Mx, valor conmutado para esa edad.

d. Función SECUENCIA

La función **SECUENCIA** se utiliza para generar una secuencia de números de manera automática. Esto puede ser útil en cálculos donde se necesiten generar una serie de fechas o años para calcular reservas a largo plazo.

- **Propósito:** Crear una secuencia de números (por ejemplo, años de cobertura).
- **Sintaxis:** =SECUENCIA(filas; columnas; [inicio]; [incremento])

Ejemplo:

=SI(AG25="no"; ""; SECUENCIA(AC27+1; 1; 0; 1))

Esta fórmula genera una secuencia de números comenzando desde 0 y con un incremento de 1 para la cantidad de filas especificada en AC27 + 1. Se usa para calcular valores acumulados, como reservas anuales.

2. Validación de Datos y Restricciones

La validación de datos es un proceso esencial para asegurarse de que los cálculos realizados en el programa sean correctos y que no se ingresen datos erróneos. Excel ofrece varias herramientas para restringir los tipos de datos que los usuarios pueden ingresar y para asegurarse de que las fórmulas se ejecuten solo cuando las condiciones sean adecuadas.



a. Validación de Entrada con Listas Desplegables

Una de las formas más comunes de restringir los datos introducidos por el usuario es mediante listas desplegables. Estas listas permiten que el usuario seleccione entre opciones predefinidas en lugar de escribir un valor libremente, lo que ayuda a evitar errores de tipeo o valores fuera de rango.

- **Propósito:** Restringir las opciones disponibles al usuario.
- **Cómo se aplica:** En celdas clave como tipo de seguro, tabla de mortalidad, o método de cálculo, se utilizan listas desplegables para garantizar que solo se seleccionen opciones válidas.

Ejemplo: Si el usuario tiene que elegir entre diferentes tipos de seguros (como Vida Entera o Temporal), se puede crear una lista desplegable con esas opciones.

b. Restricción de Rango de Edad y Valores Numéricos

Además de las listas desplegables, Excel permite establecer restricciones numéricas en ciertas celdas. Esto asegura que los valores ingresados sean realistas y estén dentro de los rangos aceptados. Se establece que la edad del asegurado esté entre 18 y 100 años. Si el usuario intenta ingresar un valor fuera de este rango, Excel devolverá un mensaje de error.

Cómo se aplica: En el formulario de entrada, se configura la validación de celdas para permitir solo números en un rango específico.

c. Validación de Condiciones con la Función SI y Y

Además de las restricciones básicas, las fórmulas de condición (SI, Y, etc.) se utilizan para garantizar que los cálculos solo se realicen cuando se cumplan varias condiciones. Si alguna de las condiciones no se cumple, la fórmula devolverá un mensaje de error o un valor de "Datos no válidos".

Ejemplo de validación compleja:



=SI(Y(\$AD\$5="Vida Entera"; \$AD\$11>1; \$AD\$15<100); "Cálculo válido"; "Datos inválidos")

En este caso, Excel verificará que el tipo de seguro sea Vida Entera, que la edad del asegurado (almacenada en \$AD\$11) sea mayor que 1, y que la suma asegurada esté por debajo de 100. Si no se cumplen estas condiciones, se devolverá datos inválidos.

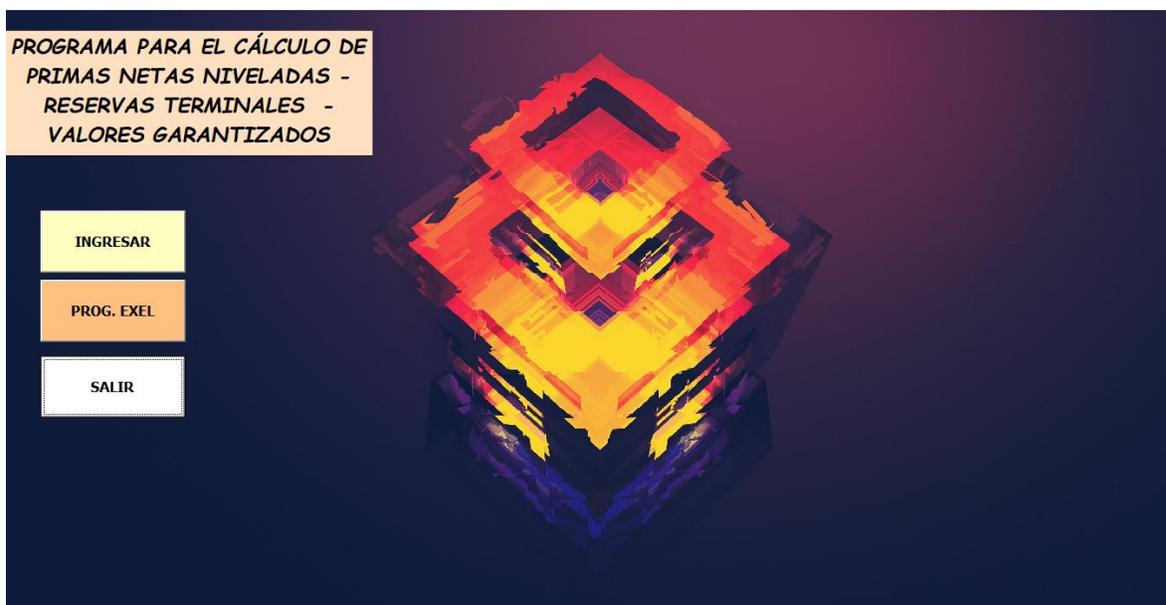
Etapa IV: Desarrollo de la aplicación en VBA

Esta etapa consiste en desarrollar el programa en Visual Basic For Application (VBA). Para facilitar el análisis del comportamiento de las distintas variables que se toman en cuenta en los seguros tradicionales de vida individual se crearon formularios. Las variables de resultados que se obtuvieron fueron: La Prima Neta Nivelada, las Reservas Terminales, Valores de rescate y el Seguro Saldado. Los formularios que se crearon fueron los siguientes:

Formulario 1. Programa para el cálculo de Primas Netas Niveladas, Reservas Terminales y Valores Garantizados.

Este formulario tiene la función de facilitar el acceso a las operaciones de cálculos que se pueden hacer con las reservas matemáticas de los seguros de vida individual, visualizar el programa el Excel y la acción de salir del formulario. Cuenta con una etiqueta o labels que contiene el título de presentación y tres botones de comando o CommandButton que tiene la función de acceder a los formularios, al Excel y salir del formulario.

Figura 9: Bienvenida del programa



Fuente: Elaboración propia

Formulario 2. Reserva Matemática de los Seguros de Vida Individual y Valores Garantizados

Figura 10: Formulario de visual N°2

Automatización del cálculo de las reservas y valores garantizados

Cálculo de Primas	
Tabla de Mortalidad	CSO 58
Intérés Técnico (I)	0.045
Plan de Seguro	S.V Temporal P.L
Edad de Emisión (x)	30
Período de Cobertura (n)	30
Pago de Primas (m)	15
Edad en Vigencia (x+t)	42
Tiempo Transcurrido de la Póliza (t)	12

Suma Asegurada (Cf)	50000
Suma Asegurada (Cv)	
Prima Neta Nivelada (PNN)	C\$364.08

PRIMA NETA NIVELADA

RESERVAS TERMINALES

V. GARANTIZADOS




Fuente: Elaboración Propia

La función de este formulario es mostrar el cálculo de la Prima Neta Nivelada (PNN) de los planes de seguros de vida individual, a la misma vez permite acceder al formulario de las reservas terminales y de los valores garantizados. Para el cálculo de la Prima Neta Nivelada intervienen las siguientes variables:

- a) Tabla de mortalidad;
- b) Tipo de plan de seguro (Vida entera, Dotal puro, Temporal y Dotal o Dotal mixto)
- c) Tasa de interés técnico;
- d) Suma asegurada;
- e) Edad del asegurado al emitirse la póliza;
- f) Período de cobertura del seguro y;
- g) Pagos de primas a realizar por el asegurado.

El formulario este compuesto por los siguientes objetos:



- Trece etiquetas o labels que contiene el título del formulario, los nombres de las variables y las variables respuesta (edad en vigencia y PNN).
- Dos cuadros combinados o de lista desplegable que contienen el tipo de tabla de mortalidad y el tipo de plan de seguro.
- Cinco botones de comando o `commandButton` que realizan la acción de calcular la Prima Neta Nivelada, acceder al formulario de las reservas terminales y valores garantizados, limpiar para realizar nuevos cálculos y el botón salir del formulario.

Formulario 3. Reserva Terminales mediante sistema de Prima Neta Nivelada, Año Temporal Preliminar Completo y de los Comisionados

Este formulario muestra el cálculo de las reservas terminales en la que intervienen dos tipos de variables, las variables endógenas que son:

- La tabla de mortalidad
- Tipo de plan de seguro (Vida entera, Dotal puro, Temporal y Dotal o Dotal mixto),
- Tasa de interés técnico;
- Suma asegurada;
- Edad del asegurado al emitirse la póliza;
- Período de cobertura del seguro,
- Pagos de primas a realizar el asegurado.

Y las variables exógenas que son:

- Prima neta nivelada;
- Reserva terminal por sistema de Prima Neta Nivelada, Año Temporal Preliminar Completo y por los comisionados.

El formulario este compuesto por siguientes objetos:

- Dieciocho etiquetas o labels que contienen el nombre del formulario, los métodos de cálculos de reservas y los nombres de las variables a calcular.

- Trece etiqueta o labels que muestran los cálculos de cada una de las variables que están asociado a cada método de cálculo de reservas.
- Tres botones de comando o CommandButton que realizan la acción de ejecutar el cálculo de las reservas, mostrar el formulario que contiene la tabla de las reservas y uno que sirve para salir del formulario.

Figura 11: Formulario de visual N°3

Cálculo de las Reservas Matemáticas

Primas Netas Niveladas	Año Temporal Preliminar Completo	
Resultados	Condiciones	Resultados
Reservas M.P. (x+t) C\$3,909.27	α (ATPC) C\$101.91	Reservas M.P. (X+t) C\$3,834.63
Reservas M.R. (x+t) C\$3,909.27	β (ATPC) C\$390.17	Reservas M.R. (X+t) C\$3,834.63

Sistema de los Comisiones			
Condiciones	Resultados		
19Px+1 C\$774.91	Reservas M.P. (X+t) C\$0.00	<div style="background-color: #a020f0; color: white; padding: 10px; margin-bottom: 5px; border: 1px solid #a020f0;">CALCULAR</div> <div style="background-color: #a020f0; color: white; padding: 10px; margin-bottom: 5px; border: 1px solid #a020f0;">MOSTRAR TABLA</div> <div style="background-color: #a020f0; color: white; padding: 10px; border: 1px solid #a020f0;">SALIR</div>	
ax C\$101.91	Reservas M.R. (X+t) C\$0.00		
ax:m C\$11.05			
β (COM) C\$424.99			
α (COM) -C\$248.01			

Fuente: Elaboración propia

Formulario 4. Valores Garantizados y Seguro Saldado

La función de este formulario es realizar un análisis de los valores garantizados y del seguro saldado para aquellos clientes que quieren rescindir de su plan de seguro, es decir, las compañías de seguros de vida suelen ofrecer valores garantizados a los asegurados que desean abandonar el plan de seguro o a aquellos que no pueden continuar pagando las primas. Estos valores son, en cualquiera de sus formas, actuarialmente equivalentes al valor en efectivo de la póliza, es decir, al monto de dinero al contado que recibe el asegurado en caso de



interrupción. Este valor en efectivo se conoce generalmente con el nombre de *Valor de rescate* de la póliza.

De lo ante expuesto resulta el seguro saldado que consiste en tomar el capital de rescate como una prima única que el asegurado deja en poder del asegurador (sin más obligación de pagos de primas) para tener un seguro vigente de las mismas características que el rescindido, en cuanto a su duración, pero por un capital reducido que resulte suficiente o adecuado para dicha prima única pagada. En otras palabras, en el Seguro Saldado, el asegurado utiliza su valor de rescate para continuar con el seguro, conservando el plazo contratado, pero disminuyendo su suma asegurada.

Figura 12: Formulario de visual N°4

The screenshot shows a software interface titled "Valores Garantizados" with a red-to-orange gradient background. It contains several data tables and control buttons.

Primas Netas Niveladas	
CAPITAL DE RESCATE	C\$3,909.27
SEGURO SALDADO	C\$39,481.24

Año Temporal Preliminar Completo	
CAPITAL DE RESCATE	C\$3,834.63
SEGURO SALDADO	C\$38,727.45

DEBE DE CUMPLIR LA CONDICIÓN:
 $BETA(ATPC) > 19P_{x+1}$

Sistema de los Comisionados	
CAPITAL DE RESCATE	C\$0.00
SEGURO SALDADO	C\$0.00

Buttons: CALCULAR, MOSTRAR TABLA, SALIR

Fuente: Elaboración Propia.

