

# **Facultad de Ciencias**

## **Graduado/a en Matemáticas**

**GUÍA DOCENTE DE LA ASIGNATURA :**

**Programación Combinatoria**  
**(2024 - 2025)**

## 1. Datos descriptivos de la asignatura

Asignatura: Programación Combinatoria	Código: 549580908
<ul style="list-style-type: none"><li>- Centro: <b>Facultad de Ciencias</b></li><li>- Lugar de impartición: <b>Facultad de Ciencias</b></li><li>- Titulación: <b>Graduado/a en Matemáticas</b></li><li>- Plan de Estudios: <b>G058 (Publicado en 2019-11-27)</b></li><li>- Rama de conocimiento: <b>Ciencias</b></li><li>- Itinerario / Intensificación:</li><li>- Departamento/s: <b>Matemáticas, Estadística e Investigación Operativa</b></li><li>- Área/s de conocimiento: <b>Estadística e Investigación Operativa</b></li><li>- Curso: <b>4</b></li><li>- Carácter: <b>Optativa</b></li><li>- Duración: <b>Segundo cuatrimestre</b></li><li>- Créditos ECTS: <b>6,0</b></li><li>- Modalidad de impartición: <b>Presencial</b></li><li>- Horario: <b>Enlace al horario</b></li><li>- Dirección web de la asignatura: <b><a href="http://www.campusvirtual.ull.es">http://www.campusvirtual.ull.es</a></b></li><li>- Idioma: <b>Español/Inglés (75%/25%)</b></li></ul>	

## 2. Requisitos de matrícula y calificación

## 3. Profesorado que imparte la asignatura

Profesor/a Coordinador/a: <b>HIPOLITO HERNANDEZ PEREZ</b>
- Grupo: <b>Teoría, Prácticas en Aula y Prácticas Específicas</b>
<b>General</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Nombre: <b>HIPOLITO</b></li><li>- Apellido: <b>HERNANDEZ PEREZ</b></li><li>- Departamento: <b>Matemáticas, Estadística e Investigación Operativa</b></li><li>- Área de conocimiento: <b>Estadística e Investigación Operativa</b></li></ul>
<b>Contacto</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Teléfono 1: <b>922845245</b></li><li>- Teléfono 2:</li><li>- Correo electrónico: <b>hhperez@ull.es</b></li><li>- Correo alternativo: <b>hhperez@ull.edu.es</b></li><li>- Web: <b><a href="http://hhperez.webs.ull.es/">http://hhperez.webs.ull.es/</a></b></li></ul>
<b>Tutorías primer cuatrimestre:</b>

Desde	Hasta	Día	Hora inicial	Hora final	Localización	Despacho
Todo el cuatrimestre		Miércoles	14:00	16:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	87
Todo el cuatrimestre		Viernes	10:00	14:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	87

Observaciones: El horario y lugar de tutorías pueden sufrir modificaciones puntuales que serán debidamente comunicadas en tiempo y forma. Se recomienda enviar un correo electrónico al profesor el día antes de acudir a tutorías.

**Tutorías segundo cuatrimestre:**

Desde	Hasta	Día	Hora inicial	Hora final	Localización	Despacho
Todo el cuatrimestre		Miércoles	14:00	16:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	87
Todo el cuatrimestre		Viernes	10:00	14:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	87

Observaciones: El horario y lugar de tutorías pueden sufrir modificaciones puntuales que serán debidamente comunicadas en tiempo y forma. Se recomienda enviar un correo electrónico al profesor el día antes de acudir a tutorías.

**Profesor/a: JUAN JOSE SALAZAR GONZALEZ**

- Grupo: **Teoría, Prácticas en Aula y Prácticas Específicas**

**General**

- Nombre: **JUAN JOSE**
- Apellido: **SALAZAR GONZALEZ**
- Departamento: **Matemáticas, Estadística e Investigación Operativa**
- Área de conocimiento: **Estadística e Investigación Operativa**

**Contacto**

- Teléfono 1: **922318184**
- Teléfono 2:
- Correo electrónico: **jjsalaza@ull.es**
- Correo alternativo:
- Web: **http://jjsalaza.webs.ull.es**

**Tutorías primer cuatrimestre:**

Desde	Hasta	Día	Hora inicial	Hora final	Localización	Despacho
-------	-------	-----	--------------	------------	--------------	----------

Todo el cuatrimestre		Lunes	09:00	12:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	93
Todo el cuatrimestre		Martes	09:00	12:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	93

Observaciones: Se atienden también tutorías via Skype con "juanjososalazar" o Hangouts, o via email con "jjsalaza@ull.es".

**Tutorías segundo cuatrimestre:**

Desde	Hasta	Día	Hora inicial	Hora final	Localización	Despacho
Todo el cuatrimestre		Lunes	09:00	12:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	93
Todo el cuatrimestre		Martes	09:00	12:00	Edificio de Física y Matemáticas - AN.2B	93

Observaciones: Se atienden también tutorías via Skype con "juanjososalazar" o Hangouts, o via email con "jjsalaza@ull.es".

#### 4. Contextualización de la asignatura en el plan de estudio

Bloque formativo al que pertenece la asignatura: **Estadística e Investigación Operativa**  
Perfil profesional: **Graduado/a en Matemáticas**

#### 5. Competencias

##### Generales

**CG1** - Conocer la naturaleza, métodos y fines de los distintos campos de la Matemática junto con cierta perspectiva histórica de su desarrollo.

**CG2** - Reconocer la presencia de la Matemática subyacente en la Naturaleza, en la Ciencia, en la Tecnología y en el Arte. Reconocer a la Matemática como parte integrante de la Educación y la Cultura.

**CG5** - Preparar para posteriores estudios especializados, tanto en una disciplina matemática como en cualquiera de las ciencias que requieran buenos fundamentos matemáticos.

##### Básicas

**CB3** - 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.

### Específicas

**CE6** - Proponer, analizar, validar e interpretar modelos de situaciones reales sencillas, utilizando las herramientas matemáticas más adecuadas a los fines que se persigan.

**CE8** - Utilizar aplicaciones informáticas de análisis estadístico, cálculo numérico y simbólico, visualización gráfica, optimización u otras para experimentar en Matemáticas y resolver problemas.

## 6. Contenidos de la asignatura

### Contenidos teóricos y prácticos de la asignatura

Tema 1: Introducción a la Optimización Combinatoria. Problemas Clásicos

- 1.1 Introducción a la Optimización Combinatoria
- 1.2 Problemas Clásicos de Optimización Combinatoria (asignación, transporte, etc.)
- 1.3 Problemas de localización

Tema 2: Problemas de rutas

- 2.1 Problema del viajante de comercio
- 2.2 Variantes del problema del viajante de comercio
- 2.3 Problemas con carga de mercancía
- 2.4 Problemas con varios vehículos
- 2.5 Métodos de resolución del problema del viajante de comercio y otros problemas de optimización combinatoria

Tema 3: Problemas de logística: telecomunicaciones, planificación y cadena de suministros

- 3.1 Problemas de telecomunicaciones
- 3.2 Problemas de planificación
- 3.3 Problemas de cadenas de suministros

### Actividades a desarrollar en otro idioma

Uso de vocabulario en inglés en la presentación de los principales conceptos y otros contenidos de la asignatura.

Enunciado en inglés de algunos ejercicios propuestos.

Consulta de bibliografía y otros contenidos (páginas webs, manuales, vídeos, etc.) en inglés.

Presentación (total o parcialmente) de informes de prácticas de laboratorio en inglés.

