



## GUÍA DE APRENDIZAJE

CURSO 2017/18

### ÍNDICE

1. DESCRIPCIÓN DE LA ASIGNATURA
2. CONOCIMIENTOS PREVIOS
3. COMPETENCIAS
4. RESULTADOS DE APRENDIZAJE
5. PROFESORADO
6. PROGRAMA
7. PLAN DE TRABAJO
8. SISTEMA DE EVALUACIÓN
9. RECURSOS DIDÁCTICOS
10. OTRA INFORMACIÓN

## PLAN 14IA - GRADO EN INGENIERÍA AEROESPACIAL

Código **145004005**

Asignatura **RESISTENCIA DE MATERIALES Y ELASTICIDAD**

Nombre en Inglés **STRENGTH OF MATERIALS AND ELASTICITY**

Materia RESISTENCIA DE MATERIALES, ELASTICIDAD Y ESTRUCTURAS

Especialidad COMÚN A TODAS LAS ESPECIALIDADES

Idiomas CASTELLANO

Curso SEGUNDO

Semestre CUARTO

Carácter OB

Créditos 7,5 ECTS

## 1. DESCRIPCIÓN DE LA ASIGNATURA

La asignatura de resistencia de materiales y elasticidad tiene como objetivo el conocimiento de las fuerzas internas, deformaciones y desplazamientos que se producen en sólidos elásticos deformables bajo la acción de sollicitaciones externas.

## 2. CONOCIMIENTOS PREVIOS

### a) CONOCIMIENTOS PREVIOS NECESARIOS para seguir con normalidad la ASIGNATURA.

**Asignaturas superadas:**

**Otros requisitos:**

- Conocimiento de estática, cálculo diferencial y álgebra.
- Conocimiento básico de lengua extranjera (Inglés).

### b) CONOCIMIENTOS PREVIOS RECOMENDADOS para seguir con normalidad la ASIGNATURA.

**Se recomienda tener superadas las Asignaturas:**

**Otros Conocimientos:**

-

## 3. COMPETENCIAS

- CG3.-** Capacidad para identificar y resolver problemas aplicando, con creatividad, los conocimientos adquiridos.
- C07.-** Comprender el comportamiento de las estructuras ante las sollicitaciones en condiciones de servicio y situaciones límite.
- CE15.-** Conocimiento adecuado y aplicado a la Ingeniería de: Los principios de la mecánica del medio continuo y las técnicas de cálculo de su respuesta.
- CE18.-** Conocimiento adecuado y aplicado a la Ingeniería de: los fundamentos de la mecánica de fluidos; los principios básicos del control y la automatización del vuelo; las principales características y propiedades físicas y mecánicas de los materiales.
- CE19.-** Conocimiento aplicado de: la ciencia y tecnología de los materiales; mecánica y termodinámica; mecánica de fluidos; aerodinámica y mecánica del vuelo; sistemas de navegación y circulación aérea; tecnología aeroespacial; teoría de estructuras; transporte aéreo; economía y producción; proyectos; impacto ambiental.

## 4. RESULTADOS DE APRENDIZAJE

- RA01.-** Comprensión, análisis y cálculo de problemas sencillos de elementos estructurales bajo comportamiento lineal.
- RA02.-** Comprensión de la teoría básica y de la solución de algunos problemas fundamentales en elasticidad lineal de sólidos.
- RA03.-** Conocimiento, comprensión y aplicación de los métodos de cálculo.
- RA04.-** Aplicación, análisis y síntesis de estructuras.

## 5. PROFESORADO

**Departamento:** AERONAVES Y VEHÍCULOS ESPACIALES

**Coordinador de la Asignatura:** Eugenio GUILLÉM ALONSO

Profesorado	Correo electrónico	Despacho
GUILLEM ALONSO, Eugenio (C)	<a href="mailto:eugenio.guillem@upm.es">eugenio.guillem@upm.es</a>	B019
HERNANDO DÍAZ, José Luis	<a href="mailto:jose Luis.hernando@upm.es">jose Luis.hernando@upm.es</a>	B019
TORRES SÁNCHEZ, Román	<a href="mailto:roman.torres@upm.es">roman.torres@upm.es</a>	B019
OTROS PROFESORES DEL DEPARTAMENTO		

Los horarios de tutorías estarán publicados en (especificar la forma y lugar): tablones del departamento y de la asignatura, Moodle de la asignatura.