El formulario está compuesto por los siguientes objetos:

- Once etiquetas o labels que contiene el nombre de las variables a calcular, el título del formulario, el tipo de método de cálculos de reservas y la



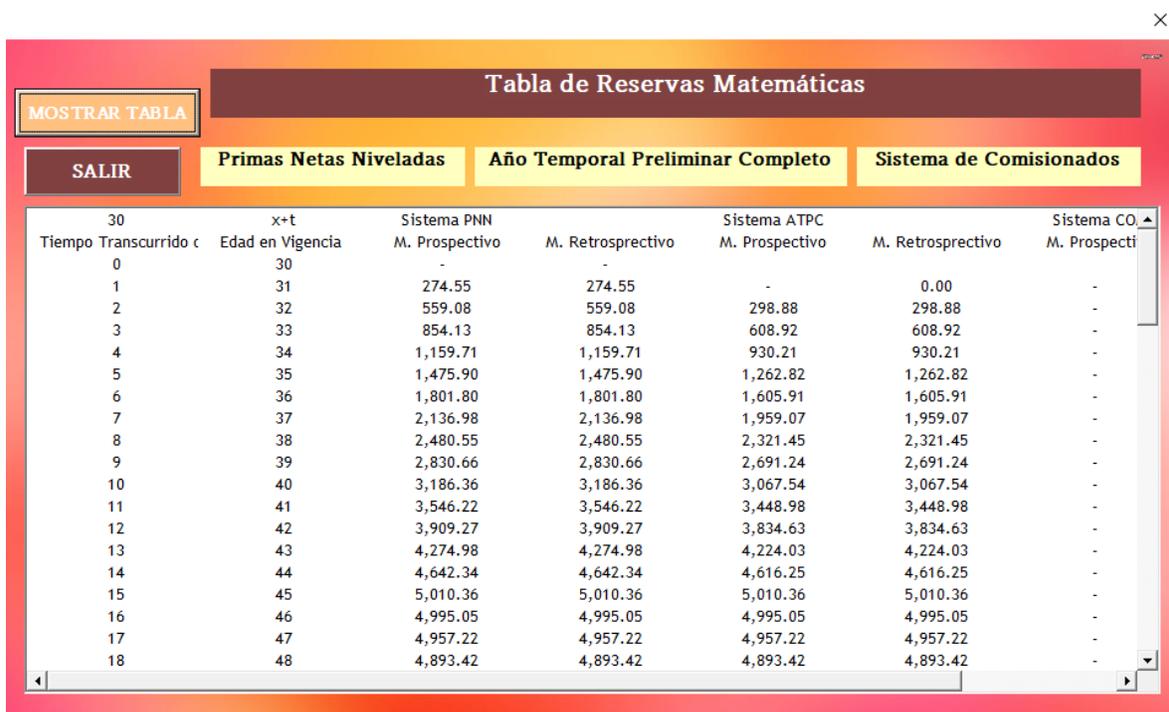
condición que debe cumplir en el caso que sea por el método de los comisionados.

- Seis etiquetas o labels que contiene los cálculos de los valores garantizados de forma resumida por los diferentes métodos de cálculo de reservas.
- Tres botones de comando o CommandButton que realizan la acción de ejecutar el cálculo de los valores garantizados, mostrar el formulario que contiene la tabla con el detalle de los valores garantizados según la vigencia del plan de seguro y uno que sirve para salir del formulario.

Formulario 5. Tablas de Reservas Terminales

Este formulario fue diseñado con el propósito de mostrar cada importe de reservas que debe constituirse en cada año de vigencia del plan de seguro. En la imagen se observa los distintos montos de reservas que debe constituir la compañía para un seguro temporal a pago limitado al aplicar los distintos métodos de cálculos de reservas. En el ejemplo se puede notar que, al transcurrir un año, después de la emisión de la póliza, el valor de la reserva es distinto de cero por el método de la Prima Neta Nivelada, no así, por el método del ATPC y de los Comisionados. Al llegar a la finalización del contrato la compañía debe tener reservado exactamente el valor de la suma asegurada por cualquiera de los tres métodos de cálculos antes mencionados.

Figura 13: Formulario de visual N°5



30	x+t	Sistema PNN	M. Retrospectivo	Sistema ATPC	M. Retrospectivo	Sistema CO.
Tiempo Transcurrido c	Edad en Vigencia	M. Prospectivo	M. Retrospectivo	M. Prospectivo	M. Retrospectivo	M. Prospectivo
0	30	-	-	-	-	-
1	31	274.55	274.55	-	0.00	-
2	32	559.08	559.08	298.88	298.88	-
3	33	854.13	854.13	608.92	608.92	-
4	34	1,159.71	1,159.71	930.21	930.21	-
5	35	1,475.90	1,475.90	1,262.82	1,262.82	-
6	36	1,801.80	1,801.80	1,605.91	1,605.91	-
7	37	2,136.98	2,136.98	1,959.07	1,959.07	-
8	38	2,480.55	2,480.55	2,321.45	2,321.45	-
9	39	2,830.66	2,830.66	2,691.24	2,691.24	-
10	40	3,186.36	3,186.36	3,067.54	3,067.54	-
11	41	3,546.22	3,546.22	3,448.98	3,448.98	-
12	42	3,909.27	3,909.27	3,834.63	3,834.63	-
13	43	4,274.98	4,274.98	4,224.03	4,224.03	-
14	44	4,642.34	4,642.34	4,616.25	4,616.25	-
15	45	5,010.36	5,010.36	5,010.36	5,010.36	-
16	46	4,995.05	4,995.05	4,995.05	4,995.05	-
17	47	4,957.22	4,957.22	4,957.22	4,957.22	-
18	48	4,893.42	4,893.42	4,893.42	4,893.42	-

Fuente: Elaboración Propia

El formulario, está compuesto por los siguientes objetos

- Cuatro etiquetas o labels que contiene el nombre del formulario y de los métodos de cálculo de reservas.
- Dos botones de comando o CommandButton que realiza la acción de mostrar los resultados de las reservas y salir del formulario.
- Un ListBox que muestra los cálculos de las reservas por cada uno de los métodos aplicado.

Formulario 6. Tabla de valores Garantizados

El propósito de este formulario es mostrar el detalle de los valores garantizados y del seguro saldado. En la imagen se observa el capital de rescate y del seguro saldado de un seguro temporal a pago limitado por cada uno de los métodos de cálculos de reservas. Por el sistema de los comisionados estos valores son cero esto es debido a que, en este tipo seguro, a diferencia de los otros planes, se caracteriza por no tener valores de rescate debido a que sus reservas terminales

son pequeñas hasta llegar a cero al finalizar el plazo de cobertura, por ende, tampoco tiene seguro saldado, ya que estos se calculan en base a los valores de rescate.

Figura 14: Formulario de visual N°6



VALORES GARANTIZADOS Sistema PNN		VALORES GARANTIZADOS Sistema ATPC		VALORES GARANTIZADOS Sistema Comisionados	
Capital de Rescate	Seguro Saldado	Capital de Rescate	Seguro Saldado	Capital de Rescate	Seguro Saldado
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
347.91	3,987.70	279.06	3,198.55	-	-
737.95	8,292.86	631.41	7,095.60	-	-
1,081.08	11,918.19	963.54	10,622.43	-	-
1,495.89	16,190.29	1,371.35	14,842.36	-	-
1,984.44	21,107.69	1,857.16	19,753.84	-	-
2,547.59	26,669.84	2,422.12	25,356.28	-	-
3,186.36	32,887.40	3,067.54	31,661.08	-	-
3,546.22	36,162.71	3,448.98	35,171.11	-	-
3,909.27	39,481.24	3,834.63	38,727.45	-	-
4,274.98	42,870.88	4,224.03	42,360.00	-	-
4,642.34	46,363.90	4,616.25	46,103.33	-	-
5,010.36	50,000.00	5,010.36	50,000.00	-	-

Fuente: Elaboración propia

El formulario, está compuesto por los siguientes objetos:

- Cuatro etiquetas o labels que contiene el nombre del formulario y de los métodos de cálculos de reservas de cual se obtienen los valores de rescate y del seguro saldado.
- Dos botones de comando o CommandButton que realiza la acción de mostrar los resultados de los valores de rescate y del seguro saldado y salir del formulario.
- Un ListBox que muestra los cálculos del capital de rescate y del seguro saldado por cada uno de los métodos de cálculos de reservas.

**Etapas V: Funcionalidad del programa de Automatización de Cálculos de Reservas Matemáticas y Valores Garantizados de los seguros de vida individual.**

En esta etapa se evaluó la funcionalidad del programa que automatiza el cálculo de la prima neta nivelada, las reservas de los seguros de vida individual y los valores garantizados. Para ello, se realizaron diversos casos prácticos, resolviendo manualmente cada uno de ellos. Posteriormente, se introdujeron los mismos datos en el programa para verificar si los resultados obtenidos eran iguales con los cálculos manuales. Las pruebas confirmaron que el programa genera resultados precisos, garantizando así su confiabilidad y exactitud.

Ejercicio N°1.

Un asegurado de 30 años solicita un seguro de vida vitalicio con 30 pagos anuales, y una suma asegurada de C\$ 60,000. Utilizando la tabla de mortalidad CSO 58 y un interés técnico del 4.5%, se requiere calcular:

- Prima neta nivelada.
- Reserva matemática al 6° año de la póliza.
- Valores garantizados.

Solución:

Tabla de mortalidad	CSO 58
Interés técnico	4.5 %
Plan	Vida Entera a Pagos L
Suma asegurada	C\$ 60,000.00
Edad de emisión	30
Cobertura	Vitalicio
Pagos	30
Vigencia	6

Usando el sistema de Primas Netas Niveladas los cálculos son los siguientes:

$$PNN = S.A * {}_mP_x = S.A * \left[\frac{A_x}{\ddot{a}_{x:\overline{m}|}} \right] = S.A * \frac{M_x}{N_x - N_{x+m}}$$



$$PNN = 60,000 * \frac{M_{30}}{N_{30} - N_{60}} = \text{C\$ } 707.57$$

Teniendo la PNN, calculamos la reserva por el sistema PNN, ATPC y Comisionados por ambos métodos (prospectivo y retrospectivo) usando la fórmula correspondiente al plan indicado en el ejercicio obteniendo los siguientes valores:

- **Sistema de Reservas a Primas Netas Nivelas**

Método Prospectivo.

$${}_t^m V_x = S.A * \frac{M_{x+t}}{D_{x+t}} - {}_m P_x * \frac{N_{x+t} - N_{x+m}}{D_{x+t}}$$

$${}_{30}^6 V_{30} = 60,000 * \frac{M_{36}}{D_{36}} - {}_{30} P_{30} * \frac{N_{36} - N_{30}}{D_{36}} = \text{C\$ } 4,078.44$$

Método Retrospectivo.

$${}_t^m V_x = P * \left(\frac{N_x - N_{x+t}}{D_{x+t}} \right) - S.A * \left(\frac{M_x - M_{x+t}}{D_{x+t}} \right) \quad t < m$$

$${}_{30}^6 V_{30} = 707.57 * \left(\frac{N_{30} - N_{36}}{D_{36}} \right) - 60,000 * \left(\frac{M_{30} - M_{36}}{D_{36}} \right) = \text{C\$ } 4,078.44$$

- **Sistema de Reservas a Año Temporal Preliminar Completo (ATPC)**

Prima neta modificada del 1er año:

$$\alpha_x = S.A * \frac{C_x}{D_x}$$

$$\alpha_{30} = 60,000 * \frac{C_{30}}{D_{30}} = \text{C\$ } 122.30$$

Prima neta de renovación:

$$\beta^{ATPC} = \frac{P * (N_x - N_{x+k}) - S.A * C_x}{N_{x+1} - N_{x+k}}; \quad k = m$$

$$\beta^{ATPC} = \frac{707.57 * (N_{30} - N_{60}) - 60,000 * C_{30}}{N_{31} - N_{60}} = \text{C\$ } 745.77$$



Para utilizar este sistema se tienen que cumplir las siguientes condiciones:

$$\alpha < PNN \quad | \quad 122.30 < 707.57 \quad \text{Sí, se cumple}$$

$$\beta > PNN \quad | \quad 745.77 > 707.57 \quad \text{Sí, se cumple}$$

Método Prospectivo.

$${}^m_tV_x = S.A * \frac{M_{x+t}}{D_{x+t}} - \beta^{ATPC} * \frac{N_{x+t} - N_{x+m}}{D_{x+t}}$$

$${}^{30}_6V_{30} = 60,000 * \frac{M_{36}}{D_{36}} - 745.77 * \frac{N_{36} - N_{60}}{D_{36}} = \text{C\$ } 3,525.69$$

Método Retrospectivo.

$${}^m_tV_x = \alpha_x * \frac{N_x - N_{x+1}}{D_{x+t}} + \beta^{ATPC} * \frac{N_{x+1} - N_{x+t}}{D_{x+t}} - S.A * \frac{M_x - M_{x+t}}{D_{x+t}}$$

$${}^{30}_6V_{30} = 122.30 * \frac{N_{30} - N_{31}}{D_{36}} + 745.77 * \frac{N_{31} - N_{36}}{D_{36}} - 60,000 * \frac{M_{30} - M_{36}}{D_{36}} = \text{C\$ } 3,525.69$$

- **Sistema de Reservas por Comisionados**

Condiciones

$${}_{19}P_{x+1} = S.A * \left[\frac{M_{x+1}}{N_{x+1} - N_{x+20}} \right]$$

$${}_{19}P_{31} = 60,000 * \left[\frac{M_{31}}{N_{31} - N_{50}} \right] = \text{C\$ } 929.89$$

$$\alpha_x = S.A * \frac{C_x}{D_x}$$

$$\alpha_x = 60,000 * \frac{C_{30}}{D_{30}} = \text{C\$ } 122.30$$

$$\ddot{a}_{x:\overline{m}|} = \frac{N_x - N_{x+m}}{D_x}$$

$$\ddot{a}_{30:\overline{30}|} = \frac{N_{30} - N_{60}}{D_{30}} = \text{C\$ } 16.32$$



Prima neta modificada del 1er año:

$$\beta^{COM} = P + \frac{({}_{19}P_{x+1} - \alpha_x)}{\ddot{a}_{x:\overline{m}|}}; \quad k = m$$

$$\beta^{COM} = 707.57 + \frac{(929.89 - 122.30)}{16.32} = \text{C\$ } 757.06$$

Prima modificada del 1er año:

$$\alpha^{COM} = \beta^{COM} - ({}_{19}P_{x+1} - \alpha_x); \text{ en donde } \alpha_x = \frac{C_x}{D_x}$$

$$\alpha^{COM} = 757.06 - (929.89 - 122.30) = -50.54$$

Para utilizar el método por comisionados, se tiene que cumplir la siguiente condición:

$$(\beta^{ATPC} > {}_{19}P_{x+1}) \quad | \quad 745.77 > 929.89 \quad \text{No, se cumple}$$

Tabla 8: Reservas matemáticas a través de los sistemas de primas netas niveladas, ATPC y comisionados.

