

Curso Académico: (2024 / 2025)

Fecha de revisión: 21-01-2025

Departamento asignado a la asignatura: Departamento de Ingeniería Aeroespacial

Coordinador/a: FAJARDO PEÑA, PABLO

Tipo: Optativa Créditos ECTS : 3.0

Curso : 4 Cuatrimestre :

REQUISITOS (ASIGNATURAS O MATERIAS CUYO CONOCIMIENTO SE PRESUPONE)

El alumno debe haber cursado las asignaturas de aerodinámica, estructuras y mecánica.

RESULTADOS DEL PROCESO DE FORMACIÓN Y APRENDIZAJE

CE.TE.VA1: Conocimiento adecuado y aplicado a la Ingeniería de: La mecánica de fractura del medio continuo y los planteamientos dinámicos, de fatiga de inestabilidad estructural y de aeroelasticidad.

CE.TE.VA7: Conocimiento aplicado de: aerodinámica; mecánica y termodinámica, mecánica del vuelo, ingeniería de aeronaves (ala fija y alas rotatorias), teoría de estructuras.

RA4: Los titulados serán capaces de realizar aproximaciones a métodos iniciales de investigación en consonancia con su nivel de conocimiento que implica búsquedas bibliográficas, diseño y ejecución de experimentos, interpretación de datos, selección de la mejor propuesta y simulación por ordenador.

RA5: Ser capaces de aplicar su conocimiento y comprensión para resolver problemas, y diseñar dispositivos o procesos del ámbito de la ingeniería aeroespacial de acuerdo con criterios de coste, calidad, seguridad, eficiencia y respeto por el medioambiente.

OBJETIVOS

Conocimiento adecuado y aplicado a la Ingeniería Aeroespacial de Aerodinámica.

Conocimiento de las leyes simplificadas de movimiento de los fluidos alrededor de cuerpos en los distintos regímenes de vuelo.

Comprender el origen de las fuerzas aerodinámicas y aprender a cuantificarlas por métodos analíticos y numéricos.

Conocimiento adecuado de Aeroelasticidad.

Conocimiento adecuado del uso de la experimentación aerodinámica y de los parámetros más significativos en la aplicación teórica; el manejo de las técnicas experimentales, equipamiento e instrumentos de medida propios de la disciplina; la simulación, diseño, análisis e interpretación de experimentación y operaciones en vuelo.

DESCRIPCIÓN DE CONTENIDOS: PROGRAMA

Introducción a la aeroelasticidad y a las cargas dinámicas.

- Aeroelasticidad como tarea multidisciplinar
- Un vistazo a los Modos normales
- Problemas de estabilidad frente a problemas de respuesta
- Mecanismos básicos de flameo. CS25.629

Aeroelasticidad 2D: conceptos básicos con algunas soluciones analíticas 2D

- El perfil aerodinámico de $\frac{3}{4}$ tramo. Modos de cabeceo y vertical.
- Revisando la aerodinámica estacionaria. La atmósfera estándar.
- Introducción a la aerodinámica no-estacionaria 2D: Wagner, Küssner, Theodorsen.
- Solución de la ecuación aeroelástica 2D.
- Sensibilidad a Xcg.

Aeroelasticidad estática 2D y 3D: divergencia e inversión de control

- Aeroelasticidad estática de un perfil aerodinámico rígido 2D.
- Aeroelasticidad estática de un ala fija

- Divergencia. Efecto del ángulo de barrido sobre la velocidad de divergencia.
- Control de la eficacia. Efecto de la flexibilidad del ala sobre la efectividad del mando.

Aeroelasticidad 3D: el modelo estructural y los modos normales

- Revisando el sistema de 1 d.o.f.
- Sistemas de Múltiples d.o.f.
- El método de los elementos finitos (FEM) para el análisis estructural.
- Desde modelos de barra hasta modelos FEM completos. La matriz de rigidez.
- Modelos masivos. La matriz de masas.
- Condensación.
- Modos estructurales normales. Frecuencias y formas modales.

El análisis modal experimental y ensayo de vibración en tierra (GVT). Validación de modelo dinámico.

- Descripción del ensayo de vibración del tierra (GVT).
- Introducción al procesamiento de señales digitales (DSP). La Transformada Rápida de Fourier (FFT).
- Análisis modal experimental.
- Comparación entre prueba y simulaciones. MAC.
- Actualización del modelo FEM para que coincida con los resultados de GVT.

Aeroelasticidad 3D: aerodinámica no-estacionaria, orígenes (Wagner, Küssner, Theodorsen). Rodden y el método doublet-laticce (DLM)

- Continuando con aerodinámica no-estacionaria 2D.
- El método de elementos finitos (FEM) para análisis aerodinámico.
- Rodden y el método método doublet-laticce
- Correcciones aerodinámicas para que coincida con el túnel de viento o las pruebas de vuelo.

