



UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA  
DE MADRID

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S.I Aeronáutica y del  
Espacio

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**145005102 - Estructuras Aeronauticas**

### PLAN DE ESTUDIOS

14IA - Grado En Ingeniería Aeroespacial

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2025/26 - Primer semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

|  |    |
|--|----|
| 1. Datos descriptivos.....                       | 1  |
| 2. Profesorado.....                              | 1  |
| 3. Conocimientos previos recomendados.....       | 2  |
| 4. Competencias y resultados de aprendizaje..... | 2  |
| 5. Descripción de la asignatura y temario.....   | 3  |
| 6. Cronograma.....                               | 6  |
| 7. Actividades y criterios de evaluación.....    | 9  |
| 8. Recursos didácticos.....                      | 11 |
| 9. Otra información.....                         | 13 |

## 1. Datos descriptivos

### 1.1. Datos de la asignatura

|  |   |
|--|---|
| <b>Nombre de la asignatura</b>             | 145005102 - Estructuras Aeronauticas    |
| <b>No de créditos</b>                      | 4.5 ECTS                                |
| <b>Carácter</b>                            | Obligatoria                             |
| <b>Curso</b>                               | Tercero curso                           |
| <b>Semestre</b>                            | Quinto semestre                         |
| <b>Período de impartición</b>              | Septiembre-Enero                        |
| <b>Idioma de impartición</b>               | Castellano                              |
| <b>Titulación</b>                          | 14IA - Grado en Ingeniería Aeroespacial |
| <b>Centro responsable de la titulación</b> | 14 - E.T.S.I. Aeronáutica Y Del Espacio |
| <b>Curso académico</b>                     | 2025-26                                 |

## 2. Profesorado

### 2.1. Profesorado implicado en la docencia

| <b>Nombre</b>                             | <b>Despacho</b> | <b>Correo electrónico</b> | <b>Horario de tutorías<br/>*</b>                   |
|---|-----------------|---------------------------|--|
| Andres Keyvan Salehi<br>Paniagua          | C-014           | keyvan.salehi@upm.es      | Sin horario.<br>Tablón<br>Departamento y<br>Moodle |
| Marcos Chimeno Manguan<br>(Coordinador/a) | C-110           | marcos.chimeno@upm.es     | Sin horario.<br>Tablón<br>Departamento y<br>Moodle |

|                           |       |                         |  |
|---------------------------|-------|-------------------------|--|
| Jorge Llamazares Gonzalez | B-019 | jorge.llamazares@upm.es | Sin horario.<br>Tablón<br>Departamento y<br>Moodle |
| Roman Torres Sanchez      | B-019 | roman.torres@upm.es     | Sin horario.<br>Tablón<br>Departamento y<br>Moodle |

\* Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

### 3. Conocimientos previos recomendados

---

#### 3.1. Asignaturas previas que se recomienda haber cursado

- Resistencia De Materiales Y Elasticidad

#### 3.2. Otros conocimientos previos recomendados para cursar la asignatura

El plan de estudios Grado en Ingeniería Aeroespacial no tiene definidos otros conocimientos previos para esta asignatura.

### 4. Competencias y resultados de aprendizaje

---

#### 4.1. Competencias

CE22 - 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.

CE28 - Conocimiento aplicado de: aerodinámica; mecánica y termodinámica, mecánica del vuelo, ingeniería de aeronaves (ala fija y alas rotatorias), teoría de estructuras.

CG3 - Capacidad para identificar y resolver problemas aplicando, con creatividad, los conocimientos adquiridos

CG9 - Razonamiento crítico y capacidad de asociación que posibiliten el aprendizaje continuo

## 4.2. Resultados del aprendizaje

RA237 - Conocimiento, comprensión, aplicación, análisis y síntesis de la teoría de estructuras en las aeronaves.

RA250 - Conocimiento de los aspectos más destacados del comportamiento estructural y técnicas de ensayos en los componentes de las aeronaves.

## 5. Descripción de la asignatura y temario

---

### 5.1. Descripción de la asignatura

La asignatura, dividida en dos partes, Análisis de Esfuerzos y Comprobación de Resistencia, pretende presentar en primer lugar los procedimientos que permiten obtener los esfuerzos, deformaciones y desplazamientos que se producen en vigas de sección de pared muy delgada típicamente aeronáuticas cuando se encuentran sometidas a sollicitaciones axiales, de flexión y de torsión.

