

**Proyecto/Guía docente de la asignatura**

<b>Asignatura</b>	Introducción a la Investigación Operativa		
<b>Materia</b>	Matemática Discreta y Optimización		
<b>Módulo</b>	Rama de Ciencias		
<b>Titulación</b>	Grado de Matemáticas, Programa de Estudios Conjunto de Grado en Física y Grado en Matemáticas, Programa de Estudios Conjunto de Grado de Ingeniería Informática de Servicios y Aplicaciones y de Grado en Matemáticas- Infomat (VA), Programa de Estudios Conjunto de Grado de Ingeniería Informática de Servicios y Aplicaciones y de Grado en Matemáticas- Infomat (SG).		
<b>Plan</b>	394, 563, 5471, 5472	<b>Código</b>	40006
<b>Periodo de impartición</b>	2º cuatrimestre	<b>Tipo/Carácter</b>	Básica
<b>Nivel/Ciclo</b>		<b>Curso</b>	1º (excepto plan 5472)
<b>Créditos ECTS</b>	6		
<b>Lengua en que se imparte</b>	Español. Se manejarán materiales y programas informáticos en inglés.		
<b>Profesor/es responsable/s</b>	Pedro César Álvarez Esteban		
<b>Datos de contacto (E-mail, teléfono...)</b>	<a href="mailto:pedrocesar.alvarez@uva.es">pedrocesar.alvarez@uva.es</a>		
<b>Departamento</b>	Estadística e Investigación Operativa		



## 1. Situación / Sentido de la Asignatura

---

### 1.1 Contextualización

---

Las asignaturas del Plan de Estudios del Grado se han agrupado en materias, entendidas éstas como unidades académicas coherentes desde el punto de vista disciplinar y formativo que aglutinan diferentes asignaturas. La formación matemática integral comprende por un lado la adquisición lenta, gradual, de las competencias propias del quehacer y del pensamiento matemático, que son universales y comunes a todas las disciplinas de las matemáticas, y el dominio del lenguaje y de los métodos de las disciplinas fundamentales de las Matemáticas. Es este dominio conjunto de las disciplinas fundamentales las que dotan al matemático de la versatilidad para abordar los problemas desde diferentes planteamientos, capacitándole para adaptarse a un gran número de situaciones. Es por ello que la unidad disciplinar es uno de los criterios organizadores de las materias. Asimismo se distinguen materias por su carácter fundamental y formativo en los primeros estadios de la formación matemática, de materias más avanzadas que determinan una determinada orientación o especialización. De esta manera se facilita una visión a la vez horizontal y vertical del plan de estudios, que permite ver de forma clara y eficaz la coherencia de los objetivos de la formación. El abanico disciplinar de las Matemáticas se recorre en la denominación de las siguientes materias del Plan de Estudios: Cálculo Diferencial e Integral y Funciones de Variable Compleja, Álgebra Lineal y Geometría, Aritmética y Álgebra, Topología y Geometría Diferencial, Probabilidad y Estadística, Ecuaciones Diferenciales, Métodos Numéricos, Matemática Discreta y Optimización, y Modelización. Todas estas materias incluyen asignaturas obligatorias que se cursan en los tres primeros cursos.

Es fácil comprobar con esta organización de materias y asignaturas, que se desarrollan adecuadamente, en amplitud y profundidad, los contenidos obligatorios definidos en el Libro Blanco del Título de Grado de Matemáticas. Al mismo tiempo, se provee al Título de Grado de una identidad propia y diferenciada, sin perder su carácter generalista, que facilitará la incorporación al mercado laboral de los futuros Graduados.

En este contexto los conceptos y herramientas de modelización que se introducen en esta asignatura deben contribuir a crear inquietudes en el alumno, abriéndole nuevas perspectivas en la utilización de las Matemáticas. Por su sencillez conceptual y las escasas herramientas que se necesitan en la resolución de los problemas tratados, la ubicación idónea de esta asignatura es en un primer curso de Grado.

### 1.2 Relación con otras materias

---

Ver siguiente apartado.

### 1.3 Prerrequisitos

---

Se recomiendan conocimientos básicos de conjuntos y de Álgebra Lineal, como los que se adquieren en las asignaturas de "Matemáticas Básicas" y "Álgebra y Geometría Lineales I".



