Universidad Rey Juan Carlos

GUÍA DOCENTE

OPTIMIZACION DE TRAYECTORIAS Y LEYES DE GUIADO

GRADO EN INGENIERÍA AEROESPACIAL EN AERONAVEGACIÓN

CURSO 2022-23

Fecha de publicación: 05-07-2022

I.-Identificación de la Asignatura	
Tipo	OPTATIVA
Período de impartición	4 curso, 1Q semestre
Nº de créditos	6
Idioma en el que se imparte	Castellano

II.-Presentación

En esta asignatura se estudiará la teoría de control óptimo, un conjunto de técnicas para dirigir o regular de forma óptima el comportamiento de un sistema, con el fin de inducir en este último el comportamiento deseado. Se estudiarán además las aplicaciones de esta teoría a la optimización de trayectorias de sistemas aeroespaciales.

Las clases teóricas se complementan con sesiones en el laboratorio dónde se trabajará en la resolución de problemas con un software específico de optimización.
Conocimientos previos necesarios para un correcto aprovechamiento de la asignatura: especialmente, Ecuaciones Diferenciales Ordinarias y Mecánica de Vuelo. Es muy recomedable tener adquiridos todos los conocimientos relacionados con las disciplinas mencionadas e impartidos en el itinerario formativo de la titulación con anterioridad.

III.-Competencias

Competencias Generales

CG01. Capacidad para el diseño, desarrollo y gestión en el ámbito de la ingeniería aeronáutica que tengan por objeto los vehículos aeroespaciales, los sistemas de propulsión aeroespacial, los materiales aeroespaciales, las infraestructuras aeroportuarias, las infraestructuras de aeronavegación y cualquier sistema de gestión del espacio, del tráfico y del transporte aéreo.
CG02. Planificación, redacción, dirección y gestión de proyectos, cálculo y fabricación en el ámbito de la ingeniería aeronáutica que tengan por objeto los vehículos aeroespaciales, los sistemas de propulsión aeroespacial, los materiales aeroespaciales, las infraestructuras aeroportuarias, las infraestructuras de aeronavegación y cualquier sistema de gestión del espacio, del tráfico y del transporte aéreo.
CG03. Instalación explotación y mantenimiento en el ámbito de la ingeniería aeronáutica que tengan por objeto los vehículos aeroespaciales, los sistemas de propulsión aeroespacial, los materiales aeroespaciales, las infraestructuras aeroportuarias, las infraestructuras de aeronavegación y cualquier sistema de gestión del espacio, del tráfico y del transporte aéreo.
CG04. Verificación y Certificación en el ámbito de la ingeniería aeronáutica que tengan por objeto los vehículos aeroespaciales, los sistemas de propulsión aeroespacial, los materiales aeroespaciales, las infraestructuras aeroportuarias, las infraestructuras de aeronavegación y cualquier sistema de gestión del espacio, del tráfico y del transporte aéreo.
CG06. Capacidad para participar en los programas de pruebas en vuelo para la toma de datos de las distancias de despegue, velocidades de ascenso, velocidades de pérdidas, maniobrabilidad y capacidades de aterrizaje.
CG07. Capacidad de analizar y valorar el impacto social y medioambiental de las soluciones técnicas.

Competencias Específicas

CE23. Conocimiento adecuado y aplicado a la Ingeniería de: Las operaciones de vuelo de los sistemas aeroespaciales; el impacto ambiental de las infraestructuras; la planificación, diseño e implantación de sistemas para soportar la gestión del tráfico aéreo.
CE24. Conocimiento adecuado y aplicado a la Ingeniería de: Los métodos de cálculo y de desarrollo de la navegación aérea; el cálculo de los sistemas específicos de la aeronavegación y sus infraestructuras; las actuaciones, maniobras y control de las aeronaves; la normativa aplicable; el funcionamiento y la gestión del transporte aéreo; los sistemas de navegación y circulación aérea; los sistemas de comunicación y vigilancia aérea.

