26-27

GUÍA DE ESTUDIO PÚBLICA

OPTIMIZACIÓN CONVEXA EN INGENIERÍA (PLAN 2024)

CÓDIGO 28010394

UNED

26-27

OPTIMIZACIÓN CONVEXA EN INGENIERÍA (PLAN 2024)

CÓDIGO 28010394

ÍNDICE

PRESENTACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN
REQUISITOS Y/O RECOMENDACIONES PARA CURSAR ESTA ASIGNATURA
EQUIPO DOCENTE
HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE
COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE
RESULTADOS DE APRENDIZAJE
CONTENIDOS
METODOLOGÍA
SISTEMA DE EVALUACIÓN
BIBLIOGRAFÍA BÁSICA
BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA
RECURSOS DE APOYO Y WEBGRAFÍA
IGUALDAD DE GÉNERO

Nombre de la asignatura	OPTIMIZACIÓN CONVEXA EN INGENIERÍA (PLAN 2024)
Código	28010394
Curso académico	2026/2027
Título en que se imparte	MÁSTER UNIVERSITARIO EN INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES
Tipo	CONTENIDOS
Nº ETCS	5
Horas	125
Periodo	SEMESTRE 1
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.

La asignatura de *Optimización Convexa en Ingeniería* constituye un complemento formativo muy re-co-mendable para quienes deseen completar su formación matemática orientada a la inves-tigación en tecnologías industriales, muy particularmente, para quienes hayan escogido el itinerario de *Matemática Industrial*.

Aunque el término *ciencia de datos* no empezó a emplearse hasta la década de los ochenta del siglo pasado, veinte años antes el matemático John Tukey expuso en su artículo fundacional *The Future of Data Analysis* una descripción de la disciplina, que incluiría, *entre otras cosas: procedimientos para analizar datos, técnicas para interpretar los resultados de tales procedimientos, formas de planificar la recopilación de datos para hacer su análisis más fácil, más preciso o más exacto, y toda la maquinaria y los resultados de la estadística (matemática) que se aplican al analizar datos*.

Si añadimos la disponibilidad de ingentes cantidades de datos, el enorme aumento de la potencia computacional y las prácticamente ilimitadas capacidades para la transferencia y almacenamiento que se han producido en los últimos cincuenta años, podremos hacernos una idea de lo que significa *ciencia de datos*.

En el mencionado artículo, Tukey dedica un apartado a responder a la pregunta *¿Por qué la optimización?* Es natural y deseable, dice, que un matemático optimice: así, centra la atención en un pequeño subconjunto de todas las posibilidades que, a menudo, conducen a principios generales y alienta a afinar los conceptos, particularmente cuando los óptimos intuitivamente erróneos se consideran como razones para reexaminar conceptos y criterios. Para Tukey, el peligro solo aparece cuando los resultados se toman demasiado en serio. La solución de un problema de optimización sería más una guía que una respuesta.

Entendiendo así la importancia de la optimización, sin tomar sus resultados demasiado en serio, ¿por qué poner el énfasis en la optimización convexa (la que tiene función objetivo y restricciones convexas, en nuestro caso, siempre en dimensión finita)? Tenemos razones intrínsecas (como la elegancia de los resultados matemáticos), extrínsecas (por ejemplo, muchos problemas de aprendizaje automático requieren la minimización de funciones convexas, como pueden ser las normas) y, lo que es más importante, razones puramente prácticas (aunque no encontraremos normalmente soluciones cerradas, como en el ajuste

por mínimos cuadrados, existen algoritmos eficientes para resolver la gran mayoría de los problemas convexos).

