

## 240054 - Mecànica dels Medis Continus

Unitat responsable: 240 - ETSEIB - Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona  
Unitat que imparteix: 737 - RMEE - Departament de Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria  
Curs: 2019  
Titulació: GRAU EN ENGINYERIA DE MATERIALS (Pla 2010). (Unitat docent Obligatòria)  
GRAU EN ENGINYERIA EN TECNOLOGIES INDUSTRIALS (Pla 2010). (Unitat docent Obligatòria)  
Crèdits ECTS: 4,5 Idiomes docència: Català, Castellà

### Professorat

Responsable: MIQUEL FERRER BALLESTER

Altres: Teoria:  
MIQUEL FERRER BALLESTER  
XAVIER AYNETO GUBERT  
JOSEP M<sup>a</sup> PONS POBLET

Pràctiques de Laboratori:  
JORDI BONADA BO  
JORDI FÀBREGA FREIXES  
JORDI GUILERA DOMINGO  
JOSUÉ LÓPEZ HERMOSO  
ROMÀ SUÑÉ LAGO

### Horari d'atenció

Horari: Consultar el plafó d'anuncis del Dep. RMEE

### Competències de la titulació a les quals contribueix l'assignatura

Específiques:

11. Coneixements i capacitats per aplicar els fonaments de l'elasticitat i resistència de materials al comportament de sòlids reals.

Transversals:

1. COMUNICACIÓ EFICAÇ ORAL I ESCRITA: Comunicar-se de forma oral i escrita amb altres persones sobre els resultats de l'aprenentatge, de l'elaboració del pensament i de la presa de decisions; participar en debats sobre temes de la pròpia especialitat.
2. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip, ja sigui com un membre més, o realitzant tasques de direcció amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.

## 240054 - Mecànica dels Medis Continus

### Metodologies docents

Sessions mixtes de teoria/problemes: expositives i participatives, amb activitats programades d'autoavaluació per a fer a l'aula i fora de l'aula.

Sessions de laboratori: sessions de 2h, aprenentatge basat en experimentació. Grups de 15 persones organitzats en equips de 3 alumnes. En total es realitzen 5 sessions, de les quals, 3 pràctiques: assaigs de materials, fotoelasticitat i simulació amb elements finits; una tutoria del treball de curs i, la darrera, la presentació del treball de curs.

Treball de curs: Aprenentatge autònom i cooperatiu. L'equip de tres persones format als grups de laboratori realitza un petit projecte de disseny lliure d'una peça o element resistent mitjançant l'ajut d'un software d'elements finits, optimitza la peça, en construeix un prototipus i l'assaja al laboratori. La quarta sessió de pràctiques és una tutoria on cal presentar un informe previ. A la darrera sessió de pràctiques, els equips presenten el treball de curs.

### Objectius d'aprenentatge de l'assignatura

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

- Analitzar els camps de desplaçaments, velocitats i acceleracions d'un medi continu deformable, així com els seus gradients, a partir de les equacions de la cinemàtica.
- Calcular i descriure, mitjançant l'àlgebra tensorial, les deformacions i les velocitats de deformacions en un medi continu deformable.
- Analitzar l'estat de tensió d'un punt i identificar-ne les característiques principals.
- Representar i analitzar gràficament una magnitud tensorial a través dels cercles de Mohr.
- Identificar els diferents models constitutius dels medis deformables.
- Relacionar els estats de deformació i tensió en medis continus deformables elàstics i lineals.
- Resoldre el problema elàstic en diferents condicions de contorn, calculant els estats de tensió i deformació en qualsevol punt.
- Calcular, mitjançant el criteri de fallida adequat, la seguretat a fallida d'un medi continu deformable. Identificar el criteri de fallida adequat en funció de la naturalesa del material.
- Construir un model numèric adequat mitjançant el mètode dels elements finits, per a l'anàlisi de tensions i deformacions elàstiques i lineals, reconeixent i identificant les condicions de contorn adequades en base a una situació real d'una peça o objecte qualsevol.
- Dissenyar una peça o element mecànic senzill i planejar la seva optimització elàstica i resistent.
- Analitzar correctament els resultats de les simulacions mitjançant elements finits.
- Plantejar les lleis bàsiques de la dinàmica d'un medi deformable.

