



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingeniería de  
Sistemas Informáticos

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**615001026 - Investigación Operativa**

### PLAN DE ESTUDIOS

61CD - Grado En Ciencia De Datos E Inteligencia Artificial

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2022/23 - Primer semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos.....	1
2. Profesorado.....	1
3. Conocimientos previos recomendados.....	2
4. Competencias y resultados de aprendizaje.....	2
5. Descripción de la asignatura y temario.....	3
6. Cronograma.....	5
7. Actividades y criterios de evaluación.....	8
8. Recursos didácticos.....	12
9. Otra información.....	13

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1. Datos de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura</b>	615001026 - Investigación Operativa
<b>No de créditos</b>	6 ECTS
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Curso</b>	Tercero curso
<b>Semestre</b>	Quinto semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	61CD - Grado en Ciencia de Datos e Inteligencia Artificial
<b>Centro responsable de la titulación</b>	61 - Escuela Técnica Superior De Ingeniería De Sistemas Informáticos
<b>Curso académico</b>	2022-23

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías</b> *
Carlos Quesada Gonzalez (Coordinador/a)		carlos.quesada@upm.es	- -

\* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

## 3. Conocimientos previos recomendados

---

### 3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Probabilidades Y Estadística II
- Álgebra Lineal
- Probabilidades Y Estadística I

### 3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

- El plan de estudios Grado en Ciencia de Datos e Inteligencia Artificial no tiene definidos otros conocimientos previos para esta asignatura.

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CB03 - Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética

CB05 - Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía

CE03 - Capacidad para analizar fenómenos complejos mediante la probabilidad y estadística, y plantear modelos matemáticos de los mismos en situaciones concretas, así como formular, modelizar y resolver problemas de optimización matemática relacionados con la ciencia de datos y la inteligencia artificial.

CE10 - Capacidad para aplicar las metodologías y las técnicas adecuadas de análisis y explotación de datos sobre datos disponibles, incluidos los poco estructurados o de estructura compleja (como los que contienen series temporales, los provenientes de redes sociales, etc.), para descubrir nuevas relaciones y proporcionar conocimiento y una comprensión intuitiva precisa y profunda sobre problemas científicos o procesos organizacionales reales y así respaldar la toma de decisiones.

CG01 - Capacidad de trabajo en equipo, en entornos interdisciplinares y complejos, negociando y resolviendo

conflictos, diseñando soluciones eficientes, fiables, robustas y responsables.

CG02 - Capacidad para organizar y planificar tareas y proyectos, identificando objetivos, prioridades, plazos, recursos y riesgos, y controlando los procesos establecidos.

CG04 - Capacidad para innovar y encontrar soluciones creativas en situaciones complejas o de incertidumbre en el ámbito de la ingeniería.

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA113 - Modelizar y resolver problemas en redes

RA115 - Modelizar y resolver problemas de programación entera y programación multiobjetivo

RA114 - Modelizar, resolver y analizar la sensibilidad de problemas de programación lineal continua

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

Los objetivos generales de la asignatura Investigación Operativa son los siguientes:

- Entender la Investigación Operativa como una herramienta para la ayuda de toma de decisiones.
- Conocer el amplio campo de acción de la Investigación Operativa en la resolución de problemas.
- Saber construir un modelo matemático que permita describir una determinada situación de forma apropiada (modelización del problema).
- Introducir el proceso de solución que se debe seguir al tratar de resolver un problema por medio de las técnicas de Investigación Operativa.
- Comprender las ideas básicas que están detrás de los algoritmos, sin tener que aprender necesariamente todos los detalles matemáticos.
- Ilustrar la resolución de problemas reales.
- Identificar la técnica o técnicas que se adapten a la solución del problema planteado.
- Tener la capacidad de construir programas que apliquen los métodos estudiados para la resolución de problemas reales.
- Interpretar correctamente los resultados obtenidos dentro del problema concreto.
- Proporcionar una base fundamental que permita al estudiante por sí mismo entender otras técnicas no recogidas en el curso y adaptarse a un campo en evolución permanente.

