

# Proyecto de Simulación: Simulación de Eventos Discretos

- Carlos Arturo Pérez Cabrera C-412
- Diana Laura Pérez Trujillo C-412

## Introducción

El objetivo de este proyecto es modelar y analizar el comportamiento de una compañía de seguros, simulando eventos como la llegada de reclamaciones por parte de los clientes asegurados, pérdida de clientes en la empresa o la llegada de nuevos. De forma puntual, se quiere determinar si bajo ciertas condiciones de los parámetros anteriormente mencionados, la compañía cae o no en bancarrota. Se comenzará con un número inicial de clientes  $n_0$  y un capital inicial  $a_0$  (mayor o igual a 0). A través de simulaciones, se estimará el tiempo en el cual la compañía llega a un estado de bancarrota, es decir, cuando el capital disponible es insuficiente para cubrir las reclamaciones y gastos operativos.

## Variables que describen el problema

- $n_0$ : Número inicial de asegurados en la compañía de seguros.
- $a_0$ : Capital inicial de la compañía de seguros.
- $n$ : Número de clientes de la compañía de seguros en un tiempo dado.
- $a$ : Capital de la compañía de seguros en un tiempo dado.
- $v$ : Tasa de llegada de nuevos clientes a la empresa de seguros.
- $M$ : Distribución común que modela la generación de reclamaciones por parte de los asegurados.
- $F$ : Distribución que modela los montos de reclamación.
- $\mu$ : Distribución que modela el tiempo que cada asegurado existente permanece con la compañía.
- $c$ : Tasa fija que los asegurados pagan a la compañía de seguros por unidad de tiempo.
- $T$ : Duración de la Simulación.
- $\lambda$ : Tasa de llegada de reclamaciones.

## Detalles de la Implementación

### Distribuciones escogidas

Luego de un análisis de como debiera ser el comportamiento de cada uno de los eventos (llegada de clientes, llegada de reclamaciones, etc.) se escogieron las siguientes Distribuciones para realizar la simulación:

- Llegada de nuevos clientes: Se eligió la distribución de Poisson debido a que la tasa de llegada de nuevos clientes se considera constante o varía poco a lo largo del tiempo, donde el parámetro  $v$  representa la tasa de llegada de los clientes por unidad de tiempo.

- Cantidad de reclamaciones: Igualmente se escogió la Distribución de Poisson por el motivo anterior.
- Costo de las Reclamaciones: Se ha utilizado la distribución de Weibull pues esta permite modelar costos que pueden ser asimétricos y con colas pesadas.
- Tasa de retención de los clientes: Se ha escogido la Distribución Exponencial debido a su simplicidad y a que se ajusta bien a la aleatoriedad del tiempo que los clientes permanecen con la empresa. El parámetro  $m$  de la distribución exponencial representa la tasa promedio de abandono de clientes.

## Pasos seguidos para realizar la Implementación

- Definir las variables y parámetros: Es necesario identificar y definir las variables y parámetros relevantes del problema, como el número inicial de asegurados, el capital inicial, las distribuciones de reclamaciones y tiempos, la tasa de llegada de nuevos clientes y la tasa fija de pago, entre otros.
- Generar las distribuciones: Utilizando las distribuciones definidas, se deben generar las reclamaciones y los tiempos de permanencia de los asegurados existentes. Esto se puede hacer utilizando funciones o métodos adecuados según la distribución elegida.
- Simulación del tiempo de bancarrota: Mediante un bucle o ciclo, se realizarán iteraciones para simular el paso del tiempo y evaluar el estado financiero de la compañía en cada período. Se calculará el capital disponible en cada paso, teniendo en cuenta los ingresos generados por los asegurados existentes y los gastos en reclamaciones.
- Estimación del tiempo de bancarrota: Durante la simulación, se deben monitorear los cambios en el capital disponible y determinar cuándo la compañía alcanza un estado de bancarrota. Esto puede basarse en una condición específica, como cuando el capital disponible cae por debajo de un umbral predefinido.
- Recopilación de resultados: Durante la simulación, se deben recopilar los resultados relevantes, como el tiempo en el que se alcanza la bancarrota en cada iteración, el tiempo promedio de bancarrota y la desviación estándar de los tiempos de bancarrota.
- Análisis de resultados: Una vez finalizada la simulación, se deben analizar los resultados obtenidos. Esto puede implicar calcular la media y la desviación estándar de los tiempos de bancarrota, realizar gráficos para visualizar la distribución de los resultados y realizar comparaciones entre diferentes escenarios o configuraciones de variables.

## Descripción de archivos y métodos implementados

Para la realización de la simulación se implementaron diferentes métodos para mayor organización de cada etapa de la simulación.

