

Informe de Valuación Actuarial

Compañía ABC

Erick Venegas Espinoza
Javier Hernández Navarro
Juan Pablo Morgan
José López Corella
Henri Gabert Hidalgo





Universidad de Costa Rica
Contingencias de Vida I

Contents

Información General

El siguiente trabajo considera un estudio de proyecciones demográficas y financieras de la fecha 31 de diciembre del 2023 hasta el 31 de diciembre del 2120. La fecha de valuación en la que se está realizando este informe es a la fecha 31 de diciembre del 2023.

Los encargados de realizar el presente estudio de valuación actuarial son los siguientes:

Nombre	Carné	Firma
Erick Venegas Espinoza	C09319	
Javier Hernández Navarro	C13674	
Juan Pablo Morgan	C15319	
José Eduardo López Corella	C24343	Corella
Henri Gerard Gabert Hidalgo	B93096	

Este estudio es solicitado por la compañía ABC, como un plan de gestión empresarial, donde desean proyectar el comportamiento demográfico de sus empleados y hacer proyecciones financieras que sirvan como herramienta para futuras decisiones gerenciales de la empresa.

B) Resumen Ejecutivo

De conformidad con el reglamento actuarial emitido por la SUPEN, publicado en Alcance N°200 de la Gaceta del 27/09/2016 y oficio SP-A-247-2021 del 16/12/2021, y lo estipulado en el artículo 11 de este presente reglamento, presentamos el informe de valuación actuarial de la empresa ABC, con corte en el año 2023, y que pretende realizar una proyección demográfica y financiera de los empleados de dicha empresa por un período de 97 años, es decir, del año 2023 al año 2120.

No se presentación información de las reservas de la empresa, ya que esta empresa es nueva en el mercado, por lo que se consideren reservas de 0 para este estudio. Se concluye que, ya que este modelo se considera un modelo cerrado, la empresa presentará un pico máximo de pago de beneficios por causa de muerte e los empleados activos en los años 2040 y 2045 y después el pago de beneficios será decreciente hasta el año 2065 , que es el año donde se pensionan las personas más jóvenes.

Se concluye que el pago de beneficios por muerte de los empleados activos no sea mayor a un monto de 3,5 billones de colones, debido a que las probabilidades de muerte son muy bajas, por lo que se espera que un período de 40 años, la empresa no enfrente obligaciones mayores al monto dicho anteriormente.

Para este trabajo no se presentan recomendaciones, ya que es un informe de proyecciones que servirá de base para la toma de decisiones, y al no presentar una proyección de ingresos, no se puede hacer una comparación actuarial entre pasivos y activos de la empresa.

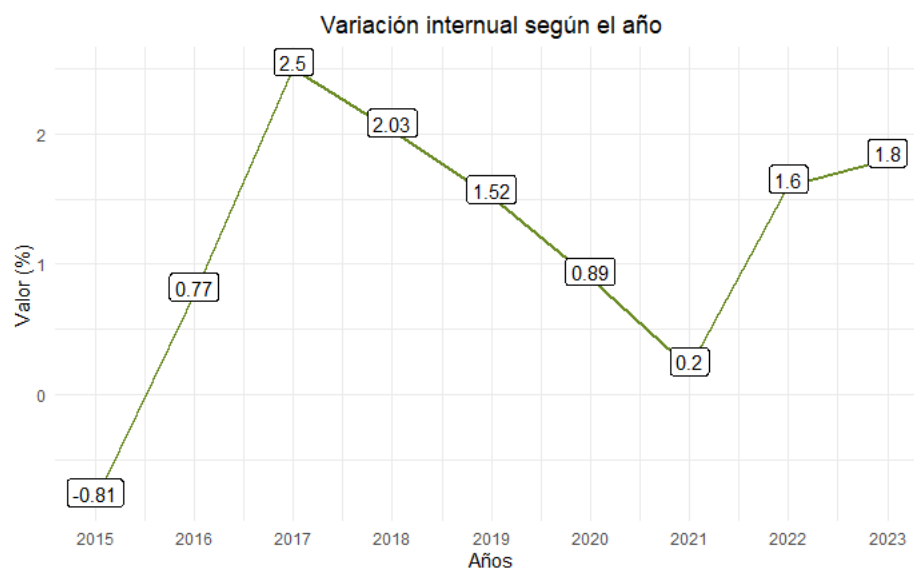
C) Contexto Económico:

Inflación

El realizar una valuación actuarial a la empresa ABC tiene por objetivo proyectar la situación financiera actuarial de los pagos por beneficios de muerte y de anualidades de los empleados de dicha empresa, esto para ayudar a la toma de decisiones financieras por parte de la gerencia de dicha empresa.

Para el presenta trabajo se está considerando un tasa de inflación del 3%, que es justo la tasa que espera mantener el Banco Central de Costa Rica, este se considerando tanto para el pago de beneficio por muerte como el pago de beneficios por anualidad. Se establece este supuesto de la tasa de inflación, par asegurar el poder adquisitivo de los empleados de la empresa.

En el siguiente gráfico se puede apreciar el compartamiento que tuvo la tasa de inflación a lo largo de los anteriores 10 años, esto sirve como base para la toma de la decisión de mantener una tasa de inflación del 3%



Tasa Básica Pasiva

Para el análisis de la tasa básica pasiva, se utilizaron datos del banco central de Costa Rica, para la elaboración del siguiente gráfico.

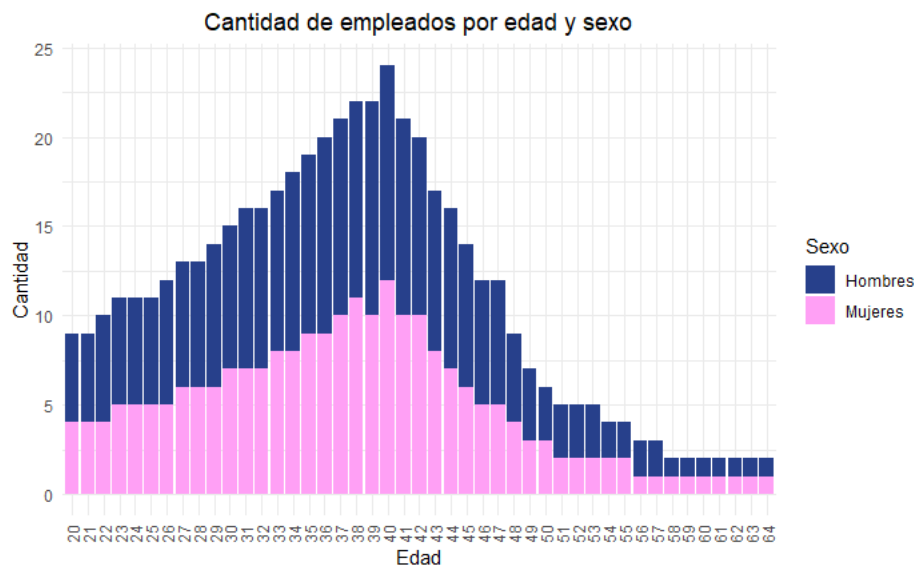


Como podemos observar en el gráfico anterior, hay una tendencia a la baja a partir de inicio de año 2023, la bajada de esta tasa, lo podemos asociar al período de pandemia, el cual afectó a las inversiones en la economía, por ello, por fuerzas de oferta y demanda, hubo una baja súbita en este indicador macroeconómico, recordemos que esto se debe a que los bancos bajaron sus tasas de interés, esta información es captada por la tasa básica pasiva, que es un resumen de las tasas de interés que utilizan los bancos.

D) Contexto Demográfico

Para realizar las proyecciones demográficas es importante el conocer la estructura de la población, en este caso, el de los empleados de la empresa, ya que no todas las personas tienen una misma probabilidad de muerte.

En el siguiente gráfico podemos observar cómo es la distribución de las personas en la empresa separada por sexo.

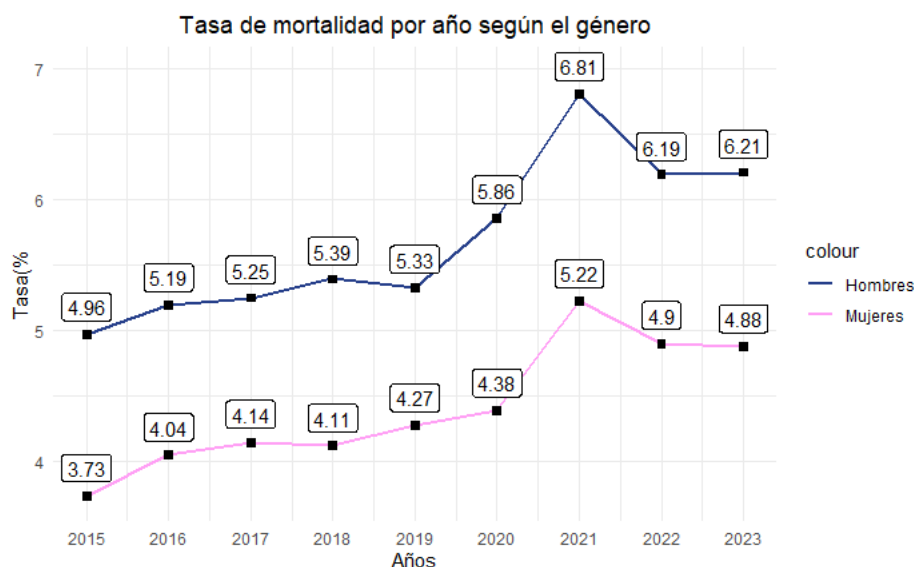


Como se observa en el gráfico anterior, en la distribución anterior podemos ver cómo hay un 54.5% de hombres y un 45.6% de mujeres en la empresa. Es importante saber la distribución de estos, ya que las probabilidades de muerte varía según el sexo.

También se puede observar una concentración de personas entre las edades 27 y 44, conocer este pico es de importancia debido a que en un futuro el pago de las anualidades también va a presentar un pico similar.

Tasa de Mortalidad

Vamos a ver como se comportaron históricamente la tasa de mortalidad de las personas, las cuales vienen representadas en el siguiente gráfico

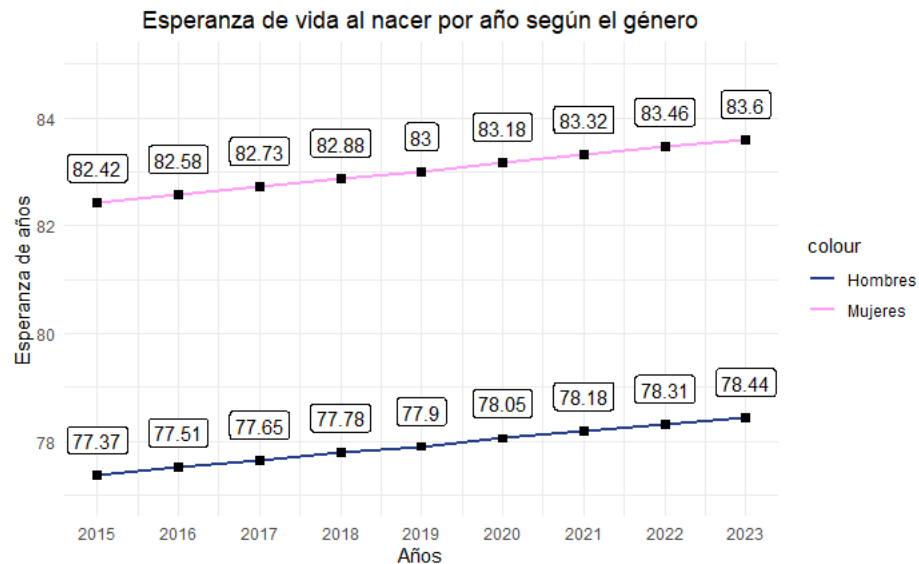


Dado el gráfico anterior podemos observar como hay un pico en el año 2021 que coincide justamente con la pandemia, por lo que es un caso extraordinario, pero post-pandemia, la tasa trata de regresar a una normalidad, de hecho, se espera que debido a la pandemia, hubo una aceleración de las muertes que estaban próximas, por lo que se proyecta que para años posteriores, la tasa de mortalidad sea más baja.

