

# Modelos y simulación - Laboratorio

## Construcción de un simulador

---

**Objetivos del Práctico:** Implementar un simulador orientado a eventos utilizando un lenguaje de propósito general que tenga la capacidad de instanciar realidades múltiples.

**Temas a tratar:** Implementación de: técnica de bootstrapping, lista de eventos futuros. generadores de números aleatorios, generadores de variables aleatorias, recopilación de datos de simulación, diseño experimental y análisis de resultados.

**Temas complementarios:** modelos de dominio, principios S.O.L.I.D, patrones de diseño, hilos de ejecución.

**Metodología:** A partir del planteo de una situación de la vida real, realizar un software de simulación. En este debe usarse la técnica bootstrapping vista en teoría. Finalmente debe ejecutarse para obtener resultados.

---

### Conceptos:

La simulación debe proporcionar:

- 1 - Una representación del estado del sistema físico.
- 2 - Los medios de cambio de esta representación para modelar la evolución del sistema físico.
- 3 - Alguna representación de tiempo.

Para lograr el primer objetivo, una simulación por computadora define un conjunto de variables de estado, es decir, las variables del programa especificadas en algún lenguaje de programación de alto nivel, como Java, que representan el estado del sistema físico. Para alcanzar el segundo objetivo, se simulan en un programa de computadoras escribiendo nuevos valores en las variables de estado que representan el sistema físico y finalmente, el tiempo en el sistema físico es representado a través de una abstracción llamada tiempo de simulación o clock.

---

---

Es aconsejable llevar la simulación paso a paso y en cada nuevo paso visualizar una lista ordenada de eventos futuros (FEL). La técnica de bootstrapping, en donde cada evento de Tipo E planifica el próximo evento de Tipo E, junto con la lista de eventos futuros permiten automatizar de manera eficiente la simulación.

---

## **Primera etapa: Aeropuerto de vuelos de cabotaje.**

Uno de los procesos más importantes dentro del funcionamiento de un aeropuerto es el uso de la pista de aterrizaje. En el aeropuerto, la torre de control, registra llegadas de los aviones. Los aviones llegan en tiempos aleatorios según la tabla 1, y pueden aterrizar en la pista de a uno por vez. El tiempo que toma el aterrizaje hasta que se despeja la pista es aleatorio según la tabla 2. Si un avión llega al aeropuerto en el momento en que otro está ocupando la pista, deberá esperar. Luego de que todos los pasajeros descienden, el avión se retira de la pista dejándola libre para un próximo descenso. Suponiendo que el aeropuerto cuenta con una única pista de aterrizaje, la cual la torre de control debe gestionar utilizando un protocolo de espera que indica que tal pista forma una única cola de espera y que los aviones podrán aterrizar según el orden de llegada, se pide:

- Realizar un modelo e implementarlo obteniendo como producto final un software de simulación del proceso descrito. La simulación debe ser capaz de obtener los siguientes resultados dentro de una longitud de ejecución de 4 semanas:
  - Cantidad total de aeronaves que han arribado.
  - Cantidad total de aeronaves que han aterrizado.
  - Tiempo medio, máximo y mínimo (distinto de cero) de tránsito, que es el tiempo en el sistema.
  - Tiempo medio, máximo y mínimo (distinto de cero) de espera.
  - Tiempo total, máximo y mínimo (distinto de cero) de ocio. Representar el total como una proporción del total del tiempo de simulación.
  - Tamaño máximo y mínimo (distinto de cero) de la cola de espera.

---

Tabla 1

10 min	0.35
15 min	0.45
17 min	0.2

Tabla 2

8 min	0.38
10 min	0.32
13 min	0.1
15 min	0.2

---

## **Segunda etapa: Incorporación de generadores de variables aleatorias y complejización del modelo.**

El enfoque en esta etapa del simulador está en los dos puntos sugeridos en el título de la misma: será necesario disponer de varios generadores de variables aleatorias y extender el modelo anterior de ***un servidor - única cola*** a ***múltiples servidores - múltiples colas***.

