



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros  
Informaticos

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**105000036 - Investigacion Operativa**

### PLAN DE ESTUDIOS

10II - Grado En Ingenieria Informatica

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2021/22 - 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>	105000036 - Investigacion Operativa
<b>No de créditos</b>	6 ECTS
<b>Carácter</b>	Optativa
<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>	10II - Grado en Ingenieria Informatica
<b>Centro responsable de la titulación</b>	10 - Escuela Tecnica Superior De Ingenieros Informaticos
<b>Curso académico</b>	2021-22

## 2. Profesorado

---

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

<b>Nombre</b>	<b>Despacho</b>	<b>Correo electrónico</b>	<b>Horario de tutorías</b> *
Antonio Jimenez Martin	2110	antonio.jimenez@upm.es	Sin horario.
Alfonso Mateos Caballero (Coordinador/a)	2110	alfonso.mateos@upm.es	Sin horario.

\* 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

- Algebra Lineal
- Probabilidades Y Estadística I
- Probabilidades Y Estadística II

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

El plan de estudios Grado en Ingeniería Informática no tiene definidos otros conocimientos previos para esta asignatura.

## 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 4.1. Competencias

CG-1/21 - Capacidad de resolución de problemas aplicando conocimientos de matemáticas, ciencias e ingeniería.

CG-6 - Capacidad de abstracción, análisis y síntesis

CG-7:10/16/17 - Capacidad para trabajar dentro de un equipo, organizando, planificando, tomando decisiones, negociando y resolviendo conflictos, relacionándose, y criticando y haciendo autocrítica

Ce 12/16 - Conocer los campos de aplicación de la informática, y tener una apreciación de la necesidad de poseer unos conocimientos técnicos profundos en ciertas áreas de aplicación; apreciación del grado de esta necesidad en, por lo menos, una situación.

Ce 19/20 - Conocimiento de los tipos apropiados de soluciones, y comprensión de la complejidad de los problemas informáticos y la viabilidad de su solución.

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA435 - Modelizar, resolver y analizar la sensibilidad de problemas de programación lineal continua

RA438 - Modelizar y resolver problemas de programación lineal multiobjetivo

RA436 - Modelizar y resolver con el método correspondiente distintos problemas de optimización en redes

RA437 - Modelizar y resolver problemas de programación lineal entera

## 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 presencial en aula	Actividad presencial 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		<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		<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		<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		<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>Explicación de contenidos del Tema 1</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<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 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<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 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	
7	<b>Resolución de ejercicios prácticos del Tema 1</b> Duración: 04:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		<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 LM: Actividad del tipo Lección Magistral		<b>Explicación de contenidos del Tema 2</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	<b>Realización de un test de preguntas múltiples del Tema 1</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua No presencial Duración: 02:00
9	<b>Explicación de contenidos del Tema 2</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Resolución de ejercicios prácticos del Tema 2</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas		<b>Explicación de contenidos del Tema 2</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral  <b>Resolución de ejercicios prácticos del Tema 2</b> Duración: 02:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas	

10	<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>		<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>	
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 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> <p><b>Explicación de contenidos del Tema 2</b> Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	
12	<p><b>Resolución de ejercicios prácticos 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>	<p><b>Realización de un test de preguntas múltiples del Tema 2</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua No presencial Duración: 02:00</p> <p><b>Realización y entrega de la 1ª Práctica en Grupo</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 00:00</p>
13	<p><b>Explicación de contenidos del Tema 3</b> Duración: 04:00 PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>		<p><b>Explicación de contenidos 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 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>		<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 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</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 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>		<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				<p><b>Realización de un test de preguntas múltiples de los Temas 3 y 4</b> ET: Técnica del tipo Prueba Telemática Evaluación continua No presencial Duración: 02:00</p> <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>

17				<b>Examen final</b> EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 02:00
----	--	--	--	---

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 continua

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
8	Realización de un test de preguntas múltiples del Tema 1	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	02:00	20%	3 / 10	CG-1/21 CG-6 Ce 12/16 Ce 19/20
12	Realización de un test de preguntas múltiples del Tema 2	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	02:00	20%	3 / 10	CG-1/21 CG-6 Ce 12/16 Ce 19/20
12	Realización y entrega de la 1ª Práctica en Grupo	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	20%	/ 10	CG-1/21 CG-6 CG-7:10/16/17 Ce 12/16
16	Realización de un test de preguntas múltiples de los Temas 3 y 4	ET: Técnica del tipo Prueba Telemática	No Presencial	02:00	20%	3 / 10	CG-1/21 Ce 12/16 Ce 19/20
16	Realización y entrega de la 2ª Práctica en Grupo	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	20%	/ 10	CG-6 CG-7:10/16/17 Ce 12/16 CG-1/21

#### 7.1.2. Evaluación sólo prueba final

Sem	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Examen final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Presencial	02:00	100%	/ 10	CG-1/21 CG-6 CG-7:10/16/17 Ce 12/16 Ce 19/20

#### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

## 7.2. Criterios de evaluación

Se describen a continuación los criterios de evaluación para los sistemas de evaluación considerados en la asignatura. El Sistema de evaluación continua será el que se aplicará con carácter general a todos los estudiantes que cursen la asignatura. La guía de aprendizaje se centra por tanto en este sistema y detalla sus actividades de evaluación en los apartados "Evaluación sumativa" y "Cronograma de la asignatura".