## 5.2. Temario de la asignatura

1. Programación Lineal
  - 1.1. Formulación de Modelos
  - 1.2. El Método del Simplex
  - 1.3. Dualidad
  - 1.4. Análisis de Sensibilidad
2. Análisis en Redes
  - 2.1. El Problema de Transporte
  - 2.2. El Problema de Transbordo
  - 2.3. El Problema de Asignación
  - 2.4. Secuenciación y Control en Redes
  - 2.5. Caminos de Longitud Mínima y Máxima
  - 2.6. Flujo Máximo en Redes
  - 2.7. Árbol de Máximo Alcance
3. Programación Entera
  - 3.1. Aplicaciones de Programación Entera
  - 3.2. Enumeración Exhaustiva e Implícita
  - 3.3. Ramificación y Acotación
  - 3.4. Programación Entera Mixta
  - 3.5. Programación 0-1
  - 3.6. Método de los Planos de Corte
4. Programación Lineal Multiobjetivo
  - 4.1. Introducción a la Programación Lineal Multiobjetivo
  - 4.2. Método del Simplex Multiobjetivo
  - 4.3. Método de las ponderaciones
  - 4.4. Método de las épsilon restricciones
  - 4.5. Programación por metas

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

Sem	Actividad en aula	Actividad en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	<b>Explicación de contenidos del Tema 1</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
2	<b>Explicación de contenidos del Tema 1</b> Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral			
3	<b>Resolución de ejercicios prácticos del Tema 1</b> Duración: 04:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
4	<b>Resolución de ejercicios prácticos del Tema 1</b> Duración: 04:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
5	<b>Explicación de contenidos del Tema 1</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Resolución de ejercicios prácticos del Tema 1</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
6	<b>Explicación de contenidos del Tema 1</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Resolución de ejercicios prácticos del Tema 1</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
7	<b>Resolución de ejercicios prácticos del Tema 1</b> Duración: 04:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			
8	<b>Explicación de contenidos del Tema 2</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas			<b>Examen Parcial I</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 02:00  <b>Realización y entrega de la 1ª Práctica en Grupo</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Presencial Duración: 00:00

9	<p><b>Explicación de contenidos del Tema 2</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Resolución de ejercicios prácticos del Tema 2</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
10	<p><b>Explicación de contenidos del Tema 2</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Resolución de ejercicios prácticos del Tema 2</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
11	<p><b>Resolución de ejercicios prácticos del Tema 2</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Explicación de contenidos del Tema 2</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
12	<p><b>Explicación de contenidos del Tema 3</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
13	<p><b>Resolución de ejercicios prácticos del Tema 3</b> Duración: 04:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
14	<p><b>Resolución de ejercicios prácticos del Tema 3</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Explicación de contenidos del Tema 4</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
15	<p><b>Explicación de contenidos del Tema 4</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Resolución de ejercicios prácticos del Tema 4</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>			
16				
17				<p><b>Realización y entrega de la 2ª Práctica en Grupo</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 00:00</p> <p><b>Examen Parcial II</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Presencial Duración: 03:00</p>



				<b>Realización y entrega de Práctica en Grupo</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación sólo prueba final No presencial Duración: 00:00 <b>Examen final</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 03:00
--	--	--	--	---

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

\* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.

## 7. Actividades y criterios de evaluación

### 7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 7.1.1. Evaluación (progresiva)

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
8	Examen Parcial I	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	30%	3 / 10	CE03 CE10 CB03 CB05 CG04
8	Realización y entrega de la 1ª Práctica en Grupo	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:00	20%	3 / 10	CE03 CE10 CG02 CB03 CB05 CG01 CG04
17	Realización y entrega de la 2ª Práctica en Grupo	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	20%	3 / 10	CG02 CB03 CB05 CG01 CE03 CE10 CG04
17	Examen Parcial II	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	30%	3 / 10	CE03 CE10 CB03 CB05 CG04

#### 7.1.2. Prueba evaluación global

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Realización y entrega de Práctica en Grupo	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	40%	5 / 10	CE03 CE10 CG02 CB03 CB05 CG01 CG04

17	Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	60%	5 / 10	CB03 CB05 CG04 CE03 CE10
----	--------------	-------------------------------------	------------	-------	-----	--------	--------------------------------------

### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Examen Extraordinario	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	03:00	60%	5 / 10	CB03 CB05 CG04 CE03 CE10
Realización y Entrega de la Práctica en Grupo	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	02:00	40%	5 / 10	CE03 CE10 CG02 CB03 CB05 CG01 CG04

## 7.2. Criterios de evaluación

La asignatura de Investigación Operativa se divide en una parte teórica y una parte práctica, siendo necesario superar ambas partes (sacar un nota de 5 o superior) por separado para aprobar la asignatura.