## 2. Competencias

### 2.1 Generales

G1. Demostrar poseer y comprender conocimientos en el área de las Matemáticas a partir de la base de la educación secundaria general, a un nivel que, apoyado en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia en el estudio de las Matemáticas.

G2. Saber aplicar los conocimientos matemáticos a su trabajo o vocación de una forma profesional y poseer las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro del área de las Matemáticas.

G3. Tener la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes, dentro del área de las Matemáticas, para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.

G4. Poder transmitir, tanto de forma oral como escrita, información, ideas, conocimientos, problemas y soluciones del ámbito matemático a un público tanto especializado como no especializado.

G8. Conocer y utilizar recursos informáticos de carácter general y tecnologías de la información y las comunicaciones como medios de comunicación, organización, aprendizaje e investigación.

G9. Gestionar de forma óptima, tanto en el trabajo individual como en equipo, el tiempo de trabajo y organizar los recursos disponibles, estableciendo prioridades, caminos alternativos e identificando errores lógicos en la toma de decisiones.

G10. Tener la capacidad de trabajar en equipo, aportando orden, abstracción y razonamiento lógico; comprobando o refutando razonadamente los argumentos de otras personas y contribuyendo con profesionalidad al buen funcionamiento y organización del grupo.

### 2.2 Específicas

E5. Capacitar para el aprendizaje autónomo de nuevos conocimientos y técnicas.

E6. Resolver problemas de Matemáticas, mediante habilidades de cálculo básico y otras técnicas.

E7. Proponer, analizar, validar e interpretar modelos de situaciones reales sencillas, utilizando las herramientas matemáticas más adecuadas a los fines que se persigan.

E8. Planificar la resolución de un problema en función de las herramientas de que se disponga y de las restricciones de tiempo y recursos.

E9. Utilizar aplicaciones informáticas de análisis estadístico, cálculo numérico y simbólico, visualización gráfica, optimización u otras para experimentar en Matemáticas y resolver problemas.



### 3. Objetivos

Los principales objetivos que se pretenden alcanzar con esta asignatura son:

- Realizar una introducción a la formulación y modelado de problemas de Programación Lineal.
- Conocimiento del algoritmo símplex y métodos relacionados que permiten la resolución de los anteriores problemas.
- Conocimiento de las técnicas que ayudan a una interpretación de las soluciones obtenidas con el algoritmo símplex.
- Manejo de programas de ordenador que permitan la formulación y resolución de problemas de programación lineal.
- Introducción a los problemas de programación lineal multiobjetivo.

Y los resultados que se buscan con este aprendizaje son el desarrollo de las siguientes capacidades:

- Capacidad para formular problemas de optimización lineal.
- Capacidad para el análisis de las soluciones.
- Capacidad para la implementación de los modelos estudiados mediante software especializado.





#### 4. Contenidos y/o bloques temáticos

##### Bloque 1: Introducción a la Investigación Operativa

Carga de trabajo en créditos ECTS:

##### a. Contextualización y justificación

Ver apartados 1 a 3 de esta Guía.

##### b. Objetivos de aprendizaje

- Capacidad para formular problemas de optimización lineal.
- Capacidad para el análisis de las soluciones.
- Capacidad para la implementación de los modelos estudiados mediante software especializado.

##### c. Contenidos

- 1.- Introducción a la Investigación Operativa y a la Programación Lineal.
  - Orígenes. Naturaleza. Panorama general.
  - El problema general de la Programación Lineal. Ejemplos.
  - Formulación de modelos básicos de Programación Lineal: asignación de actividades, mezclas, transporte, ...
- 2.- Resolución de problemas de Programación Lineal.
  - Conceptos básicos en Programación Lineal: solución factible, región factible, solución óptima, valor óptimo.
  - Estandarización de un problema de Programación Lineal.
  - Solución básica, solución básica factible.
  - Conjuntos convexos, poliedros y politopo. Puntos extremos y soluciones básicas factibles.
  - Resolución de un problema de Programación Lineal. Resolución gráfica de un problema con dos variables.
  - Tipología de soluciones.
- 3.- El algoritmo del símplex.
  - Introducción. Pivoteo y cambio de base. Mejora de una solución básica factible.
  - El algoritmo del símplex.
  - El método símplex en forma de tabla.
  - Adaptación a otras formas del modelo.
  - El método de la M y el de las dos fases.
- 4.- Dualidad. Análisis de sensibilidad y postoptimización.
  - Motivación y formulación del problema dual.
  - Relaciones primal-dual.
  - Interpretación económica de la dualidad. Precios sombra.
  - Motivación de la postoptimización. Análisis de sensibilidad. Costes reducidos.
  - Cambios puntuales e intervalos de sensibilidad.