### Hores totals de dedicació de l'estudiantat

Dedicació total: 109h 24m	Hores grup gran:	35h 06m	32.08%
	Hores grup petit:	6h 48m	6.22%
	Hores activitats dirigides:	0h	0.00%
	Hores aprenentatge autònom:	67h 30m	61.70%

## 240054 - Mecànica dels Medis Continus

### Continguts

<p>- Cinemàtica del Medi Continu</p>	<p>Dedicació: 29h Grup gran/Teoria: 11h Aprentatge autònom: 18h</p>
<p>Descripció: Anàlisi dels camps vectorials de desplaçaments, velocitats i acceleracions, en descripció Lagrangiana i Euleriana. Deducció del tensor velocitat de deformació i tensor de deformacions finites i infinitesimals.</p> <p>Activitats vinculades: Exercicis programats 2.1 al 2.25, per a realitzar dins i fora de l'aula</p> <p>Objectius específics: - Analitzar els camps de desplaçaments, velocitats i acceleracions a partir de les equacions de la cinemàtica d'un medi continu deformable. - Calcular i descriure, mitjançant l'àlgebra tensorial, les velocitats de deformació i les deformacions en un medi continu deformable.</p>	
<p>- L'estat de Tensió</p>	<p>Dedicació: 32h Grup gran/Teoria: 10h Grup petit/Laboratori: 4h Aprentatge autònom: 18h</p>
<p>Descripció: Definició del vector tensió, components intrínseques de tensió, tensor tensió, condicions d'equilibri, tensions i direccions principals, cercles de Mohr, criteris de fallada elàstica.</p> <p>Activitats vinculades: Exercicis programats 3.1 al 3.12, per a realitzar dins i fora de l'aula</p> <p>Objectius específics: - Analitzar l'estat de tensió d'un punt i identificar-ne les característiques principals. - Representar i analitzar gràficament una magnitud tensorial a través dels cercles de Mohr. - Calcular el coeficient de seguretat elàstica d'un component mecànic, mitjançant el criteri de fallada adequat en funció de la naturalesa del comportament del material (fràgil/dúctil).</p>	

## 240054 - Mecànica dels Medis Continus

<p>- Models Constitutius. Elasticitat Lineal</p>	<p>Dedicació: 44h 30m Grup gran/Teoria: 15h Grup petit/Laboratori: 4h Aprentatge autònom: 25h 30m</p>
<p>Descripció: Equacions constitutives, teorema de les forces vives, llei de Hooke generalitzada, el problema elàstic, tensió plana, deformació plana, axisimetria, el mètode dels elements finits.</p> <p>Activitats vinculades: Activitats 4.1 a 4.4 i 5.1 a 5.12 per a realitzar dins i fora de l'aula. Treball de curs dirigit. Pràctiques de laboratori.</p> <p>Objectius específics:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar els diferents models constitutius dels medis deformables.</li> <li>- Relacionar els estats de deformació i tensió en medis continus deformables elàstics i lineals.</li> <li>- Resoldre el problema elàstic en diferents condicions de contorn, calculant els estats de tensió i deformació en qualsevol punt.</li> <li>- Construir un model numèric adequat mitjançant el mètode dels elements finits, per a l'anàlisi de tensions i deformacions elàstiques i lineals, reconeixent i identificant les condicions de contorn adequades en base a una situació real d'una peça o objecte qualsevol.</li> <li>- Dissenyar una peça o element mecànic senzill i planejar la seva optimització elàstica i resistent.</li> <li>- Analitzar correctament els resultats de les simulacions mitjançant elements finits.</li> </ul>	
<p>- Dinàmica del Medi Continu</p>	<p>Dedicació: 7h Grup gran/Teoria: 1h Aprentatge autònom: 6h</p>
<p>Descripció: Volum de control, teorema del transport de Reynolds, principi de conservació de la massa, quantitat de moviment, moment cinètic, teorema de les forces vives.</p> <p>Activitats vinculades: Activitats de 6.1 a 6.3 per a realitzar dins de l'aula.</p> <p>Objectius específics:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plantejar les lleis bàsiques de la dinàmica d'un medi deformable.</li> </ul>	

## 240054 - Mecànica dels Medis Continus

### Planificació d'activitats

<b>EXERCICIS DINS DE L'AULA</b>	Dedicació: 10h Grup gran/Teoria: 10h
<p><b>Descripció:</b> Activitats programades a realitzar dins de l'aula, en equips de 2 (ò 3) estudiants.</p> <p><b>Material de suport:</b> Les activitats programades estan disponibles al campus digital.</p> <p><b>Descripció del lliurament esperat i vincles amb l'avaluació:</b> Les activitats anomenades "Entregables" es lliuren al campus digital i les resol després el professor o un estudiant a la pissarra. Els alumnes s'autocorregeixen els exercicis. La qualificació no intervé en el càlcul de la nota final de l'assignatura.</p> <p><b>Objectius específics:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aprenentatge invers: deducció de conceptes teòrics partint d'un exercici, previ a l'exposició teòrica formal.</li> <li>- Posar en pràctica conceptes ja exposats.</li> <li>- Aprenentatge cooperatiu, treball en equip.</li> <li>- Autoavaluació, coavaluació.</li> </ul>	

