

Tipo de asignatura (básica, obligatoria u optativa)

Optativa

Créditos ECTS

6

Competencias que contribuye a desarrollar

Generales

- G1. Capacidad para la gestión de la información: Incluye la capacidad para la búsqueda, manejo y exposición de información relevante de diversas fuentes, así como el manejo de las herramientas TIC necesarias.
- G2. Capacidad para la abstracción y el razonamiento crítico: El modelado y análisis de datos de problemas reales exige una elevada capacidad de abstracción, y el razonamiento crítico es necesario para hacer interpretaciones y establecer conclusiones y soluciones con rigor científico.
- G3. Capacidad para la puesta al día y el auto-aprendizaje: Incluye la capacidad para la búsqueda de recursos que permitan la solución de nuevos problemas o de nuevas técnicas, en un medio científico y tecnológico en continua evolución.

Específicas

- E1. Recogida y tratamiento de datos: Incluye la capacidad para decidir sobre el diseño del procedimiento de obtención de datos. Capacidad para la búsqueda de información de fuentes diversas y para la elaboración de cuestionarios. Dominio en el manejo de bases de datos y en el tratamiento y depuración de los mismos.
- E3. Ajuste de modelos estadísticos y de investigación operativa: Incluye la capacidad para crear o reconocer un modelo adecuado al problema objeto de estudio. Capacidad para el ajuste del modelo mediante las herramientas estadísticas e informáticas adecuadas.
- E4. Análisis de resultados, interpretación y validación de modelos: Incluye la capacidad para la selección y validación de un modelo. Capacidad para la interpretación de los modelos ajustados y las diferencias entre ellos. Empleo de herramientas informáticas específicas.
- E5. Extracción de conclusiones: Incluye la capacidad para interpretar los resultados del ajuste de un modelo seleccionado en términos del problema objeto de estudio, evaluando su utilidad y/o proponiendo la necesidad de otras orientaciones del estudio.
- E6. Presentación y comunicación de resultados: Incluye la capacidad para presentar los resultados de los análisis realizados, junto a las posibles soluciones a los problemas planteados por los demandantes del estudio en contextos diversos.
- E7. Dominio de conceptos y herramientas informáticas a nivel de usuario avanzado: programación, sistemas operativos, algoritmos, computación, inteligencia artificial, aprendizaje automático, almacenes y minería de datos, etc.

Transversales

Instrumentales

- I1. Capacidad de análisis y síntesis
- I2. Capacidad de gestión de la información
- I3. Capacidad de organización y planificación
- I4. Conocimientos de informática relativos al ámbito de estudio
- I5. Resolución de problemas
- I6. Comunicación oral y escrita en lengua nativa
- I7. Conocimiento de lenguas extranjeras
- I8. Toma de decisiones

Personales

- P2. Razonamiento crítico

P3. Habilidades en las relaciones interpersonales

P4. Compromiso ético

Sistémicas

S1. Aprendizaje autónomo

S2. Adaptación a nuevas situaciones

S3. Motivación por el trabajo bien hecho

S4. Iniciativa y espíritu emprendedor

S5. Creatividad

## Objetivos/Resultados de aprendizaje

Modelizar y analizar problemas de optimización no lineal, dinámica, financiera y de sistemas de colas, y problemas de eficiencia. Manejar técnicas de resolución para los problemas modelizados. Adquirir capacidad para analizar las soluciones. Implementar los modelos estudiados mediante software especializado.

## Contenidos

La propuesta que se expone a continuación recoge los contenidos mínimos que el alumno seguirá a lo largo de cada tema. Al final de estos contenidos mínimos se expone la bibliografía básica que se propone para el tema, así como los ejercicios más pertinentes y el tiempo de dedicación a clases teórico-prácticas.

El profesor completará las explicaciones teóricas con algunos ejemplos y los alumnos trabajarán la realización de ejercicios propuestos. Algunos serán corregidos con clases prácticas con la participación de los alumnos. Les será entregado el material correspondiente. Éste consistirá, aproximadamente en: esquemas teóricos, apuntes de AMPL y WinQSB, y listas de ejercicios propuestos.