		Reservas Matemáticas					Reservas Matemáticas		
	x+t	PNN	ATPC	COM		x+t	PNN	ATPC	COM
t	x	Resultados	Resultados	Resultados	t	x	Resultados	Resultados	Resultados
0	30	-			36	66	35,917.31	35,917.31	-
1	31	612.91	0.00	-	37	67	36,725.01	36,725.01	-
2	32	1,251.24	649.36	-	38	68	37,522.60	37,522.60	-
3	33	1,916.27	1,325.89	-	39	69	38,306.95	38,306.95	-
4	34	2,608.76	2,030.40	-	40	70	39,076.44	39,076.44	-
5	35	3,329.56	2,763.74	-	41	71	39,830.65	39,830.65	-
6	36	4,078.44	3,525.69	-	42	72	40,570.94	40,570.94	-
7	37	4,855.79	4,316.68	-	43	73	41,299.87	41,299.87	-
8	38	5,661.57	5,136.64	-	44	74	42,021.02	42,021.02	-
9	39	6,494.69	5,984.54	-	45	75	42,735.93	42,735.93	-
10	40	7,355.27	6,860.48	-	46	76	43,444.36	43,444.36	-
11	41	8,242.96	7,764.14	-	47	77	44,143.87	44,143.87	-
12	42	9,158.07	8,695.85	-	48	78	44,830.30	44,830.30	-
13	43	10,101.52	9,656.57	-	49	79	45,498.12	45,498.12	-
14	44	11,073.86	10,646.88	-	50	80	46,143.39	46,143.39	-
15	45	12,075.80	11,667.52	-	51	81	46,764.16	46,764.16	-

**UNA APLICACIÓN EN EXCEL Y VBA.**

16	46	13,107.75	12,718.94	-	52	82	47,359.96	47,359.96	-
17	47	14,169.82	13,801.29	-	53	83	47,932.39	47,932.39	-
18	48	15,262.34	14,914.94	-	54	84	48,484.28	48,484.28	-
19	49	16,385.43	16,060.06	-	55	85	49,018.78	49,018.78	-
20	50	17,539.48	17,237.10	-	56	86	49,538.93	49,538.93	-
21	51	18,724.76	18,446.38	-	57	87	50,048.34	50,048.34	-
22	52	19,941.85	19,688.57	-	58	88	50,551.27	50,551.27	-
23	53	21,192.12	20,965.10	-	59	89	51,052.17	51,052.17	-
24	54	22,476.54	22,277.06	-	60	90	51,555.37	51,555.37	-
25	55	23,796.58	23,626.01	-	61	91	52,065.09	52,065.09	-
26	56	25,153.83	25,013.69	-	62	92	52,585.84	52,585.84	-
27	57	26,549.83	26,441.78	-	63	93	53,123.54	53,123.54	-
28	58	27,986.50	27,912.35	-	64	94	53,688.06	53,688.06	-
29	59	29,466.22	29,428.02	-	65	95	54,298.62	54,298.62	-
30	60	30,992.36	30,992.36	-	66	96	54,978.20	54,978.20	-
31	61	31,813.71	31,813.71	-	67	97	55,749.73	55,749.73	-
32	62	32,636.77	32,636.77	-	68	98	56,595.78	56,595.78	-
33	63	33,460.24	33,460.24	-	69	99	57,416.27	57,416.27	-
34	64	34,282.64	34,282.64	-	70	100	60,000.00	60,000.00	-
35	65	35,102.33	35,102.33	-					

A continuación, se realiza el mismo procedimiento en el programa desarrollado en VBA:

Figura 15: Cálculo de la Prima Neta Nivelada para un Seguro de Vida Entera de una Persona de 30 años.

Automatización del cálculo de las reservas y valores garantizados

Cálculo de Primas			
Tabla de Mortalidad	CSO 58	Suma Asegurada (Cf)	60.000,00 €
Intérés Técnico (I)	4,50%	Suma Asegurada (Cv)	
Plan de Seguro	S.V Entera P.L	Prima Neta Nivelada (PNN)	707,57 €
Edad de Emisión (x)	30		
Período de Cobertura (n)			
Pago de Primas (m)	30		
Edad en Vigencia (x+t)	36		
Tiempo Transcurrido de la Póliza (t)	6		

PRIMA NETA NIVELADA

RESERVAS TERMINALES

V. GARANTIZADOS




Fuente: Elaboración propia

Figura 16: Cálculo de la reserva para el año 6 de vigencia de la póliza por el método de la prima neta nivelada, Año temporal preliminar completo y comisionados.

Cálculo de las Reservas Matemáticas

Primas Netas Niveladas		Año Temporal Preliminar Completo			
Resultados		Condiciones		Resultados	
Reservas M.P (x+t)	4.078,44 €	α (ATPC)	122,30 €	Reservas M.P (X+t)	3.525,69 €
Reservas M.R (x+t)	4.078,44 €	β (ATPC)	745,77 €	Reservas M.R (X+t)	3.525,69 €

Sistema de los Comisiones			
Condiciones		Resultados	
19P _{x+1}	929,89 €	Reservas M.P. (X+t)	0,00 €
ax	122,30 €	Reservas M.R. (X+t)	0,00 €
ax:m	16,32 €		
β (COM)	757,06 €		
α (COM)	-50,54 €		

CALCULAR

MOSTRAR TABLA

SALIR

Fuente: Elaboración propia

Figura 17: Representación de la Reserva Matemática a lo largo de la vigencia del Seguro de Vida Entera para una persona de 30 años, aplicando los tres métodos.

Tabla de Reservas Matemáticas						
MOSTRAR TABLA						
SALIR		Primas Netas Niveladas	Año Temporal Preliminar Completo		Sistema de Comisionados	
70	x+t	Sistema PNN		Sistema ATPC		Sistema CO
Tiempo Transcurrido c	Edad en Vigencia	M. Prospectivo	M. Retrospectivo	M. Prospectivo	M. Retrospectivo	M. Prospectivo
0	30	-	-	0,00	0,00	-
1	31	612,91	612,91	649,36	649,36	-
2	32	1.251,24	1.251,24	1.325,89	1.325,89	-
3	33	1.916,27	1.916,27	2.030,40	2.030,40	-
4	34	2.608,76	2.608,76	2.763,74	2.763,74	-
5	35	3.329,56	3.329,56	3.525,69	3.525,69	-
6	36	4.078,44	4.078,44	4.316,68	4.316,68	-
7	37	4.855,79	4.855,79	5.136,64	5.136,64	-
8	38	5.661,57	5.661,57	5.984,54	5.984,54	-
9	39	6.494,69	6.494,69	6.860,48	6.860,48	-
10	40	7.355,27	7.355,27	7.764,14	7.764,14	-
11	41	8.242,96	8.242,96	8.695,85	8.695,85	-
12	42	9.158,07	9.158,07	9.656,57	9.656,57	-
13	43	10.101,52	10.101,52	10.646,88	10.646,88	-
14	44	11.073,86	11.073,86	11.667,52	11.667,52	-
15	45	12.075,80	12.075,80	12.718,94	12.718,94	-
16	46	13.107,75	13.107,75	13.801,29	13.801,29	-
17	47	14.169,82	14.169,82	14.914,94	14.914,94	-
18	48	15.262,34	15.262,34			
19	49					
20	50					
21	51	46.764,16	46.764,16	46.764,16	46.764,16	-
22	52	47.359,96	47.359,96	47.359,96	47.359,96	-
23	53	47.932,39	47.932,39	47.932,39	47.932,39	-
24	54	48.484,28	48.484,28	48.484,28	48.484,28	-
25	55	49.018,78	49.018,78	49.018,78	49.018,78	-
26	56	49.538,93	49.538,93	49.538,93	49.538,93	-
27	57	50.048,34	50.048,34	50.048,34	50.048,34	-
28	58	50.551,27	50.551,27	50.551,27	50.551,27	-
29	59	51.052,17	51.052,17	51.052,17	51.052,17	-
30	60	51.555,37	51.555,37	51.555,37	51.555,37	-
31	61	52.065,09	52.065,09	52.065,09	52.065,09	-
32	62	52.585,84	52.585,84	52.585,84	52.585,84	-
33	63	53.123,54	53.123,54	53.123,54	53.123,54	-
34	64	53.688,06	53.688,06	53.688,06	53.688,06	-
35	65	54.298,62	54.298,62	54.298,62	54.298,62	-
36	66	54.978,20	54.978,20	54.978,20	54.978,20	-
37	67	55.749,73	55.749,73	55.749,73	55.749,73	-
38	68	56.595,78	56.595,78	56.595,78	56.595,78	-
39	69	57.416,27	57.416,27	57.416,27	57.416,27	-
40	70	60.000,00	60.000,00	60.000,00	60.000,00	-

Fuente: Elaboración propia.



Figura 18: Representación de los Valores Garantizados por los tres métodos de Cálculo de Reservas para un Seguro de Vida Entera de una persona de 30 años.

TABLA DE VALORES GARANTIZADOS					
MOSTRAR TABLA		Primas Netas Niveladas	Año Temporal Preliminar Completo	Sistema de Comisionados	
SALIR					
VALORES GARANTIZADOS		VALORES GARANTIZADOS		VALORES GARANTIZADOS	
Sistema PNN		Sistema ATPC		Sistema Comisionados	
Capital de Rescate	Seguro Saldado	Capital de Rescate	Seguro Saldado	Capital de Rescate	Seguro Saldado
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
782,63	3.525,37	609,12	2.743,80	-	-
1.664,78	7.233,72	1.381,87	6.004,43	-	-
2.447,06	10.256,48	2.115,41	8.866,43	-	-
3.399,06	13.742,65	3.021,67	12.216,86	-	-
4.529,25	17.665,87	4.109,32	16.027,95	-	-
5.845,22	21.998,39	5.386,09	20.270,44	-	-
7.355,27	26.716,00	6.860,48	24.918,81	-	-
8.242,96	28.904,52	7.764,14	27.225,50	-	-
9.158,07	31.012,14	8.695,85	29.446,92	-	-
10.101,52	33.043,94	9.656,57	31.588,42	-	-
11.073,86	35.004,08	10.646,88	33.654,40	-	-
12.075,80	36.896,85	11.667,52	35.649,37	-	-

Fuente: Elaboración propia.

**Ejercicio N°2.**

Una persona de 35 años está considerando contratar un **Seguro de Vida Temporal** con una duración de 20 años, realizando pagos durante 15 años. Suma asegurada por C\$ 35,000. Calcular:

- Prima neta nivelada.
- Reserva matemática al año 12.
- Valores garantizados.

