

# Guia docent

## 300215 - CTM - Ciència i Tecnologia dels Materials

Última modificació: 06/06/2024

**Unitat responsable:** Escola d'Enginyeria de Telecomunicació i Aeroespacial de Castelldefels  
**Unitat que imparteix:** 748 - FIS - Departament de Física.

**Titulació:** GRAU EN ENGINYERIA DE SISTEMES AEROESPACIALS (Pla 2015). (Assignatura obligatòria).

**Curs:** 2024      **Crèdits ECTS:** 6.0      **Idiomes:** Català, Castellà, Anglès

### PROFESSORAT

---

**Professorat responsable:** Definit a la infoweb de l'assignatura.

**Altres:** Definit a la infoweb de l'assignatura.

### CAPACITATS PRÈVIES

---

Entre les capacitats prèvies especialment rellevants que es requereixen dels estudiants, s'inclou la capacitat de realitzar operacions matemàtiques per resoldre problemes, la comprensió de les lleis generals de la termodinàmica i conceptes de termodinàmica essencials com l'energia lliure de Gibbs, l'energia d'activació i els processos activats tèrmicament, els processos controlats per la cinètica, etc., i la comprensió dels següents conceptes: la relació existent entre l'estructura electrònica i les propietats periòdiques dels elements; les principals característiques i propietats físiques i químiques dels ceràmics, metalls, i polímers, en base a la seva estructura atòmica i als enllaços interatòmics que els elements puguin formar; el concepte de materials amorfs i cristal·lins, monocristal·lins i policristal·lins (concepte de gra: com es forma, límit de gra, etc.); les xarxes cristal·lines de Bravais dels materials sòlids; cristal·lografia: nomenclatura de plans i direccions, densitat planar, lineal, etc.; què són les imperfeccions de les xarxes cristal·lines (defectes puntuals, de línia -dislocacions-, superficials, i volumètrics), com funcionen, els seus mecanismes, per a què serveixen, la seva relació amb la deformació plàstica i els processos irreversibles; camps de tensions associats a les imperfeccions, especialment a les dislocacions i als àtoms d'una solució sòlida, i com es genera la interacció (atracció, repulsió) conseqüència de aquests camps; la difusió atòmica en estat sòlid (lleis de Fick) i la seva dependència amb la temperatura; les possibles aplicacions industrials de la difusió; el procés de corrosió i les substàncies i materials potencialment corrosius, en funció de les seves propietats químiques; i conèixer l'impacte del fenomen de corrosió en el sector aeronàutic.

### REQUISITS

---

Prerequisits:

- haver cursat Ampliació de Matemàtiques 2 (2A)
- haver cursat Termodinàmica (2A)

### COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

---

**Específiques:**

CE11. CE 11 AERO. Comprender las prestaciones tecnológicas, las técnicas de optimización de los materiales y la modificación de sus propiedades mediante tratamientos. (CIN/308/2009, BOE 18.2.2009)

CE18. CE 18 AERO. 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. (CIN/308/2009, BOE 18.2.2009)

CE19. CE 19 AERO. 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. (CIN/308/2009, BOE 18.2.2009)

CE7. CE 7 AERO. Comprender el comportamiento de las estructuras ante las solicitaciones en condiciones de servicio y situaciones límite. (CIN/308/2009, BOE 18.2.2009)

CE12. CE 12 AERO. Comprender los procesos de fabricación. (CIN/308/2009, BOE 18.2.2009)

**Genèriques:**

CG1. CG1 - Capacidad para el diseño, desarrollo y gestión en el ámbito de la ingeniería aeronáutica que tengan por objeto, de acuerdo con los conocimientos adquiridos, los vehículos aeroespaciales, los sistemas de propulsión aeroespacial, los materiales aeroespaciales, las infraestructuras aeroportuarias, las infraestructuras de aeronavegación y cualquier sistema de gestión del espacio, del tráfico y del transporte aéreo.

CG2. CG2 - Planificación, redacción, dirección y gestión de proyectos, cálculo y fabricación en el ámbito de la ingeniería aeronáutica que tengan por objeto, de acuerdo con los conocimientos adquiridos, los vehículos aeroespaciales, los sistemas de propulsión aeroespacial, los materiales aeroespaciales, las infraestructuras aeroportuarias, las infraestructuras de aeronavegación y cualquier sistema de gestión del espacio, del tráfico y del transporte aéreo.

CG3. CG3 - Instalación, explotación y mantenimiento en el ámbito de la ingeniería aeronáutica que tengan por objeto, de acuerdo con los conocimientos adquiridos, los vehículos aeroespaciales, los sistemas de propulsión aeroespacial, los materiales aeroespaciales, las infraestructuras aeroportuarias, las infraestructuras de aeronavegación y cualquier sistema de gestión del espacio, del tráfico y del transporte aéreo.

CG4. CG4 - Verificación y Certificación en el ámbito de la ingeniería aeronáutica que tengan por objeto, de acuerdo con los conocimientos adquiridos, los vehículos aeroespaciales, los sistemas de propulsión aeroespacial, los materiales aeroespaciales, las infraestructuras aeroportuarias, las infraestructuras de aeronavegación y cualquier sistema de gestión del espacio, del tráfico y del transporte aéreo.

**Transversals:**

CT6. APRENTATGE AUTÒNOM - Nivell 2: Dur a terme les tasques encomanades a partir de les orientacions bàsiques donades pel professorat, decidint el temps que cal emprar per a cada tasca, incloent-hi aportacions personals i ampliant les fonts d'informació indicades.