Temas a desarrollar:

Parte 1: Programación no lineal

1.- Introducción a la programación no lineal

- Introducción. Necesidad de la programación no lineal
- Formulación de modelos básicos de programación no lineal

Clases en el aula: 1 h de teoría y 1 h de problemas

2.-Formulación, clasificación y resolución gráfica de problemas de programación matemática

- Formulación general de un problema de programación matemática
- Clasificación de los problemas de programación matemática
- Resolución gráfica de programas matemáticos

Clases en el aula: 1 h de teoría y 1 h de problemas. Clases prácticas de laboratorio con AMPL: 1 h

3.- Optimización de funciones

- Extremos locales y globales
- Optimización en compactos Teorema de Weierstrass
- Optimización y convexidad: conjuntos convexos, funciones cóncavas y convexas, relación entre convexidad conjuntista y funcional, caracterización de funciones cóncavas y convexas de clases  $C^1$  y  $C^2$ . Teorema local-global

Clases en el aula: 2 h de teoría y 2 h de problemas. Clases prácticas de laboratorio con AMPL: 2 h

4.-Modelos de optimización en varias variables

- Optimización sin restricciones: condiciones de primer orden, punto crítico y punto de silla, condiciones de segundo orden, condiciones de optimalidad en programas convexos, métodos numéricos, modelos y software
- Optimización con restricciones de igualdad: método de eliminación de restricciones, teorema de Lagrange, condiciones de segundo orden, interpretación económica de los multiplicadores de Lagrange, modelos y software
- Optimización con restricciones de desigualdad: planteamiento del problema, teorema de Kuhn-Tucker, condiciones de segundo orden, interpretación económica de los multiplicadores de Kuhn-Tucker, métodos numéricos, modelos y software

Clases en el aula: 3 h de teoría y 3 h de problemas. Clases prácticas de laboratorio con AMPL: 3 h

Prueba parcial (PNL): problemas de carácter práctico (temas 1-4)

Parte 2: Programación dinámica

5.- Introducción a la programación dinámica

- Orígenes de la programación dinámica
- Formulación de problemas de programación dinámica

Clases en el aula: 1 h de teoría

6.- Programación dinámica en tiempo discreto

- Planteamiento del problema
- Métodos de resolución: por programación matemática, por programación dinámica (ecuaciones de Bellman y principio de optimalidad) y por el principio del máximo de Pontryagin en tiempo discreto

• Aplicaciones y software: recursos naturales, producción, acumulación de capital, transporte, rutas, inventario  
Clases en el aula: 2 h de teoría y 1 h de problemas. Clases prácticas de laboratorio: 2 h

#### 7.- Programación dinámica en tiempo continuo

- Planteamiento del problema
- Condiciones necesarias de optimalidad: principio del máximo de Pontryagin
- Condiciones suficientes de optimalidad: de Mangasarian y de Arrow
- Función valor óptimo. Interpretación económica de las variables adjuntas
- Principio de la programación dinámica. Ecuación de Hamilton-Jacobi-Bellman
- Problemas especiales: control bang-bang y problema lineal cuadrático

Clases en el aula: 2 h de teoría y 2 h de problemas.

Trabajo, primera parte (PD): problemas de carácter práctico (temas 5-7)

Parte 3: Optimización en Finanzas

#### 8.- Optimización de carteras

- Introducción a los mercados financieros
- Carteras de inversiones: rendimiento, riesgo, ratio de Sharpe, modelos básicos de optimización
- Modelo de Markowitz, frontera eficiente de rentabilidad riesgo
- Implementación de modelos con datos reales usando programación multiobjetivo

Clases en el aula: 3 h de teoría y 2 h de problemas. Clases prácticas de laboratorio con AMPL: 5 h

Trabajo, segunda parte (OF) + exposición oral: desarrollo de un modelo con datos reales con obtención de la frontera eficiente (tema 8)

Parte 4: Optimización en sistemas de colas

#### 9.- Optimización en modelos básicos de colas

- Terminología en teoría de colas. Notación de Kendall-Lee. Modelado de los procesos de llegada y servicio.
- Sistema de colas de Poisson generalizado.
- Modelos sencillos de colas simples: sistemas especializados de Poisson (con población infinita y con población finita) y otros sistemas de colas.
- Redes de colas.
- Costes asociados y optimización de un sistema de colas.