## 6. TEMARIO

### BLOQUE TEMÁTICO 1. TEORÍA DE ELASTICIDAD.

Tema 1. INTRODUCCIÓN A LA MECÁNICA DE LOS MATERIALES.

- 1.1. Definición. 1.2. Relación entre Elasticidad y Resistencia de Materiales. 1.3. Objetivos.

Tema 2. ESFUERZOS.

- 2.1. Definición de esfuerzo. 2.2. Tensor de esfuerzos. 2.3. Ecuaciones diferenciales de equilibrio. 2.4. Transformación de coordenadas. 2.5. Esfuerzos principales y planos principales de esfuerzos. 2.6. Círculos de Mohr. 2.7. Tensor esférico y tensor desviador. 2.8. Ejercicios resueltos.

Tema 3. DEFORMACIONES Y DESPLAZAMIENTOS.

- 3.1. Definición de deformación y desplazamiento. 3.2. Estado de deformación de un punto. 3.3. Matriz de giro y de deformación. 3.4. Ecuaciones cinemáticas. 3.5. Transformación de coordenadas. 3.6. Deformaciones principales y direcciones principales de deformación. 3.7. Variación de volumen. Deformación volumétrica y desviadora. 3.8. Ecuaciones de compatibilidad de deformaciones. 3.9. Ejercicios resueltos.

Tema 4. PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS MATERIALES.

4.1. Ensayo de tracción simple. 4.2. Diagrama esfuerzo-deformación. 4.3. Diagramas idealizados. 4.4. Breve definición de plasticidad.

Tema 5. ECUACIONES CONSTITUTIVAS.

5.1. Ecuaciones generales para materiales elásticos y lineales. 5.2. Ecuaciones para materiales ortotrópicos e isótropos. 5.3. Constantes del material. Relaciones que las ligan.

Tema 6. ESTADOS BIDIMENSIONALES DE ESFUERZOS Y DEFORMACIONES.

6.1. Estado plano de esfuerzos. 6.2. Estado plano de deformaciones. 6.3. Círculo de Mohr para estados planos. 6.4. Determinación experimental de esfuerzos. Extensímetros. 6.5. Ejercicios resueltos.

Tema 7. FORMULACIÓN GENERAL DEL PROBLEMA ELÁSTICO.

7.1. Ecuaciones que intervienen. 7.2. Resolución mediante el método de los desplazamientos. 7.3. Aplicación para estados planos. 7.4. Ejercicios resueltos.

Tema 8. TRABAJO Y ENERGÍA.

8.1. Principios de energía. 8.2. Definición de energía elástica de deformación y energía complementaria elástica de deformación. Teorema de reciprocidad de los trabajos. Coeficientes de influencia.

Tema 9. INDICADORES DE SEGURIDAD.

9.1. Coeficiente de seguridad y esfuerzo de trabajo. 9.2. Margen de seguridad. Factor de reserva y factor de seguridad. 9.3. Fuentes de error. Justificación de los parámetros. 9.4. Criterios de diseño elástico y diseño a carga última.

Tema 10. CRITERIOS DE DISEÑO. TEORÍAS DE FALLO DE LOS MATERIALES.

10.1. Tipos de fallo de los elementos estructurales. 10.2. Rotura dúctil y frágil. 10.3. Criterio de Von Mises. 10.4. Criterio de Rankine. 10.5. Otros criterios. Campos de aplicación. 10.6. Ejercicios resueltos.

**BLOQUE TEMÁTICO 2. RESISTENCIA DE MATERIALES.**

Tema 1. INTRODUCCIÓN A LA RESISTENCIA DE MATERIALES.

1.1. Concepto y objetivos. 1.2. Hipótesis generales de aplicación. 1.3. Principio de superposición. 1.4. Principio de Saint-Venant.

Tema 2. TIPOS DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES. CARGAS. CONDICIONES DE APOYO.

2.1. Idealización de elementos estructurales. Funciones. Condiciones de apoyo. Restricciones en desplazamientos. 2.2. Tipos de cargas aplicadas. 2.3. Simetría y antisimetría. 2.4. Isostaticidad e hiperestaticidad. 2.5. Ejercicios resueltos.

Tema 3. TEOREMAS ENERGÉTICOS.

3.1. Teoremas de Castigliano. 3.2. Principio de los trabajos virtuales. 3.3. Principio de las fuerzas virtuales. 3.4. Principio de los desplazamientos virtuales.

Tema 4. ESTADO UNIDIMENSIONAL DE ESFUERZOS.

4.1. Elementos sometidos a tracción y compresión. 4.2. Deformaciones y desplazamientos axiales. 4.3. Problemas isostáticos en barras. 4.4. Deformaciones térmicas e iniciales. 4.5. Concentración de esfuerzos en entallas y orificios.

Tema 5. PROBLEMAS HIPERESTÁTICOS EN BARRAS.

5.1. Orden de hiperestaticidad. 5.2. Obtención de las ecuaciones de compatibilidad. 5.3. Aplicación del teorema de Castigliano y del principio de los trabajos virtuales. 5.4. Ejercicios resueltos.

Tema 6. ESTADO BIDIMENSIONAL DE ESFUERZOS.

6.1. Anillos de pequeño espesor. 6.2. Depósitos cilíndricos y esféricos. 6.3. Extensión a depósitos con presión variable. 6.4. Ejercicios resueltos.

#### Tema 7. TORSIÓN.

7.1. Hipótesis de partida. Hipótesis de Saint-Venant. 7.2. Torsión de elementos cilíndricos, macizos y huecos. 7.3. Torsión de elementos de sección maciza no circular. 7.4. Torsión de vigas de pared delgada. Secciones abiertas y cerradas. 7.5. Ejercicios resueltos.

#### Tema 8. TEORÍA DE FLEXIÓN EN VIGAS.

8.1. Fuerzas internas de flexión: fuerza cortante y momento flector. 8.2. Diagramas de fuerza cortante y momento flector. 8.3. Ejercicios resueltos.

#### Tema 9. ESFUERZOS PRODUCIDOS POR EL MOMENTO FLECTOR Y POR LA FUERZA CORTANTE.

9.1. Flexión pura. Hipótesis iniciales. 9.2. Teoría de flexión de Euler-Bernoulli. Ley de Navier. 9.3. Ejercicios resueltos. 9.4. Flexión simple. 9.5. Teorema del flujo cortante. 9.6. Esfuerzos cortantes en secciones abiertas y cerradas de pequeño espesor. 9.7. Esbeltez mecánica. Influencia en el valor de los esfuerzos. Área efectiva a cortadura. 9.8. Centro de cortadura y eje elástico. 9.9. Ejercicios resueltos.

#### Tema 10. DEFORMACIONES EN FLEXIÓN DE VIGAS.

10.1. Ecuación diferencial de la elástica. 10.2. Teorema de la carga unidad. Cálculo de desplazamientos y resolución de problemas hiperestáticos. Influencia de la esbeltez mecánica. 10.3. Otros métodos de resolución. 10.4. Ejercicios resueltos.

#### Tema 11. ESTABILIDAD EN SISTEMAS DEFORMABLES. PANDEO DE COLUMNAS.

11.1. Concepto de estabilidad de sistemas deformables. 11.2. Pandeo de columnas en compresión. Carga crítica. 11.3. Método de Euler y método de la energía. 11.4. Ejercicios resueltos.

#### Tema 12. INTRODUCCIÓN A LA TEORÍA DE PLACAS.

12.1. Aplicaciones de la flexión sobre elementos en esfuerzo plano. 12.2. Comparación de la teoría de membrana y de placas. 12.3. Fuerzas y deformaciones.

### **BLOQUE TEMÁTICO 3. TEORÍA DE ESTRUCTURAS.**

#### Tema 1. ESTRUCTURAS RETICULARES. JUSTIFICACIÓN DE LOS MODELOS.

1.1. Definición. Modelo articulado y modelo continuo. 1.2. Justificación de los modelos. 1.3. Métodos clásicos de resolución de estructuras reticulares. 1.4. Ejercicios resueltos.

#### Tema 2. PLANTEAMIENTO MATRICIAL DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL.

2.1. Planteamiento general de sistemas discretos. 2.2. Vector de fuerzas externas y de desplazamientos. 2.3. Vector de fuerzas internas y de deformaciones. 2.4. Ecuaciones de equilibrio, constitutivas y cinemáticas. 2.5. Ejercicios resueltos.

#### Tema 3. MÉTODO DE LOS DESPLAZAMIENTOS.

3.1. Objetivo del método. 3.2. Matriz de rigidez. Significado. Propiedades. 3.3. Criticidad. 3.4. Solución final del problema. 3.5. Ejercicios resueltos.

#### Tema 4. MÉTODO DE LAS FUERZAS.

4.1. Objetivo del método. 4.2. Matriz de flexibilidad. Significado físico. Propiedades. 4.3. Incógnitas hiperestáticas. 4.4. Solución final del problema. 4.5. Ejercicios resueltos.

#### Tema 5. ELEMENTO BARRA 2D Y 3D.

5.1. Matriz de rigidez del elemento, ejes locales. 5.2. Vector de fuerzas nodales equivalentes, ejes locales. 5.3. Transformación de ejes locales a globales de la estructura. 5.4. Procedimiento de resolución. 5.5. Ejercicios resueltos.

## Tema 6. ELEMENTO VIGA 2D Y 3D.

6.1. Convenio de signos para las variables. 6.2. Matriz de rigidez del elemento, ejes locales. 6.3. Vector de fuerzas nodales equivalentes, ejes locales. 6.4. Transformación de ejes locales a globales de la estructura. 6.5. Procedimiento de resolución. 6.6. Ejercicios resueltos.

## Tema 7. ENSAMBLAJE DE LA MATRIZ DE RIGIDEZ.

7.1. Ensamblaje de las matrices elementales en la global. 7.2. Método analítico y mediante el Principio de los Desplazamientos Virtuales. 7.3. Vector de fuerzas exteriores de la estructura. 7.4. Ejercicios resueltos.

## Tema 8. CONDICIONES DE CONTORNO.

8.1. Singularidad de la matriz de rigidez. 8.2. Aplicación de las condiciones de contorno. 8.3. Ejercicios resueltos.

## Tema 9. RESOLUCIÓN DEL SISTEMA DE ECUACIONES.

9.1. Breve introducción a los distintos métodos de resolución de los sistemas de ecuaciones. 9.2. Obtención de los desplazamientos. 9.3. Cálculo de las fuerzas internas del elemento. 9.4. Casos particulares: efectos térmicos, apoyos elásticos, apoyos inclinados. 9.5. Ejercicios resueltos.

## 7. PLAN DE TRABAJO

### a) Cronograma.

Semana N°	Actividad presencial en Aula	Actividad presencial en Laboratorio	Otra actividad presencial	Actividad de Evaluación
1	<b>Tema I. Teoría de Elasticidad</b> LM: Lección Magistral 3 horas LM: Lección Magistral 1 horas			
2	<b>Tema I. Teoría de Elasticidad</b> LM: Lección Magistral 4 horas RPA: Resolución de problemas en Aula 2 horas			
3	<b>Tema I. Teoría de Elasticidad</b> LM: Lección Magistral 4 horas RPA: Resolución de problemas en Aula 2 horas			

Semana N°	Actividad presencial en Aula	Actividad presencial en Laboratorio	Otra actividad presencial	Actividad de Evaluación
4	<b>Tema I. Teoría de Elasticidad</b> LM: Lección Magistral 4 horas RPA: Resolución de problemas en Aula 2 horas			
5	<b>Tema II. Resistencia de Materiales I</b> LM: Lección Magistral 4 horas RPA: Resolución de problemas en Aula 2 horas			
6	<b>Tema II. Resistencia de Materiales I</b> LM: Lección Magistral 4 horas RPA: Resolución de problemas en Aula 2 horas			
7	<b>Tema II. Resistencia de Materiales I</b> LM: Lección Magistral 4 horas RPA: Resolución de problemas en Aula 2 horas			
8	<b>Tema II. Resistencia de Materiales I</b> LM: Lección Magistral 4 horas RPA: Resolución de problemas en Aula 2 horas			<b>Primer Examen Parcial:</b> POF: Examen escrito Evaluación continua Actividad presencial 2h 30'
9	<b>Tema II. Resistencia de Materiales II</b> LM: Lección Magistral 4 horas RPA: Resolución de problemas en Aula 2 horas	<b>Prácticas de Laboratorio</b> PL: Prácticas voluntarias 2h 30'		
10	<b>Tema II. Resistencia de Materiales II</b> LM: Lección Magistral 4 horas RPA: Resolución de problemas en Aula 2 horas	<b>Prácticas de Laboratorio</b> PL: Prácticas voluntarias 2h 30'		

Semana N°	Actividad presencial en Aula	Actividad presencial en Laboratorio	Otra actividad presencial	Actividad de Evaluación
11	<b>Tema II. Resistencia de Materiales II</b> LM: Lección Magistral 4 horas RPA: Resolución de problemas en Aula 2 horas	<b>Prácticas de Laboratorio</b> PL: Prácticas voluntarias 2h 30'		
12	<b>Tema II. Resistencia de Materiales II</b> LM: Lección Magistral 4 horas RPA: Resolución de problemas en Aula 2 horas	<b>Prácticas de Laboratorio</b> PL: Prácticas voluntarias 2h 30'		
13	<b>Tema II. Resistencia de Materiales II</b> LM: Lección Magistral 4 horas RPA: Resolución de problemas en Aula 2 horas	<b>Prácticas de Laboratorio</b> PL: Prácticas voluntarias 2h 30'		
14	<b>Tema III. Teoría de Estructuras</b> LM: Lección Magistral 4 horas RPA: Resolución de problemas en Aula 2 horas	<b>Prácticas de Laboratorio</b> PL: Prácticas voluntarias 2h 30'		
15	<b>Tema III. Teoría de Estructuras</b> LM: Lección Magistral 4 horas RPA: Resolución de problemas en Aula 2 horas	<b>Prácticas de Laboratorio</b> PL: Prácticas voluntarias 2h 30'		
16	<b>Tema III. Teoría de Estructuras</b> LM: Lección Magistral 4 horas RPA: Resolución de problemas en Aula 2 horas	<b>Prácticas de Laboratorio</b> PL: Prácticas voluntarias 2h 30'		<b>Segundo Examen Parcial:</b> POFP: Examen escrito Evaluación continua Actividad presencial 2h 30'

## b) Metodologías Docentes.

Métodos Docentes	EPD	LM	PL	RPA	TP	Otros*
ECTS 7,5	3,4	1,5	0,2	1,7		0,5

EPD: ESTUDIO PERSONAL DIRIGIDO

LM: LECCIÓN MAGISTRAL

**PBL:** APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS  
**PL:** PRÁCTICAS DE LABORATORIO  
**RPA:** RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN EL AULA  
**TP:** TUTORÍAS PROGRAMADAS  
**\*Otros** (especificar): AEF - ACTIVIDADES DE EVALUACIÓN FORMATIVA

## 8. SISTEMA DE EVALUACIÓN

### a) Tribunal de Evaluación.

<b>Presidente:</b>	Eugenio GUILLEM ALONSO
<b>Vocal:</b>	José Luis HERNANDO DÍAZ
<b>Secretario:</b>	Román TORRES SÁNCHEZ
<b>Suplente:</b>	Otro profesor del Departamento

### b) Actividades de Evaluación.

Semana N°	Descripción	Tipo Evaluación	Técnica Evaluativa	Duración	Peso	Nota mínima	Competencias
8	Primer Examen Parcial	EC	POPF	2h 30'	50%	5,0	CG3, C07, CE15, CE18
16	Segundo Examen Parcial	EC	POPF	2h 30'	50%	5,0	CG3, C07, CE15, CE18, CE19

### c) Criterios de Evaluación.

La nota final de la asignatura (NF) se calcula con la nota de las prácticas de laboratorio (NP) y con las notas obtenidas en cada una de las partes en la que está dividida la asignatura (1P y 2P).

- Nota de prácticas (NP).- Las Prácticas del Laboratorio son de carácter voluntario. La calificación máxima por la realización de las mismas, entrega de un Informe de Prácticas y/o una Evaluación, será de 0,5 puntos. En cada curso se publicará una edición revisada de la Guía de las Prácticas de Laboratorio, con instrucciones y normativa específicas, en vigor para dicho ejercicio académico.
- La asignatura está dividida en dos partes (1P y 2P). De cada una de ellas se realiza un examen tanto en la evaluación continua como en la evaluación ordinaria (junio) y extraordinaria (julio).
- Cada examen se aprueba y libera con una nota  $\geq 5,0$ . El alumno puede presentarse a subir nota de los parciales liberados en la convocatoria de junio y en la de julio en el caso de no haber aprobado la asignatura en la convocatoria de junio.
- Nota final de la asignatura (NF). Se obtiene con la media ponderada de los dos exámenes y la nota de las prácticas:

$$NF = 0,5*(1P) + 0,5*(2P) + NP$$

- Para aprobar la asignatura por evaluación continua, en la convocatoria ordinaria de junio o en la extraordinaria de julio es necesario que se cumplan las siguientes condiciones:

$$1P \geq 3,5 ; 2P \geq 3,5 ; NF \geq 5,0$$

- Si la NF es  $< 5,0$ , el alumno *obligatoriamente* se presentará al examen final (EF) a las partes que no haya aprobado, es decir, a aquellas cuya nota sea menor que 5,0. La nota obtenida en el EF correspondiente a cada parte sustituye a las obtenidas anteriormente, *no se guardan notas suspensas*. Si no se presenta a una parte suspendida en el EF la nota asignada es 0,0.
- Los exámenes liberados se guardan durante el curso académico en que tuvieron lugar.

## 9. RECURSOS DIDÁCTICOS

Descripción	Tipo	Observaciones
de la FUENTE TREMPS, E. "Introducción a la Teoría de la Elasticidad".	Bibliografía	
ORTIZ BERROCAL, L. "Teoría de elasticidad".	Bibliografía	
TIMOSHENKO, S.P., GOODIER, J.N. "Teoría de elasticidad".	Bibliografía	
GERE, J. M., TIMOSHENKO, S. P. "Mecánica de los Materiales".	Bibliografía	
VÁZQUEZ, M. "Resistencia de Materiales"	Bibliografía	
WILLEMS, N., ET AL. "Resistencia de Materiales".	Bibliografía	
de la FUENTE TREMPS, E. "Estructuras reticulares, Parte I y II".	Bibliografía	
de la FUENTE TREMPS, E. , HERNANDO DÍAZ, J. L. "Introducción al Método de los Elementos Finitos".	Bibliografía	
PRZEMIENIECKI, J. S. "Theory of Matrix Structural Analysis".	Bibliografía	
Espacio MOODLE de la asignatura <a href="http://moodle.upm.es/">http://moodle.upm.es/</a>	Recursos Web	En esta plataforma se incluyen documentos docentes básicos de la asignatura, enlaces, test de autoevaluación, ejercicios propuestos y resueltos, etc. y se utiliza como método de comunicación de avisos y solución de dudas.
Laboratorio	Equipamiento	En el laboratorio los alumnos dispondrán del material e instrumentos necesarios para realizar las prácticas programadas de la asignatura.

## 10. OTRA INFORMACIÓN