CT3. COMUNICACIÓ EFICAC ORAL I ESCRITA - Nivell 3: Comunicar-se de manera clara i eficient en presentacions orals i escrites adaptades al tipus de públic i als objectius de la comunicació utilitzant les estratègies i els mitjans adequats.

CT7. TERCERA LLENGUA: Conèixer una tercera llengua, que serà preferentment l'anglès, amb un nivell adequat de forma oral i per escrit i amb consonància amb les necessitats que tindran les titulades i els titulats en cada ensenyament.

CT4. TREBALL EN EQUIP - Nivell 2: Contribuir a consolidar l'equip, planificant objectius, treballant amb eficàcia i afavorint-hi la comunicació, la distribució de tasques i la cohesió.

CT5. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ - Nivell 2: Després d'identificar les diferents parts d'un document acadèmic i d'organitzar-ne les referències bibliogràfiques, dissenyar-ne i executar-ne una bona estratègia de cerca avançada amb recursos d'informació especialitzats, seleccionant-hi la informació pertinent tenint en compte criteris de rellevància i qualitat.

02 SCS N1. SOSTENIBILITAT I COMPROMÍS SOCIAL - Nivell 1: Analitzar sistèmicament i críticament la situació global, atenent la sostenibilitat de forma interdisciplinària així com el desenvolupament humà sostenible, i reconèixer les implicacions socials i ambientals de l'activitat professional del mateix àmbit.

**Bàsiques:**

CB1. 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. 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

CB5. CB5 - Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía

## METODOLOGIES DOCENTS

---

Les metodologies docents que es faran servir a l'assignatura són les següents:

- MD1 - Classe magistral: Presentació d'un tema estructurat lògicament amb la finalitat de facilitar informació organitzada seguint uns criteris adequats amb un objectiu determinat. Aquesta metodologia se centra fonamentalment en l'exposició oral, per part de professorat, dels continguts sobre la matèria objecte d'estudi.
- MD3 - Pràctica de laboratori: realització d'activitats pràctiques per a la formació experimental de l'estudiantat, que impliquen l'ús en laboratori de tècniques experimentals, equips i instrumentació de mesura propis d'una disciplina.
- MD2 - Classe expositiva participativa: Assumint les característiques del mètode expositiu, la classe expositiva participativa incorpora elements de participació i intervenció de l'estudiantat mitjançant activitats de curta duració a l'aula, com les preguntes directes, exposicions de l'estudiantat sobre temes determinats, o la resolució de problemes vinculats amb el plantejament teòric exposat. També els debats i les presentacions fetes per l'estudiantat.
- MD5 - Treball autònom: Situacions en què es demana a l'estudiant que desenvolupi les solucions adequades o correctes mitjançant l'exercitació de rutines, l'aplicació de fórmules o algorismes, l'aplicació de procediments de transformació de la informació disponible i la interpretació dels resultats. Aquesta modalitat dóna suport a totes les altres, és a dir, l'estudiantat dedica una gran part del seu temps a la feina personal per consolidar i completar la informació recollida en les classes expositives i participatives i per completar els problemes, càlculs, informes, etc., que resultin de la seva activitat en les pràctiques de laboratori i les sessions de problemes i projectes amb suport del professorat.
- MD6 - Treball cooperatiu: Enfocament interactiu de l'organització de la feina a l'aula i fora d'ella, on l'estudiantat és responsable del propi aprenentatge i de l'aprenentatge dels companys en una situació de coresponsabilitat per aconseguir objectius comuns.
- MD7 - Tutoria: Seguiment de l'alumne, amb la finalitat d'obrir un espai de comunicació, conversa i orientació, on tingui la possibilitat de revisar i discutir, juntament amb el seu tutor, temes que siguin del seu interès, inquietud, preocupació, així com també per millorar el rendiment acadèmic, desenvolupar hàbits d'estudi, reflexió i convivència social.

## OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

---

Al finalitzar l'assignatura, l'estudiantat ha de ser capaç de:

- Identificar i definir les propietats mecàniques dels materials metàl·lics cristal·lins.
- Identificar i definir la relació existent entre les dislocacions dels materials cristal·lins i el fenomen de deformació plàstica dels mateixos.
- Identificar i definir les possibles causes de fallada i trencament dels materials.
- Identificar i definir les transformacions de fase que es poden donar en un material.
- Identificar i definir la relació existent entre la microestructura d'un material i les seves propietats mecàniques, i comprendre l'impacte dels processos de fabricació en dites propietats.
- Identificar i definir les aplicacions dels materials, i comprendre el procés de selecció de materials d'acord amb els seus marges operatius i els seus processos de producció.
- Identificar i definir les possibles aplicacions dels materials compostos utilitzats en la indústria Aeroespacial i els seus processos de producció.
- Realitzar simulacions i càlculs avançats amb els models matemàtics corresponents als diferents fenòmens físics estudiats.
- Utilitzar eficientment equips i instrumentació per a la mesura de propietats mecàniques i caracterització de materials.

Així mateix, s'identifiquen els següents resultats esperats de l'aprenentatge:

- Comprendre l'estructura i geometria dels materials, així com les seves prestacions físiques, mecàniques i tecnològiques, i el seu comportament davant de sol·licitacions en condicions de servei.
- Comprendre les tècniques d'optimització dels materials i la modificació de les seves propietats mitjançant tractaments (tractaments tèrmics, etc.).

## HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

---

Tipus	Hores	Percentatge
Hores aprenentatge autònom	84,0	56.00
Hores grup gran	52,0	34.67
Hores grup petit	14,0	9.33



Dedicació total: 150 h

## CONTINGUTS

### Propietats mecàniques dels materials metàl·lics

#### Descripció:

- Introducció
- Conceptes d'esforç, elongació i deformació
- Conceptes de càrrega a tracció, compressió, flexió i tallants
- Anàlisi del comportament elàstic dels materials metàl·lics cristal·lins sota càrregues uniaxials:
  - o Propietats elàstiques dels materials: rigidesa, resiliència, etc.
  - o Anelasticitat/viscoelasticitat
- Anàlisi del comportament plàstic dels materials metàl·lics cristal·lins sota càrregues uniaxials:
  - o Propietats dels materials a tracció: límit proporcional i elàstic, resistència a tracció, tenacitat, ductilitat, duresa, etc.
  - o Tensió i deformació real vs. nominal
  - o Fenomen de recuperació elàstica i deformació plàstica

#### Activitats vinculades:

- Activitats d'aprenentatge dirigit vinculades:
  - o Classes magistrals en sessions de grup de teoria (MD1)
  - o Plantejament i resolució de problemes i anàlisi teòric en sessions del grup de problemes, amb discussió a l'aula sobre els mètodes apropiats de resolució (MD2, MD6)
  - o Problemes avaluable realitzats a classe en grups petits d'alumnat, en sessions d'activitats dirigides (MD2, MD6, MD7)
  - o Sessió pràctica al laboratori amb la màquina d'assaigs universal i el duròmetre, en sessió de grup de laboratori (MD3)
- Activitats d'aprenentatge autònom vinculades:
  - o Estudi dels continguts teòrics impartits (MD5)
  - o Realització de problemes (MD2, MD5, MD6)
  - o Recerques d'informació i activitats diverses, a requeriment del professorat (MD5)
  - o Preparació dels problemes avaluable (MD2, MD5, MD6)
- Activitats avaluable vinculades:
  - o EV1: Examen parcial
  - o EV2: Examen final
  - o EV3: Problemes avaluable realitzats a classe en grups petits

#### Dedicació: 25h

Grup gran/Teoria: 9h 30m

Grup petit/Laboratori: 1h 30m

Aprenentatge autònom: 14h

## Dislocacions i mecanismes d'enduriment

### Descripció:

- Introducció
- Dislocacions i deformació plàstica:
  - o Conceptes bàsics sobre dislocacions i deformació plàstica
  - o Tipus de dislocacions i les seves característiques
  - o Lliscament de dislocacions: interacció entre dislocacions, sistemes de lliscament, lliscament en monocristalls, tensió tallant resolta, etc.
  - o Deformació plàstica en materials metàl·lics policristal·lins
- Mecanismes d'enduriment de materials metàl·lics cristal·lins:
  - o Enduriment per reducció de la mida de gra
  - o Enduriment per dissolució sòlida
  - o Enduriment per deformació (acritud o cold work), i influència en el diagrama tensió-deformació
- Tractaments tèrmics:
  - o Recuperació
  - o Recristalització
  - o Creixement de gra

### Activitats vinculades:

- Activitats d'aprenentatge dirigit vinculades:
  - o Classes magistrals en sessions de grup de teoria (MD1)
  - o Plantejament i resolució de problemes i anàlisi teòric en sessions del grup de problemes, amb discussió a l'aula sobre els mètodes apropiats de resolució (MD2, MD6)
  - o Problemes avaluable realitzats a classe en grups petits d'alumnat, en sessions d'activitats dirigides (MD2, MD6, MD7)
  - o Sessió pràctica al laboratori amb la màquina d'assaigs universal i el duròmetre, en sessió de grup de laboratori (MD3)
- Activitats d'aprenentatge autònom vinculades:
  - o Estudi dels continguts teòrics impartits (MD5)
  - o Realització de problemes (MD2, MD5, MD6)
  - o Recerques d'informació i activitats diverses, a requeriment del professorat (MD5)
  - o Preparació dels problemes avaluable (MD2, MD5, MD6)
- Activitats avaluable vinculades:
  - o EV1: Examen parcial
  - o EV2: Examen final
  - o EV3: Problemes avaluable realitzats a classe en grups petits

### Dedicació: 25h

Grup gran/Teoria: 8h

Grup petit/Laboratori: 3h

Aprenentatge autònom: 14h

## Fallada dels materials i fractura

### Descripció:

- Introducció
- Fractura/rotura:
  - o Fonaments de fractura: fractura dúctil vs. fractura fràgil
  - o Fractografia
  - o Materials teòrics vs. materials reals
- Fallada o fractura per fatiga:
  - o Tensions cíclicas u oscilantes: valor medio, intervalo de tensiones, amplitud de la tensión y cociente de tensiones
  - o Ensayos de fatiga convencionales
  - o Curva S-N: curva de vida a fatiga
  - o Proceso de rotura por fatiga: iniciación/nucleación y propagación de la grieta, y velocidad de propagación de la grieta
  - o Factores que afectan a la fatiga y mejora de la vida a fatiga
- Fallo por fluencia (termofluencia, fluencia en caliente o creep):
  - o Comportamiento bajo fluencia en caliente: etapas de la fluencia
  - o Mecanismos responsables de la fluencia
  - o Parámetros de diseño para buen comportamiento a fluencia
  - o Influencia de la tensión y de la temperatura en la fluencia
  - o Otros factores que influyen en el comportamiento a fluencia
  - o Estado del arte:  $\theta$  Projection Concept o  $\theta$  methodology
  - o Aleaciones para utilización a temperaturas elevadas