Clases en el aula: 2 h de teoría y 4 h de problemas. Clases prácticas de laboratorio con WinQSB: 4 h

Prueba parcial (OSC): optimización en modelos de colas, con parte práctica con WinQSB

Parte 5: Análisis envolvente de datos

#### 10.- Introducción al análisis envolvente de datos

- Eficiencia técnica y eficiencia asignativa. Algunos hitos en la medición de la eficiencia. La perspectiva envolvente. La perspectiva fraccional
- Modelos de DEA básicos: modelos CCR y BCC, orientaciones input y output, propiedades básicas
- Otras características de DEA: análisis de holguras (orientación input, orientación output y orientación input-output) y modelos asociados, supereficiencia (objetivo, modelos y propiedades básicas)

Clases en el aula: 3 h de teoría y 3 h de problemas. Clases prácticas de laboratorio con AMPL: 4 h

## Principios Metodológicos/Métodos Docentes

### Métodos docentes

La asignatura se desarrollará mediante la realización de diversas actividades: clases en el aula (tanto teóricas como de problemas), clases prácticas en el laboratorio de informática, realización un trabajo individual con exposición oral, tutorías individualizadas, dos pruebas parciales y examen final.

Todas las actividades tienen como objetivo principal el de potenciar el aprendizaje de los alumnos, facilitando la adquisición de cuantos conocimientos y competencias precise. Las diferentes actividades estarán sujetas a un proceso de evaluación continua, y algunas permitirán dar la certificación necesaria del aprendizaje. Véase el apartado dedicado a la evaluación del aprendizaje.

El profesor pondrá a disposición de los alumnos diverso material a través del campus virtual de la UVA en la plataforma Moodle.

### Plan de trabajo

A continuación se detallan las diferentes actividades que se realizarán a lo largo del curso en el ámbito de la asignatura.

Clases:

- Se expondrán los primeros conceptos de programación no lineal y de optimización dinámica. Se aplicarán

diversos modelos a problemas reales de distintos ámbitos.

- La teoría básica necesaria será expuesta en clase por el profesor de la asignatura y se ilustrará continuamente su aplicación mediante ejemplos, lo cual llevará a que no podamos diferenciar claramente entre clases de teoría y clases prácticas. No obstante, podemos estimar que la "teoría" ocupará un 40% del tiempo dedicado a las clases.

- Las clases prácticas serán clases de problemas, donde el profesor junto con los estudiantes corregirá los problemas propuestos, y prácticas en el aula de informática, donde se plantearán y resolverán modelos de optimización con AMPL y WinQSB. Estas clases supondrán el 60% del tiempo dedicado a las clases.

- La participación activa de los alumnos será necesaria en todos los casos, ya se trate de clases de teoría o de prácticas.

Pruebas parciales:

- Se realizarán dos pruebas parciales, una de la parte 1 (optimización no lineal) y otra de la parte 4 (optimización en sistemas de colas).

Trabajo:

- Se realizará un trabajo que tendrá dos partes: optimización dinámica y optimización de carteras. La última incluirá una exposición oral pública. Este trabajo consistirá en la realización de uno o varios problemas, sobre los temas 5-7, y sobre la implementación de un modelo relacionado con el tema 8.

- El trabajo será individual, aunque la tarea sea la misma para todos los alumnos. Se podrán requerir a los alumnos cuantas explicaciones se consideren oportunas. Inmediatamente después de la fecha de entrega del trabajo los alumnos tendrán a su disposición las soluciones de los problemas propuestos, así como su trabajo, debidamente corregido y calificado.