Tabla de mortalidad	CSO 58
Interés técnico	4.5 %
Plan	Vida Temporal a Pagos L
Suma asegurada	C\$ 35,000.00
Edad de emisión	35
Cobertura	20
Pagos	15
Vigencia	12

Usando el sistema de Primas Netas Niveladas los cálculos son los siguientes:

$$PNN = S.A * mP_{x:\bar{n}}^1 = S.A \left[\frac{A_{x:\bar{n}}^1}{\ddot{a}_{x:\bar{m}}^1} \right] = S.A * \left[\frac{M_x - M_{x+n}}{N_x - N_{x+m}} \right]$$

$$PNN = 35,000 * \frac{M_{35} - M_{55}}{N_{35} - N_{50}} = \text{C\$ } 205.72$$

Teniendo la PNN, calculamos la reserva por el sistema PNN, ATPC y Comisionados por ambos métodos (prospectivo y retrospectivo) usando la fórmula correspondiente al plan indicado en el ejercicio

- **Sistema de Reservas a Primas Netas Nivelas**

Método Prospectivo.

$${}_tV_{x:\bar{n}}^1 = S.A * \frac{M_{x+t} - M_{x+n}}{D_{x+t}} - mP_{x:\bar{n}}^1 * \frac{N_{x+t} - N_{x+m}}{D_{x+t}}$$

$${}_{12}V_{35:\overline{20}}^1 = 35,000 * \frac{M_{47} - M_{55}}{D_{47}} - 205.72 * \frac{N_{47} - N_{50}}{D_{47}} = \text{C\$ } 1,365.10$$

**Método Retrospectivo.**

$${}^m_tV_x = P * \left(\frac{N_x - N_{x+t}}{D_{x+t}} \right) - S.A * \left(\frac{M_x - M_{x+t}}{D_{x+t}} \right)$$

$${}^{15}_{12}V_{35} = 205.72 * \left(\frac{N_{35} - N_{47}}{D_{47}} \right) - 35,000 * \left(\frac{M_{35} - M_{47}}{D_{47}} \right) = \text{C\$ } 1,365.10$$

- **Sistema de Reservas a Año Temporal Preliminar Completo (ATPC)**

Prima neta modificada del 1er año:

$$\alpha_x = S.A * \frac{C_x}{D_x}$$

$$\alpha_{35} = 35,000 * \frac{C_{35}}{D_{35}} = \text{C\$ } 84.07$$

Prima neta de renovación:

$$\beta^{ATPC} = \frac{P * (N_x - N_{x+k}) - S.A * C_x}{N_{x+1} - N_{x+k}}; \quad k = m$$

$$\beta^{ATPC} = \frac{205.72 * (N_{35} - N_{50}) - 35,000 * C_{35}}{N_{36} - N_{50}} = \text{C\$ } 217.90$$

Para utilizar este sistema se tienen que cumplir las siguientes condiciones:

$$\alpha < PNN \quad | \quad 84.07 < 205.72 \quad \text{Sí, se cumple}$$

$$\beta > PNN \quad | \quad 217.90 > 205.72 \quad \text{Sí, se cumple}$$

Método Prospectivo.

$${}^m_tV_{x:\overline{n}|} = S.A * \frac{M_{x+t} - M_{x+n}}{D_{x+t}} - \beta^{ATPC} * \frac{N_{x+t} - N_{x+n}}{D_{x+t}}$$

$${}^{15}_{12}V_{35:\overline{20}|}^1 = 35,000 * \frac{M_{47} - M_{55}}{D_{47}} - 217.90 * \frac{N_{47} - N_{50}}{D_{47}} = \text{C\$ } 1,330.34$$

Método Retrospectivo.



$${}^m_tV_x = \alpha_x * \frac{N_x - N_{x+1}}{D_{x+t}} + \beta^{ATPC} * \frac{N_{x+1} - N_{x+t}}{D_{x+t}} - S.A * \frac{M_x - M_{x+t}}{D_{x+t}}$$

$${}^{15}_{12}V_{35} = 84.07 * \frac{N_{35} - N_{36}}{D_{47}} + 217.90 * \frac{N_{36} - N_{47}}{D_{47}} - 35,000 * \frac{M_{35} - M_{47}}{D_{47}} = \text{C\$ } 1,330.34$$

- Sistema de Reservas por Comisionados

Condiciones

$${}_{19}P_{x+1} = S.A * \left[\frac{M_{x+1}}{N_{x+1} - N_{x+20}} \right]$$

$${}_{19}P_{26} = 35,000 * \left[\frac{M_{36}}{N_{36} - N_{55}} \right] = \text{C\$ } 655.26$$

$$\alpha_x = S.A * \frac{C_x}{D_x}$$

$$\alpha_{35} = 35,000 * \frac{C_{35}}{D_{35}} = \text{C\$ } 84.07$$

$$\ddot{a}_{x:\overline{m}|} = \frac{N_x - N_{x+m}}{D_x}$$

$$\ddot{a}_{35:\overline{15}|} = \frac{N_{35} - N_{50}}{D_{35}} = \text{C\$ } 10.99$$

Prima neta modificada del 1er año:

$$\beta^{COM} = P + \frac{({}_{19}P_{x+1} - \alpha_x)}{\ddot{a}_{x:\overline{m}|}}; \quad k = m$$

$$\beta^{COM} = 207.72 + \frac{(655.26 - 84.07)}{10.99} = \text{C\$ } 257.70$$

Prima modificada del 1er año:

$$\alpha^{COM} = \beta^{COM} - ({}_{19}P_{x+1} - \alpha_x); \text{ en donde } \alpha_x = \frac{C_x}{D_x}$$

$$\alpha^{COM} = 257.70 - (655.26 - 84.07) = \text{C\$ } -313.19$$



Para utilizar el método por comisionados, se tiene que cumplir la siguiente condición:

$$(\beta^{ATPC} > {}_{19}P_{x+1}) \quad | \quad 217.90 > 655.26 \quad \text{No, se cumple}$$

Tabla 9: Reservas matemáticas a través de los sistemas de primas netas niveladas, ATPC y comisionados.

		Sistemas de Reservas Matemáticas		
	x+t	PNN	ATPC	COM
t	x	Resultados	Resultados	Resultados
0	35	-		
1	36	127.44	0.00	-
2	37	256.43	135.66	-
3	38	386.02	272.23	-
4	39	514.57	408.06	-
5	40	641.03	542.14	-
6	41	763.99	673.06	-
7	42	882.34	799.72	-
8	43	995.21	921.31	-
9	44	1,101.41	1,036.61	-
10	45	1,199.65	1,144.39	-
11	46	1,288.25	1,242.99	-
12	47	1,365.10	1,330.34	-
13	48	1,427.99	1,404.23	-
14	49	1,474.22	1,462.04	-
15	50	1,500.94	1,500.94	-
16	51	1,288.00	1,288.00	-
17	52	1,036.55	1,036.55	-
18	53	741.98	741.98	-
19	54	398.56	398.56	-
20	55	-	-	-

A continuación, se realiza el mismo procedimiento en el programa desarrollado en VBA:

Figura 19: Cálculo de la Prima Neta Nivelada para un Seguro de Vida Temporal a pagos limitados de una persona de 35 años.

Automatización del cálculo de las reservas y valores garantizados

Cálculo de Primas			
Tabla de Mortalidad	CSO 58	Suma Asegurada (Cf)	35.000,00 €
Interés Técnico (I)	4,50%	Suma Asegurada (Cv)	
Plan de Seguro	S.V Temporal P.L	Prima Neta Nivelada (PNN)	205,72 €
Edad de Emisión (x)	35	<p>PRIMA NETA NIVELADA</p> <p>RESERVAS TERMINALES</p> <p>V. GARANTIZADOS</p>  	
Periodo de Cobertura (n)	20		
Pago de Primas (m)	15		
Edad en Vigencia (x+t)	47		
Tiempo Transcurrido de la Póliza (t)	12		

Fuente: Elaboración propia.

Figura 20: Cálculo de la reserva para el año 12 de vigencia de la póliza por el método de la prima neta nivelada, año temporal preliminar completo y comisionados.

Cálculo de las Reservas Matemáticas

Primas Netas Niveladas		Año Temporal Preliminar Completo			
Resultados		Condiciones		Resultados	
Reservas M.P (x+t)	1.365,10 €	$\alpha(ATPC)$	84,07 €	Reservas M.P (X+t)	1.330,34 €
Reservas M.R (x+t)	1.365,10 €	$\beta(ATPC)$	217,90 €	Reservas M.R (X+t)	1.330,34 €

Sistema de los Comisiones			
Condiciones		Resultados	
$19P_{x+1}$	655,26 €	Reservas M.P. (X+t)	0,00 €
ax	84,07 €	Reservas M.R. (X+t)	0,00 €
ax:m	10,99 €		
$\beta(COM)$	257,70 €		
$\alpha(COM)$	-313,49 €		

CALCULAR

MOSTRAR TABLA

SALIR

Fuente: Elaboración propia.



Figura 21: Representación de la Reserva Matemática a lo largo de la vigencia del Seguro de Vida Temporal a pagos limitados para una persona de 35 años, aplicando los tres métodos.

Tabla de Reservas Matemáticas						
MOSTRAR TABLA		Primas Netas Niveladas	Año Temporal Preliminar Completo		Sistema de Comisionados	
SALIR						
20	x+t	Sistema PNN		Sistema ATPC		Sistema CO
Tiempo Transcurrido c	Edad en Vigencia	M. Prospectivo	M. Retrospectivo	M. Prospectivo	M. Retrospectivo	M. Prospecti
0	35	-	-	-0,00	-0,00	-
1	36	127,44	127,44	135,66	135,66	-
2	37	256,43	256,43	272,23	272,23	-
3	38	386,02	386,02	408,06	408,06	-
4	39	514,57	514,57	542,14	542,14	-
5	40	641,03	641,03	673,06	673,06	-
6	41	763,99	763,99	799,72	799,72	-
7	42	882,34	882,34	921,31	921,31	-
8	43	995,21	995,21	1.036,61	1.036,61	-
9	44	1.101,41	1.101,41	1.144,39	1.144,39	-
10	45	1.199,65	1.199,65	1.242,99	1.242,99	-
11	46	1.288,25	1.288,25	1.330,34	1.330,34	-
12	47	1.365,10	1.365,10	1.404,23	1.404,23	-
13	48	1.427,99	1.427,99	1.462,04	1.462,04	-
14	49	1.474,22	1.474,22	1.500,94	1.500,94	-
15	50	1.500,94	1.500,94	1.288,00	1.288,00	-
16	51	1.288,00	1.288,00	1.036,55	1.036,55	-
17	52	1.036,55	1.036,55	741,98	741,98	-
18	53	741,98	741,98	398,56	398,56	-
19	54	398,56	398,56	-	0,00	-
20	55	-	-0,00	-	0,00	-

Fuente: Elaboración propia.



Figura 22: Representación de los Valores Garantizados por los tres métodos de Cálculo de Reservas para un Seguro de Vida Temporal a pagos limitados para una persona de 35 años.

TABLA DE VALORES GARANTIZADOS					
SALIR		Primas Netas Niveladas	Año Temporal Preliminar Completo		Sistema de Comisionados
VALORES GARANTIZADOS Sistema PNN		VALORES GARANTIZADOS Sistema ATPC		VALORES GARANTIZADOS Sistema Comisionados	
Capital de Rescate	Seguro Saldado	Capital de Rescate	Seguro Saldado	Capital de Rescate	Seguro Saldado
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
154,37	2.335,61	122,42	1.852,19	-	-
320,51	4.853,87	271,07	4.105,07	-	-
458,40	6.976,47	403,84	6.146,12	-	-
617,64	9.491,46	559,81	8.602,78	-	-
796,17	12.421,10	737,04	11.498,65	-	-
991,27	15.800,44	932,95	14.870,84	-	-
1.199,65	19.685,81	1.144,39	18.779,03	-	-
1.288,25	21.966,58	1.242,99	21.194,85	-	-
1.365,10	24.472,91	1.330,34	23.849,59	-	-
1.427,99	27.323,29	1.404,23	26.868,74	-	-
1.474,22	30.714,08	1.462,04	30.460,30	-	-
1.500,94	35.000,00	1.500,94	35.000,00	-	-

Fuente: Elaboración propia.

**Ejercicio N°3.**

Para un seguro dotal simple expedido a una persona de 40 años con una cobertura de 20 años, estipulándose que las primas se pagan durante toda la cobertura del seguro, y una suma asegurada de C\$ 50,500 calcular:

- Prima neta nivelada.
- Reserva matemática al año 5.
- Valores garantizados.