Para hacernos una idea del tipo de problemas que se tratan en esta asignatura, supongamos que queremos diseñar un algoritmo que permita distinguir fotografías de perros de fotografías de gatos. Un enfoque simple e ingenuo, hasta cierto punto, consistiría en considerar cada fotografía como una matriz (bidimensional, si es en escala de grises o de más dimensiones, si la fotografía es a color); extraeríamos, un poco a ciegas, N características de cada una de esas matrices correspondientes a una gran cantidad de fotos, ya clasificadas como de perros o de gatos (por decir algo, pensemos en la media de los valores de sus celdas, las medias de los valores de sus columnas, la desviación típica de esos valores, etc.). De esa manera, obtendríamos de cada foto un vector de un espacio N dimensional. Si encontramos un hiperplano de ese espacio N dimensional (a fin de cuentas, un vector N dimensional) que separe los puntos correspondientes a perros de los puntos correspondientes a gatos, tendremos un procedimiento muy eficiente para clasificar una nueva fotografía: se convierte en vector N dimensional la nueva fotografía y se introduce en la ecuación del hiperplano (solo sumas y multiplicaciones), de manera que el resultado positivo corresponderá *perro* y el negativo, a *gato*.

Simplificando mucho, el proceso de cálculo del hiperplano sería el *aprendizaje* y se puede formular como un problema de optimización convexa.

De todo lo anterior se deduce que *Optimización Convexa en Ingenería* desempeña un papel básico en el itinerario de *Matemática Industrial*. Aunque podemos hallar vínculos con todas las asignaturas del itinerario, la dependencia más robusta se da con las dos asignaturas que mejor la complementan *Álgebra Lineal Numérica Aplicada a la Ingeniería* y *Modelos variacionales en ingeniería*. En cierto sentido, la primera precede a *Optimización Convexa en Ingeniería,* mientras que la segunda la continúa.

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 conocimientos en álgebra lineal y análisis matemático que se adquieren habitualmente en los grados de ciencias e ingenierías. 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. **Estadística y probabilidad básicas**.
5. **Ajuste por mínimos cuadrados**.
6. **Programación lineal**.
7. **Comprensión de textos científico-técnicos escritos en inglés**.
8. **Edición y composición de textos matemáticos en LaTex.**

EQUIPO DOCENTE

Nombre y Apellidos	JUAN JACOBO PERAN MAZON (Coordinador/a de asignatura)
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 jueves de 10 a 14h, para el profesor Juan Perán Mazón o bien los martes de 10 a 14h, para la profesora Elvira Hernández García. Téngase en cuenta que durante las semanas de exámenes el equipo docente 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 (Juan Perán Mazón) o ehernandez@ind.uned.es (Elvira Hernández García)

•Entrevista. Despacho 2.45 (Juan Perán Mazón) o 2.43 (Elvira Hernández García) de la Escuela de Ingenieros Indus-triales de la UNED. Se ruega concertar cita telefónicamente.
•Teléfono: 91 398 7915 (Juan Perán Mazón) o 913987992 (Elvira Hernández García) 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 metodológicas, bibliografía, etc.), por orden de preferencia:

•Entrevista personal o por videoconferencia. Se ruega concertar cita telefónicamente o por correo electrónico.
•Correo electrónico.
•Teléfono.

Dirección postal

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

COMPETENCIAS QUE ADQUIERE EL ESTUDIANTE

Véase el apartado de Resultados de aprendizaje

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Código	Denominación	Tipo
C1	Adquirir el conocimiento de los métodos y técnicas de investigación	Conocimientos o contenidos
C3	Elaborar y tratar modelos matemáticos que representen el comportamiento de los sistemas industriales	Conocimientos o contenidos
C4	Adquirir destrezas en la aplicación de técnicas de simulación computacional	Conocimientos o contenidos

C5	Tomar conciencia de la importancia de la adquisición del conocimiento científico a la luz de la teoría de la ciencia actual, así como de la diversidad metodológica	Conocimientos o contenidos
C6	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	Conocimientos o contenidos
CP1	Desarrollar habilidades sistémicas (metodológicas): aplicación de conocimientos; habilidades en investigación; y creatividad	Competencias
CP3	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	Competencias
CP4	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	Competencias
H1	Desarrollar capacidad de análisis y síntesis de la información científico-técnica	Habilidades o destrezas

H2	Adquirir destrezas en la búsqueda y gestión bibliográfica y documental	Habilidades o destrezas
H3	Desarrollar capacidad de razonamiento crítico	Habilidades o destrezas
H4	Desarrollar habilidades técnicas, de análisis y síntesis: resolución de problemas, toma de decisiones y comunicación de avances científicos	Habilidades o destrezas
H6	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	Habilidades o destrezas
H7	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	Habilidades o destrezas

Véase la información en el RUCT

CONTENIDOS

Tema 0. Repaso de matemáticas

1. Normas en $\mathbf{R}^n$
2. Producto interior, norma euclidea, ángulos.
3. Normas y distancias. Equivalencia de normas.
4. Norma de un operador lineal.

