



Facultat de Matemàtiques  
i Estadística

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

**Guia Docent 2000-01**

**de la**

**Llicenciatura de Matemàtiques**



# ÍNDIX

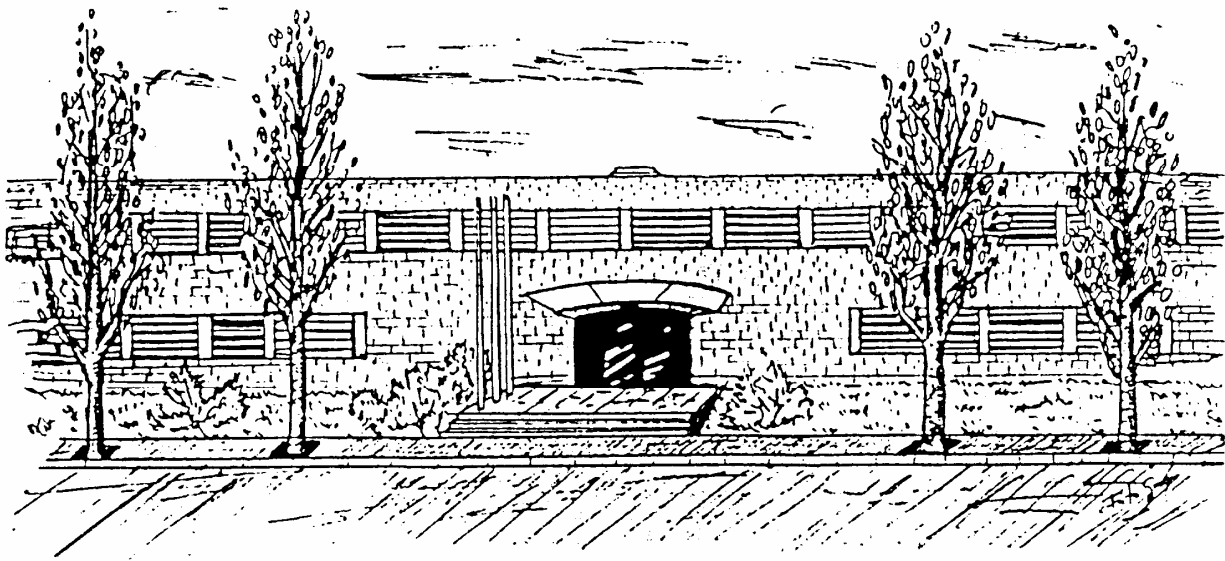
---

<b>1. La Facultat de Matemàtiques i Estadística de la Universitat Politècnica de Catalunya</b> .....	5
La Universitat Politècnica de Catalunya.....	7
La Facultat de Matemàtiques i Estadística .....	9
Calendari Acadèmic del curs 2000-01.....	13
<b>2. La Llicenciatura de Matemàtiques</b> .....	15
Presentació .....	17
Pla d'estudis.....	19
Departaments amb docència a la FME.....	27
Directori del professorat.....	29
<b>3. Horaris i dates d'exàmens</b> .....	31
Horaris de la llicenciatura de Matemàtiques .....	33
Horaris d'assignatures específiques de lliure elecció de la FME .....	43
Dates d'exàmens .....	45
<b>4. Programes de les assignatures troncal o obligatòries</b> .....	51
1r curs - 1r quadrimestre .....	53
1r curs - 2n quadrimestre.....	61
2n curs - 1r quadrimestre.....	71
2n curs - 2n quadrimestre.....	81
3r curs - 1r quadrimestre .....	91
3r curs - 2n quadrimestre.....	99
4t curs - 1r quadrimestre .....	109
4t curs - 2n quadrimestre .....	115
<b>5. Programes de les assignatures optatives</b> .....	121
1r quadrimestre .....	123
2n quadrimestre .....	157
<b>6. Assignatures específiques de lliure elecció de la FME</b> .....	185
1r quadrimestre .....	187
2n quadrimestre .....	193
<b>7. Reglament del Projecte Tecnològic</b> .....	199
<b>8. El programa d'intercanvi Erasmus-Socrates i Séneca a la FME</b> .....	207
<b>9. Pla d'estudis especial de doble titulació: Enginyeria de Telecomunicació + Llicenciatura de Matemàtiques</b> .....	211
<b>10. Complement de formació per a l'accés directe a segon cicle de la llicenciatura de Matemàtiques de la UPC</b> .....	217
<b>11. Accés directe a la Llicenciatura en Ciències Estadístiques de la UPC</b> .....	221



# 1. LA FACULTAT DE MATEMÀTIQUES I ESTADÍSTICA DE LA UPC

---





# LA UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

---

La Universitat Politècnica de Catalunya és una universitat tecnològica tradicionalment molt arrelada en els diversos àmbits de l'activitat productiva tecnològica i industrial de la nostra societat, i gaudeix d'un gran prestigi dins i fora de les nostres fronteres. La Universitat Politècnica de Catalunya ofereix diversos estudis d'Enginyeria (Camins, Canals i Ports; Industrial; Informàtica; Telecomunicació), Arquitectura i Nàutica, diverses enginyeries tècniques i diplomatures i un nombre important d'estudis de postgrau, de tercer cicle i màsters.

A més de l'activitat docent, a la Universitat Politècnica de Catalunya es realitza també una tasca molt important en el camp de la recerca i del desenvolupament tecnològic, per mitjà dels seus departaments i instituts universitaris.

El nucli principal de les instal·lacions de la Universitat Politècnica de Catalunya a Barcelona està situat a la zona universitària de l'Avinguda Diagonal, actualment dividit entre l'anomenat "campus nord" (al sector nord de la Diagonal) i el "campus sud" (al sud de la Diagonal, entre els carrers de Gregorio Marañón i de Pascual i Vila). És al campus sud on està ubicada la Facultat de Matemàtiques i Estadística, en la qual es cursen els estudis de la Llicenciatura de Matemàtiques, els de la Diplomatura d'Estadística, i els de la Llicenciatura en Ciències i Tècniques Estadístiques. Aquesta és una zona fàcilment accessible amb transport públic (metro i autobús) i en la qual els estudiants tenen a la seva disposició un gran nombre de serveis (biblioteques, laboratoris de càlcul, llibreries, cafeteries i menjadors, instal·lacions esportives, activitats culturals i de lleure, etc.).