La ecuación del flutter y su solución (aeronave natural)

- Derivación de la ecuación de flutter a partir de ecuaciones de Lagrange.
- Solución de autovalores y autovectores de matrices complejas.
- Evolución de la frecuencia modal y amortiguación modal con la velocidad de vuelo.
- Descubriendo el diagrama V-g
- Descripción física de los mecanismos clásicos de flameo de las superficies sustentadoras.
- Regulaciones de aeronavegabilidad CS25.629 (y la evolución de FAR 25.629 y JAR 25.629)

Sensibilidad de la velocidad flameo. Balance de masa de la superficie de control. Aeroservoelasticidad (acoplamiento con las leyes del sistema de control de vuelo)

- Análisis de sensibilidad: configuración másica, número de Mach, momento de charnela aerodinámico de la superficie de control, etc.
- Descripción física de los mecanismos clásicos de aleteo de la superficie de control.
- Sensibilidad para controlar el balance de masa de la superficie.
- Cubrir incertidumbres y abordar casos de fallo (fallos estructurales individuales, tolerancia a daños, entrada de agua, delaminaciones compuestas ...)
- Revisando los controles de la aeronave. Introducción a las leyes del sistema de control de vuelo de aeronaves.
- Aeroservoelasticidad.
- Descripción física de los acoplamientos aeroservoelásticos más habituales.

Prueba de flameo en vuelo. Validación del modelo aeroelástico. Resumen de problemas de estabilidad aeroelástica.

- Descripción de Flight Flutter Test (FVT).
- Respuesta de la aeronave al control de pulsos y barridos de superficie.
- Revisando el procesamiento de señales digitales (DSP). Tratamiento de ruidos. Promedio. Ventanas. Aliasing. Leakage,...
- Análisis modal experimental aplicado a la prueba de vuelo.
- Comparación entre pruebas de vuelo y simulaciones. Dispersión.
- Resolución de problemas de estabilidad aeroelástica.

El concepto de cargas. Estaciones de monitorización. Control de esfuerzo y las cargas de fatiga. Cargas dinámicas y por qué son diferentes de las cargas estáticas. Respuesta estructural a la excitación transitoria.

- ¿Qué es rápido y qué es lento?
- Respuesta directa frente a respuesta modal
- Respuesta en el dominio de la frecuencia

- Respuesta en el dominio del tiempo

Cargas dinámicas terrestres: aterrizaje dinámico y taxi

- Relevancia

Cargas dinámicas en vuelo: Ráfaga, Turbulencia y bataneo

ACTIVIDADES FORMATIVAS, METODOLOGÍA A UTILIZAR Y RÉGIMEN DE TUTORÍAS

La metodología docente incluirá:

- Clases magistrales, donde se presentarán los conocimientos que los alumnos deben adquirir. Para facilitar su desarrollo los alumnos recibirán las notas de clase y tendrán textos básicos de referencia que les facilite seguir las clases y desarrollar el trabajo posterior
- Clases de ejercicios y problemas, en las que se desarrollen y discutan los problemas que se proponen a los alumnos. Una parte de los mismos serán resueltos por parte del alumno, lo que le servirá de autoevaluación y para adquirir las capacidades necesarias
- Tanto las clases de problemas como las prácticas de laboratorio se llevarán a cabo en grupos de tamaño reducido, lo que permitirá una atención más personalizada al alumno. El tamaño de los grupos será especialmente limitado en las actividades de uso de los túneles experimentales, en las que se busca que el alumnado tenga un contacto directo con las técnicas experimentales usadas.

SISTEMA DE EVALUACIÓN

Peso porcentual del Examen Final: 60

Peso porcentual del resto de la evaluación: 40

Para aprobar la asignatura es necesario cumplir dos requisitos:

- 1) tener una nota MÍNIMA de 4,0/10 en el examen final;
- 2) tener una nota global mínima de 5,0/10 (haciendo media con un peso del 60% la nota del examen final y el 40% de la nota de la evaluación continua).
- 3) La evaluación continua consistirá en:
 - Asistencia y participación en clase.
 - Ejercicios o trabajos en grupo (2)
 - 2 exámenes parciales. Aquellos alumnos que aprueben los 2 exámenes parciales con más de 5,0 en cada uno de ellos y tengan una media superior a 7,0 entre ellos no necesitarán realizar el examen final. En este caso la nota del examen final corresponderá a la nota media de los exámenes parciales.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- Wright, J.R. and Cooper, J.E. Introduction to Aircraft Aeroelasticity and Loads, John Wiley & Sons, 2007

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Bisplinghoff, R. L., Ashley, H., and Halfman, R.L. Aeroelasticity, Addison-Wesley, 1955

- Bisplinghoff, R., and Ashley, H. Principles of Aeroelasticity, Dover, 1962

- Dowell, E.H., Crawley, E.F., Curtiss, H.C., Peters, D.A., Scanlan, R.H. and Sisto, F. A Modern Course in Aeroelasticity (3rd ed), Kluwer, 1995

- Fung, Y.C. An Introduction to the Theory of Aeroelasticity, John Wiley and Sons, 1955

- Rodden, W.P. and Johnson, E.H. MSC/NASTRAN Aeroelastic Analysis User's guide., The MacNeal-Schwendler Corporation, 1994