### ACTIVITATS PER ESCRIT FORA DE L'AULA

<p><b>Descripció:</b> Realització, fora de l'aula i individualment, d'activitats de llarga durada (60-90min) consistents en la resolució d'exercicis plantejats en exàmens finals de cursos anteriors.</p> <p><b>Material de suport:</b> Enunciats dels exàmens disponibles al Campus Digital.</p> <p><b>Descripció del lliurament esperat i vincles amb l'avaluació:</b> Els exercicis es lliuren una setmana després d'haver-se plantejat a classe i es computa l'entrega al Campus Digital en forma de comptador de lliuraments. Els exercicis es retornen a classe i els estudiants se'ls corregeixen mútuament. L'avaluació no forma part de l'algorisme de qualificació final de l'assignatura.</p> <p><b>Objectius específics:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Afrontar problemes d'anàlisi global i relacional.</li> <li>- Afrontar preguntes teòriques conceptuals.</li> <li>- Entrar en contacte amb el format de les proves finals de l'assignatura i familiaritzar-s'hi.</li> </ul>	
--	--

<b>PRACTIQUES DE LABORATORI</b>	Dedicació: 10h Grup petit/Laboratori: 10h
<p><b>Descripció:</b> Pràctiques on s'utilitzen tècniques experimentals i de simulació numèrica.</p> <p>Pràctica 1: Assaigs de materials Pràctica 2: Fotoelasticitat Pràctica 3: El mètode dels elements finits (Pràctiques 4 i 5: veure treball de curs)</p> <p><b>Material de suport:</b> Laboratori LERMA del Departament RMEE. Maquinària i material per als assaigs, utilitatges i bancades fotoelàstiques. Software ANSYS d'elements finits. Guions de pràctiques.</p>	

## 240054 - Mecànica dels Medis Continus

### Descripció del lliurament esperat i vincles amb l'avaluació:

Durant la pràctica, de 2h de durada, cada equip de 3 alumnes redacta un informe in-situ amb la descripció, els càlculs i les conclusions. En acabar la sessió es lliura l'informe. L'avaluació d'aquest informe per part del professorat, suposa un 3% de la nota final de l'assignatura. Per altra banda les pràctiques 1 i 2 també són avaluades a l'examen parcial (un 40% de l'examen parcial, 4/10 qüestions de test), és a dir, un 8% de la nota final de l'assignatura. Per tant, el pes total és 11%.

### Objectius específics:

- Ús de tècniques experimentals de caracterització de materials
- Ús de la fotoelasticitat per a la visualització i determinació experimental d'estats de deformació i tensió
- Ús d'un software d'elements finits per a l'anàlisi de tensions i deformacions en un sòlid elàstic.
- Entrenament en simulació mitjançant elements finits per a la realització del treball de curs.

### TREBALL DE CURS

Dedicació: 13h

Aprentatge autònom: 13h

### Descripció:

Realització d'un petit projecte, en equips de 3 alumnes, de disseny mecànic lliure d'una peça o element resistent, optimització del disseny mitjançant el mètode dels elements finits, construcció d'un prototipus i assaig al laboratori (pràctica 5) en base d'unes especificacions predeterminades.

### Material de suport:

Software ANSYS d'elements finits. Laboratori LERMA del Dep. RMEE, si cal, per a l'assaigs del material escollit i per a la construcció de la peça.

### Descripció del lliurament esperat i vincles amb l'avaluació:

La pràctica 4 de l'assignatura consisteix en lliurar i presentar un preinforme i una posterior tutorització per part del professor. D'aquesta sessió de tutoria s'obté una puntuació que representa el 2% de la nota final de l'assignatura (nota pràctica 4, inclosa a qualificació NL)

La pràctica 5 de l'assignatura consisteix en lliurar l'informe final, presentar oralment el treball amb l'ajut de diapositives i assajar la peça. Dos professors escolten l'exposició, fan preguntes o objeccions i puntuen el treball (NTR: 15% de la nota final).

### Objectius específics:

- Posar en pràctica i assentar gairebé tots els conceptes teòrics apresos a l'assignatura.
- Veure l'aplicació pràctica i quotidiana del contingut de l'assignatura en el món de l'enginyeria de disseny de producte.
- Construir i analitzar correctament un model d'elements finits.