Esperanza de Vida

Otro factor importante, es la esperanza de vida al nacer, en el presente trabajo de investigación, nosotros hacemos uso de una tabla dinámica de la SUPEN que es lo que se proyecta, para este análisis retrospectivo, utilizamos los datos del INEC, para ver cómo se ha comportado efectivamente la esperanza de vida.

Tener contexto de este punto es importante, porque la empresa ABC quiere hacer proyecciones demográficas de su población, a su vez, tener un contexto y tener una proyección ayuda a la toma de decisiones, ya que planean pagar un beneficio de anualidad a los pensionados. En el siguiente gráfico podemos observar como la esperanza de vida de las mujeres es mayor que el de los hombres, lo cual se ve reflejado de manera similar en las tablas dinámicas de la SUPEN.



Así, vemos que la esperanza de vida una persona al nacer, es de 83 años para el caso de las mujeres en el momento de corte del estudio, es decir para el 31 de diciembre del 2023, y para los hombres es de 78 años.

E) Análisis de la situación actual del régimen:

Al tratarse de una empresa nueva, no contamos con reservas ni con provisiones, por lo que para este informe actuarial no vamos a presentar información de esto.

Por otro lado, el estudio no propone cambios en la situación financiera, ya que solo nos enfocamos en el estudio de las proyecciones.

La empresa al ser nueva, no presenta inversiones, ni se consideran los gastos de administración para este trabajo, por lo que tampoco analizamos este apartado y se espera que se continúe para evaluaciones actuariales futuras.

METODOLOGÍA

Se hicieron dos análisis para este trabajo, los cuales fueron aplicando un modelo determinístico y otro estocástico. Comenzaremos explicando el modelo determinístico y posteriormente mencionaremos cómo se realizó el modelado estocástico.

Para el presente trabajo se utilizaron matrices para ordenar/separar a los empleados, además de hacer una distinción por sexo y diferentes años, para controlar cuántas personas salen por año proyecciones demográficas, las cuales tienen por finalidad, hacer una estimación de la población futura y que sirva para la toma de decisiones gerenciales. Para realizar el cálculo de estas proyecciones demográficas se hace uso de la tabla dinámica de la SUPEN que contiene las probabilidades de muertes de las personas, por edad según el año en el que viven, y a su vez se hace uso de la tabla proporcionada por la empresa, a cual trae las fechas de nacimiento de los empleados, su ID y su género, lo cual sirve para lo que queremos calcular.

Para el cálculo de las proyecciones demográficas primeramente agarramos la tabla de empleados e hicimos un cambio en esta, cambiando los valores de la tabla que venían como “F-M” y utilizamos los números “1-2”, donde 1 significa masculino y 2 significa femenino. Luego les calculamos la edad, ya que la tabla lo que tiene son las fechas de nacimiento. Una vez con las edades de cada empleado, entonces hicimos agrupaciones, por edades y por género, es decir, tomamos a todos los hombres que tienen 20, a todos los hombres que tienen 21 años, así sucesivamente. Con esto, ya tenemos la cantidad de personas vivas en el año 2023, por lo que procedimos a utilizar la tabla de la SUPEN, con las respectivas probabilidades de muerte, obteniendo así una tabla con las proyecciones, que procedimos a graficar.

Además, con las proyecciones demográficas, decidimos realizar gráficos separados, de las personas que están como personas activas en el modelo y las personas que salen de pensión, pero que igual nos interesa saber su proyección, pues uno de los beneficios de la empresa, es que estas personas tienen derecho a acceder a las anualidades y a los beneficios por muerte del empleado.

Por otro lado, se realizaron proyecciones financieras, las cuales tomaron como base a las proyecciones demográficas, ya que necesitábamos las cantidades de personas que iban sobreviviendo a lo largo de los años, y se necesitaba calcular tanto pago de anualidades como pago de beneficios por muerte. Estas proyecciones tomaban a las personas pensionadas que nos quedaban vivas por año, para ir calculando cuántas anualidades se debían ir pagando por año. Por otro lado, con las personas que van muriendo se calculan los beneficios de muerte tanto de las personas activas, como de las personas pensionadas.

Una vez realizadas las proyecciones, se decidió calcular la prima que debían pagar las personas empleadas activas, ya que uno de los supuestos que tomó esta valuación actuarial fue el de que sólo las personas activas pagaban esta prima, la cual se paga de manera anual hasta los 65 años de edad. Luego se calculó la prima nivelada, para la cual se toma la suma de las esperanzas de los beneficios

futuros y se divide por la suma de las esperanzas del valor presente de las primas futuras, dando como resultado la prima nivelada anual.

Toda esta metodología que hemos estado comentando, es solo el modelo determinístico. Para esa valuación actuarial se utilizaron métodos de proyecciones estocásticas, para los cuales se utilizó como base las probabilidades que proporciona la SUPEN, pero en vez de considerar que un porcentaje de las personas muere, lo que consideramos es que dada la probabilidad de morir de una persona de cierta edad, entonces utilizamos una función que genera números aleatorios en un intervalo de 0 a 1, es decir, simulamos que la persona pueda morir, así no consideramos un porcentaje de muerte, sino que tomamos a una persona es dos estados, es decir vivo o muerto, donde muerto es un estado absorbente.

Con las simulaciones se puede aproximar mejor la realidad, ya que al correr muchas simulaciones (50 mil en nuestro caso), podemos tener varios escenarios, que podemos ponderar para ver el comportamiento medio de estas simulaciones.

Toda la realización del código se puede observar de forma detallada en el siguiente enlace a [Github](#).

Bases de Datos y Supuestos

Base de Datos

Para la base de datos, se utilizó la tabla dinámica de la SUPEN, esto para realizar las proyecciones demográficas, su metodología se explicó en la sección anterior. Además se utilizaron los datos de la empresa proporcionada por la empresa ABC, la cual contiene la información de los empleados.

Supuestos del Trabajo

Para el presente trabajo se tomaron varios supuestos, los cuales vamos a mencionar a continuación:

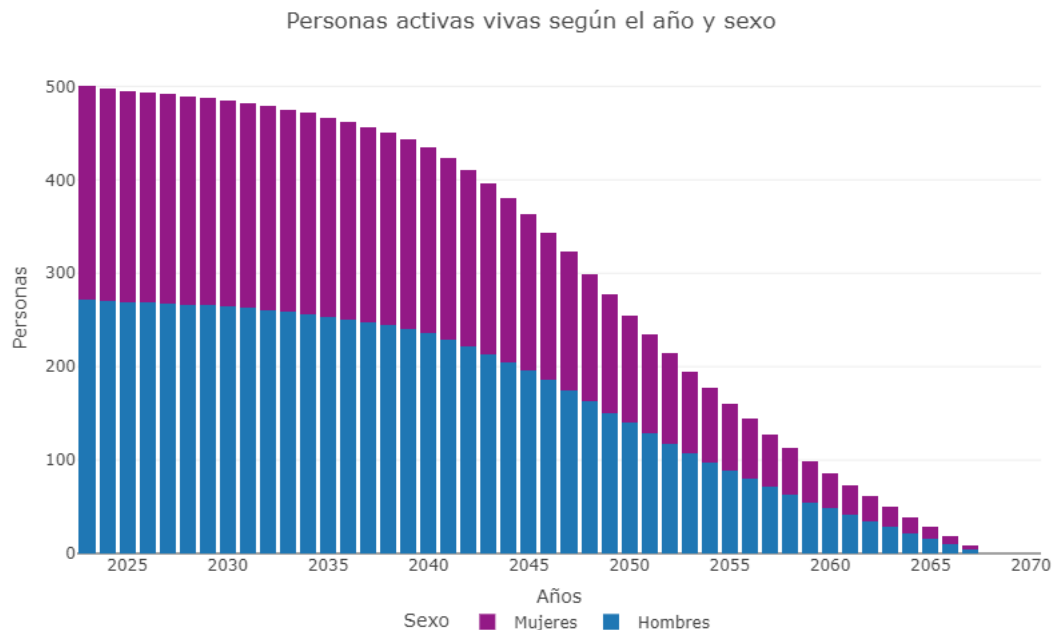
1. **Tasa de Inflación:** Como hablamos en el entorno económico, vimos que el Índice de Precios al Consumidor que presentaba el BCCR presentaba una cierta estabilidad en el intervalo de 0 a 4%, por lo que para este trabajo se toma una tasa del 3%. Además, una de las metas del BCCR es mantener este indicador macroeconómico en estos niveles, por lo que las empresas proyectan con base a esta meta.
2. **Tasa de Rendimiento:** Para esta tasa no se realizó una proyección de las tasas, se utilizó una tasa determinística del 4% para todos los cálculos del presente trabajo.
3. **Tiempos Anuales:** Para las proyecciones se está tomando solo los 31 de diciembre de todos los años.
4. **Validez de Jubilación:** Para que los empleados se puedan jubilar estos deben de llegar a los 65 años de edad.
5. **Modelo Cerrado:** Una vez que se empieza el modelo, no se acepta la entrada de más personas.
6. **Temporalidad del modelo:** Este modelo tiene una duración desde el año 2023 hasta el año 2120, además si una persona llega viva con probabilidad positiva hasta los 115 años, entonces al año siguiente se trunca el modelo, ya que la tabla dinámica de la SUPEN no considera más probabilidades después de los 115 años de edad.
7. **Principio de Equivalencia de Primas:** Este principio lo que indica, es que cuando se construye la Variable Aleatoria de pérdidas de empresas, el valor esperado de las pérdidas es cero, lo que nos permite obtener una igualdad para conseguir el valor de la prima que se debería de pagar.
8. **Requisitos para jubilación:** Para que los empleados activos tengan derecho a jubilarse, deberán cumplir 65 años de edad, no se considera un número mínimo de cotizaciones.

9. **Pago de beneficios de muerte:** El pago de beneficios de muerte se realiza al final del año de muerte, aplica tanto para empleados activos como empleados pensionados, donde el pago es del beneficio es de 5 millones y de 1 millon, respectivamente.

