



Universidad
Politécnica
de Cartagena

Campus
de Excelencia
Internacional



Guía docente

PRINCIPIOS DE VUELO I (AERODINÁMICA)

Curso 2019-20



GRADO EN INGENIERÍA EN ORGANIZACIÓN INDUSTRIAL (BOE 21-12-2012)

CENTRO UNIVERSITARIO DE LA DEFENSA

Universidad Politécnica de Cartagena



1. Descripción general

Nombre	PRINCIPIOS DE VUELO I (AERODINÁMICA)
Código	511103012
Carácter	Optativa
ECTS	6
Unidad temporal	Cuatrimestral
Despliegue temporal	Curso 3º - Segundo cuatrimestre
Menciones / especialidades	
Idioma en la que se imparte	Castellano
Modalidad de impartición	Presencial



2. Datos del profesorado

Nombre y apellidos	Rodríguez Bermúdez, German
Área de conocimiento	Ingeniería de Sistemas y Automática
Departamento	Ingeniería y Técnicas Aplicadas (CUD)
Teléfono	
Correo electrónico	german.rodriguez@ cud.upct.es
Horario de atención y ubicación durante las tutorías	Despacho nº 26. Previa cita por correo Martes y Jueves (12:35h-14-35h)
Titulación	Doctor Ingeniero en Automática y Electrónica Industrial e Ingeniero Técnico de Telecomunicación.
Categoría profesional	Profesor/a Contratado/a Doctor/a de Facultades y Escuelas Superiores
Nº de quinquenios	1
Nº de sexenios	1
Currículum vitae	

Nombre y apellidos	López Belchí, Alejandro
Área de conocimiento	Máquinas y Motores Térmicos
Departamento	Ingeniería y Técnicas Aplicadas (CUD)
Teléfono	968189926
Correo electrónico	alejandro.lopez@ cud.upct.es
Horario de atención y ubicación durante las tutorías	Despacho nº 27. Martes 12:50-14:35 Jueves 12:50-14:35. Como criterio general, el alumno que desee realizar una tutoría deberá previamente (al menos con un día de antelación) enviar un correo electrónico al profesor solicitándolo.
Titulación	Ingeniero Industrial Doctor por la Universidad Politécnica de Cartagena
Categoría profesional	Profesor/a Contratado/a Doctor/a de Facultades y Escuelas Superiores
Nº de quinquenios	
Nº de sexenios	
Currículum vitae	



3. Competencias y resultados del aprendizaje

3.1. Competencias básicas del plan de estudios asociadas a la asignatura

[CB5]. Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía

3.2. Competencias generales del plan de estudios asociadas a la asignatura

[CG2]. Aplicar las tecnologías generales y las materias fundamentales en el ámbito industrial para la resolución de problemas propios de la ingeniería.

3.3. Competencias específicas del plan de estudios asociadas a la asignatura

[CE30]. Analizar las tecnologías aplicadas a la ingeniería y a las operaciones de los sistemas aeronáuticos.

Competencias específicas de la asignatura (para aquellas asignaturas optativas que las tengan)

3.4. Competencias transversales del plan de estudios asociadas a la asignatura

[CT3]. Aprender de forma autónoma.

3.5. Resultados del aprendizaje de la asignatura

El objetivo fundamental de la asignatura es el de comprender como las fuerzas aerodinámicas determinan la dinámica del vuelo y el papel de las distintas variables involucradas en el fenómeno del vuelo. Para ello, al finalizar la asignatura, el alumno deberá ser capaz:

Comprender los mecanismos básicos de generación de sustentación en perfiles aerodinámicos y caracterizar cuantitativamente la misma desde el punto de vista de la teoría potencial.

Conocer el efecto de la envergadura del ala en la modificación de la sustentación respecto al caso de perfiles.

Distinguir los comportamientos aerodinámicos en régimen subsónico y supersónico. Justificar la morfología de perfiles y alas en ambos regímenes.

Comprender el concepto de capa límite y su papel fundamental en la generación de resistencia y la entrada en pérdida de los perfiles.

Conocer los principales dispositivos hipersustentadores: morfología, fundamento físico de funcionamiento, necesidad de los mismos y efectos sobre la generación de sustentación y resistencia.

Analizar cuantitativamente la variación de las necesidades propulsivas con la altura de vuelo y las prestaciones de los aeromotores con la misma.

