

# TEORIA DE MÀQUINES I MECANISMES 240141

Full informatiu Curs 2023-2024 Quadrimestre de primavera

---

## OBJECTIUS

### Objectius generals

- Integrar la Teoria de Màquines i Mecanismes dins dels estudis d'Enginyeria Industrial, utilitzant els coneixements previs impartits en les assignatures anteriors, treballant les capacitats pròpies de l'enginyeria i fent-la atractiva i útil per a l'alumnat, vulgui o no optar per un perfil mecànic.
- Sensibilitzar l'alumnat sobre la relació entre la tecnologia i la societat analitzant el paper que juguen les màquines en aquest binomi i en la sostenibilitat del model actual d'activitat humana.

### Objectius específics

- Realitzar, a partir dels conceptes de mecànica del sòlid rígid i de les eines bàsiques i operatives introduïdes, anàlisis cinemàtiques, estàtiques i dinàmiques dels mecanismes i de les màquines.
- Utilitzar aplicacions informàtiques per al càlcul i la simulació de mecanismes.
- Reconèixer els elements mecànics i grups mecànics bàsics de les màquines i mecanismes a partir d'exemples extrets de situacions reals.
- Fer balanços energètics i càlculs de rendiment aplicats a les màquines.

L'adquisició d'aquests objectius específics s'aconsegueix a partir dels continguts detallats en el següent apartat.

## CONTINGUTS

- 1 MÀQUINA i MECANISME** (Pissarra: 4.30 h / Laboratori: - h / Aprenentatge autònom: 6 h)  
Definicions de màquina, mecanisme i cadena cinemàtica. Definicions i classificació de membres i parells cinemàtics. Esquematzació, modelització i simbologia. Mecanismes de barres. Criteri de Grashof. Mecanismes de lleves. Engranatges i trens d'engranatges. Prestacions d'un mecanisme.
- 2 MOBILITAT** (Pissarra: 5.30 h / Laboratori: 2 h / Aprenentatge autònom: 6 h)  
Coordenades i velocitats generalitzades. Coordenades independents. Graus de llibertat d'un mecanisme. Equacions d'enllaç. Holonomia. Resolució de les equacions d'enllaç: Newton-Raphson. Espai de configuracions. Espai de configuracions accessibles. Redundància. Criteri de Grübler-Kutzbach. Configuracions singulars.
- 3 CINEMÀTICA DE MECANISMES** (Pissarra: 10 h / Laboratori: 4 h / Aprenentatge autònom: 15 h)  
Estudi cinemàtic d'un mecanisme a partir de les equacions d'enllaç geomètriques. Redundància i configuracions singulars. Estudi cinemàtic dels mecanismes a partir de les equacions d'enllaç cinemàtiques. Moviment pla. Teorema dels tres centres.
- 4 ENGRANATGES I TRENS D'ENGRANATGES** (Pissarra: 4.30 h / Laboratori: 2 h / Aprenentatge autònom: 9 h)  
Rodes dentades. Condició d'engranament. Perfils conjugats. Perfil d'evolvent i perfil cicloidal. Línia d'engranament i angle d'empenta. Tipus d'engranatges. Trens d'engranatges d'eixos fixos i trens epicicloïdals. Relacions de transmissió. Mecanisme diferencial.
- 5 ANÀLISI DINÀMICA** (Pissarra: 4.30 h / Laboratori: 2 h / Aprenentatge autònom: 12 h)  
Teoremes vectorials. Diagrama del sòlid lliure. Torsor de les forces d'inèrcia de D'Alembert. Anàlisi dinàmica directa i inversa de mecanismes. Resolució matricial. Equilibratge estàtic i dinàmic de rotors. Equilibratge de mecanismes.
- 6 FORCES DE CONTACTE. FORCES D'ENLLAÇ. RESISTÈNCIES PASSIVES** (Pissarra: 7 h / Laboratori: - h / Aprenentatge autònom: 9 h)  
Torsor d'enllaç i torsor de les resistències passives en els enllaços. Resistència al lliscament, al rodolament i al pivotament. Models de frec i de resistència al rodolament. Condicions límit en els enllaços. Falcament en guies i articulacions. Mecanismes basats en el frec.
- 7 MÈTODE DE LES POTÈNCIES VIRTUALS** (Pissarra: 7 h / Laboratori: - h / Aprenentatge autònom: 15 h)  
Potència virtual associada a un sistema de forces. Moviments virtuals. Obtenció de les equacions del moviment i de les forces d'enllaç. Forces generalitzades.
- 8 TREBALL I POTÈNCIA EN MÀQUINES** (Pissarra: 7 h / Laboratori: - h / Aprenentatge autònom: 18 h)  
Teorema de l'energia. Inèrcia reduïda a una velocitat generalitzada. Règim transitori i règim estacionari. Funcionament cíclic d'una màquina. Grau d'irregularitat. Volants.

## METODOLOGIA

La càrrega docent de l'assignatura és de 6 crèdits ECTS; d'aquests 5 s'imparteixen en classes de pissarra, teoria i problemes, en grups nominalment d'uns 60 alumnes; el crèdit restant s'imparteix en classes de laboratori en grups d'uns 20 alumnes.

A les classes de pissarra, dues per setmana de 100 minuts, s'exposen els aspectes bàsics de la teoria amb suport de material docent i d'un bon nombre d'exemples. Es presenten, s'analitzen i es resolen exercicis sovint inspirats en situacions reals i se'n proposen per realitzar com treball personal.

A les classes de laboratori, cinc al llarg del quadrimestre de dues hores, es realitzen les pràctiques amb el material disponible al Laboratori de Màquines, s'introdueix el programari d'anàlisi de mecanismes que s'utilitza en un exercici de simulació de mecanismes.

La dedicació personal addicional a les classes de pissarra i a les classes de laboratori es preveu de 90 h repartida aproximadament de manera uniforme al llarg del curs però amb un lleuger escrement als últims temes.

### Exercici de simulació

És un exercici basat en l'anàlisi cinemàtica i dinàmica d'un mecanisme d'un sistema mecànic que, en principi, facilitarà el professorat. Es desenvolupa durant el curs i s'ha de presentar, com a molt tard, el dia **24 de maig**. Per a la seva realització cal tenir en compte que:

- S'ha de realitzar en grups de 3 estudiants. Aquests grups han de quedar definits, com a molt tard, a la 3a pràctica: **setmana del 18 al 22 de març**.
- L'informe ha de tenir una extensió de 3 pàgines més portada amb un format que s'ajusti a les pautes que es poden trobar [al web de l'assignatura](#).

### Pràctiques

- P1 Mecanismes d'una màquina de cosir. Esquematització.
- P2 Elements de màquines. Anàlisi de diversos mecanismes.
- P3 Caixa de canvis i diferencial d'un automòbil.
- P4 Simulació de mecanismes per ordinador. Anàlisi d'un mecanisme.
- P5 Exercici de simulació.

Les pràctiques es realitzen al Laboratori de Màquines. Pavelló G Planta -1. Per a les pràctiques P4 i P5 cal que cada grup porti almenys un portàtil amb l'aplicació PAM instal·lada.

## AVALUACIÓ

Durant el curs l'alumnat ha de treballar, en base al contingut de l'assignatura, la seva capacitat per:

- Interpretar situacions i artefactes relacionats amb màquines i mecanismes, descrits amb l'ajut de fotografies, dibuixos, esquemes, etc.
- Plantejar i resoldre els procediments per assolir els objectius proposats en els exercicis.
- Interpretar i valorar els resultats, en funció de la situació o de l'artefacte analitzat i dels objectius plantejats.
- Comunicar les seves conclusions de manera pulcra, concisa i precisa.

L'assoliment d'aquestes capacitats permetrà l'alumnat superar els exercicis de les proves, previstos en base als punts mencionats.

Addicionalment, amb l'exercici de simulació l'alumnat ha de treballar les capacitats de:

- Plantejar-se la necessitat d'estudiar algun aspecte d'un artefacte mecànic real.
- Entendre el funcionament de l'artefacte, esquematitzar-lo i fer les hipòtesis adequades per obtenir un model realista i estudiable amb els coneixements i eines del curs.
- Simular el model amb ordinador i interpretar els resultats.
- Escriure i presentar un informe tècnic de l'exercici utilitzant els recursos adients, entre altres les eines de dibuix estudiades.
- Treballar en equip.

## Sistema de qualificació

La nota final,  $N_{\text{final}}$ , arrodonida a la dècima, serà la següent mitjana ponderada

$$N_{\text{final}} = \text{Màx}(0,6 N_{\text{ef}} + 0,3 N_{\text{parcial}}, 0,9 N_{\text{ef}}) + 0,1 N_{\text{exer}} \text{ on}$$

$N_{\text{final}}$  Nota final

$N_{\text{ef}}$  Nota de l'examen final. L'examen final constarà d'un conjunt d'exercicis de valoració semblant. Per a la seva realització es disposarà de 3 hores. Realització: **18 de juny a les 9 h.**

$N_{\text{parcial}}$  Nota de l'examen parcial. L'examen parcial constarà d'un conjunt d'exercicis de valoració semblant. Per a la seva realització es disposarà d'1 hora i quart. Realització: **10 d'abril a les 9.30 h.**

$N_{\text{exer}}$  Nota de l'exercici de simulació de mecanismes. Lliurament límit: **24 de maig a les 13 h.**

Durant les proves es pot disposar d'un full A4 manuscrit i original amb el contingut que es cregui oportú, però no pot contenir problemes resolts. Aquest full es pot realitzar manualment amb un dispositiu digital, però s'haurà de portar imprès.

