



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE
MÉXICO**

**UNIDAD ACADÉMICA PROFESIONAL
CUAUTITLAN IZCALLI**

**PROPUESTA DE ACTUALIZACIÓN DE
TABLA DE MORTALIDAD.**

TESINA

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN ACTUARÍA

PRESENTA :

Karla Stephanie Aparicio González



ASESOR
Actuario Espartaco Martínez Tolentino

RESUMEN.

Las tablas de mortalidad o tablas de vida son un insumo importante para el análisis de la mortalidad de una población. Existen tablas de mortalidad elaboradas con datos de periodo, en las cuales queda de manifiesto, la expectativa de vida, misma que va cambiando a través del tiempo. Es claro que aparecen nuevas enfermedades las cuales provocan que los datos de la mortalidad varíen. El presente trabajo propone una herramienta en el cual se analicen los datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) ya sean separados por estados o de la República Mexicana mismos que se pueden descargar de la página web del INEGI, de 1990 a 2020. Con base en los datos ingresados, es posible estimar la tabla de mortalidad, así como su gráfica de probabilidad de muerte; además suavizar las probabilidades de muerte obtenidas mediante el método Whittaker-Henderson. Adicionalmente a lo dicho, se genera el cálculo de la suma del ahorro que se debe reunir para tener la renta vitalicia deseada. Para ejemplificar la herramienta creada se recabaron datos del INEGI del año 2010 mismo que se ingresaran a la herramienta para obtener las tablas de mortalidad y se mostraran los resultados obtenidos con los cuales se pueden realizar comparaciones en sexo y en los estados.

Palabras clave: Tablas de mortalidad, Probabilidad de muerte, método Whittaker-Henderson, Renta Vitalicia.

ABSTRACT

Mortality tables or life tables are an important input for the analysis of the mortality of a population. There are mortality tables prepared with period data, in which life expectancy is evident, which changes over time. It is clear that new diseases appear which cause the

mortality data to vary. The present work proposes a tool in which the data of the National Institute of Statistics and Geography (INEGI) are analyzed, both separated by states or of the Mexican Republic, which can be downloaded from the INEGI website, from 1990 to 2020. Taking into account the entered data, it is possible to estimate the mortality table, as well as its death probability graph; also smooth the probabilities of death obtained using the Whittaker-Henderson method. In addition to what has been said, the calculation of the sum of the savings that must be gathered to have the desired life annuity is generated. To exemplify the tool created, data was collected from the INEGI for the year 2010, which was entered into the tool to obtain the mortality tables and the results obtained were shown, with which comparisons can be made by sex and in the states.

Keywords: Mortality tables, Probability of death, Whittaker-Henderson method, Life Income.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	10
Capítulo I: Antecedentes De Tablas De Mortalidad.....	15
1.1 Tablas de mortalidad más utilizadas en México.....	17
1.2 Leyes de Mortalidad.....	19
1.2.1 Ley de Moivre.....	20
1.2.2 Ley de Gompertz.....	22
1.2.3 Primera Ley de Makeham.....	24
1.2.4 Segunda Ley de Makeham.....	26
1.3 Características de las Tablas de mortalidad.....	28
1.4 Clasificación de las Tablas de mortalidad.....	30
1.4.1 Tablas selectas.....	31
1.4.2 Tablas últimas.....	31
1.4.3 Tablas conjuntas.....	31
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA UTILIZADA.....	32
2.1 Construcción de una tabla de mortalidad.....	32
2.2 Función de Sobrevivientes.....	33
2.3 Defunciones.....	34
2.4 Probabilidad de muerte.....	35
2.5 Probabilidad de sobrevivencia.....	38
2.6 Esperanza de vida.....	39
2.7 Tablas de mortalidad completas.....	40
2.7.1 Método Whittaker-Henderson.....	41

2.7.2 Método de Cholesky.....	45
2.8 Rentas Vitalicias.....	47
CAPÍTULO III. CREACIÓN DE TABLA DE MORTALIDAD.....	51
3.1 Estructura del programa.....	53
3.2 Captura de datos.....	54
3.3 Tabla de mortalidad Total.....	55
3.4 Tabla de mortalidad por Estados.....	55
3.5 Suavizamiento de datos Método Whittaker-Henderson.....	57
3.6 Uso de la tabla de mortalidad-Renta Vitalicia.....	59
CAPÍTULO IV. RESULTADOS OBTENIDOS.....	61
4.1 Recolección de datos.	61
4.1.1 Pasos para la obtención de datos de población.	61
4.1.2 Pasos para la obtención de datos de Defunciones.	65
4.2 Resultados obtenidos.....	69
4.2.1 Tabla de Mortalidad Total.....	69
4.2.2 Tabla de Mortalidad por Estados.....	78
4.2.3 Rentas Vitalicias.....	82
CONCLUSIÓN.....	86
ANEXOS.....	88
BIBLIOGRAFÍA	96

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Portada de la herramienta
- Figura 2. Tipo de tabla de mortalidad (Herramienta)
- Figura 3. Creación de tabla de mortalidad
- Figura 4. Tabla de mortalidad por Estados
- Figura 5. Suavizamiento de las probabilidades
- Figura 6. Suavizamiento de las probabilidades_tabla de mortalidad total
- Figura 7. Cálculo de renta vitalicia.
- Figura 8. Página principal INEGI
- Figura 9. Página web INEGI (datos)
- Figura 10. Página web INEGI (tabulados)
- Figura 11. Página web INEGI (censos)
- Figura 12. Página web INEGI (consulta general)
- Figura 13. Página principal INEGI defunciones
- Figura 14. Página principal INEGI defunciones (programas)
- Figura 15. Página mortalidad INEGI
- Figura 16. Página mortalidad-datos INEGI
- Figura 17. Página mortalidad-conjunto de datos INEGI
- Figura 18. Renta vitalicia_Tabla de mortalidad Mujeres Total
- Figura 19 Renta vitalicia_Tabla de mortalidad Mujeres Coahuila

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de mortalidad Hombre con datos crudos.

Tabla 2. Tabla de mortalidad Mujeres con datos crudos.

Tabla 3. Suavizamiento de probabilidades.

Tabla 4. Esperanza de vida CONAPO 2010 vs elaboración propia.

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Descomposición matricial Whittaker-Henderson

ANEXO 2. Código: Tabla de Mortalidad Total

ANEXO 3. Código: Tabla de Mortalidad por Estado

ANEXO 4. Código: Método Whittaker-Henderson

Introducción.

La demografía estudia los cambios de la población con base a las edades y sexos con en el crecimiento de los individuos. El análisis demográfico utiliza parámetros básicos que son natalidad, fecundidad y mortalidad. La mortalidad tiene una herramienta fundamental para su análisis demográfico que es la tabla de vida.

Las tablas de vida analizan la mortalidad sobre un grupo de individuos en un periodo determinado. Surgen ante la necesidad de tener un resumen de la frecuencia de las personas que fallecen a una edad y se presentan en un formato tabular. De las tablas una de las variables resultantes más importantes es la probabilidad de muerte.

En algunos casos las probabilidades presentan irregularidades en su curva por lo que se requiere de un ajuste o suavizamiento. Existen diversos métodos para suavizar las probabilidades, uno de los ellos es el método Whittaker-Henderson, que fue originalmente propuesto por George Bohlmann (1899). Mas tarde fue bien desarrollado por Whittaker (1923) y Henderson (1924) y ahora es conocido como el método Whittaker-Henderson, el cual permite un equilibrio entre la bondad de ajuste y suavidad.

En México, las tablas de mortalidad son utilizadas para estudios diferentes de fecundidad un ejemplo de estos estudios es Rodriguez, G. & Hobcraft J. (1980). "Illustrative Analysis: Life Table Analysis Of Birth Intervals In Colombia" en salud pública y OPS (1973). "Plan Decenal de Salud para las Américas", entre otros, pero algunas de las tablas utilizadas para dichos estudios están basadas en la población de otros países lo que genera resultados erróneos en sus aplicaciones.

En el área de pensiones existen las Rentas vitalicias, contratos que tienen algunas aseguradoras quienes reciben los recursos acumulados de la cuenta individual y se obligan a pagar periódicamente una pensión durante la vida del pensionado.

El objetivo principal de desarrollar una herramienta que facilite la construcción de las tablas de vida con la población de México y suavizar sus probabilidades de muerte, además de generar la suma del ahorro del usuario de su cuenta individual en la Administradora de Fondos para el Retiro (AFORE), mediante un software que esté a disponibilidad del cualquier usuario y tenga un fácil manejo.

Teniendo como estructura de la Tesina lo siguiente. En el capítulo I, se describen los antecedentes, clasificación y características de las tablas de mortalidad

Durante el capítulo II, se analiza la metodología aplicada para la elaboración de nuevas tablas y el suavizamiento de las probabilidades mediante el método Whittaker-Henderson, además la definición y el cálculo de las rentas vitalicias,

A lo largo del capítulo III, se ve el proceso de la construcción de la herramienta con el lenguaje de programación Visual Basic, lo que hace que el proceso sea dinámico.

En el capítulo posterior, se muestra el paso a paso de la utilización de la herramienta y la obtención de los datos de la población y las defunciones del año 2010 proveniente del INEGI y los resultados obtenidos al utilizarlos para el año 2010.

Y por último se presentan las conclusiones obtenidas del trabajo realizado.

Importancia del problema

Existen tablas de vida con datos de periodo útiles para estudiar el fenómeno demográfico de la mortalidad. En la actualidad, la expectativa de vida, que es un indicador sintético de la mortalidad, ha cambiado con el pasar del tiempo. Esta se puede ver alterada debido a que las estadísticas de defunciones son susceptibles a tener anomalías o defectos en sus registros, o bien se tiene eventos extraordinarios como sismos, inundaciones, pandemias, entre otros, por lo cual es importante suavizarlos. Un registro erróneo puede causar un aumento o disminución en la medición de la mortalidad.

Es por ello que se propone una herramienta de cómputo que al ingresar los datos de la población y las defunciones del INEGI por medio del cual se proporcione una tabla de mortalidad con la gráfica de su probabilidad de muerte y la suavización de los datos mediante el método propuesto Whittaker y Henderson.

Una vez obtenida la tabla, la herramienta podrá dar a conocer el saldo acumulado que se debería de tener en la AFORE al ingresar una tasa de interés y una edad de retiro.

Planteamiento del problema

El propósito de las tablas de mortalidad es describir y estudiar la naturaleza de la mortalidad. Cuando más precisa sea la información recopilada más ajustada y asertiva será la probabilidad de dichas tablas. En los últimos años han ocurridos sucesos de los cuales la probabilidad de muerte ha cambiado.

Gracias al alcance tecnológico se ha conseguido que los métodos sean más confiables sin embargo aún existe una probabilidad de error, por ejemplo, cuando se realizan los censos existen problemas de medición mismo que afectan a los datos recabados para las tablas de mortalidad.

Con la elaboración de una herramienta de cómputo apoyándose de Microsoft Excel VBA, se busca que además de crear una tabla de mortalidad actualizada, el mismo programa nos ayude a poder crear tablas de mortalidad solo actualizando los datos de la población y las defunciones.

Objetivo general

Elaborar una herramienta de cómputo que a partir del conjunto de datos descargados de la página web del INEGI nos estime la tabla de vida suavizada.

Objetivos específicos

- Estudiar y elegir el seleccionar el método para adecuado para la construcción de tablas de mortalidad
- Programar la creación de las tablas de mortalidad, para que solo se ingresen los datos de la población y las defunciones y nos arroje la tabla de mortalidad.
- Verificar el uso del programa con datos reales.
- Analizar los resultados obtenidos y llegar a una conclusión

Tipos de investigación (documental).

Recopilación de base de datos del INEGI.

Métodos y técnicas de investigación empleadas.

Mediante una programación en Microsoft Excel de Visual Basic se construirá una herramienta con la cual se elaboren tablas de mortalidad con base a la información de la población y las defunciones del INEGI divididas por estado, además de suavizar las probabilidades obtenidas y mostrar el resultado en gráficas.

Dicha herramienta se utilizará con información obtenida de la página web de INEGI 2010 de la población y las defunciones por Estado y Totales, además de realizar una comparación con los resultados obtenidos de la esperanza de vida en dicha herramienta con la esperanza de vida del INEGI, para poder obtener conclusiones y recomendaciones del trabajo.

La herramienta construida puede obtener mejoras debido a que existen softwares como R, Python, SAS, STATA, entre otros que hacen que el cálculo sea más rápido y no tengan limitaciones en cuanto al número de cálculo y registros.

CAPÍTULO I: ANTECEDENTES DE TABLAS DE MORTALIDAD

La demografía “es la ciencia que tiene por objetivo el estudio de las poblaciones humanas tratando, desde un punto de vista principalmente cuantitativo, su dimensión, su estructura, su evolución y sus características generales.” (Macció G. A, 1985). La disponibilidad y calidad de la información básica (estadísticas vitales y censos de población) determinan los métodos utilizados para estimar la mortalidad por sexo y edad de cada país. Cuando la información básica proveniente de estas fuentes no permite estimar el nivel y la estructura de la mortalidad por sexo y edad se utiliza información proveniente de las encuestas demográficas, estimaciones provenientes de técnicas indirectas de estimación, métodos de corrección de los datos y modelos de mortalidad. (CELADE/CEPAL., 2007, p.28).

De acuerdo con Hernández (2005), en los comienzos de la civilización existían formas sencillas de representaciones gráficas y otros símbolos localizados en pieles, rocas, palos de madera entre otros han existido formas sencillas de estadísticas. Asimismo, según, Hernández (2005) en el año 3000 a. de C. se utilizaban tabillas de arcilla para recopilar datos de la producción agrícola y los géneros vendidos o cambiados por medio del trueque y hacia el año 594 a de C. de realizaban censos con fines tributarios, sociales para la división de tierras y militares para calcular los recursos y hombres disponibles.

Hernández (2005) menciona que la investigación histórica revela que se realizaron 69 censos para calcular los impuestos, determinar los derechos de voto y ponderar la potencia guerrera. Además, menciona que después de la conquista normanda de Inglaterra en 1066, el rey Guillermo encargó un censo en el año 1086. La información en él obtenida se recoge en el Domesday Book, o Libro del Gran Catastro, que es un documento acerca de la propiedad, la extensión y el valor de las tierras en Inglaterra.

Aguilera (2002), alude que en 1671 el holandés Witt y Van Hunden realizan el primer intento de calcular las probabilidades de vida humana, en la misma época el doctor Neumann realizó la primera tabla. En el año 1693 Edmond Halley publicó "An estimate of the Degress of the Mortality of Mankind" una tabla de mortalidad basada a los registros de muerte y nacimiento de la población de Breslavia Polonia de 1687-1691.

En 1834 el actuario Artur Morgan construye por primera vez una tabla basada en la experiencia aseguradora, estudiando el período de 1762-1828, dicha tabla fue perfeccionada en 1843 mediante las Tablas "Diecisiete compañías inglesas (Combined experience)", elaboradas por los mejores actuarios con un periodo de observación 1762-1837.

Las tablas de mortalidad ha sido uno de los descubrimientos más importantes de la demografía ya que con ella se puede examinar la mortalidad, la esperanza de vida y el grado de muerte. Ortega A. (1987) define a la tabla de mortalidad como también llamada tabla de vida, es un instrumento o esquema teórico que permite medir las probabilidades de vida y de muerte de una población, en función de la edad.

Las tablas de mortalidad han sido una de las técnicas más útiles para describir las leyes de mortalidad. Pressat (1961) menciona que el cálculo es una de las practicas más antiguas en demografía sin embargo sigue siendo un modelo descriptivo sugestivo.

Huertas (2011), la tabla de mortalidad tradicional es un modelo de sobrevivencia presentado en formato tabular. Su construcción fue diseñada por actuarios mucho antes del avancé en la teoría estadística de los modelos de sobrevivencia vistos como distribuciones probabilísticas. Las tablas de mortalidad has sido un factor muy importante para la industria de los seguros, fondos de pensiones y planes de pensiones.

Según, Basulto & García (2009), la elaboración de tablas de mortalidad como más o menos las conocemos hoy en día, podemos decir que comienza entre finales del siglo XVII y principios del XVIII con una metodología incipiente, siendo sobre todo a partir de la segunda mitad del siglo XIX cuando se consolida la metodología y podemos hablar propiamente de tablas de mortalidad.

1.1 Tablas de mortalidad más utilizadas en México.

En México algunas de las tablas más utilizados fueron la de la experiencia mexicana de 1962-1967 elaborado por un comité de la Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros (AMIS) basada con la información de los seguros de vida individual de 1962-1967. La tabla fue utilizada para el cálculo de las reservas. En dicha tabla se tomó como base 649,463 expuestos y 6,320 siniestros, dichas tablas fueron producidas con técnicas de Graduación determinística ajustando curvas de Gompertz-Makeham a las tasas de mortalidad agregadas por todos los años observados.

La Comisión Nacional de Seguros y Fianzas (CNSF) elaboro la tabla de experiencia mexicana 1973-1983 fue elaborada con la información de los años 1973 a 1983 de los seguros de vida grupo con la finalidad del cálculo de reservas. Tiempo después la CNSF creó la tabla de supervivencia de la experiencia mexicana de 1982-1989 de una experiencia combinada de hombres y mujeres, elaborada mediante las tasas de mortalidad del estudio demográfico. En dicho estudio se tomó en cuenta la información de hombre y mujeres y los expuestos al riesgo por edad y compañía, con la experiencia de todas las compañías. Aplicando el método de Makeham, mediante la aplicación del principio del Envejecimiento Uniforme.

EMSSIH-97 Y EMSSIM-97. Tablas elaboradas con la información del estudio demográfico de mortalidad del Consejo Nacional de Población (CONAPO) elaborado en 1997 (Ramírez, A. 2011), en la cual se reflejan las tasas de mortalidad de asegurados inválidos del sexo masculino y femenino, respectivamente. Utilizadas regularmente para las reservas de pensiones otorgadas por el IMSS. En la circular S-22.2 se establece que las instituciones de seguros autorizadas por la SHCP, para operar seguros de pensiones derivados de las leyes de seguridad social y para la determinación de reservas, prima neta de riesgo, monto constitutivo y otros conceptos técnicos para dichos seguros deben apearse a la Experiencia Demográfica de Mortalidad para Inválidos EMSSIH-97 para hombres y EMSSIM-97 para mujeres.

Mendoza (2000), menciona que la CNSF elaboro una tabla en el año 2000 la Tabla de Mortalidad CNSF 2000-1, en la cual utilizo la base demográfica Legal de los seguros de vida individual. La junta de Gobierno de la CNSF y la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP), establecen que el cálculo de la reserva matemática de primas de los seguros de vida individual emitidas con base a las notas técnicas deberá utilizar la Tabla de Mortalidad CNSF 2000-1. En el mismo año, Mendoza (2000) menciona que la CNSF elaboró una tabla con base a la experiencia de los seguros de vida grupo de hombre y mujeres, basada en la información de los años 1991 a 1998. Dicha tabla se usará como base legal demográfica para los seguros de vida grupo, por la Junta de Gobierno de la CNSF y por la SHCP, para la valuación de pólizas de seguros de grupo colectivo emitidas a partir del 1° de Abril del 2000.

La Asociación Mexicana de Instituciones de Seguros (AMIS) y la Asociación Mexicana de Actuarios (AMA), elaboraron las tablas MEX 2000 H para hombres y MEX 2000 M para mujeres, basadas en la información de los años 1995 a 1998 del seguro individual. Mas tarde la AMIS elaboro las tablas AMIS 2005 H y AMIS 2005 M con la experiencia de seguros de vida individual de los años 1999 a 2004.

En el 2008 la CNSF elaboro las tablas CNSF 2005 H-SP Y CNSF 2005 M-SP para hombres y mujeres respectivamente que no son derechohabientes de las instituciones de seguridad social, utilizando la experiencia de mortalidad poblacional de los años 2000-2005. Por medio de circulares la CNSF daba a conocer las disposiciones de carácter general para el establecimiento del método actuarial.

La mortalidad es la relación entre el número de defunciones ocurridas durante un tiempo de terminado y la población total de una entidad geográfica específica. La población total residente son las “Personas, nacionales y extranjeras, que al momento de la entrevista residían de manera habitual en la vivienda seleccionada” (INEGI, Glosario 2021).

Como ya se mencionó anteriormente, la tabla de mortalidad se desarrolla con el objetivo de facilitar las probabilidades de ocurrencia agrupadas por edad y sexo. Newton Bower la define como “El resumen del número de años vividos por un grupo de personas a los años promedio que le restan por vivir a un individuo perteneciente a una generación determinada, considerándose como variable aleatoria la edad al momento del fallecimiento y bajo el supuesto de que la mortalidad seguirá un comportamiento similar al actual en el futuro” (Bowers, 1986).

La distribución de probabilidad del tiempo de supervivencia futuro puede ser construida a partir de una tabla de mortalidad (Debon A., 2003)

1.2 Leyes de Mortalidad

Las leyes de mortalidad más importantes fueron desarrolladas por investigadores como Moivre, Makeham, Gompertz, entre otros. El desarrollo de los modelos teóricos debe

depender de pocos parámetros para su fácil manejo y una metodología sobre estudios de fenómenos biológicos.

Mina (2006) menciona que las leyes de mortalidad son expresiones analíticas de la función de supervivencia que pretenden estimar el comportamiento de la mortalidad en función de la edad; resulta fundamental elegir la función que mejor se adapte y represente adecuadamente la mortalidad, y esto se hace según los datos observados o estableciendo ciertas hipótesis correspondientes a las características propias de la función de supervivencia.

de Silva & Ovin (2019), aluden que la modelación de curvas de mortalidad es bastante antigua y se tiene como primera propuesta la Moivre (1725) y posteriormente se destacan las elaboradas por Gompertz (1825; 1860; 1862) y Makeham (1867; 1890).

Los modelos teóricos más importantes son los siguientes:

1.2.1 Ley de Moivre

“La fuerza de mortalidad debe aumentar con la edad (excluyendo las edades iniciales).” (De Vicente, A., Hernández, J., Albarrán I. y Ramírez, C. 2002). La ley de Abraham de Moivre “consiste en un modelo que describe de forma muy simplificada el fenómeno de la mortalidad” (Huaraca, D. 2014). Ley que considera el número de sobrevivientes l_x es una función lineal decreciente con la edad:

$$l_x = a + bx$$

donde

$$l_0 = a + b \cdot 0 = a$$

Siendo w la edad máxima que una persona pueda alcanzar, también conocido como infinito actuarial,

$$l_w = 0 = l_x = a + bw$$

donde

$$w = -\frac{b}{a} = -\frac{l_0}{b}$$

La función bajo la ley de Moivre que determina el número de sobrevivientes es:

$$l_x = l_0 \left(1 - \frac{x}{w}\right); \quad 0 \leq x \leq w$$

Se deduce la fuerza de mortalidad como:

$$\mu_x = \frac{1}{w - x}$$

Y la tasa de defunciones a la edad x es:

$$d_x = \frac{l_0}{w}$$

Teniendo en cuenta que la ley de Moivre tiene como parámetro $w= 100$ y $l_0 = 100000$.