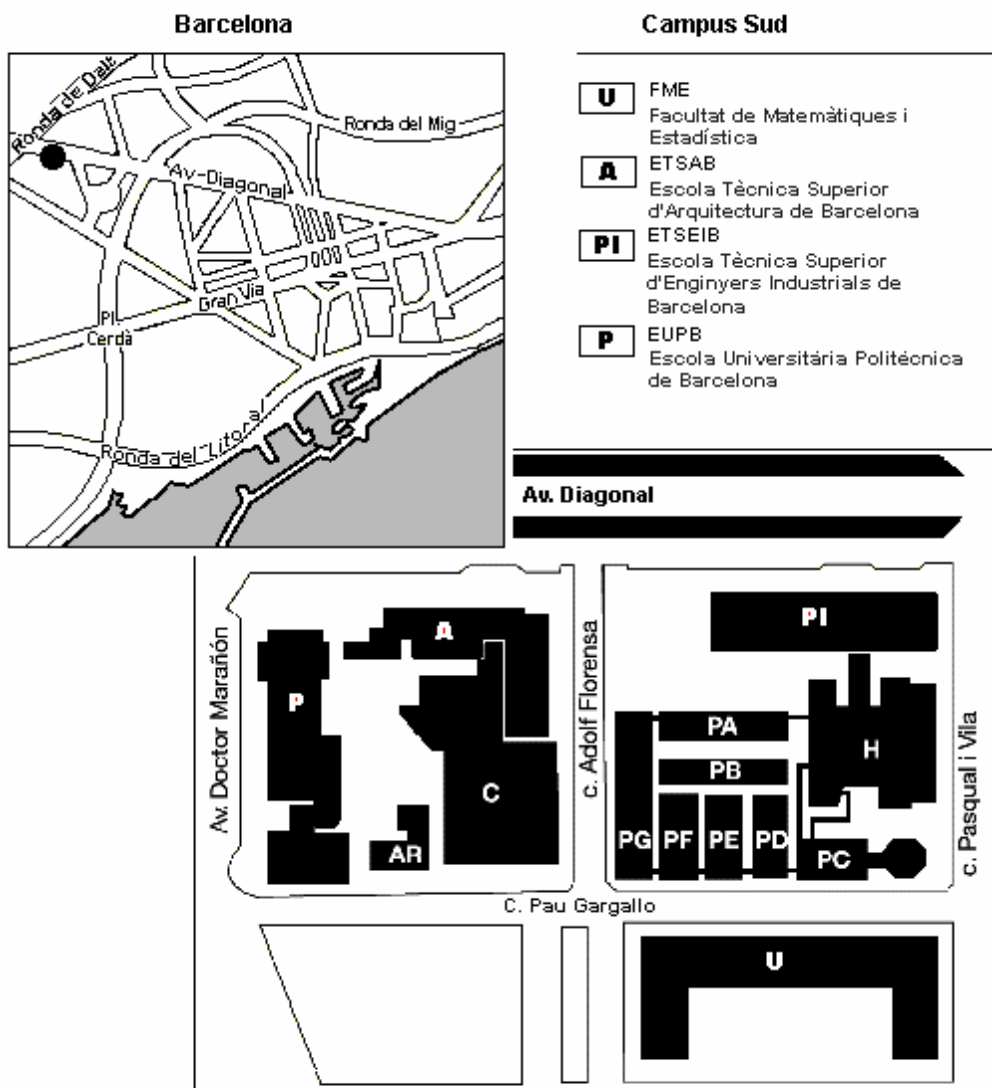


# LA FACULTAT DE MATEMÀTIQUES I ESTADÍSTICA

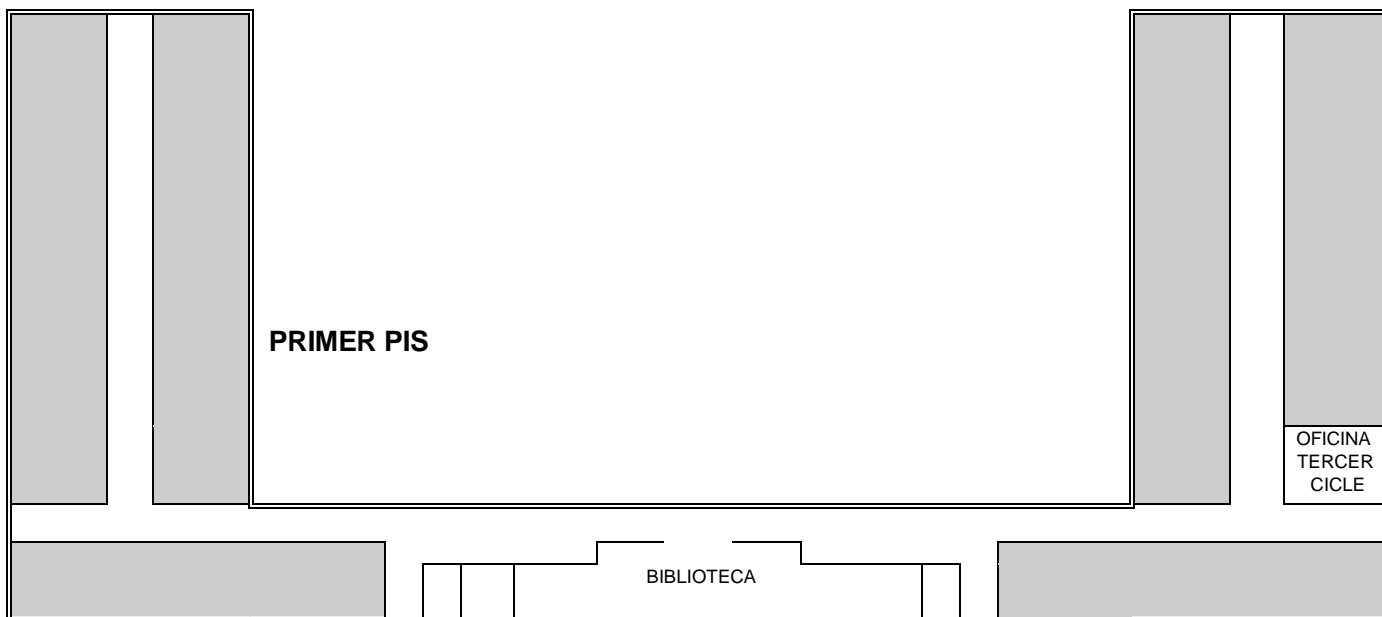
La Facultat de Matemàtiques i Estadística va iniciar les seves activitats el curs 1992-93 impartint per primer cop el primer curs dels estudis de la Llicenciatura de Matemàtiques, i incorporant també els estudis de la Diplomatura d'Estadística, que s'havien començat a impartir en aquesta Universitat el curs 1990-91 a la Facultat d'Informàtica de Barcelona. A més a més, des del curs 1999-00, la Facultat de Matemàtiques i Estadística imparteix la Llicenciatura en Ciències i Tècniques Estadístiques (estudi de 2n cicle).

D'altra banda, la FME també gestiona, per delegació dels departaments implicats, el programa de doctorat de Matemàtica Aplicada de la UPC i organitza un programa de postgrau de Matemàtica Financera .

La FME està ubicada a l'edifici U de la Universitat Politècnica de Catalunya, al carrer de Pau Gargallo núm. 5 , 08028-Barcelona (tel.: 93 401 72 98, e-mail: deganat@fme.upc.es, fax: 93 401 58 81).



# Plànol de la Facultat de Matemàtiques i Estadística



L'Equip de Govern de la FME està constituït en aquest moment pels professors següents: Pere Pascual Gainza (Degà), Josep Grané Manlleu (Vicedegà Cap d'Estudis de la Llicenciatura de Matemàtiques), Tomàs Aluja Banet (Vicedegà Cap d'Estudis de la Diplomatura d'Estadística i de la Llicenciatura en Ciències i Tècniques Estadístiques), Marta València Guitart (Vicedegana d'Ordenació d'Estudis) i Eduard Recasens Gallart (Secretari Acadèmic).

La Facultat, entre altres, disposa dels serveis següents:

### **Deganat**

Està ubicat a la planta baixa de l'edifici.

Tel.: 93 401 73 01, e-mail: [deganat@fme.upc.es](mailto:deganat@fme.upc.es)

### **Secretaria, Administració i Ordenació d'Estudis**

Estan ubicats a la planta baixa de l'edifici i tenen cura de la gestió acadèmica i administrativa del centre. L'horari d'atenció al públic és: al matí, de 9 a 13h, de dilluns a divendres, i a les tardes, de 15.30 a 17h dilluns i dimecres, i de 15.30 a 18h dimarts i dijous.

Tel. secretaria: 93 401 72 98, e-mail: [secretaria@fme.upc.es](mailto:secretaria@fme.upc.es)

Tel. ordenació d'estudis: 93 401 72 89, e-mail: [ordenacio@fme.upc.es](mailto:ordenacio@fme.upc.es)

Tel. administració: 93 401 58 82, e-mail: [nea@fme.upc.es](mailto:nea@fme.upc.es)

### **Oficina de Tercer Cicle**

Està ubicada a la primera planta de l'edifici i té cura de la gestió acadèmica i administrativa dels programes de doctorat i de postgrau suportats per la Facultat.

Tel.: 93 401 58 61, e-mail: [tercercicle@fme.upc.es](mailto:tercercicle@fme.upc.es)

### **Laboratori de Càlcul**

Està a la planta baixa i té al seu càrrec tres sales d'ordinadors personals (de tipus compatible) que estan també connectats a la xarxa de la universitat. En les hores no lectives, aquestes aules són utilitzades en règim de lliure accés pels estudiants de la facultat.

Tel.: 93 401 70 46, e-mail: [lc@fme.upc.es](mailto:lc@fme.upc.es)

### **Biblioteca**

Està a la primera planta. Ofereix serveis de consulta, préstec de llibres, accés a bases de dades, serveis de recerca bibliogràfica en connexió amb la resta de biblioteques de la Universitat, etc. L'horari d'atenció al públic és de 9 a 21h de dilluns a divendres.

Tel.: 93 401 70 20, e-mail: [biblioteca.fme@upc.es](mailto:biblioteca.fme@upc.es)

### **Sala de Professors**

Està ubicada a la planta baixa. Tots els professors, a més del seu despatx personal en les dependències del seu departament, tenen una sala comuna per atendre consultes dels estudiants.

Tel.: 93 401 70 43.

### **Sala d'Estudis**

Està a la planta baixa. En aquesta sala s'ofereix també la possibilitat d'utilitzar ordinadors personals connectats a la xarxa de la facultat i a la de la universitat, en règim de lliure accés.

### **Consergeria**

L'horari d'atenció al públic és de 8 a 21h de dilluns a divendres.

Tel.: 93 401 58 80, e-mail: [consergeria@fme.upc.es](mailto:consergeria@fme.upc.es)

**Delegació d'Estudiants i Club Esportiu** Està a la planta soterrani. Els estudiants hi organitzen diverses activitats com són les reunions de delegats i de representants, els actes de la Festa de la Facultat, els assaigs i concerts de la coral, la confecció i edició de la revista, la participació en competicions esportives, etc.

Tel.: 93 401 69 32., e-mail: [dafme@kolmogorov.upc.es](mailto:dafme@kolmogorov.upc.es)



## 2. LA LLICENCIATURA DE MATEMÀTIQUES

---





# PRESENTACIÓ

---

La matemàtica sempre ha estat una ciència, però fins fa ben poc, no era una professió. En tot cas hi havia una única professió, la de professor de matemàtiques, que era exercida majoritàriament per matemàtics. Avui dia tots els estudis de ciències han sofert transformacions considerables, a causa de la importància creixent de la ciència en els processos altament tecnificats de producció i de serveis. Per això, els estudis de matemàtiques també s'han de veure afectats per aquests canvis.

La Universitat Politècnica de Catalunya va decidir d'incloure a partir de 1992 entre els estudis que ofereix els de la Llicenciatura de Matemàtiques.

La intenció de la Universitat Politècnica de Catalunya és la de formar matemàtics amb mentalitat aplicada, propers als problemes suggerits per la tecnologia, capaços d'integrar-se en equips interdisciplinaris de recerca en temes d'enginyeria i d'incorporar-se professionalment a empreses, indústries, administracions públiques o departaments universitaris amb necessitats en aquest camp.

La Llicenciatura de Matemàtiques que avui ofereix la UPC, sense perdre el caire bàsic de reflexió conceptual que caracteritza les carreres de ciències, vol doncs posar l'accent en els temes més propers a les aplicacions i en la vinculació estreta als objectius i a les característiques d'una universitat tecnològica.

De les característiques d'aquests estudis convé destacar les següents:

1. El títol ofert és el títol universitari de Llicenciat/da en Matemàtiques, de caràcter oficial i regulat pel R.D. 1.416/1990 de 26 d'octubre (BOE de 20 de novembre) i, per tant, és equivalent oficialment a les altres llicenciatures de matemàtiques de l'Estat Espanyol.
2. En l'ordenació de les matèries, tant de les troncales del pla d'estudis (necessàries per a l'homologació) com de les obligatòries (posades per la mateixa UPC), es posa l'accent en els temes de més tradició en les aplicacions de les matemàtiques, però sense oblidar una formació sòlida en les qüestions bàsiques fonamentals.
3. En el quadre d'assignatures optatives del pla d'estudis, que necessàriament pot estar afectat tant pels interessos dels estudiants com per les possibilitats de la UPC, es segueix el criteri d'oferir principalment aquelles línies temàtiques en les quals la UPC és capaç de presentar una oferta de contingut més aplicable, més original i de més qualitat. Concretament, s'ofereixen assignatures optatives en els blocs temàtics d'Àlgebra Aplicada, Estadística, Informàtica Teòrica, Investigació Operativa, Matemàtica Discreta, Mecànica, Mètodes Numèrics i Teoria de Sistemes.





# PLA D'ESTUDIS

---

## Característiques generals

Aquests estudis corresponen al títol oficial de Llicenciat/ada en Matemàtiques establert pel RD 1.416/1990, de 26 d'octubre. El Pla d'Estudis, aprovat per la Junta de Govern de la Universitat Politècnica de Catalunya i homologat pel Consell d'Universitats, està publicat en el BOE del 20 de maig de 1993.

Els estudis s'organitzen en dos cicles de dos anys i mig. El primer any, d'acord amb la normativa de la UPC, constitueix una fase de selecció que serà avaluada globalment. Igualment es preveu la possibilitat de l'accés a segon cicle per a titulats que satisfacin certs requisits.

Totes les assignatures són de 7,5 crèdits, entre teòrics i pràctics (equivalents a 75 hores, és a dir, de 5 hores per setmana). Aquesta càrrega lectiva permet no superar en cap moment les 20 hores d'activitat docent per setmana, que poden agrupar-se en blocs diaris de només mitja jornada. Això permet a l'estudiant organitzar de forma còmoda les seves hores de treball individual. Per a un estudiant normal, no hauria de caldre que aquestes hores superessin un total de 20 per setmana.

La càrrega docent total de la llicenciatura és de 300 crèdits, entre teòrics i pràctics, equivalents a una docència de 3.000 hores. Els crèdits pràctics corresponen a classes de problemes, classes pràctiques al Laboratori de Càlcul, participació en seminaris o realització de treballs.

Les assignatures tenen una estructura quadrimestral, que permet agrupar-les en dos períodes lectius a l'any, de 15 setmanes cadascun.

# PLA D'ESTUDIS DE LA LLICENCIATURA DE MATEMÀTIQUES DE LA UPC

## 1r CURS - FASE SELECTIVA

INFORMÀTICA 1	CÀLCUL 1	ÀLGEBRA LINEAL	LLIURE ELECCIÓ
INFORMÀTICA 2	CÀLCUL 2	COMPUTACIÓ ALGEBRAICA	FÍSICA GENERAL

## 2n CURS

MÈTODES NUMÈRICS 1	CÀLCUL 3	GEOMETRIA	PROBABILITAT I ESTADÍSTICA
INVESTIGACIÓ OPERATIVA	ANÀLISI REAL	TOPOLOGIA	INFERÈNCIA ESTADÍSTICA

## 3r CURS

MÈTODES NUMÈRICS 2	EQUACIONS DIFERENCIALS 1	GEOMETRIA DIFERENCIAL 1	LLIURE ELECCIÓ
MÈTODES NUMÈRICS 3	EQUACIONS DIFERENCIALS 2	GEOMETRIA DIFERENCIAL 2	MODELS MATEMÀTICS DE LA FÍSICA

## 4t CURS

OPTATIVA 1	ANÀLISI COMPLEXA	ÀLGEBRA ABSTRACTA	OPTATIVA 2
OPTATIVA 3	ANÀLISI FUNCIONAL	TOPOLOGIA ALGEBRAICA	OPTATIVA 4

## 5è CURS

OPTATIVA 5	OPTATIVA 6	OPTATIVA 7	LLIURE ELECCIÓ
OPTATIVA 8	OPTATIVA 9	OPTATIVA 10	LLIURE ELECCIÓ

# Assignatures optatives

L'estudiant ha de triar deu assignatures optatives, totes al segon cicle i totes de 7,5 crèdits.

Les assignatures optatives estan agrupades en vuit blocs temàtics, més un bloc d'ampliacions i assignatures complementàries. Els vuit blocs temàtics representen especialitats científiques que es cultiven a la UPC amb prou intensitat i que tenen rellevància reconeguda. Les assignatures d'ampliació tenen com a objectiu completar temes que puguin haver estat tractats en les assignatures troncal o en les obligatòries però que mereixin més atenció, i les assignatures complementàries tenen el mateix objectiu però referent a temes que no hagin estat presents entre les troncal o les obligatòries.

## **Bloc d'Àlgebra Aplicada (B1):**

Àlgebra Computacional, Criptografia, Teoria de Codis, Teoria de Nombres, etc.

## **Bloc d'Estadística (B2):**

Anàlisi de Sèries Temporals i Previsió, Estadística Multidimensional, Inferència Estadística i Anàlisi Bayesiana, Model Lineal General, etc.

## **Bloc d'Informàtica Teòrica (B3):**

Calculabilitat, Teoria de la Computació, Algorísmica, Teoria de la Programació, etc.

## **Bloc d'Investigació Operativa (B4):**

Optimització Combinatòria, Optimització Contínua 1, Optimització Contínua 2, Programació Matemàtica, Simulació, etc.

## **Bloc de Matemàtica Discreta (B5):**

Aplicacions de la Matemàtica Discreta, Combinatòria, Geometria Discreta i Computacional, Teoria de Grafs, etc.

## **Bloc de Mecànica (B6):**

Astrodinàmica i Mecànica Celest, Mecànica de Fluids, Mecànica Computacional, Mecànica Racional, etc.

## **Bloc de Mètodes Numèrics (B7):**

Anàlisi Numèrica, El Mètode dels Elements Finites, Mètodes Integrals per a Equacions en Derivades Parcials, Mètodes Numèrics en Enginyeria, Paral·lelització d'Algorismes, etc.

## **Bloc de Teoria de Sistemes (B8):**

Control de Sistemes en Enginyeria, Mètodes Geomètrics en Teoria de Sistemes, Teoria de Sistemes Lineals, Teoria Qualitativa d'Equacions Diferencials Ordinàries, etc.

## **Bloc d'Ampliacions i Complementes (B9):**

Ampliació d'Anàlisi, Ampliació de Geometria, Ampliació de Models Matemàtics de la Física, Didàctica de la Matemàtica, Història de la Matemàtica, Lògica i Fonamentació, Teoria Matemàtica dels Mercats Financers, etc.

Per a l'elecció de les assignatures optatives, l'estudiant té la restricció que no pot comptabilitzar més de 30 crèdits en cada bloc temàtic o 45 en el bloc d'ampliacions i assignatures complementàries.

Les assignatures optatives destinen sempre un mínim de 1,5 crèdits pràctics a la realització de treballs pràctics fora de l'activitat docent reglada.

Anualment i d'acord amb les possibilitats de la UPC, la FME anuncia quines són les assignatures que efectivament s'impartiran el curs següent.

En la llista següent, en la qual les assignatures estan ordenades per quadrimestres, consten en negreta les assignatures que s'impartiran el curs 2000-01.

Amb (\*-X) hem indicat les assignatures optatives que es comparteixen amb el centre X de la UPC. Els horaris de classe, d'exàmens i el lloc d'impartició s'han de consensuar amb els centres implicats.

Curs 2000-01: 1r QUADRIMESTRE	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
<b>Algorísmica</b>									
<b>Ampliació de Models Matemàtics de la Física</b>									
<b>Anàlisi Numèrica</b>									
<b>Combinatòria</b>									
<b>Didàctica de la Matemàtica</b>									
<b>EI Mètode dels Elements Finitos (*-ETSECCPB)</b>									
<b>Geometria Discreta i Computacional</b>									
Inferència Estadística i Anàlisi Bayesiana									
<b>Lògica i Fonamentació</b>									
<b>Mecànica Computacional</b>									
Mecànica Racional									
Mètodes Geomètrics de la Teoria de Sistemes									
Mètodes Integrals per a Equacions en Derivades Parcial									
<b>Model Lineal General</b>									
<b>Optimització Contínua 2</b>									
<b>Programació Matemàtica</b>									
<b>Teoria de Codis</b>									
<b>Teoria de Grafs</b>									
Teoria de la Computació									
<b>Teoria de Nombres</b>									
<b>Teoria de Sistemes Lineals (*-ETSEIB)</b>									

Curs 2000-01: 2n QUADRIMESTRE	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
<b>Àlgebra Computacional</b>									
<b>Ampliació d'Anàlisi</b>									
<b>Ampliació de Geometria</b>									
<b>Anàlisi de Sèries Temporals i Previsió</b>									
Aplicacions de la Matemàtica Discreta									
<b>Astrodinàmica i Mecànica Celest</b>									
<b>Calculabilitat</b>									
Control de Sistemes en Enginyeria									
<b>Criptografia</b>									
Estadística Multidimensional									
<b>Història de la Matemàtica</b>									
Mecànica de Fluids									
<b>Mètodes Numèrics en Enginyeria (*-ETSECCPB)</b>									
Optimització Combinatòria									
<b>Optimització Contínua 1</b>									
Paral·lelització d'Algorismes									
<b>Simulació</b>									
Teoria de la Programació									
<b>Teoria Matemàtica dels Mercats Financers</b>									
<b>Teoria Qualitativa d'Equacions Diferencials Ordinàries</b>									

# Crèdits de lliure elecció

Els crèdits de lliure elecció es poden obtenir per quatre procediments:

- Cursant assignatures triades lliurament entre les que ofereix la UPC anomenades "assignatures específiques de lliure elecció", o bé ofertes per alguna altra universitat amb la qual s'estableixi un conveni.

Per al curs 2000-01, la FME organitza les assignatures següents:

ASSIGNATURA	DEPARTAMENT O INSTITUCIÓ ORGANITZADORA	CRÈDITS
Història de la Ciència	Departament de Matemàtica Aplicada 1	7,5
Fer i Comprendre les Estructures: Tecnologia i Matemàtica	Facultat de Matemàtiques i Estadística	2
Realitat Virtual i Geometria	Departament de Matemàtica Aplicada 2	4+3,5
Taller de Geometria	Departament d'Estructures a l'Arquitectura	7,5

Totes aquestes assignatures tenen un horari establert per la Facultat i amb un calendari docent fixat per la Universitat Politècnica de Catalunya per a totes les assignatures específiques de lliure elecció.

- Cursant assignatures ofertes pels diferents centres de la UPC d'entre les assignatures dels seus plans d'estudis o bé ofertes per alguna altra universitat amb la qual s'estableixi un conveni.

Per facilitar aquest procediment la FME reconeix com a crèdits de lliure elecció els crèdits optatius obtinguts en excés i facilitarà suggeriments d'assignatures d'altres centres fora dels currículums que siguin apropiades pels seus estudiants. No obstant, si un estudiant vol cursar com a lliure elecció alguna assignatura que no ha estat suggerida per la FME o bé que en la que no es preveu places per lliure elecció ho haurà de sol·licitar al Degà mitjançant una instància. Si la resolució és favorable, la formalització de la matrícula quedarà únicament condicionada a la disponibilitat de places.

- Mitjançant l'elaboració d'un treball dirigit acadèmicament, o valorant a raó d'1 crèdit per cada 30 hores de treball, la realització de pràctiques tutelades en institucions públiques o privades, empreses, etc.

Una forma específica de la Llicenciatura de Matemàtiques per als treballs dirigits acadèmicament és el que anomenem **Projecte Tecnològic**. Aquesta forma, dirigida als estudiants de 2n cicle, està descrita en aquesta mateixa Guia Docent en el capítol 7.

- Mitjançant el reconeixement, per part del Centre, de crèdits per altres estudis reglats o activitats d'interès acadèmic no reglades que tingui nivell universitari.

# Avaluació i reconeixement de crèdits

D'acord amb la normativa general de la UPC, distingirem entre les avaluacions de les assignatures i les avaluacions de currículum.

Les avaluacions de les assignatures tenen per objecte fer el seguiment de fins a quin punt s'assoleixen els objectius preestablerts. Aquestes avaluacions seran realitzades pels professors encarregats de la docència de les assignatures i a partir d'aquestes avaluacions es produiran els Informes d'Avaluació de cada assignatura referits a cadascún dels estudiants. En canvi, les avaluacions del currículum tenen per objecte l'acreditació de l'obtenció dels crèdits i una qualificació definitiva estandarditzada de cada assignatura.

A la Llicenciatura de Matemàtiques hi ha tres avaluacions curriculars de caràcter global i tantes avaluacions curriculars particularitzades per assignatures com assignatures optatives i assignatures de lliure elecció hagi triat l'estudiant. Les avaluacions del currículum globals són realitzades per Comissions d'Avaluació i les particularitzades les realitza el mateix professor de l'assignatura. En les avaluacions del currículum globals es té en compte el conjunt dels Informes d'Avaluació més que no pas cadascun d'aquests informes considerat individualment.

La primera avaluació curricular global comprèn les assignatures següents: Àlgebra Lineal, Càlcul 1, Càlcul 2, Computació Algebraica, Física General, Informàtica 1 i Informàtica 2. D'acord amb la normativa general de la UPC, aquesta avaluació constitueix l'anomenada **fase de selecció**. Això significa que l'estudiant no pot cursar cap altra assignatura del Pla d'Estudis sense haver superat completament aquesta fase selectiva. En aquesta avaluació curricular es pretén avaluar la capacitat de l'estudiant de realitzar els estudis amb l'esforç previst.

La segona avaluació curricular global comprèn les assignatures següents: Anàlisi Real, Càlcul 3, Equacions Diferencials 1, Geometria, Geometria Diferencial 1, Inferència Estadística, Investigació Operativa, Mètodes Numèrics 1, Mètodes Numèrics 2, Probabilitat i Estadística, Topologia.

La tercera avaluació curricular global comprèn les assignatures següents: Àlgebra Abstracta, Anàlisi Complexa, Anàlisi Funcional, Equacions Diferencials 2, Geometria Diferencial 2, Mètodes Numèrics 3, Models Matemàtics de la Física i Topologia Algebraica.

Les deu assignatures optatives que inclou el Pla d'Estudis així com les assignatures de lliure elecció són objecte d'avaluacions del currículum particularitzades.





# DEPARTAMENTS AMB DOCÈNCIA A LA FME

---

En la configuració actual de la Universitat, els Centres Docents, com ara la FME, són unitats independents dels Departaments Universitaris. I els Centres Docents encarreguen la docència de les assignatures als Departaments més adequats en cada cas, els quals la duen a terme utilitzant el seu professorat. Els Departaments que tenen assignada docència a la FME per al curs 2000-01 són els següents:

**Departament d'Estadística i Investigació Operativa (secció d'Informàtica, codi dpt.: 715)**

Edifici U  
C/ Pau Gargallo, 5  
08028 Barcelona  
Tel. 93 401 69 48

**Departament d'Estadística i Investigació Operativa (secció de Tècniques Quantitatives de Gestió, codi dpt.: 715)**

Edifici H  
Av. Diagonal, 647  
08028 Barcelona  
Tel. 93 401 65 69

**Departament d'Estructures a l'Arquitectura (secció de Matemàtica i Informàtica, codi dpt.: 716)**

E.T.S. d'Arquitectura de Barcelona  
Av. Diagonal, 649  
08028 Barcelona  
Tel. 93 401 63 72

**Departament de Física i Enginyeria Nuclear (codi dpt.: 721)**

Edifici B4-B5, Campus Nord  
C/ Gran Capità, s/n  
08034 Barcelona  
Tel. 93 401 69 73

**Departament de Llenguatges i Sistemes Informàtics (codi dpt.: 723)**

Edifici C5-C6, Campus Nord  
C/ Gran Capità, s/n  
08034 Barcelona  
Tel. 93 401 69 94