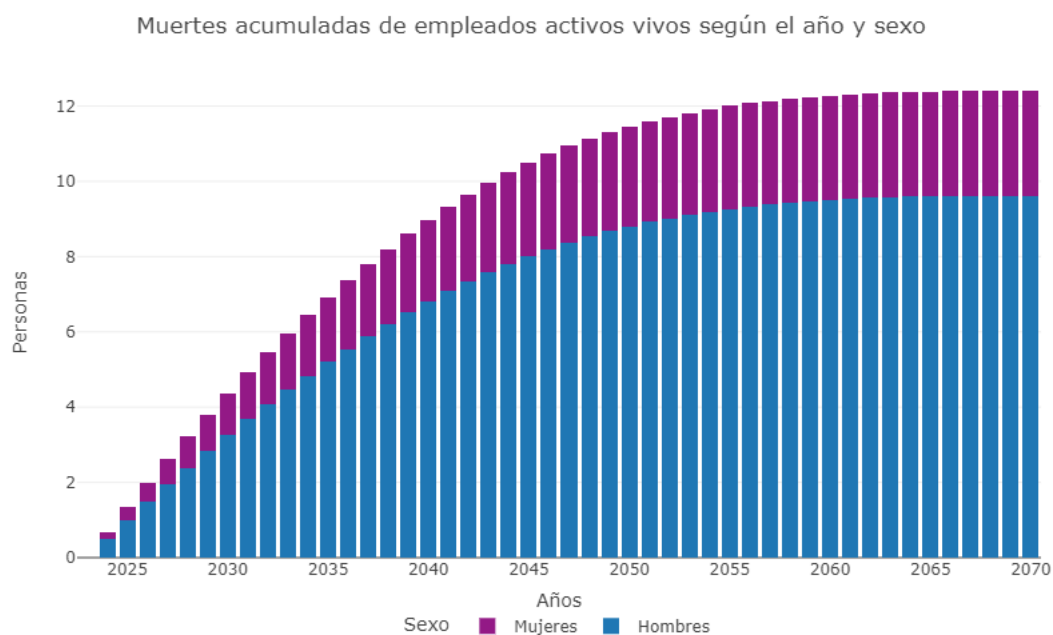
Resultados

Proyecciones

Empleados Activos

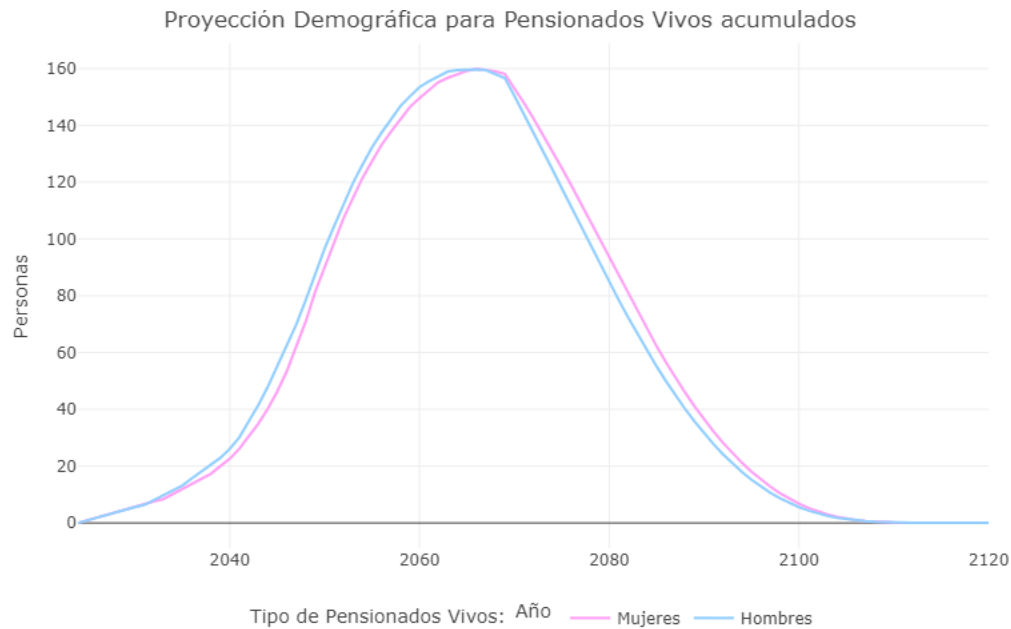


En el anterior gráfico se puede observar la proyección de empleados activos. En primera instancia se observa que predominan los hombres en cantidad. Por otra parte, se observa la tendencia a la baja, esto se debe a dos factores. Primeramente a la salida de empleados activos que se pensionan, que es la de mayor peso, seguida de las salidas por muertes.

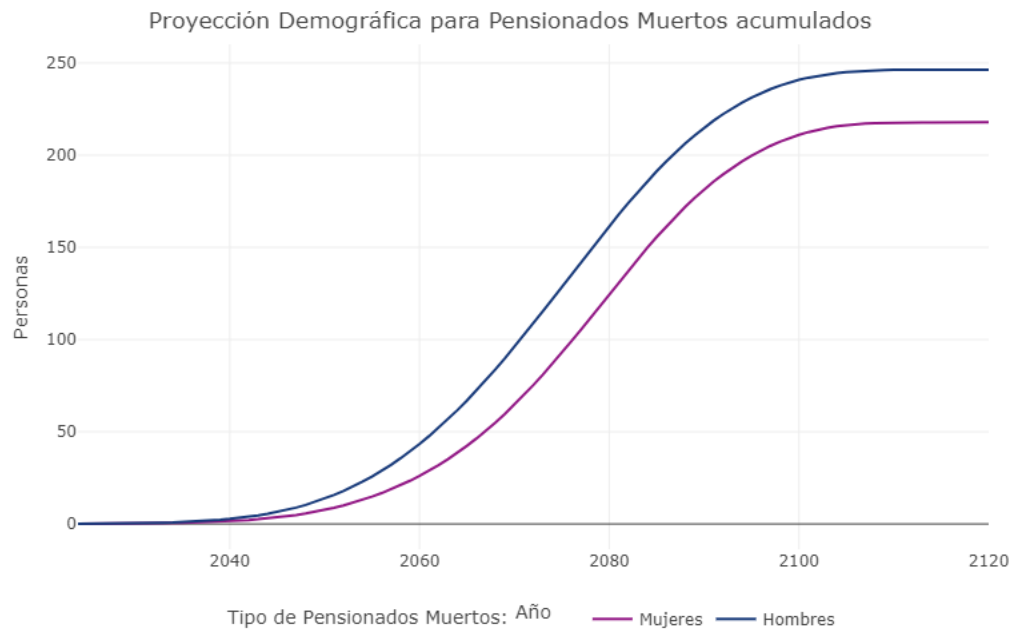


En el presente gráfico se observa la proyección de muerte de empleados activos. Los resultados, arrojan algunas conclusiones, como por ejemplo, una tendencia mayor de muerte de los empleados masculinos. Además, observamos como esta tiene un crecimiento lento, esto pues, las edades son menores y sus probabilidades de morir por tanto, bajas.

Pensionados

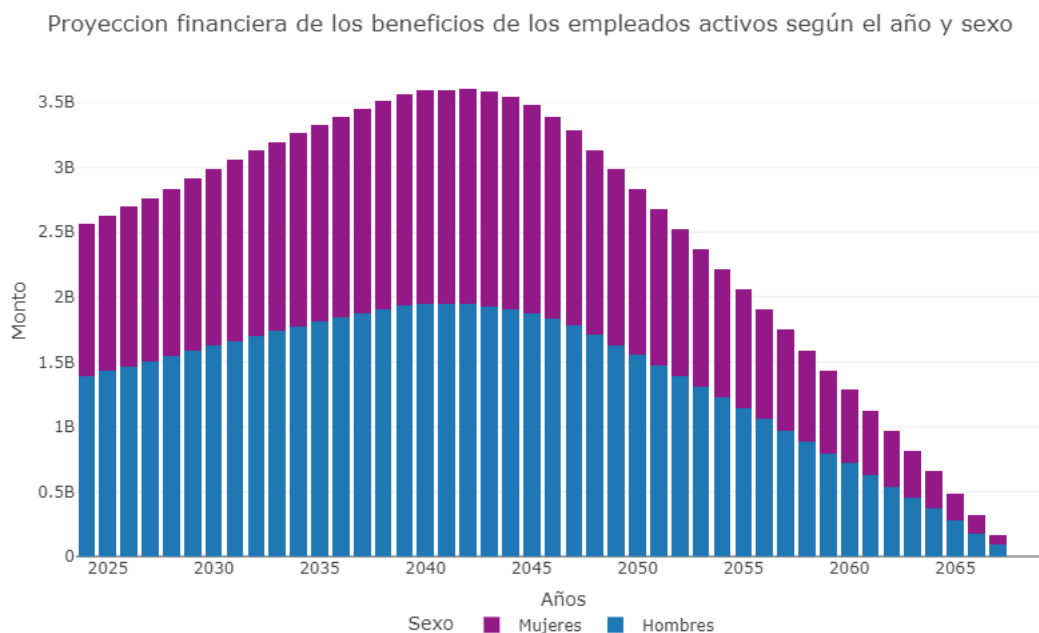


En el grafico anterior, se muestra la influencia de una tasa de mortalidad mayor para los hombres, aunque inicialmente la población de los hombres era superior a la de mujeres con el paso de los años, particularmente a partir del año 2066 vemos que la proyección de mujeres pensionadas vivas es mayor a la de los hombres. Además de esto, es importante notar que para el 2019 ya todas las personas han fallecido, esto debido a que la persona más joven tiene 20 años y las tablas de mortalidad de la SUPEN tienen como edad límite 115 años.



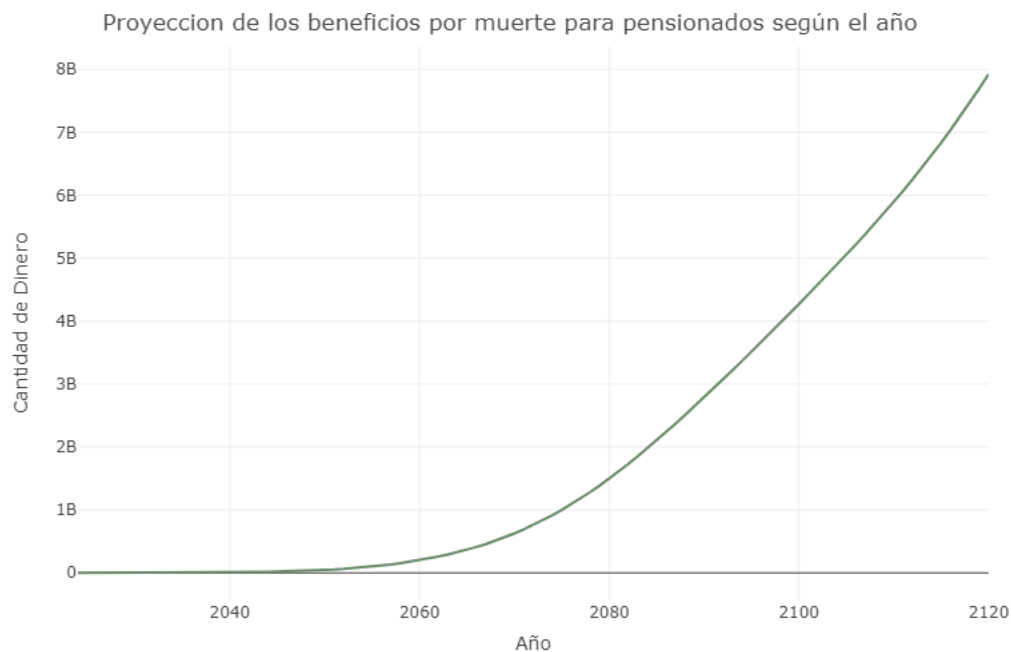
Con la proyección acumulada de pensionados muertos, vemos que en todo momento la proyección de hombres es superior a la de mujeres, esto por tener una población y una tasa de mortalidad mayor, aunque en ambos casos vemos un comportamiento similar. También el comportamiento de que siempre sea creciente se debe a que la muerte es un estado absorbente, es decir, una vez que una persona entra a esta categoría no sale de ella.