5. Abiertos y cerrados.
6. Supremo e ínfimo.
7. Funciones. Funciones continuas y cerradas.
8. Derivadas, gradiente, regla de la cadena, hessiana.
9. Rango y espacio nulo.
10. Diagonalización de una forma cuadrática
11. Complementos de álgebra lineal

Tema 1. Introducción y motivación

1. Optimización matemática.
2. Mínimos cuadrados y programación lineal.
3. Optimización convexa.
4. Optimización no-lineal.
5. Notación.

Tema 2. Conjuntos convexos.

1. Conjuntos afines y convexos. Ejemplos importantes.
2. Operaciones que preservan la convexidad.
3. Desigualdades generalizadas.
4. Separación por hiperplanos e hiperplanos soporte.
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.

6a. Aproximación y ajuste.
6b. Inferencia estadística.
6c Problemas geométricos.

METODOLOGÍA

Optimización Convexa en Ingeniería (OCI), como no podía ser de otra manera en una asignatura de la UNED, se imparte con la metodología de la enseñanza a distancia. Esta afirmación obvia exige, no obstante, algunas consideraciones. Originalmente, el concepto de "distancia" se refería a la distancia física entre el estudiante y el centro docente. Ese distanciamiento implicaba, entre otras cosas, el asincronismo entre la exposición del equipo docente y el estudio del alumnado. Por otra parte, esa distancia y esa asincronía existían mucho antes de que se crearan las instituciones de enseñanza abierta: desde siempre, algunos estudiantes han considerado que obtenían poco provecho de las clases magistrales y han optado por el absentismo, poniendo la distancia y la asincronía por su cuenta. Lo que verdaderamente distingue a la enseñanza a distancia de la presencial es que todos (o casi todos) los materiales didácticos están concebidos para su utilización asíncrona. En este sentido, una institución que impartiera las clases magistrales exclusivamente mediante videoconferencias en directo no estaría utilizando ninguna metodología de enseñanza a distancia (salvo por la propia distancia física, claro), pues la metodología sería la misma que la de una clase magistral presencial. La metodología que se aplica en OCI se basa en dos elementos:

- Los materiales didácticos.
- Los foros del curso virtual, en los que se deben plantear las dudas que surjan al estudiar cada tema.

Como regla general, se puede afirmar que si no hay dudas es que no se ha entendido nada. Las preguntas en los foros activan un mecanismo de retroalimentación: cada pregunta modifica y completa los materiales didácticos que la originan. El manual no puede contener todas las explicaciones, figuras, animaciones, etc. que el equipo docente puede generar. Si

lo hiciera, se convertiría en un mamotreto ilegible. Los materiales didácticos están siempre incompletos sin las preguntas de los estudiantes.
Quien no pregunta, en realidad, está aplicándose la antiquísima metodología que hemos comentado antes: no seguir la docencia y empollar en casa. Por supuesto, miles de estudiantes han aplicado con éxito ese método desde siempre, pero no es el más conveniente en esta asignatura.
Los foros también pueden utilizarse como material de consulta, leyendo las preguntas formuladas por los compañeros y las correspondientes respuestas del equipo docente. 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 al alumnado para evitar la desmoralización que amenaza a quien estudia solo. Se pedirá a los alumnos que vayan completando, según avance su estudio, una agenda de trabajo (como informes en el 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 dos o tres ejercicios de los propuestos para esa materia.
Una actividad complementaria muy interesante es la participación en los seminarios en línea que se puedan organizar durante el curso. Estas ponencias, en las que se ofrece una perspectiva de la aplicación de la optimización matemática en distintos sectores profesionales, quedan grabadas en repositorios públicos, de manera que se puedan ver también las correspondientes a cursos anteriores. En el apartado de *Recursos de apoyo y webgrafía* de esta guía encontrarán los enlaces. Más detalles en el curso virtual.