**Departament de Matemàtica Aplicada 1 (secció ETSEIB, codi dpt.: 725)**

E.T.S. d'Enginyers Industrials  
Av. Diagonal, 647  
08028 Barcelona  
Tel. 93 401 65 49

**Departament de Matemàtica Aplicada 2 (secció d'Informàtica, codi dpt.: 726)**

Edifici U  
C/ Pau Gargallo, 5  
08028 Barcelona  
Tel. 93 401 69 26

**Departament de Matemàtica Aplicada 2 (secció d'Enginyeria, codi dpt.: 726)**

E.T.S. d'Enginyers Industrials  
C/ Colom, 11  
08222 Terrassa  
Tel. 93 739 81 00

**Departament de Matemàtica Aplicada 3 (secció del Barcelonès, codi dpt.: 727)**

Edifici C2, Campus Nord  
C/ Gran Capità, s/n  
08034 Barcelona  
tel. 93 401 69 09

**Departament de Matemàtica Aplicada 3 (secció del Bages, codi dpt.: 727)**

EUP de Manresa  
Av. Bases de Manresa, 61-73  
08240 Manresa  
Tel. 93 887 72 00

**Departament de Matemàtica Aplicada 3 (secció de Terrassa, codi dpt.: 727)**

EUETIT  
C. Colom, 1  
08222 Terrassa  
Tel. 93 739 82 54

**Departament de Matemàtica Aplicada i Telemàtica (secció del Barcelonès, codi dpt.: 728)**

Edifici C3, Campus Nord  
C/ Gran Capità, s/n  
08034 Barcelona  
Tel. 93 401 59 83

**Departament d'Organització d'Empreses (secció ETSEIB, codi dpt.: 732)**

Edifici H  
Av. Diagonal, 647  
08028 Barcelona  
Tel. 93 401 65 83

# DIRECTORI DEL PROFESSORAT

El professorat assignat per a la docència a la Llicenciatura de Matemàtiques el curs 2000-01 és el següent:

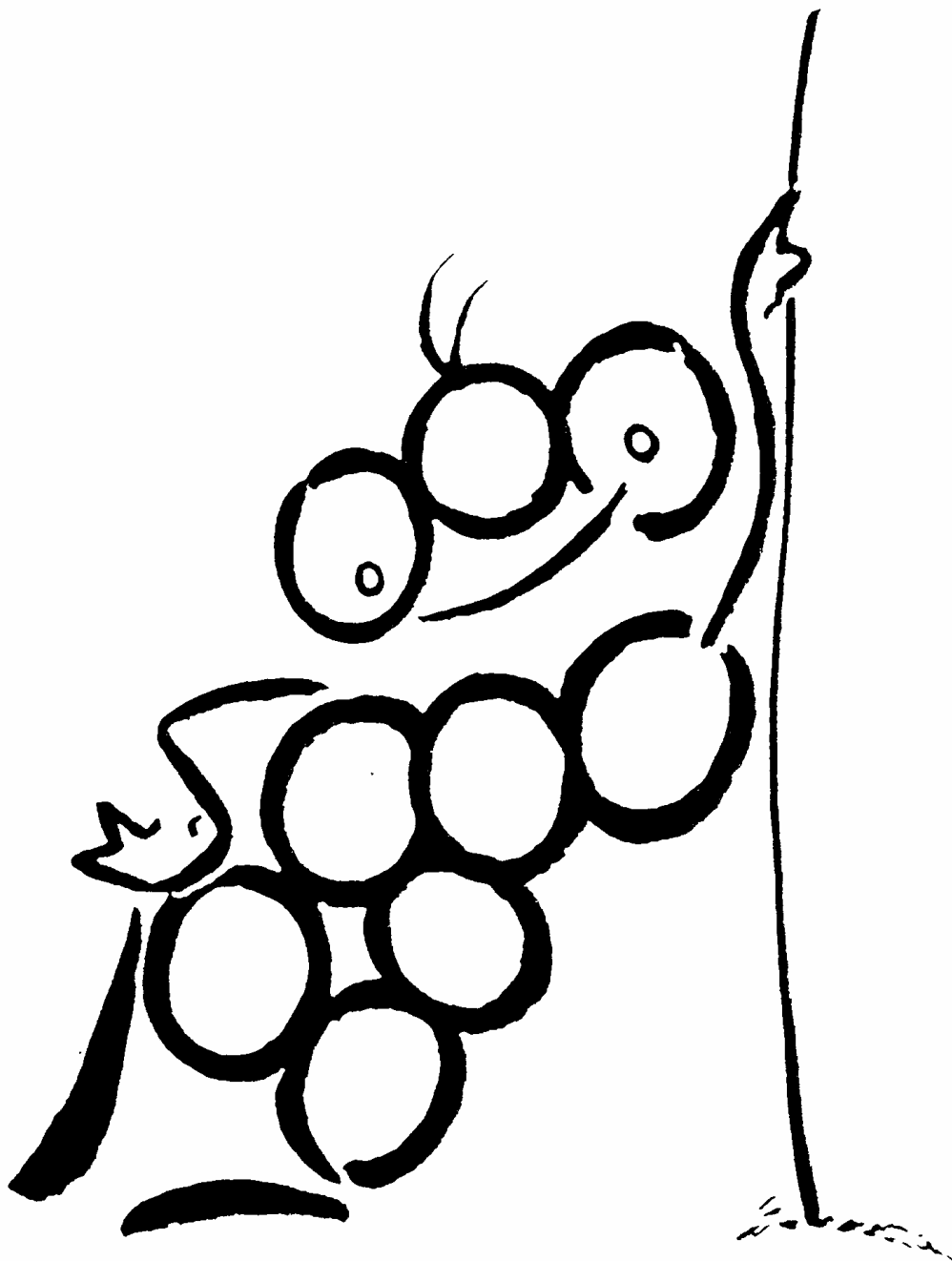
Professor			Codi_dpt	e-mail
Claudi	ALSINA	CATALÀ	716	alsina@ea.upc.es
Jaume	AMORÓS	TORRENT	725	amoros@ma1.upc.es
José Luís	BALCAZAR	NAVARRO	723	balqui@lsi.upc.es
Francesc	BARCA	SALOM	725	crth@etseib.upc.es
Jaume	BARCELÓ	BUGEDA	715	barcelo@eio.upc.es
Miguel Ángel	BARJA	YAÑEZ	725	barja@ma1.upc.es
Carles	BATLLE	ARNAU	728	carles@mat.upc.es
Maria Luisa	BONET	CARBONELL	723	bonet@goliat.upc.es
Carles	BONET	REVES	725	bonet@ma1.upc.es
Santiago	BOZA	ROCHO	728	boza@mat.upc.es
Josep Maria	BRUNAT	BLAY	726	brunat@ma2.upc.es
Gabriel	CARDONA	JUANALS	726	cardona@grec.upc.es
Albert	COMPTA	CREUS	725	compta@ma1.upc.es
Neus	CÓNSUL	PORRAS	725	neus@ma1.upc.es
Miquel	DALMAU	VILALDACH	726	mdalmau@ma2.upc.es
Pedro	DELICADO	USEROS	715	pedro.delicado@upc.es
Josep	DIAZ	CORT	723	diaz@lsi.upc.es
Pedro	DÍEZ	MEJÍA	727	diez@etseccpb.upc.es
Raimon	ELGUETA	MONTÓ	726	elgueta@ma2.upc.es
Rafael	FARRÉ	CIRERA	726	farre@ma2.upc.es
Elena	FERNÁNDEZ	ARÉIZAGA	715	elena@eio.upc.es
Sonia	FERNÁNDEZ	MENDEZ	727	fernandezm@etseccpb.upc.es
Jaime Lucas	FERRER	CERDA	715	jl@eio.upc.es
Josep	FERRER	LLOP	725	ferrer@ma1.upc.es
Enric	FOSSAS	COLET	728	fossas@mat.upc.es
Jaume	FRANCH	BULLICH	728	jfranch@mat.upc.es
Ricard	GAVALDÀ	MESTRE	723	gavalda@lsi.upc.es
Josep	GONZÁLEZ	ROVIRA	728	joseg@mat.upc.es
F.Xavier	GRÀCIA	SABATÉ	728	xgracia@mat.upc.es
Josep	GRANÉ	MANLLEU	726	grane@ma2.upc.es
Toni	GUILLAMON	GRABOLOSE	725	toni@ma1.upc.es
Pere	GUTIERREZ	SERRES	726	gutierrez@ma2.upc.es
Jaume	HARO	CASES	725	haro@ma1.upc.es
Antonio	HUERTA	CEREZUELA	727	huerta@lacan.upc.es
Ferran	HURTADO	DIAZ	726	hurtado@ma2.upc.es
Joan	JACAS	MORAL	716	jacas@ea.upc.es
Joan Carles	LARIO	LOYO	726	lario@grec.upc.es
Pablo	MARTIN	DE LA TORRE	728	martin@mat.upc.es
Fernando	MARTINEZ	SAEZ	726	martinez@grec.upc.es
Conrado	MARTÍNEZ	PARRA	723	conrado@lsi.upc.es
Maria Teresa	MARTÍNEZ-SEARA	ALONSO	725	tere@ma1.upc.es
Josep Joaquim	MASDEMONT	SOLER	725	josep@barquins.upc.es
Amadeo	MONREAL	PUJADAS	716	amadeo.monreal@ea.upc.es
Lídia	MONTERO	MERCADE	715	lmontero@eio.upc.es
Antonio	MONTES	LOZANO	726	montes@ma2.upc.es
Juan José	MORALES	RUIZ	726	morales@ma2.upc.es