Una vez obtenidos los esfuerzos, deformaciones y desplazamientos de la estructura aeronáutica, es necesario comprobar si los valores obtenidos son aceptables y permiten asegurar, con la mayor confianza posible, que la estructura no experimentará ningún tipo de fallo que ponga en riesgo la seguridad de la aeronave, esta fase es la denominada Comprobación de Resistencia

## 5.2. Temario de la asignatura

1. ANÁLISIS DE ESFUERZOS EN ESTRUCTURAS AERONÁUTICAS
  - 1.1. Introducción a las estructuras aeronáuticas
  - 1.2. Análisis de esfuerzos en estructuras monocasco de pared delgada
    - 1.2.1. Teorías elementales. Hipótesis, notación y simplificaciones
    - 1.2.2. Solicitación de flexión
    - 1.2.3. Solicitación de torsión
    - 1.2.4. Solicitación de cortadura
  - 1.3. Análisis de esfuerzos en estructuras semimonocasco de pared delgada
    - 1.3.1. Idealización estructural
    - 1.3.2. Solicitación de flexión
    - 1.3.3. Solicitación de torsión
    - 1.3.4. Solicitación de cortadura
  - 1.4. Desplazamientos de estructuras de pared delgada
    - 1.4.1. Alabeamiento
    - 1.4.2. Principios de trabajos virtuales
    - 1.4.3. Estructuras isostáticas
    - 1.4.4. Estructuras hiperestáticas
2. COMPROBACIÓN DE RESISTENCIA
  - 2.1. Nociones sobre integridad estructural.
  - 2.2. Modelización de materiales metálicos.
  - 2.3. Elementos sometidos a tracción y a momento flector.
  - 2.4. Estabilidad a compresión de columnas de sección estable (pandeo global).
  - 2.5. La viga columna. Fallo a compresión de columnas de sección estable.
  - 2.6. Estabilidad de paneles de revestimiento. Anchura efectiva.
  - 2.7. Estabilidad local de perfiles de pared delgada y revestimientos rigidizados.
  - 2.8. Crippling y fallo a compresión de perfiles de pared delgada.
  - 2.9. Revestimientos rigidizados a compresión.

2.10. Comportamiento postcrítico de paneles en cortadura. Tensión diagonal.

2.11. Nociones generales de estructuras aeronáuticas con materiales compuestos.

2.12. Uniones y herrajes.

## 6. Cronograma

### 6.1. Cronograma de la asignatura \*

| Sem | Actividad tipo 1   | Actividad tipo 2 | Tele-enseñanza | Actividades de evaluación |
|-----|--|------------------|----------------|---------------------------|
| 1   | <b>Temas 1.1 y 1.2</b><br>Duración: 03:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral  |                  |                |                           |
| 2   | <b>Tema 1.2</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral<br><br><b>Tema 1.2</b><br>Duración: 01:00<br>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas  |                  |                |                           |
| 3   | <b>Tema 1.2</b><br>Duración: 01:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral<br><br><b>Tema 1.2</b><br>Duración: 02:00<br>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas  |                  |                |                           |
| 4   | <b>Tema 1.3</b><br>Duración: 02:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral<br><br><b>Tema 1.3</b><br>Duración: 01:00<br>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas  |                  |                |                           |
| 5   | <b>Tema 1.3</b><br>Duración: 01:00<br>LM: Actividad del tipo Lección Magistral<br><br><b>Tema 1.3</b><br>Duración: 02:00<br>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas  |                  |                |                           |
| 6   | <b>Tema 1.3</b><br>Duración: 03:00<br>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas  |                  |                |                           |
| 7   | <b>Tema 1.3</b><br>Duración: 01:00<br>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas<br><br><b>Tema 1.3</b><br>Duración: 02:00<br>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas |                  |                |                           |
| 8   | <b>Tema 1.3</b><br>Duración: 03:00<br>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas  |                  |                |                           |

