



# Guia docent

## 820429 - CDIM - Cinemàtica i Dinàmica de Màquines

Última modificació: 28/06/2024

**Unitat responsable:** Escola d'Enginyeria de Barcelona Est  
**Unitat que imparteix:** 712 - EM - Departament d'Enginyeria Mecànica.

**Titulació:** GRAU EN ENGINYERIA MECÀNICA (Pla 2009). (Assignatura obligatòria).

**Curs:** 2024      **Crèdits ECTS:** 6.0      **Idiomes:** Català, Castellà

### PROFESSORAT

---

**Professorat responsable:** RAMÓN JEREZ MESA

**Altres:** Professors de teoria:  
RAMÓN JEREZ MESA (M1)  
BÀRBARA ADROVER (T1)

Professors de pràctiques:  
ERIC VELÁZQUEZ  
JESÚS PETREÑAS

### CAPACITATS PRÈVIES

---

L'alumne ha de ser capaç de realitzar el càlcul de:

1. Producte escalar, particularment per a càlculs de força, potència, treball i moments de força respecte a un eix.
2. Producte vectorial, particularment per a càlculs de moments (primers) de força respecte a un punt.
3. Moments respecte a un punt o respecte d'un eix.
4. Sistemes equivalents (resultant de forces i moments).
5. Equilibri en el pla (reaccions en suports).
6. Centre de gravetat de sòlids.
7. Càlcul de moments de inèrcia de massa.

### REQUISITS

---

Assignatura: DINÀMICA

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

---

**Específiques:**

1. Coneixements sobre els principis de la teoria de màquines i mecanismes.
- CEMEC-20. Coneixements i capacitats per calcular, dissenyar i fer assaigs de màquines.

**Transversals:**

2. COMUNICACIÓ EFICAÇ ORAL I ESCRITA - Nivell 2: Utilitzar estratègies per preparar i dur a terme les presentacions orals i redactar textos i documents amb un contingut coherent, una estructura i un estil adequats i un bon nivell ortogràfic i gramatical.



## METODOLOGIES DOCENTS

---

En aquest curs es combinen metodologies diferents:

1. Classes teòriques on es presenta el contingut principal de cada tema amb l'ajuda de powerpoints, fomentant la interactivitat amb l'estudiant mitjançant preguntes i promovent la discussió d'aspectes pràctics relacionats amb la teoria explicada.
2. Simulació amb programari de disseny mecànic.
3. Pràctiques de laboratori.
4. Tests optatius d'autoavaluació a ATENEA.

A més de les metodologies principals, es pot sol·licitar al professor tutories puntuals a demanda de l'alumnat per resoldre dubtes relacionats amb el contingut de l'assignatura.

S'espera que els estudiants consultin de manera autònoma els llibres de la bibliografia recomanada.

## OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

---

1. Conèixer el llenguatge i la terminologia per a l'estudi cinemàtic i dinàmic dels mecanismes.
2. Interpretar les relacions entre la geometria, els moviments de les peces, i les forces que els generen.
3. Conèixer els paràmetres cinemàtics de funcionament i disseny dels mecanismes de barres, lleves, engranatges, corrioles i corretges.
4. Aplicar els mètodes analítics i gràfics per realitzar l'estudi del comportament cinemàtic i dinàmic de les baules en les màquines.
5. Determinar i avaluar els resultats de la posició, la velocitat i l'acceleració dels elements de la màquina mitjançant l'anàlisi cinemàtic.
6. Determinar i avaluar els resultats de les forces i parells actuants mitjançant l'anàlisi estàtica i dinàmica.
7. Utilitzar les eines de simulació necessàries per a avaluar el comportament en el cicle de treball.
8. Avaluar els resultats i emetre conclusions sobre el comportament del mecanisme.

## HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

---

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup gran	45,0	30.00
Hores aprenentatge autònom	90,0	60.00
Hores grup petit	15,0	10.00

**Dedicació total:** 150 h

## CONTINGUTS

### Tema 1. Mobilitat de mecanismes

#### Descripció:

Aquest tema es focalitza en els conceptes bàsics de mecanismes, tant en relació a com estan formats com a les funcions que poden desenvolupar. Es fa èmfasi en mecanismes clàssics com a mitjans per desenvolupar funcions concretes en màquines, així com en l'obtenció de nous mecanismes per inversió de les cadenes cinemàtiques. Posteriorment, es calcularan els graus de llibertat de mecanismes mitjançant el mètode de Grübler-Kurtzbach, per inspecció directa i per eliminació de grups d'Assur.

