



Guia docent

295454 - 295TM121 - Dinàmica Estructural i Enginyeria Sísmica

Última modificació: 02/10/2025

Unitat responsable: Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

Unitat que imparteix: 737 - RMEE - Departament de Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria.

Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN TECNOLOGIES MECÀNIQUES (Pla 2024). (Assignatura optativa).

Curs: 2025

Crèdits ECTS: 6.0

Idiomes: Castellà

PROFESSORAT

Professorat responsable: JOSE RAMON GONZALEZ DRIGO

Altres:

Primer quadrimestre:

RODRIGO ESTEBAN ALVA BAÑUELOS - Grup: T1

JORGE ARTURO ÁVILA HARO - Grup: T1

JOSE RAMON GONZALEZ DRIGO - Grup: T1

CAPACITATS PRÈVIES

Capacitat per a dissenyar algoritmes per resoldre problemes fonamentals de càlcul matemàtic i de l'àlgebra matricial.

Capacitat per a implementar algoritmes matemàtics en llenguatge Python i, complementàriament, utilitzant una plataforma Matlab.

RESULTATS D'APRENTATGE

Coneixements:

K.01. Interpretar críticament els principis físics que governen el comportament de sistemes i aplicacions avançades en els àmbits de disseny mecànic, processos de fabricació, resistència de materials, mecànica de fluids, termodinàmica i transferència de calor.

K.05. Identificar tecnologies emergents (de l'àmbit tant mecànic com de les noves tecnologies de la informació i la comunicació) aplicables al desenvolupament de projectes mecànics.

K.02. Identificar les equacions fonamentals que governen els fenòmens físics associats a problemes complexos en l'àmbit de l'enginyeria mecànica.

K.07. Definir models analítics, experimentals i/o computacionals apropiats per a l'estudi de problemes rellevants en l'àmbit de l'enginyeria mecànica.

Habilitats:

S.02. Aplicar correctament les tècniques analítiques, computacionals i/o experimentals que s'adeqüin més a l'anàlisi d'un cas o projecte en l'àmbit mecànic.

S.08. Integrar coneixements de diferents àrees de l'àmbit mecànic al disseny i al desenvolupament de projectes, sistemes i solucions d'enginyeria.

S.03. Aplicar tècniques avançades de simulació numèrica i prototipatge virtual a la resolució de problemes mecànics complexos.

S.01. Aplicar de manera global tècniques experimentals, càlculs, valoracions, taxacions, peritatges, estudis, informes, planificació de tasques i altres feines anàlogues al desenvolupament de projectes d'enginyeria mecànica, així com de les especificacions, els reglaments i les normes de compliment obligat a cada etapa del procés.

Competències:

C.03. Gestionar l'adquisició, l'estructuració, l'anàlisi i la visualització de dades i informació en l'àmbit mecànic i valorar de manera crítica els resultats d'aquesta gestió.

C.02. Treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, sigui com un membre més o exercint tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, assumint compromisos tenint en compte els recursos disponibles.

C.04. Assegurar, en el context de la competència professional, el compliment de normes ètiques, directrius professionals i legislació vigent en l'àmbit del respecte als drets fonamentals, considerant la reducció de les desigualtats, la perspectiva de gènere i els principis d'accessibilitat, inclusió i no-discriminació en el disseny de solucions tècniques i en la gestió de projectes i equips de treball.

C.05. Plantejar solucions científiques i tecnològiques avançades a reptes industrials complexos en l'àmbit de l'enginyeria mecànica.

METODOLOGIES DOCENTS

La assignatura utilitza la metodologia expositiva (aprox. 65%) i el treball pràctic, individual i en grups, desenvolupat a aules informàtiques (aprox. 35%)

Classes magistrals de teoria i resolució de problemes.