Solución:

Tabla de mortalidad	CSO 58
Interés técnico	3.00 %
Plan	Dotal simple ordinario
Suma asegurada supervivencia	C\$ 50,500.00
Edad de emisión	40
Cobertura	20
Pagos	
Vigencia	5

Usando el sistema de Primas Netas Niveladas los cálculos son los siguientes:

$$PNN = S.A * \frac{M_x - M_{x+n} + D_{x+n}}{N_x - N_{x+n}}$$

$$PNN = 50,500 * \frac{M_{40} - M_{60} + D_{60}}{N_{40} - N_{60}} = \mathbf{C\$ 2,000.84}$$

Teniendo la PNN, calculamos la reserva por el sistema PNN, ATPC y Comisionados por ambos métodos (prospectivo y retrospectivo) usando la fórmula correspondiente al plan indicado en el ejercicio

- **Sistema de Reservas a Primas Netas Niveladas**

Método Prospectivo.

$${}_tV_{x:\overline{n}|} = S.A * \frac{M_{x+t} - M_{x+n} + D_{x+n}}{D_{x+t}} - P_{x:\overline{n}|} * \frac{N_{x+t} - N_{x+n}}{D_{x+t}}$$



$${}_5V_{40:\overline{20}|} = 50,500 * \frac{M_{45} - M_{60} + D_{60}}{D_{50}} - 2,000.84 * \frac{N_{45} - N_{60}}{D_{45}} = \text{C\$ } 9,956.31$$

Método Retrospectivo.

$${}_tV_x = P * \left(\frac{N_x - N_{x+t}}{D_{x+t}} \right) - S.A * \left(\frac{M_x - M_{x+t}}{D_{x+t}} \right)$$

$${}_5V_{40} = 2,000.84 * \left(\frac{N_{40} - N_{45}}{D_{45}} \right) - 50,500 * \left(\frac{M_{40} - M_{45}}{D_{45}} \right) = \text{C\$ } 9,956.31$$

- **Sistema de Reservas a Año Temporal Preliminar Completo (ATPC)**

Prima neta modificada del 1er año:

$$\alpha_x = S.A * \frac{C_x}{D_x}$$

$$\alpha_{40} = 50,500 * \frac{C_{40}}{D_{40}} = \text{C\$ } 173.07$$

Prima neta de renovación:

$$\beta^{ATPC} = \frac{P * (N_x - N_{x+k}) - S.A * C_x}{N_{x+1} - N_{x+k}}; \quad n = m$$

$$\beta^{ATPC} = \frac{2,000.84 * (N_{40} - N_{60}) - 50,500 * C_{35}}{N_{36} - N_{60}} = \text{C\$ } 2,135.76$$

Para utilizar este sistema se tienen que cumplir las siguientes condiciones:

$$\alpha < PNN \quad | \quad 173.07 < 2,000.84 \quad \text{Sí, se cumple}$$

$$\beta > PNN \quad | \quad 2,135.76 > 2,000.84 \quad \text{Sí, se cumple}$$

Método Prospectivo.

$${}_tV_{x:\overline{n}|} = S.A * \frac{M_{x+t} - M_{x+n} + D_{x+n}}{D_{x+t}} - \beta^{ATPC} * \frac{N_{x+t} - N_{x+n}}{D_{x+t}}$$

$${}_5V_{40:\overline{20}|} = 50,500 * \frac{M_{45} - M_{60} + D_{60}}{D_{45}} - 2,135.76 * \frac{N_{45} - N_{60}}{D_{60}} = \text{C\$ } 8,380.57$$

**Método Retrospectivo.**

$${}_tV_x = \alpha_x * \frac{N_x - N_{x+1}}{D_{x+t}} + \beta^{ATPC} * \frac{N_{x+1} - N_{x+t}}{D_{x+t}} - S.A * \frac{M_x - M_{x+t}}{D_{x+t}}$$

$${}_5V_{40} = 173.07 * \frac{N_{40} - N_{41}}{D_{45}} + 2,135.76 * \frac{N_{41} - N_{45}}{D_{45}} - 50,500 * \frac{M_{40} - M_{45}}{D_{45}} = \text{C\$ } 8,380.57$$

- **Sistema de Reservas por Comisionados**

Condiciones

$${}_{19}P_{x+1} = S.A * \left[\frac{M_{x+1}}{N_{x+1} - N_{x+20}} \right]$$

$${}_{19}P_{41} = 50,500 * \left[\frac{M_{41}}{N_{41} - N_{60}} \right] = \text{C\$ } 1,502.97$$

$$\alpha_x = S.A * \frac{C_x}{D_x}$$

$$\alpha_{40} = 50,500 * \frac{C_{40}}{D_{40}} = \text{C\$ } 173.07$$

$$\ddot{a}_{x:\overline{m}|} = \frac{N_x - N_{x+m}}{D_x}$$

$$\ddot{a}_{40:\overline{20}|} = \frac{N_{40} - N_{60}}{D_{40}} = \text{C\$ } 14.55$$

Prima neta modificada del 1er año:

$$\beta^{COM} = P + \frac{({}_{19}P_{x+1} - \alpha_x)}{\ddot{a}_{x:\overline{m}|}}; \quad k = m$$

$$\beta^{COM} = 2,000.84 + \frac{(1,502.97 - 173.07)}{14.55} = \text{C\$ } 2,092.26$$

Prima modificada del 1er año:

$$\alpha^{COM} = \beta^{COM} - ({}_{19}P_{x+1} - \alpha_x); \text{ en donde } \alpha_x = \frac{C_x}{D_x}$$



$$\alpha^{COM} = 2,092.26 - (1,502.97 - 173.07) = \text{C\$ } 762.36$$

Para utilizar el método por comisionados, se tiene que cumplir la siguiente condición:

$$(\beta^{ATPC} > {}_{19}P_{x+1}) \quad | \quad 2,135.76 > 1,502.97 \text{ Sí, se cumple}$$

Método Prospectivo.

$${}_tV_{x:\overline{n}|} = S.A * \frac{M_{x+t} - M_{x+n} + D_{x+n}}{D_{x+t}} - \beta^{COM} * \frac{N_{x+t} - N_{x+n}}{D_{x+t}}$$

$${}_5V_{40:\overline{20}|} = 50,500 * \frac{M_{45} - M_{60} + D_{60}}{D_{45}} - 2,092.26 * \frac{N_{45} - N_{60}}{D_{45}} = \text{C\$ } 8,888.60$$

Método Retrospectivo.

$${}_tV_x = \alpha^{COM} * \frac{N_x - N_{x+1}}{D_{x+t}} + \beta^{COM} * \frac{N_{x+1} - N_{x+t}}{D_{x+t}} - S.A * \frac{M_x - M_{x+t}}{D_{x+t}}$$

$${}_5V_{40} = 762.36 * \frac{N_{40} - N_{41}}{D_{45}} + 2,092.26 * \frac{N_{41} - N_{45}}{D_{45}} - 50,500 * \frac{M_{40} - M_{45}}{D_{45}} = \text{C\$ } 8,888.60$$

Tabla 10: Reservas matemáticas a través de los sistemas de primas netas niveladas, ATPC y comisionados.

		Sistemas de Reservas Matemáticas		
	x+t	PNN	ATPC	COM
t	x	Resultados	Resultados	Resultados
0	40	-		
1	41	1,889.26	0.00	609.12
2	42	3,827.58	2,013.65	2,598.48
3	43	5,816.94	4,080.33	4,640.23
4	44	7,859.15	6,201.90	6,736.22
5	45	9,956.31	8,380.57	8,888.60
6	46	12,110.47	10,618.46	11,099.50
7	47	14,323.74	12,917.74	13,371.05
8	48	16,598.70	15,281.12	15,705.92
9	49	18,938.16	17,711.51	18,107.00
10	50	21,345.60	20,212.51	20,577.83
11	51	23,824.89	22,788.15	23,122.41
12	52	26,380.77	25,443.37	25,745.60

13	53	29,019.10	28,184.24	28,453.41
14	54	31,746.31	31,017.44	31,252.44
15	55	34,569.99	33,950.87	34,150.48
16	56	37,498.94	36,993.65	37,156.56
17	57	40,543.28	40,156.31	40,281.07
18	58	43,715.00	43,451.30	43,536.32
19	59	47,028.29	46,893.36	46,936.86
20	60	50,500.00	50,500.00	50,500.00

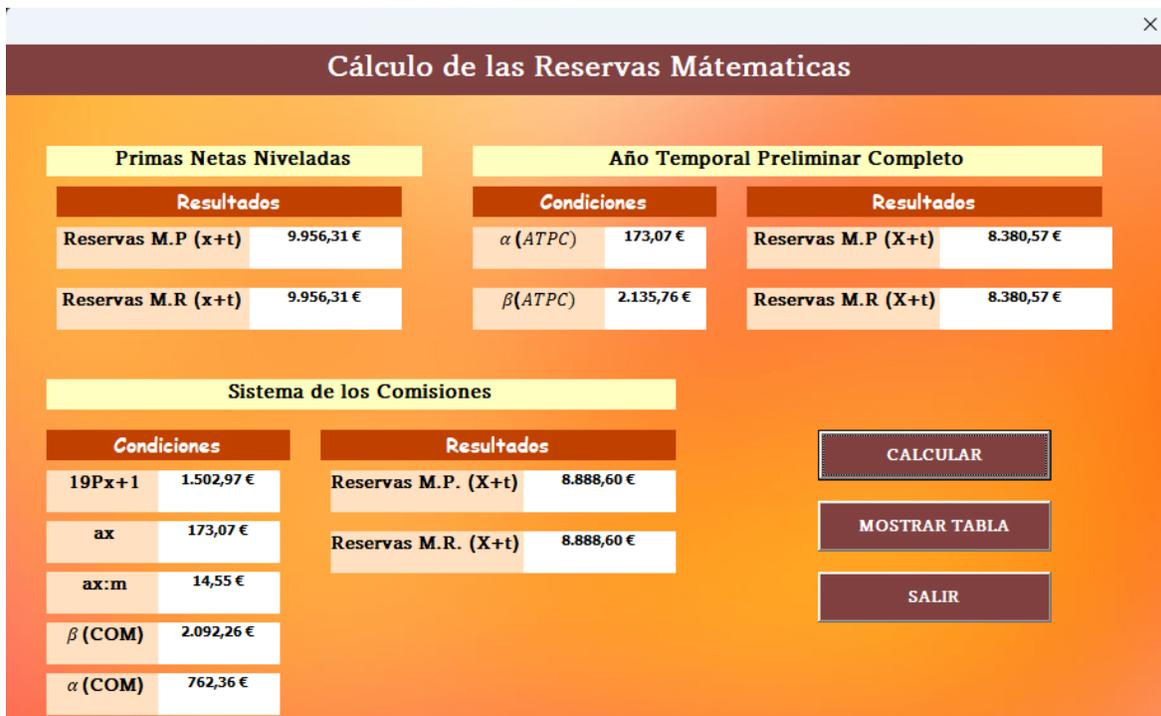
A continuación, se realiza el mismo procedimiento en el programa desarrollado en VBA:

Figura 23: Cálculo de la Prima Neta Nivelada para un Seguro de Dotal Simple de una persona de 40 años.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 24: Cálculo de la reserva para el año 5 de vigencia de la póliza por el método de la prima neta nivelada, año temporal preliminar completo y comisionados



Fuente: Elaboración propia.

Figura 25: Representación de la Reserva Matemática a lo largo de la vigencia del Seguro de Dotal Simple para una persona de 40 años, aplicando los tres métodos.



Tabla de Reservas Matemáticas

Primas Netas Niveladas		Año Temporal Preliminar Completo		Sistema de Comisionados		
20	x+t	Sistema PNN		Sistema ATPC		Sistema CO
Tiempo Transcurrido t	Edad en Vigencia	M. Prospectivo	M. Retrospectivo	M. Prospectivo	M. Retrospectivo	M. Prospectivo
0	40	-	-	-	-	-
1	41	1.889,26	1.889,26	0,00	-0,00	609,12
2	42	3.827,58	3.827,58	2.013,65	2.013,65	2.598,48
3	43	5.816,94	5.816,94	4.080,33	4.080,33	4.640,23
4	44	7.859,15	7.859,15	6.201,90	6.201,90	6.736,22
5	45	9.956,31	9.956,31	8.380,57	8.380,57	8.888,60
6	46	12.110,47	12.110,47	10.618,46	10.618,46	11.099,50
7	47	14.323,74	14.323,74	12.917,74	12.917,74	13.371,05
8	48	16.598,70	16.598,70	15.281,12	15.281,12	15.705,92
9	49	18.938,16	18.938,16	17.711,51	17.711,51	18.107,00
10	50	21.345,60	21.345,60	20.212,51	20.212,51	20.577,83

Buttons: MOSTRAR TABLA, SALIR



UNA APLICACIÓN EN EXCEL Y VBA.

8	48	16.598,70	16.598,70	15.281,12	15.281,12	15.705,92
9	49	18.938,16	18.938,16	17.711,51	17.711,51	18.107,00
10	50	21.345,60	21.345,60	20.212,51	20.212,51	20.577,83
11	51	23.824,89	23.824,89	22.788,15	22.788,15	23.122,41
12	52	26.380,77	26.380,77	25.443,37	25.443,37	25.745,60
13	53	29.019,10	29.019,10	28.184,24	28.184,24	28.453,41
14	54	31.746,31	31.746,31	31.017,44	31.017,44	31.252,44
15	55	34.569,99	34.569,99	33.950,87	33.950,87	34.150,48
16	56	37.498,94	37.498,94	36.993,65	36.993,65	37.156,56
17	57	40.543,28	40.543,28	40.156,31	40.156,31	40.281,07
18	58	43.715,00	43.715,00	43.451,30	43.451,30	43.536,32
19	59	47.028,29	47.028,29	46.893,36	46.893,36	46.936,86
20	60	50.500,00	50.500,00	50.500,00	50.500,00	50.500,00

Fuente: Elaboración propia.

Figura 26: Representación de los Valores Garantizados por los tres métodos de Cálculo de Reservas para un Seguro Dotal Simple para una persona de 40 años.

TABLA DE VALORES GARANTIZADOS					
VALORES GARANTIZADOS Sistema PNN		VALORES GARANTIZADOS Sistema ATPC		VALORES GARANTIZADOS Sistema Comisionados	
Capital de Rescate	Seguro Saldado	Capital de Rescate	Seguro Saldado	Capital de Rescate	Seguro Saldado
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
2.357,74	3.671,01	1.860,57	2.896,91	2.020,86	3.146,49
4.978,15	7.544,31	4.190,28	6.350,31	4.444,30	6.735,27
7.266,28	10.718,38	6.371,07	9.397,87	6.659,70	9.823,61
10.026,62	14.395,80	9.042,42	12.982,73	9.359,73	13.438,32
13.278,96	18.556,86	12.224,89	17.083,85	12.564,74	17.558,77
17.044,35	23.182,99	15.940,36	21.681,39	16.296,30	22.165,52
21.345,60	28.257,10	20.212,51	26.757,12	20.577,83	27.240,73
23.824,89	30.694,00	22.788,15	29.358,36	23.122,41	29.788,98
26.380,77	33.073,13	25.443,37	31.897,93	25.745,60	32.276,83
29.019,10	35.398,47	28.184,24	34.380,08	28.453,41	34.708,42
31.746,31	37.673,73	31.017,44	36.808,78	31.252,44	37.087,65
34.569,99	39.902,86	33.950,87	39.188,23	34.150,48	39.418,63

Fuente: Elaboración propia.