- `simulate_insurance_company`:

Parámetros de entrada:

- $n_0$ : Número inicial de asegurados en la compañía de seguros.
- $a_0$ : Capital inicial de la compañía de seguros.
- $lamb$ : Tasa de llegada de reclamaciones de clientes existentes (distribución de Poisson).
- $c$ : Tarifa fija por cliente.
- $v$ : Tasa de llegada de nuevos clientes (distribución de Poisson).
- $m$ : Parámetro de escala para la tasa de retención de clientes existentes (distribución exponencial).
- $weib\_a$ : Parámetro de forma para la distribución de costes de reclamación (distribución de Weibull).
- $T$ : Tiempo máximo de simulación.

Esta función simula las operaciones de una compañía de seguros durante un tiempo específico. La función devuelve el tiempo en el que la empresa quiebra (si ocurre antes de  $T$ ) y la matriz que contiene el capital de la empresa en cada paso de tiempo. En cada iteración (paso de una unidad de tiempo) la función realiza las siguientes acciones:

- Genera el número de reclamaciones de clientes existentes utilizando la distribución de Poisson con parámetro  $lamb$ .
- Genera el coste de cada reclamación utilizando la distribución de Weibull con parámetro  $weib\_a$ .
- Calcula el ingreso total de las cuotas de los clientes ( $n * c$ ).
- Calcula el gasto total de las reclamaciones.
- Genera el número de nuevos clientes utilizando la distribución de Poisson con parámetro  $v$ .
- Simula la retención de clientes existentes utilizando la distribución exponencial con parámetro  $m$ .
- Actualiza el número de clientes ( $n$ ) y el capital de la compañía ( $a$ ) en función de los ingresos, los gastos, los nuevos clientes y los clientes retenidos.
- Añade el capital actual a una matriz  $a\_array$  para su seguimiento.

- `estimate_bankruptcy_time`:

Parámetros de entrada:

- $n_0$ : Número inicial de asegurados en la compañía de seguros.
- $a_0$ : Capital inicial de la compañía de seguros.
- $\lambda$ : Tasa de llegada de reclamaciones de clientes existentes (distribución de Poisson).
- $c$ : Tarifa fija por cliente.
- $v$ : Tasa de llegada de nuevos clientes (distribución de Poisson).
- $m$ : Parámetro de escala para la tasa de retención de clientes existentes (distribución exponencial).
- $\text{weib}_a$ : Parámetro de forma para la distribución de costes de reclamación (distribución de Weibull).
- $T$ : Tiempo máximo de simulación.
- $\text{std\_threshold}$ : Umbral de desviación estándar para los tiempos de quiebra.

Ejecuta repetidamente la función `simulate_insurance_company` hasta que se cumple un determinado criterio:

1-Se ha ejecutado un número mínimo de simulaciones (al menos 30 en este caso).

2-La desviación estándar de los tiempos de quiebra en todas las simulaciones está por debajo del `std_threshold`. Esto asegura un cierto nivel de variabilidad en los resultados.

La función entonces calcula y devuelve el tiempo medio de quiebra, la desviación estándar de los tiempos de quiebra, el número total de iteraciones necesarias y una matriz que contiene las matrices de capital para todas las simulaciones.

- **plot\_ex:**

Parámetros de entrada:

- *variable*: Nombre de la variable que se está graficando (utilizado para el título).
- *value*: Valor de la variable para esta simulación específica.
- *amounts*: Una matriz que contiene el capital de la empresa en cada paso de tiempo para múltiples simulaciones.

La función itera a través de cada simulación en la matriz *amounts* y grafica los valores de capital a lo largo del tiempo. A continuación, muestra la gráfica con etiquetas y un título que indica la variable y su valor.

- **execute:**

Función central que actúa como contenedor de las demás funciones y realiza las siguientes funcionalidades:

- Llama a `estimate_bankruptcy_time` para realizar simulaciones y obtener estadísticas.
  - Llama a `plot_ex` para visualizar el capital de la empresa a lo largo del tiempo para este conjunto específico de parámetros.
  - Calcula el capital medio en todas las simulaciones en cada paso de tiempo.
  - Almacena la serie de capital medio en una lista *comparative*.
  - Muestra en consola la media, la desviación estándar y el número de iteraciones de la función `estimate_bankruptcy_time`.
- **compare:**  
Esta función toma una lista de etiquetas como entrada. Asume que la lista *comparative* contiene múltiples series de capital medio de diferentes simulaciones. es utilizada para hacer una comparación final de los resultados.

Todas estas funciones se encuentran dentro del archivo `sim_functions.py`.

En los archivos `test_lambda.py`, `test_v.py` y `test_weib_a.py` se encuentran los llamados a los métodos de la simulación, con diferentes casos prueba, variando los respectivos parámetros: *lambda*, *v* y *weib\_a*.

En el archivo `extra_distributions_functions.py` se encuentran funciones similares a las descritas en `sim_functions.py` pero utilizando diferentes distribuciones a las escogidas inicialmente. Esto se realizó con fines experimentales para observar qué tanto cambiaba la simulación. Se realizó variando el parámetro *lambda* pues es el que su variación más cambios aporta al comportamiento.