IV.-Contenido

IV.A.-Temario de la asignatura

1. Introducción

2. Problemas de minimización

2.1 Minimización sin restricciones en dominios acotados y no acotados
2.2 Minimización con restricciones en R^2: Problemas con restricciones de igualdad
2.3 Minimización con restricciones en R^n: Problemas con restricciones de igualdad
2.4 Minimización con restricciones: Problemas con restricciones de desigualdad
2.5 Ejemplos y problemas.

3. Cálculo de variaciones
3.1 Condiciones necesarias de Euler–Lagrange
3.2 Condiciones necesarias de Legendre
3.3 Algunas condiciones suficientes para los problemas más simples
3.4 Condiciones de transversalidad
3.5 Ejemplos y problemas.

4. Principio del mínimo de Pontryagin y Hestenes
4.1 El problema de Bolza
4.2 Sistema de estado y sistema adjunto
4.3 Cálculo de variaciones
4.4 Principio del mínimo
4.5 Ejemplos y problemas.

5. Métodos numéricos para el control óptimo
5.1 Métodos directos e indirectos
5.2 Métodos de colocación
5.3 Métodos pseudoespectrales

6. Aplicaciones a la ingeniería aeroespacial

IV.B.-Actividades formativas

Tipo	Descripción
Laboratorios	Realización de prácticas de laboratorios.
Lecturas	Clases de teoría.
Prácticas / Resolución de ejercicios	Clases prácticas y resolución de problemas/ejercicios.
Otras	Tutorías individuales o en grupo.
Otras	Estudio individual o en grupo.
Otras	Elaboración de trabajos.
Otras	Pruebas.

V.-Tiempo de Trabajo del estudiante (30h grado y 25h máster)	
Clases teóricas	22
Clases de resolución de ejercicios, problemas, casos, etc.	12
Prácticas en laboratorios experimentales, tecnológicos, clínicos, campo, etc.	22
Realización de pruebas	4
Tutorías académicas	17
Actividades relacionadas: jornadas, seminarios, etc.	1
Preparación de clases teóricas	50
Preparación de prácticas/ejercicios/casos	30
Preparación de pruebas	22
Total de horas de trabajo del alumnado	180

VI.-Metodología y plan de trabajo		
Tipo	**Periodo**	**Contenido**
Tutorías académicas	Semana 1 a Semana 16	Tutorías individuales o en grupo.
Clases Teóricas	Semana 1 a Semana 1	Presentación de la asignatura: temario de la asignatura, forma de evaluación, pruebas continuas durante el curso, etc. Explicación de la Guía Docente.
Clases Teóricas	Semana 1 a Semana 4	Minimización ordinaria. Además de las clases magistrales, se proporcionarán materiales autoformativos a los/las estudiantes (apuntes, diapositivas, vídeos interactivos, etc.).
Clases Teóricas	Semana 4 a Semana 4	Presentación Métodos Numéricos para el Control Óptimo. Además de las clases magistrales, se proporcionarán materiales autoformativos a los/las estudiantes (apuntes, diapositivas, vídeos interactivos, etc.).
Clases Teóricas	Semana 4 a Semana 9	Cálculo de Variaciones. Además de las clases magistrales, se proporcionarán materiales autoformativos a los/las estudiantes (apuntes, diapositivas, vídeos interactivos, etc.).

Clases Teóricas	Semana 9 a Semana 13	Teoría de Control Óptimo. Además de las clases magistrales, se proporcionarán materiales autoformativos a los estudiantes (apuntes, diapositivas, vídeos interactivos, etc.).
Laboratorios	Semana 1 a Semana 16	Prácticas Laboratorio. Se presentarán se expondrán las diferentes prácticas de laboratorio de la asignatura en clase. Igualmente, se resolverán los principales aspectos de cada una durante las clases. La entrega de las mismas se realizará de forma remota no síncrona.
Clases Teóricas	Semana 13 a Semana 16	Práctica Laboratorio Final.
Otras Actividades	Semana 1 a Semana 16	Resolución y entrega de problemas/ejercicios
Pruebas	Semana 14 a Semana 14	Prueba