Formular los problemas de actuaciones integrales y de punto de las aeronaves de ala fija.

Calcular techos de vuelo. Optimizar alcances y autonomías con modelos sencillos para



las propiedades aerodinámicas y propulsivas de las aeronaves.

Comprender los problemas de estabilidad y control de las aeronaves. Justificar la existencia de los mandos (alergones y timones) y comprender su funcionamiento.

Ser crítico con los problemas de diseño y análisis aerodinámico y de simulación en mecánica del vuelo, siendo capaz de valorar la complejidad técnica de dichas ciencias, de las que serán usuarios, y teniendo unos conocimientos básicos para analizar con espíritu crítico los datos que les puedan suministrar otros profesionales del área con los que establezcan contacto.



4. Contenidos

4.1 Contenidos del plan de estudios asociados a la asignatura

Atmósfera. Ecuaciones fundamentales de la dinámica de los fluidos. Origen de las fuerzas aerodinámicas. Influencia de la forma en planta del ala. Dispositivos hipersustentadores. Actuaciones de los aviones. Estabilidad estática y dinámica. Ondas de choque.

4.2. Programa de teoría

Unidades didácticas	Temas
REVISIÓN DE MECÁNICA DE FLUIDOS. GENERALIDADES	Lección 1. Introducción. Repaso de conceptos fundamentales de mecánica de fluidos. Fuerzas y coeficientes aerodinámicos. Lección 2. Movimiento potencial bidimensional de líquidos ideales. Soluciones fundamentales. El teorema de Kutta-Jukowsky.
AERODINÁMICA BIDIMENSIONALES EN RÉGIMEN INCOMPRESIBLE	Lección 3. Flujo potencial incompresible sobre perfiles bidimensionales.
AERODINÁMICA TRIDIMENSIONAL EN RÉGIMEN INCOMPRESIBLE	Lección 4. Flujo potencial incompresible sobre alas de envergadura finita
FLUJOS COMPRESIBLES	Lección 5. Flujo potencial compresible. Generalidades. Ondas de choque. Lección 6. Flujo potencial compresible alrededor de perfiles aerodinámicos y alas.
FLUJOS CON VISCOSIDAD	Lección 7. Flujo viscoso. Capa límite. Resistencia de origen viscoso. Entrada en pérdida de perfiles. Lección 8. Resistencia del avión. Lección 9. Dispositivos hipersustentadores y de control del flujo.
SISTEMAS DE PROPULSIÓN DE	Lección 10. Sistemas de propulsión de aeronaves. Avión con motor alternativo y hélice. Turborreactores.
GENERALIDADES. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA COMPLETO	Lección 11. Introducción a la Mecánica del Vuelo. Nomenclatura. Formulación general del problema
ACTUACIONES DE AERONAVES	Lección 12. Actuaciones del planeador.



4.2. Programa de teoría

Unidades didácticas	Temas
	Lección 13. Actuaciones de los aviones con motor alternativo y hélice. Lección 14. Actuaciones de los aviones con motor de reacción. Lección 15. Envolventes de vuelo y diagramas de maniobra
ESTABILIDAD Y CONTROL	Lección 16. Introducción a los problemas de estabilidad y control. Lección 17. Estabilidad y control longitudinales. Lección 18. Estabilidad y control lateral-direccional

4.3. Programa de prácticas

Nombre	Descripción
Aerodinámica experimental	En el Túnel de Viento en UDITA (Unidad Docente e Investigadora en Tecnología Aeronáutica) en CUD se introducirá a los alumnos en las labores de investigación en aerodinámica experimental con 1 sesión práctica de 2 horas. Las prácticas se realizarán en el horario de docencia de la asignatura (o en caso de disponibilidad en horario de APNC/ESTUDIO), por la limitación horaria que impone la práctica del vuelo. A la sesión práctica acudirán los alumnos en grupos reducidos para aprovechar al máximo el tiempo de la misma y permitir que los alumnos realicen una sesión práctica realista, entendiendo el complejo funcionamiento de la instalación y las técnicas de medida, lo que requiere la continua supervisión del profesor encargado de las prácticas (los alumnos harán uso de instrumentos de medida empleados en investigaciones actuales) La sesión práctica versará sobre aerodinámica de perfiles, haciendo uso de visualizaciones de flujo, medidas de presión y otras



4.3. Programa de prácticas

Nombre

Descripción

Aerodinámica numérica

técnicas de diagnóstico fluidodinámico.

