

# INVESTIGACIÓN OPERATIVA (GIS). Curso 2018/2019

## Práctica 2. SIMULACIÓN. Guía de la actividad

### 1 Introducción

A continuación se presenta un caso práctico. Usted, como responsable de operaciones del aeropuerto, debe encontrar una solución al problema planteado. Para ello deberá construir un modelo de simulación y resolverlo mediante el uso de software específico.

Con el fin de facilitar la elaboración de la práctica se ha dividido el trabajo en varias fases, cada una de las cuales dará lugar a un modelo diferente, que debe ser resuelto y la solución interpretada en términos del problema planteado.

### 2 Objetivos

El objetivo de la práctica es profundizar en el conocimiento de la simulación como herramienta de planificación y gestión óptima de recursos.

### 3 Competencias desarrolladas

El desarrollo de este trabajo está encaminado a desarrollar las competencias de la asignatura. En concreto, las competencias generales trabajadas son:

- CG10. Conocimientos para la realización de mediciones, cálculos, valoraciones, tasaciones, peritaciones, estudios, informes, planificación de tareas y otros trabajos análogos de informática
- CG09. Capacidad para resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, autonomía y creatividad. Capacidad para saber comunicar y transmitir los conocimientos, habilidades y destrezas de la profesión de Ingeniero Técnico en Informática.

Entre las competencias específicas trabajadas, destacan:

- CB01. Capacidad para la resolución de los problemas matemáticos que puedan plantearse en la ingeniería. Aptitud para aplicar los conocimientos sobre: álgebra lineal; cálculo diferencial e integral; métodos numéricos; algorítmica numérica; estadística y optimización.
- CE01. Capacidad para diseñar, desarrollar, seleccionar y evaluar aplicaciones y sistemas informáticos, asegurando su fiabilidad, seguridad y calidad, conforme a principios éticos y a la legislación y normativa vigente.
- CE06. Conocimiento y aplicación de los procedimientos algorítmicos básicos de las tecnologías informáticas para diseñar soluciones a problemas, analizando la idoneidad y complejidad de los algoritmos propuestos.

Además, se desarrollan competencias en el trabajo en equipo.

## 4 Materiales

Para el desarrollo de la práctica es necesario disponer de:

- Guía de estudio, con las instrucciones precisas para el desarrollo de la misma y el enunciado del caso práctico planteado.
- Software de modelado y resolución de problemas de simulación. En este caso, el software utilizado es Enterprise Dynamics de INCONTROL. La versión de estudiante se puede obtener en la página web de la empresa, <http://www.incontrolsim.com>, en la sección **downloads**. Para ello, será necesario proporcionar algunos datos (e-mail, institución de estudio, etc.). Además del software, está disponible un manual del software. El software también está disponible en Myapps.
- Editor de texto para la elaboración del informe final.

## 5 Entrega

### Grupos de entrega

El trabajo se realizará en grupos de dos o tres personas. Para apuntarse a un grupo es necesario entrar en la herramienta de *elección de grupos para la práctica 2* del campus virtual. La composición de los grupos se podrá variar hasta una semana antes del final del plazo de entrega. A partir de ese momento, cualquier cambio requiere de la aprobación de todos los componentes de los grupos implicados y del profesor.

### Plazo y medio de entrega

- La entrega del trabajo se hará en el apartado habilitado al efecto en el campus virtual antes de la fecha y hora indicada en el mismo.
- No se admitirá la entrega por cualquier otra vía que no sea la indicada en el punto anterior.
- Será suficiente con que un componente del grupo realice la entrega.

### Entregables

La entrega consistirá e tres ficheros:

1. Informe (en un documento en formato PDF) con una descripción del problema a resolver, la estrategia utilizada para obtener la solución (que incluye descripción del modelo utilizado) y la solución propuesta. Deberá seguir el siguiente esquema:
  - Apartado I: descripción del diagrama del modelo tipo *red de colas*, con las ecuaciones de tráfico y las tasas de llegada y servicio adecuadas.
  - Apartado II: cálculos teóricos y su justificación que permitan un dimensionamiento adecuado del sistema.
  - Apartado III: descripción de los criterios de modelización del sistema mediante el diagrama TQM y descripción de los átomos utilizados para el modelo.

- Apartado IV: estudio de experimentos. Justificación de la duración y del número de réplicas consideradas.
  - Apartado V: presentación de los resultados de los experimentos, indicando promedio e intervalos de confianza. Comparación de los resultados de simulación con los teóricos.
  - Apartado VI: presentación de los resultados obtenidos en la variante del modelo descrita en el punto 7 de plan de trabajo y su comparación con el modelo original.
2. Ficheros utilizados en el software específico correspondientes a los modelos construidos (extensión .mod).

El informe debe indicar claramente los componentes del grupo. Los nombres de los ficheros entregados deben seguir la siguiente regla:

GIS-IO-P2D-GrupoX-Y.(extensión)

donde la letra X hace referencia a la letra del grupo que realiza la entrega, la letra Y debe ser una secuencia formada por el primer apellido de cada uno de los componentes del grupo.