Financieras



Se observa como el mayor peso de la proyección financiera recae sobre los hombres, esto pues, la probabilidad de muerte de los hombres es mayor. Además, se observa

como la mayor densidad del beneficio se da en el rango de los años 2040 y 2045, esto se debe porque las personas que se encontraban en las edades de 40 y 50, empiezan a llegar a las edades mayores del rango.



Se observa que esta proyección de beneficios es creciente en todo momento, ya que la proyección de pensionados fallecidos va acumulando las muertes de los mismos, por lo que esta gráfica nos da la suma acumulada de dinero que se va a gastar para pagar los beneficios de muerte para estas personas pensionadas que fallecen.



Al analizar el gráfico anterior, notamos un comportamiento similar con las proyecciones demograficas para pensionados vivos acumulados, pero ahora refer-

ente a un pago y no a una cantidad de personas. Es importante mencionar que tanto la proyección de pensionados vivos como esta proyección alcanzan un valor máximo en el mismo año, el cuál es el año 2066.

Primas unicas por edad y sexo

	Sexo	Edad	Primas		Sexo	Edad	Primas
1	Hombre	20.00	439746.01	46	Mujer	20.00	496285.77
2	Hombre	21.00	460165.70	47	Mujer	21.00	519408.02
3	Hombre	22.00	481722.66	48	Mujer	22.00	543822.12
4	Hombre	23.00	504503.70	49	Mujer	23.00	569623.77
5	Hombre	24.00	528604.14	50	Mujer	24.00	596919.38
6	Hombre	25.00	554129.76	51	Mujer	25.00	625824.01
7	Hombre	26.00	581194.49	52	Mujer	26.00	656463.19
8	Hombre	27.00	609924.77	53	Mujer	27.00	688974.23
9	Hombre	28.00	640459.67	54	Mujer	28.00	723510.65
10	Hombre	29.00	672952.45	55	Mujer	29.00	760245.36
11	Hombre	30.00	707572.59	56	Mujer	30.00	799370.48
12	Hombre	31.00	744512.41	57	Mujer	31.00	841099.99
13	Hombre	32.00	783989.37	58	Mujer	32.00	885673.90
14	Hombre	33.00	826247.54	59	Mujer	33.00	933360.07
15	Hombre	34.00	871563.22	60	Mujer	34.00	984463.48
16	Hombre	35.00	920250.24	61	Mujer	35.00	1039330.44
17	Hombre	36.00	972667.07	62	Mujer	36.00	1098355.06
18	Hombre	37.00	1029221.23	63	Mujer	37.00	1161986.50
19	Hombre	38.00	1090378.22	64	Mujer	38.00	1230740.17
20	Hombre	39.00	1156675.52	65	Mujer	39.00	1305213.10
21	Hombre	40.00	1228737.32	66	Mujer	40.00	1386098.81
22	Hombre	41.00	1307292.57	67	Mujer	41.00	1474206.18
23	Hombre	42.00	1393194.79	68	Mujer	42.00	1570484.16
24	Hombre	43.00	1487455.02	69	Mujer	43.00	1676054.27
25	Hombre	44.00	1591280.06	70	Mujer	44.00	1792255.21
26	Hombre	45.00	1706128.66	71	Mujer	45.00	1920691.61
27	Hombre	46.00	1833768.18	72	Mujer	46.00	2063303.92
28	Hombre	47.00	1976355.93	73	Mujer	47.00	2222464.50
29	Hombre	48.00	2136550.43	74	Mujer	48.00	2401105.72
30	Hombre	49.00	2317675.08	75	Mujer	49.00	2602900.21
31	Hombre	50.00	2523944.61	76	Mujer	50.00	2832501.60
32	Hombre	51.00	2760777.85	77	Mujer	51.00	3095891.78
33	Hombre	52.00	3035262.32	78	Mujer	52.00	3400890.07
34	Hombre	53.00	3356850.75	79	Mujer	53.00	3757928.28
35	Hombre	54.00	3738455.91	80	Mujer	54.00	4181238.06
36	Hombre	55.00	4198172.22	81	Mujer	55.00	4690749.52
37	Hombre	56.00	4762137.09	82	Mujer	56.00	5315242.83
38	Hombre	57.00	5469570.35	83	Mujer	57.00	6097887.75
39	Hombre	58.00	6382114.54	84	Mujer	58.00	7106531.13
40	Hombre	59.00	7602507.85	85	Mujer	59.00	8454276.51
41	Hombre	60.00	9315658.31	86	Mujer	60.00	10344737.13
42	Hombre	61.00	11891327.80	87	Mujer	61.00	13185153.76
43	Hombre	62.00	16192301.42	88	Mujer	62.00	17925803.78
44	Hombre	63.00	24807020.34	89	Mujer	63.00	27417626.59
45	Hombre	64.00	50677961.59	90	Mujer	64.00	55915485.82

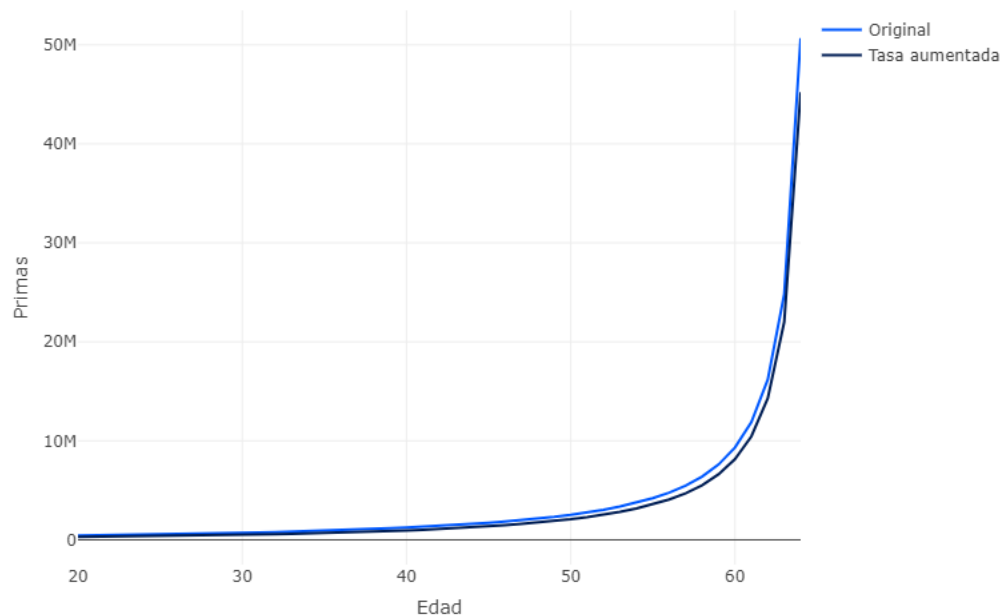
En las tablas anteriores podemos apreciar, las primas resultantes por edad y sexo, de los diferentes empleados parte de la planilla de la empresa ABC. Recordemos que en la metodología se mencionó que estas se calcularon utilizando el principio de equivalencia de tasas para hacer el cálculo respectivo de las primas.

Note que podemos observar como las primas aumentan conforme aumenta la edad, esto se debe a que las personas de menor edad van a realizar más pagos de primas, y su dinero tiene más tiempo para ser invertido por la bolsa de pensiones, en contraste con las primas de los empleados que tiene edades cercanas a las edades de 65 años, las cuales deberían pagar por prima, una suma muy alta de dinero, esto porque no hay tiempo de inversión, y estas personas para financiar una anualidad, deberían pagar casi el monto total de la suma asegurada, al calcular las primas medias niveladas se obtuvo que es de 1252880,06.

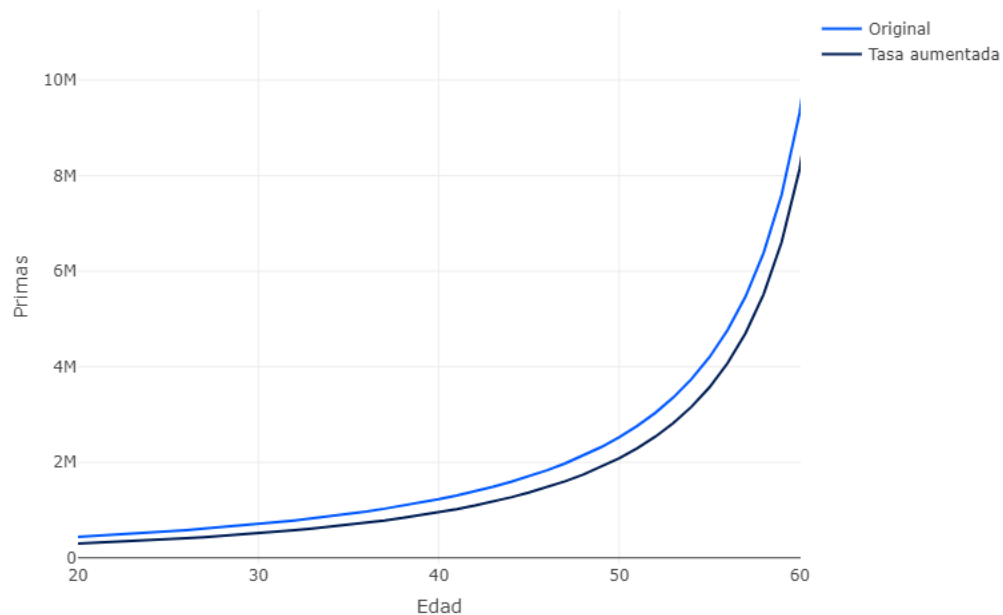
Análisis de Sensibilidad

Para la siguiente sección, vamos a realizar una comparación de sensibilidad, es decir, nos interesa saber qué pasa, si en vez de tomar una tasa de rendimiento del 4%, utilizamos una del 5%