#### Objectius específics:

1. Conèixer la nomenclatura general per definir la construcció de mecanismes i màquines.
2. Interpretar la mobilitat dels elements d'un mecanisme a partir del moviment d'entrada.
3. Reconèixer els mecanismes clàssics (quadrilàter articulad, biela-pistó-manovella, jou escocès, creu de malta...) i les seves funcions cinemàtiques.
4. Definir les funcions de les barres d'un quadrilàter articulad utilitzant la llei de Grashof.
5. Calcular els graus de llibertat d'un mecanisme utilitzant diferents mètodes.
6. Identificar redundàncies en mecanismes.
7. Esquematitzar adequadament mecanismes seguint la norma UNE-EN ISO 3952.

#### Activitats vinculades:

Pràctica 1. Anàlisi de mobilitat dels mecanismes que componen una màquina de cosir.

Test opcional d'autoavaluació a ATENEA.

Ejercicis de classe.

#### Competències relacionades:

CEI-13. Coneixements sobre els principis de la teoria de màquines i mecanismes.

**Dedicació:** 8h 30m

Grup gran/Teoria: 4h 30m

Grup petit/Laboratori: 2h

Aprenentatge autònom: 2h



## Tema 2. Posició, velocitat i acceleració de cadenas cinemàtiques

### Descripció:

Aquest tema presenta les eines necessàries per poder calcular posicions dels elements d'un mecanisme durant el seu moviment, així com les velocitats i acceleracions angulars de cada membre en qualsevol instant. Es començarà presentant com modelitzar analíticament un mecanisme a través de les equacions d'enllaç geomètriques, que es resoldran per a mecanismes singulars (solucions clàssiques del mecanisme de quadrilàter articulat i biela-manovella) i per resolució numèrica pel mètode de Newton-Raphson. Posteriorment, les equacions d'enllaç es derivaran per obtenir la Jacobiana que regeix el moviment del mecanisme, així com les seves equacions cinemàtiques. Una segona derivació permetrà plantejar les equacions d'acceleració. La resolució de totes permetrà caracteritzar la cinemàtica instantània dels membres que formen la màquina analitzada.

### Objectius específics:

1. Definir un conjunt adient de coordenades generalitzades que defineixin unívocament la posició dels elements d'un mecanisme.
2. Identificar quines són les possibles configuracions d'un mecanisme en base a la seva geometria i construcció.
3. Deducir les equacions d'enllaç geomètriques que representin la posició d'un mecanisme en un instant determinat.
4. Derivar les equacions d'enllaç per calcular velocitats angulars de les baules d'un mecanisme en moviment per a un cert instant, obtenint en el procés la seva jacobiana.
5. Trobar punts singulars (punts morts i bifurcacions) d'un mecanisme a partir de les seves equacions cinemàtiques.
6. Calcular les acceleracions angulars instantànies de les baules d'un mecanisme derivant les seves equacions cinemàtiques.

### Activitats vinculades:

Activitat de treball autònom: "Simulació cinemàtica i dinàmica d'un mecanisme pla en moviment amb Solidworks".  
Exercicis de classe.

### Competències relacionades:

CEMEC-20. Coneixements i capacitats per calcular, dissenyar i fer assaigs de màquines.

04 COE N2. COMUNICACIÓ EFICAÇ ORAL I ESCRITA - Nivell 2: Utilitzar estratègies per preparar i dur a terme les presentacions orals i redactar textos i documents amb un contingut coherent, una estructura i un estil adequats i un bon nivell ortogràfic i gramatical.

**Dedicació:** 15h 40m

Grup gran/Teoria: 9h

Aprenentatge autònom: 6h 40m



### Tema 3. Cinemàtica de baules de mecanismes

#### Descripció:

Un cop calculades en el tema anterior les velocitats i acceleracions angulars dels sòlids que formen les cadenes cinemàtiques d'una màquina, en aquest s'aborda el càlcul de les velocitats i acceleracions lineals dels punts que els formen. El focus d'estudi seran mecanismes que, tal i com estan configurats, permeten el càlcul de les velocitats absolutes respecte d'eixos coordenats fixos. Es discutirà primer els diferents moviments que poden tenir les baules d'un mecanisme en funció del seu camp de velocitats (rotació pura, translació pura i moviment general). Posteriorment, s'obtidran les equacions de velocitats lineals d'un punt que pertany a un sòlid en el escenari que aquest estigui en rotació pura y en moviment general. Per derivació, s'obtidran les equacions d'acceleracions lineals. Les equacions vectorials obtingudes es plantejaran per a mecanismes plans. Seguint la mateixa aproximació vectorial, es resoldrà també la cinemàtica del sòlid en el cas de que sigui convenient utilitzar un sistema de referència mòbil per calcular velocitats i acceleracions relatives que faciliti l'obtenció de les absolutes. Per últim, s'explicarà el mètode gràfic dels centres instantanis de rotació i Teorema de Kennedy per facilitar càlculs de velocitats instantànies de punts singulars dels membres del mecanisme.