Examen final:

- El examen consistirá en varios problemas prácticos sobre el manejo de modelos de Programación No Lineal, de Programación Dinámica, de Optimización Financiera, de Optimización en Sistemas de Colas y de DEA; algunos se resolverán en el aula de informática, con AMPL o WinQSB. Por supuesto estará muy relacionado con las actividades realizadas: pruebas, trabajo y prácticas informáticas.

- Convocatoria ordinaria: 15 de junio de 2015. Convocatoria extraordinaria: 14 de julio de 2015

Tutorías:

- Las tutorías individualizadas podrán ser atendidas en la Facultad de Ciencias los lunes de 10:00 a 13:00, los miércoles de 13:00 a 14:00 y los viernes 10:00 a 12:00, o a cualquier otra hora, previa cita con el profesor.

- Algunas horas de tutoría se dedicarán a la entrega y explicación de los trabajos realizados por los alumnos.

Asimismo será en horas de tutorías cuando los alumnos reciban el trabajo y las pruebas, tras su revisión y evaluación por el profesor. Se indicará el horario de cada actividad oportunamente.

Se informará de contenidos y fechas de realización de cada actividad de la asignatura mediante la página Web del Grado en Estadística y en el campus virtual con al menos una semana de antelación.

## Criterios y sistemas de evaluación

Se consideran dos sistemas de evaluación:

1) El sistema de evaluación continua: en la evaluación se tendrán en cuenta el trabajo entregado, la exposición oral, las pruebas y el examen final. No se tendrá en cuenta para la evaluación la asistencia a clase, si bien será necesario realizar las actividades evaluables.

2) La evaluación se basa únicamente en el examen final.

Tanto en la convocatoria ordinaria como en la extraordinaria, el estudiante puede elegir uno de los dos sistemas anteriores, es decir, su calificación es la máxima obtenida con los dos sistemas considerados.

Convocatorias ordinaria y extraordinaria: La nota final es la nota máxima obtenida usando los dos procedimientos siguientes.

1. Evaluación continua:

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO

PESO EN LA NOTA FINAL

OBSERVACIONES

Prueba de programación no lineal (PNL)

20%

Trabajo de programación dinámica (PD) + optimización en finanzas (OF), con exposición

20%

Prueba de optimización en sistemas de colas (OSC)

10%

Examen final

50%

El peso es 100% si la calificación obtenida es inferior a 4 puntos sobre 10

2. Sólo examen final:

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO

PESO EN LA NOTA FINAL  
OBSERVACIONES  
Examen final  
100%

### Recursos de aprendizaje y apoyo tutorial

Toda la bibliografía recomendada está a disposición de los alumnos, tanto en la biblioteca de la Facultad como en la biblioteca del Departamento de Estadística.

En el campus virtual UVA, <http://campusvirtual.uva.es>, se encuentra a disposición de los alumnos diverso material de la asignatura (incluyendo apuntes teóricos y listas de problemas) que será utilizado extensamente a lo largo del curso.

### Calendario y horario

Ver <http://www.eio.uva.es/docencia/grado/>

### Tabla de Dedicación del Estudiante a la Asignatura/Plan de Trabajo

#### ACTIVIDADES PRESENCIALES

HORAS

#### ACTIVIDADES NO PRESENCIALES

HORAS

Clases de teoría de aula

24

Estudio y trabajo personal

50

Clases de problemas de aula

12

Elaboración de trabajos

16

Clases de laboratorio

12

Preparación de presentaciones orales

4

Tutorías personalizadas

6

Trabajo personal en laboratorio

20

Presentación de trabajos

1

Evaluación

5

Total presencial

60

Total no presencial

90

Responsable de la docencia (recomendable que se incluya información de contacto y breve CV en el que aparezcan sus líneas de investigación y alguna publicación relevante)

Ricardo Josa Fombellida

Profesor Titular de Universidad

Departamento de Estadística e Investigación Operativa e Instituto de Matemáticas

Más información: <http://www.eio.uva.es/~ricardo/>

