



Universidad
Politécnica
de Cartagena



Centro
Universitario
de la Defensa

Guía docente de la asignatura: Ciencia de Materiales

Titulación:

Grado en Ingeniería de Organización Industrial

Curso: 2014-2015



1. Datos de la asignatura

Nombre	Ciencia de Materiales				
Materia*	Ciencia de Materiales				
Módulo*	Materias comunes a la rama industrial				
Código	511102002				
Titulación	Grado en Ingeniería de Organización Industrial				
Plan de estudios	2009 (Decreto 269/2009 de 31 de julio)				
Centro	Centro Universitario de la Defensa en la Academia General del Aire				
Tipo	Obligatoria				
Periodo lectivo	1 ^{er} Cuatrimestre	Cuatrimestre	1º	Curso	2º
Idioma	Español				
ECTS	4,5	Horas / ECTS	25	Carga total de trabajo (horas)	112,5

* Todos los términos marcados con un asterisco están definidos en *Referencias para la actividad docente en la UPCT y Glosario de términos*:

<http://repositorio.bib.upct.es/dspace/bitstream/10317/3330/1/isbn8469531360.pdf>

2. Datos del profesorado

Profesor responsable	Gimeno Bellver, Fernando José		
Departamento	Departamento de Ingeniería y Técnicas Aplicadas		
Área de conocimiento	Ciencia de materiales		
Ubicación del despacho	34 (CUD)		
Teléfono	968 189938	Fax	968189970
Correo electrónico	fernando.gimeno@ cud.upct.es		
URL / WEB	Aula virtual UPCT asignatura		
Horario de atención / Tutorías	Martes y jueves de 16 a 18 o solicitar hora		
Ubicación durante las tutorías	Despacho 34 del CUD		

Perfil Docente e investigador	Ingeniero Industrial y Doctor en Ciencias Físicas por la Universidad de Zaragoza en 2009. Profesor a tiempo completo en el CUD de San Javier
Experiencia docente	Profesor responsable de las asignaturas de segundo curso "Ciencia de Materiales" y "Tecnología Mecánica y de Fabricación" del grado de Ingeniería de Organización Industrial en el CUD. 4 años de docencia. "Introducción a la Ciencia de los Materiales" y "Tecnología de Materiales" en la Universidad de Zaragoza. 2 años de docencia.
Líneas de Investigación	Materiales cerámicos avanzados y funcionales. Corrosión en metales. Protección frente a impactos.
Experiencia profesional	Profesor e investigador a tiempo completo en el Centro Universitario de la Defensa de San Javier. Anteriormente en el Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón (Universidad de Zaragoza / CSIC) como doctorando y becario investigador.
Otros temas de interés	

Profesor responsable	José Luis Meseguer Valdenebro		
Departamento	Departamento de Ingeniería y Técnicas Aplicadas		
Área de conocimiento	Ciencia de materiales		
Ubicación del despacho	31 (CUD)		
Teléfono	2932	Fax	968189970
Correo electrónico	josel.meseguer@cud.upct.es		
URL / WEB	http://moodle.upct.es/course/view.php?id=511102002		

Horario de atención / Tutorías	Martes, jueves de 16 a 18 o solicitar hora
Ubicación durante las tutorías	Despacho 31 del CUD

Perfil Docente e investigador	<p>Ingeniero Técnico Industrial, esp. Química Industrial por la UPCT.</p> <p>Ingeniero en Organización Industrial por la UPCT</p> <p>Ingeniero Internacional de Soldadura (IWE). Por la federación internacional de soldadura.</p> <p>Master en Teoría y aplicación práctica del método de elementos finitos y simulación por la UNED. (1750 h)</p> <p>Actualmente estoy realizando mi tesis en el desarrollo de métodos numéricos en uniones soldadas.</p>
Experiencia docente	<p>Profesor responsable de las asignaturas de Segundo curso "Resistencia de los Materiales" y colaboro en la asignatura "Ciencia de los Materiales" del grado de Ingeniería de Organización Industrial en el CUD.</p>
Líneas de investigación	<p>Las principales líneas de investigación están relacionadas con la simulación mediante métodos numéricos de uniones soldadas</p>
Experiencia profesional	<p>Profesor e investigador a tiempo completo en el Centro Universitario de la Defensa de San Javier. Anteriormente a este puesto he desempeñado labores de auditoría de fabricación para Gamesa Eólica en Pamplona.</p>
Otros temas de interés	

3. Descripción de la asignatura

3.1. Descripción general de la asignatura

La asignatura “Ciencia de Materiales” introduce al alumno al estudio del comportamiento de los materiales y la relación existente entre las propiedades del material y su estructura. Su importancia reside en que los materiales forman la totalidad de lo que nos rodea en la vida cotidiana, y su comprensión es básica en la mejora y el avance tecnológico, como podría ser, por ejemplo en la industria aeroespacial, la búsqueda de materiales ligeros que resistan altas temperaturas bajo tensión, o, a nivel histórico, comprender las causas del fallo catastrófico en servicio de navíos o piezas de artillería. También es esencial para una correcta selección de los materiales, teniendo en cuenta sus propiedades, como resistencia, densidad o coste, adaptándolos a las necesidades de una aplicación concreta.

En esta asignatura:

- Se exponen las propiedades de los materiales, como base del estudio de sus características y posibles aplicaciones.
- Se aborda una clasificación de los materiales sólidos en metálicos, cerámicos y poliméricos, centrándose en los materiales más comunes en aeronáutica como el acero y sus aleaciones, las aleaciones del aluminio y las aleaciones basadas en titanio. También se introducirán las propiedades generales de las cerámicas y polímeros, así como de los materiales compuestos y estructurados.
- Se establece la relación entre los procesos de fabricación y la estructura de los materiales, y entre esta estructura y sus propiedades mecánicas.

Se explican los métodos de ensayos para la obtención experimental de las propiedades mecánicas y de servicio de los diferentes tipos de materiales.

3.2. Aportación de la asignatura al ejercicio profesional

En esta asignatura se profundiza en los conceptos teóricos y aplicados sobre la estructura atómica de los materiales en estado sólido, y su relación con las propiedades mecánicas macroscópicas.

Contribuye a desarrollar competencias como el análisis de problemas basados en datos experimentales y requisitos restrictivos, la comprensión de los fundamentos de la relación procesado-microestructura-propiedades de los materiales, como base de una correcta selección de materiales para diversas aplicaciones.

3.3. Relación con otras asignaturas del plan de estudios

Esta asignatura no tiene requisitos previos obligatorios, pero se recomienda haber cursado y aprobado las asignaturas de primer curso “Química” y “Física”. En especial es necesario conocer, como base de partida, la estructura de la materia, la teoría atómica, los enlaces interatómicos e intermoleculares y las reacciones de oxidación-reducción. Conviene tener un buen conocimiento de las magnitudes físicas y químicas y sus relaciones. También es recomendable poseer un nivel de conocimientos de inglés suficiente para comprender textos científico-técnicos o vídeos divulgativos.

Los conocimientos en esta asignatura son importantes para comprender en cursos posteriores los contenidos de otras materias como “Tecnología del Medio Ambiente”, “Resistencia de Materiales” o “Ingeniería de Sistemas de Producción”

3.4. Incompatibilidades de la asignatura definidas en el plan de estudios

No existen incompatibilidades.

3.5. Recomendaciones para cursar la asignatura

No existen requisitos previos para cursar la asignatura.

3.6. Medidas especiales previstas

Se adoptarán medidas especiales que permitan simultanear los estudios de la asignatura con las actividades de formación militar y aeronáutica. En especial, la evaluación de competencias y el seguimiento de los alumnos y alumnas durante el curso se realizarán mediante el trabajo y aportación en clase, ejercicios y prácticas y los controles de evaluación sumativa. El alumno que, por necesidades específicas, necesite alguna medida especial, deberá comunicarlo a los profesores, para que se pueda adaptar la metodología y el seguimiento.



4. Competencias y resultados del aprendizaje

4.1. Competencias básicas* del plan de estudios asociadas a la asignatura

- ☒ CB1 - Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio
- ☒ CB2 - Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio
- ☒ CB3 - Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética
- ☒ CB4 - Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado
- ☒ CB5 - Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía

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

4.3. Competencias específicas* del plan de estudios asociadas a la asignatura

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS DISCIPLINARES

- ☒ E1.2c Conocimientos de los fundamentos de ciencia, tecnología y química de materiales. Comprender la relación entre la microestructura, la síntesis o procesado y las propiedades de los materiales.

COMPETENCIAS PROFESIONALES

- ☒ E2.3 Capacidad de resolver problemas con iniciativa, toma de decisiones, creatividad, razonamiento crítico y de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas.

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

COMPETENCIAS INSTRUMENTALES

- ☒ T1.1 Capacidad de análisis y síntesis
- ☒ T1.2 Capacidad de organización y planificación
- ☒ T1.3 Comunicación oral y escrita en lengua propia
- ☒ T1.5 Habilidades básicas computacionales
- ☒ T1.6 Capacidad de gestión de la información
- ☒ T1.7 Resolución de problemas

COMPETENCIAS PERSONALES

- ☒ T2.3 Habilidades en las relaciones interpersonales

COMPETENCIAS SISTÉMICAS

- ☒ T3.1 Capacidad para aplicar los conocimientos a la práctica
- ☒ T3.2 Capacidad de aprender
- ☒ T3.3 Adaptación a nuevas situaciones
- ☒ T3.4 Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad)
- ☒ T3.7 Habilidad de realizar trabajo autónomo

4.5. Resultados** del aprendizaje de la asignatura

El estudiante, para superar la asignatura, deberá:

- Conocer y ser capaz de describir las propiedades de los materiales metálicos, cerámicos, poliméricos y compuestos.
- Obtener criterios diferenciadores para la clasificación de materiales dentro de una de las familias teniendo en cuenta su microestructura y su relación con las propiedades mecánicas.
- Interpretar los diagramas de fases, en especial el diagrama hierro-carbono, y relacionar las propiedades mecánicas con la composición los tratamientos térmicos aplicados.
- Estar al corriente de las principales aleaciones del acero, del aluminio y del titanio, sus propiedades y sus aplicaciones en aeronáutica.
- Conocer las propiedades mecánicas de los materiales cerámicos, poliméricos y compuestos. Comprender la importancia de la anisotropía en las propiedades.
- Relacionar las propiedades de materiales no estudiados con la microestructura que presentan.
- Describir e interpretar los resultados de los diversos sistemas de ensayo de muestras y estructuras.
- Deducir y utilizar criterios de selección de materiales en función de las características requeridas por la aplicación.

**** Véase también la *Guía de apoyo para la redacción, puesta en práctica y evaluación de los resultados del aprendizaje*, de ANECA:**

http://www.aneca.es/content/download/12765/158329/file/learningoutcomes_v02.pdf

5. Contenidos

5.1. Contenidos del plan de estudios asociados a la asignatura

Microestructura de materiales.
Propiedades y aplicaciones de materiales metálicos, poliméricos, cerámicos y compuestos.
Tratamientos de Materiales.
Ensayos e inspección de materiales.
Normativa.
Selección de materiales.

5.2. Programa de teoría (unidades didácticas y temas)

Unidad 1: Estructuras cristalinas y sus imperfecciones.

Tema 1.1: Celdilla unidad – Estructuras y sistemas cristalinos – Monocristales y policristales – Sólidos amorfos – Anisotropía

Tema 1.2: Defectos e imperfecciones – Vacantes – Impurezas – Defectos lineales – Defectos interfaciales y volúmicos.

Tema 1.3: Difusión atómica.

Unidad 2: Caracterización de las propiedades mecánicas y su relación con la microestructura. Ensayos mecánicos.

Tema 2.1: Esfuerzo y deformación – Ensayos de tracción – Comportamiento elástico – Factores de seguridad.

Tema 2.2: Comportamiento plástico – Resistencia – Fluencia – Resiliencia y Ductilidad – Deformación plástica por dislocaciones – Deformación por maclado – Mecanismos de endurecimiento.

Tema 2.3: Ensayo de impacto – Tenacidad – Ensayos de dureza – Normativas de ensayos.

Unidad 3: Solidificación, difusión y diagramas de fases.

Tema 3.1: Proceso de cristalización – Crecimiento cristalino – Recristalización y crecimiento de grano – Fases – Microestructura – Equilibrios binarios – Eutécticos.

Tema 3.2: El sistema Fe-C – Puntos relevantes – Otros elementos de aleación.

Tema 4: Tratamientos térmicos de las aleaciones metálicas.

Tema 4.1: Situaciones de no equilibrio – Transformaciones en estado sólido – Cambios microestructurales en el acero – Recocido – Temple – Otros mecanismos de endurecimiento.

Tema 5: Mecanismos de degradación en servicio.

Tema 5.1: Electroquímica – Oxidación y corrosión – Protección contra la corrosión – Pasivación.

Tema 5.2: Fatiga de los materiales.

Tema 6: Selección de materiales.

Tema 6.1: Selección de materiales – Propiedades y requerimientos – Diagramas de Ashby – Ejemplos de selección de materiales.

Tema 6.2: Aluminio y sus aleaciones

Tema 6.3: Titanio y sus aleaciones – Magnesio – Superalloys



Tema 6.4: Materiales compuestos – Uso de compuestos avanzados en aviación
Tema 6.5: Características y aplicaciones de los polímeros – Sellantes y pegamentos – Pinturas.

5.3. Programa de prácticas (nombre y descripción de cada práctica)

Sesiones de Laboratorio:

Se desarrollan cuatro sesiones de prácticas de laboratorio. Los objetivos de aprendizaje son:

- ✓ Identificar el material y los equipos del laboratorio de materiales y dedicarlos a su uso adecuado.
- ✓ Aplicar los conocimientos teóricos de la asignatura en la experimentación práctica.
- ✓ Obtener, analizar y justificar los resultados de la práctica.
- ✓ Capacitar al alumno para el manejo de especificaciones, reglamentos y normas de obligado cumplimiento.

Las prácticas de laboratorio a desarrollar serán:

Práctica 1.	Ensayos mecánicos (unidad 2): Se realizan los ensayos más comunes, de impacto, dureza y tensión-deformación sobre diferentes materiales. Las propiedades obtenidas se comparan entre materiales y con las esperadas.
Práctica 2.	Diagramas de fases (unidad 3): Se realiza un estudio de miscibilidad en disoluciones líquidas, en función de la temperatura y composición cuyas propiedades y diagramas de fases son comparables con el comportamiento de las aleaciones sólidas.
Práctica 3.	Tratamientos térmicos del acero y metalografía (tema 4). Se realizan varios tratamientos térmicos a un mismo acero (temple, recocido, etc) y se observa la microestructura obtenida, así como las variaciones de propiedades mecánicas.
Práctica 4.	Ensayos de corrosión (tema 5). Se estudia la reactividad de diversos metales (acero, aluminio, estaño) en varios medios ácidos (agua, ácido nítrico, ácido clorhídrico)

Visitas externas:

Visita a la zona de vuelo: Sección de Ensayos no destructivos. Se muestran las diversas técnicas de ensayos no destructivos que se utilizan en las aeronaves (detección de grietas principalmente) y los procedimientos seguidos para el control y seguimiento de las mismas.

5.4. Programa de teoría en inglés (unidades didácticas y temas)

The course contents have been grouped into the following units:

Unit 1: Crystal structures and their imperfections.

Unit cell - Structures and crystal systems - Single crystals and polycrystals - Amorphous Solids - Anisotropy - Defects and imperfections - Vacancies - Impurities - Linear defects - Interfacial and volumic defects.

Unit 2: Characterization of mechanical properties and its relationship to microstructure. Mechanical testing.

Stress and Strain - Tensile tests - Behavior elastic - plastic behavior - Resistance - Creep - Resilience and ductility - Impact test - Tenacity - Hardness Testing - Safety factors - testing regulations - Plastic deformation by dislocations - Deformation twinning - Mechanisms of hardening.

Unit 3: Solidification, diffusion and phase diagrams.

Crystallization process - Crystal growth - recrystallization and grain growth - Phases - Microstructure - binary equilibria - eutectics + Fe-C system - relevant points - non-equilibrium situations - Alloying elements.

Unit 4: Thermal treatments of metallic alloys.

Solid state transformations - Changes in the steel microstructure - Annealing - Quenching - Other hardening mechanisms.

Unit 5: Mechanisms of degradation in service.

Electrochemistry - Oxidation and Corrosion - Corrosion protection - Passivation + Fatigue of materials.

Unit 6: Materials selection.

Selection of materials - Properties and requirements - Ashby diagrams - Examples of material selection + Aluminum and its alloys - Titanium and its alloys - Magnesium - Superalloys + Composites - Use of advanced composites in aviation + Features and applications of polymers - Sealants and adhesives - Paints.

5.5. Objetivos del aprendizaje detallados por unidades didácticas

Unidad 1:

- Conocer la estructura de la materia sólida, principales estructuras cristalinas y sus defectos.
- Comprender de la relación entre la microestructura y las propiedades de los materiales
- Calcular planos y direcciones cristalinas
- Calcular velocidades y composiciones en procesos de difusión atómica.

Unidad 2:

- Conocer las propiedades mecánicas de los materiales metálicos, cerámicos, poliméricos y compuestos.
- Comprender la importancia de la anisotropía sobre las propiedades.
- Comprender los diagramas tensión-deformación.
- Conocer las principales propiedades mecánicas de los materiales y su cálculo.
- Ser capaz de relacionar las propiedades de materiales no estudiados con la microestructura que presentan.

Unidad 3:

- Ser capaz de analizar los diagramas de fases, en especial el diagrama hierro-carbono, localizando puntos importantes.
- Identificar puntos invariantes en diagramas de fases.
- Conocer el significado de fase, microestructura, componente, y su importancia.
- Obtener composiciones en fases o microcomponentes dados datos de

composición elemental y temperatura.

- Comprender los cambios microestructurales a lo largo de una línea de temperatura.

Unidad 4:

- Analizar los diagramas TTT, diagramas Jominy y diagramas de revenido, obtención de las propiedades mecánicas a partir de la composición y los tratamientos térmicos aplicados.
- Saber obtener la proporción de fases tras seguir un tratamiento térmico determinado
- Ser capaz de calcular el tratamiento térmico más apropiado para obtener una proporción de fases determinada.
- Conocer la clasificación de los tratamientos térmicos según su finalidad, las temperaturas alcanzadas y los ritmos de enfriamiento.

Unidad 5:

- Comprender la importancia tecnológica e industrial de los fenómenos y corrosión y desgaste.
- Conocer y describir los diversos tipos de corrosión metálica que existen.
- Explicar los diversos métodos de protección contra la corrosión.
- Comprender el concepto de fatiga mecánica.

Unidad 6:

- Conocer y ser capaz de describir las propiedades de los materiales metálicos, cerámicos, poliméricos y compuestos.
- Discernir criterios diferenciadores para la clasificación de materiales dentro de cada una de las familias teniendo en cuenta su microestructura y su relación con las propiedades mecánicas.
- Conocer las principales aleaciones del acero, del aluminio y del titanio, sus propiedades y sus aplicaciones en aeronáutica.
- Ser capaz de deducir y usar criterios de selección de materiales en función de las características requeridas por la aplicación.



6. Metodología docente

6.1. Metodología docente*

Actividad*	Técnicas docentes	Trabajo del estudiante	Horas
Clase de teoría	Clases teóricas participativas basadas en la presentación de la teoría y casos prácticos. Resolución de las dudas planteadas por los estudiantes.	<u>Presencial</u> : Asistencia y participación a las clases presenciales	45
		<u>No presencial</u> : Estudio de la materia.	42
Clase de Prácticas. Sesiones de laboratorio	Las sesiones prácticas de laboratorio consisten en el planteamiento, dirección y tutela de prácticas de laboratorio relacionadas con los conceptos teóricos de la asignatura.	<u>Presencial</u> : Realización de las prácticas de laboratorio siguiendo los guiones proporcionados por el profesor. Toma de datos. Manejo de instrumentación. Planteamiento de dudas.	8
		<u>No presencial</u> : Elaboración de los informes de prácticas en grupo y siguiendo criterios de calidad establecidos	5.5
Tutorías individuales y de grupo	Las tutorías serán individuales con objeto de realizar un seguimiento individualizado del aprendizaje. En casos especiales se podrán realizar tutorías en grupo.	<u>Presencial</u> : Tutorías en grupo o individuales de consulta de dudas de teoría y problemas más las horas dedicadas a la preparación y explicación de las prácticas.	4
Actividades de evaluación sumativa. Pruebas escrita individual.	A mitad de curso se realizará una prueba de evaluación sumativa tipo test sobre los contenidos de la primera mitad de la asignatura. Se realizará una prueba final escrita también tipo test.	<u>Presencial</u> : Asistencia a las pruebas escritas y realización de las mismas.	8
			112.5



6.2. Resultados (4.5) / actividades formativas (6.1) (opcional)										
Actividades formativas (6.1)	Resultados del aprendizaje (4.5)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

7. Metodología de evaluación

7.1. Metodología de evaluación*

Actividad	Tipo		Sistema y criterios de evaluación*	Peso (%)	Resultados (4.5) evaluados
	Sumativa*	Formativa*			
Prueba escrita final individual.	X		Cuestiones teóricas y/o teórico-prácticas: Constará de un examen tipo test compuesto de 50 cuestiones teóricas y algunos problemas prácticos breves. Las cuestiones se orientan a los conceptos y definiciones estudiadas en la asignatura. Se evalúan principalmente los conocimientos teóricos, incluyendo los aprendidos en las sesiones de prácticas. ⁽¹⁾	(40%)	Todos los resultados (unidades 1 a 6)
Prueba parcial sumativa.⁽²⁾	X		Cuestiones teóricas y/o teórico-prácticas: A mitad de curso se realizará un test de evaluación sumativa sobre los contenidos de la primera parte de la asignatura consistente en un test de 50 preguntas. Las cuestiones se orientan a los conceptos y definiciones estudiadas en la asignatura. Se evalúan principalmente los conocimientos teóricos, incluyendo los aprendidos en las sesiones de prácticas. ⁽¹⁾	(40%)	Todos los resultados (unidades 1 a 3)
Prácticas de Laboratorio			Se evalúan las ejecuciones y el trabajo en equipo, así como las destrezas y habilidades para el manejo de material de Laboratorio. ⁽³⁾	(20%) Partes iguales cada práctica.	Todos los objetivos del aprendizaje relacionados con las prácticas

- (1) Para poder ser calificado, es necesario obtener al menos una calificación de 4.0 sobre 10 tanto en la prueba parcial sumativa como en la prueba escrita final. Para superar la asignatura es necesario un 5.0 de media global.
- (2) Los alumnos que no aprueben este examen, o quieran mejorar la calificación, podrán presentarse de nuevo a ella en el examen final.
- (3) La entrega de trabajos, ejercicios y prácticas se realizará exclusivamente a través de páginas habilitadas en el aula virtual de la asignatura y dentro del periodo de entrega previsto. En el caso de trabajos en grupo, será suficiente con que sea un miembro del grupo el que suba el trabajo en nombre de todos. Es responsabilidad de los alumnos comprobar que el trabajo ha sido entregado correctamente y dentro de plazo.

7.2. Mecanismos de control y seguimiento (opcional)



El seguimiento del aprendizaje se realizará mediante los siguientes mecanismos:

- Cuestiones planteadas en clase y laboratorio.
- Supervisión del trabajo en el laboratorio y revisión de los informes de prácticas de laboratorio.
- Tutorías.
- Test parcial sumativo.
- Examen final.



8 Bibliografía y recursos

8.1. Bibliografía básica*

- William D. Callister, Jr *"Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los materiales"*, Reverté, 2007
- M.F. Ashby, *"Materials: Engineering, Science, Processing and Design"* Butterworth-Heinemann, 2007

8.2. Bibliografía complementaria*

- Ajoy Kumar Kundu *"Aircraft Design"*, Cambridge University Press 2010
- Clifford Matthews *"Aeronautical Engineer's Data Book"* Butterworth Heinemann, 2002
- Carles Riba Romeva *"Selección de materiales en el diseño de máquinas"*, Edicions UPC, 2008
- M.F. Ashby *"Materials Selection in Mechanical Design"*, Butterworth Heinemann, 2011

8.3. Recursos en red y otros recursos

<https://aulavirtual.upct.es/course/view.php?id=214> Aula virtual de la asignatura

<http://www.istl.org/02-spring/internet.html> - Colección de enlaces a web relacionadas con la ciencia de materiales y bases de datos de materiales.