Sistema general de evaluación continua

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. La parte teórica se evaluará mediante tres tests, en las semanas 8, 12 y 16. La calificación de todos los tests de respuestas múltiples se obtendrá teniendo en cuenta que el número de preguntas que se considerarán como correctas serán:

Preguntas correctas = [respuestas acertadas - (respuestas no acertadas/(respuestas posibles -1))]

Las preguntas no contestadas no suman ni restan. Para hacer media entre los tests el alumno deberá haber obtenido una calificación de al menos un 3 en todos ellos.

La parte práctica se evaluará en función de las dos memorias de las prácticas entregadas, que se deberán realizar en grupos de tres alumnos, ser escritas con un editor de texto y entregadas en formato pdf. Para hacer media entre las prácticas el alumno deberá haber obtenido una calificación de al menos un 3 en ambas.

Para los alumnos que hayan aprobado ambas partes, teórica y práctica, su nota final será la que se obtenga de la media ponderada, con los pesos indicados en el cuadro de la evaluación sumativa, de todas las calificaciones obtenidas en cada uno de los apartados (tests y prácticas).

Los alumnos que no hayan aprobado ambas partes, se les hace la media ponderada, con los pesos indicados en el cuadro de la evaluación sumativa, de todas las calificaciones obtenidas en cada uno de los apartados (tests y prácticas). Si la media ponderada es 3 o superior a 3 tendrán derecho a realizar el examen de recuperación y su calificación será la obtenida en dicho examen. Sin embargo, si la media ponderada es inferior a 3 suspenden la asignatura con la nota media ponderada y no tendrán opción al examen de recuperación.

Las fechas de publicación de notas y revisión se notificarán en el enunciado del correspondiente examen. La revisión de exámenes se realizará mediante solicitud previa en las fechas que se determinen.

La convocatoria extraordinaria de julio consistirá en la realización de varios ejercicios relacionados con los diferentes temas impartidos en la asignatura y tendrá una duración mínima de 2 horas.

Las fechas de publicación de notas y revisión se notificarán en el enunciado del correspondiente examen. La revisión de exámenes se realizará mediante solicitud previa en las fechas que se determinen.

Sistema de evaluación mediante sólo prueba final

-----

En la convocatoria ordinaria, la elección entre el sistema de evaluación continua o el sistema de evaluación mediante sólo prueba final corresponde al estudiante. Quien desee seguir el sistema de evaluación mediante sólo prueba final, deberá OBLIGATORIAMENTE comunicarlo DURANTE LOS 15 PRIMEROS DÍAS a contar desde el inicio de la actividad docente de la asignatura, mediante escrito dirigido al Prof. Coordinador de la asignatura que entregará dentro del plazo establecido.

En dicho escrito deberá constar:

"D. \_\_\_\_\_ con DNI \_\_\_\_\_ y nº de matrícula \_\_\_\_\_,

SOLICITA:

Ser evaluado en este semestre mediante el sistema de evaluación mediante sólo prueba final establecido por las

siguientes asignaturas:

- Asignatura \_\_\_\_\_, titulación \_\_\_\_\_, curso \_\_\_\_\_

- ??..

Firmado:

"

Esta solicitud sólo se considerará a los efectos del semestre en curso. En posteriores semestres deberá necesariamente ser cursada de nuevo.

No obstante lo anterior, cuando exista causa sobrevenida y de fuerza mayor que justifique el cambio del proceso de evaluación, el estudiante que haya optado (por omisión) por el sistema de evaluación continua podrá solicitar al Tribunal de la Asignatura ser admitido en los exámenes y actividades de evaluación que configuran el sistema de evaluación mediante sólo prueba final. El tribunal de la asignatura, una vez analizadas las circunstancias que se hagan constar en la solicitud, dará respuesta al estudiante con la mayor antelación a la celebración del examen final que sea posible.

La información completa relativa a este sistema de evaluación puede encontrarla en el siguiente enlace : <http://www.fi.upm.es/?pagina=1147>

## 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, CECOSA, 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

La situación sanitaria causada por la pandemia COVID-19 obliga a restringir el aforo de las aulas y por ello se ha decidido que la docencia de este semestre sea de presencialidad mixta. Se establecerán turnos de presencialidad dentro de los grupos, de forma que cada semana un turno asistirá a clase en el aula (columna "actividad en el aula" del cronograma), mientras el resto de los turnos se conectarán a la clase en remoto (columna "tele-enseñanza"). Y cada semana será un turno diferente el que acuda al aula.

Si mejoraran las condiciones sanitarias y se pudieran impartir clases presenciales con normalidad, todos los alumnos acudirán a las aulas a recibir las clases indicadas en la columna "actividad en el aula".

Si, por el contrario, empeoraran las condiciones sanitarias, todos los alumnos pasarían a conectarse a las clases en remoto de la columna "tele-enseñanza". En esta situación las pruebas de evaluación continua presenciales previstas se realizarían de forma online, sin necesidad de modificar esta guía.

Informe que detalla la evolución de la implantación de los ODS en las asignaturas de la Universidad (<https://sostenibilidad.upm.es/wp-content/uploads/sites/759/2021/03/Sostenibilidad-estudios-oficiales-UPM-2020.pdf>) y otros aspectos sobre la Docencia de los ODS.