



Guia docent 295103 - 295II013 - Simulació i Optimització

Última modificació: 03/03/2026

Unitat responsable: Escola d'Enginyeria de Barcelona Est
Unitat que imparteix: 749 - MAT - Departament de Matemàtiques.
737 - RMEE - Departament de Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria.
751 - DECA - Departament d'Enginyeria Civil i Ambiental.

Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA INTERDISCIPLINÀRIA I INNOVADORA (Pla 2019). (Assignatura obligatòria).
MÀSTER UNIVERSITARI EN RECERCA EN ENGINYERIA MECÀNICA (Pla 2021). (Assignatura optativa).
MÀSTER UNIVERSITARI EN TECNOLOGIES MECÀNIQUES (Pla 2024). (Assignatura optativa).

Curs: 2025 **Crèdits ECTS:** 6.0 **Idiomes:** Anglès

PROFESSORAT

Professorat responsable: JOSE JAVIER MUÑOZ ROMERO - IGNASI DE POUPLANA SARDÀ - DANIEL DI CAPUA

Altres: Segon quadrimestre:
IGNASI DE POUPLANA SARDÀ - Grup: T11, Grup: T12
JOSE JAVIER MUÑOZ ROMERO - Grup: T11, Grup: T12
JORDI POBLET PUIG - Grup: T11, Grup: T12

CAPACITATS PRÈVIES

Programació en Matlab
Aplicació mètodes numèrics (interpolació, integració)
Nocions d'equacions en derivades parcials

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:
CEMUEII-03. Utilitzar les tècniques computacionals adequades per a simular fenòmens físics de l'enginyeria. Adaptar i aplicar algorismes d'optimització en problemes d'enginyeria.

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

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

Classes teòriques amb transparències i tasques.

Classes pràctiques amb ordinadors i software general (Matlab) i específic de la mecànica computacional (Ramseries).

Utilització de software de preàprocés i postàprocés (GID, Paraview)

En el treball de grup es deixa escollir el software per resolució de problemes: ABAQUS, ANSYS, Comsol, FEMLAB, GID, Matlab, ...

OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

1. Ser capaç d'identificar problema físic i model corresponent per la seva simulació.
2. Dominar les eines numèriques en la simulació: discretització d'elements finits i programes d'optimització.
3. Identificar les condicions de contorn i poder evaluar la bondat de la solució.
4. Conèixer les lleis reològiques bàsiques per sòlids i fluids, i conèixer la seva implementació en eines numèriques.
5. Distingir problemes lineals de no lineals, i poder determinar els diferents tipus de resolució en cada cas.

HORES TOTALS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores aprenentatge autònom	96,0	64.00
Hores grup petit	27,0	18.00
Hores grup gran	27,0	18.00

Dedicació total: 150 h

CONTINGUTS

Tema 1: Introducció als Elements Finitos

Descripció:

Anàlisi problema continu i discret en una dimensió. Integració numèrica. Element de referència.
Concepte d'assemblatge.
Extensió a dos dimensions. Tipus d'elements i implementació. Convergència del problema discret.
Anàlisi del flux en el problema discret, discontinuïtat i convergència.
Resolució problema tèrmic amb malla arbitrària. Pre-procés i post-procés. Regularització de la solució per mínims quadrats.

Objectius específics:

Aprendre forma forta i forma feble de problemes elíptics. Concepte de problema discretitzat i origen errors de l'aproximació numèrica. Concepte físic de las variables.
Diferenciar resolució de variables nodals de solució problema discretitzat. Avaluar i saber imposar condicions de contorn, i conèixer error en les derivades del problema discret.
Poder resoldre problema tèrmic o de concentració amb geometria i condicions de contorn arbitrària.
Concepte d'ensamblatge per altres sistemes mecànics i elèctrics.

Activitats vinculades:

Sessió de laboratori 1.1: Problema Tèrmic 1D i 2D
Temes: Càlcul de la matriu de rigidesa i el vector de flux tèrmic. Condiions de contorn tèrmica. Càlcul de fluxes i suavitzat.

Exercicis:

- 1) Càlcul de matriu de rigidesa tèrmica i vector de flux d'un element triangular
- 2) Càlcul de matriu de rigidesa tèrmica i vector de flux d'element quadrilàter
- 3) Resoldre un petit problema tèrmic.

Sessió de laboratori 1.2: Tipus d'elements finits

Temes: Ensamblatge, aplicació de restriccions, càlcul de variables y de fluxes. Interpolació mitjançant funcions de forma en elements de referència. Integració numèrica y formulació isoparamètrica.

Exercicis:

- 1) Càlcul del valor de la variable en els punts interiors dels elements.
- 2) Integració numèrica en un element quadrilàter arbitrari.
- 3) Càlcul de derivades de funcions de forma en un element quadrilàter distorsionat

Sessió de laboratori 1.3: Altres sistemes discrets

Diferents tipus de sistemes discrets (mecànic, tèrmic, elèctric): Problema discret elèctric, mecànic de barres.