## 7. Metodología y volumen de trabajo del estudiante

### Descripción

Cada alumno recibirá 30 horas de clases teóricas/magistrales donde se introducirán los conceptos básicos, se describirán problemas y se explicarán métodos de resolución de los problemas de Programación Combinatoria, y 27 horas de clases de prácticas en el aula o en el laboratorio informático. Durante las prácticas de aula se propondrán problemas para que el alumno adquiera destreza en el planteamiento y técnicas de resolución de problemas de Programación Combinatoria. Mientras que, en las prácticas informáticas, se empleará algún programa que permita resolver problemas de rutas,

flujos, localización y logísticos, como pueden ser Python y las librerías para resolver modelos de programación entera mixta. La actividad presencial se completa con 3 horas de realización de pruebas evaluativas. Además de la actividad presencial, el alumno debe realizar un trabajo autónomo para preparar las clases teóricas y prácticas, así como para la preparación de las pruebas de evaluación.

El uso de **la inteligencia artificial** es recomendable para el trabajo autónomo o en grupo del alumnado, pero **no está permitida en las pruebas evaluativas en aula**.

**Actividades formativas en créditos ECTS, su metodología de enseñanza-aprendizaje y su relación con las competencias que debe adquirir el estudiante**

Actividades formativas	Horas presenciales	Horas de trabajo autónomo	Total horas	Relación con competencias
Clases teóricas	30,00	0,00	30,0	[CG5], [CB3], [CG1], [CG2]
Clases prácticas (aula / sala de demostraciones / prácticas laboratorio)	27,00	0,00	27,0	[CE6], [CB3], [CE8]
Estudio/preparación de clases teóricas	0,00	34,00	34,0	[CG5], [CB3], [CG1], [CG2]
Estudio/preparación de clases prácticas	0,00	33,50	33,5	[CG5], [CB3], [CE8], [CE6], [CG1], [CG2]
Preparación de exámenes	0,00	22,50	22,5	[CG5], [CB3], [CE8], [CE6], [CG1], [CG2]
Realización de exámenes	3,00	0,00	3,0	[CG5], [CB3], [CE8], [CE6], [CG1], [CG2]
Total horas	60,00	90,00	150,00	
		Total ECTS	6,00	

## 8. Bibliografía / Recursos

### Bibliografía Básica

“Programación Matemática”, Ed. Diaz de Santos, J.J. Salazar González (2001). (ISBN:84-7978-504-7).

### Bibliografía Complementaria

“The Traveling Salesman Problem and its variations”, Gregory Gutin, Abraham P. Punnen (2002)

“Combinatorial Optimization. Theory and Algorithms”, Bernhard Korte, Jens Vygen (2010). (ISBN 3-540-67226-5).

“Logistics”, David Bloomberg, Stephen LeMay y Joe B. Hanna (2002). (ISBN 978-0130101945)

“Vehicle routing: Problems, Methods, and Applications”. Second Edition. Paolo Toth, Daniele Vigo. MOS-SIAM Series

on Optimization. 2014.

#### Otros Recursos

Google Colab (para programar en Python). <https://colab.research.google.com/notebooks/intro.ipynb>  
Plataforma de docencia virtual de la universidad

## 9. Sistema de evaluación y calificación

### Descripción

El procedimiento de evaluación está regulado por lo dispuesto en la Memoria de Modificación del Grado en Matemáticas y por el vigente Reglamento de Evaluación y Calificación (REC) de la ULL.

**En la primera convocatoria**, la adquisición de conocimientos y competencias se verificará mediante dos modalidades de evaluación: continua o única. Todo el alumnado está sujeto a evaluación continua, salvo quienes se acojan a la evaluación única. Para que el estudiante pueda optar a la evaluación única deberá comunicarlo a través del procedimiento habilitado en el aula virtual de la asignatura antes de la finalización del periodo de docencia del segundo cuatrimestre.

