

**Modelización y simulación de sistemas**

Código: 101743  
Créditos ECTS: 6

| Titulación                  | Tipo | Curso | Semestre |
|-----------------------------|------|-------|----------|
| 2501233 Gestión aeronáutica | OB   | 3     | 2        |

**Contacto**

Nombre: Miquel Àngel Piera Eroles  
Correo electrónico: miquelangel.piera@uab.cat

**Uso de idiomas**

Lengua vehicular mayoritaria: catalán (cat)  
Algún grupo íntegramente en inglés: No  
Algún grupo íntegramente en catalán: Sí  
Algún grupo íntegramente en español: No

**Prerequisitos**

No tiene requerimientos previos, aunque se recomienda una mínima base de estadística y conocimientos básicos de programación.

**Objetivos y contextualización**

La asignatura de Modelado y Simulación de Sistemas se podría impartir en diferentes grados, porque lo que se pretende es que los estudiantes aprendan a realizar un modelo de simulación de cualquier sistema para poder tener más conocimiento sobre éste, y tomar las mejores decisiones posibles para poder mejorar su rendimiento. En el caso de los aeropuertos, existen tres grandes subsistemas: aerolíneas, usuarios e infraestructuras aeroportuarias. Conseguir modelos incluyendo parte de los tres subsistemas ayudaría mucho a la toma de decisiones dentro de un aeropuerto.

Los objetivos de la asignatura se concretan en:

1. Ser capaz de desarrollar un modelo conceptual de cualquier sistema utilizando el formalismo de modelado llamado Redes de Petri y Redes de Petri Coloreadas.
2. Ser capaz de desarrollar un modelo de simulación en pseudocódigo, para poder implementarlo con cualquier lenguaje de programación conocido, o en algún software de simulación.
3. Ser capaz de aplicar las herramientas estadísticas básicas necesarias para la elaboración de un modelo de simulación completo.
4. Saber utilizar el modelo de simulación para identificar y resolver posibles problemas que se puedan producir en el sistema.

**Competencias**

- Actitud personal.
- Aplicar herramientas software específicas para la resolución de problemas propios del sector aeronáutico.
- Comunicación.
- Dimensionar y gestionar de modo eficiente los recursos en las escalas de las aeronaves.

- Disponer de los fundamentos de matemáticas, economía, tecnologías de la información y psicología de las organizaciones y del trabajo, necesarios para comprender, desarrollar y evaluar los procesos de gestión de los distintos sistemas presentes en el sector aeronáutico.
- Hábitos de pensamiento.
- Hábitos de trabajo personal.
- Realizar desarrollos de software de pequeña o mediana complejidad.
- Supervisar la Gestión de Medios en un aeropuerto.

## Resultados de aprendizaje

1. Analizar las relaciones de dependencia entre los subsistemas que interactúan en una cierta operación.
2. Comprender el modelado y simulación de sistemas dinámicos.
3. Comunicar eficientemente de forma oral y/o escrita conocimientos, resultados y habilidades, tanto en entornos profesionales como ante públicos no expertos.
4. Desarrollar el pensamiento sistémico.
5. Desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo.
6. Desarrollar la curiosidad y la creatividad.
7. Desarrollar un pensamiento y un razonamiento crítico.
8. Describir los fundamentos de la utilización de entornos de optimización y de simulación.
9. Formular y resolver problemas de gestión aeronáutica.
10. Prevenir y solucionar problemas.
11. Realizar modelos de simulación para identificar problemas de rendimiento y productividad.
12. Realizar modelos para evaluar las mejores políticas a implementar en la toma de decisión operacional.
13. Realizar pequeñas aplicaciones para explotar la información obtenida del sistema (p.ej. almacenada en bases de datos).
14. Trabajar de forma autónoma.
15. Trabajar en entornos complejos o inciertos y con recursos limitados.
16. Uso de entornos comerciales de simulación a eventos discretos para la realización de experimentos.
17. Uso de entornos de representación virtual para verificación de aspectos críticos.
18. Uso de herramientas de análisis estadístico para el modelado de actividades temporales y análisis de resultados.