### Sistema de evaluación progresiva

La parte teórica se evaluará mediante dos parciales que cuentan, cada uno, con un peso del 30% de la asignatura. Para hacer media entre los exámenes se deberá haber obtenido una calificación de al menos un 3 en cada uno de ellos.

La parte práctica se evaluará en función de las dos memorias de las prácticas entregadas que se deberán realizar por grupos. Los detalles sobre las entregas se especificarán en el Moodle de la asignatura. Para hacer media entre las prácticas se deberá haber obtenido una calificación de al menos un 3 en cada una de ellas.

Si se ha obtenido una nota inferior a un 3 en el Examen Parcial I o en la 1ª Práctica en Grupo pierde la opción a aprobar mediante evaluación progresiva, pero se tiene derecho a presentarse a la prueba global en la Semana 17 (Exámenes). Sin embargo, si su nota está entre un 3 y un 5 puede optar entre continuar la evaluación progresiva o ser evaluado mediante la prueba final.

Para los alumnos que hayan aprobado ambas partes, teórica y práctica, su nota final será la que se obtenga de la media ponderada especificada arriba, siempre y cuando la media de cada parte sea, al menos, de 5.

### Sistema de evaluación global

La evaluación consistirá en un examen escrito y la entrega de una o dos prácticas.

Para el examen escrito hay que considerar la siguiente casuística:

1. Alumnos que han sacado menos de un 3 en el *Examen Parcial I*, o no se presentaron, deben presentarse al *Examen Final* (hay preguntas de todo el temario).
2. Alumnos que han sacado entre un 3 y un 5, [3,5), en el *Examen Parcial I* pueden optar entre presentarse al *Examen Parcial II* o al *Examen Final*.

3. Alumnos que han sacado un 5 o más en el *Examen Parcial I* deben presentarse al *Examen Parcial II*.

Para las prácticas hay que considerar la siguiente casuística:

1. Alumnos que han sacado menos de un 3 en la *1ª Práctica en Grupo*, o no la entregaron, deberán entregar la *1ª Práctica en Grupo* corregida y la *2ª Práctica en Grupo*.
2. Alumnos que han sacado entre un 3 y un 5, [3,5), en la *1ª Práctica en Grupo* deberán entregar la *2ª Práctica en Grupo* y podrán optar por entregar la *1ª Práctica en Grupo* corregida.
3. Alumnos que han sacado un 5 o más en la *1ª Práctica en Grupo* deben entregar la *2ª Práctica en Grupo*.

### **Sistema de evaluación extraordinario**

Las calificaciones de las actividades de evaluación superadas (con nota 5 o superior) serán guardadas durante el curso académico. Por lo tanto, para un alumno que no haya superado ninguna actividad de evaluación, la evaluación extraordinaria consistirá en un examen escrito que supondrá el 60% de la puntuación final y la entrega de una práctica que supone el 40% (que se corresponden, respectivamente, con los dos parciales y prácticas de la evaluación progresiva). Para los alumnos que no hayan superado alguna actividad de evaluación, la evaluación extraordinaria consistirá en un examen escrito para la recuperación de las actividades de evaluación por escrito no superadas o la entrega de las prácticas corregidas que no fueron evaluadas con un 5 o más.

## 8. Recursos didácticos

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
A. Mateos, S. Ríos Insua, A. Jiménez y Ángel J. Fernández, Investigación Operativa: Ejercicios y Aplicaciones, Fundación General de la Universidad Politécnica de Madrid, 2006.	Bibliografía	
S. Ríos Insua, A. Mateos, C. Bielza y A. Jiménez (2004), Investigación Operativa: Modelos Determinísticos y Estocásticos, Centro de Estudios Ramón Areces, Madrid.	Bibliografía	
S. Ríos Insua, D. Ríos Insua, A. Mateos, J. Martín y A. Jiménez (2006), Problemas de Investigación Operativa: Programación Lineal y Extensiones, RA-MA.	Bibliografía	
Kaufmann, A. (1972), Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones, Vol. I, II y III, CECSA, México.	Bibliografía	
H.A. Taha (2004), Investigación de Operaciones, Prentice Hall, México.	Bibliografía	
WinQSB (1998) Decision Support Software for MS/OM, Yih-Long Chang, Wiley, New York.	Bibliografía	
Sitio Moodle de la asignatura	Recursos web	<a href="https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/course/view.php?id=5837">https://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales/course/view.php?id=5837</a>

Método del Simplex	Recursos web	<a href="http://www.phpsimplex.com">http://www.phpsimplex.com</a>
--------------------	--------------	---

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura