24-25

GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA

OPTIMIZACIÓN CONVEXA EN INGENIERÍA (PLAN 2009)

CÓDIGO 28801161

24-25

OPTIMIZACIÓN CONVEXA EN INGENIERÍA (PLAN 2009)

CÓDIGO 28801161

ÍNDICE

Nombre de la asignatura	OPTIMIZACIÓN CONVEXA EN INGENIERÍA (PLAN 2009)
Código	28801161
Curso académico	2024/2025
Título en que se imparte	MÁSTER UNIVERSITARIO EN INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES
Tipo	CONTENIDOS
Nº ETCS	4.5
Horas	112.5
Periodo	SEMESTRE 2
Idiomas en que se imparte	CASTELLANO

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN

En esta asignatura se presentan los conceptos y las herramientas teóricas imprescindibles para reconocer, formular y resolver problemas de optimización convexa. Se estudian tanto los con-ceptos teóricos básicos, como alguna aplicación práctica.
Resumen de contenidos:

1. Conjuntos convexos.
2. Funciones convexas
3. Problemas de optimización convexa.
4. Dualidad
5. Aplicaciones y algoritmos.

Optimización Convexa en Ingeniería es una de las asignaturas impartidas por el Depar-ta-mento de Matemática Aplicada en el Programa *Oficial de Postgrado en Investigación en Tecno-lo-gías Industriales* y corresponde al área de conocimiento de *Matemática Aplicada*.
Con esta asignatura se pretende completar la formación matemática adquirida por los alumnos du-rante los dos primeros ciclos universitarios. En particular, las técnicas que se estudian generalizan las del análisis clásico de varias variables. Así mismo, se profundiza en los métodos numéricos orien-ta-dos a la optimización.
Por otra parte, la asignatura de *Optimización Convexa en Ingeniería* constituye un complemento formativo muy re-co-mendable para aquellos alumnos que deseen completar su formación matemática orientada a la inves-tigación en tecnologías industriales.
Aunque el Máster no cuenta con un itinerario de Ingeniería Matemática o de Matemática Industrial, la estructura de sus asignaturas optativas permite que el estudiante adquiera cierta formación matemática en este Máster. En este sentido, aún sin itinerario propio, *Optimización Convexa* está integrada entre las otras asignaturas de contenido matemático: *Métodos de Análisis no lineal en Ingeniería, Programación Multiobjetivo y Optimización no lineal*.
La optimización convexa constituye uno de los fundamentos matemáticos para la analítica de datos. No hay probablemente área con mayor demanda profesional y, aunque el Máster no está específicamente orientado a la analítica de datos, cualquier ingeniero que desee trabajar en esa área o en áreas cercanas obtendrá provecho, con seguridad, de su

formación en análisis convexo.

Además de la adquisición de unos conocimientos básicos de análisis convexo, se pretende que, al completar el curso, el alumno sea capaz de seguir mejorando su com-petencia matemática, de for-ma autónoma y continuada, consultando tanto textos escritos como bases de datos en línea. En este sentido, se procurará generar en los alumnos una actitud positiva hacia la mejora e innovación de los métodos matemáticos que se aplican en la investigación en ingeniería.

REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA

Para la correcta asimilación de los contenidos de la asignatura, se requieren los co-no-ci-mien-tos en álgebra lineal y análisis matemático que se adquieren habitualmente en los dos primeros ciclos de la enseñanza universitaria de las carreras de ciencias e in-ge-nierías. En particular, es necesaria cierta soltura con los siguientes conceptos:

1. Espacio real n-dimensional
1.1. Producto interior, norma euclidea, ángulos.
1.2. Otras normas.
2. Análisis Matemático:
2.1. Conceptos topológicos elementales.
2.2. Funciones. Continuidad.
2.3. Funciones vectoriales de varias variables.
2.4. Derivadas parciales, gradiente.
2.5. Regla de la cadena.
2.6. Matriz hessiana
3. Álgebra lineal:
3.1. Aplicaciones lineales y matrices; rango y núcleo
3.2. Autovalores. Diagonalización de matrices.
3.3. Matrices definidas y semidefinidas positivas
4. Ajuste por mínimos cuadrados.
5. Programación lineal.
6. Comprensión de textos científico-técnicos escritos en inglés.

EQUIPO DOCENTE

Nombre y Apellidos	JUAN JACOBO PERAN MAZON
Correo Electrónico	jperan@ind.uned.es
Teléfono	91398-7915
Facultad	ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES
Departamento	MATEMÁTICA APLICADA I

Nombre y Apellidos	ELVIRA HERNANDEZ GARCIA
Correo Electrónico	ehernandez@ind.uned.es
Teléfono	91398-7992

Facultad	ESCUELA TÉCN.SUP INGENIEROS INDUSTRIALES
Departamento	MATEMÁTICA APLICADA I

HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE

Horario

Las consultas pueden realizarse, preferentemente, los miercoles de 10 a 14h: Téngase en cuenta que durante las semanas de exámenes el profesor de la asignatura puede estar en comisión de servicios en alguno de los tribunales, por lo que no sería posible la atención a los alumnos durantes estos perio-dos.

Procedimiento

Para consultas con contenido matemático, por orden de preferencia:

•Foros del curso virtual

•Correo electrónico (jperan@ind.uned.es)

•Entrevista. Despacho 2.45 de la Escuela de Ingenieros Indus-triales de la UNED. Se ruega concertar cita telefónicamente.

•Correo ordinario.

•Teléfono. La llamada puede ser desviada a un buzón de voz. Por favor, deje su nombre, asignatura, asunto que quiere tratar y número de teléfono donde puede ser localizado.

Para otras consultas (programa, evaluación, orientaciones me-to-do-lógicas, bi-blio-gra---fía, etc.), por orden de preferencia:

•Entrevista. Se ruega concertar cita telefónicamente.

•Correo electrónico (jperan@ind.uned.es).

•Teléfono.

Dirección postal

Juan Perán Mazón
Departamento de Matemática Aplicada
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.
C/ Juan del Rosal, 12.
28040 Madrid

COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE

Competencias Básicas:

CB6 - Poseer y comprender conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación

CB7 - Que los estudiantes sepan aplicar los conocimientos adquiridos y su capacidad de resolución de problemas en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con su área de estudio

CB8 - Que los estudiantes sean capaces de integrar conocimientos y enfrentarse a la complejidad de formular juicios a partir de una información que, siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos y juicios
CB9 - Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones y los conocimientos y razones últimas que las sustentan a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades
CB10 - Que los estudiantes posean las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

Competencias Generales:
CG01 - Desarrollar capacidad de análisis y síntesis de la información científico-técnica
CG02 - Adquirir el conocimiento de los métodos y técnicas de investigación
CG03 - Adquirir destrezas en la búsqueda y gestión bibliográfica y documental
CG04 - Desarrollar capacidad de razonamiento crítico
CG05 - Desarrollar habilidades técnicas, de análisis y síntesis: resolución de problemas, toma de decisiones y comunicación de avances científicos.
CG06 - Desarrollar habilidades sistémicas (metodológicas): aplicación de conocimientos; habilidades en investigación; y creatividad

Competencias Específicas:
CE3 - Elaborar y tratar modelos matemáticos que representen el comportamiento de los sistemas industriales
CE5 - Adquirir destrezas en la aplicación de técnicas de simulación computacional

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

El objetivo principal de la asignatura es aprender reconocer, formular y resolver problemas de optimización convexa.
Objetivos específicos.

Conocimientos	Habilidades y destrezas	Actitudes	Numeración	Descripción
X			O1	Adquirir los conocimientos básicos de la disciplina de la opti-mi-za-ción convexa.

	X		O2	Aplicar las técnicas de la optimización convexa a ciertos problemas de in-ge-niería
X			O3	Consolidar la formación matemática necesaria para cursar otras asig-naturas del pro-gra--ma
	X		O4	Adquirir hábitos y destrezas de auto-formación, utilizando textos de ma-temáticas y re-cur--sos de internet.
		X	O5	Favorecer una actitud positiva hacia la innovación en los métodos ma-temáticos aplicados a la investigación en ingeniería

CONTENIDOS

Tema 0: Repaso de matemáticas

Normas en $\mathbf{R}^n$

1. Producto interior, norma euclidea, ángulos.
2. Normas y distancias.
3. Equivalencia de normas,
4. Norma de un operador lineal.

Análisis

5. Abiertos y cerrados
6. Supremo e ínfimo.
7. Funciones. Funciones continuas y cerradas.
8. Derivadas, gradiente, regla de la cadena, hessiana

Álgebra lineal

9. Rango y espacio nulo

10 Diagonalización de una forma cuadrática

11 Complementos de álgebra lineal.

Tema 1: Introducción y motivación.

1.1 Optimización matemática.

1.2 Mínimos cuadrados y programación lineal.

1.3 Optimización convexa.

1.4 Optimización no-lineal.

1.5 Notación.

Tema 2. Conjuntos convexos.

2.1 Conjuntos afines y convexos. Ejemplos importantes.

2.2 Operaciones que preservan la convexidad.

2.3 Desigualdades generalizadas.

2.4 Separación por hiperplanos e hiperplanos soporte.

2.5 Conos duales y desigualdades generalizadas.

Tema 3: Funciones convexas.

1. Propiedades básicas y ejemplos.
2. Operaciones con funciones que preservan la convexidad.
3. Función conjugada.
4. Funciones cuasi-convexas.

5. Funciones log-cóncavas y log-convexas.
6. Convexidad respecto de desigualdades generalizadas.

Tema 4. Problemas de optimización convexa.

1. Problemas de optimización.
2. Problemas convexos.
3. Problemas de optimización lineal.
4. Problemas cuadráticos.
5. Programación geométrica.
6. Restricciones por desigualdades generalizadas.
7. Optimización vectorial.

Tema 5. Dualidad

1. Función dual de Lagrange
2. Problema dual de Lagrange.
3. Interpretación geométrica.
4. Condiciones optimalidad.
5. Perturbaciones y análisis de sensibilidad.
6. Desigualdades generalizadas.

Tema 6. Aplicaciones

1. Aproximaciones y ajuste
2. Estimación estadística.
3. Problemas geométricos.

METODOLOGÍA

La asignatura se imparte con la metodología de la enseñanza a distancia propia de la UNED. Las principales herramientas son el texto-base y el curso virtual, en particular, sus foros de contenidos, en los que el alumno deberá consignar regularmente sus avances y dificultades. La metodología es, por lo tanto, individualizada, de manera que el alumno y el profesor deben conversar en los foros al menos una vez a la semana. El papel del profesor será tanto de instructor, como de controlador del ritmo de avance. Así mismo, se esforzará en animar a los alumnos para evitar la desmoralización que amenaza al estudiante que estudia solo.

Se pedirá a los alumnos que vayan completando, según avance su estudio, una agenda de trabajo (dentro del curso virtual) en la que anotarán todas y cada una de las sesiones que hayan dedicado al estudio, concretando su duración, dificultades y metas alcanzadas.

La metodología de trabajo es muy sencilla: hay que dedicar aproximadamente una hora seguida a la lectura de cada epígrafe (2.1, 2.2, etc., no se incluyen en esta estimación los epígrafes de la introducción, que son mucho más breves); después, durante otra hora, más o menos, hay que hacer tres o cuatro ejercicios de los propuestos para esa materia.

SISTEMA DE EVALUACIÓN

TIPO DE PRUEBA PRESENCIAL	
Tipo de examen	Examen de desarrollo
Preguntas desarrollo	2
Duración del examen	120 (minutos)
Material permitido en el examen	

Libros y apuntes, una calculadora y material de escritura.

Criterios de evaluación

Cada pregunta se puntúa de 0 a 10 y la nota del examen será la media aritmética. Los resultados que no se justifiquen, o que se obtengan por procedimientos diferentes del indicado, no puntúan.

Notación y terminología. Se emplearán las del texto-base,
Convex Optimization
de S. Boyd y L. Vandenberghe.

% del examen sobre la nota final	
Nota del examen para aprobar sin PEC	5
Nota máxima que aporta el examen a la calificación final sin PEC	10
Nota mínima en el examen para sumar la PEC	0
Comentarios y observaciones	

No se ha completado el campo "% del examen sobre la nota final" porque carece de sentido plantear preguntarse cuál es ese porcentaje del examen, cuando se emplea cualquier fórmula diferente de una media aritmética ponderada.

El criterio de calificación es el siguiente: La nota final se obtendrá por la fórmula

Nota final = y + (x –mín{x, y})/ 2

en donde *y,* en el intervalo [0, 10], es la nota del examen, mientras que *x*, en el intervalo [0,10], es la media artimética de las puntuaciones de las pruebas de evaluación continua (entregas de los ejercicios descritas con detalle en el plan de trabajo). La nota x se conserva para la convocatoria de septiembre, pero no para los otros años académicos.

La nota final tiene que ser mayor o igual que 5 para superar la asignatura.

Esta información es suficiente para describir el procedimiento de evaluación, pero se exige al equipo docente que detalle lo siguiente:

La nota "*y"* se refiere al examen de la convocatoria de junio en la convocatoria de junio y al examen de septiembre en la convocatoria de septiembre.

Las fechas de entrega y el contenido de los ejercicios que constituyen las distintas purebas de evaluación continua, son las fechas y los contenidos que se describen en el plan de trabajo, al mencionar los ejercicios y sus fechas de entrega.

No es obligatorio entregar los ejercicios: si se sustituye "x=0" en la fórmula de la nota final, se obtiene "nota final = y", por lo que la nota final sería la del examen.

No es obligatorio obtener una nota superior a 5 en el examen para aprobar. Si se sustituye "x=10" en la fórmula de la nota final, se observa que basta con obtener un cero en el examen para aprobar.

CARACTERÍSTICAS DE LA PRUEBA PRESENCIAL Y/O LOS TRABAJOS

Requiere Presencialidad Si

Descripción

Dos ejercicios de desarrollo.

Criterios de evaluación

Cada pregunta se puntúa de 0 a 10 y la nota del examen será la media aritmética. Los resultados que no se justifiquen, o que se obtengan por procedimientos diferentes del indicado, no puntúan.

Notación y terminología. Se emplearán las del texto-base,

Convex Optimization

de S. Boyd y L. Vandenberghe.

Ponderación de la prueba presencial y/o los trabajos en la nota final

Fecha aproximada de entrega

Comentarios y observaciones

PRUEBAS DE EVALUACIÓN CONTINUA (PEC)

¿Hay PEC? Si,PEC no presencial

Descripción

Hay que entregar un ejercicio resuelto de cada capítulo. En total, hay que hacer cinco entregas. Ver plan de trabajo.

Criterios de evaluación

Cada estudiante puede elegir el ejercicio que quiera; cuanto más difícil sea, más se valorará. Sea cual sea el ejercicio elegido, es absolutamente imprescindible que la solución sea original. Si se detectan párrafos copiados de cualquier fuente, la repercusión en la nota será lógicamente peor que si no se entrega nada. La solución tiene que estar elaborada con cuidado, preferiblemente en LaTex, y se entregará en formato PDF. Ver plan de trabajo.

Ponderación de la PEC en la nota final

Fecha aproximada de entrega 3 de marzo/17 de marzo/31 de abril/5 de mayo/19 de mayo

Comentarios y observaciones

OTRAS ACTIVIDADES EVALUABLES

¿Hay otra/s actividad/es evaluable/s? No

Descripción

Criterios de evaluación

Ponderación en la nota final

Fecha aproximada de entrega

Comentarios y observaciones

¿CÓMO SE OBTIENE LA NOTA FINAL?

El criterio de calificación es el siguiente: La nota final se obtendrá por la fórmula
Nota final = y + (x –mín{x, y})/ 2
en donde *y,* en el intervalo [0, 10], es la nota del examen, mientras que *x*, en el intervalo [0,10], es la media artimética de las puntuaciones de las pruebas de evaluación continua (entregas de los ejercicios descritas con detalle en el plan de trabajo). La nota x se conserva para la convocatoria de septiembre, pero no para los otros años académicos.
La nota final tiene que ser mayor o igual que 5 para superar la asignatura.
Esta información es suficiente para describir el procedimiento de evaluación, pero se exige al equipo docente que detalle lo siguiente:
La nota "*y"* se refiere al examen de la convocatoria de junio en la convocatoria de junio y al examen de septiembre en la convocatoria de septiembre.
Las fechas de entrega y el contenido de los ejercicios que constituyen las distintas purebas de evaluación continua, son las fechas y los contenidos que se describen en el plan de trabajo, al mencionar los ejercicios y sus fechas de entrega.
No es obligatorio entregar los ejercicios: si se sustituye "x=0" en la fórmula de la nota final, se obtiene "nota final = y", por lo que la nota final sería la del examen.
No es obligatorio obtener una nota superior a 5 en el examen para aprobar. Si se sustituye "x=10" en la fórmula de la nota final, se observa que basta con obtener un cero en el examen para aprobar.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

ISBN(13): 9780521833783
Título: CONVEX OPTIMIZATION 2004 edición
Autor/es: Vandenberghe, Lieven; Boyd, Stephen
Editorial: CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS..

Atención: los campos que aparecen más arriba han sido introducidos por el sistema infomático, no por el equipo docente.

Bibliografía básica

Boyd, Stephen; Vandenberghe, Lieven. Convex optimization .Cambridge University Press, Cambridge, 2004.
ISBN(10) 0-521-83378-7
ISBN(13) 978-0-521-83378-3

Se trata de un manual escrito, en lengua inglesa, para servir como libro de texto para posgraduados en ingeniería. El autor ha procurado limitar al máximo los prerrequisitos matemáticos, de manera que el texto sea accesible para estudiantes sin una formación avanzada en matemáticas. Los conceptos matemáticos que pudieran no haberse estudiado en los programas habituales de los graduados en ingeniería, se incluyen en el texto como anexos.

En el momento de redactar esta guía, se puede acceder libremente el texto vía web en la dirección:
http://www.ee.ucla.edu/~vandenbe/cvxbook/

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

Bibliografía complementaria

o Hiriart-Urruty, J.-B.; C. Lemaréchal: *Fundamentals of Convex Analysis*.
Ed. Springer-Verlag. 2001.
ISBN(10) 3-540-42205-6
ISBN(13) 978-3-540-42205-1

Se trata de una de las introducciones al *Análisis convexo* escritas con mayor claridad; sin embargo, cubre temas más avanzados que los propuestos para la asignatura.

o Novo, V.. *Teoría de la Optimización*. Colección Aula Abierta. UNED. 1997.

Se recomienda a los alumnos leer los capítulos correspondientes al Análisis Con-vexo en este libro antes de comenzar con el texto base.

o Rockafellar, R.T.. *Convex Analysis* . Ed. Princeton University Press. 1997

Es la referencia *standard* en Análisis Convexo. No obstante, se trata de un libro más difícil de leer que los de Boyd y Vandenberghe o Hiriart-Urruty y Lemaréchal.

RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA

Curso virtual
Tal y como se detalla bajo el epígrafe de *Plan de trabajo*, el curso virtual desempeña un papel esencial en la docencia de esta asignatura. La herramienta que más utilizaremos será la de los foros, en donde los alumnos po-drán plantear sus dudas e intervenir en los *hilos* iniciados por otros compañeros al plantear sus dudas.
Videoconferencia
Según cómo se vaya desarrollando el curso, los alumnos podrán plantear la posibilidad de realizar videoconferencias, preferentemente vía internet.
Otros

En el momento de redactar esta guía, se podían encontrar en la dirección
http://www.stanford.edu/class/ee364a/videos.html
los vídeos de las clases del profesor Stephen Boyd en la Universidad de Stanford.
Software para prácticas.
Aunque no es imprescindible, resultaría conveniente que los alumnos utilizaran al-gún programa informático de apoyo para cálculos matemáticos (*matlab*, *scilab*, *maple*, ...) y que se habituaran a elaborar sus documentos en *LaTex*.

PRÁCTICAS DE LABORATORIO

¿Hay prácticas en esta asignatura de cualquier tipo (en el Centro Asociado de la Uned, en la Sede Central, Remotas, Online,..)?

Si/No

CARACTERÍSTICAS GENERALES

Presencial:

Obligatoria:

Es necesario aprobar el examen para realizarlas:

Fechas aproximadas de realización:

Se guarda la nota en cursos posteriores si no se aprueba el examen:
(Si es así, durante cuántos cursos)

Cómo se determina la nota de las prácticas:

REALIZACIÓN

Lugar de realización (Centro Asociado/ Sede central/ Remotas/ Online):

N.º de sesiones:

Actividades a realizar:

OTRAS INDICACIONES:

IGUALDAD DE GÉNERO

En coherencia con el valor asumido de la igualdad de género, todas las denominaciones que en esta Guía hacen referencia a órganos de gobierno unipersonales, de representación, o miembros de la comunidad universitaria y se efectúan en género masculino, cuando no se hayan sustituido por términos genéricos, se entenderán hechas indistintamente en género femenino o masculino, según el sexo del titular que los desempeñe.