5.- Modelos de Programación Lineal.

- Análisis de actividades.
- Problemas de mezclas.
- El problema del transporte.
- Selección del proceso.
- Inversiones.
- Planificación agregada de la producción.

6.- Introducción a la programación lineal multiobjetivo.

- Introducción.
- Enfoques de resolución: restricciones y ponderaciones.

---

**d. Métodos docentes**

---

Las actividades académicas presenciales previstas son las siguientes:

- Clases de Teoría: Desarrollo por el profesor en el aula del corpus teórico de la asignatura, generalmente en forma de lección magistral. Se dedicarán 22 horas en el curso.
- Clases de problemas en el aula: Comprende clases en las que se resuelven problemas y ejercicios, orientadas por el profesor, pero con intervenciones de los alumnos. Se dedicarán 8 horas en el curso.
- Clases en el aula de Informática: Comprende la realización de prácticas y clases desarrolladas en base a distintas herramientas informáticas para la asignatura. Se dedicarán 22 horas en el curso.
- Tutorías y seminarios: Aparte de la acción tutorial, comprende seminarios para la realización por los alumnos de problemas, bajo la supervisión del profesor, y la presentación de trabajos. Se dedicarán 5 horas en el curso.
- Pruebas de evaluación: Comprende tanto los exámenes oficiales, como cualquier otra prueba que pueda realizarse a lo largo del curso. Se dedicarán 3 horas en el curso.
- Dedicación del estudiante: El estudiante deberá dedicar unas 90 horas de trabajo personal. De forma orientativa este trabajo personal se diversifica en las siguientes actividades:  
Estudio autónomo, individual o en grupo, incluyendo la realización de ejercicios: 45 horas.  
Preparación y redacción de ejercicios y trabajos sujetos a evaluación: 12 horas.  
Trabajo personal en el laboratorio o con el ordenador: 30 horas.  
Documentación: consultas bibliográficas, etc...: 3 horas.

Desde el día 13 de marzo las clases presenciales se sustituyen por la docencia online a través de la plataforma Webex de Cisco, tanto en clases de teoría como de problemas. Siempre respetando el horario de la docencia presencial. Dichas clases se graban y se ponen a disposición de forma asíncrona en el Campus Virtual. Se añaden los siguientes métodos docentes: foro para dudas, vídeos cortos explicativos de distintos temas relacionados con el software específico de la asignatura, cuestionarios y otros ejercicios online, para complementar las clases prácticas; encuestas de seguimiento de la participación y de las posibles dificultades tecnológicas y otras que puedan aparecer; y tutorías on-line.

---

**e. Plan de trabajo**

---

---

**f. Evaluación**

---



De forma general para toda la titulación, la evaluación tiene dos componentes diferenciadas que comprende una Evaluación Continua, y la evaluación mediante el Examen Final. La calificación final refleja una ponderación entre la calificación del examen final y la calificación de la evaluación continua, en la que ésta última no tendrá un peso inferior al 20%. El profesor de la asignatura definirá en cada caso los coeficientes de ponderación aplicados.

La evaluación dentro de esta asignatura tendrá dos facetas. Por un lado la de certificación del aprendizaje del alumno, que estará basada en la valoración de la actividad en los trabajos que el alumno presentará a lo largo del curso, así como en el examen final. Por otro lado la evaluación servirá para valorar, a través de las diversas actividades, por el profesor y por el alumno, el aprendizaje de este último de una forma continuada, lo cual posibilitará la adopción de medidas correctoras a lo largo del curso.

Se detalla a continuación el procedimiento para asignar la calificación final.