Como consigna deberá disponerse de generadores para las siguientes distribuciones:

- Empírica discreta.
- Empírica continua. (*opcional*)
- Uniforme.
- Triangular. (*opcional*)
- Exponencial.
- Normal.
- Poisson. (*opcional*)

La extensión del modelo se hará para una configuración de **5 servidores con una única cola cada uno**. Teniendo en cuenta lo siguiente:

---

Los tiempos de arribo responden, en minutos, a una distribución **exponencial con  $\mu = 15$** , pero se sabe que esto sucede fuera de los horarios de fuerte tráfico aéreo. Los intervalos del día en donde se produce un fuerte tráfico aéreo son: de 9 a 13 hs y de 20 a 23 hs; y responden a una distribución **exponencial  $\mu = 9$** .

La distribución de probabilidades de la duración en el descenso de pasajeros, en minutos, se corresponde con una distribución **uniforme ( 10 , 25 )**.

**A cada avión que llega al espacio aéreo del aeropuerto, en caso de no disponer de pista libre, se le asignará la pista con la cola más corta, o bien la primera si todas tienen la misma longitud.**

Cada pista tiene una durabilidad de suelo, que mide el desgaste que tiene por su uso. Inicialmente este valor es de 3000 unidades de durabilidad. Sin embargo, los aviones al aterrizar, desgastan la pista, y esto sucede según una distribución **normal con  $\mu = 5$ ,  $\sigma = 1$**  unidades de durabilidad.

Se pide adicionar todo lo anterior descrito al modelo existente e implementarlo. La simulación debe ser capaz de obtener los siguientes resultados dentro de una longitud de ejecución de 4 semanas:

- Cantidad total de aeronaves que han arribado.
- Cantidad total de aeronaves que han aterrizado.
- Tiempo medio, máximo y mínimo (distinto de cero) de tránsito, que es el tiempo en el sistema.
- Tiempo medio, máximo y mínimo (distinto de cero) de espera.
- Tiempo total, máximo y mínimo (distinto de cero) de ocio. Representar el total como una proporción del total del tiempo de simulación.
- Tamaño máximo y mínimo (distinto de cero) de la cola de espera.
- Durabilidad de suelo final de cada pista.

Finalmente, sabiendo que cada pista de aterrizaje tiene un costo de mantenimiento mensual, además de un costo de fabricación inicial y sabiendo que las aeronaves no pueden estar más de 2 horas en cola de espera. **Postule una configuración** para el aeropuerto que considere adecuada teniendo en cuenta que solo se pueden realizar modificaciones sobre: **cantidad de pistas. Reporte los resultados para esta nueva configuración.**

---

## **Tercera etapa: Replicación de ejecuciones, análisis de resultados y experimentación**

Postule una nueva configuración del aeropuerto que signifique una mejora general en contraste con la última que usted propuso en el práctico anterior. Tener en cuenta que se deben realizar modificaciones sobre el modelo en general. Planifique un experimento de simulación basado en replicación de ejecuciones para obtener los mismos resultados que la etapa anterior.

- Considere 50 ejecuciones y encuentre una estimación por intervalos de estos parámetros y dé su respuesta con un 95% de certeza.
  - Cantidad total de aeronaves que han arribado.
  - Cantidad total de aeronaves que han aterrizado.
  - Tiempo medio, máximo y mínimo (distinto de cero) de tránsito, que es el tiempo en el sistema.
  - Tiempo medio, máximo y mínimo (distinto de cero) de espera.
  - Tiempo total, máximo y mínimo (distinto de cero) de ocio. Representar el total como una proporción del total del tiempo de simulación.
  - Tamaño máximo y mínimo (distinto de cero) de la cola de espera.
  - Durabilidad de suelo final de cada pista.

**Finalmente, se deberá realizar un informe con una presentación, organizado como considere mejor, en el cual se expliquen y muestren los procesos de realización de todo el laboratorio. Esto incluye pasos realizados para su modelado y codificación, supuestos que haya establecido, dificultades durante el proceso de desarrollo, explicación de criterios tomados, mejoras aplicadas, decisiones tomadas durante el desarrollo, comentarios adicionales que considere y un reporte del análisis de los resultados finales.**