Se realizará una sesión práctica de 2 horas en la que se presentarán los fundamentos de las técnicas numéricas para la resolución de problemas fluidodinámicos y se realizará una simulación guiada (en software OpenFOAM). Los alumnos de la asignatura se dividirán en 4 grupos para la realización de esta sesión. El profesorado, una vez explicados los fundamentos teóricos, proporcionará a los alumnos unos ficheros base sobre los que trabajarán para la generación de las mallas computacionales, imposición de condiciones de contorno, y lanzamiento del caso numérico. Posteriormente se proporcionarán herramientas que permitan analizar los resultados obtenidos para su comparación con la teoría y la evaluación de las herramientas numéricas empleadas. Las simulaciones se realizarán sobre un perfil NACA estándar para distintas condiciones de ángulo de ataque y números de Mach y Reynolds, y se emplearán distintos solvers (con/sin viscosidad, con/sin turbulencia, con/sin efectos de compresibilidad) para comparar las diferentes soluciones.

Observaciones

Prevención de riesgos

La Universidad Politécnica de Cartagena considera como uno de sus principios básicos y objetivos fundamentales la promoción de la mejora continua de las condiciones de trabajo y estudio de toda la Comunidad Universitaria.

Este compromiso con la prevención y las responsabilidades que se derivan atañe a todos los niveles que integran la Universidad: órganos de gobierno, equipo de dirección, personal docente e investigador, personal de administración y servicios y estudiantes.

El Servicio de Prevención de Riesgos Laborales de la UPCT ha elaborado un "Manual de



acogida al estudiante en materia de prevención de riesgos" que puedes encontrar en el Aula Virtual, y en el que encontraras instrucciones y recomendaciones acerca de cómo actuar de forma correcta, desde el punto de vista de la prevención (seguridad, ergonomía, etc.), cuando desarrolles cualquier tipo de actividad en la Universidad. También encontrarás recomendaciones sobre cómo proceder en caso de emergencia o que se produzca algún incidente.

En especial, cuando realices prácticas docentes en laboratorios, talleres o trabajo de campo, debes seguir todas las instrucciones del profesorado, que es la persona responsable de tu seguridad y salud durante su realización. Consúltale todas las dudas que te surjan y no pongas en riesgo tu seguridad ni la de tus compañeros.

4.4. Programa de teoría en inglés

Unidades didácticas	Temas
FLUID DYNAMICS REVISION. GENERAL CONCEPTS.	Lesson 1. Introduction. Review of fundamental concepts of fluid dynamics. Aerodynamics coefficients definitions. Lesson 2. Ideal two-dimensional incompressible fluid flow. Fundamental solutions. The Kutta-Jukowsky theorem.
INCOMPRESSIBLE TWO DIMENSIONAL IDEAL AERODYNAMICS	Lesson 3. Potential incompressible flow over two-dimensional profiles.
INCOMPRESSIBLE THREE DIMENSIONAL IDEAL AERODYNAMICS	Lesson 4. Potential incompressible flow over finite wings
COMPRESSIBLE FLOW	Lesson 5. Potential compressible flow. General concepts. Shock waves. Lesson 6. Potential compressible flow over aerodynamic profiles and wings
VISCOUS FLOW	Lesson 7. Viscous flow introduction. Boundary layers. Viscous drag. Stall. Lesson 8. Full aeroplane drag. Lesson 9. High-lift and flow control devices
AIRCRAFT POWERPLANTS	Lesson 10. Aircraft powerplants. Aircraft with internal combustion engine and prop. Aeroengines
GENERAL CONCEPTS. FULL PROBLEM FORMULATION	Lesson 11. Introduction to flight mechanics. Nomenclature. General formulation of the problema
AIRCRAFT PERFORMANCES	Lesson 12. Glider performances. Lesson 13. Performances of aircrafts (propeller propulsion). Lesson 14. Performances of aircrafts (jet propulsion).



4.4. Programa de teoría en inglés

Unidades didácticas	Temas
	Lesson 15. Flight envelopes and maneuver diagrams.
STABILITY AND CONTROL	Lesson 16. Introduction to stability and control problems. Lesson 17. Longitudinal stability and control. Lesson 18. Lateral and directional stability and control.