1.2.2 Ley de Gompertz

La hipótesis de mortalidad de Gompertz, propuesta en 1825, “Asume que cada individuo presenta resistencias a las enfermedades (y fallecer por causas naturales) decreciente en función de la edad, por lo que la fuerza de mortalidad crece con la edad y su crecimiento relativo es constante” (De Vicente, A., Hernández, J., Albarrán I. y Ramírez, C. 2002), la fuerza de mortalidad está dada por μ_x , quien tiene un crecimiento constante.

$$\frac{\mu'_x}{\mu_x} = -h$$

$$\frac{d}{dx} \left(\frac{1}{\mu_x} \right) = -h \frac{1}{\mu_x}$$

$$\int \frac{d \left(\frac{1}{\mu_x} \right)}{\frac{1}{\mu_x}} = -h \int dx$$

$$\ln \ln \left(\frac{1}{\mu_x} \right) = -hx - c$$

$$\ln \ln \mu_x = hx - c$$

$$\mu_x = e^{hx} e^{-c}$$

Tomando $e^{-c} = \beta$, se tiene:

$$\mu_x = \beta(e)^{hx}$$

i.e. si se cumple la ley de Gompertz, la fuerza de mortalidad crece geoméricamente

$$\Rightarrow l_x = l_0 e^{-\int_0^x \mu_y dy}$$

$$= l_0 e^{-\frac{\beta}{h} e^{hx} e^{\frac{\beta}{h}}}$$

Si $e^h = c, \delta = e^{-\frac{\beta}{h}}, k = \frac{l_0}{\delta}$

$$l_x = l_0 e^{-\frac{\beta}{h} c^x} \delta^{-1}$$

$$= l_0 \delta^{c^x - 1}$$

Obteniendo $t p_x$ por la ley:

$${}_t p_x = \frac{l_{x+t}}{l_x}$$

$$= \frac{k\delta^{c^{x+t}}}{k\delta^{c^x}}$$

$$= \delta^{c^{x+t}-c^x}$$

$${}_t p_x = \delta^{c^x(c^t-1)}$$

Representa la probabilidad de que un individuo de edad x alcance la edad $x + t$ bajo la hipótesis de Gompertz

1.2.3 Primera Ley de Makeham

Ley propuesta en 1860, De Vicente, Hernández, Albarrán y Ramírez (2002), explican que dicha ley presenta buenos ajustes en edades intermedias (adultas), mientras que proporciona problemas en las edades extremas de la tabla principalmente en las edades más jóvenes puesto que en las edades infantiles la mortalidad es decreciente. Es considerada la ley más conocida y ampliamente utilizada para ajustar diversas tablas de supervivencia.

Dicha ley generaliza la ley de Gompertz mediante la expresión $\mu_x = A + BC^x$, donde

$A > -B$ es un factor independiente de la edad que representa la mortalidad accidental.

Lo cual podemos traducir como una constante más al modelo Gompertz:

$$\mu_x = A + BC^x$$

$$l_x = l_0 e^{-\int_0^x \mu_y dy}$$

$$= l_0 e^{-\int_0^x A+BC^y dy}$$

$$= l_0 e^{-\int_0^x A+BC^y dy}$$

$$= l_0 e^{-\int_0^x A dy} e^{-\int_0^x BC^y dy}$$

$$= l_0 e^{-Ax} e^{-\int_0^x BC^y dy}$$

$$= l_0 e^{-Ax} \delta^{c^x-1}$$

$$l_x = l_0 S^x \delta^{c^x-1}$$

Donde $S = e^{-A}$

1.2.4 Segunda Ley de Makeham

En la primera Ley de Makeham surgen problemas de ajustes para las edades más jóvenes, por lo que se diseña la segunda ley añadiendo un término lineal a μ_x :

$$\mu_x = A + Hx + BC^x$$

En el siguiente cuadro se puede observar la comparación de las leyes antes mencionadas:

	Ley de Moivre	Ley de Gompertz	Primera Ley de Makeham
l_x	$l_0 \left(1 - \frac{x}{w}\right); 0 \leq x \leq w$	$l_0 \delta^{c^x-1}; 0 \leq x \leq +\infty, \delta < 1, c > 1$	$l_0 S^x \delta^{c^x-1}; 0 \leq x < +\infty, \delta, S < 1, c > 1$
d_x	$\frac{l_0}{w}$	$l_0 \delta^{c^x-1} (1 - \delta^{c^x(c-1)})$	$l_0 S^x \delta^{c^x-1}; 0 \leq x < +\infty, \delta, S < 1, c > 1$
μ_x	$\frac{1}{w-x}$	$-\ln \delta \cdot \ln c \cdot c^x$	$-\ln S - \ln \delta \cdot \ln c \cdot c^x$
${}_n p_x$	$1 - n \mu_x$	$\delta^{c^x(c^n-1)}$	$S^n \delta^{c^x(c^n-1)}$
$S(x)$	$1 - \frac{x}{w}$	δ^{c^x-1}	$S^x \delta^{c^x-1}$
e^0_x	$\frac{w-x}{2}$	$\int_0^{+\infty} \delta^{c^x(c^t-1)} dt$	$\int_0^{+\infty} S^t \delta^{c^x(c^t-1)} dt$

Cuadro 1. Leyes de mortalidad

1.3 Características de las Tablas de mortalidad

La tabla de mortalidad o de vida como algunos la llaman comienza con una base o radix l_x la cual representa la edad más joven. La metodología consiste en observar un grupo de personas de todas edades en un periodo de tiempo moderadamente grande y mediante uno de los métodos de estimación existentes. (Huertas, J. 2011).

“Una tabla de mortalidad (supervivencia o de vida) contiene los elementos básicos que permiten calcular las probabilidades de muerte y supervivencia en una población homogénea a partir de las cuales se llevan a cabo los cálculos actuariales” (De Vicente, A., Hernández, J., Albarrán I. y Ramírez, C. 2002).

Las tablas de mortalidad son creadas mediante la información recabada por los Censos. “El censo de Población puede definirse como la operación por medio de la cual se determina el número y las características de todos los habitantes de un territorio determinado en un momento dado.” (Maldonado, P. 2005)

Las características de una tabla de mortalidad son las siguientes (INEI, 2000):

- Describe el comportamiento de la mortalidad por edades y sexo.

- Obtiene probabilidades de mortalidad para realizar diferentes análisis demográficos.

- Se puede realizar el cálculo de la esperanza para diferentes edades o grupos de edad.
- Puede ser utilizada para diversas aplicaciones como; estudios socioeconómicos de fecundidad y migración, en sistemas de jubilaciones entre otros.
- Se puede crear tablas de vida simples o separadas por grupos de edad o sexo. El más común es el grupo quinquenal, sin embargo, derivado a que la mortalidad infantil es muy variable es recomendable que el primer grupo sea estudiado de forma individual.

Las Tablas de Mortalidad pueden ser construidas con información de:

- Censos
- Estadísticas Vitales
- Registros de instituciones o aseguradoras.

La forma más práctica de construir las Tablas es aplicando “la experiencia de mortalidad a una cohorte ficticia de 100,000 nacidos vivos o en general de 10k sujetos” (Caballero, A., 2004). Aunque el cálculo está basado en una parte ficticia la experiencia de la mortalidad aproximada resulta una herramienta útil.

Las Tablas de mortalidad tienen limitaciones como cualquier media basada en los censos de población y registros vitales (Shryock, H. & Siegel, J. and Associates, 1976):

- Los datos de las edades y los registros de mortalidad pueden ser sesgados o incompletos.
- La mortalidad infantil influye significativamente en la esperanza de vida lo que puede afectar a los resultados de las Tablas.
- Las Tablas de mortalidad pueden variar dependiendo al procedimiento con el cual se desarrollaron las mismas.

Las Tablas de Mortalidad de poblaciones pequeñas son recomendables ya que la estructura poblacional es afectada por los movimientos migratorios

1.4 Clasificación de las Tablas de mortalidad

El elemento más importante es la tasa de mortalidad la cual nos indica el número de los que mueren durante un año en específico, sin embargo, diferentes estudios demográficos han demostrado que la frecuencia de mortalidad difiere a diversos factores. La construcción de una tabla de mortalidad tiene como finalidad el apoyo del cálculo de primas, reservas y anualidades en compañías aseguradoras.

“Existen distintos tipos de tablas de mortalidad. Pueden ser de generación (basadas en el estudio de cohortes, como conjunto de individuos de una población que comparten la experiencia de un mismo suceso origen, definidas por el suceso-origen nacimiento) o de

momento (un año concreto), abiertas (si dejan que se incorporen individuos al grupo inicial, es decir, éste no es cerrado) o cerradas. Además, según se consideren una o varias causas de salida del colectivo analizado se habla de tablas de único (salida sólo por fallecimiento) o múltiples decrementos (considerándose también otros fenómenos adicionales al fallecimiento como puede ser la invalidez...).” (De Vicente, A., Hernández, J., Albarrán I. y Ramírez, C. 2002).

Las Tablas de mortalidad se clasifican como a continuación se menciona:

1.4.1 Tablas selectas

Las Tablas selectas “miden el efecto que produce el proceso de selección utilizado y en las que se obtienen grupos por edades y por años transcurridos” (Arriaga M. & Sánchez J. 2008), las tablas dependen de la edad y “del tiempo que lleva en vigencia la póliza” (Ortiz, F., Villegas, M. & Zarruk, A. 2012)

1.4.2 Tablas últimas

“Una tabla que excluye la experiencia de mortalidad de los asegurados durante los primeros años de la póliza (o el período selecto) se conoce como una tabla última o definitiva.” (Ortiz, F., Villegas, M. & Zarruk, A. 2012)

1.4.3 Tablas conjuntas

Las Tablas conjuntas están basadas en todos los datos de la mortalidad, incluyendo todos los años sin excepción alguna. Por lo regular las compañías utilizan dichas cuentas.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA UTILIZADA

2.1 Construcción de una tabla de mortalidad.

La construcción de una tabla de mortalidad consta de 4 fases distintas (Ortiz, F., Villegas, M. & Zarruk, A. 2012). La primera fase consta de obtener información que debe ser examinada para encontrar inconsistencias o errores; después se realiza el cálculo y las probabilidades de muerte; se le realizan pruebas estadísticas para evaluar la calidad de los datos; al concluir las fases anteriores se calculan las demás variables de las tablas de vida mismas que son calculadas con las tasas suavizadas.

Las Tablas de mortalidad tienen una estructura básica, incluyendo lo siguiente:

x , la edad de la persona

l_x , número de sobrevivientes a la edad x , asumiendo que se toma una cohorte inicial de l_0 recién nacidos.

$d_x = l_x - l_{x-1}$, Número de personas que fallecen entre las edades x y $x+1$.

$q_x = \frac{d_x}{l_x}$, La probabilidad de fallecer a la edad x , esto es, la probabilidad de que una persona de edad x no sobreviva a la edad $x+1$.

$p_x = \frac{l_{x+1}}{l_x}$, La probabilidad de que una persona de edad x sobreviva hasta la edad $x+1$.

$$p_x = 1 - q_x$$

e_x , Esperanza de vida al nacer, corresponde al número de años esperado de vida para una persona de edad x , es decir, número de años promedio que vivirá la persona después de los x años ya alcanzados

L_x : Años persona vividos por la cohorte entre las edades exactas x y $x + n$. Utilizando la siguiente formula.

$$L_x = \frac{l_x + l_{x+1}}{2}$$

T_x : Tiempo que le falta por vivir a la generación hasta su extinción. Lo definimos como:

$$\text{Para } x = 0 \Rightarrow T_x = \sum_{x=0}^{\omega} l_x, \text{ para } x = 1 \text{ hasta } x = \omega \Rightarrow T_x = T_{x-1} - L_{x-1}$$

Las cuáles serán descritas en los temas siguientes.

2.2 Función de Sobrevivientes

Huertas, J. (2011). Menciona que el modelo de sobrevivencia varía de acuerdo a la región lo que ocasiona que la construcción del mismo sea complicada.

La función de sobrevivencia “representa al número de personas de la generación inicial que llegan con vida a la edad exacta “ x ” y es denotada por l_x . EL valor l_0 representa el

tamaño a la cohorte inicial (nacimientos) a edad 0 también conocido como “raíz de la tabla” “(Caballero, A., 2004), por lo regular es 100,000 individuos.

Por otro lado, se representa a ω la edad a la muere el último miembro de la generación $l_{\omega} = 0$ (Bowers, 1986)

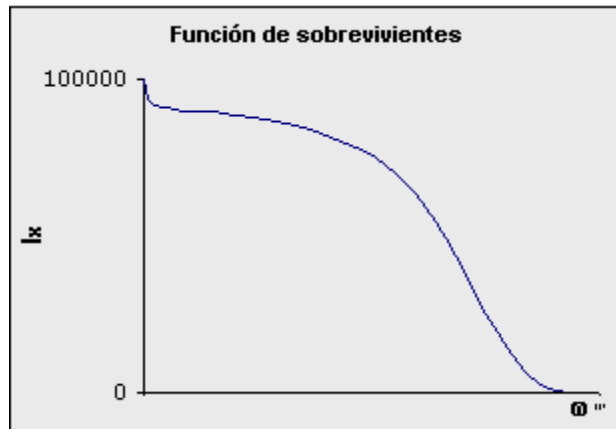


Gráfico 1. Fuente: Curso de análisis demográfico sección 8 de la CCP

2.3 Defunciones

El Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2010) define a las defunciones como el número de muertes que se producen entre los componentes de una generación inicial entre las edades exactas x .

En esta función podremos representar el número de defunciones ocurridas en las edades “ x ” y “ $x+1$ ” denotada como d_x , donde

$$d_x = l_x - l_{x+1}$$

En el caso en donde se trabaja con grupos de edad la función es denotada como $n d_x$, donde "n" representa el número de años del grupo, ocurridas entre las edades "x" y "x + n", "La función de defunciones se puede calcular de la siguiente manera" (Bowers, 1986):

$$n d_x = l_x - l_{x+n}$$

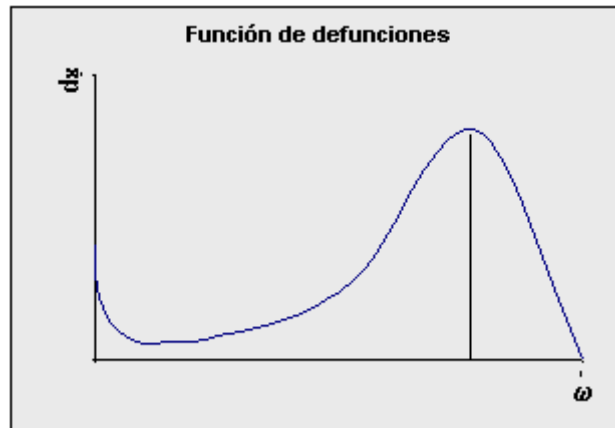


Gráfico 2. Fuente: Curso de análisis demográfico sección 8 de la CCP

"La edad modal de la mortalidad generalmente varía entre los 65 los 86 años" (Bowers,1986).

2.4 Probabilidad de muerte

"Se trata de una relación entre los casos favorables (al acontecimiento) y los casos posibles, donde los casos favorables son parte de los posibles" (Ortega, A. 1997).

La probabilidad de muerte representa la probabilidad de que una persona muera a la edad cumplida "x" y se denota como q_x . Es la relación favorable que existe entre d_x y l_x

se puede entender como las defunciones ocurridas a la edad cumplida "x", es decir, "la relación entre los casos favorables (defunciones ocurridas a la edad cumplida "x") y el total de los casos (sobrevivientes a la edad "x")" (Bowers, 1986)

$$q_x = \frac{d_x}{l_x} = \frac{l_x - l_{x+1}}{l_x}$$



Gráfico 3. Fuente: Curso de análisis demográfico sección 8 de la CCP

Cuando trabajamos con grupos de edades, "las probabilidades de muerte entre las edades "x" y "x + n" se representa ${}_n q_x$ y se calcula mediante con la siguiente ecuación" (Bowers, 1986):

$${}_n q_x = \frac{{}_n d_x}{l_x} = \frac{l_x - l_{x+n}}{l_x}$$

También podemos calcular la probabilidad de muerte a partir de tasas de mortalidad, si m_x es la tasa de mortalidad para la edad cumplida (Debon A., 2003):

$$m_x = \frac{d_x}{\underline{N}_x}$$

donde \underline{N}_x representa la población media de edad cumplida "x". Bajo el supuesto que para edades de 5 o más años las defunciones se presentan aleatoriamente durante el año, la población media puede ser aproximada por:

$$\underline{N}_x = l_x - \frac{1}{2}d_x$$

Por lo tanto, al sustituir nos resulta:

$$\begin{aligned} m_x &= \frac{d_x}{l_x - \frac{1}{2}d_x} \\ &= \frac{\frac{d_x}{l_x}}{1 - \frac{1}{2}\frac{d_x}{l_x}} \cdot \frac{l_x}{l_x} \\ &= \frac{q_x}{1 - \frac{1}{2}q_x} \\ &= \frac{2q_x}{2 - q_x} \end{aligned}$$

Al despejar la función q_x es equivalente a:

$$q_x = \frac{2m_x}{2 - m_x}$$

2.5 Probabilidad de supervivencia

“El tiempo de supervivencia se define como el tiempo transcurrido desde el acontecimiento o estado inicial hasta el estado final” (Fernández, P. 2003). También se puede definir como “el número de supervivientes a la edad exacta x ” (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2010)

Con apoyo de las probabilidades de muerte q_x y ${}_n q_x$, se puede calcular las probabilidades de supervivencia p_x y ${}_n p_x$, las cuales representan la probabilidad de sobrevivir entre las edades " x " y " $x + 1$ " y entre " x " y " $x + n$ " respectivamente. La función de probabilidad supervivencia se calcula (Debon A., 2003):

$$p_x = \frac{l_{x+1}}{l_x}$$

Para el caso de las edades simple, y para grupos de edades (Debon A., 2003):

$${}_n p_x = \frac{l_{x+n}}{l_x}$$

Por otra parte, el complemento de p_x es:

$$1 - p_x = 1 - \frac{l_{x+1}}{l_x} = \frac{l_x - l_{x+1}}{l_x} = q_x$$

Por lo tanto:

$$p_x = 1 - q_x$$

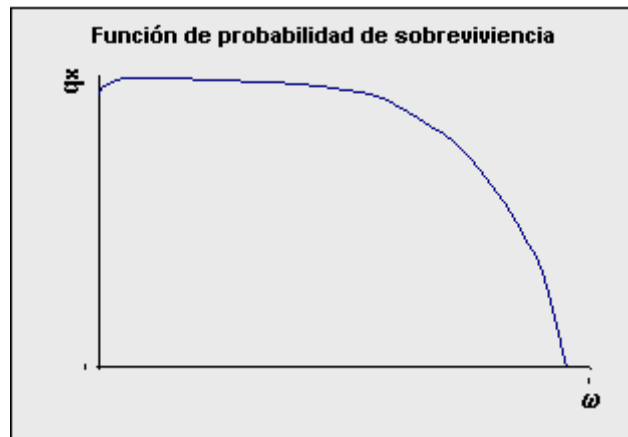


Gráfico 4. Fuente: Curso de análisis demográfico sección 8 de la CCP

2.6 Esperanza de vida

“La esperanza de vida es el tiempo esperado que una persona vivirá. Se trata de una medida estadística que se utilizara para estimar el tiempo de que falta por vivir sin importar lo que haya ocurrido en el pasado” (Silva, R. 2009).

El Instituto Nacional de Estadística (2021) define a la esperanza de vida como “el número medio de años que vivirán con x años cumplidos componentes de una generación de

individuos sometidos en cada edad al patrón de mortalidad observada sobre las personas de un determinado ámbito”

“Para calcular la esperanza de vida se utiliza la destrucción de probabilidad del tiempo de vida que tiene una persona” (Silva, R. 2009)

La esperanza de vida para una persona a la edad "x" se denota como e_x . Nos ayuda a medir el promedio de años que le restaría por vivir a la generación. “Se obtiene de la razón entre el número de años que le restan vivir a la generación completa y el número de sobrevivientes a edad “x” (Bowers, 1986).

$$e_x = \frac{T_x}{l_x}$$

Donde T_x es la función que nos define el tiempo que le falta por vivir a la generación. Se puede expresar como:

$$T_x = \sum_{i=x}^{\omega-1} n L_i$$

2.7 Tablas de mortalidad completas.

Las tablas de mortalidad completas son definidas por Ortega, A. (1997) como aquellas diferentes funciones se elaboran para cada año de edad, mismas que son elaboradas para cada año de edad. La parte fundamental en la graduación de las tasas de mortalidad,

“antes de utilizar los datos debemos analizarlos, y de ser necesario, someterlos a un proceso de suavización” (Ortiz, F., Villegas, M. & Zarruk, A. 2012) mediante el método de Whittaker-Henderson.

2.7.1 Método Whittaker-Henderson

La graduación de Whittaker-Henderson determina un conjunto de valores que minimizan una ecuación de diferencia. El método permite un equilibrio explícito entre bondad de ajuste y suavidad. Para mayor claridad y brevedad, esta descripción hablará de tasas de mortalidad graduadas. Este es simplemente un caso específico y común. El método es igualmente aplicable a tipos de muchos otros tipos. (Howard, R. 2007)

El método Whittaker-Henderson fue desarrollado entre 1923 y 1924 por E.T Whittaker y Robert Henderson, el cual consiste en minimizar, considerando a q_x , y teniendo la expresión siguiente:

$$M = \sum_{x=0}^{\omega} W_x (q_x'' - q_x)^2 + k \sum_{x=0}^{\omega-z} (\Delta^z q_x'')^2$$

donde:

W_x : Es el coeficiente de ponderación

q_x : Tasa bruta de mortalidad.

q_x'' : Tasa de mortalidad ajustada

Δ^z : Diferencia finita de orden z, siendo generalmente igual a 2 ó 3.

k : Regula la importancia asignada al segundo sumando de la expresión.

ω : Edad a la que muere el último miembro de la generación

El objetivo de minimizar la expresión, es obtener un sistema de ecuaciones lineales, cuyas incógnitas son los valores de q_x .

El suavizamiento por Whittaker-Henderson, se puede realizar de forma analítica de la siguiente manera:

Expresamos la fórmula anterior en su forma matricial.

Primero

$$\sum_{x=0}^{\omega} W_x (q_x'' - q_x)^2:$$

$$M = (q'' - q)^T W (q'' - q)$$

donde:

W : Es una matriz diagonal $n \times n$ compuesta por las ponderaciones $W_0, W_1, \dots, W_\omega$

q : Matriz de $n \times 1$ de probabilidades de muerte

q'' : Matriz de $n \times 1$ de probabilidades de muerte suavizadas

El segundo sumando $\sum_{x=0}^{\omega-z} (\Delta^2 q_x'')^2$, se sustituye como:

Para poder sustituir esta expresión primero debemos entender cómo es que funciona, tomando en cuenta que la suma de la expresión va desde $x = 0$ hasta $x = \omega - z$, por lo tanto ω debe ser mayor a z y z a su vez mayor o igual a 1.

Por lo tanto, “se sustituirá empíricamente los valores de ω y z , teniendo en cuenta que no existe congruencia teórica, es solo para poder comprender la descomposición matricial” (Pérez, C. 2014). El desarrollo algebraico se puede encontrar en el anexo 1.

En conclusión, podemos descomponer el sumando de la siguiente manera:

$$kq^T C^T C q$$

donde C es la matriz de constantes de dimensiones $(n - z) \times n$

Tenemos como representación matricial de la fórmula Whittaker-Henderson:

$$(q'' - q)^T W (q'' - q) + k q^T C^T C q''$$

Ahora que ya tenemos la formula en representación matricial quedando nuevamente como incógnita una matriz que contiene como incógnitas las q_x suavizadas.

La fórmula es la siguiente:

$$(W + kC^T C)q'' = Wq$$

Simplificamos la formula como:

$$Gq'' = Wq$$

Donde $G = (W + kC^T C)$

donde:

W : Matriz diagonal $n \times n$, cuyos elementos son las ponderaciones W_1, W_2, \dots, W_n

C : Matriz $(n-z) \times n$ que contiene los coeficientes de las diferencias de orden z de q_x

q'' : Vector de valores suavizados

q : Vector de probabilidades de muerte no suavizadas

Esta ecuación se puede resolver fácilmente calculando el valor de G^{-1} . Pero se tiene una desventaja que la determinante de matriz es muy cercana a cero, por lo que los resultados no son muy asertivos. Por lo que el método por Greville recomienda usar el método de raíz cuadrada o método Cholesky.

2.7.1.1 Método de Cholesky

Se utiliza el método de Cholesky como herramienta para obtener una solución al modelo anterior de suavización de tasas de mortalidad. Alpízar, E. (2013) menciona que la factorización de Cholesky, es definida por matices simétricas definidas positivas, la consiste en descomponer G como el producto de una matriz triangular inferior y su traspuesta." También se puede definir como "La descomposición de Cholesky es una clase especial de descomposición matricial LU, del inglés Lower-Upper, que consiste en la factorización de una matriz en el producto de dos o más matrices." (Economipedia, 2019).

El método de descomposición de Cholesky puede ser utilizado para diversos ramos, uno de ellos es "finanzas se utiliza para transformar las realizaciones de variables normales independientes en variables normales correlacionadas según una matriz de correlaciones E " (Economipedia, 2019). "El algoritmo para determinar los elementos distintos cero en L se le denomina factorización Cholesky simbólica" (Galliva, K., Heath, M., Ng, E., Ortega J., Peyton B., Plemmons, R., Romine, C., Sameh, A. y Voigt R. 1990)

Para efectos del presente trabajo se apoyará del Método Cholesky el cual “consiste en expresar una matriz como el producto de dos matrices” (Muñoz J., 2014), $G = BB^T$ una matriz triangular inferior por una matriz triangular superior, que es su traspuesta

$$Gq'' = BB^Tq'' = Wq$$

Como ya se mencionó B es una matriz triangular inferior, sus componentes se calculan de la siguiente manera:

$$\text{i. } B_{ii} = \sqrt{G_{ii}}$$

$$\text{ii. } B_{ij} = \frac{1}{B_{ii}} \left(G_{ij} - \sum_{k=1}^{j-1} B_{ik} B_{jk} \right)$$

$$\text{iii. } B_{ii} = \sqrt{G_{ii} - \sum_{k=1}^{i-1} B_{ik}^2}, i = 2, 3, \dots, n$$

La solución del método de Whittaker-Henderson lo podemos resumir como:

$$Gq'' = Wq$$

aplicando el método de Cholesky a G se obtiene:

$$BB^Tq'' = Wq$$

donde, siendo q auxiliar

$$B^T q'' = q'$$

la expresión resultante será:

$$Bq' = Wq$$

Para obtener las probabilidades suavizadas de muerte, se debe llevar a cabo en 2 pasos:

Paso 1, consiste en resolver el sistema de ecuaciones que se obtiene al multiplicar las matrices de la igualdad $Bq' = Wq$ y el paso 2, consiste en realizar un procedimiento análogo, pero con $B^T q'' = q'$

2.8 Rentas vitalicias

Una Renta Vitalicia es el contrato por el cual la aseguradora a cambio de recibir los recursos acumulados en la cuenta individual se obliga a pagar periódicamente una pensión durante la vida del pensionado. (IMSS, s.f.).

Generalmente las rentas vitalicias son indexadas, es decir que los pagos crecen anualmente en un porcentaje igual a la inflación del año inmediatamente anterior. Este

crecimiento permite calcular de una manera sencilla la reserva de dinero necesaria para soportar el pago de la renta (Agudelo, G. & Franco, L. 2016).

La renta vitalicia es uno de las modalidades de retiro que permite la legislación del sistema provisional. (Valdés, S. ,1992). Se puede definir también como “La renta vitalicia, es un seguro a prima única mediante el cual el tomador contrata con un asegurador.” (De Vicente, A., Hernández, J., Albarrán I. y Ramírez, C. 2002).

El IMSS señala que “las Aseguradoras reguladas y supervisadas por la Comisión Nacional de Seguros y Fianzas (CNSF) y que tienen convenio con el IMSS son”:

- Profuturo GNP Pensiones
- Pensiones BANORTE
- Pensiones BBVA BANCOMER
- Pensiones SURA

La funcionalidad de los seguros es “invertir el dinero que aporta el inversor en forma de prima única en activos del mercado financiero para obtener rentabilidad. Luego, la propia compañía pagará al inversor una pequeña parte en intereses y otra correspondiente a la desinversión de la prima aportada” (Lezaun, M. 2019).

Las rentas vitalicias han tenido una baja demanda derivado a no muy accesibles y en algunos casos caras, “He manifestado mi interés de que exploremos la posibilidad de que exista una renta vitalicia estandarizada a la que puedan acceder todas las generaciones del SAR cuando lleguen a los 65 años” (Vela, A. 2020). Abraham Vela Dib, presidente de la Comisión Nacional del Sistema de Ahorro para el Retiro (Consar), comentó “que se ha

acercado a autoridades de la Secretaría de Hacienda para crear una especie de renta vitalicia estandarizada que puedan ofrecer las aseguradoras a un precio económico. Cuando un trabajador cumpla la edad de retiro, tendrá tres opciones: retirar todo su dinero en una sola exhibición, un retiro programado a través de su afore, o bien podrá adquirir una renta vitalicia.”

Las AFORE se pueden definir como “Son entidades financieras constituidas como sociedades mercantiles que se dedican de manera exclusiva, habitual y profesional a administrar las cuentas individuales y canalizar los recursos de las subcuentas que las integran en términos de las leyes de seguridad social, así como administrar sociedades de inversión” (PENSIONISSSTE, 2020). Al registrarse en las AFORES “apertura una cuenta única y personal llamada comúnmente como “Cuenta Individual”. Ahí se acumulan las aportaciones que periódicamente se depositan por parte del patrón, el gobierno y el trabajador.” (PENSIONISSSTE, 2020).

En el presente trabajo se calculará la suma de los recursos acumulados de la cuenta individual que debe el usuario tener para obtener la renta anual que se desea, conforme a la tasa de interés y la edad de retiro.

$$a_x(R) = \frac{N_{x+1}}{D_x} * RE$$

$$N_x = \sum_{x=0}^{\omega-1} D_x$$

$$D_x = l_x(1 + r)^{-x}$$

donde

$a_x(R)$ Valor actuarial o monto acumulado

r Es la tasa técnica de interés

RE Renta anual deseada

Podemos describir a D_x como “número de sobrevivientes descontados a una determinada tasa de interés anual por un tiempo equivalente” (Rosas, E. 2018) y a N_x Suma del valor presente de la población viva comenzado a la edad x hasta ω .

De acuerdo a lo anterior podemos calcular la suma que el usuario debe acumular para obtener una renta anual misma que el usuario elegirá.

CAPÍTULO III. CREACIÓN DE TABLA DE MORTALIDAD.

Como ya se vio en el capítulo 2 se explicaron los términos básicos que contiene una tabla de mortalidad. Para realización de la herramienta se tomará en cuenta los siguientes términos:

x = la edad de la persona

a_x = Factor de separación. Proporción de defunciones que ocurren ($a_0 = 0.3, a_{1,2,3,4} = 0.4, a_{5,6,\dots,\omega} = 0.5$)

D_x = Defunciones registradas. (Datos ingresados por el usuario)

P_x = Población. (Datos ingresados por el usuario)

m_x = Tasa específica mortalidad. Utilizando la siguiente fórmula:

$$m_x = \frac{D_x}{P_x}$$

q_x = La probabilidad de fallecer a la edad x esto es, la probabilidad de que una persona de edad x no sobreviva a la edad $x+1$. Utilizando la siguiente fórmula:

$$q_x = \frac{m_x}{(m_x \times (1 - a_x) + 1)}$$

d_x = Número de personas que fallecen entre las edades x y $x+1$. Lo definimos como:

$$d_x = q_x * l_x$$

l_x , número de sobrevivientes a la edad x , asumiendo que se toma una cohorte inicial de $l_0 = 100,000$ recién nacidos. Y para $x = 1$ hasta $x = \omega$ tomamos la siguiente formula.

$$l_x = l_{x-1} - d_x$$

p_x = La probabilidad de que una persona de edad x sobreviva hasta la edad $x+1$. Determinada mediante la siguiente formula:

$$p_x = 1 - q_x$$

L_x : Años persona vividos por la cohorte entre las edades exactas x y $x + n$. Utilizando la siguiente formula.

$$L_x = \frac{l_x + l_{x+1}}{2}$$

T_x : Tiempo que le falta por vivir a la generación hasta su extinción. Lo definimos como:

Para $x = 0 \Rightarrow T_x = \sum_{x=0}^{\omega} l_x$, para $x = 1$ hasta $x = \omega \Rightarrow T_x = T_{x-1} - L_{x-1}$

e_x = Esperanza de vida completa, corresponde al número de años esperado de vida para una persona de edad x , es decir, número de años promedio que vivirá la persona después de los x años ya alcanzados. Se calculará con la siguiente formula:

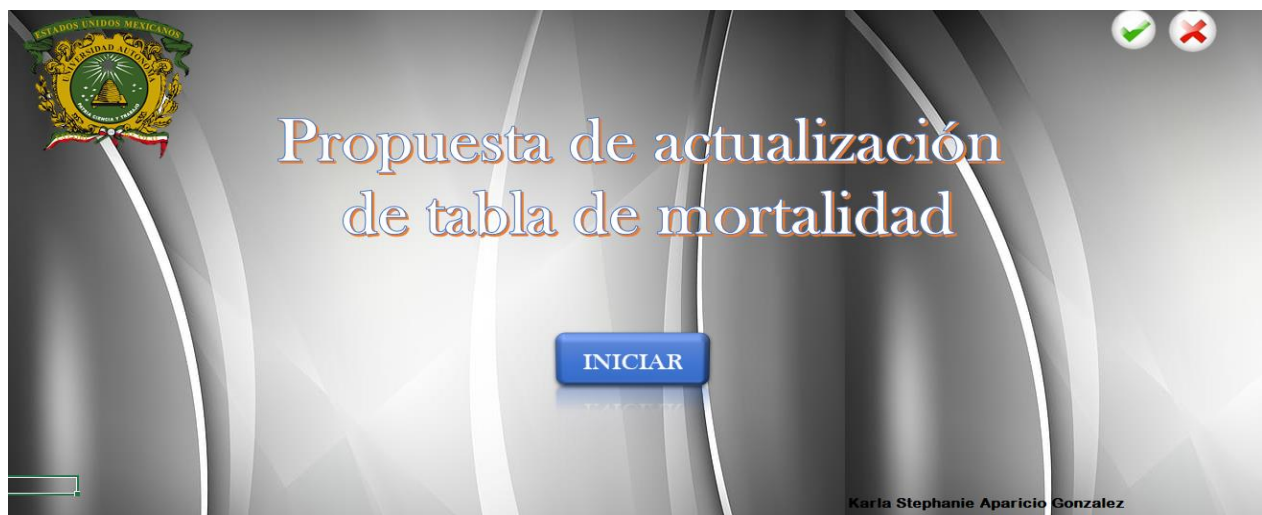
$$e_x = \frac{T_x}{l_x}$$

3.1 Estructura del programa

Para facilitar al usuario el manejo de la herramienta, se desarrolló mediante Microsoft Excel ya que es un software que se puede encontrar con facilidad y es muy utilizado en la actualidad. A continuación, se explicará el desarrollo del mismo y el funcionamiento

En la siguiente pantalla nos muestra la portada de la herramienta. En la cual se tiene dar click en Inicio.

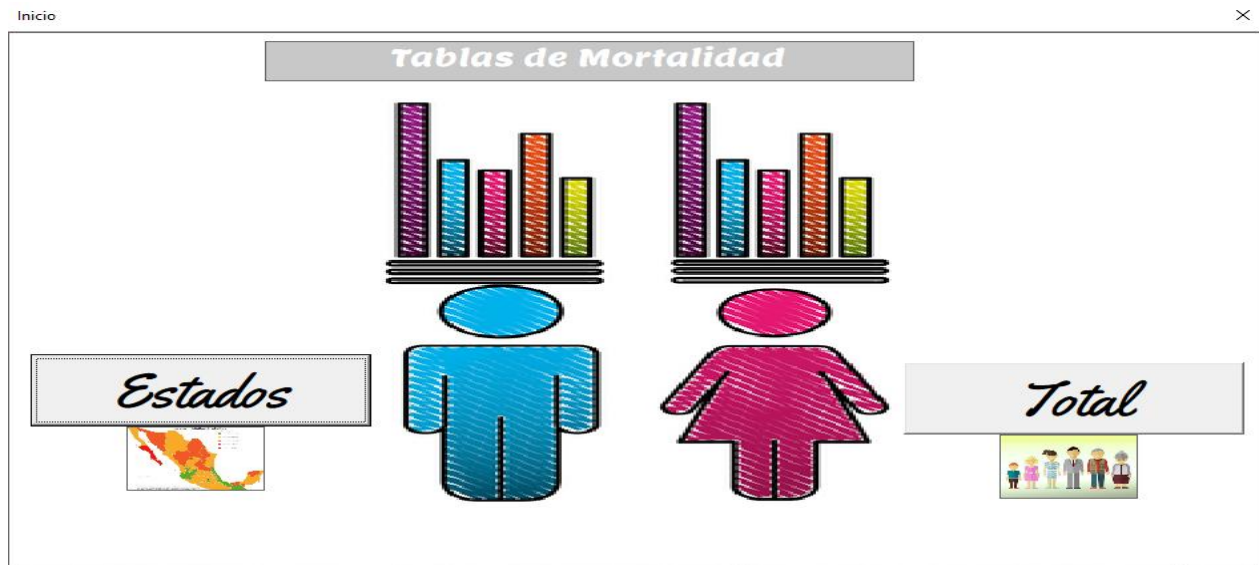
Figura 1 Portada de la herramienta



Fuente: Elaboración propia.

La siguiente pantalla nos muestra las opciones que tiene la herramienta para la creación de las tablas, que son tabla de mortalidad Total o tabla de mortalidad por estado.

Figura 2. Tipo de tabla de mortalidad




Fuente: Elaboración propia.

3.2 Captura de datos

Como ya se vio en la figura 2 se tiene 2 opciones para la creación de las tablas de mortalidad por estados o total. En ambas opciones se deben de ingresar los datos de las defunciones y de la población del año que se desea realizar el estudio, dichos datos se pueden adquirir de la página del Instituto Nacional Estadística y Geografía (INEGI).

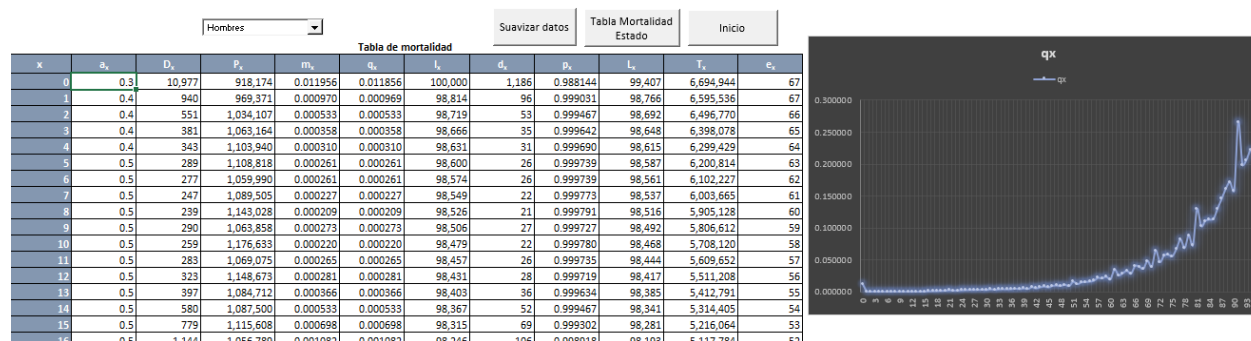
Después de haber pegado los datos requeridos en cualquiera de las opciones podemos

observar el siguiente botón  en la parte superior el cual nos arrojará la tabla de mortalidad.

3.3 Tabla de mortalidad Total

El caso de que la opción seleccionada sea Total (Figura 2). Nos arrojará la siguiente hoja. En la cual podemos modificar el Sexo ya sea Hombre, Mujer o Total dependiendo a la selección nos arrojará el resultado

Figura 3. Creación de Tabla de mortalidad



Fuente: Elaboración propia.


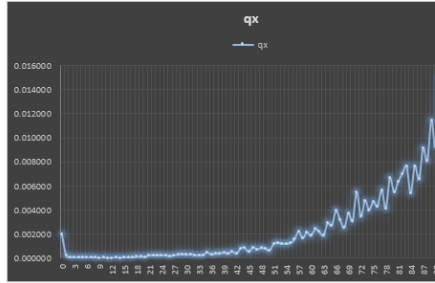
3.4 Tabla de mortalidad por Estados

Si nuestra opción seleccionada en la figura 3 fue Estados nos mostrará la siguiente pantalla. Dicha tabla se puede modificar por Sexo y Estado.

Figura 4 Tabla de mortalidad por Estados.


Mujer Veracruz de Ignacio de la Llave Suavizar datos Tabla Mortalidad Total Inicio

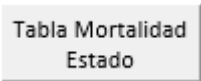
x	a_x	Dx	Px	m_x	q_x	l_x	d_x	p_x	L_x	T_x	e_x
0	0.3	105	53,984	0.001946	0.001943	100,000	194	0.998057	99,903	9,531,163	95
1	0.4	12	56,999	0.00211	0.00211	99,806	21	0.999789	99,795	9,431,260	94
2	0.4	4	58,791	0.00068	0.00068	99,785	7	0.999932	99,781	9,331,465	94
3	0.4	2	61,977	0.00032	0.00032	99,778	3	0.999968	99,776	9,231,684	93
4	0.4	3	65,515	0.00046	0.00046	99,775	5	0.999954	99,772	9,131,907	92
5	0.5	4	66,765	0.00060	0.00060	99,770	6	0.999940	99,767	9,032,135	91
6	0.5	2	64,841	0.00031	0.00031	99,764	3	0.999969	99,763	8,932,368	90
7	0.5	2	66,537	0.00030	0.00030	99,761	3	0.999970	99,760	8,832,606	89
8	0.5	5	68,369	0.00073	0.00073	99,758	7	0.999927	99,754	8,732,846	88
9	0.5	0	66,475	0.00000	0.00000	99,751	0	1.000000	99,751	8,633,092	87
10	0.5	2	69,434	0.00029	0.00029	99,751	3	0.999971	99,749	8,533,341	86
11	0.5	0	65,515	0.00000	0.00000	99,748	0	1.000000	99,748	8,433,592	85
12	0.5	1	69,224	0.00014	0.00014	99,748	1	0.999986	99,747	8,333,844	84
13	0.5	3	66,505	0.00045	0.00045	99,746	5	0.999955	99,744	8,234,097	83
14	0.5	0	67,252	0.00000	0.00000	99,742	0	1.000000	99,742	8,134,353	82
15	0.5	6	68,317	0.00088	0.00088	99,742	9	0.999912	99,738	8,034,611	81
16	0.5	2	66,981	0.00030	0.00030	99,733	3	0.999970	99,732	7,934,873	80
17	0.5	3	70,584	0.00043	0.00043	99,730	4	0.999957	99,728	7,835,142	79
18	0.5	8	70,186	0.00114	0.00114	99,726	11	0.999886	99,720	7,735,414	78
19	0.5	7	61,470	0.00114	0.00114	99,715	11	0.999886	99,709	7,635,693	77
20	0.5	7	67,588	0.00104	0.00104	99,703	10	0.999896	99,698	7,535,985	76
21	0.5	14	56,516	0.00248	0.00248	99,693	25	0.999752	99,680	7,436,287	75
22	0.5	15	62,084	0.00242	0.00242	99,668	24	0.999758	99,656	7,336,606	74

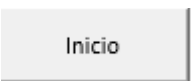
Fuente: Elaboración propia.

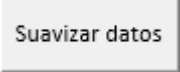
Ambas tablas cuentan con 3 botones en la parte superior. Para el caso de la tabla de

mortalidad por estado podemos encontrar el botón  en el cual podemos crear la tabla de mortalidad total y seguir teniendo la tabla por estados. Dicho botón nos llevara a la hoja en donde se deben ingresar los datos. Y para la tabla de mortalidad total

nos muestra el botón  el cual nos direcciona a el llenado de datos para poder crear la tabla de mortalidad por estados sin perder la tabla ya creada

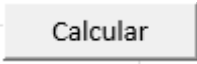
Ambas tablas tienen los mismos siguientes 2 botones, que se explicaran a continuación.

El botón  nos llevara a la pantalla de inicio figura 1 borrando las tablas ya creadas.

En el siguiente botón  nos suavizara las probabilidades de muerte. Creando otra hoja que se mostrara a más adelante.

3.5 Suavizamiento de datos. Método Whittaker-Henderson.

En el caso de seleccionar el botón anterior nos pide ingresa el orden de diferencia y nivel de importancia del grado de suavización.

En la figura 5 podemos observar los campos en los cuales se escribirán los datos anteriores mencionados, con el botón  nos mostrara las probabilidades de muerte ya suavizadas y la gráfica con la comparación de las probabilidades. Dependiendo del orden de diferencia y Nivel de importancia del grado de suavización que utilice, mediante el método Whittaker-Henderson.

Dichos datos pueden ser modificados y al volver a seleccionar el botón nos arrojará las probabilidades suavizadas.

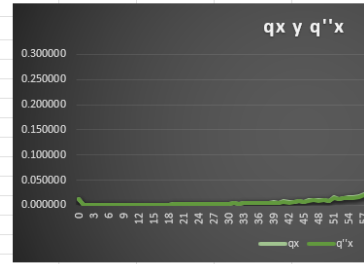
Figura 5. Suavizamiento de las probabilidades.

Orden de diferencia		Calcular		Inicio		Renta vitalicia				
Nivel de importancia del grado de suavizaci										
Tabla_Hombres_Tamaulipas										
x	q _x	l _x	d _x	p _x	L _x	T _x	e _x	N _x	W _x	q'' _x
0	0.000319	100,000	32	0.999681	99,984	10,044,475.37	100.44	99,984.06	313,817,051.83	
1	0.000000	99,968	0	1.000000	99,968	9,944,491.31	99.48	99,968.13	0.00	
2	0.000000	99,968	0	1.000000	99,968	9,844,523.18	98.48	99,968.13	0.00	
3	0.000000	99,968	0	1.000000	99,968	9,744,555.05	97.48	99,968.13	0.00	
4	0.000000	99,968	0	1.000000	99,968	9,644,586.92	96.48	99,968.13	0.00	
5	0.000000	99,968	0	1.000000	99,968	9,544,618.79	95.48	99,968.13	0.00	
6	0.000000	99,968	0	1.000000	99,968	9,444,650.66	94.48	99,968.13	0.00	
7	0.000000	99,968	0	1.000000	99,968	9,344,682.53	93.48	99,968.13	0.00	
8	0.000000	99,968	0	1.000000	99,968	9,244,714.40	92.48	99,968.13	0.00	
9	0.000000	99,968	0	1.000000	99,968	9,144,746.27	91.48	99,968.13	0.00	
10	0.000000	99,968	0	1.000000	99,968	9,044,778.14	90.48	99,968.13	0.00	
11	0.000000	99,968	0	1.000000	99,968	8,944,810.01	89.48	99,968.13	0.00	

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6 Suavizamiento de las probabilidades_ tabla mortalidad total.