Maria Pilar	MUÑOZ	GRACIA	715	pili@eio.upc.es
Miguel Carlos	MUÑOZ	LECANDA	728	matmcm1@mat.upc.es
Narcís	NABONA	FRANCISCO	715	nabona@eio.upc.es
Miquel	NOGUERA	BATLLE	726	noguera@ma2.upc.es
Ramon	NONELL	TORRENT	715	nonell@eio.upc.es
Marc	NOY	SERRANO	726	noy@ma2.upc.es
Mercè	OLLÉ	TORNER	725	olle@ma1.upc.es
Carles	PADRÓ	LAIMON	728	matcpl@mat.upc.es
Pere	PASCUAL	GAINZA	725	pascual@ma1.upc.es
Agustín	PÉREZ	FOGUET	727	perezf@etsecpb.upc.es
Jose Maria	PERIS	LLAGOSTERA	726	peris@ma2.upc.es
Francesc	PLANAS	VILANOVA	725	planas@ma1.upc.es
Montserrat	PONS	VALLÈS	727	pons@bages.eupm.upc.es
Joana d'Arc	PRAT	FARRAN	728	joana@mat.upc.es
Francesc	PRATS	DUAYGÜES	726	prats@ma2.upc.es
Ferran	PUERTA	SALES	725	puerta@ma1.upc.es
Jordi	QUER	BOSOR	726	quer@ma2.upc.es
Antoni	RAS	SABIDÓ	728	ras@mat.upc.es
Eduard	RECASENS	GALLART	727	recasensg@ma3.upc.es
Anna	RIO	DOVAL	726	rio@ma2.upc.es
Antoni	ROCA	ROSELL	725	crht@etseib.upc.es
Antonio	RODRIGUEZ	FERRAN	727	rodriguez@laca.upc.es
Agustí	ROIG	MARTÍ	725	roig@ma1.upc.es
Natalia	SADOVSKAYA	GUENNADICUNA	726	natalia@ma2.upc.es
Anna	SANCHEZ	LLADÓ	728	anna@mat.upc.es
Josep	SARRATE	RAMOS	727	sarrate@etsecpb.upc.es
Maria Jose	SERNA	IGLESIAS	723	mjserna@lsi.upc.es
Oriol	SERRA	ALBÓ	728	oriol@mat.upc.es
Joan	SOLÀ-MORALES	RUBIÓ	725	jsola@ma1.upc.es
Antoni	SUSÍN	SÁNCHEZ	725	susin@ma1.upc.es
Marta	VALÈNCIA	GUITART	725	valencia@ma1.upc.es
Joaquim	VALLS	RIBAS	721	valls@fen.upc.es
Enric	VENTURA	CAPELL	727	ventura@ma3.upc.es
Ricard	VICENTE	SOLE	721	ricard@complex.upc.es
Carles	VICTÒRIA	MONGE	728	matcvm@mat.upc.es
Jordi	VILLANUEVA	CASTELLTORT	725	jordi@tere.upc.es
Sebastià	XAMBÓ	DESCAMPS	726	sxd@ma2.upc.es

Tots els professors, a més del seu despatx personal en les dependències del seu departament, tenen un lloc a l'edifici de la FME per atendre consultes dels estudiants dins d'un horari que s'estableix a principi de cada quadrimestre.

### 3. HORARIS I DATES D'EXÀMENS

---





# LLICENCIATURA DE MATEMÀTIQUES

## HORARIS DE CLASSE 2000-2001

### 1r Curs – 1r Quadrimestre

Horaris	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres
9.00 –10.00	CÀLCUL 1	Àlgebra Lineal (a) Ale 1 (b)	CÀLCUL 1	Ale 1 (a) Àlgebra Lineal (b)	CÀLCUL 1
10.00 –11.00	ÀLGEBRA LINEAL	Ale 1 (a) Informàtica 1 (b)	ÀLGEBRA LINEAL	Informàtica 1 (a) Ale 1(b)	ÀLGEBRA LINEAL
11.00 –12.00		Informàtica 1 (b) Informàtica 1 (a)	ALE 1	Informàtica 1 (a) Informàtica 1 (b)	
12.00 –13.00	ALE 1	Informàtica 1 (a) Càlcul 1 (b)	<b>FRANJA CULTURAL</b>	Càlcul 1 (a) Informàtica 1 (b)	INFORMÀTICA 1
13.00 –14.00	ALE 1	Càlcul 1 (a) Àlgebra Lineal (b)		Àlgebra Lineal (a) Càlcul 1 (b)	

Les hores amb els noms de les assignatures en majúscula corresponen a classes de teoria i en minúscula a classes de problemes i/o pràctiques.

## 2n Curs – 1r Quadrimestre

Horaris	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres
8.00-9.00			Càlcul 3 (a)		Càlcul 3 (a)
9.00 –10.00	GEOMETRIA	Probabilitat i Estadística (a) Càlcul 3 (b)	GEOMETRIA	Probabilitat i Estadística (a) Càlcul 3 (b)	GEOMETRIA
10.00 –11.00	Geometria (b)	Mètodes Numèrics 1 (a) Probabilitat i Estadística (b)	CÀLCUL 3	Mètodes Numèrics 1 (a) Probabilitat i Estadística (b)	Geometria (b)
11.00 –12.00		Mètodes Numèrics 1 (a)		Mètodes Numèrics 1 (a)	
		Mètodes Numèrics 1 (b)		Mètodes Numèrics 1 (b)	
12.00 –13.00	MÈTODES NUMÈRICS 1	Geometria (a) Mètodes Numèrics 1 (b)	<b>FRANJA CULTURAL</b>	Geometria (a) Mètodes Numèrics 1 (b)	MÈTODES NUMÈRICS 1
13.00 –14.00	PROBABILITAT I ESTADÍSTICA	CÀLCUL 3		CÀLCUL 3	PROBABILITAT I ESTADÍSTICA

Les hores amb els noms de les assignatures en majúscula corresponen a classes de teoria i en minúscula a classes de problemes i/o pràctiques.



### 3r Curs – 1r Quadrimestre

Horaris	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres
8.00 – 9.00		Equacions Diferencials (a)		Equacions Diferencials (a)	
9.00 –10.00	GEOMETRIA DIFERENCIAL 1	MÈTODES NUMÈRICS 2	GEOMETRIA DIFERENCIAL 1	MÈTODES NUMÈRICS 2	GEOMETRIA DIFERENCIAL 1
10.00 –11.00	EQUACIONS DIFERENCIALS 1	Mètodes Numèrics 2 (a) Equacions Diferencials 1 (b)	ALE 2	Mètodes Numèrics 2 (a) Equacions Diferencials 1 (b)	EQUACIONS DIFERENCIALS 1
11.00 –12.00		Mètodes Numèrics 2 (a)	EQUACIONS DIFERENCIALS 1	Mètodes Numèrics 2 (a)	
		Mètodes Numèrics 2 (b)		Mètodes Numèrics 2 (b)	
12.00 –13.00	ALE 2	Geometria Diferencial 1 (a) Mètodes	<b>FRANJA CULTURAL</b>	Geometria Diferencial 1 (a) Mètodes	ALE 2
13.00 –14.00	ALE 2	Geometria Diferencial 1 (b)		Geometria Diferencial 1 (b)	ALE 2

Les hores amb els noms de les assignatures en majúscula corresponen a classes de teoria i en minúscula a classes de problemes i/o pràctiques.

## 4t Curs obligatòries – 1r Quadrimestre

Horar	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres
8.00 –9.00	ÀLGEBRA ABSTRACTA	Anàlisi complexa	ÀLGEBRA ABSTRACTA	Anàlisi Complexa	ÀLGEBRA ABSTRACTA
9.00 –10.00					
10.00 –11.00					
11.00 –12.00	ANÀLISI COMPLEXA	Àlgebra Abstracta (a)  Àlgebra Abstracta (b)	ANÀLISI COMPLEXA	Àlgebra Abstracta (a)  Àlgebra Abstracta (b)	ANÀLISI COMPLEXA
12.00 –13.00			<b>FRANJA CULTURAL</b>		
13.00 –14.00					

Les hores amb els noms de les assignatures en majúscula corresponen a classes de teoria i en minúscula a classes de problemes i/o pràctiques.