## 240054 - Mecànica dels Medis Continus

### Sistema de qualificació

$$NF=0,2*NEP+0,1*NEC+0,05*NL+0,15*NTR+0,5*NEF$$

NF: NOTA FINAL

NEP: NOTA EXAMEN PARCIAL (Test 10 preguntes)

NEC: NOTA D'EXERCICIS DE CLASSE (exercicis a resoldre individualment durant les classes)

NL: NOTA DE LABORATORI (pràctiques 1, 2 i 3 + informe previ treball)

NTR: NOTA DEL TREBALL DE CURS

NEF: NOTA EXAMEN FINAL (dues parts, cadascuna d'elles amb preguntes teòriques i exercicis conceptuals)

La prova de reevaluació extraordinària, consistirà en un examen escrit amb dues parts (cadascuna d'elles amb un problema i preguntes teòriques) on s'avaluarà tot el programa de l'assignatura, pràctiques incloses. La nota d'aquest examen, NREAVA, substituirà les notes NEP+NEC+NL+NEF. Així, l'algorisme de reevaluació serà  $NF= NTR*0,15 + NREAVA*0,85$ .

### Normes de realització de les activitats

**EXAMEN PARCIAL:** És un test de 10 qüestions amb correcció automàtica mitjançant full de respostes amb marques òptiques. S'avaluen els capítols 1 i 2 del temari i les pràctiques de laboratori 1 i 2. Les preguntes equivocades resten 0,25 punts a la nota. Només es pot utilitzar un formulari A4 amb fórmules, títols i dibuixos (no explicacions) i calculadora d'operacions bàsiques (no programables ni amb memòria massiva).

**LABORATORI:** Cada equip de 3 persones realitza un informe durant les pràctiques 1, 2 i 3 que es lliura al final de la pràctica. L'avaluació d'aquests 3 informes (0,03) i el preinforme del treball de curs (0,02), constitueixen la nota NL

**TREBALL DE CURS:** Els equips de 3 persones elaboren un informe complet del treball de curs i preparen una presentació oral. L'exposició i defensa d'aquest treball, així com l'assaig del prototipus, constitueix la darrera pràctica de laboratori.

L'exposició oral, el resultat de l'assaig i l'informe global són avaluats per dos professors i constitueix la nota NTR.

**EXAMEN FINAL:** Constituint per dues parts, d'1h de durada cadascuna aproximadament, amb qüestions teòriques i exercicis conceptuals. Només es pot consultar un formulari A4 amb fórmules, títols i dibuixos (no explicacions) i calculadora d'operacions bàsiques (no programables ni amb memòria massiva).

**ESTUDIANTS REPETIDORS/ES:** Les notes NL i NTR es poden conservar. Per a conservar-les cal **NOMÉS** inscriure's al grup de TEORIA (10, 20, 30...) i **NO** estar inscrit a cap subgrup de pràctiques (11, 12, 21, 22...)

## 240054 - Mecànica dels Medis Continus

### Bibliografia

#### Bàsica:

Ayneto Gubert, Xavier; Ferrer Ballester, Miquel. Mecánica del medio continuo en la ingeniería : teoría y problemas resueltos [en línia]. Barcelona: Iniciativa Digital Politècnica, 2012 [Consulta: 22/04/2016]. Disponible a: <<http://hdl.handle.net/2099.3/36613>>. ISBN 9788476539507.

#### Complementària:

Vieira Chaves, Eduardo Walter. Mecánica del medio continuo : Conceptos básicos.. Barcelona: CIMNE/UPC, 2007. ISBN 9788496736382.

Oliver, J. ; Carlos Agelet. Mecànica de medis continus per a enginyers. 2003. Barcelona: Edicions UPC, 2003. ISBN 8483017199.

Mase, G.T.; Mase, G.E. Continuum mechanics for engineers. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 1999.

Spencer, A.J.M. Continuum mechanics. Mineola: Dover Publications, 2004. ISBN 0486435946.

Ortiz Berrocal, Luis. Elasticidad. 3a ed. Madrid: McGrawHill, 1998. ISBN 8448120469.

Madenci, Erdogan ; Ibrahim Guven. The Finite element method and applications in engineering using ANSYS [en línia]. New York: Springer, 2006 [Consulta: 05/04/2017]. Disponible a: <<http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4899-7550-8>>. ISBN 9780387282893.

#### Altres recursos:

##### Enllaç web

<http://mmc.etseib.upc.edu/index.swf>

Mecànica del Medi Continu.

Material multimèdia via web per a l'autoaprenentatge i autoavaluació de la mecànica del medi continu.  
Teoria, problemes amb solucions i pràctiques de laboratori.

##### Material informàtic

ANSYS Educational

Versio educacional del programa de simulacion amb elements finits ANSYS V10