Orden de diferencia		Calcular		Inicio		Renta vitalicia				
Nivel de importancia del grado de suavizaci										
Tabla de mortalidad_Hombres										
x	q _x	l _x	d _x	p _x	L _x	T _x	e _x	N _x	W _x	q'' _x
0	0.011856	100,000	1,186	0.988144	99,407	6,694,943.53	66.95	99,407.19	8,484,950.50	0.011855
1	0.000969	98,814	96	0.999031	98,766	6,595,536.34	66.75	98,766.49	102,017,557.10	0.000969
2	0.000533	98,719	53	0.999467	98,692	6,496,769.85	65.81	98,692.31	185,271,114.98	0.000533
3	0.000358	98,666	35	0.999642	98,648	6,398,077.54	64.85	98,648.32	275,437,555.58	0.000358
4	0.000310	98,631	31	0.999690	98,615	6,299,429.22	63.87	98,615.34	317,835,538.14	0.000310
5	0.000261	98,600	26	0.999739	98,587	6,200,813.88	62.89	98,587.18	378,045,778.40	0.000261
6	0.000261	98,574	26	0.999739	98,561	6,102,226.70	61.90	98,561.43	377,070,354.79	0.000261
7	0.000227	98,549	22	0.999773	98,537	6,003,665.27	60.92	98,537.38	434,898,107.07	0.000226
8	0.000209	98,526	21	0.999791	98,516	5,905,127.89	59.93	98,515.92	471,549,202.71	0.000209
9	0.000273	98,506	27	0.999727	98,492	5,806,611.97	58.95	98,492.19	361,115,800.98	0.000273
10	0.000220	98,479	22	0.999780	98,468	5,708,119.78	57.96	98,467.91	447,426,572.89	0.000220
11	0.000265	98,457	26	0.999735	98,444	5,609,651.87	56.98	98,444.03	371,740,121.41	0.000265
12	0.000281	98,431	28	0.999719	98,417	5,511,207.84	55.99	98,417.17	350,651,738.46	0.000280
13	0.000366	98,403	36	0.999634	98,385	5,412,790.67	55.01	98,385.35	268,882,791.81	0.000366
14	0.000533	98,367	52	0.999467	98,341	5,314,405.32	54.03	98,341.13	184,679,940.94	0.000532
15	0.000698	98,315	69	0.999302	98,281	5,216,064.19	53.05	98,280.61	140,873,906.75	0.000697
16	0.001082	98,246	106	0.998918	98,193	5,117,783.58	52.09	98,193.16	90,879,120.07	0.001078
17	0.001257	98,140	123	0.998743	98,078	5,019,590.42	51.15	98,078.32	78,094,075.04	0.001252
18	0.001438	98,017	141	0.998562	97,946	4,921,512.10	50.21	97,946.14	68,211,262.18	0.001431
19	0.001862	97,876	182	0.998138	97,785	4,823,565.96	49.28	97,784.57	52,626,556.79	0.001850
20	0.001959	97,693	191	0.998041	97,598	4,725,781.39	48.37	97,597.79	49,922,614.76	0.001947
21	0.002715	97,502	265	0.997285	97,370	4,628,183.61	47.47	97,369.72	35,955,620.54	0.002692



Fuente: Elaboración propia.

Como ya se mencionó anteriormente para el suavizamiento de las probabilidades se utilizó el método Whittaker-Henderson.

Al ejecutar el botón se ponen en funcionamiento la macro que podemos observar en el anexo 3.

3.6 Uso de la tabla de mortalidad-Renta Vitalicia.

Ahora que ya tenemos las probabilidades suavizadas, podremos calcular la renta vitalicia con base a la tabla de mortalidad en la que nos ubicamos. Como se puede observar en

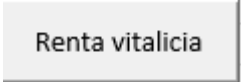
la figura 6 el botón  el cual no mandara a la siguiente pantalla.

Figura 7 Cálculo renta vitalicia.



La imagen muestra una interfaz de usuario para el cálculo de la renta vitalicia. El título principal es "Renta Vitalicia". Hay tres campos de entrada: "Tasa de Interés" (con un símbolo de porcentaje), "Edad de retiro" (con un símbolo de años) y "Renta Vitalicia Anual". A la derecha, hay un campo de salida etiquetado como "Saldo acumulado". En el centro, hay un icono de un cerdito ahorrador con un símbolo de dólar encima. En la parte inferior, hay tres botones: "Calcular", "Nuevo" y "Salir".

Fuente: Elaboración propia.

La figura anterior es la pantalla que nos ayudara a conocer el saldo acumulado que tenemos que sumar para tener una renta vitalicia anual seleccionada a la edad de Retiro y la tasa de interés ingresada.

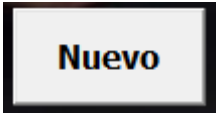

Como ya se mencionó los datos que se deben de ingresar son:

- Tasa de interés

- Edad de retiro

- Renta Vitalicia Anual

Después de ingresar los datos anteriores seleccionados el botón calcular y nos arrojará el Saldo Acumulado que deberías de tener a la edad de retiro ingresa, para obtener una Renta Vitalicia Anual, basada en la tabla de mortalidad en la que nos encontremos.

Además, se puede observar 2 botones más. El botón  nos ayudara a borrar los datos para poder hacer una nueva consulta. Y el botón  nos regresara a la tabla de mortalidad con datos suavizados.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS OBTENIDOS

Para efectos de mostrar la funcionalidad de la herramienta se reunió los datos del año 2010 de las defunciones y la población de la página oficial del INEGI. A continuación, se mostrará cómo se pueden descargar dichos datos.

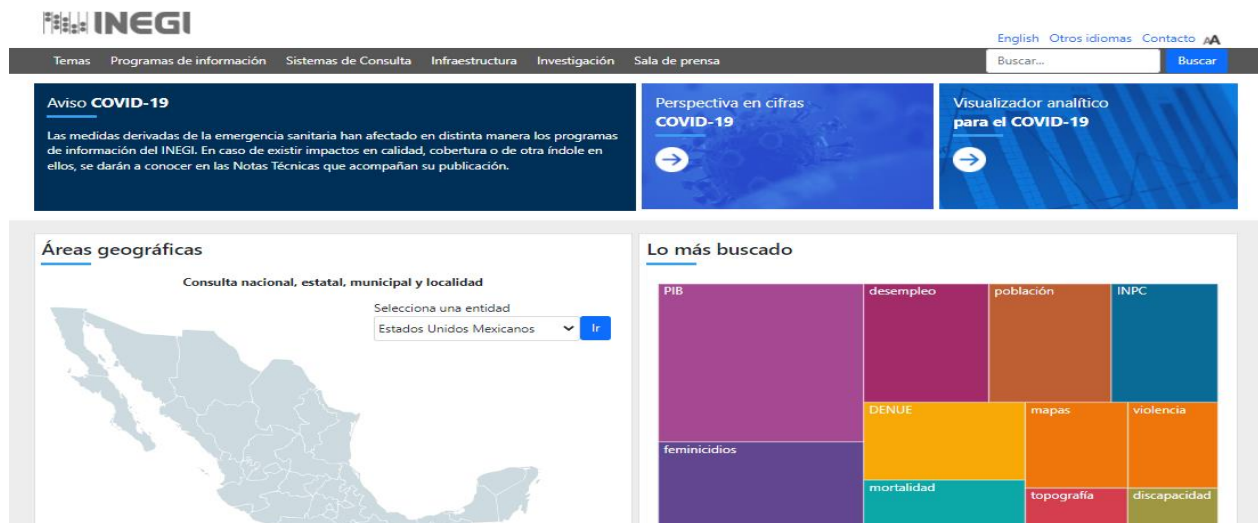
4.1 Recolección de datos.

4.1.1 Pasos para la obtención de datos de Población.

Para la descarga de los datos de la población se mostrará los pasos para obtención de la misma.

Ingresamos a la página del INEGI en el apartado Datos.

Figura 8. Página principal INEGI.



Fuente: <https://www.inegi.org.mx/default.html>.

Figura 9. Página web INEGI.




Fuente: <https://www.inegi.org.mx/programas/>.

Como se muestra en la figura anterior ingresamos a Programas-> Censos y Conteos-> Censos y Conteos de Población y Vivienda-> Escogemos el año del cual queremos la información. Para efecto del presente se recaudaron datos del 2010, por lo que se ingresó a 2010. Nos direcciona a la siguiente pantalla.

Figura 10. Página web INEGI.

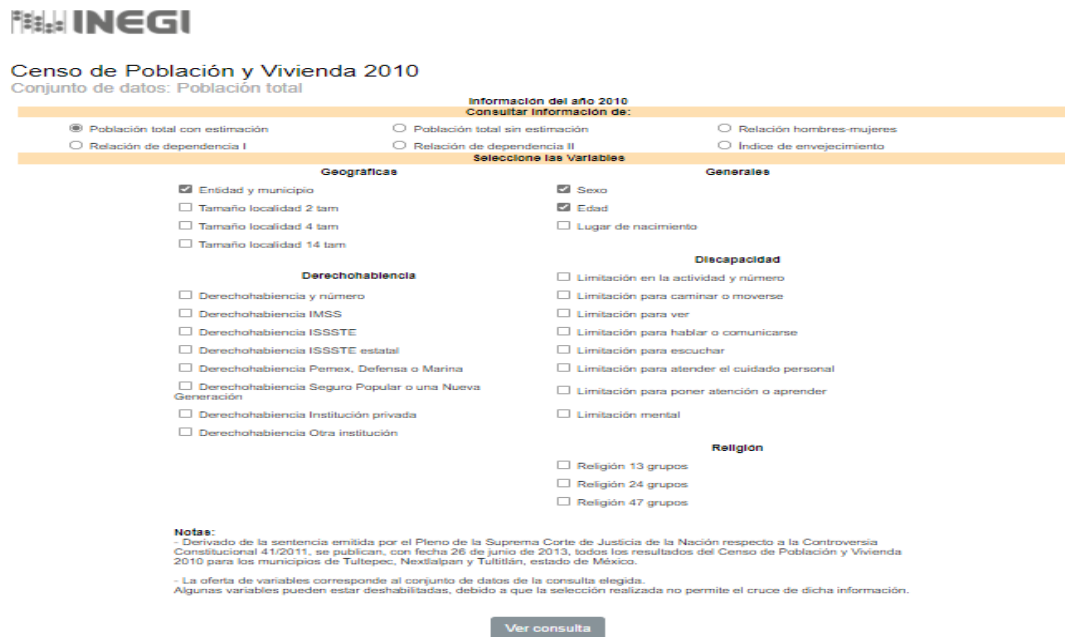


Título	Periodo	Formatos
– Tabulados interactivos		
 Población Total	2010	
 Población de 3 años y más	2010	
 Población de 12 años y más	2010	
 Población femenina de 12 años y más	2010	
 Población en hogares y sus viviendas	2010	
 Hogares censales	2010	
 Viviendas	2010	
– Tabulados predefinidos		
Pirámide de población	2010	 25.0 KB

Fuente: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Tabulados>.

Después de seleccionar la población total en el apartado de tabulado como lo podemos observar en la imagen anterior. Nos arroja la siguiente pantalla en la cual podemos seleccionar los datos que se necesitan, en el caso del presente trabajo se seleccionó los datos de la población total por sexo, edad y entidad y municipio.

Figura 11. Página web INEGI



INEGI

Censo de Población y Vivienda 2010
Conjunto de datos: Población total

Información del año 2010
Consultar información de:

Población total con estimación
 Población total sin estimación
 Relación de dependencia I
 Relación de dependencia II
 Relación hombres-mujeres
 Índice de envejecimiento

Selección de las Variables

Geográficas

Entidad y municipio
 Tamaño localidad 2 tam
 Tamaño localidad 4 tam
 Tamaño localidad 14 tam

Derechohabilidad

Derechohabilidad y número
 Derechohabilidad IMSS
 Derechohabilidad ISSSTE
 Derechohabilidad ISSSTE estatal
 Derechohabilidad Pemex, Defensa o Marina
 Derechohabilidad Seguro Popular o una Nueva Generación
 Derechohabilidad Institución privada
 Derechohabilidad Otra institución

Generales

Sexo
 Edad
 Lugar de nacimiento

Discapacidad

Limitación en la actividad y número
 Limitación para caminar o moverse
 Limitación para ver
 Limitación para hablar o comunicarse
 Limitación para escuchar
 Limitación para atender el cuidado personal
 Limitación para poner atención o aprender
 Limitación mental

Religión

Religión 13 grupos
 Religión 24 grupos
 Religión 47 grupos

Notas:
Derivado de la sentencia emitida por el Pleno de la Suprema Corte de Justicia de la Nación respecto a la Controversia Constitucional 41/2011, se publican, con fecha 26 de junio de 2013, todos los resultados del Censo de Población y Vivienda 2010 para los municipios de Tultepec, Nexátlipan y Tultitlán, estado de México.
- La oferta de variables corresponde al conjunto de datos de la consulta elegida.
- Algunas variables pueden estar deshabilitadas, debido a que la selección realizada no permite el cruce de dicha información.

[Ver consulta](#)

Fuente: https://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/proyectos/bd/censos/cpv2010/pt.asp?s=est&c=27770&proy=cpv10_pt .

En la siguiente imagen podemos observar los resultados obtenidos los cuales varían dependiendo a los filtros seleccionados. Antes de descargarlos se pueden acomodar las filas y columnas en el orden que se desee. El último paso es descargar dichos datos. Las tablas exportadas de la población para efecto del presente trabajo se pueden observar en el anexo 3, 4 y 5.

Figura 12. Página web INEGI.

INEGI
Censo de Población y Vivienda 2010
 Conjunto de datos: Población total
 Variables: Edad (Total)

Consulta de: Población total con estimación Por: Entidad y municipio Según: Sexo

Entidad y municipio	Sexo - Total				Hombre				Mujer			
	↑	↓	↕	↕	↑	↓	↕	↕	↑	↓	↕	↕
Total				112,336,538				54,855,231				57,481,307
+ Aguascalientes				1,184,996				576,638				608,358
+ Baja California				3,155,070				1,591,610				1,563,460
+ Baja California Sur				637,026				325,433				311,593
+ Campeche				822,441				407,721				414,720
+ Coahuila de Zaragoza				2,748,391				1,364,197				1,384,194
+ Colima				650,555				322,790				327,765
+ Chiapas				4,796,580				2,352,807				2,443,773
+ Chihuahua				3,406,465				1,692,545				1,713,920
+ Distrito Federal				8,851,080				4,233,783				4,617,297
+ Durango				1,632,934				803,890				829,044
+ Guanajuato				5,486,372				2,639,425				2,846,947
+ Guerrero				3,388,768				1,645,561				1,743,207
+ Hidalgo				2,665,018				1,285,222				1,379,796
+ Jalisco				7,350,682				3,600,641				3,750,041
+ México				15,175,862				7,396,986				7,778,876
+ Michoacán de Ocampo				4,351,037				2,102,109				2,248,928
+ Morelos				1,777,227				856,588				918,639
+ Nayarit				1,084,979				541,007				543,972
+ Nuevo León				4,653,458				2,320,185				2,333,273
+ Oaxaca				3,801,962				1,819,008				1,982,954
+ Puebla				5,779,829				2,769,855				3,009,974
+ Querétaro				1,827,937				887,188				940,749
+ Quintana Roo				1,325,578				673,220				652,358
+ San Luis Potosí				2,585,518				1,260,366				1,325,152
+ Sinaloa				2,767,761				1,376,201				1,391,560
+ Sonora				2,662,480				1,339,612				1,322,868
+ Tabasco				2,238,603				1,100,758				1,137,845
+ Tamaulipas				3,268,554				1,616,201				1,652,353
+ Tlaxcala				1,169,936				565,775				604,161
+ Veracruz de Ignacio de la Llave				7,643,194				3,695,679				3,947,515
+ Yucatán				1,955,577				963,333				992,244
+ Zacatecas				1,490,668				726,897				763,771

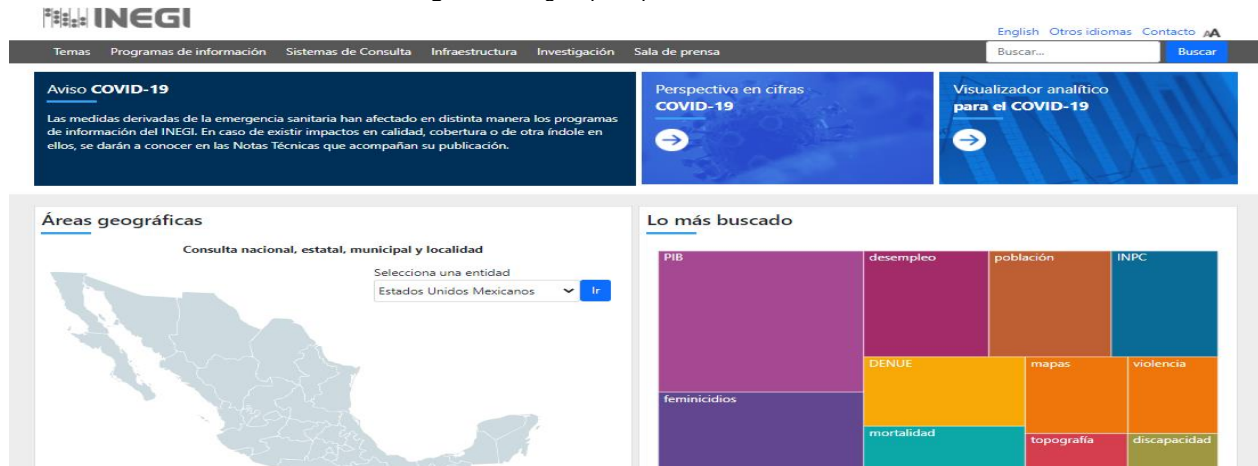
Formato: Excel 5.0 (.xls) Exportar

Fuente: https://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/consulta/general_ver4/MDXQueryDatos.asp?proy= .

4.1.2 Pasos para la obtención de datos de Defunciones.

Ingresamos a la página del INEGI en el apartado Datos.

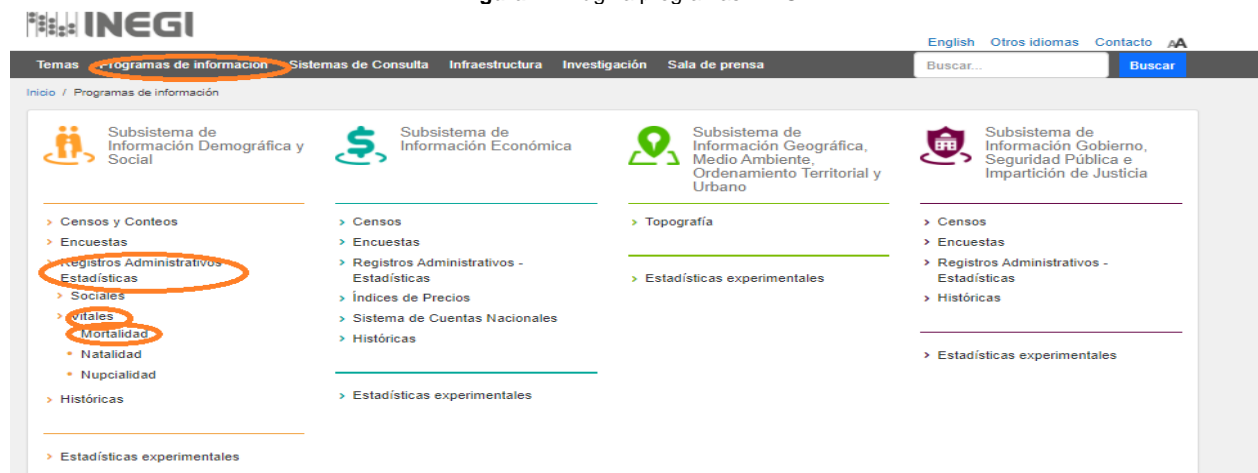
Figura 13. Página principal INEGI defunciones.



Fuente: <https://www.inegi.org.mx/default.html> .

Después ingresamos a Programas-> Registros Administrativos-Estadísticas-> Vitales-> Mortalidad. Como se muestra a continuación en la figura 14.

Figura 14. Página programas INEGI.



Fuente: <https://www.inegi.org.mx/datos/#Programas> .

En la siguiente figura 15 podemos observar el resultado de la selección anterior. En donde se selecciona en el apartado de tabulado y después a defunciones registradas (mortalidad general).

Figura 15. Página Mortalidad INEGI.

The screenshot shows the INEGI Mortality page. The left sidebar contains a menu with 'Mortalidad' selected. The main content area has a title 'Mortalidad' and a description. Below this, there is a section for 'Mortalidad. Estadísticas de Defunciones Registradas. 2021.' with a search bar and a 'Tabulados' tab highlighted. The search results table shows 'Defunciones registradas (mortalidad general)' selected.

- Título	Periodo
- Tabulados interactivos	
Defunciones registradas (mortalidad general)	1990 - 2020
Defunciones por homicidio	1990 - 2020

Fuente: <https://www.inegi.org.mx/programas/mortalidad/#Tabulados>

Como último paso seleccionamos las defunciones generales y como variables la Entidad y municipio de registro, sexo y edad, como se muestra en la figura 16.

Figura 16. Página Mortalidad-datos INEGI.