VII.-Método de evaluación

VII.A.-Ponderación para la evaluación

Evaluación ordinaria continua:
La distribución y características de las pruebas de evaluación son las que se describen a continuación. Solo en casos excepcionales y especialmente motivados, el profesor podrá incorporar adaptaciones en la Guía. Dichos cambios requerirán, previa consulta al Responsable de la Asignatura, la autorización previa y expresa del Coordinador de Grado, quien notificará al Vicerrectorado con competencias en materia de Ordenación Académica la modificación realizada. En todo caso, las modificaciones que se propongan deberán atender a lo establecido en la memoria verificada. Para que tales cambios sean efectivos, deberán ser debidamente comunicados a comienzo de curso a los estudiantes a través del Aula Virtual.
La suma de las actividades no reevaluables no podrá superar el 50% de la nota de la asignatura y, en general, no podrán tener nota mínima (salvo en el caso de las prácticas de laboratorio o prácticas clínicas, cuando esté debidamente justificado), evitando incorporar pruebas que superen el 60% de la ponderación de la asignatura.
Evaluación extraordinaria: Los estudiantes que no consigan superar la evaluación ordinaria, o no se hayan presentado, serán objeto de la realización de una evaluación extraordinaria para verificar la adquisición de las competencias establecidas en la guía, únicamente de las actividades de evaluación revaluables.

Descripción de las pruebas de evaluación y su ponderación

EVALUACIÓN ORDINARIA:

La evaluación ordinaria de la asignatura consiste en la evaluación de las siguientes tres sistemas de evaluación:

A) Realización de pruebas individuales escritas, calificación Ce.

Las pruebas escritas se realizarán de forma individual. El contenido del temario se dividirá en dos grandes bloques bien diferenciados.

BLOQUE I:

I.- Introducción.
II.- Problemas de minimización ordinaria.
III.- Cálculo de Variaciones.
IV.- Principio del mínimo de Pontryagin.

BLOQUE II:

V.- Métodos numéricos para Control Óptimo
VI.- Aplicaciones a la Ingeniería Aeroespacial.

Se realizará una prueba escrita de evaluación correspondiente a cada uno de los dos bloques mencionados.

Las dos pruebas tendrán el mismo peso relativo en la calificación, 50%. Además, ambas pruebas tienen una nota mínima de 5 puntos sobre 10 para hacer media con el resto de pruebas de evaluación.

- La prueba correspondiente al Bloque I, CeI, consistirá en la resolución de una serie de problemas analíticos. Esta prueba podrá incluir preguntas teóricas o teórico-prácticas sobre el temario del Bloque I.
- La prueba correspondiente al Bloque II, CeII, consistirá en la resolución numérica de problemas utilizando el software apropiado para ello. Esta prueba podrá incluir preguntas teóricas o teórico-prácticas sobre el temario del Bloque II.

Por tanto, la calificación obtenida en las pruebas escritas, Ce, se calculará como sigue:

Si CeI>=5, CeII>=5 : Ce = CeI/5 + CeII/5
Si CeI<5 y/o CeII<5 : Ce = MIN(CeI, CeII)

Para superar la prueba escrita ha de obtenerse una calificación Ce>=5. La calificación Ce obtenida en esta actividad será el 70% de la calificación final de la asignatura en caso de que Ce>=5. En caso contrario, es decir, si Ce<5, la nota final de la asignatura coincidirá con Ce.

B) Realización de prácticas, calificación Cpract.

Para facilitar e incentivar el seguimiento de la asignatura, a lo largo del curso se plantearán una serie de prácticas individuales y una práctica final en grupo.

No se guardarán notas de prácticas de cursos anteriores. La calificación de los informes de prácticas no entregados será cero. Los informes de prácticas entregados con retraso o en cursos anteriores tendrán una calificación de cero.