- 1) Problema mecànic de barres
- 2) Problema discret elèctric
- 3) Resolució numèrica.

Dedicació: 20h

Grup gran/Teoria: 4h
Grup petit/Laboratori: 4h
Aprentatge autònom: 12h



Tema 2: Sòlids elàstics

Descripció:

Plantejar l'equacions d'equilibri de Cauchy. Deducció forma feble contínua i discreta.
Resolució de problemes en dos i tres dimensions. Condicions de contorn de problema elàstic. Anàlisi de tensions.

Objectius específics:

Concepte de deformació, i tensions en el problema continu i discret.
Resolució per problema genèric. Anàlisi error.

Activitats vinculades:

Sessió de laboratori 2.1: Mecànica de sòlids

Temes: Càlcul de la matriu de rigidesa i el vector de força. Condicions de contorn. Càlcul de tensions. Suavitzat. Anàlisi de tensions i estimador d'errors.

Exercicis:

- 1) Càlcul de matriu de rigidesa mecànica i vector de càrrega d'elements triangulars i quadrilàters.
- 2) Càlcul de matriu de rigidesa mecànica i vector de càrrega d'elements tetraèdrics i hexaèdrics.
- 3) Resoldre un petit problema mecànic bidimensional.

Sessió de laboratori 2.2. No linealitats

Temes: No linealitat geomètrica i no linealitat maerial. Resolució numèrica: linearització i Newton-Raphson.

Exercicis:

- 1) Problema no lineal amb rigidesa depenent dels desplaçaments.
- 2) Resolució problema geomètricament no lineal: barres amb grans desplaçaments.

Dedicació: 16h

Grup gran/Teoria: 4h

Grup petit/Laboratori: 4h

Aprenentatge autònom: 8h



Tema 3: Problemes transitoris

Descripció:

Resolució EDP i EDO. Mètodes de discretització temporal per EDOs: Newmark, diferències centrades, HHT. Anàlisi modal. Resonància.

Objectius específics:

Poder resoldre problemes parabòlics i hiperbòlics, fent èmfasis en la dinàmica estructural. Ser capaç d'escollir metodologia de resolució que més s'adapti al problema físic: vibracions, esmorteiment (físic i numèric), precisió requerida.

Activitats vinculades:

Sessió de laboratori 3.1: Problemes dinàmics.

Temes: Càlcul de la matriu de massa i d'esmorteiment. Integració directa.

Exercicis:

1) Càlcul de les matrius de massa i esmorteiment d'un element triangular.

2) Càlcul de les matrius de massa i esmorteiment d'un element quadrilàter.

4) Integració directa d'un problema tèrmic transitori unidimensional. Estabilitat i precisió.

Sessió de laboratori 3.2: Problemes dinàmics en sòlids.

Temes: . Freqüències naturals. Integració directa

Exercicis:

1) Freqüències naturals d'un problema dinàmic.

2) Fenòmen de resonància.

Dedicació: 16h

Grup gran/Teoria: 4h

Grup petit/Laboratori: 4h

Aprenentatge autònom: 8h

Tema 4: Modelització de fluids

Descripció:

Formulacions principals per fluids: Stokes, Navier-Stokes, flux potencial. Incompressibilitat, Formulacions d'elements finits habituals en velocitats i pressions.

Objectius específics:

Saber determinar dificultats de problemes de fluids (condició LBB) i conèixer formulacions mixtes.

Activitats vinculades:

Sessió de laboratori 4.1.: Dinàmica de fluids estacionari

Temes: Flux a través de mitjans porosos (problema de Darcy). Elements finits mixtos. Fluids viscosos incompressibles (problema de Stokes).

Exercicis:

1) Càlcul de la matriu de rigidesa d'un element triangular per a un problema Darcy.

2) Càlcul de la matriu de rigidesa d'un element quadrilàter per a un problema de Stokes. Estabilització.

Sessió de laboratori 4.2.: Dinàmica de fluids transitori

Temes: Problemes viscosos incompressibles (Navier-Stokes). Interpolació pressions i velocitats. Condició LBB.

Exercicis:

1) Resoldre numèricament les equacions Navier-Stokes d'un domini bidimensional.

2) Resolució problema no lineal amb convecció. SUPG.

Dedicació: 8h

Grup gran/Teoria: 2h

Grup petit/Laboratori: 2h

Aprenentatge autònom: 4h

Tema 5: Optimització

Descripció:

Introducció a l'optimització de problemes. Aplicacions: transport, mecànica, fluxes, finances,.... Multiplicadors de Lagrange. Mètodes del punt interior.

Disseny de funcions objectiu. Mètodes basats en gradients. Basin hopping. Algorismes genètics.

Problemes combinacionals. Anàlisi i modelització de restriccions.

Objectius específics:

Saber escriure un problema d'optimització en forma estàndar. Identificar l'espai de solucions factibles, funció objectiu, i les restriccions.

Ser capaç de triar el mètode d'optimització més adient per un problema donat i saber aplicar i ajustar el mètode per tal de resoldre el problema.