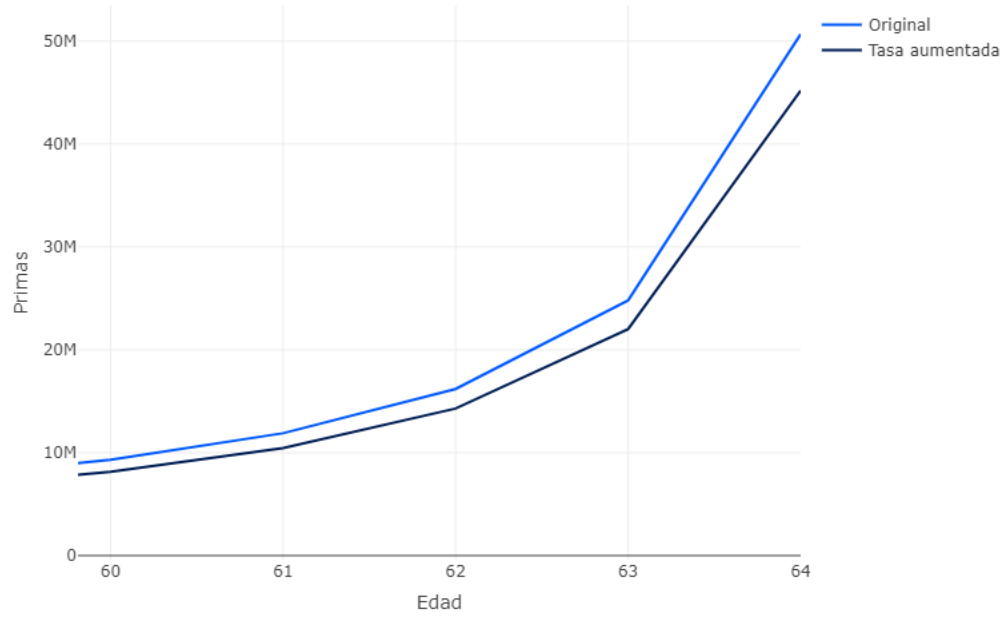
Comparación de primas si la tasa real de rendimiento aumentara vs original para hombres



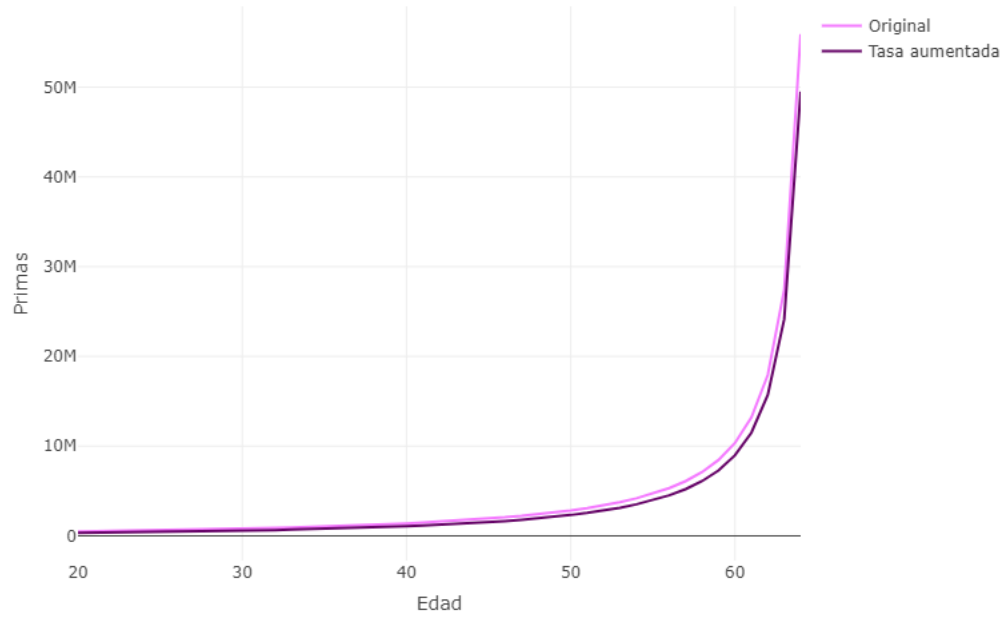
Comparación de primas si la tasa real de rendimiento aumentara vs original para hombres



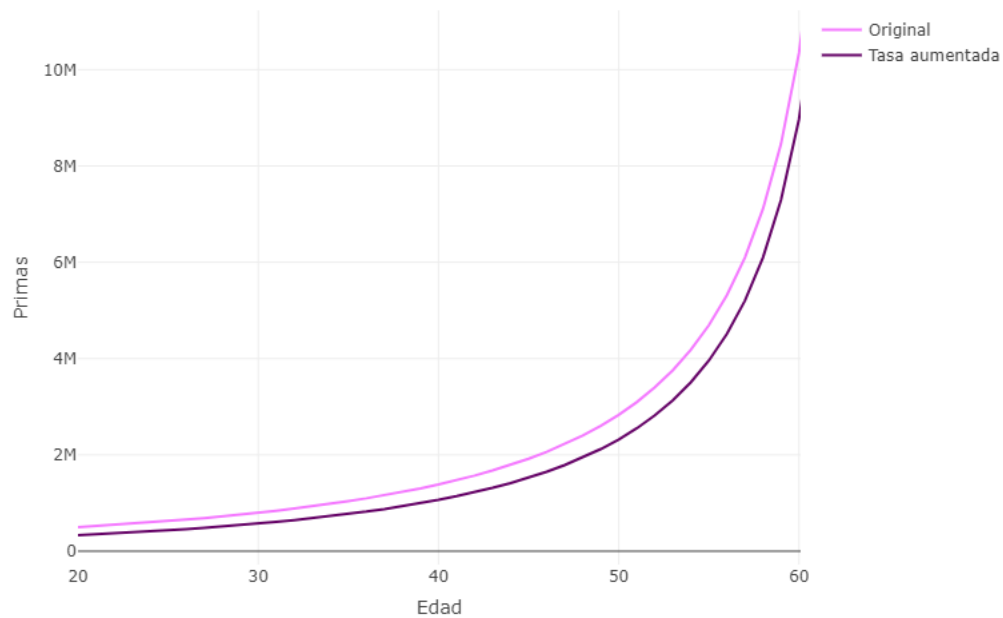
Comparación de primas si la tasa real de rendimiento aumentara vs original para hombres



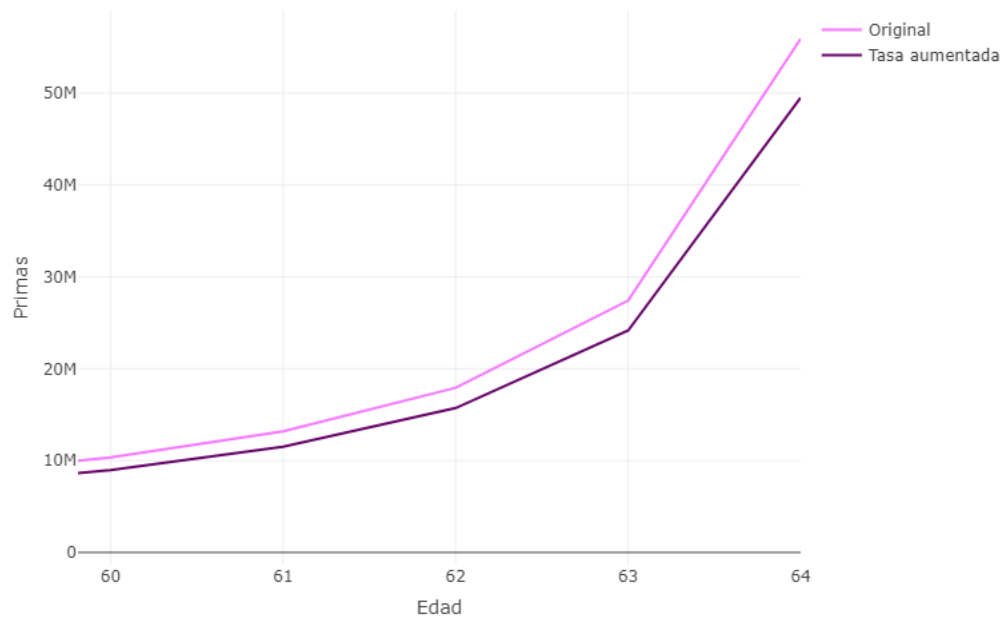
Comparación de primas si la tasa real de rendimiento aumentara vs original para mujeres



Comparación de primas si la tasa real de rendimiento aumentara vs original para mujeres



Comparación de primas si la tasa real de rendimiento aumentara vs original para mujeres

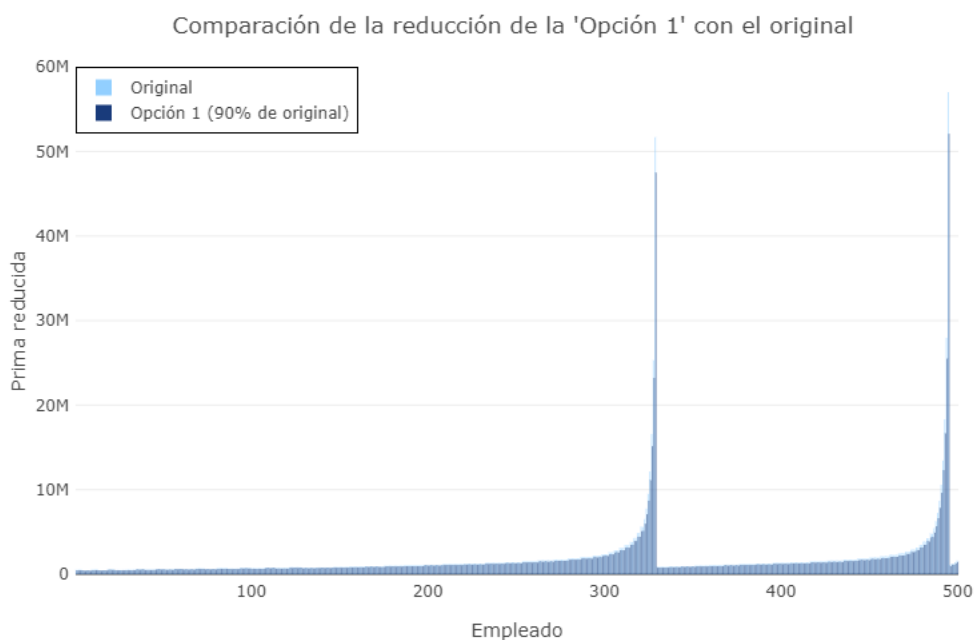


A continuación se agrega una tabla, donde podemos ver la variación de estas primas, es decir, la quinta columna contiene los valores del cambio, donde podemos interpretar este valor negativo como, que la prima se reduce cuando aumentamos la tasa de rendimiento, esto porque las primas que los empleados paguen, generan más intereses a lo largo del tiempo, debido al aumento en la tasa. Entonces a modo de conclusión de este punto, todas las primas que en su cálculo tienen el 4 como tasa de rendimiento son más caras que las que consideran un 5% de tasa de rendimiento. Otro resultado que podemos interpretar, es que la variación entre las primas, es mayor para empleados de menor edad, esto se debe a que hay más tiempo para que el tasa de 5% genere más intereses que la tasa de 4%.