|    |  |  |  |  |
|----|--|--|--|--|
| 9  | <p><b>Tema 1.4</b><br/>Duración: 02:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Tema 1.3</b><br/>Duración: 01:00<br/>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>   |  |  |  |
| 10 | <p><b>Tema 1.4</b><br/>Duración: 02:00<br/>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Temas 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 y 2.5</b><br/>Duración: 01:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>   |  |  | <p><b>Prueba de Evaluación Intermedia 1</b><br/>EX: Técnica del tipo Examen Escrito<br/>Evaluación Progresiva<br/>Presencial<br/>Duración: 03:00</p> |
| 11 | <p><b>Temas 2.1, 2.2, 2.3, 2.4 y 2.5</b><br/>Duración: 03:00<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Prueba de Evaluación Intermedia 1</b><br/>Duración: 03:00<br/>OT: Otras actividades formativas /<br/>Evaluación</p>  |  |  |  |
| 12 | <p><b>Temas 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 y 2.6</b><br/>Duración: 02:30<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Temas 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5 y 2.6</b><br/>Duración: 00:30<br/>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>   |  |  |  |
| 13 | <p><b>Temas 2.7 y 2.8</b><br/>Duración: 02:30<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Temas 2.7 y 2.8</b><br/>Duración: 00:30<br/>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>   |  |  |  |
| 14 | <p><b>Temas 2.8 y 2.9</b><br/>Duración: 02:30<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Temas 2.8 y 2.9</b><br/>Duración: 00:30<br/>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p>   |  |  |  |
| 15 | <p><b>Temas 2.10 y 2.11</b><br/>Duración: 02:30<br/>LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p> <p><b>Temas 2.10 y 2.11</b><br/>Duración: 00:30<br/>PR: Actividad del tipo Clase de Problemas</p> <p><b>Prueba de Evaluación Intermedia 2</b><br/>Duración: 02:00<br/>OT: Otras actividades formativas /<br/>Evaluación</p> |  |  | <p><b>Prueba de Evaluación Intermedia 2</b><br/>EX: Técnica del tipo Examen Escrito<br/>Evaluación Progresiva<br/>Presencial<br/>Duración: 02:00</p> |

|    |  |  |  |  |
|----|--|--|--|--|
| 16 |  |  |  | <b>Prueba de Evaluación Final</b><br>EX: Técnica del tipo Examen Escrito<br>Evaluación Global<br>Presencial<br>Duración: 04:00 |
| 17 |  |  |  |  |

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

## 7. Actividades y criterios de evaluación

### 7.1. Actividades de evaluación de la asignatura

#### 7.1.1. Evaluación (progresiva)

| Sem. | Descripción                       | Modalidad                           | Tipo       | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas     |
|------|-----------------------------------|-------------------------------------|------------|----------|-----------------|-------------|----------------------------|
| 10   | Prueba de Evaluación Intermedia 1 | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial | 03:00    | 67%             | 5 / 10      | CE28<br>CG3<br>CG9         |
| 15   | Prueba de Evaluación Intermedia 2 | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial | 02:00    | 33%             | 5 / 10      | CE28<br>CG3<br>CG9<br>CE22 |

#### 7.1.2. Prueba evaluación global

| Sem | Descripción                | Modalidad                           | Tipo       | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas     |
|-----|----------------------------|-------------------------------------|------------|----------|-----------------|-------------|----------------------------|
| 16  | Prueba de Evaluación Final | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial | 04:00    | 100%            | 5 / 10      | CE22<br>CE28<br>CG3<br>CG9 |

#### 7.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

| Descripción                         | Modalidad                           | Tipo       | Duración | Peso en la nota | Nota mínima | Competencias evaluadas     |
|-------------------------------------|-------------------------------------|------------|----------|-----------------|-------------|----------------------------|
| Prueba de Evaluación Extraordinaria | EX: Técnica del tipo Examen Escrito | Presencial | 04:00    | 100%            | 5 / 10      | CG3<br>CG9<br>CE22<br>CE28 |

## 7.2. Criterios de evaluación

La evaluación de la asignatura se realizará a través de diferentes pruebas de evaluación.

### Evaluación progresiva:

La evaluación progresiva se realizará a través de varias Pruebas de Evaluación Intermedias y Pruebas de Evaluación Globales (ordinaria y extraordinaria):

- Primera prueba (semana 10, PEI1): Incluirá el Tema 1
- Segunda prueba (semana 15, PEI2): Incluirá el Tema 2.

En cada una de las PEIS aplica

- Si la calificación es mayor o igual a 5 sobre 10, se libera el bloque temático correspondiente. El bloque se considerará liberado hasta la convocatoria extraordinaria del presente curso académico.
- Si la calificación es mayor o igual a 4 sobre 10 y menor que 5 sobre 10, el bloque es compensable. El bloque sólo es compensable en la evaluación progresiva, la calificación no se guarda ni para la convocatoria ordinaria ni la extraordinaria.
- Si la calificación es menor que 4 sobre 10 el bloque no es compensable y no se podrá aprobar por evaluación progresiva, teniendo que examinarse en la convocatoria ordinaria o en la extraordinaria.

