



## Guia docent 295125 - 295II335 - Modelització Biomecànica

Última modificació: 08/08/2024

**Unitat responsable:** Escola d'Enginyeria de Barcelona Est  
**Unitat que imparteix:** 712 - EM - Departament d'Enginyeria Mecànica.  
702 - CEM - Departament de Ciència i Enginyeria de Materials.  
737 - RMEE - Departament de Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria.

**Titulació:** MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA INTERDISCIPLINÀRIA I INNOVADORA (Pla 2019). (Assignatura optativa).  
MÀSTER UNIVERSITARI ERASMUS MUNDUS EN CIÈNCIA I ENGINYERIA DE MATERIALS AVANÇATS (Pla 2021). (Assignatura optativa).

**Curs:** 2024      **Crèdits ECTS:** 6.0      **Idiomes:** Anglès

### PROFESSORAT

**Professorat responsable:** GIL SERRANCOLÍ MASFERRER

**Altres:** Primer quadrimestre:  
DANIEL RODRÍGUEZ RIUS - Grup: T11, Grup: T12  
ANTONIO JOSÉ SÁNCHEZ EGEEA - Grup: T11, Grup: T12  
DAVID SÁNCHEZ MOLINA - Grup: T11, Grup: T12  
GIL SERRANCOLÍ MASFERRER - Grup: T11, Grup: T12

### CAPACITATS PRÈVIES

- Conèixer els mètodes de mecànica analítica bàsica per calcular forces i moments en un sistema mecànic.
- Resoldre equacions diferencials.
- Conèixer el mètode de càlcul de pressions/deformacions utilitzant elements finits.
- Saber analitzar senyals bàsics.

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

#### Específiques:

CEMUEII-19. Desenvolupar aplicacions traslacionals amb l'objectiu d'assolir una millor comprensió de fenòmens fisiològics de rellevància clínica i pel disseny de noves aplicacions en àrees que tinguin un impacte en la cura de la salut de les persones. (Competència específica de l'especialitat Aplicacions en Salut i Biomedicina / Healthcare and Biomedical Applications)

#### Genèriques:

CGMUEII-01. Participar en projectes d'innovació tecnològica en problemes d'àmbit multidisciplinar, aplicant coneixements matemàtics, analítics, científics, instrumentals, tecnològics i de gestió.

CGMUEII-05. Comunicar hipòtesis, procediments i resultats a públics especialitzats i no especialitzats d'una forma clara i sense ambigüitats, tant de forma oral com mitjançant informes, esquemes i diagrames, en el context del desenvolupament de solucions tècniques per problemes de caràcter interdisciplinar.

**Transversals:**

05 TEQ. 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.

06 URI. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ: Gestionar l'adquisició, l'estructuració, l'anàlisi i la visualització de dades i informació de l'àmbit d'especialitat i valorar de forma crítica els resultats d'aquesta gestió.

03 TLG. 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.

**METODOLOGIES DOCENTS**

L'assignatura combinarà les sessions teòriques amb una pràctica de laboratori per tema. A les sessions teòriques l'estudiant adquirirà els coneixements de cada tema, i a les sessions pràctiques els podrà desenvolupar experimentalment utilitzant dades biomecàniques reals.

**OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA**

- Comprendre la realització d'una anàlisi cinemàtica inversa a partir de dades de sensors inercials.
- Conèixer els mètodes bàsics de càlcul de forces i moments articulars en un sistema biomecànic en moviment (anàlisi macroescala).
- Conèixer els models constitutius més utilitzats actualment per modelitzar teixits humans.
- Identificar les condicions de contorn d'una anàlisi microescala (obtingudes a partir de l'anàlisi macroescala), principalment càlcul de pressions i deformacions utilitzant el mètode d'elements finits. Saber identificar els paràmetres principals d'un model constitutiu de teixit.

**HORES TOTALS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT**

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup gran	21,0	14.00
Hores grup petit	21,0	14.00
Hores aprenentatge autònom	108,0	72.00

**Dedicació total:** 150 h

**CONTINGUTS****Tema 1. Introducció****Descripció:**

- Introducció a l'assignatura (macro-escala a micro-escala)
- Visió de la modelització a macro i micro-escala del cos humà.

**Objectius específics:**

- Identificar les parts actives i passives del cos humà que intervenen en el moviment per tal de crear el sistema biomecànic.
- Identificar els sistemes de captura de moviment actuals que es poden utilitzar per mesurar el moviment humà.

**Dedicació:** 2h

Grup gran/Teoria: 2h

## Tema 2. Cinemàtica del cos humà

### Descripció:

- 2.1. Recordatori d'anàlisi cinemàtica
- 2.2. Anàlisi cinemàtica del cos humà amb sensors portàtils
- 2.3. Cas particular: càlcul d'angles articulars mitjançant IMUs (unitats de mesura inercials)

### Objectius específics:

- Calcular els angles articulars mitjançant sistemes de captura del moviment: càmeres òptiques i sistemes de mesura inercials. Comprendre les seves diferències, avantatges i limitacions.
- Aprendre com realitzar una anàlisi cinemàtica inversa en un moviment humà.
- Aprendre a processar les dades d'un sistema de mesura inercial i extreure'n les dades més rellevants.