SISTEMA DE EVALUACIÓN

TIPO DE PRUEBA PRESENCIAL

Tipo de examen	No hay prueba presencial

CARACTERÍSTICAS DE LA PRUEBA PRESENCIAL Y/O LOS TRABAJOS

Requiere Presencialidad	No
Descripción	

Proyecto final.

En esta asignatura no se contempla examen presencial. En su lugar, el estudiante elaborará un proyecto o trabajo científico que deberá defender ante el equipo docente y sus compañeros mediante videoconferencia.

El equipo docente propondrá el tema del trabajo de cada estudiante después de oir sus propuestas. En general, se distinguen dos tipos de trabajos

Ampliaciones de la teoría (por ejemplo, a espacios de dimensión infinita),

Implementaciones informáticas de problemas concretos de analítica de datos, en los que se apliquen los contenidos del curso. En este último caso, se empleará CVX sobre MATLAB o CVXPY sobre Phyton.

El trabajo constará de una memoria escrita (elaborada en LaTex) y una presentación (Beamer o similar) que servirá de apoyo a la exposición oral. La memoria escrita tendrá una extensión de entre veinte y treinta páginas. La exposición oral durará entre quince y veinte minutos. La sesión de defensa concluirá con un debate entre el estudiante y el equipo docente sobre el contenido del trabajo, durante el cual el equipo docente comprobará que se comprende todo lo incluido en la memoria, para verificar así su autoría y descartar el empleo irreflexivo de herramientas de inteligencia artificial .

Podrán consultar sus dudas al respecto en el curso virtual.

Criterios de evaluación

Originalidad, relevancia y dificultad del tema elegido.

Calidad, rigor y precisión de la exposición matemática (enunciados, demostraciones, algoritmos, etc.)

Calidad de presentación de la memoria escrita (tipografía, normas gramaticales y ortográficas, etc.)

Orden y claridad en la estructura de la memoria escrita y en la presentación oral.

Habilidad comunicativa en la defensa del trabajo mediante videoconferencia. Capacidad para debatir y argumentar.

Calidad y acierto en las respuestas a las observaciones del tribunal, como criterio esencial para validar la consistencia técnica y el aprovechamiento real de la prueba.

Ponderación de la prueba presencial y/o los trabajos en la nota final	El trabajo final representa ente un 75% de la nota final, como se detalla en los siguientes apartados.
Fecha aproximada de entrega	5 de febrero / 10 de septiembre

Comentarios y observaciones

Fechas de entrega aproximadas de las memorias:

Primera semana de febrero, para la convocatoria ordinaria.

Segunda semana de septiembre, para la convocatoria extraordinaria.

Las fechas de las defensas orales se comunicarán en el curso virtual. En principio, se celebrarán antes de que transcurran quince días naturales desde las fechas límite de entrega de las memorias.

PRUEBAS DE EVALUACIÓN CONTINUA (PEC)

¿Hay PEC? Si,PEC no presencial

Descripción

Hay dos pruebas de evaluación distancia denominadas *Pruebas de Evaluación Continua (PEC)*. La primera, PEC 1, trata sobre los contenidos del bloque I y la segunda, PEC 2, sobre los del bloque II. Véase el apartado Plan de trabajo.

Las pruebas de evaluación continua, que se desarrollan en línea a través del curso virtual, no son obligatorias, aunque es aconsejable realizarlas para conseguir los objetivos de aprendizaje de la asignatura. Una prueba no realizada se evalúa con cero puntos.

Las preguntas pueden ser de distintos tipos: opción múltiple (la respuesta es válida si y solo si se señalan todas las opciones verdaderas y solo las verdaderas); respuesta matemática (se contesta escribiendo una expresión matemática en el cuadro correspondiente mediante un editor de ecuaciones como WIRIS y la aplicación la corrige automáticamente), etc.

Se permite la utilización de todo tipo de documentos en formato físico o digital durante la prueba, pero no está permitido recibir ayuda de otras personas ni emplear herramientas de inteligencia artificial.

El equipo docente informará sobre calendario y otros detalles en el curso virtual.

Criterios de evaluación

En cualquier caso, la corrección (automática o manual) de cada pregunta solo puede dar dos resultados: "incorrecta" (0 puntos) o "correcta" (1 punto). La calificación de cada PEC es la media aritmética de los puntos conseguidos en las preguntas que la integran.