Classes pràctiques en aula informàtica (Python, Matlab, altres)

OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

Els objectius generals de l'assignatura:

1. Introducció als conceptes bàsics de la sismologia i del càlcul dinàmic d'estructures.
2. Adquirir un vocabulari bàsic alhora que específic a l'àmbit de la sismologia i de l'anàlisi dinàmica de les estructures.
3. Capacitat per llegir, interpretar correctament i comprendre textos, figures i taules incloses en la literatura científica i tècnica relacionada amb la sismologia bàsica i l'anàlisi d'estructures.
4. Capacitat per a una correcta i eficaç expressió oral i escrita, sobre qüestions de l'àmbit de la sismologia bàsica i l'anàlisi de les estructures.
5. Comprensió dels mecanismes de resposta dinàmica de les estructures d'un grau de llibertat amb esmorteïment i sense.
6. Aproximació i coneixement del conjunt de tècniques i procediments emprats a l'anàlisi dinàmica de les estructures de n graus de llibertat, amb esmorteïment i sense.
7. Desenvolupar les capacitats per verificar el compliment del codi sísmic.
8. Capacitat per utilitzar software per realitzar càlcul dinàmic lineal d'estructures.
9. Adquirir coneixements de la bibliografia bàsica i capacitat per dur a terme recerques bibliogràfiques relacionades amb el càlcul dinàmic de les estructures.
10. Coneixement de les fonts d'informació vinculades a l'administració pública o a entitats privades i que inclouen informació sobre sismologia i l'anàlisi dinàmica de les estructures.
11. Capacitat per a desenvolupar programaris relacionats amb el temari de l'assignatura.
12. Adquirir habilitats per a l'aprenentatge autònom.

HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

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

Dedicació total: 150 h



CONTINGUTS

Tema 1. Elements de Sismologia

Descripció:

Elements de sismologia. Estructura interna de la terra. Tectònica de plaques. Terratrèmols i zones sísmiques. Mecanismes dels terratrèmols tectònics. Ones sísmiques. Registre de ones sísmiques. Atenuació sísmica. Potencial destructiu dels terratrèmols. Escales sísmiques. Perill sísmic, vulnerabilitat i risc.

Objectius específics:

Conèixer l'estructura interna de la terra. Relacionar la dinàmica cortical amb la generació de terratrèmols tectònics. Transmissió d'ones durant un terratrèmol. Capacitat per deduir la relació entre les velocitats d'ones de pressió i ones de tallant. Distingir escales d'intensitat i escales de magnitud. Conèixer l'escala de Richter. Conèixer l'escala macrosísmica europea. Conèixer els diferents mecanismes d'atenuació sísmica. Conèixer les definicions de perill sísmic, vulnerabilitat sísmica i risc sísmic. Conèixer els fonaments teòrics de l'anàlisi de Fourier. Conèixer la integral de Duhamel i ser capaç de dissenyar un algorisme per calcular-la. Capacitat per a realitzar un anàlisi modal. En general, capacitat per desenvolupar programaris relacionats amb el temari de l'assignatura. Conèixer la normativa sismorresistent.

Dedicació: 3h

Grup gran/Teoria: 3h

Tema 2. Sistemes amb 1 grau de llibertat i sense esmorteïment.

Descripció:

Sistemes amb un grau de llibertat. Graus de llibertat. Sistemes sense esmorteïment. Associació de rigideses en sèrie i en paral·lel. Equació diferencial del moviment. Solució i condicions inicials. Freqüència pròpia del sistema. Amplitud, freqüència i període.

Dedicació: 1h

Grup gran/Teoria: 1h

Tema 3. Sistemes esmorteïts amb 1 grau de llibertat.

Descripció:

Sistemes d'un grau de llibertat amb esmorteïment. Mecanismes de dissipació de l'energia i models d'esmorteïment viscosos. Equació diferencial del moviment. Tres situacions d'esmorteïment. L'esmorteïment crític. Els sistemes subesmorteïts i sobre esmorteïts. Determinació experimental de l'esmorteïment utilitzant la tècnica del decrement logarítmic.