### Activitats vinculades:

- Activitats d'aprenentatge dirigit vinculades:
  - o Classes magistrals en sessions de grup de teoria (MD1)
  - o Plantejament i resolució de problemes i anàlisi teòric en sessions del grup de problemes, amb discussió a l'aula sobre els mètodes apropiats de resolució (MD2, MD6)
  - o Problemes avaluable realitzats a classe en grups petits d'alumnes, en sessions d'activitats dirigides (MD2, MD6, MD7)
  - o Sessió pràctica al laboratori amb la màquina d'assaigs universal i el duròmetre, en sessió de grup de laboratori (MD3)
- Activitats d'aprenentatge autònom vinculades:
  - o Estudi dels continguts teòrics impartits (MD5)
  - o Realització de problemes (MD2, MD5, MD6)
  - o Recerques d'informació i activitats diverses, a requeriment del professorat (MD5)
  - o Preparació dels problemes avaluable (MD2, MD5, MD6)
- Activitats avaluable vinculades:
  - o EV1: Examen parcial
  - o EV2: Examen final
  - o EV3: Problemes avaluable realitzats a classe en grups petits

### Dedicació: 25h

Grup gran/Teoria: 9h

Grup petit/Laboratori: 2h

Aprenentatge autònom: 14h

## Diagrames de fases

### Descripció:

- Introducció
- Definicions i conceptes fonamentals sobre diagrames de fases:
  - o Límit de solubilitat: línia de solvus i liquidus
  - o Concepte de component, fase, micro-constituent, sistema monofàsic, barreja, etc.
  - o Equilibrio de fase: sistemas en equilibrio vs. sistemas fuera del equilibrio (fases estables vs. fases metaestables)
- Diagramas de fases en equilibrio:
  - o Sistemas unitarios
  - o Sistemas isomórficos binarios (reglas de solubilidad): microestructura y propiedades en los diferentes campos de fases
  - o Sistemas eutécticos binarios: microestructura y propiedades en los diferentes campos de fases; hipoeutéctico vs. hipereutéctico
  - o Línea de reparto y regla de la palanca
  - o Diagramas con fases intermedias y compuestos intermetálicos
  - o Reacción eutéctica, eutectoide, peritética y peritectoide
  - o Transformaciones de fase congruentes e incongruentes
  - o La regla de las fases de Gibbs
- Aceros: el sistema hierro-carbono (hierro-cementita):
  - o Diagrama de fases hierro-carbono (hierro-carburo de hierro)
  - o Reacción eutectoide (formación de perlita)
  - o Aceros eutectoides, hipoeutectoides e hipereutectoides
  - o Microestructuras en aleaciones hierro-carbono, y propiedades de las mismas

### Activitats vinculades:

- Activitats d'aprenentatge dirigit vinculades:
  - o Classes magistrals en sessions de grup de teoria (MD1)
  - o Plantejament i resolució de problemes i anàlisi teòric en sessions del grup de problemes, amb discussió a l'aula sobre els mètodes apropiats de resolució (MD2, MD6)
  - o Problemes avaluable realitzats a classe en grups petits d'alumnes, en sessions d'activitats dirigides (MD2, MD6, MD7)
  - o Sessió pràctica al laboratori amb la màquina d'assaigs universal i el duròmetre, en sessió de grup de laboratori (MD3)
- Activitats d'aprenentatge autònom vinculades:
  - o Estudi dels continguts teòrics impartits (MD5)
  - o Realització de problemes (MD2, MD5, MD6)
  - o Recerques d'informació i activitats diverses, a requeriment del professorat (MD5)
  - o Preparació dels problemes avaluable (MD2, MD5, MD6)
- Activitats avaluable vinculades:
  - o EV2: Examen final
  - o EV3: Problemes avaluable realitzats a classe en grups petits
  - o EV4: Control

### Dedicació: 19h

Grup gran/Teoria: 6h 30m

Grup petit/Laboratori: 1h 30m

Aprenentatge autònom: 11h

## Transformacions de fase

### Descripció:

- Transformacions de fase
  - o Conceptes fonamentals
  - o Cinètica de reaccions en estat sòlid
  - o Transformacions multifase
- Canvis microestructurals i de propietats
  - o Diagrames de transformacions

- Introducció
- Transformacions de fase:
  - o Conceptes fonamentals: tipus de transformacions: simples difusions, transformacions de nucleació y crecimiento, y transformacions martensíticas
  - o Cinètica de reacciones en estado sólido: modelo JMAK (Avrami), velocidad de reacción, índice de Avrami, y gráfico de Arrhenius
  - o Transformacions multifase
  - Relación entre tratamientos térmicos aplicados, evolución de la microestructura y propiedades mecánicas, para aleaciones de aluminio típicamente aeronáuticas:
    - o Secuencias de precipitación en aleaciones de aluminio: zonas de Guinier-Preston, fases metaestables y fases de equilibrio
    - o Concepto de precipitados coherentes e incoherentes
  - Relación entre tratamientos térmicos aplicados, evolución de la microestructura y propiedades mecánicas, para aleaciones de hierro y carbono (en particular, aceros):
    - o Diagramas de transformación-tiempo-temperatura (TTT)
    - o Transformaciones y microestructuras fuera del equilibrio (metaestables): formación de perlita gruesa, perlita fina, bainita, esferoidita, martensita y martensita revenida

### Activitats vinculades:

- Activitats d'aprenentatge dirigit vinculades:
  - o Classes magistrals en sessions de grup de teoria (MD1)
  - o Plantejament i resolució de problemes i anàlisi teòric en sessions del grup de problemes, amb discussió a l'aula sobre els mètodes apropiats de resolució (MD2, MD6)
  - o Problemes avaluable realitzats a classe en grups petits d'alumnes, en sessions d'activitats dirigides (MD2, MD6, MD7)
  - o Sessió pràctica al laboratori amb la màquina d'assaigs universal i el duròmetre, en sessió de grup de laboratori (MD3)
- Activitats d'aprenentatge autònom vinculades:
  - o Estudi dels continguts teòrics impartits (MD5)
  - o Realització de problemes (MD2, MD5, MD6)
  - o Recerques d'informació i activitats diverses, a requeriment del professorat (MD5)
  - o Preparació dels problemes avaluable (MD2, MD5, MD6)
- Activitats avaluable vinculades:
  - o EV2: Examen final
  - o EV3: Problemes avaluable realitzats a classe en grups petits
  - o EV4: Control

### Dedicació: 25h

Grup gran/Teoria: 9h

Grup petit/Laboratori: 2h

Aprenentatge autònom: 14h



## Aliatges metàl·lics

### Descripció:

- Introducció
- Continguts sobre la relació entre els materials i la sostenibilitat en el transport aeri: S'explica l'impacte dels materials en la reducció del pes de l'estructura de l'avió i l'increment de l'eficiència dels motors reactors, que resulten en reducció de consum de combustible, etc. També, es parla dels recursos finits del planeta en relació a materials, i el seu cost. Finalment, proporcionem molts articles relacionats amb sostenibilitat al sector aeronàutic.
- Tècniques de conformació metàl·lica:
  - o Hechurado: forja, laminación, extrusión i trefilado
  - o Moldeig en sorra, moldeig en coquilla i moldeig a la cera perduda
  - o Altres tècniques: sintering/pulvimetalurgia i soldadura
- Aliatges base ferro:
  - o Classificació dels aliatges base ferro
  - o Propietats d'acers baixos, mitjos i alts en carboni
  - o Nomenclatura d'acers
  - o Fundicions: fundició gris, fundició dúctil (esferoidal), fundició blanca i fundició maleable
- Aliatges no férreas:
  - o Aliatges d'alumini: nomenclatura d'aliatges d'alumini, famílies d'aliatges, tractaments, Alclad, i aplicacions estructurals al sector aeroespacial
  - o Aliatges de titani
  - o Aliatges de magnesi
  - o Aliatges de berili
  - o Comparativa de propietats d'aliatges lleugers en aeronàutica
  - o Superaleacions de níquel i cobalt

### Activitats vinculades:

- Activitats d'aprenentatge dirigit vinculades:
  - o Classes magistrals en sessions de grup de teoria (MD1)
  - o Plantejament i resolució de problemes i anàlisi teòric en sessions del grup de problemes, amb discussió a l'aula sobre els mètodes apropiats de resolució (MD2, MD6)
  - o Problemes avaluable realitzats a classe en grups petits d'alumnes, en sessions d'activitats dirigides (MD2, MD6, MD7)
  - o Sessió pràctica al laboratori amb la màquina d'assaigs universal i el duròmetre, en sessió de grup de laboratori (MD3)
- Activitats d'aprenentatge autònom vinculades:
  - o Estudi dels continguts teòrics impartits (MD5)
  - o Realització de problemes (MD2, MD5, MD6)
  - o Recerques d'informació i activitats diverses, a requeriment del professorat (MD5)
  - o Preparació dels problemes avaluable (MD2, MD5, MD6)
- Activitats avaluable vinculades:
  - o EV2: Examen final
  - o EV3: Problemes avaluable realitzats a classe en grups petits
  - o EV4: Control

### Dedicació: 12h

Grup gran/Teoria: 4h

Grup petit/Laboratori: 2h

Aprenentatge autònom: 6h

## Materials compostos (composites)

### Descripció:

- Introducció
- Conceptes fonamentals de materials compostos:
  - o Definició de materials compostos
  - o Acció substancial i acció estructural
  - o Concepte de matriu i reforç, i materials habituals
  - o Factors que determinen les propietats mecàniques
- Mètodes de fabricació de materials compostos:
  - o Selecció del mètode de fabricació més convenient
  - o Classificació dels mètodes de fabricació de materials compostos
  - o Descripció i característiques de cada mètode
- Classificació de materials compostos:
  - o Classificació segons material de la matriu
  - o Classificació segons forma o material del reforç
- Materials compostos reforçats amb fibres:
  - o Funció de la matriu i funció del reforç
  - o Propietats mecàniques: influència del tipus de fibra i de la llargada i orientació de la fibra
  - o Materials compostos laminats: concepte de seqüència d'apilament, recomanacions i el seu impacte en las propietats
  - o Propietats mecàniques de laminats: Rule of mixtures
- Materials compostos reforçats amb partícules
- Continguts sobre la relació entre els materials i la sostenibilitat en el transport aeri: aspectes sobre manteniment aeronàutic, reforç/reparració d'estructures, estalvi de material/cost i circularitat dels materials (polímers termoplàstics vs termoestables)
- Materials compostos estructurals:
  - o Solucions tradicionals per rigidització d'estructures primes
  - o Panells sàndwich
  - o Panells sàndwich amb nucli de panal d'abella (honeycomb core)

