

## Estimación de Saldos Pensionarios a través de técnicas actuariales y aprendizaje automático

### Modelo Actuarial de Saldos:

Como su nombre lo indica son modelos que calculan los beneficios de jubilación bajo un esquema de pensión establecido, para ello considera estimar las distintas contribuciones del trabajador a través del tiempo sujeto a una tasa de rendimiento. La inclusión de otras variables permite diversificar los resultados de estos modelos. Para este trabajo se considerara la siguiente metodología:

$$S_p = S_i(1 + r^{(m)})^n(1 - c^{(m)})^n + d(AO + AV + CS) \left[ \frac{(1 + r^{(m)})^n(1 - c^{(m)})^n - 1}{(1 + r^{(m)})^n(1 - c^{(m)})^n} \right]$$

Donde:

$S_p$ : Saldo pensionario proyectado a determinada edad del trabajador  $p$

$S_i$ : Saldo inicial de la cuenta individual del trabajador

$r^{(m)}$ : Rendimiento mensual bruto del portafolio correspondiente al trabajador

$c^{(m)}$ : Comisión mensual cobrada por la administradora del portafolio

$d$ : Densidad de cotización del trabajador

$AO$ : Monto de la aportación obligatoria mensual, calculada en función del SBC

$AV$ : Aportación voluntaria mensual dada por el trabajador

$CS$ : Monto mensual por concepto de cuota social

$n$ : Número de meses que faltan para que el trabajador alcance la edad determinada

Bajo los siguientes supuestos:

- El Salario base de cotización del trabajador (SBC) se mantiene fijo durante la proyección, del mismo modo, rendimiento y comisión del portafolio de la administradora.
- Se asume una densidad de cotización del 70%
- Aportación voluntaria mensual calculada como:

$$AV = \frac{SAV}{MC}$$

Donde:

$SAV$ : Saldo de aportaciones voluntarias del trabajador

$MC$ : Cantidad de meses cotizados por el afiliado

Las ventajas de esta clase de modelos radican en su precisión y consistencia al utilizar enfoques matemáticos y financieros que los ajustan con el cálculo de dinero en el tiempo, la sensibilidad que ofrecen a las contribuciones, mismas que pueden ser utilizadas para diseñar escenarios de jubilación, así como su posible uso en la gestión de riesgos para anticipar problemas futuros de liquidez.

### **Regresión por Bosques Aleatorios:**

Técnica de aprendizaje automático utilizada para realizar análisis de regresión, la cual toma como base, los bosques aleatorios, los cuales son un conjunto de árboles de decisión que se utilizan para realizar predicciones, cada árbol en el bosque se entrena con una muestra aleatoria de los datos de entrenamiento y, durante el proceso de predicción, cada árbol emite una predicción. En este modelo la forma más habitual de obtener una predicción es tomar el promedio de los resultados generados de todos los árboles pertenecientes al bosque aleatorio. Para un punto particular:

$$y_L(x) = \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L A_l(x)$$

Donde  $y_L(x)$  representa la predicción en  $x$  bajo un bosque aleatorio de  $L$  árboles, y  $A_l(x)$  es el resultado obtenido en el  $l$ -ésimo árbol aleatorio para  $x$ .

Dentro de las ventajas de esta técnica se tiene la reducción de volatilidad y riesgo de sobreajuste derivado de la combinación de múltiples árboles, así como su versatilidad para ser utilizado en problemas de distintos sectores. Adicionalmente, permite evaluar la importancia de las características.

### **Resumen:**

Nos encontramos ante dos técnicas que puedan hacer frente a la estimación de saldos pensionarios, una con un enfoque muy particular a este rubro actuarial, y otra correspondiente al aprendizaje automático que gracias a su versatilidad puede abarcar diversas ramas de solución de problemas.