	Sexo	Edad	primas_normales	primas_tasa_aumentada	Variación
1	Hombre	20.00	448352.22	303156.37	-0.32
2	Hombre	21.00	469172.72	319637.75	-0.32
3	Hombre	22.00	491153.11	337127.80	-0.31
4	Hombre	23.00	514381.83	355707.23	-0.31
5	Hombre	24.00	538956.02	375464.82	-0.30
6	Hombre	25.00	564983.46	396498.39	-0.30
7	Hombre	26.00	592580.29	418913.42	-0.29
8	Hombre	27.00	621875.39	442826.76	-0.29
9	Hombre	28.00	653010.56	468366.55	-0.28
10	Hombre	29.00	686142.08	495673.52	-0.28
11	Hombre	30.00	721442.82	524903.05	-0.27
12	Hombre	31.00	759108.88	556232.04	-0.27
13	Hombre	32.00	799361.94	589861.12	-0.26
14	Hombre	33.00	842450.84	626015.19	-0.26
15	Hombre	34.00	888657.32	664948.22	-0.25
16	Hombre	35.00	938301.33	706948.91	-0.25
17	Hombre	36.00	991748.36	752347.12	-0.24
18	Hombre	37.00	1049413.95	801517.59	-0.24
19	Hombre	38.00	1111772.84	854887.36	-0.23
20	Hombre	39.00	1179373.18	912949.48	-0.23
21	Hombre	40.00	1252851.53	976276.84	-0.22
22	Hombre	41.00	1332951.26	1045538.75	-0.22
23	Hombre	42.00	1420542.79	1121518.96	-0.21
24	Hombre	43.00	1516657.22	1205145.51	-0.21
25	Hombre	44.00	1622525.16	1297527.21	-0.20
26	Hombre	45.00	1739633.99	1400005.02	-0.20
27	Hombre	46.00	1869785.77	1514203.93	-0.19
28	Hombre	47.00	2015180.36	1642106.00	-0.19
29	Hombre	48.00	2178528.97	1786151.46	-0.18
30	Hombre	49.00	2363220.87	1949391.12	-0.18
31	Hombre	50.00	2573554.16	2135695.26	-0.17
32	Hombre	51.00	2815054.83	2350040.64	-0.17
33	Hombre	52.00	3094950.61	2598936.19	-0.16
34	Hombre	53.00	3422881.19	2891063.63	-0.16
35	Hombre	54.00	3812014.45	3238283.58	-0.15
36	Hombre	55.00	4280802.20	3657216.81	-0.15
37	Hombre	56.00	4855898.48	4171870.23	-0.14
38	Hombre	57.00	5577298.78	4818264.58	-0.14
39	Hombre	58.00	6507865.26	5653012.40	-0.13
40	Hombre	59.00	7752368.94	6770469.21	-0.13
41	Hombre	60.00	9499376.23	8340460.09	-0.12
42	Hombre	61.00	12125963.31	10702594.29	-0.12
43	Hombre	62.00	16511981.59	14649300.72	-0.11
44	Hombre	63.00	25297073.40	22557940.07	-0.11
45	Hombre	64.00	51679726.46	46315562.51	-0.10

	Sexo	Edad	primas_normales	primas_tasa_aumentada	Variación
46	Mujer	20.00	506114.75	338781.64	-0.33
47	Mujer	21.00	529694.48	357296.06	-0.33
48	Mujer	22.00	554591.62	376953.02	-0.32
49	Mujer	23.00	580903.70	397840.51	-0.32
50	Mujer	24.00	608739.21	420056.31	-0.31
51	Mujer	25.00	638215.46	443705.97	-0.30
52	Mujer	26.00	669460.47	468904.00	-0.30
53	Mujer	27.00	702614.30	495775.71	-0.29
54	Mujer	28.00	737833.53	524461.42	-0.29
55	Mujer	29.00	775294.45	555119.39	-0.28
56	Mujer	30.00	815192.97	587925.47	-0.28
57	Mujer	31.00	857747.26	623075.44	-0.27
58	Mujer	32.00	903202.14	660788.28	-0.27
59	Mujer	33.00	951830.75	701308.83	-0.26
60	Mujer	34.00	1003944.12	744915.38	-0.26
61	Mujer	35.00	1059895.42	791924.27	-0.25
62	Mujer	36.00	1120086.52	842695.46	-0.25
63	Mujer	37.00	1184975.48	897639.17	-0.24
64	Mujer	38.00	1255087.94	957225.71	-0.24
65	Mujer	39.00	1331032.73	1021999.93	-0.23
66	Mujer	40.00	1413517.08	1092594.95	-0.23
67	Mujer	41.00	1503365.83	1169749.21	-0.22
68	Mujer	42.00	1601546.71	1254328.57	-0.22
69	Mujer	43.00	1709203.46	1347356.26	-0.21
70	Mujer	44.00	1827701.27	1450053.28	-0.21
71	Mujer	45.00	1958676.53	1563883.34	-0.20
72	Mujer	46.00	2104108.15	1690615.84	-0.20
73	Mujer	47.00	2266415.51	1832414.19	-0.19
74	Mujer	48.00	2448589.07	1991952.65	-0.19
75	Mujer	49.00	2654374.14	2172580.81	-0.18
76	Mujer	50.00	2888516.40	2378542.78	-0.18
77	Mujer	51.00	3157116.22	2615293.41	-0.17
78	Mujer	52.00	3468147.82	2889962.51	-0.17
79	Mujer	53.00	3832249.73	3212061.65	-0.16
80	Mujer	54.00	4263935.46	3594567.84	-0.16
81	Mujer	55.00	4783529.82	4055654.16	-0.15
82	Mujer	56.00	5420383.15	4621562.47	-0.15
83	Mujer	57.00	6218520.55	5331654.38	-0.14
84	Mujer	58.00	7247133.07	6247792.33	-0.14
85	Mujer	59.00	8621564.61	7473105.57	-0.13
86	Mujer	60.00	10549461.68	9193250.71	-0.13
87	Mujer	61.00	13446132.53	11779550.99	-0.12
88	Mujer	62.00	18280680.70	16098466.48	-0.12
89	Mujer	63.00	27960526.68	24749474.95	-0.11
90	Mujer	64.00	57022941.48	50730131.30	-0.11

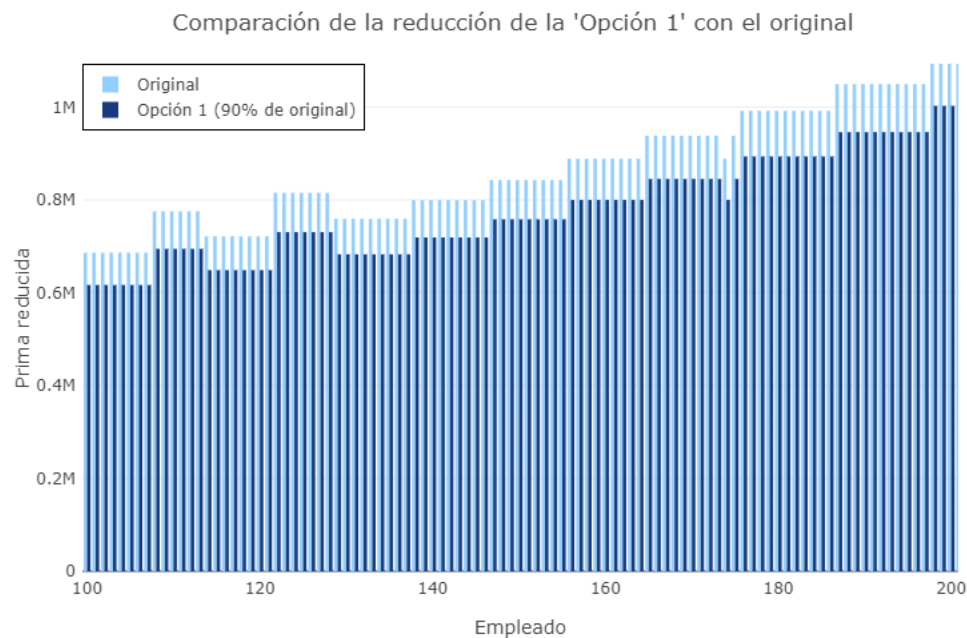
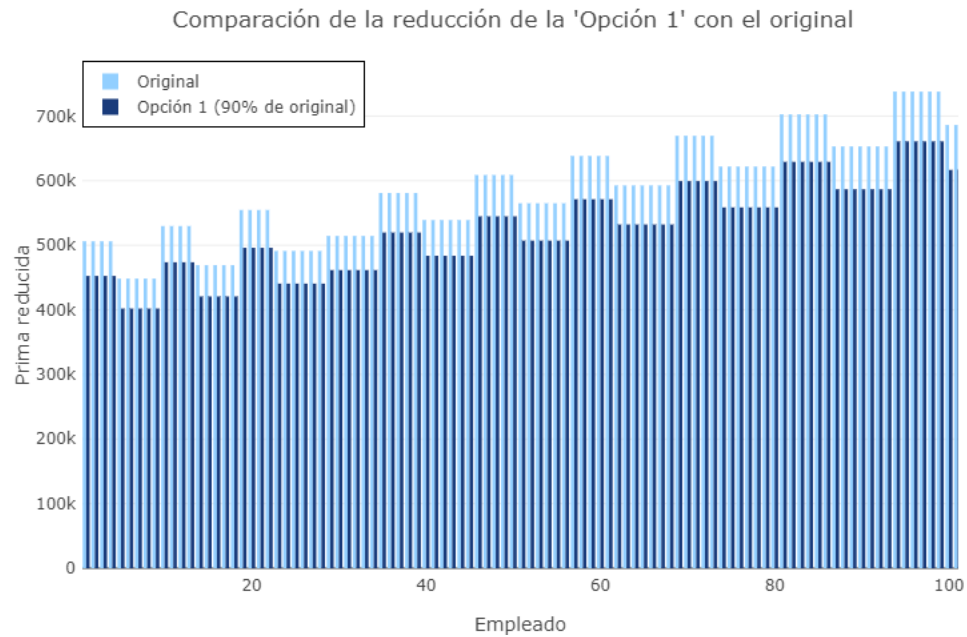
Opciones de Reducción de Primas



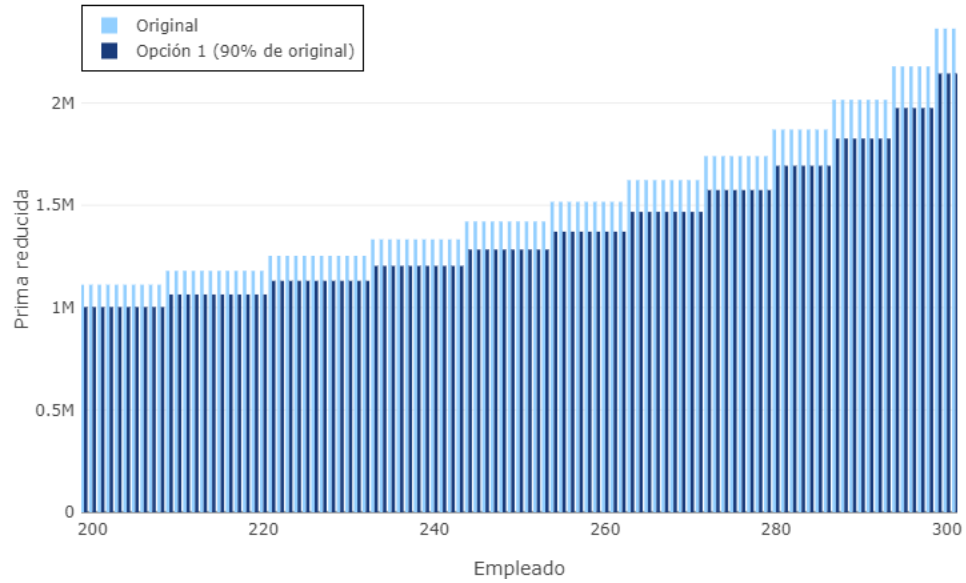
En el gráfico anterior, se muestran los resultados de la reducción de primas para cada uno de los 500 empleados, utilizando los supuestos de la "opción 1". Estos supuestos incluyen una suma asegurada de 5 millones durante el tiempo de ser empleado activo, una suma asegurada de 5 millones durante la pensión y un primer año de pensión con una mensualidad de 266,520 colones. Los valores máximos bastante altos observados pueden explicarse por la edad avanzada de algunos empleados cercanos a la edad de jubilación. Por esto, es que a continuación se presenta este mismo gráfico pero seccionado en 5 intervalos para tener una mejor visualización de los efectos de las reducciones.