### Recuperació de proves no realitzades

Per tal d'optar-hi cal, en principi, haver justificat l'absència abans de la realització de la prova. Posteriorment a la prova, es donarà a conèixer la relació d'admesos a la recuperació, que inclourà una part oral.

### Reavaluació

La nota  $N_{\text{reaval}}$  substitueix les notes  $N_{\text{parcial}}$  i  $N_{\text{ef}}$ . La prova de reavaluació serà de tipus test amb preguntes teòriques i pràctiques. S'aplicarà el punt 3.1.3 de la NAGRAMA. Realització: **4 de juliol a les 8 h.**

## RECURSOS

### BIBLIOGRAFIA

#### Bibliografia bàsica

Cardona, S., Clos, D. (2008). *Teoria de Màquines*. Barcelona. Ed. UPC. Disponible a eBooks UPC.

Cardona, S., et al. (1999). *Esquematització. Simulació de mecanismes*. Barcelona. Disponible al web.

Cardona, S., et al. (2006). *Curs d'Autoaprenentatge de Simulació de Mecanismes (CD\_CASM)*. Barcelona. Disponible al web.

#### Bibliografia complementària

Cardona, S., Clos, D. (1999). *Teoria de Màquines. Problemes elementals*. Barcelona. Disponible al web.

Domínguez, J. (coordinador). (2016). *Teoría de Máquinas y Mecanismos*. Sevilla: Ed. Universidad de Sevilla.

Hernández, A. (2004). *Cinemática de mecanismos. Análisis i diseño*. España: Ed. Síntesis.

Norton, R. (1995). *Diseño de maquinaria*. México: McGraw Hill.

Agulló i Batlle, J. (1995). *Mecànica de la partícula i del sòlid rígid*. Barcelona: Publicacions OK Punt.

Beer, F.; Johnston, E. (1990). *Mecánica vectorial para ingenieros: Estática/Dinámica*. México: McGraw Hill.

### MATERIAL COMPLEMENTARI

Col·lecció de problemes i exemples resolts i altre material a:

<http://em.upc.edu/ca/docencia/pagines-docents/etseib-tmm>

## HORARI DE LES CLASSES, GRUPS, AULES I PROFESSORAT

Grup	Dia	Hora	Aula	Professorat
10	dt/dj	10 – 12	B. 1	E. Zayas
20	dt/dj	8 – 10	B. 3	L. Jordi
30	dl/dv	10 – 12	B. 4	J. Puig
40	dt/dj	14 – 16	B. 3	E. Zayas

## PROFESSORAT I HORARI D'ATENCIÓ

Professorat		dilluns	dimarts	dimecres	dijous	divendres
Marc Cabré marc.cabre.gimeno@upc.edu	Pav. D Pl. 0					15 ÷ 16
Albert de la Fuente Albert.de.la.fuente.morato@upc.edu	Pav. F Pl. 0			16 ÷ 17		
Cristian Díez cristian.diez@upc.edu	Pav. D Pl. 0				20 ÷ 21	
Lluïsa Jordi lluïsa.jordi@upc.edu	Pav. D Pl. 0		15 ÷ 16.30	12 ÷ 13.30		
Joan Puig joan.puig@upc.edu	Pav. F Pl. 0	15 ÷ 16.30				12 ÷ 13.30
Antonio Rodriguez antonio.rodriguez.fernandez@upc.edu				10 ÷ 11		
Pau Salvadó pau.salvado@upc.edu	Pav. D Pl. 0					15 ÷ 16
Javier Sistiaga fco.javier.sistiaga@upc.edu						15 ÷ 16
Enrique Zayas enrique.zayas@upc.edu	Pav. D Pl. 0	12 ÷ 13.30	16 ÷ 17.30			

Per a altres hores de consulta caldrà convenir-les amb el professorat

## PROGRAMACIÓ DEL CURS

Set.		Teoria i problemes	Laboratori
1	Feb. 12 – 16	Màquina i mecanisme	
2	Feb. 19 – 23	Mobilitat	
3	Feb. 26 – Març 1		
4	Març 4 – 8	Cinemàtica de mecanismes	Sessió 1
5	Març 11 – 15		Sessió 2
6	Març 18 – 22	Engranatges	Sessió 3*
	Març 25 – 29	Setmana Santa	
7	Abril 1 – 5	Trens d'engranatges	
	Abril 8 – 12	Exàmens parcials	
8	Abril 15 – 19	Anàlisi dinàmica	
9	Abril 22 – 26		Sessió 4
10	Abril 29 – Maig 3	Resistències passives	
11	Maig 6 – 10	Potències virtuals	Sessió 5
12	Maig 13 – 17	Treball i	
13	Maig 20 – 24	potència en màquines	Lliurament
14	Maig 27 – 31	Repàs	

\*Data límit per a la definició de grups per realitzar l'exercici de simulació