Todas las prácticas tienen la misma ponderación en la calificación, a excepción de la última práctica de la asignatura, Cpract_final, la cual tendrá una mayor carga de trabajo y ponderará por lo tanto como el 50% de la nota de prácticas. Por tanto, la calificación Cpract se calculará como sigue:

Cpract = 0.5*(Cpract1 + Cpract2 + ... + Cpractn)/n + 0.5*Cpract_final.

La calificación Cpract obtenida en esta actividad será el 20% de la calificación final de la asignatura. Esta actividad es no revaluable.

Las prácticas solo serán evaluadas en caso de que Ce >=5.

C) Resolución de problemas y ejercicios propuestos por el profesor, calificación Cprob.

Para facilitar e incentivar el seguimiento de la asignatura, a lo largo del curso se plantearán una serie de problemas y ejercicios.

La entrega de estos problemas y trabajos es individual. Los problemas sólo serán evaluadas en caso de que Ce >=5.

La calificación Cprob obtenida en esta actividad se calculará como la media entre todas las entregas propuestas por el profesorado y, siempre que Ce>=5, será el 10% de la calificación final. Esta actividad es no revaluable.

Por lo tanto, resumiendo:

Si Ce>=5, la calificación final de la asignatura se calculará como sigue: Cf = 0.7*Ce + 0.2*Cpract + 0.1*Cprob
Si Ce<5, la calificación final de la asignatura será Cf=Ce.

Para aprobar la asignatura en la evaluación ordinaria ha de obtenerse una calificación final Cf>=5. Por consiguiente, la calificación final de la asignatura será:

• *Aprobado, notable, sobresaliente o matrícula de honor*: en función de la nota numérica resultante en el cálculo de Cf, siempre que Cf>=5, según las condiciones mencionadas. En este caso, se considera que el alumno domina las competencias asociadas a la asignatura.
• *No presentado*: si el estudiante no se presenta a ninguna de las partes descritas anteriormente: pruebas individuales, prácticas y problemas.
• *Suspenso*: en el resto de casos.

Resumiendo:

	Ponderación	Nota mínima
Pruebas individuales escritas	70	5/10 cada una
Evauación de prácticas	20	No tiene
Evaluación de problemas	10	No tiene

En ningún caso, existirá la opción de liberar materia para la evaluación extraordinaria.
Si el profesor lo cree oportuno podrá requerir de cualquier estudiante la defensa presencial de cualquiera de las pruebas de la asignatura: pruebas escritas, prácticas o problemas. El resultado de la defensa oral será la ratificación de la calificación obtenida o una nueva calificación distinta a la anteriormente obtenida.

EVALUACIÓN EXTRAORDINARIA

La evaluación extraordinaria de la asignatura consiste en la ponderación de prácticas y problemas descritos anteriormente (que son no revaluables) y dos pruebas individuales escritas con la misma estructura y condiciones que las pruebas escritas individuales mencionadas en convocatoria ordinaria, que tendrán lugar en las fechas oficiales establecidas y de los que se obtendrán la calificación Ce (mismo criterio que convocatoria ordinaria).

Para el cálculo de las calificaciones se aplicarán los mismos criterios que en la evaluación ordinaria, es decir:

Si Ce>=5, la calificación final de la asignatura se calculará como sigue: Cf = 0.7*Ce + 0.2*Cpract + 0.1*Cprob

Si Ce<5, la calificación final de la asignatura será Cf=Ce.

Para aprobar la asignatura en la evaluación extraordinaria ha de obtenerse una calificación final Cf>=5.

Revisión de la calificación de las pruebas escritas

En la revisión de la calificación de las distintas pruebas escritas se aplican las normas siguientes:
1) Los criterios de evaluación establecidos por los profesores de la asignatura no podrán ser objeto de discusión durante la revisión.
2) La revisión de las calificaciones no prevé la resolución de dudas. Su finalidad es la resolución de los eventuales errores en las calificaciones. Para la resolución de dudas acerca de los problemas o cuestiones planteados en las pruebas, se procederá de la misma forma que para el resto de dudas a lo largo del curso, es decir, mediante la solicitud de una tutoría por parte del alumno.
3) Para acudir a la revisión del examen es necesario apuntarse a la consulta habilitada en el Aula Virtual para tal fin, seleccionando día y hora entre las opciones ofrecidas por el profesor.