#### \* Modalidad evaluación continua:

La evaluación continua está constituida por las siguientes pruebas:

- **Prácticas de laboratorio:** Constituye un 30% de la nota final de la asignatura. Se planteará al alumnado 3 problemas reales (10% de la nota final cada uno) que deberán resolver por medio de programas informáticos. Para evaluarlo se tendrá en cuenta el código (junto con los comentarios) entregado y la capacidad para modificarlo cuando se cambian ligeramente las condiciones del problema.
- **Participación del alumno en las sesiones presenciales:** Supone un 10% de la nota final. Se evaluará la participación del alumno en clases (ejercicios realizados, contestación de preguntas, participación en las clases de laboratorio, etc.).
- **Pruebas escritas teórico/prácticas.** A lo largo del cuatrimestre se realizarán 3 pruebas escritas (que podemos denominar **seguimientos**) de los contenidos teórico-prácticos de la asignatura. Estas pruebas supondrán el 60% de la nota de la asignatura (20% cada prueba).

Se reflejará la calificación en el acta desde que el alumnado se presente, al menos, a las actividades cuya ponderación compute el 60% de la evaluación continua. En caso contrario será calificado en el acta con un "No presentado", a no ser que haya optado por la evaluación única.

#### \*Modalidad evaluación única:

Realización del examen en la fecha que el Centro ha fijado para esta modalidad. Se establece que en la evaluación única NO se mantiene ninguna de las pruebas de evaluación continua. Los estudiantes que se evalúen por esta modalidad, además del examen de desarrollo (70% de la nota final), deben realizar una prueba que permita evaluar la capacidad para resolver problemas de optimización combinatoria mediante una herramienta informática (30% de la nota final).

**En la segunda convocatoria:** los alumnos que no superaron la asignatura por la modalidad continua en la primera convocatoria, tienen la posibilidad de recuperar la parte de pruebas escritas teórico/prácticas o seguimientos no superados. En todo caso, todos los alumnos tienen la opción de superar la asignatura por la modalidad de evaluación única, con las mismas particularidades que las reflejadas en la primera convocatoria. Ambas se realizarán en la fecha y hora que el Centro le ha asignado dentro del periodo oficial destinado a las dos evaluaciones de la segunda convocatoria.

El alumnado que se encuentre en la quinta o posteriores convocatorias y desee ser evaluado por un Tribunal, deberá presentar una solicitud a través del procedimiento habilitado en la sede electrónica, dirigida a la Decana de Ciencias. Dicha solicitud deberá realizarse con una antelación mínima de diez días hábiles al comienzo del periodo de exámenes.

#### Estrategia Evaluativa

Tipo de prueba	Competencias	Criterios	Ponderación
Pruebas de desarrollo	[CB3], [CG2], [CG1], [CG5], [CE6]	Demostrar la capacidad de plantear, resolver y extraer conclusiones de los problemas planteados. Enmarca a las tres pruebas teórico/prácticas de la Evaluación continua, cada una con una ponderación del 20%. <b>Nota:</b> En la Evaluación única este apartado tiene un peso de un 70% (debido a que las Técnicas de observación no se recogen en la Evaluación única).	60,00 %
Técnicas de observación	[CG2], [CB3], [CE6], [CG5], [CE8], [CG1]	Demostrar la capacidad de observación y crítica de modelos, métodos de resolución, etc., en problemas de optimización combinatoria planteados en las clases teóricas y prácticas. <b>Nota:</b> Este apartado solo se considera para aquellos alumnos que se evalúan por Evaluación continua.	10,00 %
Pruebas de ejecución de tareas reales y/o simuladas	[CG2], [CB3], [CE6], [CG5], [CE8], [CG1]	Demostrar la iniciativa, creatividad y destreza en el planteamiento y resolución de problemas prácticos de optimización combinatoria. Demostrar la habilidad en el uso de herramientas computacionales en la resolución de problemas de optimización combinatoria. Enmarca a los 3 problemas reales (10% de la nota final cada uno) que deberán resolver, por medio de programas informáticos, en la Evaluación continua. <b>Nota:</b> En el caso de Evaluación única se realizará una prueba en las fechas fijada para esta modalidad, en el que se demuestren estas destrezas.	30,00 %

#### 10. Resultados de Aprendizaje

Después de realizar esta asignatura el alumnado será capaz de:

- Saber formalizar matemáticamente problemas de Optimización Combinatoria.