### Dedicació: 24h

Grup gran/Teoria: 4h

Grup petit/Laboratori: 3h

Aprenentatge autònom: 17h

## Tema 3. Dinàmica del cos humà

### Descripció:

- 3.1. Recordatori d'anàlisi dinàmica.
- 3.2. Cas particular: càlcul dels moments articulars d'un subjecte en moviment.
- 3.3. Modelització de forces musculars.
- 3.4. Introducció a l'OpenSim (Inverse Kinematics, Inverse Dynamics, Static Optimization per estimar forces musculars).
- 3.5. Cas particular amb OpenSim (anàlisi de la diferència de les forces de contacte articulars, depenent de l'estratègia de repartiment muscular).
- 3.6. Captura del moviment.

### Objectius específics:

- Aprendre com modelitzar el cos humà des d'un punt de vista macro-escala.
- Descriure i portar a terme les anàlisis cinemàtica i dinàmica inverses utilitzant el software lliure de biomecànica OpenSim.
- Estimar les forces musculars donat un cert moviment.

### Activitats vinculades:

Pràctica 2. Captura del moviment i anàlisis cinemàtiques i dinàmiques inverses.

### Dedicació: 48h

Grup gran/Teoria: 11h

Grup petit/Laboratori: 3h

Aprenentatge autònom: 34h

#### Tema 4. Caracterització de teixits i models constitutius

**Descripció:**

- 4.1. Recordatori de mecànica dels medis continus
- 4.2. Cinemàtica de la deformació i tensors de deformació
- 4.3. Forces en mecànica dels medis continus i tensors de tensió
- 4.4. Equacions del moviment de sòlids deformables
- 4.5. Teoria constitutiva: exemples de materials
- 4.6. Materials sense memòria: lineal i sense elasticitat
- 4.7. Materials amb memòria: viscoelasticitat i plasticitat
- 4.8. Materials amb memòria: dany i paràmetres de degeneració
- 4.9. Models de teixits biològics (I): teixits durs
- 4.10. Models de teixits biològics (II): teixits tous

**Objectius específics:**

- Entendre com aplicar les teories de mecànica del medi continu per desenvolupar un model constitutiu per teixits biològics.
- Conèixer els principals fenòmens que es produeixen en el comportament mecànic de teixits: anisotropia, viscoelasticitat, degeneració de fibres, etc.
- Saber dissenyar un conjunt d'experiments específics per ajustar i calibrar els paràmetres d'un model constitutiu específic.

**Activitats vinculades:**

Pràctica 4. Anàlisi d'un assaig de flexió amb teixit animal.

**Dedicació:** 48h

Grup gran/Teoria: 11h

Grup petit/Laboratori: 3h

Aprenentatge autònom: 34h

#### Tema 5. FEM aplicat a la biomecànica

**Descripció:**

- 5.1. Aplicació de l'anàlisi d'elements finits (FEM) en biomecànica
- 5.2. Geometria i condicions de contorn
- 5.3. Requisits del solver FEM per aplicacions biomecàniques
- 5.4. Cas particular - ús del FEBio

**Objectius específics:**

Descriure i realitzar una simulació per FEM d'un teixit dur.

**Activitats vinculades:**

Pràctica 5 (ús de FEBio en Biomecànica).

**Dedicació:** 24h

Grup gran/Teoria: 4h

Grup petit/Laboratori: 3h

Aprenentatge autònom: 17h

## SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

Informes de laboratori (25%)

Treballs en grup (25%)

Entregues individuals (30%)

Examen final de l'assignatura (20%)



## BIBLIOGRAFIA

---

### Bàsica:

- Yamaguchi, Gary Tad. Dynamic modeling of musculoskeletal motion : a vectorized approach for biomechanical analysis in three dimensions [en línia]. New York: Springer US, cop. 2006 [Consulta: 07/10/2020]. Disponible a: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?docID=5750363>. ISBN 9780387287508.
- Winter, David A. Biomechanics and motor control of human movement. 4th ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, cop. 2009. ISBN 9780470398180.
- McGinnis, Peter M. Biomechanics of sport and exercise. 2013. United Kingdom: Human Kinetics, 2013. ISBN 0736079661.
- Ronald L. Huston. Principles of Biomechanics. 2009. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis, 2009. ISBN 9780849334948.
- Holzapfel, Gerhard A. Nonlinear solid mechanics : a continuum approach for engineering. Chichester: John Wiley & Sons, cop. 2000. ISBN 0471823198.
- Marsden, Jerrold E; Huges, Thomas J.R. Mathematical foundations of elasticity. New York: Dover, 1994. ISBN 0-486-67865-2.
- Antman, S. S. Nonlinear Problems of Elasticity [en línia]. 2nd ed. New York, NY: Springer, 2005 [Consulta: 07/10/2020]. Disponible a: <http://dx.doi.org/10.1007/0-387-27649-1>. ISBN 9780387276496.
- Uchida, Thomas K. Biomechanics of movement : the science of sports, robotics, and rehabilitation. Cambridge, MA: The MIT Press, 2021. ISBN 9780262044202.

## RECURSOS

---

### Material informàtic:

- OpenSim. Software de biomecànica OpenSim. Enllaç: [https://simtk.org/frs/?group\\_id=91](https://simtk.org/frs/?group_id=91)- FEBio. Software d'elements finits aplicat en biomecànica. Enllaç: <https://febio.org/>