## 6 Criterios de evaluación

- La práctica se evaluará en una escala de 0 a 100 puntos.
- La calidad formal de los documentos presentados (formato, corrección, claridad de exposición, etc.) tendrá un peso en la calificación final del 20 sobre 100.
- La puntuación máxima sólo se alcanzará si los modelos planteados son correctos, la solución es correcta y la interpretación de los resultados también.
- Las entregas que incluyan sólo el informe con el modelo utilizado (con o sin la solución) o presenten ficheros de Enterprise Dynamics incompletos o con errores podrán optar a una calificación máxima de 60 sobre 100 (40 por el contenido y 20 por la calidad formal).

En la carpeta de entrega del aula virtual se puede consultar la rúbrica que se utilizará para la evaluación de la entrega.

## 7 Enunciado del caso práctico y desarrollo

### 7.1 Escenario

En uno de los aeropuertos españoles, se va a instalar un nuevo sistema automático de tratamiento de equipajes (SATE). Este sistema realiza de forma totalmente automática el transporte de las maletas desde los puestos de facturación (check-in) hasta los hipódromos de carga, donde finalmente son recogidas y llevadas a los aviones correspondientes a través de carritos.

Para analizar el sistema y, eventualmente, introducir cambios que mejoren su funcionamiento, se le ha encomendado que realice un modelo de simulación del mismo. El objetivo del modelo de simulación consiste en dimensionar adecuadamente todos sus elementos.

Las principales características del sistema a modelar y simular son las siguientes:

- Desde los distintos puestos de check-in las maletas se transportan a través de cintas a los hipódromos de destino. Antes, tienen que pasar por varias estaciones de inspección en cascada.
- Las maletas que salen de los check-in y entran en el sistema de transporte siguen un proceso tipo Poisson a un ritmo de 5000 maletas/hora total para todo el sistema.
- El 100% de estas maletas tiene que pasar un primer nivel de inspección automática (N1) denominado *inspección de explosivos*. El tiempo promedio de inspección para cada maleta es de 4 segundos y el proceso sigue un proceso de Poisson.
- Aproximadamente el 15% de las inspecciones tipo N1 resultan dudosas, por lo tanto es necesario realizar una segunda operación de inspección (N2) a través de operadores que pueden procesar un promedio de 3 maletas/min siguiendo un proceso tipo Poisson.
- De las maletas que pasan por N2, los operadores solicitan, en un 20% de los casos, una inspección adicional de tipo manual (N3). El tiempo de inspección en este caso se ajusta a una distribución exponencial con un promedio de 5 minutos. El resultado de esta última inspección (N3) es que en el 2% de los casos las maletas se consideran *peligrosas* y las restantes se consideran *válidas*.
- Hay que considerar que en cada uno de los procesos de inspección (N1, N2 y N3), en el 1% de los casos, se pierde el seguimiento del equipaje y, por lo tanto, debe recircular por el mismo equipo de inspección.
- Las maletas clasificadas como *válidas* (es decir, las que pasan satisfactoriamente algunos los controles N1, N2 o N3) llegan a los hipódromos y permanecen en espera de la llegada de los carritos de carga.
- En cada hipódromo hay dos operarios que cargan las maletas en carritos. Un operario puede cargar en el carrito un promedio de 15 maletas por minuto (considérese que cada operario gestiona un solo carrito).
- Las maletas que no pasan las inspecciones y finalmente se consideran *peligrosas* son destruidas.

### 7.1.1 Requerimientos del sistema

- Los equipos de inspección y los hipódromos no pueden tener un nivel de saturación/uso superior al 80%.
- Se puede asumir las maletas llegan de forma aleatoria e igualmente distribuída a los distintos hipódromos.

## 7.2 Plan de trabajo

1. Elaborar el diagrama de *red de colas* indicando todos los parámetros de los elementos (tasas y capacidades) y de los flujos (en porcentaje o en proporción).
2. Determinar, utilizando criterios analíticos y/o de teoría de las colas, el número de equipos de inspección necesarios en cada nivel de inspección (N1, N2 y N3) y el número de hipódromos necesarios.
3. Elaborar el diagrama TQM del modelo.

4. Crear un modelo de simulación que represente el sistema indicado según las dimensiones calculadas previamente.
5. Realizar un experimento de simulación, con un número suficientemente alto de réplicas. Describir los experimentos (número y duración).
6. A través de los experimentos de simulación, calcular los siguientes resultados y compararlos con los resultados teóricos:
  - (a) Tiempo medio de inspección total para las maletas.
  - (b) Tiempo medio de espera en las distintas colas de los sistemas de inspección y en el hipódromo o zonas de acumulación.
  - (c) Número de maletas presentes en el sistema en cada momento.
7. Repetir el experimento para el caso en el que el tiempo de inspección dependa del tipo de maleta. Existen dos tipos de maletas: normal (80%), cuyo tiempo de inspección es el que se ha indicado anteriormente, y especial (20%), cuyo tiempo de inspección es el doble del tiempo para una maleta normal. Comparar los resultados con el modelo original.

Nota: proporcionar los resultados finales de las simulaciones en términos de intervalos de confianzas con  $\alpha = 95\%$ .