#### Objectius específics:

1. Diferenciar entre velocitat i acceleració angulars d'un sòlid i les velocitats i acceleracions lineals que com a conseqüència tenen els punts que els conformen.
2. Identificar el tipus de moviment que experimenta un sòlid en funció de la seva cinemàtica (moviment general, translació pura o rotació pura).
3. Calcular vectorialment la velocitat i acceleració absolutes d'un punt respecte d'un sistema d'eixos fixos.
4. Particularitzar les equacions vectorials al moviment de mecanismes plans.
5. Comprendre la necessitat d'utilitzar sistemes de referència mòbils com a suport per al càlcul de velocitats i acceleracions absolutes en mecanismes que ho requereixin per la seva construcció.
6. Calcular velocitats i acceleracions absolutes de punts d'un membre de mecanisme a través de la relativa i de Coriolis.
7. Localitzar els centres instantanis de rotació dels elements d'un mecanisme per calcular velocitats instantànies dels seus punts.

#### Activitats vinculades:

Pràctica 2. Simulació de mecanismes: cinemàtica

Activitat de treball autònom: "Simulació cinemàtica i dinàmica d'un mecanisme pla en moviment amb PTC Creo".

Exercicis de classe.

#### Competències relacionades:

CEMEC-20. Coneixements i capacitats per calcular, dissenyar i fer assaigs de màquines.

04 COE N2. COMUNICACIÓ EFICAÇ ORAL I ESCRITA - Nivell 2: Utilitzar estratègies per preparar i dur a terme les presentacions orals i redactar textos i documents amb un contingut coherent, una estructura i un estil adequats i un bon nivell ortogràfic i gramatical.

**Dedicació:** 19h 20m

Grup gran/Teoria: 9h

Grup petit/Laboratori: 2h

Aprenentatge autònom: 8h 20m

#### Tema 4. Cinemàtica de sistemes de transmissió

**Descripció:**

Aquest tema inclou la cinemàtica dels principals sistemes de transmissió utilitzats en màquines i mecanismes: leves, engranatges, juntes universals, corretges i cadenes. Es particularitzaran els càlculs de velocitats i acceleracions exposats als temes anteriors per a aquest objectiu.

**Objectius específics:**

1. Comprendre com es produeix la transmissió per lleva-següidor i com se'n defineix la corba cinemàtica.
2. Calcular les relacions de transmissió en trens d'engranatges fixos i epicicloïdals, així com en transmissions per cadenes i corretges.
3. Identificar els diferents elements geomètrics que defineixen les rodes dentades i la condició perquè es pugui produir l'engranatge.
4. Comprendre com varia la velocitat angular de sortida transmesa per una junta Cardan.

**Activitats vinculades:**

Pràctica 3. Construcció del perfil cinemàtic de leves.

Pràctica 4. Anàlisi cinemàtica de les velocitats transmeses per juntes Cardan en funció dels angles d'operació.

**Competències relacionades:**

CEMEC-20. Coneixements i capacitats per calcular, dissenyar i fer assaigs de màquines.

CEI-13. Coneixements sobre els principis de la teoria de màquines i mecanismes.

**Dedicació:** 10h 10m

Grup gran/Teoria: 1h 30m

Grup petit/Laboratori: 4h

Aprenentatge autònom: 4h 40m

#### Tema 5. Forces d'interacció entre sòlids

**Descripció:**

Aquest tema presenta una taxonomia de les diferents forces que poden transmetre els sòlids i com es tenen en compte de cara a la posterior aplicació de mètodes vectorials i de l'energia per al càlcul dinàmic. Posteriorment, se centra el focus en l'anàlisi de forces a distància (molles i amortidors), models de fricció simples i de forces d'enllaç transmeses entre elements de mecanismes a través dels seus parells cinemàtics.