4.5. Observaciones

A continuación se presentan los objetivos del aprendizaje (identificados por su número según el apartado 4.5) detallados por unidades didácticas:

UD 1. REVISIÓN DE MECÁNICA DE FLUIDOS. GENERALIDADES.

Objetivos de aprendizaje 1, 3, 4

UD 2. AERODINÁMICA BIDIMENSIONALES EN RÉGIMEN INCOMPRESIBLE.

Objetivos de aprendizaje 1, 3, 10

UD 3. AERODINÁMICA TRIDIMENSIONAL EN RÉGIMEN INCOMPRESIBLE.

Objetivos de aprendizaje 1, 2, 3, 10

UD 4. FLUJOS COMPRESIBLES.

Objetivos de aprendizaje 1, 2, 3, 10

UD 5. FLUJOS CON VISCOSIDAD.

Objetivos de aprendizaje 4, 5, 10

UD 6. SISTEMAS DE PROPULSIÓN DE AERONAVES.

Objetivos de aprendizaje 6, 10

UD 7. GENERALIDADES. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA COMPLETO.

Objetivos de aprendizaje 6, 7, 8, 9, 10

UD 8. ACTUACIONES DE AERONAVES.

Objetivos de aprendizaje 6, 7, 8, 10

UD 9. ESTABILIDAD Y CONTROL.

Objetivos de aprendizaje 9, 10



5. Actividades formativas

Denominación	Descripción	Horas	Presencialidad
Clases teóricas en el aula	Clase expositiva utilizando técnicas de aprendizaje cooperativo de corta duración. Resolución de dudas planteadas por los estudiantes. Se tratarán los temas de mayor complejidad y los aspectos más relevantes.	30	100
Preparación Trabajos/Informes		8	0
Preparación Trabajos/Informes en grupo		4	0
Realización de actividades de evaluación formativas y sumativas	EVAL FORMATIVA: Se repartirá al alumnado preguntas de respuesta breve, cuestiones teórico prácticas y/o problemas de corta extensión en clase para su resolución. Se corregirán por el profesor como técnica de evaluación del aprendizaje y seguimiento del grado de asimilación de los contenidos EVAL SUMATIVA: Según sistema de evaluación	14.5	100
Clases de problemas en el aula	Resolución de problemas tipo y análisis de casos prácticos guiados por el profesor. Se enfatizará el trabajo en plantear métodos de resolución. Se plantearán problemas y/o casos prácticos similares para que los alumnos lo vayan resolviendo individualmente o por parejas.	25.5	100
Sesiones Prácticas de Laboratorio	Realización de medidas realistas en una instalación experimental: manejo	2	100



Denominación	Descripción	Horas	Presencialidad
	de hardware, uso de software de adquisición y proceso de datos, en grupos reducidos de alumnos		
Tutorías	Las tutorías serán individuales y en grupo. En ellas se realizará una revisión de problemas propuestos y dudas del alumnado.	2.5	50
Trabajo/Estudio Individual	Estudio de la materia. Resolución de ejercicios propuestos por el profesor. Planteamiento de dudas por correo electrónico	63.5	0



6. Sistema de evaluación

6.1. Sistema de evaluación		
Denominación	Descripción y criterios de evaluación	Ponderación
Pruebas escritas oficiales	Habrà una prueba escrita individual (PEI_1) parcial, a mitad de cuatrimestre, sobre las lecciones 0 a 9. Debe superarse con calificación mayor o igual que 4.5 (/10) para no realizar la evaluación de esta parte de la en la PEI final. La evaluación final constará de dos PEI. A: todos los alumnos realizarán la PEI de las lecciones 10 a 19 (PEI_2). B: tras un descanso, se realizará la PEI de las lecciones 1 a 9 (PEI_1) para quienes no superaron la PEI parcial, o que deseen obtener mejor calificación (en este caso, si se entrega esta parte al profesor, perderá la calificación del parcial). Las PEI seguirán las características fijadas en la convocatoria. Para aprobar la asignatura es necesario pero no suficiente obtener un mínimo de 4.5 en cada una de las PEIs. Si esta condición no se verifica, el alumno suspenderá la asignatura completa, siendo la nota máxima en esta situación 4.5.	80 %
Actividades de evaluación formativas y sumativas, para la evaluación del desempeño de competencias: - Evaluación por el profesor, Autoevaluación y Coevaluación (evaluación por compañeros) mediante criterios de calidad desarrollados (rúbricas) de informes de laboratorio, problemas propuestos, actividades de Aprendizaje Cooperativo, etc. - Tablas de observación (check-list, escalas, rúbricas) para evaluar ejecuciones.	<p>EVAL FORMATIVA: Se darán problemas o cuestiones para resolver en el aula durante 15 minutos o una hora. La metodología podrá variar según las características de las lecciones: cuestionarios tipo test para aquellas lecciones de contenido más teórico, problemas cortos de aplicación directa de formulaciones o conceptos, e incluso problemas de mayor dificultad en los que el profesor vaya guiando a los alumnos según progresan con los mismos en el caso de las lecciones con mayor carga práctica.</p> <p>PRÁCTICAS: La metodología de cada práctica será detallada por el profesor en el laboratorio</p>	20 %



