



# Guia docent

## 295758 - 295EM113 - Comportament Mecànic de Materials i la Seva Simulació

Última modificació: 14/06/2023

**Unitat responsable:** Escola d'Enginyeria de Barcelona Est  
**Unitat que imparteix:** 702 - CEM - Departament de Ciència i Enginyeria de Materials.  
**Titulació:** MÀSTER UNIVERSITARI EN CIÈNCIA I ENGINYERIA AVANÇADA DE MATERIALS (Pla 2019). (Assignatura optativa).  
**Curs:** 2023      **Crèdits ECTS:** 6.0      **Idiomes:** Castellà, Anglès

### PROFESSORAT

---

**Professorat responsable:** FERHUN CEM CANER BASKURT  
**Altres:** NOEL LEÓN ARBITER  
FERHUN CEM CANER BASKURT  
LUIS LLANES PITARCH

### CAPACITATS PRÈVIES

---

Titulació en ciències o enginyeria. Coneixement bàsic de la relació entre la microestructura dels materials i el seu comportament mecànic. Coneixement bàsic del comportament mecànic i de la resistència de materials.

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

---

**Específiques:**  
CEMCEAM-02. Aplicar mètodes innovadors pel disseny, simulació, optimització i control de processos de producció i transformació de materials.  
CEMCEAM-04. Realitzar inspeccions i control de qualitat de materials i els processos de producció, transformació i ús.

### METODOLOGIES DOCENTS

---

Durant el curs s'imparteixen classes teòriques i de problemes, juntament amb activitats de simulació per Abaqus o Matlab o un altre programari i activitats de laboratori. Es realitzen diverses avaluacions, en el format d'examen presencial i de treball escrit.

### OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

---

L'objectiu d'aquest curs és combinar coneixements teòrics i pràctics del comportament mecànic dels materials d'enginyeria. El curs dona especial rellevància a l'elasticitat en 3D i plasticitat en 3D tant a l'escala macro com a les escales micro i nano. A l'escala macro l'anàlisi tensorial guanya importància i per tant es realitzarà una introducció als tensors de manera més senzilla possible. El coneixement tensorial també facilitarà l'aprenentatge del comportament mecànic a escala micro. Les pràctiques es realitzaran utilitzant simulació per Abaqus, Matlab i un altre programari que es considera oportú. A diferència de pràctiques en un laboratori físic, emprant diverses tècniques de simulació es crearà un laboratori virtual on es pot experimentar i visualitzar un rang molt més ampli del comportament de materials a diverses escales.



## HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores activitats dirigides	6,0	4.00
Hores aprenentatge autònom	102,0	68.00
Hores grup petit	14,0	9.33
Hores grup mitjà	28,0	18.67

**Dedicació total:** 150 h

## CONTINGUTS

### Tema 1. Configuració d'assajos mecànics més utilitzats i paràmetres

#### Descripció:

Definició de tensió i de deformació unitària. Resposta mecànica de materials estructurals: conceptes bàsics d'elasticitat i plasticitat. Tipus de corbes que relacionen sol·licitació vs. resposta mecànica del material: enginyer, veritable i intrínseca. Característiques que les defineixen. Configuracions d'assajos més emprats, paràmetres mecànics que s'obtenen i sentit físic, particularitats pràctiques de cada configuració: tracció, flexió (en 3 i 4 punts), compressió uniaxial. Equacions constitutives més emprades.

**Dedicació:** 9h 20m

Grup gran/Teoria: 3h

Aprenentatge autònom: 6h 20m

### Tema 2. Viscoelasticitat de materials

#### Descripció:

Introducció a la viscoelasticitat lineal de materials. Resposta en sol·licitacions estàtiques: Assajos de Creep, Relació de tensions i Creep-recovery, paràmetres que la quantifiquen. Principi de superposició de Boltzman. Principi de correspondència temps-temperatura. Models micromecànics: Maxwell, Kelvin-Voigt, Zener, 4 elements.

**Dedicació:** 18h 40m

Grup gran/Teoria: 6h

Aprenentatge autònom: 12h 40m

### Tema 3. Introducció als tensors

#### Descripció:

Tensors cartesianes. Notació indicial i el conveni de suma d'Einstein. Notacions tensorials i matricials. Operacions tensorials. Tensor de tensions. Tensor de deformacions. Tensor antisimètrica i l'energia emmagatzemada en un material. Transformació de tensors del rang 1 i del rang 2. El vector tensió. Els invariants de tensors del rang 2. Implicacions en la modelació del comportament mecànic dels materials. Introducció a Abaqus.