Mortalidad

Conjunto de datos: Defunciones registradas (mortalidad general)

Información de 1990 a 2020

Consultar información de:

Defunciones generales Defunciones accidentales y violentas Defunciones maternas totales

Defunciones para calcular la razón de la mortalidad materna Defunciones infantiles

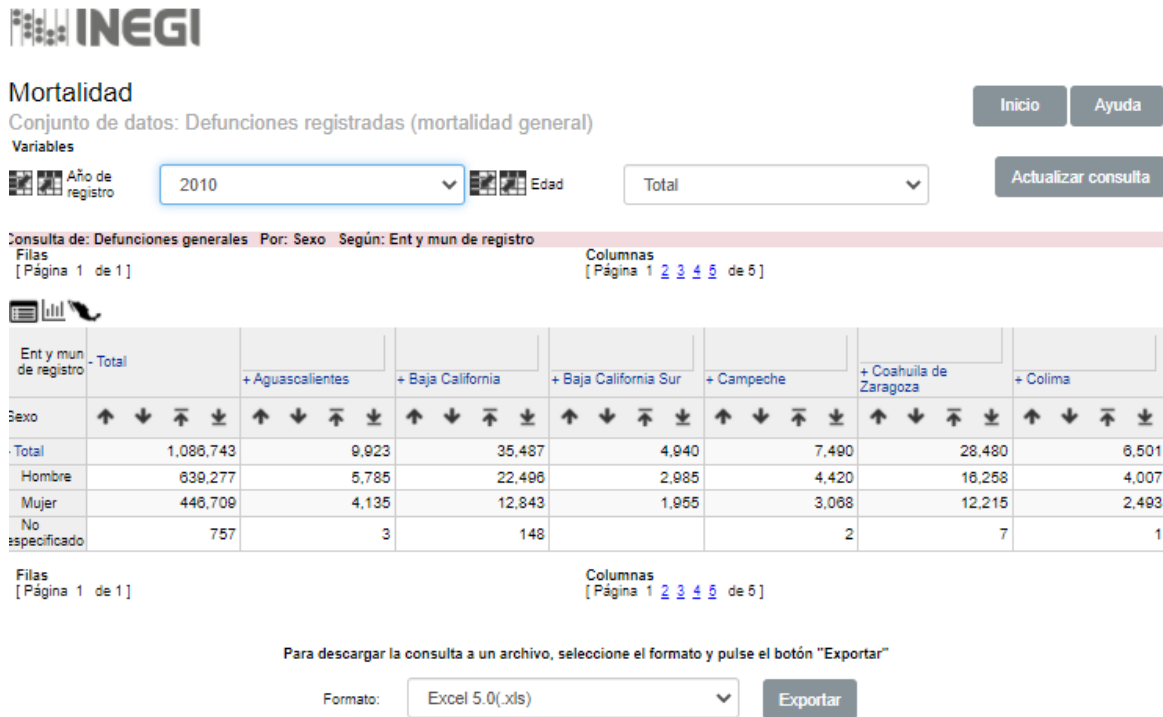
Seleccione las Variables

Características de la defunción <ul style="list-style-type: none"><input checked="" type="checkbox"/> Entidad y municipio de registro<input type="checkbox"/> Entidad y municipio de ocurrencia<input type="checkbox"/> Área urbana - rural de ocurrencia<input type="checkbox"/> Tamaño de localidad de ocurrencia<input checked="" type="checkbox"/> Año de registro<input type="checkbox"/> Mes de registro<input type="checkbox"/> Año de ocurrencia<input type="checkbox"/> Mes de ocurrencia<input type="checkbox"/> Sitio de ocurrencia de la defunción<input type="checkbox"/> Causas detalladas CIE<input type="checkbox"/> Lista de tabulación 1 para mortalidad de la CIE<input type="checkbox"/> Lista mexicana de enfermedades<input type="checkbox"/> Condición de atención médica<input type="checkbox"/> Persona que certificó la defunción<input type="checkbox"/> Hora de la defunción	Características del (la) fallecido (a) <ul style="list-style-type: none"><input checked="" type="checkbox"/> Sexo<input checked="" type="checkbox"/> Edad<input type="checkbox"/> Edad (menores de 1 año)<input type="checkbox"/> Afiliación a los servicios de salud<input type="checkbox"/> Estado conyugal<input type="checkbox"/> Nacionalidad<input type="checkbox"/> Condición de habla lengua indígena<input type="checkbox"/> Entidad y municipio de residencia habitual<input type="checkbox"/> Área urbana - rural de residencia habitual<input type="checkbox"/> Tamaño de localidad de residencia habitual<input type="checkbox"/> Nivel de escolaridad<input type="checkbox"/> Condición de actividad económica<input type="checkbox"/> Ocupación	Muertes accidentales y violentas <ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Tipo de defunción<input type="checkbox"/> Sitio de ocurrencia de la lesión<input type="checkbox"/> Ocurrió en el desempeño de su trabajo<input type="checkbox"/> Condición de necropsia<input type="checkbox"/> Condición de violencia familiar<input type="checkbox"/> Parentesco del presunto agresor<input type="checkbox"/> Entidad y municipio de ocurrencia de la lesión
---	---	---

Fuente: https://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/proyectos/bd/continuas/mortalidad/mortalidadgeneral.asp?s=est&c=11144&proy=mo_rtgral_mq

Como resultado nos arroja la tabla que se puede apreciar en la figura 17, la cual se podrá exportar, antes de exportar es posible acomodar filas y columnas a como sea su comodidad.

Figura 17. Página Mortalidad-conjunto de datos INEGI.



Fuente: https://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/consulta/general_ver4/MDXQueryDatos.asp?proy=mortgral_mg

Durante la investigación se puede generar muchos datos que son colectados en tablas conocidos como datos crudos. Los datos que se descargaron contienen datos llamados “No identificados” es por ello que en este caso los datos se prorrataron.

El prorateo de datos es la “repartición de una cantidad, obligación o carga entre varias personas, proporcionada a lo que debe tocar a cada una.” (Real Academia Española, 2014, definición 1).

4.2 Resultados Obtenidos

Durante este capítulo se muestran los resultados obtenidos al utilizar la herramienta. Con base a la información obtenida en la página del INEGI con respecto a los datos de la población y las defunciones 2010.

Como ya se mencionó durante la presente Tesina la tabla completa contiene información de cada año desde la edad de nacimiento hasta el último año de edad.

4.2.1 Tabla de Mortalidad Total

Al introducir los datos de la población y las defunciones del año 2010 obtuvimos los siguientes resultados:

Tabla 1. Tabla de mortalidad Hombres.

x	a_x	D_x	P_x	m_x	q_x	l_x	d_x	p_x	L_x	T_x	e_x
0	0.3	16,307	1,022,542	0.015948	0.015772	100,000	1,577	0.984228	99,211	7,191,189	71.91
1	0.4	1,334	1,046,205	0.001275	0.001274	98,423	125	0.998726	98,360	7,091,978	72.06
2	0.4	800	1,104,382	0.000724	0.000724	98,297	71	0.999276	98,262	6,993,618	71.15
3	0.4	576	1,118,009	0.000515	0.000515	98,226	51	0.999485	98,201	6,895,356	70.20
4	0.4	387	1,124,941	0.000344	0.000344	98,176	34	0.999656	98,159	6,797,155	69.23
5	0.5	367	1,116,246	0.000329	0.000329	98,142	32	0.999671	98,126	6,698,996	68.26
6	0.5	336	1,121,238	0.000300	0.000300	98,110	29	0.999700	98,095	6,600,870	67.28
7	0.5	321	1,125,303	0.000285	0.000285	98,080	28	0.999715	98,066	6,502,775	66.30
8	0.5	296	1,164,955	0.000254	0.000254	98,052	25	0.999746	98,040	6,404,709	65.32
9	0.5	296	1,148,893	0.000257	0.000257	98,027	25	0.999743	98,015	6,306,669	64.34
10	0.5	329	1,210,525	0.000272	0.000272	98,002	27	0.999728	97,989	6,208,655	63.35
11	0.5	347	1,074,667	0.000323	0.000323	97,975	32	0.999677	97,960	6,110,666	62.37
12	0.5	377	1,132,446	0.000333	0.000333	97,944	33	0.999667	97,928	6,012,706	61.39
13	0.5	471	1,086,427	0.000434	0.000434	97,911	42	0.999566	97,890	5,914,779	60.41
14	0.5	617	1,115,278	0.000553	0.000553	97,869	54	0.999447	97,842	5,816,889	59.44
15	0.5	834	1,155,616	0.000722	0.000721	97,815	71	0.999279	97,779	5,719,047	58.47
16	0.5	1,193	1,100,502	0.001084	0.001084	97,744	106	0.998916	97,691	5,621,267	57.51
17	0.5	1,483	1,163,987	0.001274	0.001274	97,638	124	0.998726	97,576	5,523,576	56.57
18	0.5	1,767	1,179,870	0.001498	0.001497	97,514	146	0.998503	97,441	5,426,000	55.64
19	0.5	1,873	991,521	0.001889	0.001887	97,368	184	0.998113	97,276	5,328,559	54.73
20	0.5	2,073	1,068,271	0.001941	0.001939	97,184	188	0.998061	97,090	5,231,283	53.83
21	0.5	1,959	916,092	0.002139	0.002137	96,996	207	0.997863	96,892	5,134,193	52.93
22	0.5	2,031	1,012,049	0.002007	0.002005	96,788	194	0.997995	96,691	5,037,301	52.04
23	0.5	2,094	957,292	0.002187	0.002185	96,594	211	0.997815	96,489	4,940,610	51.15
24	0.5	2,115	921,735	0.002294	0.002292	96,383	221	0.997708	96,273	4,844,121	50.26
25	0.5	2,390	916,131	0.002609	0.002606	96,163	251	0.997394	96,037	4,747,848	49.37
26	0.5	2,170	839,363	0.002585	0.002582	95,912	248	0.997418	95,788	4,651,811	48.50
27	0.5	2,249	849,379	0.002648	0.002644	95,664	253	0.997356	95,538	4,556,023	47.63
28	0.5	2,220	879,768	0.002523	0.002520	95,411	240	0.997480	95,291	4,460,485	46.75
29	0.5	2,283	775,716	0.002943	0.002938	95,171	280	0.997062	95,031	4,365,194	45.87
30	0.5	2,790	986,996	0.002827	0.002823	94,891	268	0.997177	94,757	4,270,163	45.00
31	0.5	2,259	658,212	0.003431	0.003426	94,623	324	0.996574	94,461	4,175,405	44.13
32	0.5	2,452	854,621	0.002869	0.002865	94,299	270	0.997135	94,164	4,080,944	43.28
33	0.5	2,359	801,401	0.002943	0.002939	94,029	276	0.997061	93,891	3,986,780	42.40
34	0.5	2,458	776,857	0.003164	0.003159	93,753	296	0.996841	93,605	3,892,889	41.52
35	0.5	2,951	854,841	0.003452	0.003446	93,457	322	0.996554	93,296	3,799,284	40.65
36	0.5	2,610	821,465	0.003177	0.003172	93,135	295	0.996828	92,987	3,705,988	39.79
37	0.5	2,604	769,857	0.003382	0.003377	92,839	313	0.996623	92,682	3,613,002	38.92
38	0.5	2,693	861,811	0.003125	0.003120	92,526	289	0.996880	92,381	3,520,319	38.05
39	0.5	2,689	708,028	0.003797	0.003790	92,237	350	0.996210	92,062	3,427,938	37.16
40	0.5	2,898	893,717	0.003243	0.003237	91,887	297	0.996763	91,739	3,335,876	36.30
41	0.5	2,636	539,967	0.004883	0.004871	91,590	446	0.995129	91,367	3,244,137	35.42
42	0.5	2,720	789,678	0.003445	0.003439	91,144	313	0.996561	90,987	3,152,770	34.59
43	0.5	2,677	611,084	0.004380	0.004371	90,830	397	0.995629	90,632	3,061,783	33.71
44	0.5	2,889	559,195	0.005167	0.005153	90,433	466	0.994847	90,200	2,971,152	32.85
45	0.5	3,177	677,764	0.004687	0.004676	89,967	421	0.995324	89,757	2,880,951	32.02
46	0.5	2,997	551,871	0.005431	0.005416	89,547	485	0.994584	89,304	2,791,194	31.17
47	0.5	3,060	539,023	0.005676	0.005660	89,062	504	0.994340	88,810	2,701,890	30.34
48	0.5	3,216	574,657	0.005597	0.005581	88,557	494	0.994419	88,310	2,613,081	29.51
49	0.5	3,368	517,569	0.006507	0.006485	88,063	571	0.993515	87,778	2,524,770	28.67
50	0.5	3,665	659,951	0.005553	0.005538	87,492	485	0.994462	87,250	2,436,993	27.85

51	0.5	3,402	385,829	0.008817	0.008778	87,008	764	0.991222	86,626	2,349,743	27.01
52	0.5	3,651	514,110	0.007101	0.007076	86,244	610	0.992924	85,939	2,263,117	26.24
53	0.5	3,774	441,647	0.008544	0.008508	85,634	729	0.991492	85,269	2,177,178	25.42
54	0.5	4,027	431,978	0.009323	0.009280	84,905	788	0.990720	84,511	2,091,909	24.64
55	0.5	4,275	460,349	0.009285	0.009243	84,117	777	0.990757	83,728	2,007,398	23.86
56	0.5	4,130	416,328	0.009919	0.009870	83,340	823	0.990130	82,928	1,923,670	23.08
57	0.5	4,054	336,068	0.012064	0.011992	82,517	990	0.988008	82,022	1,840,741	22.31
58	0.5	4,129	356,418	0.011586	0.011519	81,528	939	0.988481	81,058	1,758,719	21.57
59	0.5	4,348	324,547	0.013396	0.013307	80,588	1,072	0.986693	80,052	1,677,661	20.82
60	0.5	4,671	428,052	0.010912	0.010853	79,516	863	0.989147	79,085	1,597,609	20.09
61	0.5	4,376	215,414	0.020313	0.020108	78,653	1,582	0.979892	77,862	1,518,524	19.31
62	0.5	4,733	298,041	0.015881	0.015756	77,071	1,214	0.984244	76,464	1,440,662	18.69
63	0.5	4,797	290,391	0.016518	0.016382	75,857	1,243	0.983618	75,236	1,364,197	17.98
64	0.5	5,034	263,862	0.019079	0.018899	74,614	1,410	0.981101	73,909	1,288,962	17.27
65	0.5	5,199	286,033	0.018176	0.018012	73,204	1,319	0.981988	72,545	1,215,052	16.60
66	0.5	4,979	210,894	0.023608	0.023333	71,886	1,677	0.976667	71,047	1,142,507	15.89
67	0.5	5,211	207,871	0.025069	0.024758	70,208	1,738	0.975242	69,339	1,071,460	15.26
68	0.5	5,258	214,945	0.024462	0.024166	68,470	1,655	0.975834	67,643	1,002,121	14.64
69	0.5	5,544	189,691	0.029228	0.028807	66,816	1,925	0.971193	65,853	934,478	13.99
70	0.5	5,817	259,444	0.022421	0.022172	64,891	1,439	0.977828	64,171	868,625	13.39
71	0.5	5,522	126,779	0.043558	0.042629	63,452	2,705	0.957371	62,100	804,454	12.68
72	0.5	5,956	184,663	0.032252	0.031740	60,747	1,928	0.968260	59,783	742,354	12.22
73	0.5	6,125	160,806	0.038089	0.037377	58,819	2,198	0.962623	57,720	682,571	11.60
74	0.5	6,366	153,500	0.041470	0.040627	56,620	2,300	0.959373	55,470	624,851	11.04
75	0.5	6,326	158,016	0.040036	0.039250	54,320	2,132	0.960750	53,254	569,381	10.48
76	0.5	6,300	123,882	0.050852	0.049591	52,188	2,588	0.950409	50,894	516,127	9.89
77	0.5	6,268	101,705	0.061634	0.059791	49,600	2,966	0.940209	48,117	465,233	9.38
78	0.5	6,238	119,642	0.052141	0.050816	46,634	2,370	0.949184	45,449	417,116	8.94
79	0.5	6,652	83,938	0.079249	0.076229	44,265	3,374	0.923771	42,577	371,666	8.40
80	0.5	6,568	117,109	0.056089	0.054559	40,890	2,231	0.945441	39,775	329,089	8.05
81	0.5	5,824	53,566	0.108722	0.103117	38,659	3,986	0.896883	36,666	289,314	7.48
82	0.5	5,712	69,169	0.082587	0.079312	34,673	2,750	0.920688	33,298	252,648	7.29
83	0.5	5,477	60,181	0.091014	0.087053	31,923	2,779	0.912947	30,534	219,350	6.87
84	0.5	5,875	59,846	0.098171	0.093578	29,144	2,727	0.906422	27,780	188,816	6.48
85	0.5	5,492	59,260	0.092673	0.088569	26,417	2,340	0.911431	25,247	161,036	6.10
86	0.5	5,346	46,290	0.115488	0.109183	24,077	2,629	0.890817	22,763	135,789	5.64
87	0.5	5,188	37,764	0.137373	0.128544	21,448	2,757	0.871456	20,070	113,026	5.27
88	0.5	4,333	31,824	0.136145	0.127468	18,691	2,383	0.872532	17,500	92,956	4.97
89	0.5	4,314	24,876	0.173409	0.159574	16,309	2,602	0.840426	15,007	75,456	4.63
90	0.5	3,805	28,429	0.133830	0.125436	13,706	1,719	0.874564	12,847	60,449	4.41
91	0.5	2,652	10,198	0.260004	0.230092	11,987	2,758	0.769908	10,608	47,602	3.97
92	0.5	2,573	12,854	0.200171	0.181960	9,229	1,679	0.818040	8,389	36,994	4.01
93	0.5	1,920	9,938	0.193246	0.176219	7,550	1,330	0.823781	6,884	28,605	3.79
94	0.5	1,702	7,592	0.224228	0.201623	6,219	1,254	0.798377	5,592	21,721	3.49
95	0.5	1,576	7,371	0.213813	0.193163	4,965	959	0.806837	4,486	16,128	3.25
96	0.5	1,324	6,461	0.204949	0.185899	4,006	745	0.814101	3,634	11,643	2.91
97	0.5	1,070	4,474	0.239264	0.213699	3,261	697	0.786301	2,913	8,009	2.46
98	0.5	865	4,685	0.184684	0.169072	2,564	434	0.830928	2,348	5,096	1.99
99	0.5	767	3,264	0.234933	0.210238	2,131	448	0.789762	1,907	2,748	1.29
100 y mas	0.5	1,646	7,321	0.224753	0.202048	1,683	340	0.797952	841	841	0.50

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Tabla de mortalidad Mujeres.

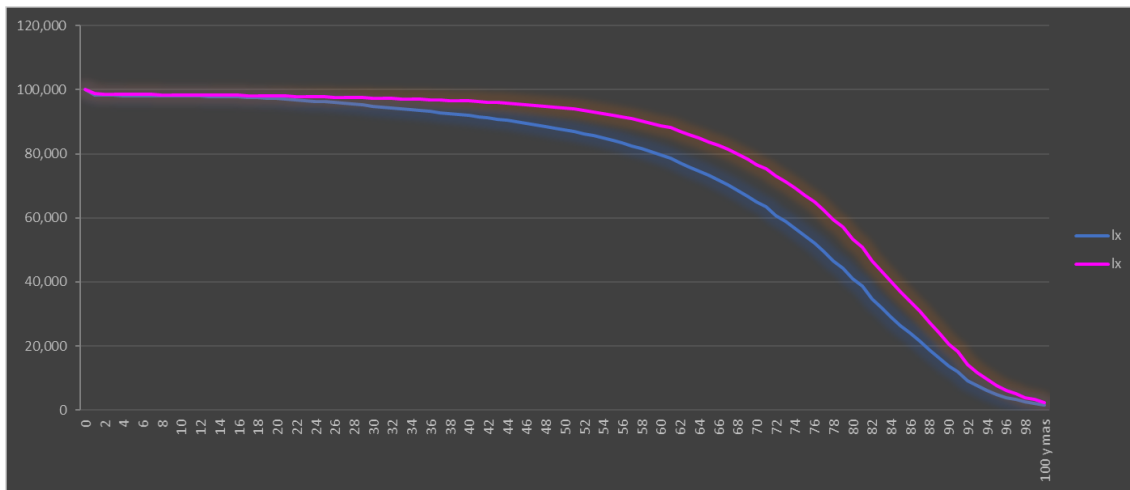
x	a_x	D_x	P_x	m_x	q_x	l_x	d_x	p_x	L_x	T_x	e_x
0	0.3	12,696	985,615	0.012881	0.012766	100,000	1,277	0.987234	99,362	7,751,829	77.52
1	0.4	1,145	1,006,138	0.001138	0.001137	98,723	112	0.998863	98,667	7,652,467	77.51
2	0.4	594	1,070,633	0.000555	0.000555	98,611	55	0.999445	98,584	7,553,800	76.60
3	0.4	476	1,094,526	0.000435	0.000435	98,556	43	0.999565	98,535	7,455,216	75.64
4	0.4	366	1,088,082	0.000336	0.000336	98,514	33	0.999664	98,497	7,356,681	74.68
5	0.5	287	1,075,831	0.000267	0.000267	98,480	26	0.999733	98,467	7,258,184	73.70
6	0.5	247	1,094,700	0.000226	0.000226	98,454	22	0.999774	98,443	7,159,717	72.72
7	0.5	249	1,093,304	0.000228	0.000228	98,432	22	0.999772	98,421	7,061,274	71.74
8	0.5	237	1,122,407	0.000212	0.000212	98,410	21	0.999788	98,399	6,962,853	70.75
9	0.5	259	1,123,954	0.000230	0.000230	98,389	23	0.999770	98,377	6,864,454	69.77
10	0.5	233	1,159,017	0.000201	0.000201	98,366	20	0.999799	98,356	6,766,076	68.78
11	0.5	256	1,047,529	0.000245	0.000245	98,346	24	0.999755	98,334	6,667,720	67.80
12	0.5	282	1,093,600	0.000257	0.000257	98,322	25	0.999743	98,310	6,569,386	66.81
13	0.5	338	1,057,656	0.000319	0.000319	98,297	31	0.999681	98,281	6,471,076	65.83
14	0.5	376	1,100,728	0.000342	0.000342	98,265	34	0.999658	98,249	6,372,795	64.85
15	0.5	454	1,137,267	0.000399	0.000399	98,232	39	0.999601	98,212	6,274,547	63.87
16	0.5	511	1,091,057	0.000469	0.000468	98,193	46	0.999532	98,170	6,176,334	62.90
17	0.5	621	1,147,116	0.000541	0.000541	98,147	53	0.999459	98,120	6,078,165	61.93
18	0.5	636	1,164,965	0.000546	0.000546	98,094	54	0.999454	98,067	5,980,044	60.96
19	0.5	584	1,033,187	0.000565	0.000565	98,040	55	0.999435	98,012	5,881,978	60.00
20	0.5	632	1,116,921	0.000566	0.000566	97,985	55	0.999434	97,957	5,783,965	59.03
21	0.5	580	959,997	0.000604	0.000604	97,929	59	0.999396	97,900	5,686,008	58.06
22	0.5	573	1,054,388	0.000543	0.000543	97,870	53	0.999457	97,843	5,588,109	57.10
23	0.5	578	1,020,980	0.000566	0.000566	97,817	55	0.999434	97,789	5,490,265	56.13
24	0.5	658	989,141	0.000665	0.000665	97,761	65	0.999335	97,729	5,392,476	55.16
25	0.5	613	995,747	0.000615	0.000615	97,696	60	0.999385	97,666	5,294,747	54.20
26	0.5	624	926,822	0.000674	0.000673	97,636	66	0.999327	97,603	5,197,081	53.23
27	0.5	593	917,298	0.000647	0.000646	97,571	63	0.999354	97,539	5,099,477	52.26
28	0.5	646	948,366	0.000681	0.000681	97,508	66	0.999319	97,474	5,001,938	51.30
29	0.5	699	850,228	0.000822	0.000821	97,441	80	0.999179	97,401	4,904,464	50.33
30	0.5	745	1,072,260	0.000695	0.000695	97,361	68	0.999305	97,327	4,807,063	49.37
31	0.5	683	735,861	0.000927	0.000927	97,293	90	0.999073	97,248	4,709,736	48.41
32	0.5	738	955,161	0.000773	0.000773	97,203	75	0.999227	97,166	4,612,487	47.45
33	0.5	795	883,734	0.000900	0.000900	97,128	87	0.999100	97,084	4,515,321	46.49
34	0.5	769	852,323	0.000903	0.000902	97,041	88	0.999098	96,997	4,418,237	45.53
35	0.5	872	941,055	0.000927	0.000926	96,953	90	0.999074	96,908	4,321,240	44.57
36	0.5	908	905,928	0.001003	0.001002	96,863	97	0.998998	96,815	4,224,332	43.61
37	0.5	975	831,045	0.001173	0.001173	96,766	113	0.998827	96,710	4,127,517	42.65
38	0.5	1,023	926,399	0.001105	0.001104	96,653	107	0.998896	96,600	4,030,807	41.70
39	0.5	1,070	776,964	0.001378	0.001377	96,546	133	0.998623	96,480	3,934,208	40.75
40	0.5	1,157	972,207	0.001191	0.001190	96,413	115	0.998810	96,356	3,837,728	39.80
41	0.5	1,114	590,402	0.001887	0.001885	96,299	182	0.998115	96,208	3,741,372	38.85
42	0.5	1,201	834,852	0.001439	0.001438	96,117	138	0.998562	96,048	3,645,164	37.92
43	0.5	1,308	680,830	0.001922	0.001920	95,979	184	0.998080	95,887	3,549,116	36.98
44	0.5	1,433	625,537	0.002290	0.002288	95,795	219	0.997712	95,685	3,453,230	36.05
45	0.5	1,543	735,772	0.002097	0.002095	95,575	200	0.997905	95,475	3,357,545	35.13
46	0.5	1,666	613,571	0.002715	0.002712	95,375	259	0.997288	95,246	3,262,070	34.20
47	0.5	1,825	588,088	0.003104	0.003099	95,116	295	0.996901	94,969	3,166,824	33.29
48	0.5	1,729	632,590	0.002733	0.002729	94,822	259	0.997271	94,692	3,071,855	32.40
49	0.5	2,122	572,460	0.003707	0.003700	94,563	350	0.996300	94,388	2,977,162	31.48
50	0.5	2,109	726,157	0.002904	0.002900	94,213	273	0.997100	94,077	2,882,774	30.60