### Activitats vinculades:

- Activitats d'aprenentatge dirigit vinculades:
  - o Classes magistrals en sessions de grup de teoria (MD1)
  - o Plantejament i resolució de problemes i anàlisi teòric en sessions del grup de problemes, amb discussió a l'aula sobre els mètodes apropiats de resolució (MD2, MD6)
  - o Problemes avaluable realitzats a classe en grups petits d'alumnes, en sessions d'activitats dirigides (MD2, MD6, MD7)
- Activitats d'aprenentatge autònom vinculades:
  - o Estudi dels continguts teòrics impartits (MD5)
  - o Realització de problemes (MD2, MD5, MD6)
  - o Recerques d'informació i activitats diverses, a requeriment del professorat (MD5)
  - o Preparació dels problemes avaluable (MD2, MD5, MD6)
- Activitats avaluable vinculades:
  - o EV2: Examen final
  - o EV3: Problemes avaluable realitzats a classe en grups petits
  - o EV4: Control

### Dedicació: 19h

Grup gran/Teoria: 6h

Activitats dirigides: 2h

Aprenentatge autònom: 11h

## ACTIVITATS

### EV1 - EXAMEN PARCIAL

**Descripció:**

- Entre els diferents actes d'avaluació individual de l'estudiantat, es realitzarà un examen de 2h de duració a final de quadrimestre
- Mitjançant aquest examen, s'avaluarà l'aprenentatge dels continguts de l'assignatura corresponents a la primera meitat del quadrimestre: continguts #1, #2 i #3
- L'examen es compon d'una part amb unes 20 preguntes tipus test i una altra amb entre dos i quatre problemes relacionats amb els continguts teòrics i pràctics desenvolupats a classe i al laboratori
- Cada part de l'examen (preguntes tipus test, per una banda, i problemes, per l'altre) suposa aprox. un 50% de la nota total del examen

**Objectius específics:**

- Comprobació per part del professorat del nivell d'aprenentatge dirigit i autònom assolit per el/la estudiant durant la primera meitat de quadrimestre
- Es pretén avaluar també amb quin nivell s'ha adquirit les següents competències del grau a les què contribueix l'assignatura:
  - o Bàsiques: CB1 i CB5
  - o Genèriques: CG1, CG2, CG3 i CG4
  - o Transversals: CT5 i CT6
  - o Específiques: CE11, CE18 i CE19

**Material:**

- Calculadora, regla, llapis, goma, bolígraf, esquadra i cartabó
- Documentació subministrada pel professorat al principi o durant la prova

**Lliurament:**

- L'alumnat ha de resoldre, presencialment i de forma individual, les preguntes i problemes plantejats
- Al finalitzar el temps disponible per la realització de l'examen, el/la estudiant ha d'entregar les respostes a les preguntes tipus test i les resolucions dels problemes
- Sobre la nota de l'examen parcial (EV1), al voltant d'un 50% prové de les preguntes tipus test (les preguntes amb resposta incorrecta resten  $1/(N-1)$  punts, essent N el número d'opcions possibles al test) i el 50% restant prové dels problemes
- EV1 correspon a un 32.5% de la nota global de l'assignatura

**Dedicació: 2h**

Grup gran/Teoria: 2h



### EV3 - PROBLEMES AVALUABLES REALITZATS A CLASSE

**Descripció:**

- Entre els diferents actes d'avaluació del treball en grup o cooperatiu de l'alumnat, es troba la realització de problemes avaluable a classe
- En aquesta activitat, els/les estudiants, en grups de dos, resoldran els problemes sobre els diferents continguts de l'assignatura, durant la sessió setmanal d'activitats dirigides, exceptuant les dues setmanes que hi ha sessió de pràctiques al laboratori
- L'activitat pot consistir, per exemple, en resoldre problemes sobre propietats mecàniques dels materials, dislocacions i mecanismes d'enduriment, fallada dels materials i fractura, diagrames i transformacions de fases, materials compostos, etc.
- L'estudiantat podrà ésser tutoritzat i ajudat pel professorat abans i durant la realització dels problemes

**Objectius específics:**

- Comprobació per part del professorat del nivell d'aprenentatge dirigit i autònom assolit per el/la estudiant sobre els diferents continguts teòrics i pràctics vistos a l'assignatura, i la seva capacitat de treball en grup i cooperatiu
- Es pretén avaluar també amb quin nivell s'ha adquirit les següents competències del grau a les què contribueix l'assignatura:
  - o Bàsiques: CB1, CB2 i CB5
  - o Genèriques: CG1, CG2, CG3 i CG4
  - o Transversals: CT4, CT5 i CT6
  - o Específiques: CE11, CE18 i CE19

**Material:**

- Regla, llapis, goma, bolígraf, esquadra i cartabó
- Calculadora o ordinador amb internet i/o software adequat
- Documentació subministrada pel professorat abans, al principi o durant la prova, i/o documentació obtinguda per el/la estudiant (p.ex., apunts de classe, presentacions de classe, llibres i d'altres referències, exceptuant les solucions als problemes que puguin haver preparat prèviament)

**Lliurament:**

- L'alumnat ha de resoldre, presencialment en grups de dos, les preguntes i problemes planteats
- Al finalitzar el temps disponible per a la realització dels problemes, el grup ha d'entregar al professorat les resolucions dels mateixos
- La nota promig dels problemes avaluable (EV3) corregits pel professorat correspon a un 15% de la nota global de l'assignatura