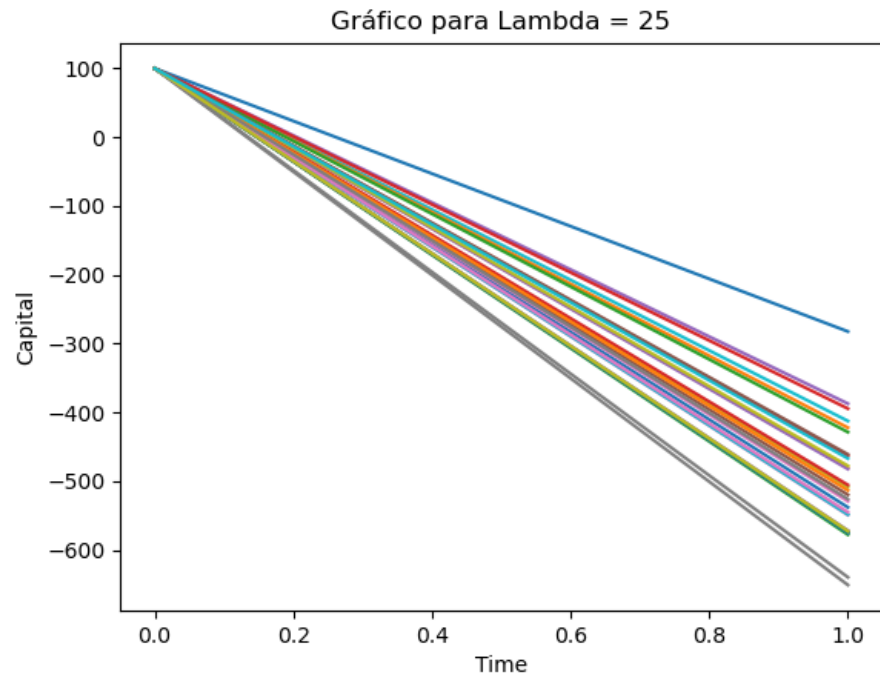
## Resultados y Experimentos

Se realizaron varias simulaciones, donde se variaban diferentes parámetros, en este caso: *lambda*, *v* y *weib\_a*.

### Análisis de comportamiento variando el parámetro *lambda*

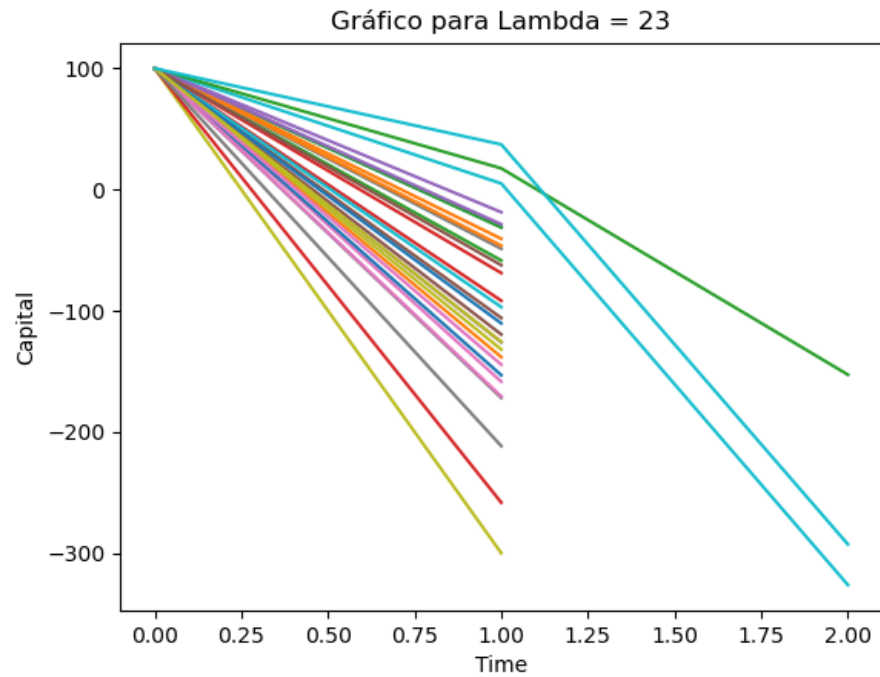
El parámetro *lambda* representa la tasa de llegada de las reclamaciones de los clientes a la empresa de seguros. Se realizaron 4 ejemplos diferentes, donde una ligera variación del parámetro *lambda* ocasiona una diferencia significativa del comportamiento de la compañía. Para visualizar mejor, se adjuntan los gráficos correspondientes a cada uno de los casos.

### Ejemplo 1



En este caso, se observa una tendencia a la disminución del capital de la empresa de seguros, hasta caer en la bancarrota.

## Ejemplo 2



Este gráfico indica que la compañía de seguros tiene un alto riesgo de caer en bancarrota. La tendencia general del capital es descendente. Las fluctuaciones en el capital podrían ser causadas por eventos aleatorios, como la llegada de grandes reclamaciones o la pérdida de clientes.