51	0.5	2,170	427,012	0.005082	0.005069	93,940	476	0.994931	93,702	2,788,698	29.69
52	0.5	2,377	558,100	0.004260	0.004251	93,464	397	0.995749	93,265	2,694,996	28.83
53	0.5	2,480	489,345	0.005069	0.005056	93,066	471	0.994944	92,831	2,601,731	27.96
54	0.5	2,573	493,908	0.005209	0.005195	92,596	481	0.994805	92,355	2,508,900	27.10
55	0.5	2,778	503,835	0.005513	0.005498	92,115	506	0.994502	91,862	2,416,544	26.23
56	0.5	2,864	441,136	0.006492	0.006471	91,608	593	0.993529	91,312	2,324,683	25.38
57	0.5	2,925	362,428	0.008072	0.008039	91,016	732	0.991961	90,650	2,233,371	24.54
58	0.5	3,035	392,259	0.007738	0.007708	90,284	696	0.992292	89,936	2,142,721	23.73
59	0.5	3,227	351,044	0.009192	0.009150	89,588	820	0.990850	89,178	2,052,785	22.91
60	0.5	3,466	467,569	0.007414	0.007386	88,768	656	0.992614	88,440	1,963,607	22.12
61	0.5	3,419	241,485	0.014160	0.014060	88,113	1,239	0.985940	87,493	1,875,167	21.28
62	0.5	3,698	328,944	0.011242	0.011179	86,874	971	0.988821	86,388	1,787,673	20.58
63	0.5	3,773	321,765	0.011726	0.011658	85,903	1,001	0.988342	85,402	1,701,285	19.80
64	0.5	4,050	300,170	0.013494	0.013404	84,901	1,138	0.986596	84,332	1,615,883	19.03
65	0.5	4,021	319,424	0.012588	0.012509	83,763	1,048	0.987491	83,239	1,531,551	18.28
66	0.5	3,950	236,697	0.016690	0.016552	82,715	1,369	0.983448	82,031	1,448,312	17.51
67	0.5	4,295	225,316	0.019064	0.018884	81,346	1,536	0.981116	80,578	1,366,281	16.80
68	0.5	4,326	246,499	0.017550	0.017397	79,810	1,388	0.982603	79,116	1,285,703	16.11
69	0.5	4,686	209,060	0.022416	0.022167	78,422	1,738	0.977833	77,552	1,206,587	15.39
70	0.5	4,854	299,413	0.016211	0.016081	76,683	1,233	0.983919	76,067	1,129,035	14.72
71	0.5	4,620	141,083	0.032747	0.032220	75,450	2,431	0.967780	74,235	1,052,968	13.96
72	0.5	5,105	209,534	0.024361	0.024068	73,019	1,757	0.975932	72,140	978,734	13.40
73	0.5	5,228	185,532	0.028177	0.027785	71,262	1,980	0.972215	70,272	906,593	12.72
74	0.5	5,730	176,757	0.032416	0.031899	69,282	2,210	0.968101	68,177	836,322	12.07
75	0.5	5,687	182,767	0.031114	0.030638	67,072	2,055	0.969362	66,044	768,145	11.45
76	0.5	5,555	141,967	0.039128	0.038377	65,017	2,495	0.961623	63,769	702,101	10.80
77	0.5	5,670	116,282	0.048761	0.047600	62,522	2,976	0.952400	61,034	638,332	10.21
78	0.5	5,643	135,813	0.041550	0.040704	59,545	2,424	0.959296	58,334	577,298	9.70
79	0.5	6,721	97,139	0.069190	0.066877	57,122	3,820	0.933123	55,212	518,965	9.09
80	0.5	6,836	148,572	0.046013	0.044979	53,302	2,397	0.955021	52,103	463,753	8.70
81	0.5	5,648	62,241	0.090737	0.086799	50,904	4,418	0.913201	48,695	411,650	8.09
82	0.5	5,956	85,066	0.070012	0.067645	46,486	3,145	0.932355	44,913	362,955	7.81
83	0.5	5,736	76,051	0.075419	0.072679	43,341	3,150	0.927321	41,766	318,042	7.34
84	0.5	6,592	77,176	0.085420	0.081921	40,191	3,292	0.918079	38,545	276,275	6.87
85	0.5	6,525	78,456	0.083166	0.079846	36,899	2,946	0.920154	35,426	237,730	6.44
86	0.5	5,679	58,036	0.097856	0.093291	33,953	3,167	0.906709	32,369	202,305	5.96
87	0.5	5,675	48,860	0.116153	0.109778	30,785	3,380	0.890222	29,095	169,936	5.52
88	0.5	5,127	40,623	0.126216	0.118724	27,406	3,254	0.881276	25,779	140,841	5.14
89	0.5	5,399	33,881	0.159342	0.147584	24,152	3,564	0.852416	22,370	115,062	4.76
90	0.5	4,973	40,283	0.123461	0.116282	20,587	2,394	0.883718	19,390	92,692	4.50
91	0.5	3,443	13,869	0.248280	0.220862	18,193	4,018	0.779138	16,184	73,302	4.03
92	0.5	3,440	18,331	0.187681	0.171580	14,175	2,432	0.828420	12,959	57,118	4.03
93	0.5	2,792	14,062	0.198572	0.180637	11,743	2,121	0.819363	10,682	44,158	3.76
94	0.5	2,537	11,438	0.221841	0.199691	9,622	1,921	0.800309	8,661	33,476	3.48
95	0.5	2,489	11,771	0.211427	0.191213	7,700	1,472	0.808787	6,964	24,815	3.22
96	0.5	1,983	9,662	0.205203	0.186108	6,228	1,159	0.813892	5,648	17,851	2.87
97	0.5	1,704	6,712	0.253887	0.225288	5,069	1,142	0.774712	4,498	12,202	2.41
98	0.5	1,383	7,394	0.187111	0.171104	3,927	672	0.828896	3,591	7,704	1.96
99	0.5	1,276	4,762	0.267972	0.236310	3,255	769	0.763690	2,870	4,113	1.26
100 y mas	0.5	2,811	11,385	0.246925	0.219789	2,486	546	0.780211	1,243	1,243	0.50

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente gráfica podemos observar la comparación de los años vividos entre hombre y mujeres.

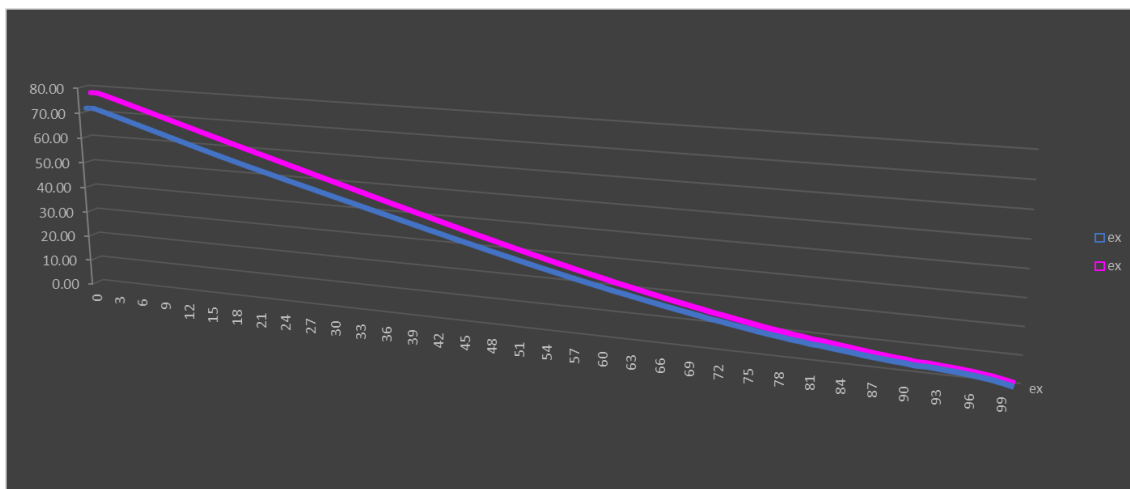
Gráfico 5. Comparación de los años vividos por edad Hombres y Mujeres



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico 5 podemos observar la comparación de los años vividos entre hombres con la línea azul y mujeres con línea rosa, en el cual podemos observar que la línea de las mujeres es mayor a la de los hombres a partir la edad 24-96, sin embargo, se puede apreciar que la tendencia es muy similar entre ambos.

Gráfico 6. Comparación esperanza de vida por edad Hombres y Mujeres



Fuente: Elaboración propia.

En el gráfico anterior podemos observar la comparación entre la esperanza de vida de los hombres con línea azul y las mujeres con línea rosa en el cual podemos ver que la esperanza de las mujeres es mayor a la de los hombres lo cual coincide el gráfico anterior.

Para poder apreciar mejor la suavización de las probabilidades se realizarán varias pruebas. Primero pondremos el orden de diferencia $z=2$, $z=16$, $z=100$ y con el nivel de importancia del grado de suavidad con $k=2$, $k=18$, $k=845$. Para efectos de no saturar con información el presente trabajo solo se mostrará una tabla con los datos totales en la cual podemos observar los cambios que sufre la probabilidad de muerte al cambiar el orden de diferencia y la importancia del grado de suavidad.

Tabla 3. Suavizamiento de probabilidades.

x	q _x	z=2				z=16				z=100			
		k=2	K=18	K=500	K=950	k=2	K=18	K=500	K=950	k=2	K=18	K=500	K=950
0	0.01429814	0.01429814	0.01429811	0.01429713	0.01429621	0.01429814	0.01429811	0.01429713	0.01429621	0.01429814	0.01429811	0.01429713	0.01429621
1	0.00120741	0.00120741	0.00120741	0.00120737	0.00120734	0.00120740	0.00120734	0.00120551	0.00120381	0.00120711	0.00120476	0.00113777	0.00108162
2	0.00064050	0.00064050	0.00064050	0.00064049	0.00064048	0.00064038	0.00063941	0.00061136	0.00058732	0.00048570	0.00016557	0.00000794	0.00000420
3	0.00047534	0.00047534	0.00047534	0.00047533	0.00047533	0.00047384	0.00046215	0.00026514	0.00018966	0.00000187	0.00000021	0.00000001	0.00000000
4	0.00034000	0.00034000	0.00034000	0.00034000	0.00034000	0.00033165	0.00027721	0.00004662	0.00002624	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
5	0.00029836	0.00029836	0.00029836	0.00029835	0.00029835	0.00026220	0.00013314	0.00000841	0.00000449	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
6	0.00026341	0.00026341	0.00026341	0.00026341	0.00026341	0.00017974	0.00005076	0.00000224	0.00000119	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
7	0.00025676	0.00025676	0.00025676	0.00025675	0.00025675	0.00012010	0.00002284	0.00000090	0.00000047	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
8	0.00023323	0.00023323	0.00023323	0.00023323	0.00023323	0.00008270	0.00001342	0.00000051	0.00000027	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
9	0.00024400	0.00024400	0.00024400	0.00024400	0.00024400	0.00006864	0.00001017	0.00000038	0.00000020	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
10	0.00023744	0.00023744	0.00023744	0.00023743	0.00023743	0.00006253	0.00000907	0.00000034	0.00000018	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
11	0.00028451	0.00028451	0.00028451	0.00028451	0.00028451	0.00006375	0.00000885	0.00000033	0.00000017	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
12	0.00029561	0.00029561	0.00029561	0.00029561	0.00029560	0.00006400	0.00000881	0.00000033	0.00000017	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
13	0.00037718	0.00037718	0.00037718	0.00037717	0.00037717	0.00006710	0.00000886	0.00000033	0.00000017	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
14	0.00044788	0.00044788	0.00044788	0.00044787	0.00044787	0.00006902	0.00000889	0.00000033	0.00000017	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
15	0.00056120	0.00056120	0.00056120	0.00056119	0.00056118	0.00007121	0.00000892	0.00000033	0.00000017	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
16	0.00077682	0.00077682	0.00077682	0.00077680	0.00077678	0.00007378	0.00000895	0.00000033	0.00000017	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
17	0.00090955	0.00090955	0.00090955	0.00090952	0.00090950	0.00007477	0.00000896	0.00000033	0.00000017	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
18	0.00102361	0.00102361	0.00102361	0.00102358	0.00102355	0.00007540	0.00000896	0.00000033	0.00000017	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
19	0.00121162	0.00121162	0.00121162	0.00121158	0.00121154	0.00007620	0.00000897	0.00000033	0.00000017	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
20	0.00123613	0.00123613	0.00123612	0.00123608	0.00123604	0.00007621	0.00000896	0.00000032	0.00000017	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
21	0.00135140	0.00135140	0.00135140	0.00135134	0.00135129	0.00007653	0.00000895	0.00000032	0.00000017	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
22	0.00125759	0.00125759	0.00125759	0.00125754	0.00125749	0.00007611	0.00000894	0.00000032	0.00000017	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
23	0.00134808	0.00134808	0.00134808	0.00134803	0.00134798	0.00007633	0.00000893	0.00000032	0.00000017	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
24	0.00144863	0.00144863	0.00144862	0.00144856	0.00144850	0.00007654	0.00000892	0.00000032	0.00000017	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
25	0.00156751	0.00156751	0.00156750	0.00156743	0.00156736	0.00007675	0.00000892	0.00000032	0.00000017	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
26	0.00157913	0.00157913	0.00157913	0.00157905	0.00157898	0.00007666	0.00000890	0.00000032	0.00000017	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
27	0.00160538	0.00160538	0.00160538	0.00160530	0.00160523	0.00007661	0.00000889	0.00000032	0.00000017	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
28	0.00156463	0.00156463	0.00156463	0.00156455	0.00156448	0.00007639	0.00000887	0.00000032	0.00000017	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
29	0.00182995	0.00182995	0.00182995	0.00182985	0.00182976	0.00007683	0.00000887	0.00000032	0.00000017	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
30	0.00171311	0.00171311	0.00171311	0.00171302	0.00171294	0.00007647	0.00000885	0.00000032	0.00000017	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
31	0.00210522	0.00210522	0.00210522	0.00210509	0.00210496	0.00007700	0.00000884	0.00000032	0.00000017	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
32	0.00175950	0.00175950	0.00175949	0.00175940	0.00175931	0.00007629	0.00000882	0.00000032	0.00000017	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
33	0.00186810	0.00186810	0.00186810	0.00186799	0.00186789	0.00007635	0.00000880	0.00000032	0.00000017	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
34	0.00197713	0.00197713	0.00197713	0.00197701	0.00197690	0.00007639	0.00000879	0.00000032	0.00000017	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
35	0.00212432	0.00212432	0.00212432	0.00212418	0.00212405	0.00007646	0.00000878	0.00000032	0.00000017	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
36	0.00203260	0.00203260	0.00203260	0.00203247	0.00203235	0.00007617	0.00000876	0.00000032	0.00000017	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
37	0.00223123	0.00223123	0.00223123	0.00223108	0.00223093	0.00007629	0.00000874	0.00000032	0.00000017	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
38	0.00207458	0.00207458	0.00207457	0.00207444	0.00207432	0.00007592	0.00000872	0.00000032	0.00000017	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
39	0.00252599	0.00252599	0.00252598	0.00252579	0.00252561	0.00007628	0.00000871	0.00000031	0.00000017	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
40	0.00216935	0.00216935	0.00216934	0.00216920	0.00216906	0.00007571	0.00000868	0.00000031	0.00000017	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
41	0.00331005	0.00331005	0.00331004	0.00330970	0.00330939	0.00007651	0.00000868	0.00000031	0.00000016	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
42	0.00240925	0.00240925	0.00240924	0.00240906	0.00240889	0.00007558	0.00000864	0.00000031	0.00000016	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
43	0.00307819	0.00307819	0.00307818	0.00307789	0.00307761	0.00007594	0.00000863	0.00000031	0.00000016	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
44	0.00363932	0.00363932	0.00363930	0.00363889	0.00363851	0.00007602	0.00000861	0.00000031	0.00000016	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
45	0.00333174	0.00333174	0.00333172	0.00333138	0.00333106	0.00007560	0.00000857	0.00000031	0.00000016	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
46	0.00399145	0.00399145	0.00399143	0.00399093	0.00399047	0.00007566	0.00000855	0.00000031	0.00000016	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
47	0.00432310	0.00432310	0.00432308	0.00432250	0.00432195	0.00007548	0.00000852	0.00000031	0.00000016	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
48	0.00408562	0.00408561	0.00408560	0.00408507	0.00408458	0.00007508	0.00000848	0.00000031	0.00000016	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
49	0.00502211	0.00502211	0.00502208	0.00502129	0.00502054	0.00007507	0.00000845	0.00000030	0.00000016	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
50	0.00415508	0.00415508	0.00415506	0.00415451	0.00415400	0.00007443	0.00000840	0.00000030	0.00000016	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000

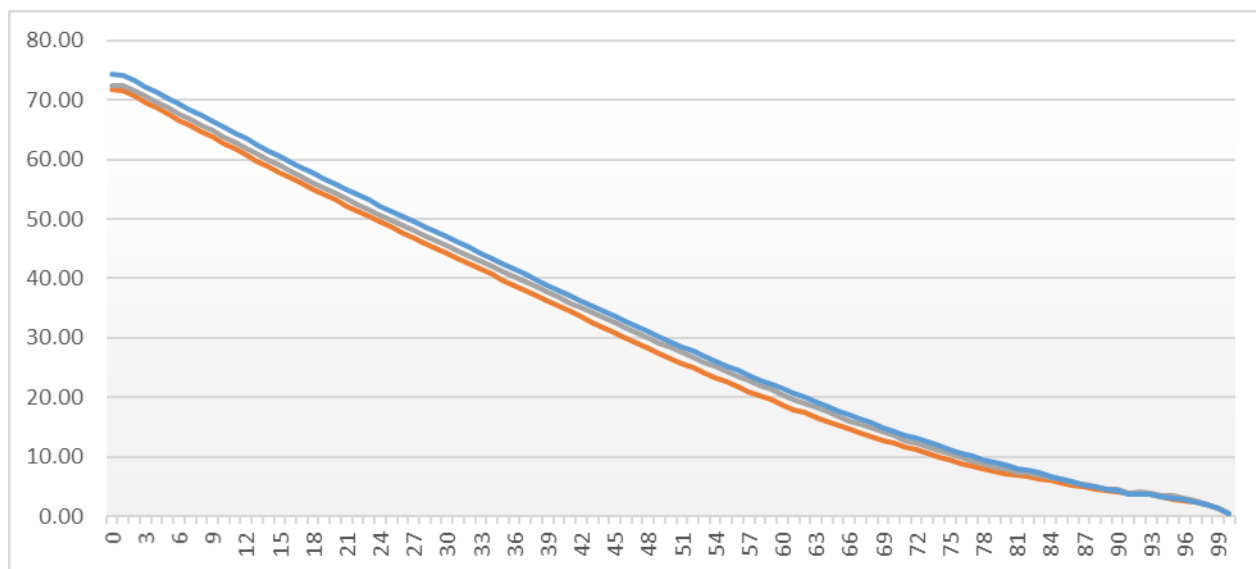
51	0.00682962	0.00682961	0.00682957	0.00682808	0.00682670	0.00007475	0.00000839	0.00000030	0.00000016	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
52	0.00560498	0.00560497	0.00560494	0.00560393	0.00560299	0.00007403	0.00000832	0.00000030	0.00000016	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
53	0.00669364	0.00669364	0.00669359	0.00669215	0.00669080	0.00007381	0.00000828	0.00000030	0.00000016	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
54	0.00710113	0.00710112	0.00710107	0.00709943	0.00709790	0.00007339	0.00000823	0.00000030	0.00000016	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
55	0.00728571	0.00728570	0.00728565	0.00728391	0.00728229	0.00007290	0.00000817	0.00000029	0.00000016	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
56	0.00812141	0.00812140	0.00812133	0.00811916	0.00811714	0.00007247	0.00000812	0.00000029	0.00000015	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
57	0.00994199	0.00994197	0.00994187	0.00993859	0.00993554	0.00007207	0.00000806	0.00000029	0.00000015	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
58	0.00952330	0.00952329	0.00952319	0.00952015	0.00951732	0.00007132	0.00000798	0.00000029	0.00000015	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
59	0.01114837	0.01114835	0.01114821	0.01114401	0.01114010	0.00007078	0.00000791	0.00000028	0.00000015	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
60	0.00904380	0.00904378	0.00904369	0.00904090	0.00903829	0.00006982	0.00000781	0.00000028	0.00000015	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
61	0.01691627	0.01691623	0.01691591	0.01690608	0.01689692	0.00006972	0.00000778	0.00000028	0.00000015	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
62	0.01335707	0.01335704	0.01335683	0.01335059	0.01334477	0.00006835	0.00000763	0.00000027	0.00000014	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
63	0.01390182	0.01390179	0.01390157	0.01389471	0.01388832	0.00006747	0.00000753	0.00000027	0.00000014	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
64	0.01597864	0.01597861	0.01597830	0.01596913	0.01596058	0.00006665	0.00000743	0.00000027	0.00000014	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
65	0.01511262	0.01511258	0.01511231	0.01510397	0.01509619	0.00006555	0.00000731	0.00000026	0.00000014	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
66	0.01975273	0.01975267	0.01975219	0.01973776	0.01972430	0.00006478	0.00000722	0.00000026	0.00000014	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
67	0.02170869	0.02170862	0.02170803	0.02169026	0.02167371	0.00006359	0.00000708	0.00000026	0.00000013	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
68	0.02055699	0.02055692	0.02055638	0.02054009	0.02052490	0.00006216	0.00000693	0.00000025	0.00000013	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
69	0.02533393	0.02533382	0.02533299	0.02530779	0.02528432	0.00006107	0.00000680	0.00000024	0.00000013	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
70	0.01891473	0.01891467	0.01891419	0.01889973	0.01888625	0.00005929	0.00000661	0.00000024	0.00000013	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
71	0.03716318	0.03716295	0.03716107	0.03710476	0.03705235	0.00005881	0.00000654	0.00000024	0.00000012	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
72	0.02767234	0.02767220	0.02767112	0.02763852	0.02760815	0.00005632	0.00000627	0.00000023	0.00000012	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
73	0.03225368	0.03225349	0.03225198	0.03220655	0.03216425	0.00005491	0.00000611	0.00000022	0.00000012	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
74	0.03597111	0.03597087	0.03596893	0.03591067	0.03585645	0.00005326	0.00000593	0.00000021	0.00000011	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
75	0.03464601	0.03464578	0.03464391	0.03458781	0.03453560	0.00005130	0.00000571	0.00000021	0.00000011	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
76	0.04362456	0.04362418	0.04362113	0.04352947	0.04344425	0.00004978	0.00000554	0.00000020	0.00000010	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
77	0.05331613	0.05331554	0.05331080	0.05316849	0.05303630	0.00004787	0.00000532	0.00000019	0.00000010	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
78	0.04546076	0.04546030	0.04545665	0.04534686	0.04524483	0.00004512	0.00000502	0.00000018	0.00000010	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
79	0.07124467	0.07124351	0.07123424	0.07095616	0.07069849	0.00004370	0.00000486	0.00000017	0.00000009	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
80	0.04922914	0.04922854	0.04922371	0.04907887	0.04894440	0.00004009	0.00000446	0.00000016	0.00000008	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
81	0.09440488	0.09440260	0.09438442	0.09383980	0.09333698	0.00003911	0.00000435	0.00000016	0.00000008	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
82	0.07291876	0.07291725	0.07290512	0.07254160	0.07220547	0.00003498	0.00000389	0.00000014	0.00000007	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
83	0.07908119	0.07907927	0.07906393	0.07860475	0.07818084	0.00003255	0.00000362	0.00000013	0.00000007	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
84	0.08706541	0.08706290	0.08704281	0.08644188	0.08588829	0.00003011	0.00000335	0.00000012	0.00000006	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
85	0.08364920	0.08364665	0.08362630	0.08301776	0.08245757	0.00002744	0.00000305	0.00000011	0.00000006	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
86	0.10041019	0.10040623	0.10037454	0.09942907	0.09856231	0.00002539	0.00000282	0.00000010	0.00000005	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
87	0.11804899	0.11804296	0.11799478	0.11656149	0.11525443	0.00002308	0.00000256	0.00000009	0.00000005	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
88	0.12263232	0.12262497	0.12256618	0.12082124	0.11923640	0.00002042	0.00000227	0.00000008	0.00000004	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
89	0.15275824	0.15274548	0.15264346	0.14963293	0.14692752	0.00001836	0.00000204	0.00000007	0.00000004	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
90	0.12014963	0.12014012	0.12006411	0.11781837	0.11579626	0.00001575	0.00000175	0.00000006	0.00000003	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
91	0.22490614	0.22487082	0.22458861	0.21640716	0.20928921	0.00001670	0.00000186	0.00000007	0.00000004	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
92	0.17597490	0.17594603	0.17571543	0.16904128	0.16325219	0.00001679	0.00000187	0.00000007	0.00000004	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
93	0.17893142	0.17889528	0.17860663	0.17032761	0.16326227	0.00002440	0.00000271	0.00000010	0.00000005	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
94	0.20060036	0.20054584	0.20011078	0.18783505	0.17766010	0.00005097	0.00000566	0.00000020	0.00000011	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
95	0.19210814	0.19204523	0.19154344	0.17756659	0.16624137	0.00015475	0.00001721	0.00000062	0.00000033	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
96	0.18615466	0.18608125	0.18549605	0.16944337	0.15677677	0.00077444	0.00008637	0.00000311	0.00000164	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
97	0.22083722	0.22071334	0.21972728	0.19366289	0.17435385	0.00696497	0.00079621	0.00002876	0.00001514	0.00000009	0.00000001	0.00000000	0.00000000
98	0.17044766	0.17034960	0.16956916	0.14900449	0.13384946	0.07083722	0.01248180	0.00048348	0.00025480	0.00007248	0.00000806	0.00000029	0.00000015
99	0.22598050	0.22581390	0.22448997	0.19079211	0.16734053	0.21772450	0.16848184	0.02156331	0.01188637	0.09128810	0.01582587	0.00061098	0.00032198
100 y más	0.21306385	0.21302521	0.21271656	0.20382027	0.19616103	0.21302521	0.21271656	0.20382027	0.19616103	0.21302521	0.21271656	0.20382027	0.19616103