Objectius específics:

Conèixer la resolució de l'equació diferencial del moviment per tres situacions d'esmorteïment. Capacitat per calcular l'esmorteïment d'un sistema a partir de la tècnica del decrement logarítmic.

Dedicació: 2h

Grup gran/Teoria: 2h



Tema 4. Resposta a excitacions harmòniques

Descripció:

Resposta de sistemes amb un grau de llibertat i sotmesos a excitacions harmòniques. Excitació harmònica de sistemes d'un grau de llibertat sense esmorteïment. Excitació harmònica de sistemes d'un grau de llibertat amb esmorteïment. Determinació de l'esmorteïment en la condició de ressonància. Determinació de l'esmorteïment emprant el mètode de l'ample de banda. Resposta al moviment de la base o suport. Esforç tallant transmès a les cimentacions. Instrumentació sísmica.

Objectius específics:

Capacitat per deduir i resoldre l'equació diferencial de la resposta de sistemes d'un grau de llibertat sotmesos a excitacions harmòniques. Determinar l'esmorteïment d'un sistema d'un grau de llibertat en la condició de ressonància. Determinar l'esmorteïment d'un sistema d'un grau de llibertat utilitzant el mètode de l'ample de banda. Calcular la resposta al moviment de la base. Calcular el tallant transmès als fonaments. Conèixer el funcionament bàsic de l'instrumentació sísmica. Reconèixer l'importància de la resposta instrumental durant la mesura de l'acció sísmica.

Dedicació: 2h

Grup gran/Teoria: 2h

Tema 5. Excitacions dinàmiques generals

Descripció:

Resposta a excitacions dinàmiques generals. L'impulso i l'integral de Duhamel. Exemple de càlcul utilitzant una excitació constant. Exemple de càlcul utilitzant una excitació rectangular. Exemple de càlcul utilitzant una excitació triangular. Càlcul numèric de l'integral de Duhamel amb sistemes amb esmorteïment i sense.

Objectius específics:

Conèixer la deducció de l'integral de Duhamel. Capacitat per calcular la resposta a tres excitacions específiques utilitzant l'integral de Duhamel (força constant, força rectangular i força triangular).

Dedicació: 3h

Grup gran/Teoria: 3h

Tema 6. Anàlisi de Fourier

Descripció:

Anàlisi de Fourier i resposta al domini de les freqüències. Anàlisi de Fourier. Resposta a excitacions representades per les seves sèries de Fourier. Coeficients de Fourier per a funcions de segments lineals. Forma exponencial de la sèrie de Fourier. Anàlisi discreta de Fourier. Transformada ràpida de Fourier (FFT).

Objectius específics:

Identificar la família d'harmònics com a base de funcions per representar funcions periòdiques. Comprendre l'anàlisi de Fourier. Capacitat per desenvolupar un anàlisi de Fourier i obtenir la corresponent resposta en el domini de les freqüències. Conèixer el desenvolupament de la forma exponencial de la sèrie de Fourier. Conèixer l'anàlisi discreta de Fourier. Capacitat per descriure els fonaments de la transformada ràpida de Fourier (FFT).

Dedicació: 3h

Grup gran/Teoria: 3h



Tema 7. Mètode de Rayleigh

Descripció:

Mètode de Rayleigh. Coordenades generalitzades i principi dels treballs virtuals. Sistemes generalitzats d'un grau de llibertat. Sòlids rígids i sòlids amb elasticitat distribuïda. Mètode de Rayleigh. Mètode modificat de Rayleigh. Murs estructurals.

Objectius específics:

Capacitat per exposar el mètode de Rayleigh a partir del principi dels treballs virtuals. Calcular mitjançant el mètode de Rayleigh diferents sistemes d'un grau de llibertat.