**Dedicació:** 10h

Grup petit/Laboratori: 10h



## EV4 - CONTROL

### Descripció:

- Entre els diferents actes d'avaluació individual de l'alumnat, hi ha la realització d'un control de 1 h de durada
- La part de teoria avaluada a l'examen final sol ser on l'estudiantat obté un pitjor rendiment acadèmic. Aquest control pretén ajudar a l'estudiantat a reforçar els continguts teòrics i a preparar millor l'examen final de l'assignatura
- Al control s'avaluarà principalment l'aprenentatge dels continguts de l'assignatura corresponents a la segona meitat del quadrimestre: continguts #4, #5, #6 i #7. Atès que els continguts teòrics de la segona part de l'assignatura es basen en els continguts de la primera part, aquests continguts (#1, #2 i #3) són novament avaluats al control
- A més, al control es podran avaluar continguts associats als dos assaigs experimentals demostratius realitzats al laboratori
- El control es compon de preguntes de contingut teòric, amb format preferiblement de tipus test, encara que això es pot veure subjecte a canvis si el professorat de l'assignatura ho estima oportú
- El control es realitzarà a la darrera o penúltima setmana de docència del curs

### Objectius específics:

- Comprobació per part del professorat del nivell d'aprenentatge dirigit i autònom assolit per el/la estudiant sobre alguns continguts teòrics vistos a l'assignatura, i la seva capacitat de treball autònom
- Es pretén avaluar també amb quin nivell s'ha adquirit les següents competències del grau a les què contribueix l'assignatura:
  - o Bàsiques: CB1, CB2 i CB5
  - o Transversals: CT5, CT6, i CT7
  - o Específiques: CE11, CE18 i CE19

### Material:

- Calculadora, regla, llapis, goma, bolígraf, esquadra i cartabó
- Documentació subministrada pel professorat al principi o durant la prova

### Lliurament:

- L'alumnat ha de resoldre, presencialment i de forma individual, les preguntes teòriques que se li plantegen al control
- En finalitzar el temps disponible per a la realització del control, l'estudiant/a ha de lliurar els seus fulls de resposta
- Quan les preguntes estiguin en format test, cada resposta correcta sumarà 1 punt. Les preguntes incorrectes restaran  $1/(n-1)$  punts, i n serà el nombre d'opcions possibles en el test. La nota total del control es calcula escalant la suma de la puntuació de totes les preguntes respostes amb el nombre total de preguntes
- Totes les proves avaluable de l'assignatura són revisables. Un cop facilitada la correcció, l'estudiantat disposa d'uns dies hàbils per revisar-ne l'examen amb el professorat i millorar així la seva preparació de l'examen final
- S'espera que la realització d'aquest control preparatori incentivi l'alumnat a tenir actualitzat l'estudi de la teoria, i l'ajudi igualment a millorar-ne el rendiment a l'examen final
- La nota del control (EV4) correspon a un 13% de la nota global de l'assignatura

### Dedicació: 1h

Grup petit/Laboratori: 1h

## EV2 - EXAMEN FINAL

### Descripció:

- Entre els diferents actes d'avaluació individual de l'estudiantat, es realitzarà un examen de 2h de duració a final de quadrimestre
- Mitjançant aquest examen, s'avaluarà l'aprenentatge de tots els continguts de l'assignatura, però especialment dels corresponents a la segona meitat del quadrimestre: continguts #4, #5, #6 i #7
- L'examen es compon d'una part amb unes 20 preguntes tipus test i una altra amb entre dos i quatre problemes relacionats amb els continguts teòrics i pràctics desenvolupats a classe i al laboratori
- Cada part de l'examen (preguntes tipus test, per una banda, i problemes, per l'altra) suposa aprox. un 50% de la nota total del examen

### Objectius específics:

- Comprobació per part del professorat del nivell d'aprenentatge dirigit i autònom assolit per el/la estudiant durant tot el quadrimestre, amb especial atenció a la segona meitat de quadrimestre
- Es pretén avaluar també amb quin nivell s'ha adquirit les següents competències del grau a les què contribueix l'assignatura:
  - o Bàsiques: CB1 i CB5
  - o Genèriques: CG1, CG2, CG3 i CG4
  - o Transversals: CT5 i CT6
  - o Específiques: CE11, CE18 i CE19

### Material:

- Calculadora, regla, llapis, goma, bolígraf, esquadra i cartabó
- Documentació subministrada pel professorat al principi o durant la prova

### Lliurament:

- L'alumnat ha de resoldre, presencialment i de forma individual, les preguntes i problemes plantejats
- Al finalitzar el temps disponible per la realització de l'examen, el/la estudiant ha d'entregar les respostes a les preguntes tipus test i les resolucions dels problemes
- Sobre la nota de l'examen final (EV2), al voltant d'un 50% prové de les preguntes tipus test (les preguntes amb resposta incorrecta resten  $1/(N-1)$  punts, essent N el número d'opcions possibles al test) i el 50% restant prové dels problemes
- EV2 correspon a un 32.5% de la nota global de l'assignatura

### Dedicació: 2h

Grup gran/Teoria: 2h

## SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

S'aplicaran els criteris d'avaluació definits a la infoweb de l'assignatura.