Por lo que se puede observar en la tabla anterior cuando mayor sea el orden de diferencia y el nivel de importancia del grado de suavidad la probabilidad de muerte se va acercando más al 0 lo que hace que nuestras probabilidades no sean viables. En conclusión, se puede considerar que la mejor graduación es cuando el orden de diferencia es 2 y el nivel de importancia del grado de suavidad es 18.

4.2.2 Tabla de Mortalidad por Estados

La información recabada cuenta con 32 estados mismos que se puede generar su tabla de mortalidad para cada estado. Como ya se mencionó anteriormente no se saturará con información por lo que solo se mostrará 3 estados Coahuila, Chiapas y San Luis Potosí.

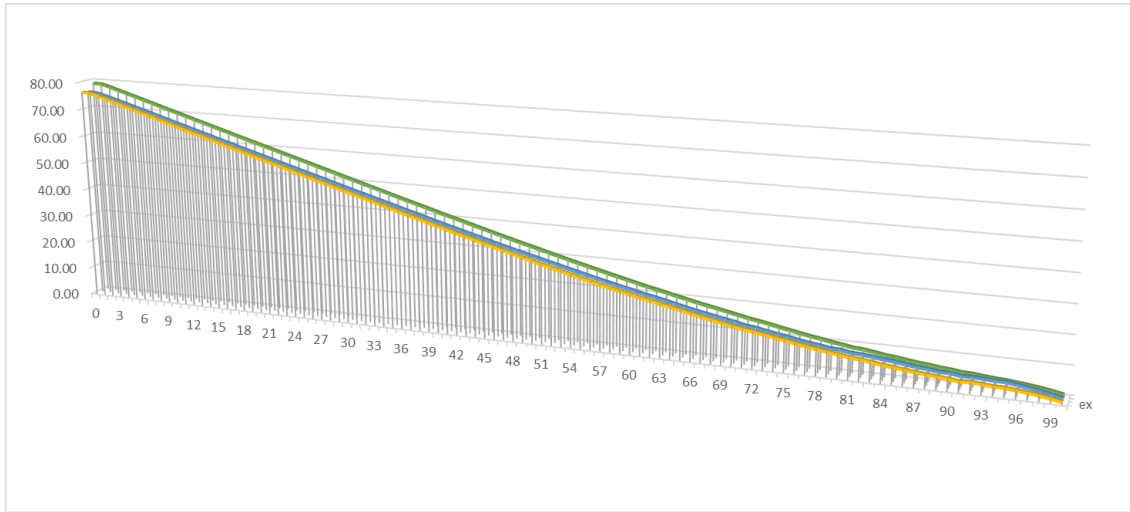
Gráfico 7. Esperanza de vida hombres Coahuila, Chiapas, San Luis Potosí.



Fuente: Elaboración propia

En el gráfico anterior observamos en la línea azul la esperanza de vida de hombres del estado de San Luis Potosí, en la línea gris la del estado de Chiapas y en la anaranjada el estado de Coahuila. Observando que la esperanza de vida en el estado de Coahuila es menor en comparación de los otros estados.

Gráfico 8. Esperanza de vida mujeres Coahuila, Chiapas, San Luis Potosí.



Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la gráfica anterior, la línea verde representa la esperanza de vida de las mujeres en el estado de San Luis Potosí, la línea azul representa el Estado de Chiapas y por último la línea amarilla al estado de Coahuila. Podemos observar que la esperanza de vida en Chiapas y Coahuila es muy similar en cambio en San Luis Potosí es superior en comparación de Chiapas y Coahuila

En la siguiente tabla podemos observar la comparación de la esperanza de vida del CONAPO (2010), así como la esperanza de vida calculada por la herramienta propuesta para cada uno de los estados.

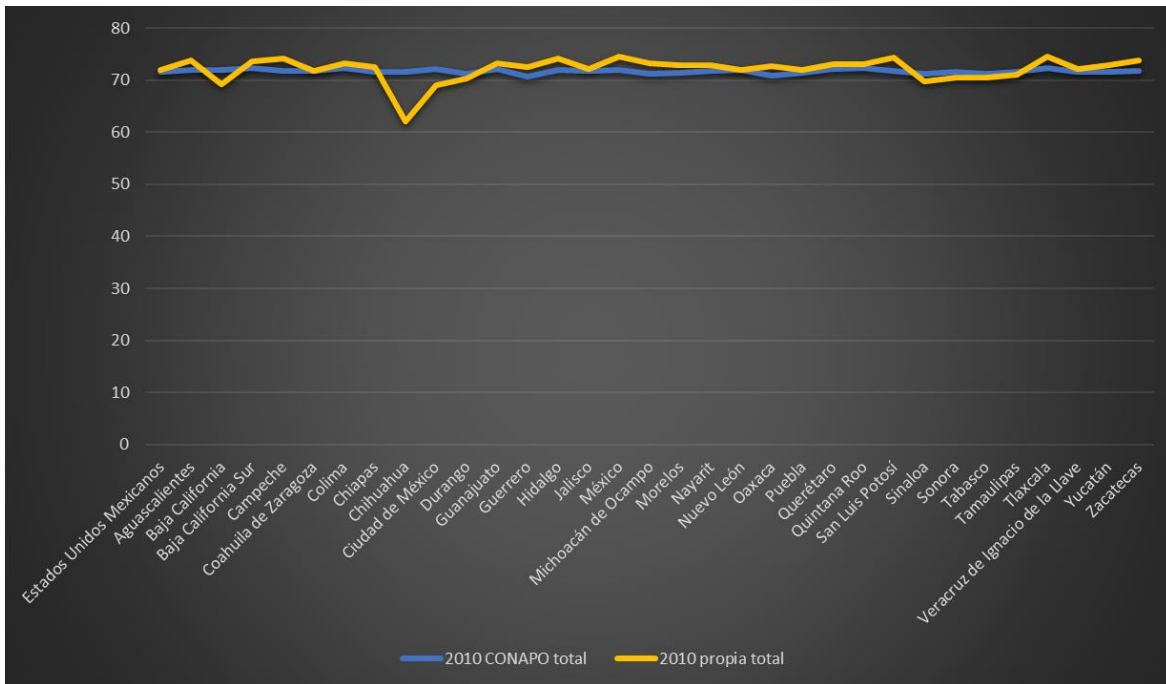
Tabla 4. Esperanza de vida CONAPO 2010 vs elaboración propia.

Estados	2010 CONAPO			2010 propia		
	total	hombres	mujeres	total	hombres	mujeres
Estados Unidos Mexicanos	74.8	71.6	77.9	74.72	71.91	77.52
Aguascalientes	75.3	71.9	78.8	75.54	73.76	77.23
Baja California	75.1	71.9	78.7	72.93	69.25	77.04
Baja California Sur	75.1	72.3	78.3	76.25	73.61	79.24
Campeche	74.5	71.8	77.4	76.34	74.22	78.54
Coahuila de Zaragoza	75	71.7	78.4	74.13	71.82	76.51
Colima	74.9	72.3	77.7	76.09	73.22	79.11
Chiapas	74.5	71.6	77.6	74.29	72.52	76.01
Chihuahua	74.8	71.5	78.3	67.83	61.98	74.55
Ciudad de México	75.5	72.1	78.8	71.87	68.99	74.57
Durango	74.6	71.2	78.1	73.81	70.21	77.68
Guanajuato	74.8	72.1	77.5	75.7	73.32	77.99
Guerrero	73.6	70.7	76.5	76.03	72.5	79.51
Hidalgo	74.6	71.9	77.3	76.63	74.09	79.13
Jalisco	75	71.8	78.3	74.87	72.16	77.58
México	75	72	78	76.89	74.55	79.14
Michoacán de Ocampo	74.4	71.2	77.7	76.06	73.16	78.88
Morelos	74.8	71.4	78.1	75.4	72.82	77.87
Nayarit	74.8	71.7	78.1	76.02	72.85	79.39
Nuevo León	75.2	71.9	78.8	74.81	71.9	77.89
Oaxaca	73.9	70.8	76.8	75.55	72.74	78.18
Puebla	74.6	71.4	77.6	74.38	71.93	76.68
Querétaro	75.1	72.2	78	75.6	73.03	78.09
Quintana Roo	75.2	72.3	78.6	75.35	73.05	77.93
San Luis Potosí	74.6	71.8	77.4	76.54	74.33	78.71
Sinaloa	74.6	71.3	78.3	74.36	69.84	79.36
Sonora	74.7	71.5	78.3	73.36	70.43	76.58
Tabasco	74.7	71.3	78.3	73.19	70.52	75.93
Tamaulipas	74.8	71.5	78.3	74.22	70.97	77.62
Tlaxcala	74.9	72.3	77.4	76.51	74.52	78.41
Veracruz de Ignacio de la Llave	74.4	71.5	77.3	74.75	72.18	77.25
Yucatán	74.3	71.5	77.3	74.83	72.93	76.74
Zacatecas	74.6	71.7	77.6	76.04	73.7	78.35

Fuente: Elaboración propia

Para poder observar la diferencia entre las esperanzas de vida, se muestran los gráficos siguientes.

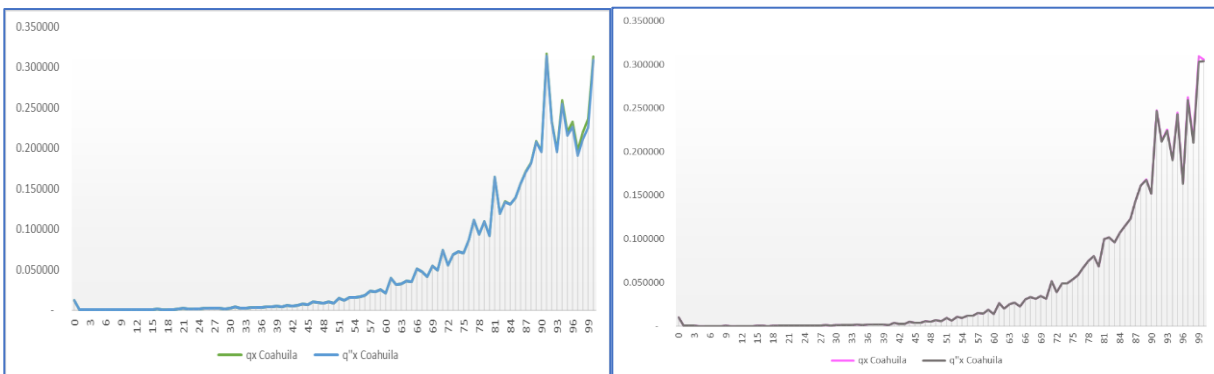
Gráfico 9. Esperanza de vida CONAPO 2010 y propia 2010



Fuente: Elaboración propia

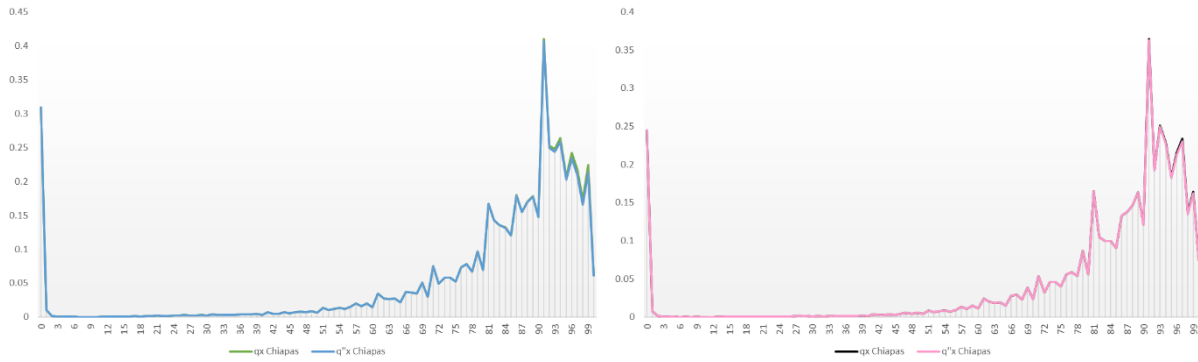
Como ya se vio en los resultados de las tablas de mortalidad total el mejor orden de diferencia y nivel de importancia es $z=2$ y $k=18$. Por lo tanto, se suavizarán las probabilidades anteriores con dichas variables.

Gráfico 10. Probabilidad suavizada de muerte hombres/mujeres Coahuila.



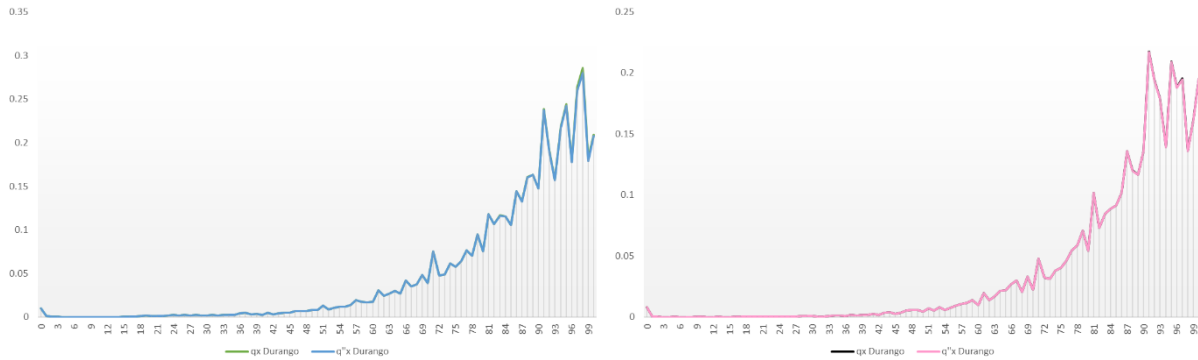
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 11. Probabilidad suavizada de muerte hombres/mujeres Chiapas.



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 12. Probabilidad suavizada de muerte hombres/mujeres Durango.



Fuente: Elaboración propia

Podemos observar que la suavización de las probabilidades es un poco notable, sin embargo, aproximadamente desde la edad 87 a 100 y más se nota un poco la suavización.

4.2.3 Rentas Vitalicias

Como ya se mencionó anteriormente las rentas vitalicias son “una renta que una persona recibe hasta el momento de su fallecimiento. Normalmente de forma periódica y

generalmente mensual. Esto se hace tras el pago o depósito inicial o periódico previo de una determinada cantidad de dinero” (Westreicher, G. 2018) para efectos de mostrar los resultados obtenidos solo de mostraran los datos de la tabla de mortalidad de mujeres total y la tabla de mortalidad mujeres Coahuila, mostrando en las siguientes figuras los resultados.

Las rentas vitalicias son ofrecidas “por una compañía de seguros o una entidad de crédito y asociado a un cierto nivel o tasa de interés pactado en la firma entre ambas partes.” (Westreicher, G. 2018).

“La tasa de interés técnico es uno de los parámetros que tienen mayor impacto sobre la constitución de las reservas técnicas, por lo que es recomendable que su valor quede regulado.” (Asociación de Supervisores de Seguros de América Latina, 2002). Para efectos del presente trabajo se tomará como referencia la tasa Cetes a 350 días 7.96 (Banco de México, 2021), edad de retiro 65 y Renta vitalicia anual de \$96,000.00 MN

Figura 18. Renta vitalicia_Tabla de mortalidad Mujeres Total.

UserForm1 ×

Renta Vitalicia

Tasa de Interés %

Edad de retiro años

Renta Vitalicia Anual

Saldo acumulado



Fuente: Elaboración propia

Figura 19. Renta vitalicia_Tabla de mortalidad Mujeres Coahuila.

UserForm1 ×

Renta Vitalicia

Tasa de Interés %

Edad de retiro años

Renta Vitalicia Anual

Saldo acumulado



Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar el Saldo Acumulado difiere con respecto a la Tabla de Mortalidad de Mujeres Total con un acumulado de \$776,206.26 MN y la Tabla de Mortalidad Mujeres Coahuila \$632,102.82 MN, podemos observar que el monto en el estado Coahuila es menor a que si tomamos la Tabla de Mortalidad Mujeres Total.

CONCLUSIÓN

La presente tesina tiene como objetivo exponer el desarrollo de una herramienta para estimar la mortalidad mexicana y analizar el compartimento de la misma, a partir de datos de población y las defunciones separadas por estados.

Para ello, primero se reunieron todas variables que llevara la tabla mostrada en la herramienta propuesta, después de especificarlas se analizó el cálculo que debe llevar cada uno, para efecto de mostrar la funcionalidad de la herramienta se recabaron datos del INEGI 2010.

Según los resultados presentados con anterioridad, es posible notar que la esperanza de vida de las mujeres sin importar el estado es mayor que la de los hombres. Al momento de suavizar los datos podemos observar que z evita que los datos suavizados se alejen mucho de los originales sin importa el tamaño de k . Para comprender mejor los resultados, se recomienda utilizar la herramienta propuesta con cada uno de los estados para poder comparar los resultados.

Las tablas de mortalidad son usadas para las pensiones privadas, un ejemplo claro del uso es el cálculo de las rentas vitalicias, observando los resultados el saldo acumulado varía de acuerdo al estado.

Lo anterior lo podemos apreciar en la herramienta construida, demostrando que el manejo de Microsoft Excel VBA es una herramienta que facilita y automatiza tareas complejas, apoyando al trabajó en el campo actuarial. Sin embargo, existen otras herramientas que podrían para que el cálculo sea con más rapidez.

Dentro del trabajo se desea que exista una mejora del mismo; se recomienda a futuros estudiantes que estén interesados en el tema, que puedan incluir modelos y utilizar diferentes herramientas de bases de datos para poder hacer una comparación de los resultados arrojados.