**Ejercicio N°4.**

Una persona de 35 años decide contratar un seguro de vida. Se contacta con su asesor de seguros para que le cotice el costo de la prima neta nivelada de forma vitalicia, considerando una suma asegurada de C\$ 120,000.00. Se utilizará la tabla de mortalidad CSO 58 y un interés técnico del 3.5%. Además, se solicitarán los siguientes detalles:

- Reserva matemática al décimo año de la póliza.
- Valores garantizados.

Solución:

Tabla de mortalidad	CSO 58
Interés técnico	3.5 %
Plan	Vida Entera Ordinario
Suma asegurada	C\$ 120,000.00
Edad de emisión	35
Cobertura	Vitalicio
Pagos	Vitalicio
Vigencia	10

Prima Neta Nivelada, los cálculos son los siguientes:

$$PNN = S.A * P_x = S.A * \frac{A_x}{\ddot{a}_x} = S.A * \frac{M_x}{N_x}$$

$$PNN = 120,000 * \frac{M_{35}}{N_{35}} = \mathbf{C\$ 1,804.19}$$

Teniendo la PNN, calculamos la reserva por el sistema PNN, ATPC y Comisionados por ambos métodos (prospectivo y retrospectivo) usando la fórmula correspondiente al plan indicado en el ejercicio obteniendo los siguientes valores:

- **Sistema de Reservas a Primas Netas Nivelas**

Método Prospectivo.

$${}_tV_x = S.A * \frac{M_{x+t}}{D_{x+t}} - P_x * \frac{N_{x+t}}{D_{x+t}}$$

$${}_{10}V_{35} = 120,000 * \frac{M_{45}}{D_{45}} - 1,804.19 * \frac{N_{45}}{D_{45}} = \mathbf{C\$ 17,458.79}$$

**Método Retrospectivo.**

$${}_tV_x = P * \left(\frac{N_x - N_{x+t}}{D_{x+t}} \right) - S.A * \left(\frac{M_x - M_{x+t}}{D_{x+t}} \right)$$

$${}_{10}V_{35} = 1,804.19 * \left(\frac{N_{35} - N_{45}}{D_{45}} \right) - 120,000 * \left(\frac{M_{35} - M_{45}}{D_{45}} \right) = \text{C\$ } 17,458.79$$

- **Sistema de Reservas a Año Temporal Preliminar Completo (ATPC)**

Prima neta modificada del 1er año:

$$\alpha_x = S.A * \frac{C_x}{D_x}$$

$$\alpha_{35} = 120,000 * \frac{C_{35}}{D_{35}} = \text{C\$ } 291.01$$

Prima neta de renovación:

$$\beta^{ATPC} = \frac{P * (N_x) - S.A * C_x}{N_{x+1}};$$

$$\beta^{ATPC} = \frac{1,804.19 * (N_{35}) - 120,000 * C_{35}}{N_{36}} = \text{C\$ } 1,881.91$$

Para utilizar este sistema se tienen que cumplir las siguientes condiciones:

$$\alpha < PNN \quad | \quad 291.01 < 1,804.19 \quad \text{Sí, se cumple}$$

$$\beta > PNN \quad | \quad 1,881.91 > 1,804.19 \quad \text{Sí, se cumple}$$

Método Prospectivo.

$${}_tV_x = S.A * \frac{M_{x+t}}{D_{x+t}} - \beta^{ATPC} * \frac{N_{x+t}}{D_{x+t}}$$

$${}_{10}V_{35} = 120,000 * \frac{M_{45}}{D_{45}} - 1,881.91 * \frac{N_{45}}{D_{45}} = \text{C\$ } 16,099.35$$

Método Retrospectivo.



$${}_tV_x = \alpha_x * \frac{N_x - N_{x+1}}{D_{x+t}} + \beta^{ATPC} * \frac{N_{x+1} - N_{x+t}}{D_{x+t}} - S.A * \frac{M_x - M_{x+t}}{D_{x+t}}$$

$$\begin{aligned} {}_{10}V_{35} &= 291.01 * \frac{N_{35} - N_{36}}{D_{45}} + 1,881.91 * \frac{N_{36} - N_{45}}{D_{45}} - 120,000 * \frac{M_{35} - M_{45}}{D_{45}} \\ &= \text{C\$ } 16,099.35 \end{aligned}$$

- Sistema de Reservas por Comisionados

Condiciones

$${}_{19}P_{x+1} = S.A * \left[\frac{M_{x+1}}{N_{x+1} - N_{x+20}} \right]$$

$${}_{19}P_{36} = 120,000 * \left[\frac{M_{36}}{N_{36} - N_{55}} \right] = \text{C\$ } 2,770.92$$

$$\alpha_x = S.A * \frac{C_x}{D_x}$$

$$\alpha_{35} = 120,000 * \frac{C_{35}}{D_{35}} = \text{C\$ } 291.01$$

$$\ddot{a}_x = \frac{N_x}{D_x}$$

$$\ddot{a}_{35} = \frac{N_{35}}{D_{35}} = \text{C\$ } 20.47$$

Prima neta modificada del 1er año:

$$\beta^{COM} = P + \frac{({}_{19}P_{x+1} - \alpha_x)}{\ddot{a}_{x:\overline{m}|}}; \quad k = m$$

$$\beta^{COM} = 1,804.19 + \frac{(2,770.92 - 291.01)}{20.47} = \text{C\$ } 1,925.33$$

Prima modificada del 1er año:

$$\alpha^{COM} = \beta^{COM} - ({}_{19}P_{x+1} - \alpha_x); \text{ en donde } \alpha_x = \frac{C_x}{D_x}$$

$$\alpha^{COM} = 1,925.33 - (2,770.92 - 291.01) = -554.57$$



Para utilizar el método por comisionados, se tiene que cumplir la siguiente condición:

$$(\beta^{ATPC} > {}_{19}P_{x+1}) \quad | \quad 1,881.91 > 2,770.92 \quad \text{No, se cumple}$$

Tabla 11: Reservas matemáticas a través de los sistemas de primas netas niveladas, ATPC y comisionados.

Reservas Matemáticas					Reservas Matemáticas				
	x+t	PNN	ATPC	COM			x+t	PNN	ATPC
t	x	Resultados	Resultados	Resultados	t	t	x	Resultados	Resultados
0	35	-			34	69	67,894.58	67,203.79	-
1	36	1,570.08	0.00	-	35	70	69,850.92	69,186.08	-
2	37	3,183.97	1,635.29	-	36	71	71,761.23	71,121.71	-
3	38	4,840.30	3,313.57	-	37	72	73,629.23	73,014.48	-
4	39	6,535.51	5,031.27	-	38	73	75,461.40	74,870.94	-
5	40	8,268.46	6,787.19	-	39	74	77,266.57	76,700.03	-
6	41	10,037.02	8,579.20	-	40	75	79,048.63	78,505.72	-
7	42	11,840.32	10,406.40	-	41	76	80,807.08	80,287.48	-
8	43	13,678.71	12,269.16	-	42	77	82,536.28	82,039.61	-
9	44	15,551.65	14,166.93	-	43	78	84,226.61	83,752.35	-
10	45	17,458.79	16,099.35	-	44	79	85,865.30	85,412.76	-
11	46	19,398.96	18,065.25	-	45	80	87,443.53	87,011.92	-
12	47	21,370.25	20,062.67	-	46	81	88,957.32	88,545.77	-
13	48	23,370.98	22,089.93	-	47	82	90,406.13	90,013.79	-
14	49	25,398.83	24,144.66	-	48	83	91,794.36	91,420.42	-
15	50	27,451.75	26,224.80	-	49	84	93,129.25	92,773.01	-
16	51	29,527.16	28,327.73	-	50	85	94,418.65	94,079.51	-
17	52	31,622.83	30,451.18	-	51	86	95,670.12	95,347.57	-
18	53	33,737.80	32,594.18	-	52	87	96,892.46	96,586.12	-
19	54	35,869.78	34,754.43	-	53	88	98,095.93	97,805.54	-
20	55	38,016.95	36,930.07	-	54	89	99,291.08	99,016.54	-
21	56	40,177.19	39,118.94	-	55	90	100,488.11	100,229.43	-
22	57	42,347.28	41,317.80	-	56	91	101,696.85	101,454.20	-
23	58	44,523.87	43,523.25	-	57	92	102,927.72	102,701.39	-
24	59	46,703.50	45,731.78	-	58	93	104,194.32	103,984.78	-
25	60	48,883.40	47,940.57	-	59	94	105,519.15	105,327.17	-
26	61	51,059.40	50,145.42	-	60	95	106,945.96	106,772.89	-
27	62	53,228.82	52,343.61	-	61	96	108,526.42	108,374.31	-
28	63	55,388.46	54,531.88	-	62	97	110,311.26	110,182.81	-
29	64	57,534.69	56,706.56	-	63	98	112,258.27	112,155.63	-
30	65	59,663.57	58,863.66	-	64	99	114,137.84	114,060.12	-
31	66	61,770.33	60,998.36	-	65	100	120,000.00	120,000.00	-



UNA APLICACIÓN EN EXCEL Y VBA.

32	67	63,848.94	63,104.52	-
33	68	65,892.75	65,175.43	-

A continuación, se realiza el mismo procedimiento en el programa desarrollado en VBA:

Figura 27: Cálculo de la Prima Neta Nivelada para un Seguro de Vida Entera de una persona de 35 años.

Automatización del cálculo de las reservas y valores garantizados

Cálculo de Primas	
Tabla de Mortalidad	CSO 58
Interés Técnico (I)	3,500.00%
Plan de Seguro	S.V Entera Ord
Edad de Emisión (x)	35
Periodo de Cobertura (n)	
Pago de Primas (m)	
Edad en Vigencia (x+t)	45
Tiempo Transcurrido de la Póliza (t)	10

Suma Asegurada (Cf)	C\$120,000.00
Suma Asegurada (Cv)	
Prima Neta Nivelada (PNN)	C\$1,804.19

PRIMA NETA NIVELADA

RESERVAS TERMINALES

V. GARANTIZADOS

Fuente: Elaboración propia.

Figura 28: Cálculo de la reserva para el año 10 de vigencia de la póliza por el método de la prima neta nivelada, año temporal preliminar completo y comisionados.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 29: Representación de la Reserva Matemática a lo largo de la vigencia del Seguro de Dotal Simple para una persona de 35 años, aplicando los tres métodos.



UNA APLICACIÓN EN EXCEL Y VBA.

Tabla de Reservas Matemáticas							
MOSTRAR TABLA		Primas Netas Niveladas		Año Temporal Preliminar Completo		Sistema de Comisionados	
SALIR							
65	x+t	Sistema PNN		Sistema ATPC		Sistema CO	
Tiempo Transcurrido	Edad en Vigencia	M. Prospectivo	M. Retrospectivo	M. Prospectivo	M. Retrospectivo	M. Prospectivo	
0	35	-	-				
1	36	1,570.08	1,570.08	0.00	0.00	-	
2	37	3,183.97	3,183.97	1,635.29	1,635.29	-	
3	38	4,840.30	4,840.30	3,313.57	3,313.57	-	
4	39	6,535.51	6,535.51	5,031.27	5,031.27	-	
5	40	8,268.46	8,268.46	6,787.19	6,787.19	-	
6	41	10,037.02	10,037.02	8,579.20	8,579.20	-	
7	42	11,840.32	11,840.32	10,406.40	10,406.40	-	
8	43	13,678.71	13,678.71	12,269.16	12,269.16	-	
9	44	15,551.65	15,551.65	14,166.93	14,166.93	-	
10	45	17,458.79	17,458.79	16,099.35	16,099.35	-	
11	46	19,398.96	19,398.96	18,065.25	18,065.25	-	
12	47	21,370.25	21,370.25	20,062.67	20,062.67	-	
13	48	23,370.98	23,370.98	22,089.93	22,089.93	-	
14	49	25,398.83	25,398.83	24,144.66	24,144.66	-	
15	50	27,451.75	27,451.75	26,224.80	26,224.80	-	
16	51	29,527.16	29,527.16	28,327.73	28,327.73	-	
17	52	31,622.83	31,622.83	30,451.18	30,451.18	-	
18	53	33,737.80	33,737.80	32,594.18	32,594.18	-	
19	54	35,869.78	35,869.78	34,754.43	34,754.43	-	
20	55	38,016.95	38,016.95	36,930.07	36,930.07	-	
21	56	40,177.19	40,177.19	39,118.94	39,118.94	-	
22	57	42,347.28	42,347.28	41,317.80	41,317.80	-	
23	58	44,523.87	44,523.87	43,523.25	43,523.25	-	
24	59	46,703.50	46,703.50	45,731.78	45,731.78	-	
25	60	48,883.40	48,883.40	47,940.57	47,940.57	-	
26	61	51,059.40	51,059.40	50,145.42	50,145.42	-	
27	62	53,228.82	53,228.82	52,343.61	52,343.61	-	
28	63	55,388.46	55,388.46	54,531.88	54,531.88	-	
29	64	57,534.69	57,534.69	56,706.56	56,706.56	-	
30	65	59,663.57	59,663.57	58,863.66	58,863.66	-	
31	66	61,770.33	61,770.33	60,998.36	60,998.36	-	
32	67	63,848.94	63,848.94	63,104.52	63,104.52	-	
33	68	65,892.75	65,892.75	65,175.43	65,175.43	-	
34	69	67,894.58	67,894.58	67,203.79	67,203.79	-	
35	70	69,850.92	69,850.92	69,186.08	69,186.08	-	
36	71	71,761.23	71,761.23	71,121.71	71,121.71	-	
37	72	73,629.23	73,629.23	73,014.48	73,014.48	-	
38	73	75,461.40	75,461.40	74,870.94	74,870.94	-	
39	74	77,266.57	77,266.57	76,700.03	76,700.03	-	
40	75	79,048.63	79,048.63	78,505.72	78,505.72	-	
41	76	80,807.08	80,807.08	80,287.48	80,287.48	-	
42	77	82,536.28	82,536.28	82,039.61	82,039.61	-	
43	78	84,226.61	84,226.61	83,752.35	83,752.35	-	
44	79	85,865.30	85,865.30	85,412.76	85,412.76	-	
45	80	87,443.53	87,443.53	87,011.92	87,011.92	-	
46	81	88,957.32	88,957.32	88,545.77	88,545.77	-	
47	82	90,406.13	90,406.13	90,013.79	90,013.79	-	
48	83	91,794.36	91,794.36	91,420.42	91,420.42	-	
49	84	93,129.25	93,129.25	92,773.01	92,773.01	-	
50	85	94,418.65	94,418.65	94,079.51	94,079.51	-	
51	86	95,670.12	95,670.12	95,347.57	95,347.57	-	
52	87	96,892.46	96,892.46	96,586.12	96,586.12	-	



