

# Proyecto de Simulación

## EVENTOS DISCRETOS



UNIVERSIDAD DE LA HABANA  
FACULTAD DE MATEMÁTICA Y  
COMPUTACIÓN

Sheyla Cruz Castro  
Grupo C-412

## Índice general

<b>Problema</b> .....	2
<b>Solución</b> .....	3
1.1. Principales Ideas: .....	3
1.2. Modelo:.....	4
1.3. Resultados:.....	4
1.4. Consideraciones: .....	4
1.5. Código: .....	4
1.6. Repositorio en Github:.....	5

---

# Problema

## Aeropuerto de Barajas

En el Aeropuerto de Barajas, se desea conocer cuánto tiempo se encuentran vacías las pistas de aterrizaje dedicadas a aviones de carga y que se consideran que una pista está ocupada cuando hay un avión aterrizando, despegando o cuando se encuentra cargando o descargando mercancía o el abordaje o aterrizaje de cada pasajero.

Se conoce que el tiempo cada avión que arriba al aeropuerto distribuye, mediante una función de distribución exponencial con  $\lambda = 20$  minutos.

Si un avión arriba al aeropuerto y no existen pistas vacías, se mantiene esperando hasta que se vacíe una de ellas (en caso de que existan varios aviones en esta situación, pues se establece una suerte de cola para su aterrizaje).

Se conoce además que el tiempo de carga y descarga de un avión distribuye mediante una función de distribución exponencial con  $\lambda = 30$  minutos. Se considera además que el tiempo de aterrizaje y despegue de un avión distribuye normal  $N(10, 5)$  y la probabilidad de que un avión cargue y/o descargue en cada viaje corresponde a una distribución uniforme.

Además de esto se conoce que los aviones tienen una probabilidad de tener una rotura de 0,1. Así, cuando un avión posee alguna rotura debe ser reparado en un tiempo que distribuye exponencial con  $\lambda = 15$  minutos. Las roturas se identifican justo antes del despegue del avión.

Igualmente cada avión, durante el tiempo que está en la pista debe recargar combustible, mediante una distribución exponencial con  $\lambda = 30$  minutos y comienza justamente cuando el avión aterriza.

Se asume además que los aviones pueden aterrizar en cada pista sin ninguna preferencia o requerimiento.

Simule el comportamiento del aeropuerto por una semana para estimar el tiempo total en que se encuentran vacía cada una de las pistas del aeropuerto.

---

# 1. Solución

**1.1 Principales Ideas:** El problema propuesto se puede modelar desde el punto de vista de la simulación de eventos discretos como un proceso de servidores que funcionan en paralelo.

En el caso que nos ocupa los aviones vendrían siendo los clientes, y las pistas los servidores que funcionan en paralelo.

## ASPECTOS IMPORTANTES:

- Los aviones deben esperar a ser atendidos en el sistema.
- Contamos con 5 pistas que trabajan en paralelo.
- El tiempo de estancia en una pista está determinado por distintos factores.
- Es imprescindible conocer el tiempo de llegada y de salida de cada avión a la pista.

En todo problema de simulación basado en eventos discretos, las variables y los eventos conforman los elementos principales para dar solución a dichos problemas. Veamos entonces las variables y eventos del problema en cuestión:

## VARIABLES:

- $t$ : Tiempo total de la simulación.
- $t_{sim}$ : Tiempo transcurrido hasta el momento en la simulación.
- $n_a$ : Cantidad de aviones que han arribado al aeropuerto hasta el instante  $t_{sim}$ .
- $track\_info$ : Contiene la información del avión que se encuentra en la pista  $iésima$ .
- $bag$ : Contiene los aviones que esperan para poder aterrizar en una de las pistas.
- $a$ : Contiene los tiempos de arribo de cada avión a cada una de las pistas.
- $d$ : Contiene los tiempos de salida de cada avión de cada una de las pistas.

## EVENTOS:

- $t_a$ : Representa el tiempo de arribo de un avión al aeropuerto.
- $t_d$ : Representa el tiempo de partida de un avión para cada una de las pistas.

---

**1.2 Modelo:** Se desea conocer el tiempo total en que se encuentran vacías cada una de las pistas del aeropuerto. Este es aquel que ocurre desde que un avión abandona la pista hasta que otro arriba a esta, y se puede determinar como la diferencia entre el tiempo de salida de la pista del avión  $i$ -ésimo con el tiempo de arribo a esta del siguiente avión, partiendo por supuesto del tiempo de espera inicial hasta que arribó a la pista el primer avión.

Para simular el proceso de la llegada y salida de los aviones al aeropuerto y para determinar el tiempo que estos pasan en las pistas ya sea por rotura, por carga y descarga, o por recarga de combustible, se utilizaron distintas variables aleatorias con distribución normal, uniforme y exponencial, haciendo uso del método de la inversa en algunos casos.

Para generar el tiempo de aterrizaje y despeje se generaron v.a con distribución  $N(10, 5)$ ; para simular el tiempo de recarga de combustible y de carga y descarga se utilizaron v.a con distribución  $Exp(30)$  y se trabajó con el máximo entre estas dos; luego para simular las roturas se generó una v.a  $X \sim Exp(15)$  y otra  $U \sim U(0, 1)$  para finalmente multiplicar ambas distribuciones; por último el tiempo general que un avión pasa en la pista es la sumatoria de todas estas v.a.

### 1.3 Resultados:

```
~~~~~
~~> Please enter simulation time(seconds).
~~> Simulaton time = 10080
~~> Results:
#####
# Landingtrack 1 - Time: 2862.1134925225497
# Landingtrack 2 - Time: 2309.3275898348516
# Landingtrack 3 - Time: 2514.493187372078
# Landingtrack 4 - Time: 2378.868127903115
# Landingtrack 5 - Time: 2506.251380387173
#####
~~~~~
```

**1.4 Consideraciones:** Como se puede observar al simular el comportamiento del aeropuerto por una semana, al no existir distinción entre una pista u otra, ni prerequisites para aterrizar en ellas, la selección de la pista que recibe a un avión que estaba en espera se hizo de manera aleatoria entre todas las pistas disponibles en ese momento, por lo tanto los resultados son similares para cada pista de aterrizaje.

**1.5 Código:** En la carpeta *code* se encuentra la implementación de la solución del problema, que tiene la siguiente distribución:

- 
- *main.py*: Para ejecutar el código es necesario ejecutar este script, con el comando *python main.py*. Este recibe el tiempo total de la simulación (lo requerido en el problema era una semana, o sea 10080 minutos) y se encarga de iniciar la simulación y dar la respuesta en un formato de fácil comprensión.
  - *airport\_sim.py*: Contiene el método que realiza todo el proceso de simulación, y deja en el archivo *airport\_sim.txt* una constancia del proceso en todo momento de la simulación. Este utiliza además las funciones del script *utils.py*.
  - *utils.py*: En este se encuentra la implementación de las distribuciones utilizadas en el problema.

## 1.6 Repositorio en Github: