



Universidad
Politécnica
de Cartagena



Guía docente de la asignatura

“Ciencia e Ingeniería de Materiales”

**Titulación: Grado en Ingeniería Electrónica
Industrial y Automática**

1. Datos de la asignatura

Nombre		Ciencia e Ingeniería de Materiales (Materials Science and Engineering)					
Materia		Ciencia e Ingeniería de Materiales					
Módulo		Común a la rama Industrial					
Código		507101008					
Titulación		Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática					
Plan de estudios		5071					
Centro		Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial					
Tipo		Obligatoria					
Periodo lectivo		Cuatrimstral	Cuatrimestre		2º	Curso	1º
Idioma		Castellano					
ECTS	6	Horas / ECTS		30	Carga total de trabajo (horas)		180

2. Datos del profesorado

Profesores responsables	José Sanes Molina		
Departamento	Ingeniería de Materiales y Fabricación		
Área de conocimiento	Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica		
Ubicación del despacho	2ª Planta del Antiguo Hospital de Marina (ETSII)		
Teléfono	968 325978	Fax	968 326445
Correo electrónico	pepe.sanes@upct.es		
URL / WEB	www.dimf.upct.es		
Horario de atención / Tutorías	Se especificarán en aula virtual y tableros de anuncios		
Ubicación durante las tutorías	Despacho del profesor		

Titulación	Ldo. Ciencias Químicas. Doctor por la UPCT.
Vinculación con la UPCT	TU. Docencia e Investigación en Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica.
Año de ingreso en la UPCT	01/10/1999
Nº de quinquenios	5
Líneas de investigación	Relación microestructura –propiedades-comportamiento en servicio; Polímeros y Materiales Compuestos; Ingeniería de Superficies; Tribología; Líquidos iónicos; Nanofases; Grafeno.
Nº de sexenios	2
Experiencia profesional	Desde 1992: Universidad de Murcia, UPCT. Proyectos de investigación a nivel nacional e internacional para empresas e instituciones públicas (MEC, MICINN, MCYT/FEDER, CARM (Cetem, Fundación Seneca), INESPAL, ACCIONA, etc.)

3. Descripción de la asignatura

3.1. Descripción general de la asignatura

La asignatura Ciencia e Ingeniería de Materiales es una materia transversal, común a todas las ramas de la Ingeniería y, por tanto, su conocimiento es fundamental para la formación de los Ingenieros. Conjuga el conocimiento de los fundamentos científicos de la microestructura y propiedades de los materiales de ingeniería con el conocimiento tecnológico de las técnicas de ensayo más apropiadas para medirlas y los tratamientos más adecuados para obtener las propiedades más convenientes para las condiciones de trabajo que se les exijan. De esta manera se dota al futuro graduado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática de los conocimientos básicos para comprender, clasificar y seleccionar los materiales más adecuados para cada aplicación industrial.



3.2. Aportación de la asignatura al ejercicio profesional

El perfil de un Graduado Ingeniero en Electrónica Industrial y Automática es el de un profesional capaz de trabajar en muy diferentes sectores productivos. El fin de la asignatura es posibilitar al futuro graduado esta integración profesional o su desarrollo en titulaciones de nivel superior bien de carácter más profesional o investigadoras. Los conocimientos que adquirirán en la asignatura permitirán a un graduado además de saber utilizar los materiales correctamente, saber por qué un material determinado es el más adecuado para un determinado propósito y conocer las técnicas que le permitan resolver los problemas que se le presenten, aprovechando al máximo el rendimiento de cada material y sus posibles combinaciones con otros. El conocimiento del comportamiento en servicio de un sistema material y la comprensión de los fundamentos de la relación composición-procesado-estructura y propiedades, adquiere especial relevancia.

3.3. Relación con otras asignaturas del plan de estudios

Son necesarios conocimientos previos de Matemáticas, Física y Química. Se recomienda haber cursado dichas asignaturas antes de la Ciencia e Ingeniería de Materiales, así como tener conocimientos de inglés con el fin de poder acceder a todas las fuentes bibliográficas y conocimientos básicos de informática con el fin de poder manejar las herramientas de selección de materiales.

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

Ninguna, pero se recomienda haber cursado y adquirido las competencias de las asignaturas señaladas en el apartado anterior.

3.5. Recomendaciones para cursar la asignatura

Como mínimo las siguientes:

- **Llevar la asignatura al día:** es decir, al menos leer y completar los apuntes el mismo día.
- **Ciclicidad del estudio:** *comprender* la teoría, hacer problemas relacionados y repasar la teoría de esos problemas (estudiar NO es leer un problema o una serie de problemas).
- **Utilizar** libros y otros materiales **contrastados**.
- **Utilizar las horas de tutorías a lo largo del curso**, y no sólo los días previos al examen.
- **Aprovechar las prácticas de laboratorio:** leer antes los Fundamentos teóricos.
- **Aprovechar las prácticas del aula de informática:** leer antes los Mapas y Proyectos de Selección de Materiales. Hacer ejercicios con el programa CES Selector.

3.6. Medidas especiales previstas

Previo acuerdo y comunicación con la ETSII, se podrán realizar algunas adaptaciones o ayudas al alumno para facilitarle el seguimiento de la materia, en función de situaciones especiales: discapacidades, nivel de idioma, etc.



4. Competencias y resultados del aprendizaje

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

B5 - 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

G1 - Capacidad para la redacción y desarrollo de proyectos en el ámbito de la ingeniería industrial que tengan por objeto la construcción, reforma, reparación, conservación, demolición, fabricación, instalación, montaje o explotación de: estructuras, equipos mecánicos, instalaciones energéticas, instalaciones eléctricas y electrónicas, instalaciones y plantas industriales y procesos de fabricación y automatización.

G3 - Conocimiento en materias básicas y tecnológicas, que les capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y teorías, y les dote de versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones.

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

E9 - 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.

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

T3 - Aprender de forma autónoma.

4.5. Resultados del aprendizaje de la asignatura

Las competencias específicas y objetivos de aprendizaje que se desarrollarán con la asignatura, y que se indican a continuación, permitirán que el alumno al finalizar el curso sea capaz de:

R1) Exponer la constitución de los materiales y las teorías que explican, desde el punto de vista de la constitución interna de la materia, sus propiedades y comportamiento en servicio. Explicar el concepto de sólido cristalino y los conceptos básicos de cristalografía para distinguir las principales estructuras cristalinas metálicas que se precisan para justificar la organización cristalina de los metales.

R2) Explicar el proceso de solidificación de metales y aleaciones y la influencia de las condiciones de operación sobre las propiedades finales del sólido. Distinguir las imperfecciones reticulares que presentan las redes cristalinas reales. Describir la importancia del movimiento de vacantes en el mecanismo de difusión atómica en el estado sólido y explicar la relación entre la teoría de las dislocaciones con los procesos de deformación plástica. Distinguir los distintos mecanismos de endurecimiento de metales y aleaciones y su relación con la variación de sus propiedades eléctricas. Distinguir los dos mecanismos básicos de difusión atómica y resolver problemas de difusión (cementación, nitruración, dopado de semiconductores, etc).

R3) Describir las características mecánicas de los materiales y su determinación mediante ensayos estandarizados.

R4) Usar e interpretar los diagramas de fases para conocer la microestructura que presenta una aleación a una temperatura determinada y en especial el diagrama Fe-C.

Describir los distintos tratamientos térmicos que se aplican en aceros y aleaciones no férricas y su relación con la aparición de nuevas microestructuras o la transformación de las estructuras de equilibrio que conlleva un cambio de propiedades.

R5) Explicar la distribución y los efectos de los elementos de aleación en aceros y conocer las propiedades de los principales aceros utilizados en distintas aplicaciones industriales.

Discutir las microestructuras, propiedades y aplicaciones de las diferentes fundiciones y explicar la influencia de la velocidad de enfriamiento en la solidificación. Exponer las propiedades y aplicaciones de las aleaciones de cobre y níquel utilizadas en la industria.

Discutir las propiedades y aplicaciones de las aleaciones ligeras de aluminio, magnesio y titanio utilizadas en la industria. Describir el mecanismo de endurecimiento por precipitación de segundas fases.

R6) Exponer la relación estructura-propiedades de los polímeros y comprender su comportamiento térmico y mecánico. Distinguir los distintos tipos de materiales compuestos y calcular sus propiedades mecánicas y funcionales.

R7) Explicar el número y la energía de los electrones de un sólido para justificar el comportamiento de un material como conductor, semiconductor o aislante. Describir la teoría de bandas y de zonas, la teoría cuántica del electrón libre, la densidad de estados y la distribución de Fermi-Dirac. Describir las propiedades eléctricas de los materiales conductores y los modelos teóricos (clásico y cuántico) que justifican la conductividad eléctrica. Describir los efectos que sobre la conductividad de los metales producen la temperatura, los defectos de la estructura cristalina, la adición de elementos de aleación en solución sólida, pequeños contenidos adicionales de elementos-impurezas, la deformación plástica y el tratamiento de precipitación de segundas fases.

R8) Discutir las propiedades eléctricas de los semiconductores y los modelos teóricos que justifican la semiconducción. Discutir las características dieléctricas y aislantes de los materiales y los indicadores que cuantifican y cualifican su elección para el diseño de elementos aisladores.

R9) Explicar el origen microscópico del magnetismo, clasificar los materiales en función de su comportamiento frente al campo magnético y distinguir materiales magnéticos blandos y duros.

R10) Describir los fundamentos de corrosión y degradación de materiales.



Las actividades de enseñanza/aprendizaje diseñadas permitirán al alumno desarrollar su capacidad de:

1. Trabajo en equipo,
2. Análisis y síntesis de información.
3. La expresión escrita.
4. Comunicación oral mediante la redacción de informes técnicos y su exposición.
5. Resolver problemas.

5. Contenidos

5.1. Contenidos del plan de estudios asociados a la asignatura

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

Los contenidos de la asignatura se han agrupado en cuatro bloques de acuerdo con las competencias específicas de la asignatura definidas en el plan de estudios. Es importante tener en cuenta que los bloques no son inconexos sino que siguen una secuencia de contenidos necesaria para la comprensión de los bloques siguientes. Cada uno de los bloques se encuentra estructurado en temas.

5.2. Programa de teoría

Bloque I. Estructura de los Materiales

Tema 1. Introducción a la Ciencia e Ingeniería de Materiales.

Tema 2. Estructura cristalina.

Tema 3. Solidificación, imperfecciones cristalinas y mecanismos de endurecimiento.

Tema 4. Difusión en estado sólido.

Bloque II. Transformaciones y Tratamientos

Tema 5. Propiedades mecánicas.

Tema 6. Aleaciones metálicas y diagramas de fase.

Tema 7. Diagrama hierro-carbono.

Tema 8. Tratamientos térmicos.

Bloque III. Materiales de Ingeniería

Tema 9. Aleaciones férreas.

Tema 10. Aleaciones no férreas.

Tema 11. Polímeros y materiales compuestos.

Bloque IV. Propiedades funcionales

Tema 12. Conductividad eléctrica y materiales conductores.

Tema 13. Semiconductividad. Dispositivos semiconductores.

Tema 14. Materiales aislantes y dieléctricos.

Tema 15. Propiedades magnéticas.

Tema 16. Corrosión

5.3. Programa de prácticas

Sesiones de Laboratorio:

Se desarrollan diferentes sesiones de prácticas de laboratorio con el objeto de que los alumnos utilicen instrumentación.

Las prácticas de laboratorio a desarrollar serán:

- Práctica 1. Metalografía
- Práctica 2. Ensayos Mecánicos
- Práctica 3. Ensayos No Destructivos
- Práctica 4. Tratamientos Térmicos
- Práctica 5. Efecto Hall
- Práctica 6. Caracterización de materiales

La realización de las prácticas de laboratorio 1, 2 y 4 se complementará con la práctica 6 para la elaboración de un informe técnico sobre materiales problema.

Sesiones en el Aula de Informática:

Se desarrollarán sesiones de prácticas en el aula de informática con el objeto de que los alumnos aprendan a establecer los criterios de ingeniería necesarios para realizar la selección de materiales más adecuados en función de aplicación final. Para ello utilizarán el programa CES EduPack.

Prevención de riesgos

La Universidad Politécnica de Cartagena considera como uno de sus principios básicos y objetivos fundamentales la promoción de la mejora continua de las condiciones de trabajo y estudio de toda la Comunidad Universitaria.

Este compromiso con la prevención y las responsabilidades que se derivan atañe a todos los niveles que integran la Universidad: órganos de gobierno, equipo de dirección, personal docente e investigador, personal de administración y servicios y estudiantes.

El Servicio de Prevención de Riesgos Laborales de la UPCT ha elaborado un "Manual de acogida al estudiante en materia de prevención de riesgos" que puedes encontrar en el Aula Virtual, y en el que encontraras instrucciones y recomendaciones acerca de cómo actuar de forma correcta, desde el punto de vista de la prevención (seguridad, ergonomía, etc.), cuando desarrolles cualquier tipo de actividad en la Universidad. También encontrarás recomendaciones sobre cómo proceder en caso de emergencia o que se produzca algún incidente.

En especial, cuando realices prácticas docentes en laboratorios, talleres o trabajo de campo, debes seguir todas las instrucciones del profesorado, que es la persona responsable de tu seguridad y salud durante su realización. Consúltale todas las dudas que te surjan y no pongas en riesgo tu seguridad ni la de tus compañeros.



5.4. Programa de teoría en inglés

Section I. Structure of materials

Unit 1. Introduction to materials science.

Unit 2. Crystalline structure.

Unit 3. Solidification, defects and hardening mechanisms.

Unit 4. Solid state diffusion.

Section II. Phase transitions and treatments

Unit 5. Mechanical properties.

Unit 6. Metal alloys and phase diagrams.

Unit 7. Iron-carbon diagram.

Unit 8. Heat treatments.

Section III. Engineering materials

Unit 9. Ferrous alloys.

Unit 10. Non-ferrous alloys.

Unit 11. Polymers and composites.

Section IV. Functional properties

Unit 12. Electrical conductivity and conductive materials.

Unit 13. Semiconductivity. Semiconductor devices.

Unit 14. Electrical insulating and dielectric.

Unit 15. Magnetic properties

Unit 16. Corrosion.

5.5. Objetivos del aprendizaje detallados por unidades didácticas

Bloque I. Estructura de los Materiales

- Describir la constitución de los materiales y las teorías que explican, desde el punto de vista de la constitución interna de la materia, sus propiedades y comportamiento en servicio.
- Exponer el proceso de solidificación de metales y aleaciones y la influencia de las condiciones de operación sobre las propiedades finales del sólido.
- Describir la importancia del movimiento de vacantes en el mecanismo de difusión atómica en el estado sólido y la relación entre la teoría de las dislocaciones con los procesos de deformación plástica.
- Identificar y clasificar los distintos mecanismos de endurecimiento de metales y aleaciones y su relación con la variación de sus propiedades eléctricas.
- Describir los mecanismos básicos de difusión atómica y resolver problemas de difusión (cementación, nitruración, dopado de semiconductores, etc).

Bloque II. Transformaciones y Tratamientos

- Describir las características mecánicas de los materiales y su determinación mediante ensayos estandarizados.
- Utilizar e interpretar los diagramas de fases para conocer la microestructura que presenta una aleación a una temperatura determinada y en especial el diagrama Fe-C.



- Explicar los distintos tratamientos térmicos que se aplican en aceros y aleaciones no férreas y su relación con la aparición de nuevas microestructuras o la transformación de las estructuras de equilibrio que conlleva un cambio de propiedades.

Bloque III. Materiales de Ingeniería

- Explicar la distribución y los efectos de los elementos de aleación en aceros y conocer las propiedades de los principales aceros utilizados en distintas aplicaciones industriales.
- Identificar las microestructuras, propiedades y aplicaciones de las diferentes fundiciones y explicar la influencia de la velocidad de enfriamiento en la solidificación.
- Describir las propiedades y aplicaciones de las aleaciones de cobre y níquel utilizadas en la industria.
- Describir las propiedades y aplicaciones de las aleaciones ligeras de aluminio, magnesio y titanio utilizadas en la industria.
- Explicar el mecanismo de endurecimiento por precipitación de segundas fases.
- Explicar la relación estructura-propiedades de los polímeros y comprender su comportamiento térmico y mecánico.
- Distinguir los distintos tipos de materiales compuestos y calcular sus propiedades mecánicas y funcionales.

Bloque IV. Propiedades funcionales

- Justificar el comportamiento de un material como conductor, semiconductor o aislante. Explicar las propiedades eléctricas de los materiales conductores y los modelos teóricos que las justifican.
- Explicar los efectos que sobre la conductividad de los metales producen la temperatura, los defectos de la estructura cristalina, la adición de elementos aleantes en solución sólida, pequeños contenidos adicionales de elementos-impurezas, la deformación plástica y el tratamiento de precipitación de segundas fases.
- Explicar las propiedades eléctricas de los semiconductores y los modelos teóricos que justifican la semiconducción.
- Explicar las características dieléctricas y aislantes de los materiales.
- Describir el origen microscópico del magnetismo y clasificar los materiales en función de su comportamiento frente a un campo magnético.
- Describir los fundamentos de corrosión de materiales.



6. Metodología docente

6.1. Metodología docente

Actividad	Técnicas docentes	Trabajo del estudiante	Horas
Clase de teoría	Clase expositiva utilizando técnicas de aprendizaje cooperativo. Resolución de dudas planteadas por los estudiantes. Se tratarán los temas de mayor complejidad y los aspectos más relevantes.	<u>Presencial</u> : Toma de apuntes. Planteamiento de dudas	36
		<u>No presencial</u> : Estudio de la materia.	36
Clase de problemas	Se resolverán problemas tipo y se analizarán casos prácticos. Se enfatizará el trabajo tanto en plantear métodos de resolución, como en los resultados. Se plantearán problemas y/o casos prácticos similares para que los alumnos los vayan resolviendo individualmente, siendo guiados por el profesor.	<u>Presencial</u> : Participación activa. Resolución de ejercicios. Planteamiento de dudas	15
		<u>No presencial</u> : Estudio de la materia. Resolución de ejercicios propuestos por el profesor.	39
Clase de Prácticas. Sesiones de laboratorio y aula de informática	Las sesiones prácticas de laboratorio son fundamentales para acercar el entorno de trabajo industrial al estudiante y permiten enlazar contenidos teóricos y prácticos de forma directa. Mediante las sesiones de aula de informática se pretende que los alumnos adquieran habilidades básicas computacionales y manejen programas y herramientas de diseño, selección y simulación profesionales.	<u>Presencial</u> : Manejo de instrumentación. Desarrollo de competencias en expresión oral y escrita con la presentación de informes de prácticas por los alumnos con apoyo del profesor	15
		<u>No presencial</u> : Elaboración de los informes de prácticas siguiendo criterios de calidad establecidos	6
Seminarios de problemas y otras actividades de aprendizaje cooperativo	Se realizarán varios seminarios de problemas a lo largo del curso. Los alumnos trabajan en grupo para resolver un conjunto de problemas. Resolver dudas y aclarar conceptos	<u>Presencial</u> : Resolución de los problemas. Discusión de dudas y puesta en común del trabajo realizado.	9
Tutorías individuales y de grupo	Las tutorías serán individuales o de grupo con objeto de realizar un seguimiento individualizado y/o grupal del aprendizaje. Revisión de exámenes por grupos y motivación por el aprendizaje	<u>Presencial</u> : Planteamiento de dudas en horario de tutorías.	9
Realización de exámenes oficiales	Se realizarán pruebas escritas de tipo individual. Estas pruebas permiten comprobar el grado de consecución de las competencias específicas.	<u>Presencial</u> : Asistencia a la prueba escrita y realización de ésta.	6
Realización de trabajos de investigación individuales y en grupo, y presentación oral	Se realizarán diferentes trabajos de investigación individuales y en equipo durante el curso. Los alumnos deberán realizar un informe técnico en base a criterios de calidad establecidos y hacer una presentación visual de los resultados más significativos.	<u>Presencial</u> : Planteamiento del trabajo y tutorías de control y orientación por grupos. Exposición oral	3
		<u>No presencial</u> : Búsqueda y síntesis de información. Trabajo en grupo. Elaboración del informe técnico y preparación de la presentación del trabajo	6
TOTAL			180



6.2. Resultados (4.5) / actividades formativas (6.1)

	Resultados del aprendizaje (4.5)									
Actividades formativas (6.1)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Clase de teoría	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Clase de problemas	X	X	X	X			X	X	X	
Clase de Prácticas. Sesiones de laboratorio y aula de informática			X	X			X			
Seminarios de problemas y otras actividades de aprendizaje cooperativo					X	X		X		X
Realización de trabajos de investigación individuales y en grupo, y presentación oral		X	X	X						



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 de teoría y problemas ⁽¹⁾	X	X	Cuestiones teóricas y/o teórico-prácticas: Cuestiones teóricas acompañadas de una aplicación numérica. Estas cuestiones se orientan a: conceptos, definiciones, etc. Se evalúan principalmente los conocimientos teóricos. Problemas: Problemas de media o larga extensión. Se evalúa principalmente la capacidad de aplicar conocimientos a la práctica y la capacidad de análisis.	Hasta 75 %	R1 a R10
Prácticas de Laboratorio ⁽²⁾	X	X	Se evalúan los conocimientos básicos adquiridos en las sesiones de prácticas de laboratorio y en el Aula de Informática.	Hasta 20 %	R3 - R4, R7 - R8
Otras actividades de aprendizaje ⁽³⁾	X	X	Resolución de problemas propuestos o trabajos planteados en la asignatura.	Hasta 5 %	R1 a R4, R7 a R9
(1) Existe un mínimo de 5/10 a obtener en la prueba escrita de teoría y problemas para poder promediar con las otras herramientas de evaluación. (2) La Asistencia a las prácticas de laboratorio y en el Aula de Informática será obligatoria. (3) La resolución de problemas propuestos será opcional.					

Tal como prevé el artículo 5.4 del *Reglamento de las pruebas de evaluación de los títulos oficiales de grado y de máster con atribuciones profesionales* de la UPCT, el estudiante en el que se den las circunstancias especiales recogidas en el Reglamento, y previa solicitud justificada al Departamento y admitida por este, tendrá derecho a una prueba global de evaluación. Esto no le exime de realizar los trabajos obligatorios que estén recogidos en la guía docente de la asignatura.

7.2. Mecanismos de control y seguimiento

El seguimiento del aprendizaje se realizará mediante las siguientes actividades:

- Cuestiones planteadas en clase y actividades en clase de teoría y problemas.
- Supervisión durante las sesiones de trabajo presencial de seminarios de problemas y revisión de los problemas propuestos para ser realizados individualmente o en equipo (no presencial).
- Elaboración de listas de ejecución durante las sesiones de prácticas de laboratorio.
- Presentaciones de trabajos individuales y en grupo e informes técnicos.
- Tutorías.



8 Bibliografía y recursos

8.1. Bibliografía básica

- Apuntes de la asignatura (disponible en el Aula Virtual).
- Cuestiones y Problemas de la asignatura (disponible en el Aula Virtual).
- Manual de Prácticas de Laboratorio (disponible en el Aula Virtual).
- *Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. J.M. Montes, F.G. Cuevas y J. Cintas. Paraninfo, 2014.
- *Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales*. W.F. Smith, J. Hashemi, 5ª ed., MacGraw-Hill, 2014.
- *Introducción a la Ciencia de Materiales para Ingenieros*. J.F. Shackelford, 6ª ed., Pearson, 2005.
- *Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. D.R. Askeland. Paraninfo, 2001.
- *Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. W.D. Callister, Reverté, 1996.
- W.F. Hosford, *Materials for Engineers*. Cambridge University Press, 2008.

8.2. Bibliografía complementaria

ASM Handbook

8.3. Recursos en red y otros recursos

Programa informático CES Edupack