UNA APLICACIÓN EN EXCEL Y VBA.

53	88	98,095.93	98,095.93	97,805.54	97,805.54	-
54	89	99,291.08	99,291.08	99,016.54	99,016.54	-
55	90	100,488.11	100,488.11	100,229.43	100,229.43	-
56	91	101,696.85	101,696.85	101,454.20	101,454.20	-
57	92	102,927.72	102,927.72	102,701.39	102,701.39	-
58	93	104,194.32	104,194.32	103,984.78	103,984.78	-
59	94	105,519.15	105,519.15	105,327.17	105,327.17	-
60	95	106,945.96	106,945.96	106,772.89	106,772.89	-
61	96	108,526.42	108,526.42	108,374.31	108,374.31	-
62	97	110,311.26	110,311.26	110,182.81	110,182.81	-
63	98	112,258.27	112,258.27	112,155.63	112,155.63	-
64	99	114,137.84	114,137.84	114,060.12	114,060.12	-
65	100	120,000.00	120,000.00	120,000.00	120,000.00	-

Fuente: Elaboración propia.

Figura 30: Cálculo de la reserva para el año 10 de vigencia de la póliza por el método de la prima neta nivelada, año temporal preliminar completo y comisionados.

Valores Garantizados

Primas Netas Niveladas		Año Temporal Preliminar Completo	
CAPITAL DE RESCATE	C\$17,458.79	CAPITAL DE RESCATE	C\$16,099.35
SEGURO SALDADO	C\$42,740.73	SEGURO SALDADO	C\$39,412.72
DEBE DE CUMPLIR LA CONDICIÓN: BETA(ATPC) > 19P _{x+1}			
Sistema de los Comisionados			
CAPITAL DE RESCATE	C\$0.00		
SEGURO SALDADO	C\$0.00		

CALCULAR

MOSTRAR TABLA

SALIR

Fuente: Elaboración propia.



Figura 31: Representación de los Valores Garantizados por los tres métodos de Cálculo de Reservas para un Seguro de Vida para una persona de 45 años.

TABLA DE VALORES GARANTIZADOS					
MOSTRAR TABLA		Primas Netas Niveladas	Año Temporal Preliminar Completo	Sistema de Comisionados	
SALIR					
VALORES GARANTIZADO:		VALORES GARANTIZADO:		VALORES GARANTIZADO:	
Sistema PNN		Sistema ATPC		Sistema Comisionados	
Capital de Rescate	Seguro Saldado	Capital de Rescate	Seguro Saldado	Capital de Rescate	Seguro Saldado
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
1,960.65	5,675.33	1,509.38	4,369.07	-	-
4,134.23	11,630.46	3,393.60	9,546.89	-	-
6,022.21	16,469.07	5,147.52	14,077.03	-	-
8,288.23	22,039.02	7,284.48	19,369.99	-	-
10,942.97	28,300.13	9,815.33	25,383.89	-	-
13,996.48	35,213.07	12,750.24	32,077.71	-	-
17,458.79	42,740.73	16,099.35	39,412.72	-	-
19,398.96	46,223.96	18,065.25	43,045.99	-	-
21,370.25	49,577.79	20,062.67	46,544.28	-	-
23,370.98	52,805.48	22,089.93	49,911.02	-	-
25,398.83	55,909.56	24,144.66	53,148.81	-	-

TABLA DE VALORES GARANTIZADOS					
MOSTRAR TABLA		Primas Netas Niveladas	Año Temporal Preliminar Completo	Sistema de Comisionados	
SALIR					
93,129.25	110,212.98	92,773.01	109,791.39	-	-
94,418.65	110,763.91	94,079.51	110,366.06	-	-
95,670.12	111,289.52	95,347.57	110,914.31	-	-
96,892.46	111,794.44	96,586.12	111,440.98	-	-
98,095.93	112,283.61	97,805.54	111,951.22	-	-
99,291.08	112,761.76	99,016.54	112,449.96	-	-
100,488.11	113,233.21	100,229.43	112,941.72	-	-
101,696.85	113,701.89	101,454.20	113,430.59	-	-
102,927.72	114,171.70	102,701.39	113,920.64	-	-
104,194.32	114,647.48	103,984.78	114,416.92	-	-
105,519.15	115,137.02	105,327.17	114,927.55	-	-
106,945.96	115,655.20	106,772.89	115,468.04	-	-
108,526.42	116,218.51	108,374.31	116,055.62	-	-
110,311.26	116,841.58	110,182.81	116,705.53	-	-
112,258.27	117,505.96	112,155.63	117,398.52	-	-
114,137.84	118,132.67	114,060.12	118,052.23	-	-
120,000.00	124,200.00	120,000.00	124,200.00	-	-

Fuente: Elaboración propia.



VI. CONCLUSIONES

El desarrollo de esta herramienta tecnológica que automatiza operaciones de cálculos actuariales, específicamente en el contexto de las reservas matemáticas y los valores garantizados en los seguros de vida, determina las siguientes conclusiones:

1. La automatización de cálculos actuariales mediante Excel y VBA es una solución práctica y efectiva para optimizar el cálculo de reservas matemáticas y valores garantizados. Este enfoque no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también garantiza la fiabilidad y precisión en la gestión de estos elementos clave para la estabilidad financiera de las aseguradoras.
2. El desarrollo de una aplicación en Excel y VBA para automatizar los cálculos de las reservas matemáticas ha demostrado ser una herramienta eficaz para mejorar la precisión y eficiencia en el proceso actuarial.
3. Los métodos actuariales más relevantes para calcular las reservas matemáticas los valores garantizados y seguro saldado son: el Sistema de Reservas a Primas Netas Niveladas, el ATPC y el Sistema de los Comisionados. Estos métodos, al ser implementados en el programa automatizado, aseguran que los cálculos sean consistentes y basados en principios actuariales sólidos. La correcta implementación de estos métodos no solo es crucial para garantizar la solvencia de la aseguradora, sino también para ofrecer a los asegurados valores garantizados que reflejen adecuadamente su inversión.
4. Excel y VBA proporcionan herramientas adecuadas para desarrollar el programa de automatización de cálculos actuariales. La integración de funciones como fórmulas actuariales complejas y macros permite optimizar los cálculos y realizar tareas repetitivas de manera eficiente, lo que contribuye a una gestión más efectiva de las reservas matemáticas y valores garantizados y seguro saldado.



5. La validación del programa se realizó mediante pruebas comparativas con cálculos manuales, confirmando que los resultados obtenidos son precisos y consistentes. Esto demuestra que la herramienta automatizada es confiable para la gestión de reservas, valores garantizados y seguro saldado, garantizando que las aseguradoras puedan mantener una correcta solvencia y cumplir con sus compromisos.



VII. RECOMENDACIONES

A docentes.

El empleo de esta tecnología les permite a los docentes que forman a profesionales en actuaria y finanzas contar con un recurso y con una herramienta que sustenta sus explicaciones, según lo han demostrado estudios científicos que los estudiantes comprendan mejor los contenidos de las asignaturas, ya que pueden ahondar y reforzar los temas de sus asignaturas gracias al desarrollo de este tipo de herramientas, así como también las que están disponibles online, blogs, etcétera.

A estudiantes.

Extender el desarrollo de la aplicación integrando nuevas operaciones de seguros, por ejemplo, la póliza del seguro saldado no es la única opción que tiene un asegurado que deja de pagar las primas. Otra opción que se brinda con frecuencia es el *seguro prorrogado*. En el momento en que se interrumpe el pago de primas, el valor de rescate se emplea para adquirir un seguro temporal a prima única por la misma suma asegurada de la póliza original, pero con una duración limitada, que es igual o inferior a la duración restante de la póliza original.

Es también necesario que el estudiante en la carrera, a tal efecto, desarrolle habilidades que integren Inteligencia Artificial ya que, según un estudio llevado a cabo por Accenture, se estima que para 2035 aquellas compañías que incorporen la IA a su modelo de negocio verán un incremento de beneficios en torno al 38%, que no es poco. Eso habla de la importancia que tiene, y va a tener, la inteligencia artificial en el negocio de las empresas tanto en el presente como en los próximos años. Sin duda, para los estudiantes, el desarrollo de apps de inteligencia artificial será un terreno fascinante que les permitirá innovar, automatizar procesos y obtener resultados que permitan ahorrar tiempo y esfuerzo en nuestras tareas cotidiana

A las empresas.



Desarrollar estrategias de colaboración empresa-universidad ya que les permite a las empresas obtener acceso directo a investigaciones académicas de última generación, lo que les permite estar a la vanguardia en desarrollo y tecnología.



VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Arteaga Jacobo, S., Campos Moya, C., y Gómez Espinoza, A. (2004). *Modelo de tarificación para seguros de renta vitalicia*. Tesis Universidad de Chile. Recuperado de: https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/108316/arteaga_s.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Asociación de Superintendentes de Seguros de América Latina – ASSAL. (2000). *Constitución de Reservas Técnicas*. Recuperado de: <https://www.consultoriaactuarial.com/2017/02/01/constitucion-de-reservas-tecnicas/>
- Bowers, N. L., Gerber, H. U., Hickman, J. C., Jones, D. A., & Nesbitt, C. J. (1997). *Actuarial mathematics* (2nd ed.). Society of Actuaries.
- Buerda Franco, M. A. (2006). *Teoría del Seguro de Vida*. Tesis. Repositorio UNAM. México. Recuperado de: <https://repositorio.unam.mx/contenidos/112187>
- Calzada Villafuerte, J. A. (2006). *Sistema para el manejo de Reservas Técnicas en una Aseguradora de Salud*. Tesis. UPICSA. México D.F
- Castillo García, N. A. (2004). *Modelo actuarial de la reserva matemática del seguro de vida tradicional*. Tesis. Repositorio UNAM. México. Recuperado de: <https://ru.dgb.unam.mx/handle/20.500.14330/TES01000327868>
- Gil Fana, J. A., Heras Martínez, A., & Vilar Zanón, J. L. (1999). *Matemática de los seguros de vida*. MAPFRE.
- Guzmán Jurado, A. (2011). *Generalidades del seguro de vida*. MAPFRE. Guayaquil. Recuperado de: <https://www.mapfre.com.ec/media/seminario-seguros-personales.pdf>
- Jurado Gil, J. (2009). *El seguro de vida en España: Factores que influyen en su progreso*. Fundación MAPFRE. Recuperado de: <https://biblioteca.fasecolda.com/fasecolda/biblioteca/libros/Mapfre/137.pdf>



Ley No. 733, (2010). *Ley General De Seguros, Reaseguros y Fianzas*. Banco Central de Nicaragua. Recuperado de: https://bcn.gob.ni/sites/default/files/marco_juridico_financiero/14_Ley_No_7_33_General_de_Seguros.pdf

López C, M., y López B, J. (1996). *Estadística para actuarios*. Instituto de Ciencias de Seguros. Editorial MAPFRE. Madrid. Recuperado de: <https://documentacion.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/es/bib/14945.do>

Manzanares, G. C., Rodríguez, K. S., y Jarquín, Y. (2018). *Diseño de una aplicación en C Sharp para operaciones de cálculo actuarial en el ramo de vida*. [Monografía]. Repositorio UNAN-León. Nicaragua. Recuperado de: <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/6953/1/240710.pdf>

MAPFRE Economics. (2020). *Elementos para el desarrollo del seguro de vida*. Madrid, Fundación MAPFRE. Recuperado de: <https://documentacion.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/es/medial/group/1105998.do>

Microsoft. (2022). *Excel 2022: Guía del usuario* [Manual digital]. Microsoft. <https://www.microsoft.com/es-xl/microsoft-365/excel>

Montufar, P. (1967). *Teoría actuarial aplicada a los seguros de vida*. Editorial Universidad de San Carlos.