## Contenido

### Tema 1: Introducción a la Simulación Digital

- Introducción al desarrollo de un proyecto de simulación:
- Definiciones y conceptos básicos
- Etapas de un proyecto de simulación
- Herramientas de simulación
- Campos de aplicación

### Tema 2: Modelado de Sistemas de Eventos Discretos

#### Desarrollo de modelos de Sistemas de Eventos Discretos usando Redes de Petri:

- Definiciones y conceptos básicos
- Dinámica de una Red de Petri
- Modelado Bottom-Up
- Análisis de las Redes de Petri

### Tema 3: Modelos Estadísticos para la Simulación

#### Estadística básica para la simulación:

- Introducción
- Identificación de las propiedades estadísticas de una Muestra

- Funciones de Distribución más utilizadas
- Generación de números aleatorios
- Dependencia entre variables aleatorias
- Test de Hipótesis

#### Tema 4: Simulación de Sistemas de Eventos Discretos

- Elementos de un simulador
- Políticas de gestión de la variable tiempo (pseudocódigo)
- Entornos de simulación (software)
- Diseño de Experimentos

#### Tema 5: Modelado Avanzado de Sistemas de Eventos Discretos

##### Redes de Petri Coloreadas:

- Definiciones y conceptos básicos
- Primitivas de Modelado

#### Tema 6: Gestión de Recursos

- Introducción a la gestión de recursos.
- Técnicas experimentales:
  - Evaluación de los cuellos de botella.
  - La ley de Little.
  - Algoritmos de minimización de la varianza.

## Metodología

La metodología docente que se utiliza en esta asignatura se fundamenta en la resolución de problemas y en la participación de los estudiantes en esta. La asignatura está enfocada de forma muy práctica y es esencial que los estudiantes participen en las actividades, ya que es la mejor manera de aprender. Las clases magistrales de la asignatura están reducidas a las imprescindibles para poder tener los conocimientos básicos para realizar los problemas que se plantean.

Se podría dividir el curso en diferentes actividades:

1. Clases magistrales: típicas clases magistrales, incluyendo la participación de los estudiantes mediante preguntas y / o pequeños ejercicios.
2. Problemas: realización de problemas en el aula y su corrección.
3. Prácticas: aprendizaje de un entorno de simulación y la realización de modelos de simulación de sistemas diversos. Las prácticas se realizarán en parejas.
4. Exámenes: Se hará un examen parcial durante el curso y un examen final. El examen parcial NO eliminará materia para el examen final.

Nota: se reservarán 15 minutos de una clase dentro del calendario establecido por el centro o por la titulación para que el alumnado rellene las encuestas de evaluación de la actuación del profesorado y de evaluación de la asignatura o módulo.

## Actividades

| Título          | Horas | ECTS | Resultados de aprendizaje |
|-----------------|-------|------|---------------------------|
| Tipo: Dirigidas |       |      |                           |

|                          |     |      |                    |
|--------------------------|-----|------|--------------------|
| Clases de problemas      | 12  | 0,48 | 13, 12, 11, 16, 17 |
| Clases de prácticas      | 12  | 0,48 | 12, 16, 17         |
| Clases de teoría         | 26  | 1,04 | 12                 |
| Tipo: Supervisadas       |     |      |                    |
| Problemas                | 15  | 0,6  | 11                 |
| Prácticas                | 6   | 0,24 | 12, 16, 17         |
| Tipo: Autónomas          |     |      |                    |
| Estudio personal         | 23  | 0,92 | 4, 5, 6, 7, 10, 14 |
| Evaluación               | 4,5 | 0,18 | 1, 9, 14           |
| Preparación de Problemas | 20  | 0,8  | 5, 14              |
| Preparación de Prácticas | 20  | 0,8  | 13, 11, 16, 17     |
| Prácticas                | 4   | 0,16 | 13, 12, 11, 16, 17 |

## Evaluación

La evaluación de la asignatura constará de 3 partes, las ponderaciones de las cuales son:

Nota P1: Evaluación final (40%)

Nota P2: Evaluación de Prácticas (40%)

Nota P3: Evaluación parcial (20%)

Se deberán superar las partes P1 y P2 con al menos un 5 para poder aplicar los porcentajes, sino se considerará la asignatura como no superada (Suspendida).

La Evaluación Parcial y Evaluación Final serán pruebas tipo examen que englobará todo lo que se ha visto durante el curso hasta el día de cada uno de los respectivos exámenes.

$$\text{NOTA FINAL} = (\text{Nota P1} \times 0,4) + (\text{Nota P2} \times 0,4) + (\text{Nota P3} \times 0,2)$$

Nota P1: Nota del examen correspondiente a la Evaluación final.

Nota P2: Nota de la Evaluación de Prácticas .

Nota P3: Nota del examen correspondiente a la Evaluación parcial.

