



# Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto 25842 - Diseño y desarrollo de piezas de materiales compuestos

Guía docente para el curso 2013 - 2014

Curso: 3 - 4, Semestre: 2, Créditos: 5.0

---

## Información básica

---

### Profesores

- **Jesús Cuartero Salafranca** jcs@unizar.es
- **Luis Castejón Herrero** luiscast@unizar.es

### Recomendaciones para cursar esta asignatura

#### Profesorado

- Antonio Miravete, Catedrático.

Cerca de 30 años de experiencia en el sector. Antonio Miravete es Catedrático y miembro del ICMA en el departamento 7, que es el departamento en relación con materiales compuestos. Es miembro del board de revistas de Materiales Compuestos y ha trabajado en multitud de proyectos con empresas del sector como Gamesa, Vetrotex, EADS, Eurocopter, y muchas otras.

- Jesús Cuartero, Profesor Titular

15 años de experiencia en Materiales Compuestos, tanto en diseño, cálculo y fabricación, además de 3 años trabajando en una empresa dedicada a la fabricación y diseño de materiales compuestos.

- Luis Castejón, Profesor Titular

20 años de experiencia en Materiales Compuestos, especialmente en cálculo y diseño.

#### Recomendaciones

Se recomienda haber cursado las asignaturas troncales que dan conocimientos básicos de resistencia de materiales y ciencia de materiales.

### Actividades y fechas clave de la asignatura

---

## Inicio

---

### Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

**El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...**

- 1:** Es capaz de entender qué es un Material Compuesto, para qué sirve y por qué se utilizan.
- 2:** Diseñar una pieza con materiales compuestos
- 3:** Es capaz de decidir un proceso de fabricación en función del diseño de la pieza.

## Introducción

### Breve presentación de la asignatura

La asignatura se centrará en enseñar al alumno qué son los materiales compuestos, qué se puede hacer con ellos y como realizar un diseño de piezas y estructuras con dichos materiales. Debido a las características de diseño y procesado de estos materiales se hará especial hincapié tanto en las posibilidades de diseño como en la forma de diseño en función del método de fabricación y los requerimientos de diseño.

---

## Contexto y competencias

---

### Sentido, contexto, relevancia y objetivos generales de la asignatura

**La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:**

La asignatura se centrará en enseñar al alumno qué son los materiales compuestos, qué se puede hacer con ellos y como realizar un diseño de piezas y estructuras con dichos materiales. Debido a las características de diseño y procesado de estos materiales se hará especial hincapié tanto en las posibilidades de diseño como en la forma de diseño en función del método de fabricación y los requerimientos de diseño.

En primer lugar se pasará a enseñar diversas aplicaciones de materiales compuestos y diversos campos de aplicación, tanto aeronáutica, construcciones, automovilísticas y de transporte, deportivas, tuberías, militares, navales, marítimas etc para que el alumno conozca las posibilidades de utilización. Después se presentarán los componentes a nivel de composición tanto fibras como resinas y después las posibilidades de combinación para la creación de materiales de refuerzo. Una vez conocidos los materiales se pasará a introducir sus particularidades de diseño y cálculo, no explicadas en asignaturas anteriores, su comportamiento mecánico y sus características físicas.

Después de esto se procederá a explicar las diversas formas de fabricación de materiales compuestos, incluyendo moldeo por contacto a mano, centrifugación, moldeo en matriz metálica, pultrusión, enrollamiento continuo, laminado continuo, preimpregnado, mecanización de laminados, unión de laminados y otras técnicas tales como RTM, infusión, proyección continua etc. Siempre incidiendo en ejemplos y en su conexión con el cálculo, diseño y adecuación a la aplicación.

Finalmente se pasará a que el alumno conozca los métodos de ensayo típicos de materiales y de piezas ya terminadas mediante métodos fuera de norma.

## Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

### Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...

- 1:** Entender qué es un Material Compuesto, para qué sirve y por qué se utilizan.
- 2:** ([Editar Punto](#) / [Borrar](#))  
Es capaz de diseñar una pieza con materiales compuestos
- 3:** Decidir un proceso de fabricación en función del diseño de la pieza.
- 4:** Fabricar sencillas piezas de Material Compuesto por al menos dos técnicas de fabricación.
- 5:** Entender que el proceso de diseño afecta de manera crítica al de fabricación y viceversa.  
Entender que los procesos de diseño y de cálculo están íntimamente ligados y relacionados.

### Importancia de los resultados de aprendizaje que se obtienen en la asignatura:

Los resultados del aprendizaje permiten relacionar toda la línea de creación de una pieza de Materiales Compuestos.

Se ve la importancia de cada tarea, y en una sola asignatura se puede asistir a todo el proceso de creación y ver cómo afecta cada paso en los posteriores.

Esto permite tener una visión completa de cómo y por qué se hacen piezas y estructuras en materiales compuestos, con sus debilidades y fortalezas.

---

## Evaluación

---

### Actividades de evaluación

#### El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación

- 1:** Normalmente se evalúa mediante tres sistemas.

1. Trabajo sobre las prácticas realizadas.

Se realizará un trabajo sobre las prácticas desarrolladas durante el curso, además se realizará una presentación de dicho trabajo oral y públicamente.

2. Trabajo

El alumno realizara un trabajo sobre una pieza de material compuesto en la cual realizará el diseño, calculo, e indicará en proceso de fabricaron adecuado así como su costo.

### 3. Examen

Examen teórico sobre los conocimientos adquiridos en clase.

Respecto a la evaluación creemos que según el número de alumnos y el interés mostrado puede llegar a eliminarse el examen.

## 2:

El Temario será el siguiente:

- A. Introducción y materias primas 7 horas
  - A.1 Introducción, que es un material compuesto 1 horas
  - A.2 Aplicaciones 3.25 horas
  - A.3 Fibras 1 horas
  - A.4 Resinas 1 horas
  - A.5 Sandwich y núcleos 0.25 horas
  - A.6 Adhesivos 0.25 horas
  - A.7 Laminados de Materiales Compuestos 0.25 horas
  
- B. Análisis y diseño de materiales compuestos 4 horas
  - B.1 Ley de Hooke
  - B.2 Teoría de la lámina
  - B.3 Teoría del laminado
  - B.4 Análisis de tensiones
  - B.5 Criterios de rotura
  - B.6 Estructuras tipo Sandwich
  
- C. Fabricación de materiales compuestos 12 horas
  - C.1 Procesos en molde abierto
    - 6 horas
  - Proyección

- contacto a mano
- bolsa de vacío
- infusión
- pre-impregnados
- centrifugación
- enrollamiento filamentario
- rfi

#### C.2 Procesos en molde cerrado

6 horas

- Rtm/vartm
- Inyección de termoestables
- Rim / rrim / srim
- Moldeo en prensa
- Smc/bmc
- Pultrusión

D. Ensayo de materiales compuestos 2 horas

E. Practicas de Materiales Compuestos 25 horas

- IMPORTANCIA DE FIBRA Y MATRIZ (HETEROGENEIDAD)
- ORTOTROPIA
- CONCEPTO DE LAMINADO SOLIDO
- CONCEPTO DE CONSTRUCCION SANDWICH
- CONCEPTO DE CARACTERIZACION EXPERIMENTAL
- OBTENCION DE MODULOS y RESISTENCIAS EXPERIMENTALES
- ANALISIS DE LAMINADOS
- OPTIMIZACION (ANALISIS DE SENSIBILIDAD)
- DEFINICION DE PROTOTIPO
- FABRICACION DE PROTOTIPO

### 3:

- Bibliografía básica:

1) *Diseño y Análisis de Materiales Compuestos*, Tsai, S.W., Miravete, A., Editorial Reverté, Barcelona, 1988, ISBN : 84-291-4889-2

2) *Practical Analysis of Composite Laminates*, Reddy J. N., Miravete A., CRC Press Publishers, USA, 1995, ISBN : 0-8493-9401-5

3) *Los Nuevos Materiales En La Construcción*, Miravete A., Editorial Reverte, 1995

ISBN: 8460508234, ISBN-13: 9788460508236

4) *Optimisation of Design of Composite Structures*, Miravete A., Woodhead Publishing Limited, Cambridge, Reino Unido, 1996, ISBN : 1-85573-208-4

5) *3-D Textile Reinforcement in Composite Materials*, Miravete A. et al., Editor: CRC (USA) y Woodhead (U.K.), 1999, ISBN: 1 85573 376 5

6) *Materiales Compuestos*, Miravete A. et al., 2000, ISBN: 84-921349-7-6

7) *Apuntes de la Asignatura Tecnología de Materiales Compuestos*

**4:** *Nota: Siguiendo la normativa de la Universidad de Zaragoza al respecto, en las asignaturas que disponen de sistemas de evaluación continua o gradual, se programará además una prueba de evaluación global para aquellos estudiantes que decidan optar por este segundo sistema.*

---

## Actividades y recursos

---

### Presentación metodológica general

**El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:**

#### Clases teóricas

Se utilizará el formato clásico de clase magistral aunque normalmente será a través de transparencias proyectadas desde ordenador y que el alumno habrá podido descargar desde internet o bien copiar en reprografía.

#### Clases Prácticas

Se realizarán en la sala de ordenadores del área y en la nave de Materiales Compuestos. En dicha nave se encuentran tanto los moldes como los materiales y utillaje necesario para la realización de piezas.

#### Trabajos

Podrán ser individuales y/o en grupo. Se decidirá en función del número de alumnos.

### Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)

**El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...**

**1:** La distribución de clases teóricas corresponderá a este esquema:

- A. Introducción y materias primas 7 horas
- A.1 Introducción, que es un material compuesto
- A.2 Aplicaciones
- A.3 Fibras

A.4 Resinas

A.5 Sandwich y núcleos

A.6 Adhesivos

A.7 Laminados de Materiales Compuestos

B. Análisis y diseño de materiales compuestos 4 horas

B.1 Ley de Hooke

B.2 Teoría de la Lámina

B.3 Teoría del laminado

B.4 Análisis de tensiones

B.5 Criterios de rotura

B.6 Estructuras tipo Sandwich

B.7 Tolerancia al daño

C. Fabricación de materiales compuestos 12 horas

C.1 Procesos en molde abierto

- Proyección
- contacto a mano
- bolsa de vacío
- infusión
- pre-impregnados
- centrifugación
- enrollamiento filamentario
- rfi

C.2 Procesos en molde cerrado

- Rtm/vartm
- Inyección de termoestables
- Rim / rrim / srim
- Moldeo en prensa
- Smc/bmc
- Pultrusión

D. Ensayo de materiales compuestos 2 horas

C.1 Ensayos de laminados según norma

C.1 Ensayos de aplicaciones fuera de norma

**2:**

Las actividades prácticas incluirán las siguientes actividades:

- Diseño de una pieza sencilla.
- Cálculo de tal pieza mediante software.
- Fabricación de probetas para evaluar las características de los materiales.

- Ensayo de probetas de los materiales.
- Recálculo con las propiedades reales.
- Rediseño con propiedades reales.
- Fabricación del demostrador-pieza
- Ensayo de la pieza.
- Comparativa entre los resultados obtenidos y los esperados.

## **Planificación y calendario**

### **Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos**

### **Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada**

- 1. Materiales compuestos / Director de la obra Antonio Miravete ; coautores, E. Larrode, L. Castejón ... [et al.] [Zaragoza] : Los autores, 2000
- 3. Miravete de Marco, Antonio. Los nuevos materiales en la construcción / Antonio Miravete Zaragoza : Antonio Miravete, cop.1994
- 5. Miravete de Marco, Antonio. 3-D Textile Reinforcement in Composite Materials / Miravete A. et al.. CRC (USA) y Woodhead (U.K.), 1999
- 6. Tsai, Stephen W.. Diseño y análisis de materiales compuestos / Stephen W. Tsai, Antonio Miravete de Marco Barcelona [etc.] : Reverté, cop. 1988
- Miravete de Marco, Antonio. Optimisation of design of composite structures / Antonio Miravete . 1st ed. Cambridge [etc.] : Woodhead Publishing, 1996
- Reddy, Junuthula Narasimha. Practical analysis of composite laminates / J. N. Reddy, A. Miravete . Boca Raton [etc.] : CRC, cop. 1995