## NORMES PER A LA REALITZACIÓ DE LES PROVES.

Les normes de realització de les proves d'avaluació o activitats avaluable seran les següents:

- En la mesura del possible, les dates de les diferents activitats avaluable y l'entrega dels corresponents informes, treballs, o problemes avaluable, seran notificades a l'alumnat a començament de curs o, si no fóra possible, seran notificades amb la major antelació possible, així com qualsevol modificació de les mateixes, per tal que l'alumnat pugui preparar les proves d'avaluació o activitats avaluable adequadament.
- Per a la realització de les proves o activitats explicades a la secció anterior, és necessari disposar del material de suport adequat prèviament assenyalat per el professorat.
- Retards en el lliurament d'informes, treballs, problemes avaluable, etc., comportaran una corresponent penalització sobre la nota de l'activitat entregada amb retard.
- El plagi a les activitats avaluable, si aquestes suposen un percentatge significatiu de la nota final, suposa una nota de zero a dita activitat i a la nota global de l'assignatura.
- L'assistència a certes sessions (en especial, a las dues pràctiques al laboratori) és obligatòria. Només s'admetran les absències per causa major degudament justificades.
- A les pràctiques al laboratori s'ha d'observar les normes bàsiques de seguretat i higiene.



## BIBLIOGRAFIA

---

### Bàsica:

- ASM handbook. Vol. 9, Metallography and microstructures. 9th ed. Metals Park, Ohio: American Society for Metals, [1978-1989?]. ISBN 0871700158.
- Callister, William D.; Rethwisch, David G. Fundamentals of materials science and engineering : an integrated approach. 3th ed. New York [etc.]: John Wiley & Sons, 2008. ISBN 9780470234631.
- Shackelford, James F.; Güemes, Alfredo; Martín Comas, Núria. Introducción a la ciencia de materiales para ingenieros [en línia]. 6ª ed. Madrid [etc.]: Prentice Hall, c2005 [Consulta: 26/07/2022]. Disponible a: [https://www-ingebook-com.recursos.biblioteca.upc.edu/ib/NPcd/IB\\_BooksVis?cod\\_primaria=1000187&codigo\\_libro=1258](https://www-ingebook-com.recursos.biblioteca.upc.edu/ib/NPcd/IB_BooksVis?cod_primaria=1000187&codigo_libro=1258). ISBN 8420544515.
- Smith, William F.; Hashemi, Javad; Nagore Cázares, Gabriel. Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales [en línia]. 4a ed. México [etc.]: McGraw-Hill, 2006 [Consulta: 26/07/2022]. Disponible a: [https://www-ingebook-com.recursos.biblioteca.upc.edu/ib/NPcd/IB\\_BooksVis?cod\\_primaria=1000187&codigo\\_libro=5732](https://www-ingebook-com.recursos.biblioteca.upc.edu/ib/NPcd/IB_BooksVis?cod_primaria=1000187&codigo_libro=5732). ISBN 9701056388.
- Callister, William D.; Rethwisch, David G. Materials science and engineering : an introduction. 7th ed. New York [etc.]: John Wiley & Sons, 2007. ISBN 0471736961.

### Complementària:

- Buerger, Martin J. Elementary crystallography : an introduction to the fundamental geometrical features of crystals. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 1978.
- Ebbing, Darrell D.; Gammon, Steven D.; Ragsdale, Ronald O. Essentials of general chemistry. 2a ed. Boston: Houghton Mifflin, 2006. ISBN 0618491759.
- Weertman, Johannes; Weertman, Julia R. Elementary dislocation theory. New York: Oxford University Press, 1992. ISBN 0195069005.
- Porter, David A.; Easterling, K.E.; Sherif, Mohamed Y. Phase transformations in metals and alloys. 3a ed. Boca Raton: CRC Press, 2009. ISBN 9781420062106.
- Glicksman, M. E. Diffusion in solids : field theory, solid-state principles, and applications. New York [etc.]: John Wiley & Sons, 2000. ISBN 9780471239727.
- Okamoto, H. Desk handbook : phase diagrams for binary alloys. Materials Park, OH: ASM International, 2000. ISBN 0871706822.
- Dieter, George Ellwood; Bacon, David. Mechanical metallurgy. SI metric ed. / adapted by David Bacon. London [etc.]: McGraw-Hill Book Company, 1988. ISBN 0071004068.
- Hull, Derek; Clyne, T. W. An Introduction to composite materials [en línia]. 2nd ed. New York: Cambridge University Press, 1996 [Consulta: 09/12/2021]. Disponible a: <https://doi.org/10.1017/CBO9781139170130>. ISBN 0521381908.
- Strong, A. Brent. Fundamentals of composites manufacturing : materials, methods, and applications. 2nd ed. Dearborn, Michigan: Society of Manufacturing Engineers, 2008. ISBN 9780872638549.
- Wulpi, Donald J. Understanding how components fail. 2nd ed. Materials Park, OH: ASM International, 1999. ISBN 9780871706317.
- Courtney, Thomas H. Mechanical behavior of materials. 2nd ed. Long Grove, Illinois: Waveland, 2000. ISBN 9781577664253.
- Gibson, Ronald F. Principles of composite material mechanics. Fourth edition. Boca Raton: CRC Press, [2016]. ISBN 9781498720694.
- Hyer, M. W; White, Scott R. Stress analysis of fiber-reinforced composite materials. Lancaster, Pennsylvania: DEStech, 2009. ISBN 9781932078862.

## RECURSOS

---

### Enllaç web:

- atenea.upc.edu

### Altres recursos:

A continuació, es presenta una llista d'altres recursos que es podran utilitzar a l'assignatura:

- Presentacions de les classes magistrals en format pdf o power point
- Guions o enunciats de diferents activitats, com són els problemes avaluable a realitzar a les sessions d'activitats dirigides o pràctiques al laboratori
- Material multimèdia, com fotos o vídeos, creat ad hoc o obtingut o disponible a internet
- Software i material de suport divers en format imprès o digital