En el siguiente apartado vamos a comentar las opciones que se utilizaron para una reducción de las primas del 10%.

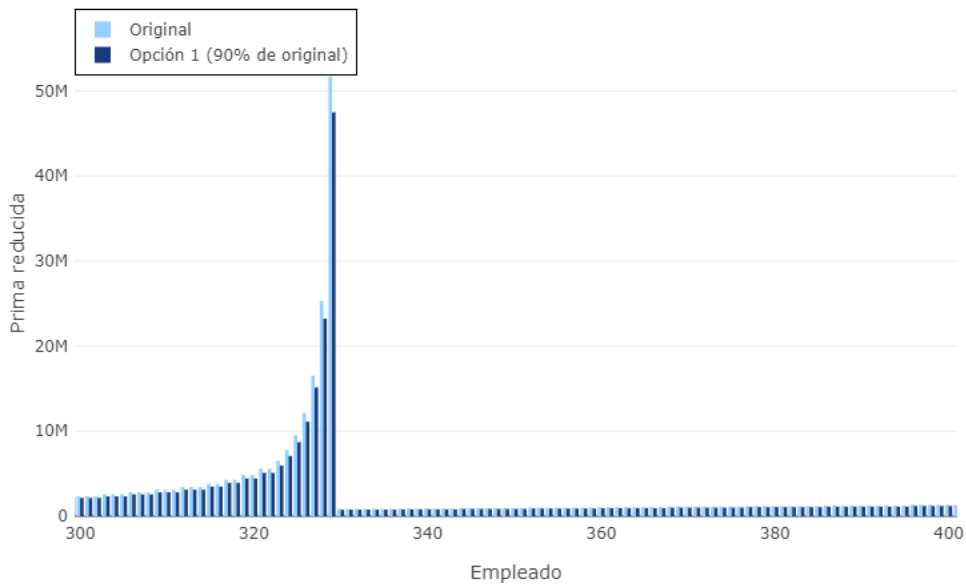
Opción 1- Reducción de Primas

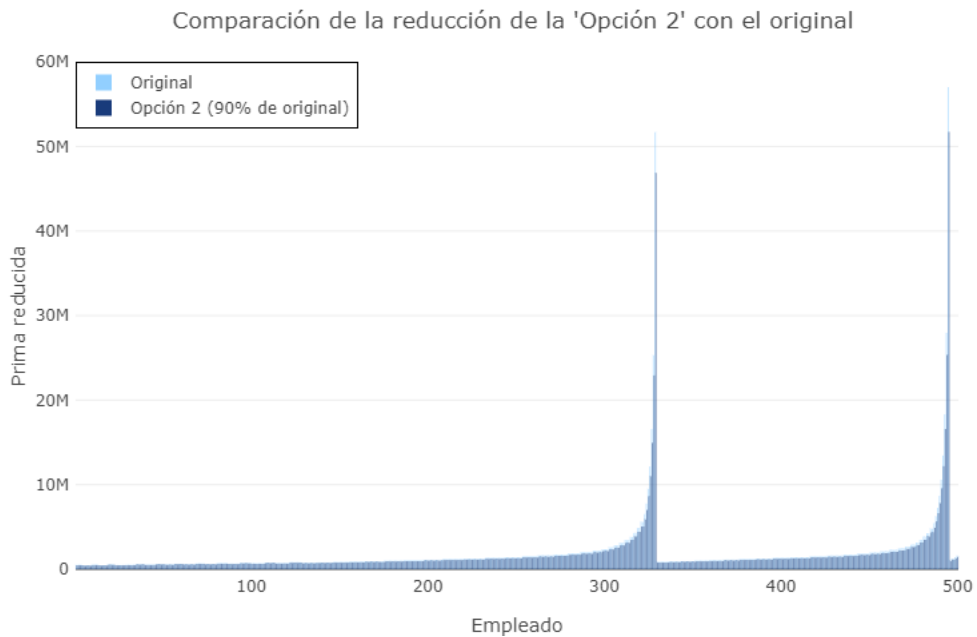
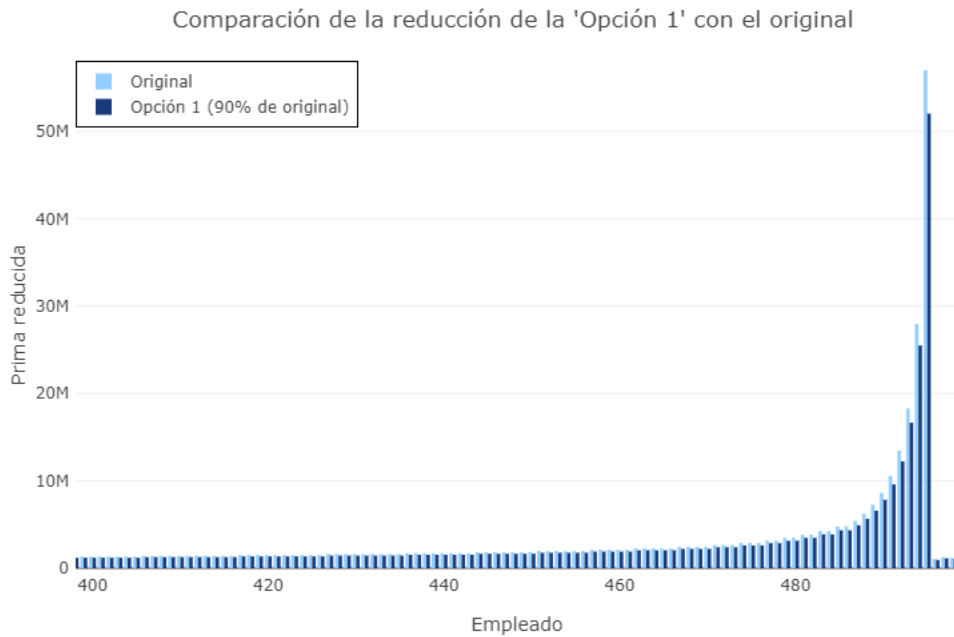