6.1. Sistema de evaluación

Denominación	Descripción y criterios de evaluación	Ponderación
<ul style="list-style-type: none"> - Portafolio y/o diario del alumno para evaluar la capacidad de autorreflexión y la dedicación. - Realización de tareas auténticas: simulaciones, estudio de casos y/o problemas aplicados reales, etc. 		

6.2. Evaluación formativa

Descripción

Ver apartado Sistema de Evaluación

Información

Tal como prevé el artículo 5.4 del Reglamento de las pruebas de evaluación de los títulos oficiales de grado y de máster con atribuciones profesionales de la UPCT, el estudiante en el que se den las circunstancias especiales recogidas en el Reglamento, y previa solicitud justificada al Departamento y admitida por este, tendrá derecho a una prueba global de evaluación. Esto no le exime de realizar los trabajos obligatorios que estén recogidos en la guía docente de la asignatura.

Observaciones

ACLARACIÓN A LA CALIFICACIÓN DE LAS PEIS: Para aclarar el máximo de 4.5 en PEIS si en alguna PEI se obtiene menos de 4.5, supongamos un alumno que obtiene en PEI_1 un 3.0 y en PEI_2 un 10.0, la calificación media de las PEIS es 6.5 pero como no ha llegado al 4.0 en la PEI_1 aparecerá en el acta de la asignatura con 4.5

NOTAS ADICIONALES PARA LA REALIZACIÓN DE LAS PEIS: 1. El alumno que no escriba exámenes legibles, obtendrá en la PEI una calificación máxima de 4.0 // 2. El alumno que no rellene correctamente su nombre en todas las hojas que entregue, obtendrá en la PEI una calificación máxima de 4.0. // 3. Para la realización de algunos ejercicios no se permitirá tener en la mesa ningún tipo de material. Tan sólo se podrá



tener encima de la mesa aquello que el profesorado indique. // 4. En las convocatorias de las PEIs se pueden realizar consideraciones adicionales.

CÁLCULO DE LA CALIFICACIÓN FINAL (N): Sea $PEI = (PEI_1 + PEI_2) / 2$ (Si PEI_1 y $PEI_2 \geq 4.5$, $PEI = 4.5$ en otro caso). Se dan 3 casos:

A) $0 < PEI \leq 4.5$: $N = PEI$

B) $4.5 < PEI < 5.0$: $N = \min(5.0, 0.8PEI + 0.1PP + 0.1EF)$

C) $PEI \geq 5.0$: $N = 0.8PEI + 0.1PP + 0.1EF$



7. Bibliografía y recursos

7.1. Bibliografía básica

Anderson, J.D. Jr Introduction to flight. 7th edition. McGraw Hill. 2008. 978-007-108605-9

Carmona, A.I. Aerodinámica y actuaciones del avión. 12ª edición. Paraninfo. 2004. 9788428326407

Franchini, S., López Introducción a la Ingeniería Aeroespacial. 2ª edición. Garceta . 2011. 978-84-9281-290-5

7.2. Bibliografía complementaria

Anderson, J.D. Fundamentals of aerodynamics . 3rd edition. McGraw Hill. 2001.

Houghton, E.L. y Carpenter, P.W. Aerodynamics for Engineering Students. 5th Edition. Butterworth & Heinemann.

Miele, A. Flight mechanics & I. Theory of flight paths. Addison & Wesley. . 1962.

7.3. Recursos en red y otros recursos

<https://aulavirtual.upct.es/>

En el aula virtual existen enlaces a numerosos vídeos e información disponible en la red