- Conocer distintas metodologías para resolver dichos problemas, tales como la generación dinámica de restricciones en modelos lineales.
- Profundizar en los aspectos computacionales de los distintos métodos utilizados y aplicar los algoritmos estudiados a la resolución de distintos problemas relevantes de la Optimización Combinatoria.

## 11. Cronograma / calendario de la asignatura

### Descripción

Con carácter general, el alumno durante el cuatrimestre recibe cada semana dos horas de teoría y dos horas de clases prácticas. Las clases prácticas se dividen entre clases prácticas en el aula (que también llamamos clases de problemas) y clases prácticas en el aula de informática. Aproximadamente, de las 27 clases prácticas, 12 serán clases de problemas y 15 clases prácticas en el aula de informática. Además, a pesar de que las clases teóricas suponen la mitad de la docencia presencial, la asignatura es eminentemente práctica por lo que las horas de teoría serán ilustradas con ejemplos prácticos. A continuación se muestra el Cronograma de la asignatura junto con las pruebas evaluativas de la evaluación continua. El examen para el caso de la modalidad de evaluación única ha sido fijado por el Centro.

La distribución de los temas y de actividades de enseñanza aprendizaje por semana es orientativo, puede sufrir cambios según las necesidades de organización docente.

Se recomienda que el trabajo autónomo del alumno se realice semanalmente de forma proporcional a la docencia presencial.

Segundo cuatrimestre					
Semana	Temas	Actividades de enseñanza aprendizaje	Horas de trabajo presencial	Horas de trabajo autónomo	Total
Semana 1:	Tema 1.	Presenciales: 4 horas teóricas.	4.00	4.00	8.00
Semana 2:	Tema 1.	Presenciales: 4 horas teóricas + 2 horas de problemas.	6.00	8.00	14.00
Semana 3:	Tema 1.	Presenciales: 1 hora teórica + 1 hora de problemas + 2 horas de prácticas en aula de informática.	5.00	8.00	13.00
Semana 4:	Tema 1.	Presenciales: 3 horas teóricas + 1 hora de problemas.	4.00	6.00	10.00
Semana 5:	Tema 1.	Presenciales: 1 horas teórica + Primer Seguimiento + 2 horas de problemas.	5.00	8.00	13.00
Semana 6:	Tema 2.	Presenciales: 3 horas teóricas + 1 horas de problemas.	4.00	6.00	10.00
Semana 7:	Tema 2.	Presenciales: 2 horas teóricas + 2 horas de prácticas en aula de informática (y entrega de práctica1).	4.00	6.00	10.00

Semana 8:	Tema 2.	Presenciales: 2 horas teóricas + 2 horas de prácticas en aula de informática.	4.00	6.00	10.00
Semana 9:	Tema 2.	Presenciales: 1 hora teórica + Segundo Seguimiento + 2 horas de problemas.	5.00	8.00	13.00
Semana 10:	Tema 2 y 3.	Presenciales: 4 horas teóricas.	4.00	4.00	8.00
Semana 11:	Tema 3.	Presenciales: 2 horas de problemas + 2 horas de prácticas en aula de informática (y entrega de la práctica 2).	4.00	8.00	12.00
Semana 12:	Tema 3.	Presenciales: 2 horas teóricas + 2 horas de prácticas en aula de informática.	4.00	6.00	10.00
Semana 13:	Tema 3.	Presenciales: 1 hora teórica + Tercer Seguimiento	3.00	4.00	7.00
Semana 14:	Tema 3.	Presenciales: 2 horas de problemas + 2 horas de prácticas en aula informática (y entrega de la práctica 3)	4.00	8.00	12.00
Semana 15 a 17:		Prueba final (para evaluación única, 3 horas)	0.00	0.00	0.00
Total			60.00	90.00	150.00