ANEXOS

Anexo 1. Descomposición matricial Whittaker-Henderson

Sustituimos $z = 1$ y $\omega = 2$:

$$\begin{aligned}\sum_{x=0}^1 (\Delta^1 q_x'')^2 &= (\Delta^1 q_0'')^2 + (\Delta^1 q_1'')^2 = (q_1'' - q_0'')^2 + (q_2'' - q_1'')^2 \\ &= (q_0'' \ q_1'' \ q_2'') \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 1 & -1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} q_0'' \\ q_1'' \\ q_2'' \end{pmatrix}\end{aligned}$$

$z = 1$ y $\omega = 3$:

$$\begin{aligned}\sum_{x=0}^2 (\Delta^1 q_x'')^2 &= (\Delta^1 q_0'')^2 + (\Delta^1 q_1'')^2 + (\Delta^1 q_2'')^2 \\ &= (q_1'' - q_0'')^2 + (q_2'' - q_1'')^2 + (q_3'' - q_1'')^2 \\ &= (q_0'' \ q_1'' \ q_2'' \ q_3'') \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} q_0'' \\ q_1'' \\ q_2'' \\ q_3'' \end{pmatrix}\end{aligned}$$

$z = 2$ y $\omega = 3$:

$$\begin{aligned}
\sum_{x=0}^1 (\Delta^2 q_x'')^2 &= (\Delta^2 q_0'')^2 + (\Delta^2 q_1'')^2 = (\Delta^1 q_1'' - \Delta^1 q_0'')^2 + (\Delta^1 q_2'' - \Delta^1 q_1'')^2 \\
&= ((q_2'' - q_1'') - (q_1'' - q_0''))^2 + ((q_3'' - q_2'') - (q_2'' - q_1''))^2 \\
&= (q_2'' - 2q_1'' + q_0'')^2 + (q_3'' - 2q_2'' + q_1'')^2 \\
&= (q_0'' \ q_1'' \ q_2'' \ q_3'') \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ -2 & 1 \\ 1 & -2 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & -2 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} q_0'' \\ q_1'' \\ q_2'' \\ q_3'' \end{pmatrix}
\end{aligned}$$

$z = 2$ y $\omega = 4$:

$$\begin{aligned}
\sum_{x=0}^2 (\Delta^2 q_x'')^2 &= (\Delta^2 q_0'')^2 + (\Delta^2 q_1'')^2 + (\Delta^2 q_2'')^2 \\
&= (\Delta^1 q_1'' - \Delta^1 q_0'')^2 + (\Delta^1 q_2'' - \Delta^1 q_1'')^2 + (\Delta^1 q_3'' - \Delta^1 q_2'')^2 \\
&= ((q_2'' - q_1'') - (q_1'' - q_0''))^2 + ((q_3'' - q_2'') - (q_2'' - q_1''))^2 \\
&\quad + ((q_4'' - q_3'') - (q_3'' - q_2''))^2 \\
&= (q_2'' - 2q_1'' + q_0'')^2 + (q_3'' - 2q_2'' + q_1'')^2 + (q_4'' - 2q_3'' + q_2'')^2 \\
&= (q_0'' \ q_1'' \ q_2'' \ q_3'' \ q_4'') \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -2 & 1 & 0 \\ 1 & -2 & 1 \\ 0 & 1 & -2 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & -2 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -2 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -2 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} q_0'' \\ q_1'' \\ q_2'' \\ q_3'' \\ q_4'' \end{pmatrix}
\end{aligned}$$

$z = 3$ y $\omega = 4$:

$$\begin{aligned}
\sum_{x=0}^1 (\Delta^3 q_x'')^2 &= (\Delta^3 q_0'')^2 + (\Delta^3 q_1'')^2 = (\Delta^2 q_1'' - \Delta^2 q_0'')^2 + (\Delta^2 q_2'' - \Delta^2 q_1'')^2 \\
&= ((\Delta^1 q_2'' - \Delta^1 q_1'') - (\Delta^1 q_1'' - \Delta^1 q_0''))^2 \\
&\quad + ((\Delta^1 q_3'' - \Delta^1 q_2'') - (\Delta^1 q_2'' - \Delta^1 q_1''))^2 \\
&= (((q_3'' - q_2'') - (q_2'' - q_1'')) - ((q_2'' - q_1'') - (q_1'' - q_0'')))^2 \\
&\quad + (((q_4'' - q_3'') - (q_3'' - q_2'')) - ((q_3'' - q_2'') - (q_2'' - q_1'')))^2 \\
&= ((q_3'' - 2q_2'' + q_1'') - (q_2'' - 2q_1'' + q_0''))^2 \\
&\quad + ((q_4'' - 2q_3'' + q_2'') - (q_3'' - 2q_2'' + q_1''))^2 \\
&= (q_3'' - 3q_2'' + 3q_1'' - q_0'')^2 + (q_4'' - 3q_3'' + 3q_2'' - q_1'')^2 \\
&= (q_0'' \ q_1'' \ q_2'' \ q_3'' \ q_4'') \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 3 & -1 \\ -3 & 3 \\ 1 & -3 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -1 & 3 & -3 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 3 & -3 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} q_0'' \\ q_1'' \\ q_2'' \\ q_3'' \\ q_4'' \end{pmatrix}
\end{aligned}$$

Anexo 2. Código: Tabla de Mortalidad Total

```
Sub tablatotal()  
Application.ScreenUpdating = False  
Sheets("Tabla de mortalidad").Visible = True  
Sheets("Tabla de mortalidad").Select  
Range("B5:L105").ClearContents  
Range("b5").Value = "0.3"  
Range("b6:b9").Value = "0.4"  
Range("b10:b105").Value = "0.5"  
Range("C5").Formula = "=VLOOKUP(A5,Datos_total!$A$4:$D$105,$D$2+1,FALSE)"  
Range("D5").Formula = "=VLOOKUP(A5,Datos_total!$G$4:$J$105,$D$2+1,FALSE)"  
Range("E5").Formula = "=C5/D5"  
Range("F5").Formula = "=E5/(E5*(1-B5)+1)"  
Range("C5:F5").Select  
Selection.AutoFill Destination:=Range("C5:F105")  
Range("G5") = "100000"  
Range("G6").Formula = "=G5-H5"  
Range("G6").Select  
Selection.AutoFill Destination:=Range("G6:G105")  
Range("H5").Formula = "=F5*G5"  
Range("I5").Formula = "=1-F5"  
Range("J5").Formula = "=(G5+G6)/2"  
Range("H5:J5").Select  
Selection.AutoFill Destination:=Range("H5:J105")  
Range("K5").Formula = "=SUM(j5:j105)"  
Range("K6").Formula = "=K5-J5"  
Range("K6").Select  
Selection.AutoFill Destination:=Range("K6:K105")  
Range("L5").Formula = "=K5/G5"  
Range("L5").Select  
Selection.AutoFill Destination:=Range("L5:L105")  
Range("B5").Select  
Application.ScreenUpdating = True  
End Sub
```

Anexo 3. Código: Tabla de Mortalidad por Estado

```
Sub tablaestados()
Application.ScreenUpdating = False
Sheets("Tabla de mortalidad por estados").Visible = True
Sheets("Tabla de mortalidad por estados").Select
Range("b5").Value = "0.3"
Range("b6:b9").Value = "0.4"
Range("b10:b105").Value = "0.5"
Range("c5").Formula = "=IF($D$2=1,VLOOKUP(A5,Datos_estados!$A$7:$CS$107,MATCH($F$2,Datos_estados!$4:$4,0)-1,FALSE),_"
    & "_IF($D$2=2,VLOOKUP(A5,Datos_estados!$A$7:$CS$107,MATCH($F$2,Datos_estados!$4:$4,0),FALSE),VLOOKUP(A5,Datos_estados!$A$7:$CS$107,MATCH($F$2,Datos_estados!$4:$4,0)+1,FALSE)))"
Range("d5").Formula = "=IF($D$2=1,VLOOKUP(A5,Datos_estados!$A$114:$CS$214,MATCH($F$2,Datos_estados!$4:$4,0)-1,FALSE),_"
    & "_IF($D$2=2,VLOOKUP(A5,Datos_estados!$A$114:$CS$214,MATCH($F$2,Datos_estados!$4:$4,0),FALSE),VLOOKUP(A5,Datos_estados!$A$114:$CS$214,MATCH($F$2,Datos_estados!$4:$4,0)+1,FALSE))"
Range("e5").Formula = "=C5/D5"
Range("f5").Formula = "=E5/(E5*(1-B5)+1)"
Range("c5:f5").Select
Selection.AutoFill Destination:=Range("C5:F105")
Range("g5") = "100000"
Range("g6").Formula = "=G5-H5"
Range("g6").Select
Selection.AutoFill Destination:=Range("G6:G105")
Range("h5").Formula = "=F5*G5"
Range("i5").Formula = "=1-F5"
Range("j5").Formula = "(G5+G6)/2"
Range("h5:j5").Select
Selection.AutoFill Destination:=Range("H5:J105")
Range("k5").Formula = "=SUM(j5:j105)"
Range("k6").Formula = "=K5-J5"
Range("k6").Select
Selection.AutoFill Destination:=Range("K6:K105")
Range("l5").Formula = "=K5/G5"
Range("l5").Select
Selection.AutoFill Destination:=Range("L5:L105")

Range("B5").Select
Application.ScreenUpdating = True
End Sub
```

Anexo 4. Código: Método Whittaker-Henderson.

```
Sub suavizar()  
Application.ScreenUpdating = False  
''Suavizar datos  
Dim w(1 To 101, 1 To 101) As Double  
Dim qx(1 To 101, 1 To 1) As Double  
Dim wqx(1 To 101, 1 To 1) As Double  
Dim c(1 To 101, 1 To 101) As Double  
Dim ct(1 To 101, 1 To 101) As Double  
Dim kctc(1 To 101, 1 To 101) As Double  
Dim g(1 To 101, 1 To 101) As Double  
Dim qx2(1 To 101, 1 To 1) As Double  
Dim q(1 To 101, 1 To 1) As Double  
Dim l(1 To 101, 1 To 101) As Double  
Dim lt(1 To 101, 1 To 101) As Double  
''variables  
Dim i As Long  
Dim j As Integer  
Dim Y As Long  
Dim z As Double  
Dim m As Integer  
Dim co As Double  
Dim kco As Integer  
Dim cot As Double  
Dim s As Integer  
  
Y = Range("d1").Value  
z = Range("d2").Value  
  
'' construimos w  
For i = 1 To 101  
    w(i, i) = Cells(5 + i, 10).Value  
Next i  
  
''matriz de probabilidadesqx  
For i = 1 To 101  
    qx(i, 1) = Cells(5 + i, 2).Value  
Next i  
''matriz wqx  
For i = 1 To 101  
    wqx(i, 1) = w(i, i) * qx(i, 1)  
..  
  
''construir c  
    b = 1  
For i = 1 To Y  
    b = b * i  
Next i  
For i = 0 To Y  
    r = 1  
    For j = 1 To i  
        r = r * j  
    Next j  
    m = (Y - i)  
    v = 1  
    For j = 1 To m  
        v = v * j  
    Next j  
    c(1, i + 1) = ((-1) ^ (Y + i)) * (b) / (r * v)  
  
Next i  
  
For i = 1 To (100 - Y)  
    For j = 1 To Y + 1  
        c(i + 1, i + j) = c(1, j)  
    Next j  
Next i
```

```

''traspuesta de c=ct
For i = 1 To 101
  For j = 1 To 101
    ct(j, i) = c(i, j)
  Next j
Next i
''contruir matriz kctc
cot = 0
For i = 1 To 101
  For j = 1 To 101
    For m = 1 To 101
      cot = cot + (z * ct(i, m) * c(m, j))
    Next m
    kctc(i, j) = cot
    cot = 0
  Next j
Next i
''matriz G
For i = 1 To 101
  For j = 1 To 101
    g(i, j) = w(i, j) + kctc(i, j)
  Next j
Next i
''construimos L con el metodo cholesky
l(1, 1) = (g(1, 1)) ^ (1 / 2)
For i = 2 To 101
  l(i, i) = g(i, i) / l(1, 1)
Next i
For i = 2 To 101
  co = 0
  For kco = 1 To (i - 1)
    co = co + ((l(i, kco)) ^ (2))
  Next kco
  l(i, i) = ((g(i, i) - co) ^ (1 / 2))
  If (i < 101) Then
    For j = (i + 1) To 101
      co = 0
      For kco = 1 To (i - 1)
        co = co + (l(i, kco) * l(j, kco))
      Next kco

      l(i, j) = (g(i, j) - co) / l(i, i)
    Next j
  Else

End If
Next i
''traspuesta de l
For i = 1 To 101
  For j = 1 To 101
    lt(j, i) = l(i, j)
  Next j
Next i

''matriz qx2 probabilidades auxiliares
qx2(1, 1) = (wqx(1, 1) / l(1, 1))
cot = 0
For i = 2 To 101
  For j = 1 To (i - 1)
    cot = cot + (l(i, j) * qx2(j, 1))
  Next j
  qx2(i, 1) = ((wqx(i, 1) - cot) / (l(i, i)))
  cot = 0
Next i

```

```

'matriz q probabilidades suavizadas
q(101, 1) = (qx2(101, 1) / lt(101, 101))
cot = 0
For i = 100 To 1 Step -1
  For j = 0 To (100 - i)
    cot = cot + (lt(i, 100 - j) * q(100 - j, 1))
  Next j
q(i, 1) = ((qx2(i, 1) - cot) / (lt(i, i)))
cot = 0
Next i
For i = 1 To 101
Cells(5 + i, 11) = q(i, 1)
Next i
Range("K6:K106").Select
Selection.NumberFormat = "0.000000"
'grafica
Range("R2").Select
Call grafica

Application.ScreenUpdating = True

End Sub

```

BIBLIOGRAFÍA.

- Agudelo, G. A.; Franco, L.C.; Franco, L.E. (2016). Cálculo Actuarial: Introducción a la actuaría de vida. 2 ed. Fondo Editorial ITM. Medellín. 80 pp.
- Aguilar, P. (2010). Manual de Actuaría. Cuarta edición del 2010 del manual sin publicar, 3-20
- Albarrán, E. (2020, Septiembre). Consar propondrá rentas vitalicias más accesibles. El economista <https://www.economista.com.mx/sectorfinanciero/Consar-propondra-rentas-vitalicias-mas-accesibles--20200209-0089.html>
- Alonso, A. (2008). Predicción de Tablas de mortalidad dinámicas mediante un procedimiento BOOTSTRAP. Majadahonda. Madrid: Fundación Mapfre.
- Alpízar, G. (2013). Factorización incompleta de Cholesky como técnica de preconditionamiento. <http://funes.uniandes.edu.co/8037/1/Alpizar2013Factorizacion.pdf>
- Arriaga, M. & Sánchez, J. (2008), Elementos de cálculo actuarial, UNAM, Facultad de Estudios Superiores Acatlán, México, Ciudad de México
- Asociación de Supervisores de Seguros de América Latina (ASSAL), (2002). Rentas. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/64058/GES-09_RENTAS_VITALICIAS.pdf
- Banco de México. Mercado de Valores (Tasa de Interés). (2021) <https://www.banxico.org.mx/tipcamb/main.do?page=tas&idioma=sp>
- Barajas, A. (2007). Propuesta para actualizar las Tablas de mortalidad partiendo de un modelo europeo. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Basulto, J. & García, J. (2009), Historia de la Probabilidad y la Estadística (IV), Universidad de Huelva., España

- Bowers, N. (1986). Actuarial Mathematics, Society of Actuaries, Estados Unidos.
- Caballero, A. (2004). Tesis profesional. Desarrollo de una tabla de mortalidad mediante el método Whittaker-Henderson, Universidad de las Américas Puebla, Cholula, Puebla
- CELADE/CEPAL. Observatorio demográfico N° 4, Mortalidad, Santiago de Chile, octubre 2007, pág. 228. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/7121>
- Centro Centroamericano de Población. Tablas de vida. https://ccp.ucr.ac.cr/cursos/demografia_03/materia/8_tablas.htm
- Circular Única de Seguros y Fianzas. Diario Oficial de la Federación, México, 19 de diciembre de 2014
- De Vicente A., Hernández J., Albarrán I., Ramírez C. (2002). Proyección y estudio de una población. El papel de la mortalidad. [En línea], Disponible en: <http://eprints.ucm.es/6765/1/0203.pdf>
- Debon, A. (2003). Graducación de Tablas de Mortalidad. Aplicaciones Actuariales. Valencia, España: Universitat de Valencia; Servei de Publicacions.
- Diaz, V. (2018). Tablas De Mortalidad Utilizadas En México Y Sus Aspectos Relevantes Durante El Periodo 1843 A 2005. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, México
- Fernández, P. (2003), Análisis de supervivencia, Unidad de Epidemiología Clínica y Bioestadística. Complejo Hospitalario-Universitario Juan Canalejo. A Coruña (España)
- Galliva, K., Heath, M., Ng, E., Ortega J., Peyton B., Plemmons, R., Romine, C., Sameh, A. y Voigt R (1990), Parallel Algorithms for Matrix Computations. Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics
- García, J. (2019). PERÚ: Estimaciones y Proyecciones de la Población Nacional, 1950-2070 [versión electrónica] Boletín de Análisis Demográfico N°38.

https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1702/libro.pdf

- Gómez, M. (2007). Cálculo Actuarial de funciones de Vida Múltiple y modelos de decremento múltiple. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, México
- Hernandez, L. (1990). Elaboración de una tabla selecta de Mortalidad. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Hernández, S. (2005). Historia de la estadística. Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad Veracruzana: <https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol18num2/articulos/historia/>
- Howard, R. (2007) Whittaker-Henderson-Lowrie Graduation. Recuperado el 15 de diciembre de 2021 www.howardfamily.ca/graduation/WHGrad.doc
- Huaraca D. (2014). Ajuste y estimación de tablas de mortalidad de la población ecuatoriana hasta el año 2030. Tesis de Licenciatura, Escuela politécnica Nacional, Facultad de ciencias.
- Huertas, J. (2001). Cálculo actuarial: contingencias de vida individual, Colombia, Universidad Nacional de Colombia
- IMSS, ¿Con qué Aseguradoras puedo contratar una Renta Vitalicia? Consulta 08/Dic/2021 <http://www.imss.gob.mx/pensiones/preguntas-frecuentes/con-que-aseguradoras-puedo-contratar-una-renta-vitalicia>
- INEI, (2010). Metodología para el cálculo de los indicadores de Mortalidad. Colección Metodologías Estadísticas INEI. <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/metodologias/mortalidad01.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2010). Perú: situación y perspectivas de la mortalidad por sexo y grupos de edad, Nacional y por departamento, 1990-2025 (metodología y tablas de mortalidad)
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)-Censo 2010 Conjunto de datos: Población Total.

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)-Censo 2010 Conjunto de datos: Población Total
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)-Mortalidad Conjunto de datos: Defunciones registradas.
- Instituto Nacional de la Estadística. (2016). Tabla de Mortalidad. Metodología.
- Knorr, F. E. (1984) Multidimensional Whittaker-Henderson Graduation. Transactions of Society of Actuaries, 36 pp. 213 –255. Recuperado de <https://www.soa.org/globalassets/assets/library/research/transactions-of-society-of-actuaries/1984/january/tsa84v3611.pdf>
- Ley orgánica de la administración pública federal. Diario Oficial de la Federación, México, el 29 de diciembre de 1976.
- Maccio G. (1985). Diccionario Demográfico Multilingüe; en español; 2da. Ed, Centro Latinoamericano de Demografía y Unión Internacional para el Estudio Científico de la Po.; Lieja Bélgica
- Maldonado, P. (2005), Demografía conceptos y técnicas fundamentales. Playa y Valdés S.A. de C.1v., Ciudad de México
- Mendoza, M.& Madrigal, A & Martínez, E. (2000), Documento de trabajo No. 80, Tablas de Mortalidad CNSF 2000-I y CNSF 2000-G, Comisión Nacional de Seguros y Fianzas
- Mina, A. (2006), Ley de mortalidad mexicana. Funciones de supervivencia, Estudios demográficos y urbanos http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0186-72102006000200431&script=sci_arttext
- Morales, I. & Castro, M. (enero-junio 2016). Proyecciones Demográficas y actuariales por medio del método de cadenas de Markov con Monte Carlo. Revista de Matemática; Teoría y aplicaciones, 23-1, 241-253.
- Muñoz, S. Fórmula unificada para rentas vitalicias. Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ciencias Económicas.

- Muñoz J. (2014). La factorización de Cholesky. <http://www.geocities.ws/jucamucas/Fchol.html>
- Nieto del Alba, U & Vegas, J. (1993). Matemática Actuarial. Madrid: Mapfre S.A.
- Organización Panamericana de la Salud (OPS) (1973); Plan decenal de salud para las Americas: Informe final / Ten year health plan for the Americas : Final Report; Washington, D.C.
- Ortega, A. (1997), Tablas de Mortalidad, Centro Latinoamericano de Demografía. Argentina
- Ortiz, F., Villegas, M. & Zarruk, A. (2012). Tablas de Mortalidad, Universidad Externado de Colombia
- Pacheco, C. (2020). Aplicación de la graduación de Whittaker - Henderson para las tasas brutas de mortalidad – Sanos (SPP – S – 2017) en edades centrales de la SBS con un enfoque de auditoría, Escuela Profesional de Ingeniería Estadística
- PENSIONISSSTE, (2020). ¿QUÉ ES UNA AFORE? <https://www.gob.mx/pensionissste/es/articulos/que-es-una-afore-245550?idiom=es>
- Pérez, C. (2014). Aplicación del Algoritmo Whittaker-Henderson para la construcción de Tablas de mortalidad. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Ponzanelli, C. (2003). Análisis y propuesta de métodos de ajuste para Tablas de mortalidad. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Pressat, R. (1967). El análisis demográfico: métodos, resultados, aplicaciones. Traducción al español de Armando Joubet. México, Fondo de Cultura Económica.

- Promislow, S. D. (2015). Fundamentals of Actuarial Mathematics Third Edition. Toronto: York University
- Quiroa M. (2020), Demografía. Economipedia <https://economipedia.com/definiciones/demografia.html>
- Ramírez, A. (2011). Tablas de Mortalidad Mexicanas. Revista Actuario, 1-7.
- Real Academia Española. (s.f.). Cultura. En Diccionario de la lengua española. Recuperado en 7 Diciembre de 2020, de <https://dle.rae.es/>
- Rocha, M. (2004). Tesis profesional. Expectativa de Vida para Enfermos de Diabetes Mellitus: Elaboración de una Tabla de Mortalidad, Universidad de las Américas Puebla, Cholula, Puebla
- Rodó, P. (2019), Descomposición de Cholesky. Economipedia <https://economipedia.com/definiciones/descomposicion-de-cholesky.html>
- Rodriguez G. & Hobcraft J. (1980). Illustrative Analysis: Life Table Analysis of Birth Intervals in Colombia. International Statistical Institute; London
- Rosas, E. 2(018), Programación orientada a objetos para calcular seguros de vida. Una aplicación al caso mexicano, Revista de Tecnología informática Vol. 2 No. 6 8-20 https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Tecnologia_Informatica/vol2num6/Revista_de_Tecnologia_Informatica_V2- N6_2.pdf
- Salvador, V. (1992). Corretaje de Rentas Vitalicias Previsionales: Diagnóstico y Propuesta.
- Sánchez, A. (2017). Estimación y Análisis de la Mortalidad según diversas fuentes. Síntesis Metodológica [versión electrónica] Boletín INEI. <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/mortalidad.pdf>
- Sandoya, F. (2007). Matemáticas Actuariales y Operaciones de seguros; segunda edición. ESPOL.
- Shryock, H. & Siegel, J. and Associates, (1976). The Methods and Materials of Demography. San Diego California: Academic Press, Inc,. Disponible en

<http://www.ru.ac.bd/wp->

[content/uploads/sites/25/2019/03/402_9_Shryock_Methods-and-Meterials.pdf](http://www.ru.ac.bd/wp-content/uploads/sites/25/2019/03/402_9_Shryock_Methods-and-Meterials.pdf)

- Silva, E. & Ovin A. (2019). Aproximación a curvas de mortalidad a través de una propuesta no paramétrica: el caso del modelo de Heligman y Pollard, Vol. 34, Núm. 1, enero-abril, 129-167. Estudios Demográficos y Urbanos.
- Silva, E. (2009), Mortalidad por accidente automovilístico en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México al final del siglo XX. Papeles de Población, Vol. 15, Núm. 62, octubre-diciembre, 143-173 Universidad Autónoma del Estado de México. México.
- Silva, E., M. Guerrero, V. & Peña, D. (2019). Suavizamiento controlado de tasas de mortalidad con P-splines: aplicaciones para México y Reino Unido. Papeles de Población, Vol. 20, Núm. 79, enero-marzo, 99-131 Universidad Autónoma del Estado de México. México.
- Silva, R. (2009). Reflexiones acerca de la Esperanza de Vida y una implementación en una hoja de cálculo. Revista Actuario, 1-8.
- Sorto, F. (2015). Rentas Vitalicias vinculadas a sistemas de capitalización individual de pensiones.
- Tacla, O. y Pujol, J. (1965). Tablas abreviadas de mortalidad, 1952-1953 y 1960-1961. Santiago, Chile: Centro Latino Americano de Demografía.
- Westreicher, G. (2018), Renta Vitalicia. Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/renta-vitalicia.html>