Mosquera Bravo, F. X. (2010). *El contrato de seguro de vida en el régimen jurídico nicaragüense*. Tesis. Repositorio UCA. Managua – Nicaragua. Recuperado de: <http://repositorio.uca.edu.ni/272/1/UCANI3033.pdf>

National Association of Insurance Commissioners. (1941). *Commissioners Standard Ordinary Mortality Table (CSO-41)*.

National Association of Insurance Commissioners. (1958). *Commissioners Standard Ordinary Mortality Table (CSO-58)*.



National Association of Insurance Commissioners. (1958). *Commissioners Extended Term Mortality Table (CET-58)*.

National Association of Insurance Commissioners. (1980). *Commissioners Standard Ordinary Mortality Table (CSO-80)*.

Niño Méndez, M. C. (2002). *Metodología de cálculo Actuarial de la Reserva Matemática del seguro de vida individual y sistema de apoyo para la enseñanza*. Tesis. Repositorio UNAM. México. Recuperado de: http://132.248.9.195/ppt2002/0304591/0304591_A1.pdf

Ortiz, F., Villegas, M., & Zarruk, A. (2012). *Tablas de Mortalidad*. Universidad Externado. Colombia. Recuperado de: <https://www.uexternado.edu.co/wp-content/uploads/2017/02/MyE5.pdf>

Osorio González, G. A. (2003). *Manual Básico del Seguro*. Universidad Nacional de Asunción Campus Universitario de San Lorenzo Asunción, Paraguay. Recuperado de: http://www.coproa.com.ar/wp/wpcontent/uploads/manual_basico_del_seguro.pdf

Pérez Torres, J. L. (1986). *Teoría general del seguro*. UMESER, D.L. Barcelona. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Jose-Luis-PerezTorres/publication/40942409_Conociendo_el_seguro_teor%C3%ADa_general_del_seguro.pdf

Pineda Calderón, J. C. (2002). *Software auxiliar para la cotización de planes de seguro de vida*. Tesis. Repositorio UNAM. México. Recuperado de: <https://ru.dgb.unam.mx/handle/20.500.14330/TES01000303150>

Pinos Luzuriaga, L. G. (2021). *Cálculo actuarial*. Universidad del Azuay. Cuenca, Ecuador. Recuperado de: <https://www.digitaliapublishing.com/a/133499/calculo-actuarial>

Quiñónez, E. J., Vallecillo, N. I., y Núñez, R. E. (2008). *Diseño y creación de un programa de valuación actuarial de reservas y prima de tarifa en Microsoft*



Excel para los planes tradicionales de vida individual. Tesis. UNAN-León.

Recuperado de:

<http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/handle/123456789/2642>

Ríos Jaimes, J. (2008). *Método para el desarrollo de manual de políticas para el desarrollo para la selección de riesgos en el seguro de vida individual.* Tesis.

Repositorio UNAM. México. Recuperado de:

<http://repositorio.fciencias.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/11154/139755/tesis%207.pdf?sequence=1>

Robles Quijano, E. (2006). *Reserva matemática de seguros de vida: el método actuarial de la regulación mexicana* Tesis. Repositorio UNAM. México.

Recuperado de: <https://hdl.handle.net/20.500.14330/TES01000604924>

Society of Actuaries. (1971). *Group Annuity Mortality Table (GAM-71).*

Ubaldo Medina, C. (2002). *Cálculo de la reserva matemática para productos flexibles.* Tesis. Repositorio UNAM. México. Recuperado de:

<https://ru.dgb.unam.mx/handle/20.500.14330/TES01000306955>

Zanini, V. (2013). *Macros en Excel 2013.* RedUsers. Buenos Aires. Recuperado de:

<https://excelfullplus.com/wp-content/uploads/2020/10/Macros-en-Excel-2013.pdf>



IX. ANEXOS

Las tasas de mortalidad (CSO 41, CSO 58, GAM-71, CSO 80, CET 58) son utilizadas principalmente en el ámbito de la industria aseguradora y en la matemática actuarial. Estas tablas de mortalidad son emitidas y utilizadas por diferentes entidades y organizaciones actuariales, y cada una de ellas tiene su origen en estudios específicos realizados en distintos momentos para reflejar las expectativas de mortalidad de la población general o de grupos específicos de personas aseguradas.

A continuación, se describe cada una de estas tablas:

- **CSO 41 (Commissioners Standard Ordinary 1941):** Es una tabla de mortalidad estándar desarrollada en 1941 por el **National Association of Insurance Commissioners (NAIC)** de Estados Unidos. Se utiliza principalmente para determinar las reservas y primas para pólizas de vida ordinarias.
- **CSO 58 (Commissioners Standard Ordinary 1958):** Esta es una tabla de mortalidad que fue desarrollada en 1958 como una actualización de la CSO 41. También es utilizada en la industria de seguros, aunque ya ha sido reemplazada en muchos casos por versiones más recientes debido a los cambios en las tasas de mortalidad.
- **GAM-71 (Group Annuity Mortality 1971):** Esta tabla fue desarrollada por la **Society of Actuaries** y se utiliza para la valoración de productos de anualidades grupales. Proporciona una estimación de la mortalidad de los asegurados dentro de un grupo.
- **CSO 80 (Commissioners Standard Ordinary 1980):** Esta es una tabla que reemplaza a la CSO 58 y refleja las tendencias de mortalidad más modernas de la época en que fue desarrollada (1980). Es utilizada principalmente para calcular las primas y reservas de seguros de vida ordinarios.



- **CET 58 (Commissioners Extended Term 1958):** Esta es una tabla que se utiliza en la valoración de pólizas de seguro que permiten la conversión a un término extendido, en especial en contratos de seguros de vida que tienen cláusulas de conversión. Similar a la CSO 58, pero con un enfoque en los términos extendidos.

Edades	Tasas de mortalidad				
	CSO 41	CSO 58	GAM-71	CSO 80	CET 58
0	0.02258	0.00708	0.00167	0.00418	0.00783
1	0.00577	0.00176	0.00043	0.00107	0.00251
2	0.00414	0.00152	0.00040	0.00099	0.00227
3	0.00338	0.00146	0.00039	0.00098	0.00221
4	0.00299	0.00140	0.00038	0.00095	0.00215
5	0.00276	0.00135	0.00046	0.00090	0.0021
6	0.00261	0.00130	0.00042	0.00086	0.00205
7	0.00247	0.00126	0.00040	0.00080	0.00201
8	0.00231	0.00123	0.00039	0.00076	0.00198
9	0.00212	0.00121	0.00039	0.00074	0.00196
10	0.00197	0.00121	0.00039	0.00073	0.00196
11	0.00191	0.00123	0.00040	0.00077	0.00198
12	0.00192	0.00126	0.00040	0.00085	0.00201
13	0.00198	0.00132	0.00041	0.00099	0.00207
14	0.00207	0.00139	0.00042	0.00115	0.00214
15	0.00215	0.00146	0.00043	0.00133	0.00221
16	0.00219	0.00154	0.00044	0.00151	0.00229
17	0.00225	0.00162	0.00046	0.00167	0.00237
18	0.00230	0.00169	0.00047	0.00178	0.00244
19	0.00237	0.00174	0.00049	0.00186	0.00249
20	0.00243	0.00179	0.00050	0.0019	0.00254
21	0.00251	0.00183	0.00052	0.00191	0.00258
22	0.00259	0.00186	0.00054	0.00189	0.00261
23	0.00268	0.00189	0.00057	0.00186	0.00264
24	0.00277	0.00191	0.00059	0.00182	0.00266
25	0.00288	0.00193	0.00062	0.00177	0.00268
26	0.00299	0.00196	0.00065	0.00173	0.00271
27	0.00311	0.00199	0.00068	0.00171	0.00274
28	0.00325	0.00203	0.00072	0.0017	0.00278

**UNA APLICACIÓN EN EXCEL Y VBA.**

29	0.00340	0.00208	0.00076	0.00171	0.00283
30	0.00356	0.00213	0.00081	0.00173	0.00288
31	0.00373	0.00219	0.00086	0.00178	0.00294
32	0.00392	0.00225	0.00092	0.00183	0.003
33	0.00412	0.00232	0.00098	0.00191	0.00307
34	0.00435	0.00240	0.00105	0.002	0.00315
35	0.00459	0.00251	0.00112	0.00211	0.00326
36	0.00486	0.00264	0.00120	0.00224	0.00343
37	0.00515	0.00280	0.00130	0.0024	0.00364
38	0.00546	0.00301	0.00140	0.00258	0.00391
39	0.00581	0.00325	0.00151	0.00279	0.00423
40	0.00618	0.00353	0.00163	0.00302	0.00459
41	0.00659	0.00384	0.00179	0.00329	0.00499
42	0.00703	0.00417	0.00200	0.00356	0.00542
43	0.00751	0.00453	0.00226	0.00387	0.00589
44	0.00804	0.00492	0.00257	0.00419	0.0064
45	0.00861	0.00535	0.00292	0.00455	0.00696
46	0.00923	0.00583	0.00332	0.00492	0.00758
47	0.00991	0.00636	0.00375	0.00532	0.00827
48	0.01064	0.00695	0.00423	0.00574	0.00904
49	0.01145	0.00760	0.00474	0.00621	0.00988
50	0.01232	0.00832	0.00529	0.00671	0.01082
51	0.01327	0.00911	0.00587	0.0073	0.01182
52	0.01430	0.00996	0.00648	0.00796	0.01295
53	0.01543	0.01089	0.00713	0.00871	0.01416
54	0.01665	0.01190	0.00781	0.00956	0.01547
55	0.01798	0.01300	0.00852	0.01047	0.0169
56	0.01943	0.01421	0.00926	0.01146	0.01847
57	0.02100	0.01554	0.01004	0.01249	0.0202
58	0.02271	0.01700	0.01089	0.01359	0.0221
59	0.02457	0.01859	0.01192	0.01477	0.02417
60	0.02659	0.02034	0.01312	0.01608	0.02644
61	0.02878	0.02224	0.01444	0.01754	0.02891
62	0.03118	0.02431	0.01586	0.01919	0.0316
63	0.03376	0.02657	0.01741	0.02106	0.03454
64	0.03658	0.02904	0.01918	0.02314	0.03775

**UNA APLICACIÓN EN EXCEL Y VBA.**

65	0.03964	0.03175	0.02126	0.02542	0.04128
66	0.04296	0.03474	0.02364	0.02785	0.04516
67	0.04656	0.03804	0.02632	0.03044	0.04945
68	0.05046	0.04168	0.02919	0.03319	0.05418
69	0.05470	0.04561	0.03243	0.03617	0.05929
70	0.05930	0.04979	0.03611	0.03951	0.06473
71	0.06427	0.05415	0.04001	0.0433	0.0704
72	0.06966	0.05865	0.04383	0.04765	0.07625
73	0.07550	0.06326	0.04749	0.05264	0.08224
74	0.08181	0.06812	0.05122	0.05819	0.08856
75	0.08864	0.07337	0.05529	0.06419	0.09538
76	0.09602	0.07918	0.06007	0.07053	0.10293
77	0.10399	0.08570	0.06592	0.07712	0.11141
78	0.11259	0.09306	0.07260	0.0839	0.12098
79	0.12186	0.10119	0.07969	0.09105	0.13155
80	0.13185	0.10998	0.08743	0.09884	0.14297
81	0.14260	0.11935	0.09544	0.10748	0.15516
82	0.15416	0.12917	0.10369	0.11725	0.16792
83	0.16657	0.13938	0.11230	0.12826	0.18119
84	0.17988	0.15001	0.12112	0.14025	0.19501
85	0.19413	0.16114	0.13010	0.15295	0.20948
86	0.20937	0.17282	0.13931	0.16609	0.22467
87	0.22563	0.18513	0.14871	0.17955	0.24067
88	0.24300	0.19825	0.15849	0.19327	0.25773
89	0.26144	0.21246	0.16871	0.20729	0.2762
90	0.28099	0.22814	0.17945	0.22177	0.29658
91	0.30173	0.24577	0.19092	0.23698	0.3195
92	0.32364	0.26593	0.20126	0.25345	0.34571
93	0.34666	0.28930	0.21299	0.27211	0.37609
94	0.37100	0.31666	0.22653	0.2959	0.41166
95	0.39621	0.35124	0.24116	0.32996	0.45661
96	0.44719	0.40056	0.25620	0.38455	0.52073
97	0.54826	0.48842	0.27248	0.4802	0.63495
98	0.72467	0.66815	0.29016	0.65798	0.8686
99	1.00000	1.00000	0.30912	1.00000	1