Ponderación de la PEC en la nota final: La PEC tiene un peso del 25%, como se especifica en el apartado "¿Cómo se obtiene nota final?"

Fecha aproximada de entrega: PEC1: noviembre / PEC2: diciembre

Comentarios y observaciones

Se ofrecerán más detalles en el curso virtual.

OTRAS ACTIVIDADES EVALUABLES

¿Hay otra/s actividad/es evaluable/s? Si,no presencial

Descripción

La entrega de los informes de estudio señalados en el Plan de Trabajo se valorará con una nota global comprendida entre 0 y 1 punto, que se añadirá al resultado de la evaluación de las pruebas de evaluación continua y del trabajo final.

Criterios de evaluación

Originalidad de los comentarios del informe, así como la calidad y la puntualidad en su presentación.

Ponderación en la nota final: La nota de esta actividad se añade; no se aplica ninguna media ponderada. Por lo tanto, solo puede incrementar la calificación, nunca reducirla.

Fecha aproximada de entrega: Informe 1: noviembre. Informe 2: diciembre

Comentarios y observaciones

Las fechas exactas se notificarán en el curso virtual.

¿CÓMO SE OBTIENE LA NOTA FINAL?

Nota final en la convocatoria ordinaria de febrero = Mín(10, 0.1 PEC1 + 0.15 PEC2 + 0.75 TFF + IF),

Nota final en la convocatoria extraordinaria de septiembre = Mín(10, 0.1 PEC1 + 0.15 PEC2 + 0.75 TFS + IF),

en donde

PEC1, en el intervalo [0,10], es la nota de la primera PEC. El mismo valor en las convocatorias de febrero y septiembre.

PEC2, en el intervalo [0,10], es la nota de la segunda PEC. El mismo valor en las convocatorias de febrero y septiembre.

TFF, en el intervalo [0,10], es la nota del trabajo final presentado en la convocatoria ordinaria de febrero.

TFS en el intervalo [0,10], es la nota del trabajo final presentado en la convocatoria extraordinaria de septiembre.

IF, en el intervalo [0,1], es la nota global de los informes. El mismo valor en las convocatorias de febrero y septiembre.

No hay ninguna actividad obligatoria. Las actividades que no se realicen se evalúan con cero puntos para aplicar la fórmula anterior. Es necesario que la nota final alcance los 5 puntos para superar la asignatura.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

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

Se trata de un manual escrito, en lengua inglesa, para servir como libro de texto para posgraduados en áreas científíco-técnicas. 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 o en ciencias no matemáticas se incluyen en el texto como anexos.

En el momento de redactar esta guía, se puede acceder libremente al texto vía web en la dirección:

https://www.ee.ucla.edu/~vandenbe/cvxbook/

El equipo docente agradece a los autores su generosidad al propocionar gratuitamente el acceso a su libro.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- 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.
- Rockafellar, R.T.. Convex Analysis . Ed. Princeton University Press. 1997
  Es la referencia canónica 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.
- Stephen Boyd, Lieven Vandenberghe: Introduction to Applied Linear Algebra. Vectors, Matrices, and Least Squares 2018 Cambridge University Press. ISBN: 9781316518960.
  Este magnífico libro podría usarse como texto para un primer curso de álgebra lineal aplicada a la ciencia de datos.

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 podrán 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.
- **Seminarios en linea** Organizados por el equipo docente con el fin de ofrecer una perspectiva de la aplicación de la optimización matemática en distintos sectores profesionales. Se irán anunciando y publicando desde SEMINARIOS DE OPTIMIZACIÓN EN LÍNEA y quedarán grabados en repositorios públicos accesibles desde el Canal de YouTube de la UNED o CanalUNED.
- **Otros materiales audivisuales.** En el momento de redactar esta guía, se podían encontrar en la dirección https://see.stanford.edu/Course/EE364A
  los vídeos de las clases del profesor Stephen Boyd en la Universidad de Stanford.
- **Entrega de actividades**. Todos los documentos que se entreguen deberán elaborarse en LaTex. Más detalles en el curso virtual.

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.