Comparación de la reducción de la 'Opción 1' con el original



Comparación de la reducción de la 'Opción 1' con el original

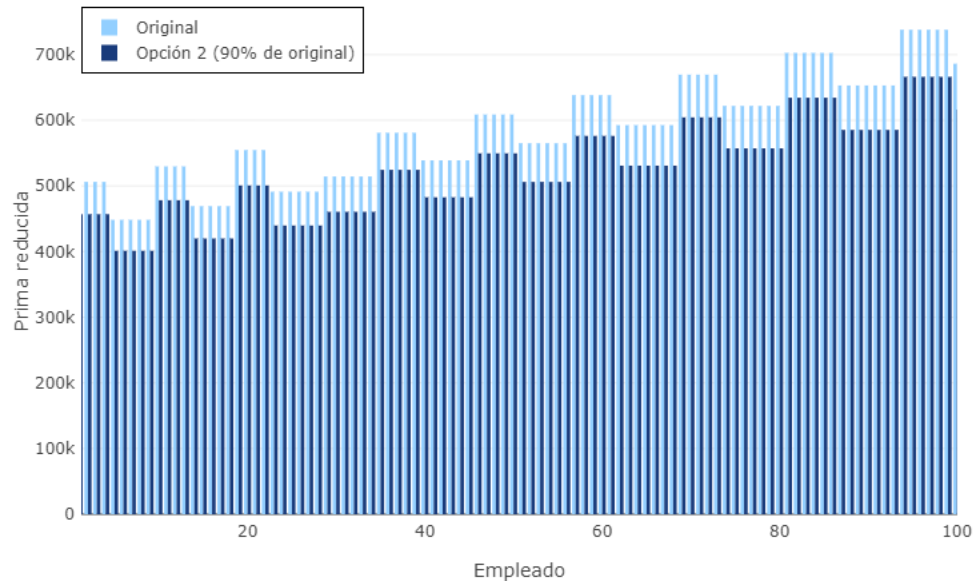




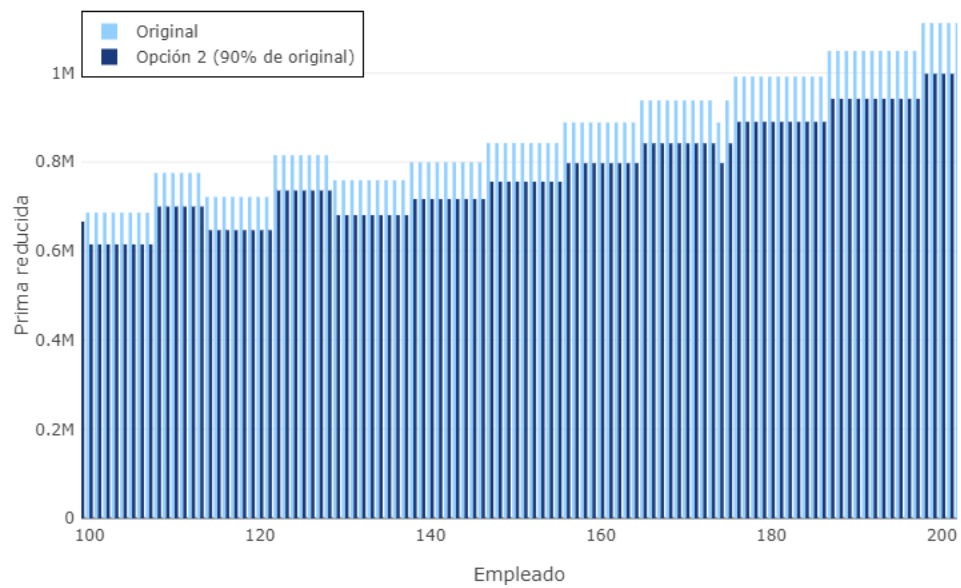
Opción 2 - Reducción de Primas

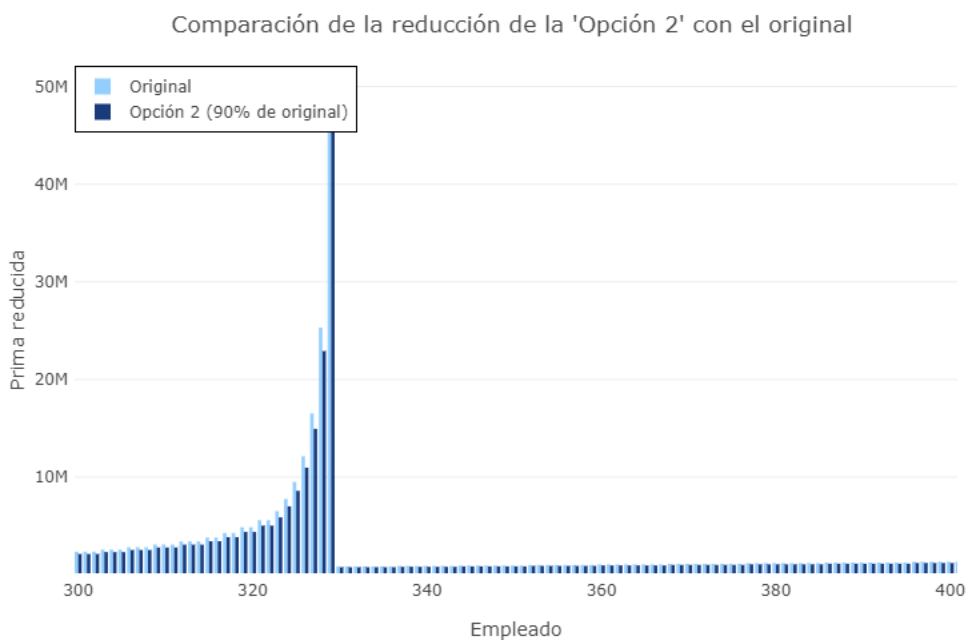
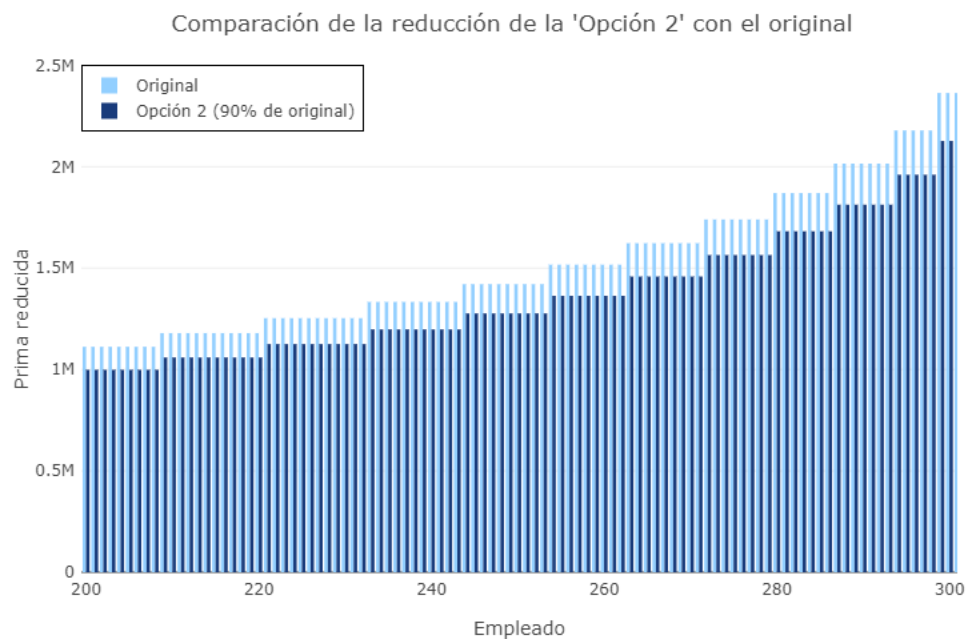
Similarmente para la opción 2, en donde la suma asegurada es de 1 millón durante el tiempo de ser empleado activo, la suma asegurada es de 1 millón durante pensión y el primer año de pensión con mensualidad de 271.900 colones. A continuación se muestran el gráfico de la opción 2 pero con algunos acercamientos para tener más claro los montos.

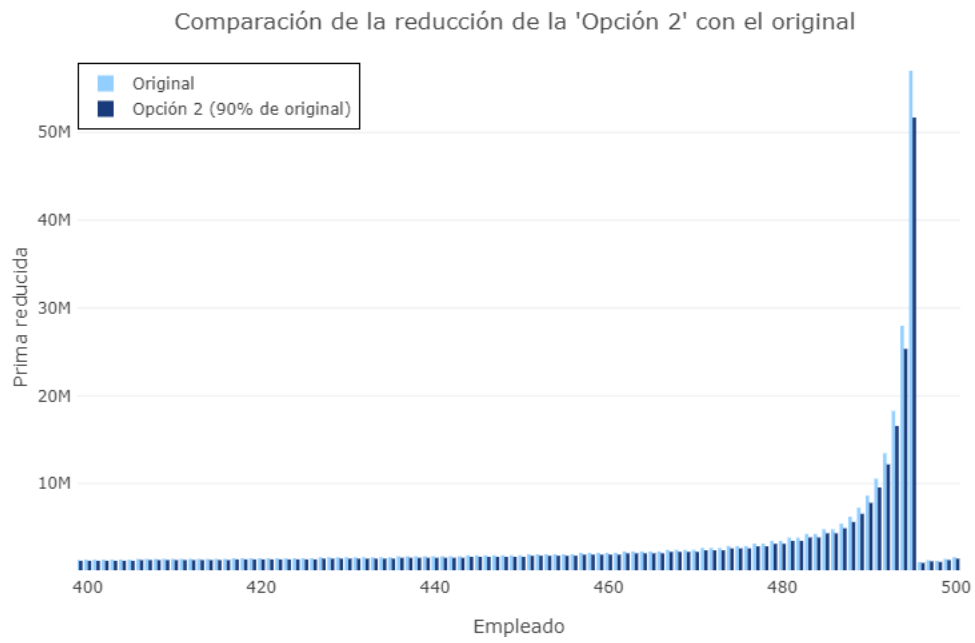
Comparación de la reducción de la 'Opción 2' con el original



Comparación de la reducción de la 'Opción 2' con el original







Cálculo Estocástico

Como última parte de este trabajo, se utilizó el modelo estocástico que mencionamos en la parte de metodología, la cual consideraba dos estados muerte y vida. Adjuntamos el cálculo de las primas por año y sexo de las personas calculadas mediante modelación estocástica. Además se realizaron 100 000 modelaciones.

Edad	Cuartil 50	Cuartil 90
20.00	702279.82	857664.25
21.00	732845.22	894992.46
22.00	746901.17	922918.36
23.00	779819.55	963594.40
24.00	814429.25	1006360.34
25.00	850846.41	1051359.68
26.00	889198.55	1098750.02
27.00	929626.16	1148704.92
28.00	972284.37	1201416.10
29.00	1017345.03	1257095.91
30.00	1064999.14	1315980.34
31.00	1115459.62	1378332.51
32.00	1139611.49	1444446.78
33.00	1195001.97	1514653.68
34.00	1253915.30	1589325.77
35.00	1316684.13	1668884.67
36.00	1383686.50	1731548.97
37.00	1455354.05	1821233.92
38.00	1532181.89	1917376.48
39.00	1614740.93	2020691.09
40.00	1703693.07	2132006.04
41.00	1799810.18	2252287.24
42.00	1903998.10	2382668.28
43.00	1963287.99	2524488.54
44.00	2141071.30	2679342.32
45.00	2215770.62	2849142.65
46.00	2361248.75	3036205.31
47.00	2522353.00	3243360.78
48.00	2701802.75	3474105.75
49.00	2902997.51	3732811.48
50.00	3130243.77	4025015.46
51.00	3389079.01	4357838.06
52.00	3686745.35	4677209.28
53.00	4032899.90	5116360.10
54.00	4440712.68	5633733.98
55.00	4928623.24	6252724.33
56.00	5523268.37	7007124.07
57.00	6264605.59	7947625.51
58.00	7215428.14	9153891.65
59.00	8480395.11	10758698.78
60.00	10247897.47	13001050.14
61.00	12894723.40	16358960.07
62.00	17300054.01	21947806.40
63.00	26101446.36	33113740.05
64.00	52486714.27	66587551.83

Table 1: Primas para los hombres según el modelo estocástico

Edad	Cuartil 50	Cuartil 90
20.00	762378.35	867607.68
21.00	795559.43	905368.67
22.00	830395.16	945012.68
23.00	866993.40	986662.49
24.00	888663.06	1030452.24
25.00	928399.57	1076528.84
26.00	970247.45	1125053.69
27.00	1014359.96	1176204.50
28.00	1060906.39	1230177.57
29.00	1110074.25	1287190.33
30.00	1162071.95	1347484.43
31.00	1217131.82	1411329.29
32.00	1275513.80	1479026.31
33.00	1337509.76	1533139.31
34.00	1403448.70	1608722.73
35.00	1444712.98	1689252.60
36.00	1518230.39	1775213.95
37.00	1596866.58	1867160.52
38.00	1681164.84	1965727.53
39.00	1771751.58	2071647.46
40.00	1869353.06	2185769.46
41.00	1974816.19	2309083.84
42.00	2089134.91	2442752.74
43.00	2213483.59	2588149.32
44.00	2349260.12	2746908.09
45.00	2450980.39	2920990.32
46.00	2606603.05	3112770.20
47.00	2784447.43	3325149.56
48.00	2982543.57	3561713.30
49.00	3204644.22	3826942.90
50.00	3455503.33	4126515.47
51.00	3741233.81	4467730.95
52.00	4069830.27	4801535.97
53.00	4451953.29	5252360.04
54.00	4902141.37	5783486.42
55.00	5440750.09	6418930.40
56.00	6097184.03	7193383.13
57.00	6915552.63	8158884.40
58.00	7965173.92	9397214.76
59.00	9154071.23	11044679.88
60.00	11061982.63	13346636.05
61.00	13919070.40	16793803.87
62.00	18674357.11	22531209.47
63.00	28174925.35	33993949.08
64.00	56656218.83	68357541.11

Table 2: Primas para las mujeres según el modelo estocástico

Conclusiones y Resultados

Como resultado de esta valuación actuarial, podemos notar primeramente tomando en consideración los análisis de sensibilidad, que una mayor tasa de rendimiento provoca que las primas que pagan los empleados sea más baja, esto porque pueden capitalizar más en el tiempo, además podemos notar, que entre más joven es el empleado, más se beneficia de ese cambio de tasa de rendimiento.

Además se concluye que con las primas estocásticas, siguen un comportamiento similar a lo que fueron las primas determinísticas, pues conforme la edad es menor, entonces la prima también es más barata, esto también se debe a la misma razón, por la cual las primas determinísticas también eran menores cuando la edad era menor.

Con respecto a las anualidades, se concluye que estas son caras de financiar, debido a que son anualidades de vida completa y las probabilidades de muerte de los empleados que ya están pensionados son bajas, por lo tanto, el valor en las proyecciones financieras es alto.

References

- [1] BCCR. Tasa básica pasiva (tbp). 2024.
- [2] BCCR. Índice de precios al consumidor (ipc). 2024.
- [3] Mary R. Hardy David C. M. Dickson and Howard R. Waters. *Actuarial Mathematics for Life Contingent Risks*. Cambridge University Press, 3 edition, 2020.
- [4] INEC. Estadísticas demográficas. 2023. indicadores demográficos. datos preliminares. 2024.
- [5] SUPEN. Reglamento actuarial. 2017.