**Dedicació:** 24h

Grup gran/Teoria: 7h

Aprenentatge autònom: 17h



#### Tema 4. Comportament elàstic i la seva simulació

**Descripció:**

La llei de Hooke. Energia elàstica emmagatzemada en el material. Tensor de rigidesa d'elasticitat. Constants de Lamé. La separació desviador-volumètrica. Notació de Voight. Matriu de rigidesa d'un material elàstic. Elasticitat en condicions de tensió plana i deformació plana. La relació entre els constants d'elasticitat i els d'enllaços entre àtoms. Efecte de microfissuració distribuïda i porus en el comportament elàstic dels ceràmics. Comportament viscoelàstic. Simulació d'elasticitat en 2D i en 3D usant Abaqus.

**Dedicació:** 24h

Grup gran/Teoria: 7h

Aprenentatge autònom: 17h

#### Tema 5. Comportament plàstic a l'escala de continu i la seva simulació

**Descripció:**

Separació additiva de les deformacions. Enduriment per treball en fred: Ludwik-Hollomon, Johnson-Cook i el seu calibratge. Correcció d'Bridgman. Assaig de plasticitat en tracció vs a compressió. L'efecte de Bauschinger. Criteris de fluència: Rankine, Tresca i von Mises. El mòdul de plasticitat. El segon invariant del tensor desvidar de tensions. Algorismes de càlcul de elastoplasticidad a 1D: Enduriment isòtrop i enduriment cinemàtic.

**Dedicació:** 25h

Grup gran/Teoria: 7h

Aprenentatge autònom: 18h

#### Tema 6. Resistència mecànica y deformación de materiales

**Descripció:**

Paràmetres crítics per a la selecció de materials en aplicacions estructurals: mòdul elàstic, límit de fluència, ductilitat i tenacitat. Mecanismes de deformació plàstica de monocristalls i policristalls. Les dislocacions com a agents de deformació en materials cristal·lins. Mecanismes d'enduriment de materials: solució sòlida, precipitació de segones fases, deformació en fred, refinament microestructural, reforços mitjançant partícules i fibres. Optimització de la relació resistència-tenacitat mitjançant el disseny microestructural.

**Dedicació:** 49h

Grup gran/Teoria: 16h

Aprenentatge autònom: 33h

## SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

Part de Prof. N. León: Examen parcial 1: 19%

Part de Prof. F. Caner: Examen parcial 2 :24%, Projecte 1 :24%

Part de Prof. L. Llanes: Exàmens :33%

Examen final és obligatori si la nota final de l'avaluació contínua es menor de 5,0. Si es pren l'examen final, la nota d'examen final substitueix la nota final de l'assignatura. No hi ha cap examen de recuperació en aquesta assignatura.



## BIBLIOGRAFIA

---

### Bàsica:

- Ward, I. M.; Sweeney, J. Mechanical properties of solid polymers [en línia]. 3rd ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2013 [Consulta: 15/11/2022]. Disponible a: [https://discovery.upc.edu/permalink/34CSUC\\_UPC/rdgucl/alma991005065379606711](https://discovery.upc.edu/permalink/34CSUC_UPC/rdgucl/alma991005065379606711). ISBN 9781444319507.
- Hertzberg, Richard W.; Hertzberg, Jason L.; Vinci, Richard P.. Deformation and fracture mechanics of engineering materials. 5th ed. New York: John Wiley & Sons, 2013. ISBN 9780470527801.
- Askeland, Donald R.; Fulay, Pradeep P.; Bhattacharya, D. K. Essentials of materials science and engineering. 2nd ed. Stamford, CT: Cengage Learning, 2010. ISBN 9780495438502.
- Dieter, George Ellwood;. Mechanical metallurgy. SI metric ed. London: McGraw-Hill Book Company, 1988. ISBN 0071004068.
- Hosford, Williams. Mechanical behavior of materials. Cambridge: Cambridge University Press, 2005. ISBN 0521846706.
- Callister, William D.; Rethwisch, David G. Materials science and engineering: an introduction. 10th. Hoboken: John Wiley & Sons, 2020. ISBN 9781119453918.
- Khennane, Amar. Introduction to finite element analysis using Matlab and Abaqus. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2013. ISBN 9781466580206.
- Malvern, Lawrence E. Introduction to the mechanics of a continuous medium. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, cop. 1969. ISBN 0134876032.
- Dunne, Fionn; Petrinic, Nik. Introduction to computational plasticity. Oxford: Oxford University, 2006. ISBN 9780198568261.
- Owen, D. R. J; Hinton, Ernest. Finite elements in plasticity : theory and practice. Swansea, [U.K.]: Pineridge Press Limited, 1980. ISBN 0906674052.
- Rees, D. W. A. Basic engineering plasticity : an introduction with engineering and manufacturing applications. Oxford [etc.]: Butterworth-Heinemann / Elsevier, 2006. ISBN 0750680253.
- Courtney, Thomas H. Mechanical behavior of materials. 2nd ed. Boston [etc.]: McGraw-Hill, cop. 2000. ISBN 0070285942.