## Optatives – 1r Quadrimestre

Hores	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres
8.00 –9.00			EL MÈTODE DELS ELEMENTS FINITS		
9.00 –10.00	LÒGICA MATEMÀTICA COMBINATÒRIA	TEORIA DE CODIS		TEORIA DE CODIS	LÒGICA MATEMÀTICA COMBINATÒRIA
10.00 –11.00	ALGORÍSMICA TEORIA DE GRAFS	GEOMETRIA DISCRETA I COMPUTACIONAL	ALGORÍSMICA	GEOMETRIA DISCRETA I COMPUTACIONAL	ALGORÍSMICA TEORIA DE GRAFS
11.00 –12.00	TEORIA NOMBRES DE	TEORIA NOMBRES DE	TEORIA DE GRAFS	TEORIA NOMBRES DE	TEORIA NOMBRES DE
12.00 –13.00	ANÀLISI NUMÈRICA	LÒGICA MATEMÀTICA	DIDÀCTICA DE LA MATEMÀTICA MECÀNICA COMPUTACIONAL	ANÀLISI NUMÈRICA	DIDÀCTICA DE LA MATEMÀTICA MECÀNICA COMPUTACIONAL
13.00 –14.00	AMPLIACIÓ DE MODELS MATEMÀTICS DE LA FÍSICA	COMBINATÒRIA	TEORIA DE SISTEMES LINEALS (1)	AMPLIACIÓ DE MODELS MATEMÀTICS DE LA FÍSICA	TEORIA DE SISTEMES LINEALS (1)
14.00 –15.00		OPTIMITZACIÓ CONTINUA 2 (3)		OPTIMITZACIÓ CONTINUA 2 (3)	
15.00 –16.00	MODEL LINEAL GENERAL (3)		MODEL LINEAL GENERAL (3)	OPTIMITZACIÓ CONTINUA 2 EL MÈTODE DELS ELEMENTS FINITS (2)	MODEL LINEAL GENERAL (3)
16.00 –17.00				EL MÈTODE DELS ELEMENTS FINITS (3)	
17.00 – 18.00	PROGRAMACIÓ MATEMÀTICA (3)		PROGRAMACIÓ MATEMÀTICA (3)		PROGRAMACIÓ MATEMÀTICA (3)
18.00 – 19.00					

(1) docència a l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona

(2) docència a l'Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins Canals i Ports de Barcelona

(3) docència compartida amb la Llicenciatura de Ciències i Tècniques Estadístiques

# 1r Curs – 2n Quadrimestre

Horaris	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres
9.00 –10.00	CÀLCUL 2	Física General (a) Computació Algebraica (b)	CÀLCUL 2	Física General (a) Computació Algebraica (b)	CÀLCUL 2
10.00 –11.00	COMPUTACIÓ ALGEBRAICA	Informàtica 2(a) Física General (b)	COMPUTACIÓ ALGEBRAICA	Informàtica 2(a) Física General (b)	COMPUTACIÓ ALGEBRAICA
11.00 –12.00		Informàtica 2 (a) Informàtica 2 (b)	FÍSICA GENERAL	Informàtica 2 (a) Informàtica 2 (b)	
12.00 –13.00	FÍSICA GENERAL	Càlcul 2 (a) Informàtica 2 (b)	<b>FRANJA CULTURAL</b>	Càlcul 2 (a) Informàtica 2 (b)	FÍSICA GENERAL
13.00 –14.00	INFORMÀTICA 2	Computació Algebraica (a) Càlcul 2 (b)		Computació Algebraica (a) Càlcul 2 (b)	INFORMÀTICA 2

Les hores amb els noms de les assignatures en majúscula corresponen a classes de teoria i en minúscula a classes de problemes i/o pràctiques.

## 2n Curs – 2n Quadrimestre

Horaris	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres
9.00 –10.00	TOPOLOGIA	Anàlisi Real (a) Topologia (b)	TOPOLOGIA	Anàlisi Real (a) Topologia (b)	TOPOLOGIA
10.00 –11.00	ANÀLISI REAL	Topologia (a) Anàlisi Real (b)	ANÀLISI REAL	Topologia (a) Anàlisi Real (b)	ANÀLISI REAL
11.00 –12.00			INFERÈNCIA ESTADÍSTICA		
	INFERÈNCIA ESTADÍSTICA				INFERÈNCIA ESTADÍSTICA
12.00 –13.00		Inferència Estadística (a) Investigació Operativa (b)	<b>FRANJA CULTURAL</b>	Inferència Estadística (a) Investigació Operativa (b)	
13.00 –14.00	INVESTIGACIÓ OPERATIVA	Investigació Operativa (a) Inferència Estadística (b)		Investigació Operativa (a) Inferència Estadística (b)	INVESTIGACIÓ OPERATIVA

Les hores amb els noms de les assignatures en majúscula corresponen a classes de teoria i en minúscula a classes de problemes i/o pràctiques.

## 3r Curs – 2n Quadrimestre

Horaris	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres
9.00 –10.00	MODELS MATEMÀTICS DE LA FÍSICA	Models Matemàtics de la Física	MODELS MATEMÀTICS DE LA FÍSICA	Models Matemàtics de la Física	MODELS MATEMÀTICS DE LA FÍSICA
10.00 –11.00	EQUACIONS DIFERENCIALS 2	Equacions Diferencials 2	EQUACIONS DIFERENCIALS 2	Equacions Diferencials 2	EQUACIONS DIFERENCIALS 2
11.00 –12.00			GEOMETRIA DIFERENCIAL 2		
12.00 –13.00	GEOMETRIA DIFERENCIAL 2	Mètodes Numèrics 3	<b>FRANJA CULTURAL</b>	Mètodes Numèrics 3	GEOMETRIA DIFERENCIAL 2
13.00 –14.00	MÈTODES NUMÈRICS 3	Geometria Diferencial 2 (a) Geometria Diferencial 2 (b)		Geometria Diferencial 2 (a) Geometria Diferencial 2 (b)	MÈTODES NUMÈRICS 3

Les hores amb els noms de les assignatures en majúscula corresponen a classes de teoria i en minúscula a classes de problemes i/o pràctiques.

## 4t Curs obligatòries – 2n Quadrimestre

Horar	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres
9.00 –10.00					
10.00 –11.00	TOPOLOGIA ALGEBRAICA	Topologia Algebraica	TOPOLOGIA ALGEBRAICA	Topologia Algebraica	TOPOLOGIA ALGEBRAICA
11.00 –12.00	ANÀLISI FUNCIONAL	Anàlisi Funcional	ANÀLISI FUNCIONAL	Anàlisi Funcional	ANÀLISI FUNCIONAL
12.00 –13.00			<b>FRANJA CULTURAL</b>		
13.00 –14.00					

Les hores amb els noms de les assignatures en majúscula corresponen a classes de teoria i en minúscula a classes de problemes i/o pràctiques.

## Optatives – 2n Quadrimestre

Horaris	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres	
8.00 – 9.00		HISTÒRIA DE LA MATEMÀTICA		HISTÒRIA DE LA MATEMÀTICA		
9.00 – 10.00	ASTRODINÀMICA I MECÀNICA CELEST AMPLIACIÓ D'ANÀLISI	ASTRODINÀMICA I MECÀNICA CELEST AMPLIACIÓ D'ANÀLISI	HISTÒRIA DE LA MATEMÀTICA	ASTRODINÀMICA I MECÀNICA CELEST AMPLIACIÓ D'ANÀLISI	ASTRODINÀMICA I MECÀNICA CELEST AMPLIACIÓ D'ANÀLISI	
10.00 – 11.00	AMPLIACIÓ DE GEOMETRIA	AMPLIACIÓ DE GEOMETRIA		MÈTODES NUMÈRICS EN ENGINYERIA	AMPLIACIÓ DE GEOMETRIA	AMPLIACIÓ DE GEOMETRIA
11.00 – 12.00	TEORIA QUALITATIVA D'EQUACIONS DIFERENCIALS ORDINÀRIES	TEORIA QUALITATIVA D'EQUACIONS DIFERENCIALS ORDINÀRIES		TEORIA QUALITATIVA D'EQUACIONS DIFERENCIALS ORDINÀRIES	TEORIA QUALITATIVA D'EQUACIONS DIFERENCIALS ORDINÀRIES	
12.00 – 13.00	ÀLGEBRA COMPUTACIONAL	CALCULABILITAT	<b>FRANJA CULTURAL</b>	CALCULABILITAT	ÀLGEBRA COMPUTACIONAL	
13.00 – 14.00	CRIPTOGRAFIA	TEORIA MATEMÀTICA DELS MERCATS FINANCERS (2)		TEORIA MATEMÀTICA DELS MERCATS FINANCERS (2)	CRIPTOGRAFIA	
15.00 – 16.00	OPTIMITZACIÓ CONTÍNUA 1 (2)	MÈTODES NUMÈRICS EN ENGINYERIA (1)	Optimització Contínua 1 (a) (2)	OPTIMITZACIÓ CONTÍNUA 1 (2)		
16.00 – 17.00	SIMULACIÓ (2)	ANÀLISI DE SÈRIES TEMPORALS I PREVISIÓ (2) MÈTODES NUMÈRICS EN ENGINYERIA (1)			SIMULACIÓ (2)	ANÀLISI DE SÈRIES TEMPORALS I PREVISIÓ (2)
17.00 – 18.00		ANÀLISI DE SÈRIES TEMPORALS I PREVISIÓ (2)				