P1: Evaluación final

- Una prueba tipo examen al final del curso donde se evaluarán los conocimientos adquiridos sobre la asignatura hasta el día de este examen final (Teoría y Problemas), y constituirá el 40% de la nota global de la asignatura.
- Fecha prevista de la Evaluación final en el calendario de exámenes fijado por la coordinación del grado.
- La nota mínima aprobatoria del examen final es de 5 puntos, sin redondear ni aproximar la nota obtenida en dicho examen.

P2: Evaluación de Prácticas

- Modelado y Simulación utilizando el software de simulación. Constituirá el 40% de la nota global de la asignatura.
- Los detalles de la evaluación de las prácticas se indicarán en la primera sesión de prácticas de la asignatura.
- La nota mínima aprobatoria de prácticas es de 5 puntos, sin redondear ni aproximar la nota de prácticas obtenida.

### P3: Evaluación parcial

- Una prueba tipo examen aproximadamente a mitad del curso donde se evaluarán los conocimientos adquiridos sobre la asignatura hasta el día de este examen parcial (Teoría y Problemas), y constituirá el 20% de la nota global de la asignatura.
- La nota mínima aprobatoria del examen parcial es de 5 puntos, sin redondear ni aproximar la nota obtenida en dicho examen.
- En caso de NO aprobar el examen parcial se aplicará el porcentaje del 20% a la nota obtenida en esta Evaluación (Nota P3). El/la alumno/a que NO se presente a este examen será calificado con cero puntos (Nota P3 = 0).

### Recuperación

Se realizará un solo examen de Recuperación en la fecha prevista para tal fin en el calendario de exámenes fijado por la coordinación del grado.

La recuperación consistirá en una prueba tipo examen donde se evaluarán los conocimientos adquiridos sobre la asignatura (Teoría y Problemas) y englobará todo lo que se ha visto durante el curso.

El/La alumno/a podrá realizar el examen de recuperación en caso de:

(1) NO aprobar la Evaluación final (P1). En este caso la nota obtenida en el examen de recuperación sustituirá la nota del examen final NO aprobado, y finalmente constituirá la nota con la que se calificará la Evaluación final (Nota P1).

Y Opcionalmente en caso de:

(2) Aprobar la Evaluación final (P1) y NO aprobar la Evaluación parcial (P3). En este caso la nota obtenida en el examen de recuperación sustituirá la nota del examen parcial NO aprobado, y finalmente constituirá la nota con la que se calificará la Evaluación parcial (Nota P3).

Ambos casos son excluyentes: si el/la alumno/a NO ha aprobado previamente (antes de la Recuperación) ninguna de las dos evaluaciones (P1 y P3) solo podrá realizar el examen de recuperación para recuperar la Evaluación final (P1), caso (1).

El examen de recuperación es opcional, caso (2), si ya se ha aprobado la asignatura previamente (antes de la Recuperación), es decir:

$$\text{NOTA FINAL} = (\text{Nota P1} \times 0,4) + (\text{Nota P2} \times 0,4) + (\text{Nota P3} \times 0,2) \geq 5$$

$$\text{Nota P1} \geq 5, \text{ Nota P2} \geq 5 \text{ y } \text{Nota P3} < 5$$

Según lo indicado en la Normativa Académica de la UAB:

Para participar en la recuperación el alumnado debe haber sido previamente evaluado en un conjunto de actividades el peso de las cuales equivalga a un mínimo de dos terceras partes de la calificación total de la asignatura.

### IMPORTANTE:

Para realizar el promedio de nota de la asignatura deben estar aprobados:

P1: El examen final, ó el examen de recuperación en caso de examen final no aprobado (nota mínima aprobatoria 5 puntos sin redondear ni aproximar la nota obtenida).

P2: La evaluación de prácticas (nota mínima aprobatoria 5 puntos sin redondear ni aproximar la nota obtenida).

P3: El examen parcial NO requiere nota mínima aprobatoria.

En el caso NO poder aplicar los porcentajes (promedio de nota de la asignatura), el/la alumno/a obtendrá la calificación de Suspenso.

La nota que tendrá el/la alumno/a calificado/a con Suspenso será la mayor nota NO aprobatoria que haya obtenido en cualquiera de las tres partes de la evaluación de la asignatura:

- La nota correspondiente a la evaluación de la parte P1 (Evaluación Final), si es la mayor nota NO aprobatoria obtenida por el alumno.
- La nota correspondiente a la evaluación de la parte P2 (Evaluación de Prácticas), si es la mayor nota NO aprobatoria obtenida por el alumno.
- La nota correspondiente a la evaluación de la parte P3 (Evaluación parcial), si es la mayor nota NO aprobatoria obtenida por el alumno.