Activitats vinculades:

Sessió de laboratori 5.1: mètodes numèrics (multiplicadors de Lagrange, punt interior).

Sessió de laboratori 5.2: mètodes basats en gradients. Basin Hopping.

Sessió de laboratori 5.3: resolució de problemes amb algorismes genètics. Introducció a DEAP.

Sessió de laboratori 5.4: resolució de problemes combinacionals o amb restriccions.

Dedicació: 32h

Grup gran/Teoria: 8h

Grup petit/Laboratori: 8h

Aprenentatge autònom: 16h



ACTIVITATS

Seminaris

Descripció:

Contextualització de la modelització numèrica en biomecànica, aeronàutica i materials compostos.

Presentació d'altres formulacions no vistes en les sessions de teoria: Galerkin discontinuu, meshless, DEM, phasefield, XFEM, ...

Objectius específics:

Motivació i aplicacions de la simulació numèrica .

Material:

Seminaris per experts en la modelització. Documentació en format transparències.

Lliurament:

Resum de les sessions i breu qüestionari.

Dedicació: 6h

Grup gran/Teoria: 2h

Aprenentatge autònom: 4h

Presentació Treball de curs

Descripció:

Els alumnes realitzen en grup treball de curs, on s'apliquen els conceptes desenvolupats durant el curs.

Els alumnes escullen d'una sèrie d'enunciats, amb la possibilitat de suggerir ells problemes amb dificultat similar.

Es busquen aplicacions pràctiques dels conceptes amb software a escollir per cada grup.

Les hores de laboratori és una sessió reservada a l'aula pel treball en grup. Les hores de teoria correspon a la presentació oral del treball.

Objectius específics:

Saber modelar un problema de l'enginyeria, tant sigui de fluids o sòlids. Poder sintetitzar i presentar de forma oral les idees bàsiques del treball, hipòtesis i resultats de la modelització numèrica.

Material:

Software lliure o comercial de modelització numèrica (ANSYS, Comsol, Abaqus, FemLab, ..).

Lliurament:

Es lliurarà document de longitud limitada i es farà presentació oral pública del treball.

Dedicació: 28h

Grup gran/Teoria: 2h

Grup petit/Laboratori: 2h

Aprenentatge autònom: 24h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

35% Examen teòric.

17.5% Treballs pràctics (simulació).

17.5% Treballs pràctics (optimització).

30% Projecte en grup.

L'assignatura no permet una reavaluació. Els criteris que regeixen l'absència de prova d'avaluació estan recollits al punt 1.1.3. de la Normativa d'Avaluació i Permanència en els estudis de grau i màster de l'EEBE (<https://eebe.upc.edu/ca/estudis/normatives-academiques/documents/normativa-davaluacio-i-permanencia-curs-2024-2025.pdf>)

NORMES PER A LA REALITZACIÓ DE LES PROVES.

Els exàmens de teoria són individuals. A les avaluacions de les sessions de laboratori es permet compartir informació i accedir a documentació del curs. El projecte de curs es realitza en grups, i es fa una presentació i avaluació oral, a més del document.

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Hughes, Thomas J. R. The Finite element method : linear static and dynamic finite element analysis. Mineola, New York: Dover Publications, 1987. ISBN 0486411818.
- Zienkiewicz, O. C.; Taylor, Richard Lawrence; Zhu, J. Z. The finite element method : its basis and fundamentals [en línia]. 7th ed. Amsterdam [etc.]: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2013 [Consulta: 24/04/2020]. Disponible a: <https://www.sciencedirect.com/science/book/9780750664318>. ISBN 9781856176330.
- Oñate, E.. Structural analysis with the finite element method : linear statics. Vol. 1: Basis and solids [en línia]. Dordrecht: Springer Netherlands, 2009 [Consulta: 24/04/2020]. Disponible a: <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4020-8733-2>. ISBN 9781402087332.
- Nocedal, Jorge; Wright, Stephen J. Numerical Optimization [en línia]. 2nd ed. New York, NY: Springer Science+Business Media, 2006 [Consulta: 24/04/2020]. Disponible a: <http://dx.doi.org/10.1007/978-0-387-40065-5>. ISBN 9780387400655.
- Eiben, Agoston E.; Smith J. E. Introduction to evolutionary computing. 2nd. Berlin [etc.]: Springer, cop. 2015. ISBN 3662448734.

Complementària:

- Bonet, Javier; Wood, Richard D. Nonlinear continuum mechanics for finite elements analysis. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2008. ISBN 9780521838702.
- Donea, Jean; Huerta, Antonio. Finite element method for flow problems. Chichester: Wiley, cop. 2003. ISBN 0471496669.
- Malvern, Lawrence E. Introduction to the mechanics of a continuous medium. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, cop. 1969. ISBN 0134876032.
- Holzapfel, Gerhard A. Nonlinear solid mechanics : a continuum approach for engineering. Chichester: John Wiley & Sons, cop. 2000. ISBN 0471823198.
- Kling, Ronn. Learning DEAP from examples. Amazon Media, 2017.