Tutorías

Las tutorías se atenderán en la hora designada por el profesor bajo previa petición por parte del alumno. El día hábil anterior a cualquier prueba de evaluación no se atenderá ninguna tutoría.

Normativa de conducta

La realización de las pruebas de evaluación está sujeta a los principios de integridad y honestidad académica recogidos en el artículo 13.2.d del Estatuto del Estudiante Universitario, así como en el Código Ético de la Universidad, siendo de aplicación lo

contemplado en los artículos 5 y 6 de la Normativa sobre conducta académica de la Universidad Rey Juan Carlos.

VII.B.-Evaluación de estudiantes con dispensa académica de asistencia a clase

Para que un alumno pueda optar a esta evaluación, tendrá que obtener la 'Dispensa Académica de asistencia a clase' para la asignatura, que habrá solicitado al Decano/a o Director/a del Centro que imparte su titulación. La Dispensa Académica se podrá conceder siempre y cuando las peculiaridades propias de la asignatura lo permitan. Una vez que se haya notificado la concesión de la Dispensa Académica, el docente deberá informar al estudiante a través del Aula Virtual acerca del plan de evaluación establecido en cada caso.

Asignatura con posibilidad de dispensa: Si

VII.C.-Revisión de las pruebas de evaluación

Conforme a la normativa de reclamación de exámenes de la Universidad Rey Juan Carlos.

VII.D.-Estudiantes con discapacidad o necesidades educativas especiales

Las adaptaciones curriculares para estudiantes con discapacidad o con necesidades educativas especiales, a fin de garantizar la igualdad de oportunidades, no discriminación, la accesibilidad universal y la mayor garantía de éxito académico serán pautadas por la Unidad de Atención a Personas con Discapacidad en virtud de la Normativa que regula el servicio de Atención a Estudiantes con Discapacidad, aprobada por Consejo de Gobierno de la Universidad Rey Juan Carlos.
Será requisito para ello la emisión de un informe de adaptaciones curriculares por parte de dicha Unidad, por lo que los estudiantes con discapacidad o necesidades educativas especiales deberán contactar con ella, a fin de analizar conjuntamente las distintas alternativas.

VII.E.-Conducta Académica, integridad y honestidad académica

La Universidad Rey Juan Carlos está plenamente comprometida con los más altos estándares de integridad y honestidad académica, por lo que estudiar en la URJC supone asumir y suscribir los valores de integridad y la honestidad académica recogidos en el Código Ético de la Universidad (https://www.urjc.es/codigoetico). Para acompañar este proceso, la Universidad dispone de la Normativa sobre conducta académica de la Universidad Rey Juan Carlos (https://urjc.es/images/Universidad/Presentacion/normativa/Normativa_conducta_academica_URJC.pdf) y de diferentes herramientas (antiplagio, supervisión) que ofrecen una garantía colectiva para el completo desarrollo de estos valores esenciales.

VIII.-Recursos y materiales didácticos
Bibliografía básica
John T. Betts, Practical Methods for Optimal Control and Estimation Using Nonlinear Programming. Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM), 2010.
Joseph Z. Ben-Asher, Optimal Control Theory with Aerospace Applications. American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2010.
Bruce A. Conway, Spacecraft Trajectory Optimization. Cambridge University Press, 2010.
Bibliografía complementaria

IX.-Profesorado	
Nombre y apellidos	MARIA CEREZO MAGAÑA
Correo electrónico	maria.cerezo@urjc.es
Categoría	Profesional
Responsable de asignatura	Si
Horario de Tutorías	Para consultar las tutorias póngase en contacto con el/la profesor/-a a través de correo electrónico
Nº de Quinquenios	0
Nº de Sexenios	0
Nº de Sexenios de transferencia	0
Nº de evaluaciones positivas Docentia	2