**Objectius específics:**

1. Conèixer les diferents forces que poden actuar sobre les baules dels mecanismes i com es poden transmetre als seus adjacents a través dels seus parells cinemàtics.
2. Comprendre en particular el concepte de forces i moments inercials que defineixen el sistema de forces al que estan sotmesos els elements de màquines.
3. Trobar les equacions diferencials que representen mecanismes formats per parells de molla-amortidor.
4. Plantejar el comportament dinàmic de forces passives a través de models simples de fricció.

**Activitats vinculades:**

Exercicis de classe.

**Competències relacionades:**

CEMEC-20. Coneixements i capacitats per calcular, dissenyar i fer assaigs de màquines.

CEI-13. Coneixements sobre els principis de la teoria de màquines i mecanismes.

**Dedicació:** 7h 40m

Grup gran/Teoria: 3h

Aprenentatge autònom: 4h 40m



## Tema 6. Càlcul de forces dinàmiques en mecanismes

### Descripció:

En aquest tema es resol la dinàmica de mecanismes mitjançant l'aplicació dels teoremes de la quantitat de moviment i del moment cinètic, fent extensiu el principi de d'Alembert a baules de mecanismes lligades i que es transmeten moviment mutu per determinar totes les forces i moments transmeses entre ells, així com les reaccions dinàmiques amb el terra. Els teoremes seran particularitzats per al càlcul de reaccions dinàmiques d'eixos en rotació. En la segona part del tema, es parlarà sobre el mètode de les potències virtuals per calcular parells i forces motrius de mecanismes. S'aplicarà al cas concret de disseny de volants d'inèrcia.

### Objectius específics:

1. Relacionar els descriptors de la geometria de masses que caracteritzen les baules d'un mecanisme (centres de massa i tensors d'inèrcia) amb el seu comportament dinàmic.
2. Aplicar el principi de d'Alembert a la resolució de mecanismes en moviment per obtenir les forces transmeses pels parells cinemàtics i les reaccions amb el terra.
3. Particularitzar l'aplicació dels mètode per al càlcul de reaccions dinàmiques d'eixos en rotació.
4. Calcular el moment i força de sacseig d'una màquina i estudiar diferents mètodes per esmorteir-los.
5. Localitzar el centre de percussió de les baules d'un mecanisme per optimitzar el seu avantatge mecànic.
6. Deducir el principi de les potències virtuals a partir del principi d'Alembert per obtenir forces i parells equilibrants d'un mecanisme en moviment.
7. Aplicar aquest mètode al dimensionament i al disseny de volants d'inèrcia.
8. Calcular l'avantatge mecànic d'un mecanisme.

### Activitats vinculades:

Pràctica 5. Simulació de mecanismes: dinàmica

Pràctica 6. Anàlisi dinàmica d'un volant d'inèrcia d'una punxonadora.

Activitat de treball autònom: "Simulació cinemàtica i dinàmica d'un mecanisme pla en moviment amb PTC Creo".

Exercicis de classe.

### Competències relacionades:

CEMEC-20. Coneixements i capacitats per calcular, dissenyar i fer assaigs de màquines.

CEI-13. Coneixements sobre els principis de la teoria de màquines i mecanismes.

04 COE N2. COMUNICACIÓ EFICAÇ ORAL I ESCRITA - Nivell 2: Utilitzar estratègies per preparar i dur a terme les presentacions orals i redactar textos i documents amb un contingut coherent, una estructura i un estil adequats i un bon nivell ortogràfic i gramatical.

**Dedicació:** 26h 50m

Grup gran/Teoria: 12h

Grup mitjà/Pràctiques: 4h

Aprenentatge autònom: 10h 50m



## Tema 7. Cadena de potència. Selecció de motors

### Descripció:

En aquest tema s'aborda com se seleccionen motors elèctrics per poder activar mecanismes i cadenes cinemàtiques, incloent en l'anàlisi com es transmet la potència i el moviment a través d'un sistema de transmissió.

### Objectius específics:

1. Fer càlculs de rendiment en cadenes motor-transmissió-receptor.
2. Seleccionar el motor més adient per poder accionar una cadena cinemàtica.

### Activitats vinculades:

Exercicis de classe. Consulta de catàlegs de motors elèctrics comercials.

### Competències relacionades:

CEMEC-20. Coneixements i capacitats per calcular, dissenyar i fer assaigs de màquines.

CEI-13. Coneixements sobre els principis de la teoria de màquines i mecanismes.