- Los trabajos presentados serán valorados, en una escala de 0 a 10, mediante una puntuación media A.
- Se realizarán 1 ó 2 pruebas parciales a lo largo del curso cuya puntuación ponderada, en una escala de 0 a 10, permitirá obtener la puntuación media B.
- El examen final ordinario (Junio) recibirá una puntuación C, en escala 0-10. Será condición necesaria para aprobar la asignatura que C sea mayor o igual que 4. El examen final consta de dos partes (escrita y con ordenador). La calificación de este examen es una ponderación al 50% de estas dos partes siempre que se alcance el 4 en ambas, en caso contrario, es la menor de ambas calificaciones.
- La calificación final (NF) de la asignatura en la convocatoria ordinaria (y extraordinaria si llegara el caso) será  
$$NF = 0.15 \cdot A + 0.15 \cdot B + 0.70 \cdot C, \text{ si } C \geq 4$$
$$NF = C, \text{ si } C < 4$$

Se modifica sustancialmente el proceso de evaluación.

Hasta el momento de paso a la docencia online sólo se había realizado un ejercicio de los que puntúan en el apartado A. Ejercicio de poco valor en la evaluación de las competencias que deben alcanzarse en esta asignatura pues el único objetivo del mismo es animar a los estudiantes a que se animen a participar en la evaluación continua. Aun así, una parte de ellos, aproximadamente 1/3 eligen la evaluación basada exclusivamente en el examen final.

La necesidad de realizar una evaluación de las competencias adquiridas de forma individual con las suficientes garantías, junto con las características propias de esta asignatura (así como de otras del Grado de Matemáticas) hacen que algunos de los sistemas de evaluación que se manejan en la docencia online no se consideren los más adecuados. El/la alumno/a de Matemáticas necesita un tiempo para elaborar una secuencia de razonamientos lógicos y/o formalización que le permitan demostrar que ha adquirido las competencias de las que se le está evaluando.

Por ello, y dado que la evaluación no puede ser presencial, se propone un método de evaluación online con utilización de videovigilancia (incluida la videograbación de las sesiones), siempre y cuando sea considerado como viable y suficientemente robusto por el profesor. En último término, si no fuera posible el anterior sistema, se tendería a la realización de cuestionarios con tiempo limitado.

De forma complementaria, o alternativa en el caso de dificultades técnicas (como acceso limitado al CampusVirtual, etc...); y siempre siguiendo el espíritu de las recomendaciones de las autoridades competentes acerca de la flexibilidad que se debe tener en cuenta en los mecanismos de evaluación se podrían llegar a utilizar otros métodos y en particular los exámenes orales grabados.



El nuevo sistema de calificación que se propone tiene en cuenta que no puede realizarse la prueba planificada a medio curso, y cuya puntuación se recoge en el apartado B.

Por ello la calificación final (NF) de la asignatura en la convocatoria ordinaria (y extraordinaria si llegara el caso) será

$$NF = 0.20 \cdot A + 0.80 \cdot C, \text{ si } C \geq 4$$

$$NF = C, \text{ si } C < 4$$

Dónde A será la puntuación media de al menos 2 pruebas tipo tarea breve/cuestionario que serán realizadas a lo largo del mes de mayo. En el caso de alumnos que no sigan la evaluación continua, el 100% de la calificación final será C.

---

### g. Bibliografía básica

---

Hillier, F.S.; Lieberman G.J. Introducción a la Investigación de Operaciones. MacGraw-Hill, 1991.

Linus Schrage. Optimization Modelling with Lingo. Lindo Systems, Inc., 1994.

---

### h. Bibliografía complementaria

---

Calvete Fernández, H.; Matero Collazos, P. Programación lineal, entera y meta. Problemas y aplicaciones. Ed. Prensas Universitarias de Zaragoza, 1994.

Martín Martín, Q.; Santos Martín, M.T.; De Paz Santana, Y.R. Investigación Operativa. Problemas y ejercicios resueltos. Ed. Prentice Hall, 2003.

Ríos Insúa, S.; Ríos Insúa, D.; Mateos, A.; Martín J. Programación lineal y aplicaciones. Ejercicios resueltos. Ed. Ra-Ma, 1997.

Winston, W.L. Investigación de Operaciones. Aplicaciones y algoritmos. Ed. Thompson, 2005, 4a edición.