Dedicació: 1h

Grup gran/Teoria: 1h

Tema 8. Resposta no lineal

Descripció:

Resposta estructural no lineal. No linealitat geomètrica i no linealitat material. Model no lineal amb un grau de llibertat. Integració de l'equació no lineal del moviment. Mètode pas a pas. Acceleració lineal. Comportament elastoplàstic. Algorisme per a solucionar sistemes elastoplàstics.

Objectius específics:

Identificar el comportament estructural no lineal. Conèixer la integració de l'equació no lineal del moviment. Conèixer l'algorisme del mètode pas a pas.

Dedicació: 2h

Grup gran/Teoria: 2h

Tema 9. Espectres sísmics

Descripció:

Resposta espectral. Definició i construcció de la resposta espectral. Resposta espectral per al moviment de la base. Relacions espectrals. Resposta espectral tripartita. Disseny elàstic i resposta espectral. Resposta espectral per sistemes no elàstics. Resposta espectral per disseny no elàstic.

Objectius específics:

Definir i interpretar correctament la resposta espectral. Capacitat per construir la resposta espectral. Deducir les relacions espectrals. Conèixer els diagrames de resposta espectral tripartita. Conèixer la resposta espectral per sistemes no elàstics.

Dedicació: 2h

Grup gran/Teoria: 2h

Tema 10. Sistemes de n graus de llibertat. Modelització d'edificis simples. Vibració lliure.

Descripció:

Estructures modelades com a edificis simples. L'edifici simple. Equacions de rigidesa. Vibració lliure d'un edifici simple. Freqüències naturals i modes normals. Propietat d'ortogonalitat dels modes normals.

Objectius específics:

Conèixer la definició d'edificis de tallant. Capacitat per modelitzar edificis de tallant. Deducir les equacions de rigidesa d'un edifici de tallant. Construcció de les matrius de masses i de rigideses d'un edifici de tallant. Capacitat per a l'anàlisi de les vibracions d'un edifici de tallant i càlcul de les corresponents freqüències naturals i modes normals.

Dedicació: 2h

Grup gran/Teoria: 2h

Tema 11. Moviment forçat d'un edifici simple

Descripció:

Moviment forçat dels edificis simples. Mètode de superposició modal. Resposta al moviment de la base.

Objectius específics:

Definició del moviment forçat dels edificis de tallant. Càlcul de la resposta en base a la superposició modal. Càlcul de la resposta al moviment de la base

Dedicació: 2h

Grup gran/Teoria: 2h

Tema 12. Moviment esmorteït de l'edifici simple

Descripció:

Moviment esmorteït dels edificis simples. Equacions per un edifici simple amb esmorteïment. Equacions desacoblades amb esmorteïment. Condicions per desacoblar les equacions d'un sistema amb esmorteïment.

Objectius específics:

Descripció i resolució de les equacions d'un edifici de tallant amb esmorteïment.

Dedicació: 1h

Grup gran/Teoria: 1h

Tema 13. Reducció de sistemes

Descripció:

Reducció de matrius dinàmiques. Condensació estàtica. Aplicacions a problemes dinàmics. Condensació dinàmica.

Objectius específics:

Capacitat per a formular la reducció de matrius dinàmiques. Capacitat per construir la condensació estàtica.

Dedicació: 2h

Grup gran/Teoria: 2h

Tema 14. Vibracions aleatòries

Descripció:

Descripció estadística d'una funció aleatòria. Distribució normal. Distribució de Rayleigh. Correlació. Transformació de Fourier. Anàlisi espectral. Funció de densitat espectral. Processos aleatoris de banda ampla i estreta. Resposta a excitacions aleatòries.

Objectius específics:

Capacitat per a processar funcions aleatòries

Dedicació: 1h

Grup gran/Teoria: 1h



Tema 15. La norma sismoresistent

Descripció:

El codi sísmic. La perillositat sísmica. El terreny. Acceleració de càlcul. Espectres normalitzats. Càlcul d'espectres a una localització concreta. Exemple de càlcul d'espectres. Mètodes de càlcul de la resposta estructural. Exemples d'aplicació.