**Dedicació:** 11h 50m

Grup gran/Teoria: 6h

Aprenentatge autònom: 5h 50m

## SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

La qualificació de l'assignatura respon a un sistema d'avaluació continuada que respon a la necessitat d'assegurar que l'estudiantat té una visió global de les competències de l'assignatura i s'implica a tots els actes d'avaluació per igual. El mix d'avaluació té tres proves escrites i un treball en grup, amb els següents pesos relatius:

>> Examen parcial (cinemàtica): 2%

>> Examen final (integrador de cinemàtica i dinàmica): 45%

>> Treball en grup de simulació cinemàtica y dinàmica: 35%. Avalua competències adquirides durant pràctiques i classes de pissarra. S'obté a partir d'una mitjana ponderada obtinguda a partir de dues notes: una referent a l'expressió oral i escrita (25%) i una referent als continguts del treball (75%)

>> Examen de pràctiques. Pot bonificar la nota del treball en grup, fent que el 75% de continguts es converteixi en 65% de continguts i 10% de nota d'aquest examen.

Així, la nota final es calcularà amb la següent fórmula:

Nota Final =  $0,2 * \text{Parcial} + 0,45 * \text{Final} + 0,35 * (0,25 * \text{Exp\_oral\_escr} + \text{MAX}(0,75 * \text{Continguts} ; 0,65 * \text{Continguts} + 0,1 * \text{Pràctiques}))$   
Totes les notes en base 10

L'avaluació de la competència genèrica (2n nivell - Comunicació eficaç: Oral i Escrita) es farà a través de la memòria lliurada de l'exercici i una breu exposició que es farà a classe per part de cada grup. Deriva de la qualificació parcial del treball en grup referent a aquest aspecte.

Aquesta assignatura no té examen de reavaluació.

## NORMES PER A LA REALITZACIÓ DE LES PROVES.

Les proves són individuals.

No es pot utilitzar calculadora personal.

Es realitzaran en aules informàtiques perquè l'estudiantat pugui emprar qualsevol eina digital que desitigi al seu abast.

Es pot començar la prova més tard de l'hora convocada sempre que cap company/a no hagi sortit de cap de les aules habilitades per a l'examen, però l'hora de finalització serà la mateixa que per a tothom.





## BIBLIOGRAFIA

---

### Bàsica:

- Cardona i Foix, Salvador; Clos Costa, Daniel. Teoría de máquinas [en línia]. 2a ed. Barcelona: Edicions UPC, 2008 [Consulta: 21/04/2020]. Disponible a: <http://hdl.handle.net/2099.3/36645>. ISBN 9788498803808.
- Shigley, Joseph Edward; Uicker, John Joseph. Teoría de máquinas y mecanismos. Auckland: McGraw-Hill, cop. 1980. ISBN 0070568847.
- Beer, Ferdinand Pierre; Mazurek, David F; Johnston, E. Russell; Eisenberg, Elliot R; Murrieta Murrieta, Jesús Elmer; Nagore Cázares, Gabriel. Mecánica vectorial para ingenieros. Dinámica. 10ª ed. México [etc.]: McGraw-Hill, cop. 2013. ISBN 9786071509239.
- Norton, Robert L. Diseño de maquinaria. Síntesis y análisis de máquinas y mecanismos [en línia]. 5a ed. México [etc.]: McGraw-Hill, cop. 2013 [Consulta: 29/04/2020]. Disponible a: [http://www.ingebook.com/ib/NPcd/IB\\_BooksVis?cod\\_primaria=1000187&codigo\\_libro=5701](http://www.ingebook.com/ib/NPcd/IB_BooksVis?cod_primaria=1000187&codigo_libro=5701). ISBN 9781456239770.

### Complementària:

- Beer, Ferdinand Pierre; Mazurek, David F; Johnston, E. Russell; Eisenberg, Elliot R; Murrieta Murrieta, Jesús Elmer; Nagore Cázares, Gabriel. Mecánica vectorial para ingenieros. Estática. 10ª ed. México [etc.]: McGraw-Hill, cop. 2013. ISBN 9786071509253.
- Agulló i Batlle, Joaquim. Mecánica de la partícula y del sólido rígido. 2a ed. rev. y ampl. Barcelona: OK Punt, 2000. ISBN 8492085053.

## RECURSOS

---

### Material audiovisual:

- Mòdul. Mòdul de simulació de mecanismes de PTC Creo (llicència UPC o estudiant)

### Altres recursos:

- PowerPoints de classe disponibles a ATENEA.
- Material audiovisual a ATENEA.
- Libres de la bibliografia.