---

### i. Recursos necesarios

---

La asignatura tiene como fin la introducción del estudiante a los problemas de optimización y su lenguaje. El énfasis se pone en el conocimiento de algunos conceptos básicos, métodos y aplicaciones, dejando para cursos posteriores la formalización rigurosa de los fundamentos. El material básico para la presentación de tales métodos y aplicaciones se pone a disposición de los alumnos en forma de transparencias, disponibles a través de la plataforma Moodle en el Campus Virtual de la UVa. Adicionalmente, los alumnos deberán completar este proceso, recurriendo a materiales puestos a su disposición por el profesor, o en su caso a materiales existentes en la Biblioteca (ver Bibliografía Recomendada) o en la web.

Una parte fundamental de la asignatura es la realización de prácticas con ordenador, recurriendo al software especializado del que la UVa dispone de licencias (esencialmente XPRESS). Este software está instalado en las salas de ordenadores de la Facultad de Ciencias. Adicionalmente, se pondrá a disposición del alumno a través del Campus Virtual el instalable con licencia de estudiante para posibles instalaciones en el ordenador personal del alumno.

La labor de tutoría constituye otro pilar del proceso de enseñanza/aprendizaje previsto, favoreciéndose a partir de las discusiones programadas y de los "retos" (problemas y prácticas de ordenador) propuestos.

Ver apartado d.





### j. Temporalización

CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO

## 5. Métodos docentes y principios metodológicos

Las actividades académicas presenciales previstas son las siguientes:

- Clases de Teoría: Desarrollo por el profesor en el aula del corpus teórico de la asignatura, generalmente en forma de lección magistral. Se dedicarán 22 horas en el curso.
- Clases de problemas en el aula: Comprende clases en las que se resuelven problemas y ejercicios, orientadas por el profesor, pero con intervenciones de los alumnos. Se dedicarán 8 horas en el curso.
- Clases en el aula de Informática: Comprende la realización de prácticas y clases desarrolladas en base a distintas herramientas informáticas para la asignatura. Se dedicarán 22 horas en el curso.
- Tutorías y seminarios: Aparte de la acción tutorial, comprende seminarios para la realización por los alumnos de problemas, bajo la supervisión del profesor, y la presentación de trabajos. Se dedicarán 5 horas en el curso.
- Pruebas de evaluación: Comprende tanto los exámenes oficiales, como cualquier otra prueba que pueda realizarse a lo largo del curso. Se dedicarán 3 horas en el curso.
- Dedicación del estudiante: El estudiante deberá dedicar unas 90 horas de trabajo personal. De forma orientativa este trabajo personal se diversifica en las siguientes actividades:  
Estudio autónomo, individual o en grupo, incluyendo la realización de ejercicios: 45 horas.  
Preparación y redacción de ejercicios y trabajos sujetos a evaluación: 12 horas.  
Trabajo personal en el laboratorio o con el ordenador: 30 horas.  
Documentación: consultas bibliográficas, etc.: 3 horas.

Ver apartado d.

**6. Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura**

ACTIVIDADES PRESENCIALES	HORAS	ACTIVIDADES NO PRESENCIALES	HORAS
Clases teóricas	22	Estudio autónomo individual o en grupo	45
Resolución de problemas en grupos reducidos	8	Preparación y redacción de ejercicios u otros trabajos	12
Clases con ordenador en el aula de informática	22	Programación/experimentación u otros trabajos con ordenador/laboratorio	30
Tutorías y seminarios, incluyendo presentaciones de trabajos y ejercicios propuestos	5	Documentación: consultas bibliográficas, Internet...	3
Sesiones de evaluación	3		
Total presencial	<b>60</b>	Total no presencial	<b>90</b>

Estos tiempos no se modifican, simplemente cambian de modo presencial a online los que corresponden al momento en el que cambia la docencia a online.

**7. Sistema y características de la evaluación**

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO	PESO EN LA NOTA FINAL	OBSERVACIONES

**CRITERIOS DE CALIFICACIÓN**

- **Convocatoria ordinaria:**
  - ...
- **Convocatoria extraordinaria:**
  - ...

Ver apartado f anterior.

**8. Consideraciones finales**

No se considera necesario reducir contenidos en esta materia toda vez que de forma habitual no hay presión por los mismos en las clases presenciales y el ritmo mantenido en las clases online ha sido el mismo que en las clases presenciales.