#### Alumnos Repetidores

Las tres partes de la asignatura se evaluarán de la misma forma y en los mismos términos que se evaluará a los estudiantes no repetidores.

Convalidaciones:

P1) Podrán convalidar la nota correspondiente a la parte P1 (Evaluación Final) obtenida en el curso anterior, solamente en el caso de que dicha nota sea aprobatoria. La nota mínima aprobatoria es de 5 puntos.

P2) Podrán convalidar la nota correspondiente a la parte P2 (Evaluación de Prácticas) obtenida en el curso anterior, solamente en el caso de que dicha nota sea aprobatoria. La nota mínima aprobatoria es de 5 puntos.

P3) Podrán convalidar la nota correspondiente a la parte P3 (Evaluación parcial) obtenida en el curso anterior, solamente en el caso de que dicha nota sea aprobatoria. La nota mínima aprobatoria es de 5 puntos.

#### Calificaciones especiales

##### 1) Calificación No Evaluable

El/la alumno/a obtendrá un NO Evaluable como nota final en el caso de que NO se presente al menos a 2 de las 3 actividades de evaluación de la asignatura.

##### 2) Calificación Matrícula de Honor

Otorgar una calificación de matrícula de honor (MH) es decisión del profesorado responsable de la asignatura. La normativa de la UAB indica que las MH sólo se podrán conceder a estudiantes que hayan obtenido una calificación final igual o superior a 9.00. Se puede otorgar hasta un 5% de MH del total de estudiantes matriculados. Para esta asignatura, se otorgará ÚNICAMENTE si la nota final de todas y cada una de las tres partes de la asignatura es igual o superior a 8 puntos.

Sin perjuicio de otras medidas disciplinarias que se estimen oportunas, se calificarán con un cero las irregularidades cometidas por el estudiante que puedan conducir a una variación de la calificación de un acto de evaluación. Por lo tanto, la copia, el plagio, el engaño, dejar copiar, etc. en cualquiera de las actividades de evaluación implicará suspender con un cero. Las actividades de evaluación calificadas de esta forma y por este procedimiento no serán recuperables. Si es necesario superar cualquiera de estas actividades de

evaluación para aprobar la asignatura, esta asignatura quedará suspendida directamente con un cero, sin oportunidad de recuperarla en el mismo curso.

Las fechas de evaluación continua y entrega de prácticas se publicarán en el campus virtual (o durante las clases de teoría, problemas y / o prácticas), y pueden estar sujetos a posibles cambios de programación por motivos de adaptación a posibles incidencias. Siempre se informará en el campus virtual (o durante las clases de teoría, problemas y / o prácticas) sobre estos cambios ya que se entiende que esta es la plataforma habitual de intercambio de información entre profesores y estudiantes.

La evaluación podría sufrir alguna modificación que sería presentada el primer día de clase.

## Actividades de evaluación

| Título   | Peso | Horas | ECTS | Resultados de aprendizaje              |
|--|------|-------|------|--|
| Entrega y defensa de un modelo de simulación en Python | 20%  | 2     | 0,08 | 2, 8, 4, 7, 12, 9, 15                  |
| Examen Final   | 40%  | 2,5   | 0,1  | 1, 2, 12, 14                           |
| Prácticas  | 40%  | 3     | 0,12 | 2, 3, 13, 5, 6, 12, 11, 10, 18, 16, 17 |

## Bibliografía

Robust Modelling and Simulation: Integration of SIMIO with Coloured Petri Net / Idalia Flores De La Mota, Antoni Guasch, Miguel Mujica Mota, Miquel Angel Piera.

Modelado y simulación: aplicación a procesos logísticos de fabricación y servicios / Antoni Guasch ... [et al.]

Petri nets: a tool for design and management of manufacturing systems / Jean-Marie Proth and Xiaolan Xie Proth, Jean -Marie.

Coloured petri nets: modelling and validation of concurrent systems / Kurt Jensen, Lars M. Kristensen Jensen, Kurt.

Cómo mejorar la logística de su empresa mediante la simulación: Miquel Àngel Piera ... [et al.]

Simio & simulation: modeling, analysis, applications / W. David Kelton, Jeffrey S. Smith, David T. Sturrock

Simulation modeling with SIMIO: a workbook / Jeffrey Allen Joines ; Stephen Dean Roberts. Joines, Jeffrey A.

## Software

CPNTool

MS Excel

R-Simmer

JaamSim

SIMIO