Objectius específics:

Conèixer la Norma de Construcció Sismorresistente Española i l'Eurocodi. Capacitat per aplicar el mètode simplificat de càlcul a una estructura convencional.

Dedicació: 3h

Grup gran/Teoria: 3h

ACTIVITATS

Pràctica 1. Sistemes d'un grau de llibertat.

Descripció:

Sistemes d'un grau de llibertat vibrant lliurement. Freqüència pròpia. Pòrtics. Sistemes d'un grau de llibertat excitats. Resposta transitòria i permanent. Ressonància. Amplificació dinàmica. Transmissibilitat.

Material:

Llenguatge Python i plataforma Matlab

Lliurament:

Redacció de codis amb comentaris i aplicació a exercicis

Dedicació: 2h

Grup petit/Laboratori: 2h

Pràctica 2. Anàlisi de Fourier

Descripció:

Programació per a calcular espectres de Fourier i densitats espectrals de potència

Material:

Llenguatge Python i plataforma Matlab

Lliurament:

Redacció de codis amb comentaris i aplicació a exercicis.

Dedicació: 2h

Grup petit/Laboratori: 2h



Pràctica 3. Espectres sísmics

Descripció:

Bases de dades sísmiques. Selecció i processament d'accelerogrames. Correcció de la línia base, interpolació i extrapolació. Intensitat d'Arias. Càlcul d'espectres sísmics corresponents a accelerogrames específics.

Material:

Llenguatge Python i plataforma Matlab.

Lliurament:

Redacció de codis amb comentaris i aplicació a exercicis.

Dedicació: 2h

Grup petit/Laboratori: 2h

Pràctica 4. Anàlisi dinàmica

Descripció:

Anàlisi dinàmica d'estructures. Integral de Duhamel. Mètodes numèrics d'anàlisi.

Material:

Llenguatge Python i plataforma Matlab

Lliurament:

Redacció de codis amb comentaris i aplicació a exercicis.

Dedicació: 2h

Grup petit/Laboratori: 2h

Pràctica 5. Edifici simple

Descripció:

Moviment esmorteït de l'edifici simple. Resolució d'equacions del moviment.

Material:

Llenguatge Python i plataforma Matlab

Lliurament:

Redacció de codis amb comentaris i aplicació a exercicis.

Dedicació: 2h

Grup petit/Laboratori: 2h

Pràctica 6. Aplicació de la norma sismorresistent

Descripció:

Càlcul de la resposta estructural emprant metodologies simplificades de la norma sísmica.

Material:

Llenguatge Python i plataforma Matlab

Lliurament:

Redacció de codis comentats i aplicació a exercicis.

Dedicació: 2h

Grup petit/Laboratori: 2h



SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

Evaluació parcial 1 (15%)
Evaluació Parcial 2 (15%)
Pràctiques (40%)
Examen Final (30%)

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Paz, Mario. Dinámica estructural : teoría y cálculo [en línia]. Barcelona: Reverté, 1992 [Consulta: 18/09/2024]. Disponible a: https://www-ingebook-com.recursos.biblioteca.upc.edu/ib/NPcd/IB_BooksVis?cod_primaria=1000187&codigo_libro=13018. ISBN 8429191011.
- Clough, Ray W.; Penzien, Joseph. Dynamics of structures. New York [etc.]: McGraw-Hill, 1993. ISBN 0071132414.
- Chopra, Anil K.. Dynamics of structures : theory and applications to earthquake engineering. Upper Saddle River, N. J: Prentice Hall, 2012. ISBN 9780132858038.
- Chapra, Stephen C. Métodos numéricos con Matlab para ingenieros y científicos. Quinta edición. Ciudad de México: Mc Graw-Hill, 2023. ISBN 9781456294946.
- Barbat, Álex H.; Miquel Canet, Juan. Estructuras sometidas a acciones sísmicas : cálculo por ordenador. 2a ed. Barcelona: Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, 1994. ISBN 8487867103.