En caso de proceder el cálculo de la calificación por evaluación progresiva (todos los bloques liberados o compensables), esta será  $NF = (2/3) \cdot PEI1 + (1/3) \cdot PEI2$ . La asignatura se aprueba con una Nota Final mayor o igual a 5 sobre 10. En caso de no proceder el cálculo de la calificación por evaluación progresiva, la calificación máxima obtenible será 4.0.

Si no se realiza alguna de las PEIs o bien no se alcanza la puntuación mínima correspondiente, deberá realizarse la parte correspondiente a dicho bloque en la Prueba de Evaluación Final o en la Prueba de Evaluación Extraordinaria.

En caso de aprobar por Evaluación Progresiva con algún bloque compensado y querer presentarse a subir nota en la PEF, deberá presentarse obligatoriamente a la parte compensable. La subida de nota solo será efectiva si mejora sus resultados en esa parte compensable.

### Evaluación por prueba final:

Si no se realiza alguna de las PEIs, no se alcanza la puntuación mínima para compensar bloques o la calificación por evaluación progresiva es menor que 5 sobre 10, la evaluación se realizará mediante la Prueba de Evaluación Final (en la convocatoria ordinaria) o la Prueba de Evaluación Extraordinaria (en la convocatoria extraordinaria).

La evaluación en dichas pruebas se realizará en bloques, correspondientes a los dos bloques temáticos correspondientes a las PEIs:

- Los bloques liberados en la PEF seguirán liberados en la PEE.
- Los bloques evaluados en la PEF sólo serán compensables en dicha convocatoria, no guardándose para la extraordinaria.

## 8. Recursos didácticos

---

### 8.1. Recursos didácticos de la asignatura

| Nombre  | Tipo         | Observaciones             |
|---|--------------|---------------------------|
| W. BARRERA, M. CHIMENO.<br>"Teoría y Ejercicios de Aplicación".<br>Sección de Publicaciones ETSIAE. | Bibliografía | Referencia para el Tema 1 |
| C. MARTÍNEZ ARNAIZ. " Estructuras<br>Aeronáuticas". Sección de<br>Publicaciones ETSIAE.             | Bibliografía | Referencia para el Tema 1 |

|  |              |                           |
|--|--------------|---------------------------|
| C. MARTÍNEZ ARNAIZ, W. BARRERA. "Problemas de Estructuras Aeronáuticas". Sección de Publicaciones ETSIAE   | Bibliografía | Referencia para el Tema 1 |
| ENRIQUE DE LA FUENTE TREMP. "Introducción al Análisis de las Estructuras Aeronáuticas". Garceta Grupo Editorial, 2014. ISBN: 978-84-1545-291-1                 | Bibliografía | Referencia para el Tema 2 |
| ENRIQUE DE LA FUENTE TREMP, ROMÁN TORRES SÁNCHEZ. "Estructuras Aeronáuticas. 142 Ejercicios Resueltos". Garceta Grupo Editorial, 2015. ISBN: 978-84-1622-821-8 | Bibliografía | Referencia para el Tema 2 |
| B. K. DONALDSON. "Analysis of aircraft structures: An introduction". Ed. Cambridge Univ. Press, 2008. ISBN: 978-0-521-86583-8.                                 | Bibliografía |                           |
| H.G. MEGSON. "Aircraft Structures for Engineering Students". Ed. Butterworth-Heinemann, 5th Edition. ISBN: 9780080969053                                       | Bibliografía |                           |
| M.C.Y. NIU. "Airframe Stress Analysis and Sizing". Ed. Conmilit Press Ltd, Hong Kong, 2001.  | Bibliografía |                           |
| P. KUHN. "Stresses in Aircraft Structures". Ed. MacGraw Hill Book Co, 1956.  | Bibliografía |                           |
| E.F. BRUHN. "Analysis and Design of Flight Vehicle Structures". Ed. Jacobs Publishing Inc, 1973.   | Bibliografía |                           |
| R.M. RIVELLO. "Theory and Analysis of Flight Structures". Ed. McGraw Hill, 1969.   | Bibliografía |                           |

|  |              |                                      |
|--|--------------|--------------------------------------|
| J.C. FLABEL. "Practical Stress Analysis". Lake City Publishing, 1997.                        | Bibliografía |                                      |
| Espacio MOODLE de la asignatura<br><a href="http://moodle.upm.es/">http://moodle.upm.es/</a> | Recursos web | Información general de la asignatura |

## 9. Otra información

---

### 9.1. Otra información sobre la asignatura