(1) docència a l'Escola Tècnica Superior D'enginyers de Camins Canals i Ports de Barcelona

(2) docència compartida amb la Llicenciatura de Ciències i Tècniques Estadístiques



# Assignatures Específiques de Lliure Elecció de la FME

## 1r quadrimestre

Horari	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres
9.00 -10.00		Taller de Geometria (b)		Taller de Geometria (a)	
10.00 -11.00		Taller de Geometria (a)	HISTÒRIA DE LA CIÈNCIA	Taller de Geometria (b)	
11.00 -12.00			TALLER DE GEOMETRIA		
12.00 -13.00	TALLER DE GEOMETRIA		<b>FRANJA CULTURAL</b>		HISTÒRIA DE LA CIÈNCIA
13.00 -14.00	HISTÒRIA DE LA CIÈNCIA				
14.00 -15.00					
15.00 -16.00	TALLER DE PROBLEMES 1				
16.00 – 17.00					
17.00 –18.00					

Les hores amb els noms de les assignatures en majúscula corresponen a classes de teoria i en minúscula a classes de problemes i/o pràctiques.

## 2n quadrimestre

Horari	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres
18.00-19.00	FER I COMPRENDRE LES ESTRUCTURES; TECNOLOGIA I MATEMÀTICA				
19.00-20.00					

Obs: La docència de la 1a part de l'assignatura Realitat Virtual i Geometria es farà a la Facultat d'Informàtica de Barcelona i la de la 2a part a la Facultat de Matemàtiques i Estadística. L'horari de les dues parts es farà públic abans de la matrícula de 2n quadrimestre.

# LLICENCIATURA DE MATEMÀTIQUES

## DATES DELS EXÀMENS 2000-01

---

### Convocatòria ordinària del 1r quadrimestre

#### FASE SELECTIVA

1r	08-01-01	09-01-01	10-01-01	11-01-01	12-01-01
M A T í			INFORMÀTICA 1		

1r	15-01-01	16-01-01	17-01-01	18-01-01	19-01-01
M A T í	CÀLCUL 1				ALGEBRA LINEAL

#### FASE NO SELECTIVA – OBLIGATÒRIES

	08-01-01	09-01-01	10-01-01	11-01-01	12-01-01
M A T í		GEOMETRIA DIFERENCIAL 1	ANÀLISI COMPLEXA	CÀLCUL 3	GEOMETRIA

	15-01-01	16-01-01	17-01-01	18-01-01	19-01-01
M A T í	MÈTODES NUMÈRICS 2	PROBABILITAT I ESTADÍSTICA	ÀLGEBRA ABSTRACTA	EQUACIONS DIFERENCIALS 1	MÈTODES NUMÈRICS 1

## FASE NO SELECTIVA - OPTATIVES

	08-01-01	09-01-01	10-01-01	11-01-01	12-01-01
T A R D A		MODEL LINEAL GENERAL	DIDÀCTICA DE LA MATEMÀTICA	GEOMETRIA DISCRETA I COMPUTACIONAL	PROGRAMACIÓ MATEMÀTICA

	15-01-01	16-01-01	17-01-01	18-01-01	19-01-01
T A R D A	ANÀLISI NUMÈRICA	LÒGICA I FONAMENTACIÓ	TEORIA DE NOMBRES	AMPLIACIÓ DE MODELS MATEMÀTICS DE LA FÍSICA	EL MÈTODE DELS ELEMENTS FINITS

	22-01-01	23-01-01	24-01-01	25-01-01	26-01-01
T A R D A	TEORIA DE CODIS	MECÀNICA COMPUTACIONAL	COMBINATÒRIA	TEORIA DE GRAFS	PROGRAMACIÓ MATEMÀTICA

	29-01-01	30-01-01	31-01-01	01-02-01	02-02-01
T A R D A	ALGORÍSMICA				

## ASSIGNATURES ESPECÍFIQUES DE LLIURE ELECCIÓ DE LA FME

	27-11-00	28-11-00	29-11-00	30-11-00	01-12-00
T A R D A			TALLER DE GEOMETRIA	HISTÒRIA DE LA CIÈNCIA	

# Convocatòria ordinària del 2n quadrimestre

## FASE SELECTIVA

	21-05-01	22-05-01	23-05-01	24-05-01	25-05-01
M A T Í					INFORMÀTICA 2

	28-05-01	29-05-01	30-05-01	31-05-01	01-06-01
M A T Í		FÍSICA GENERAL			CÀLCUL 2

	04-06-01	05-06-01	06-06-01	07-06-01	08-06-01
T A R D A		COMPUTACIÓ ALGEBRAICA			

## FASE NO SELECTIVA – OBLIGATÒRIES

	21-05-01	22-05-01	23-05-01	24-05-01	25-05-01
M A T Í				MÈTODES NUMÈRICS 3	INFERÈNCIA ESTADÍSTICA

	28-05-01	29-05-01	30-05-01	31-05-01	01-06-01
M A T Í	GEOMETRIA DIFERENCIAL 2	ANÀLISI REAL	ANÀLISI FUNCIONAL	MODELS MATEMÀTICS DE LA FÍSICA	INVESTIGACIÓ OPERATIVA

	04-06-01	05-06-01	06-06-01	07-06-01	08-06-01
M A T Í		TOPOLOGIA	TOPOLOGIA ALGEBRAICA	EQUACIONS DIFERENCIALS 2	

## FASE NO SELECTIVA – OPTATIVES

	21-05-01	22-05-01	23-05-01	24-05-01	25-05-01
T A R D A					ANÀLISI DE SÈRIES TEMPORALS I PREVISIÓ

	28-05-01	29-05-01	30-05-01	31-05-01	01-06-01
T A R D A	TEORIA QUALITATIVA D'EQUACIONS DIFERENCIALS ORDINÀRIES	OPTIMITZACIÓ CONTINUA 1	ASTRODINÀMICA I MECÀNICA CELEST	SIMULACIÓ	AMPLIACIÓ D'ANÀLISI

	04-06-01	05-06-01	06-06-01	07-06-01	08-06-01
T A R D A		TEORIA MATEMÀTICA DELS MERCATS FINANCERS	CALCULABILITAT	AMPLIACIÓ DE GEOMETRIA	CRIPTOGRAFIA

	11-06-01	12-06-01	13-06-01	14-06-01	15-06-01
T A R D A	MÈTODES NUMÈRICS EN ENGINYERIA	ÀLGEBRA COMPUTACIONAL	HISTÒRIA DE LA MATEMÀTICA		

## ASSIGNATURES ESPECÍFIQUES DE LLIURE ELECCIÓ DE LA FME

	14-05-01	15-05-01	16-05-01	17-05-01	18-05-01
T A R D A			FER I COMPRENDRE LES ESTRUCTURES: TECNOLOGIA I MATEMÀTICA	REALITAT VIRTUAL I GEOMETRIA	

## **Convocatòria extraordinària d'exàmens**

La convocatòria extraordinària d'exàmens d'assignatures troncal o obligatòries de 1r i 2n quadrimestre es farà pública després de la matrícula de les assignatures de 2n quadrimestre per optimitzar el calendari d'aquests exàmens, que en qualsevol cas en fixarà entre el 2 i el 10 de juliol de 2001.

Les assignatures optatives i les assignatures de lliure elecció només tenen la convocatòria ordinària d'examen.

## **Convocatòria d'exàmens parcials**

Està prevista una interrupció de les classes (com a màxim d'una setmana) a mitjans de cada quadrimestre amb la finalitat de realitzar exàmens parcials de les assignatures troncal o obligatòries que ho tinguin previst.





## 4. PROGRAMES DE LES ASSIGNATURES TRONCALS O OBLIGATÒRIES

---





# 1r CURS - 1r QUADRIMESTRE

---

# ÀLGEBRA LINEAL

---

**CODI:** 10004

**Càrrega docent:** 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

**Professor coordinador:** Ferran Puerta Sales

**Altres professors:** Francesc Planas Vilanova

## Objectius del curs

L'assignatura pretén, en primer lloc, proporcionar als alumnes un coneixement rigorós i general dels conceptes fonamentals relatius als espais vectorials de dimensió finita i de les aplicacions lineals entre aquests espais; a més, es vol facilitar la comprensió adequada de l'interès que té la utilització de matrius, especialment pel que fa als aspectes pràctics de càlcul. També pretén que els alumnes assoleixin un coneixement precís del problema de la diagonalització d'aplicacions lineals i dels mètodes bàsics de resolució d'aquests problemes.

Així mateix, es pretén que els alumnes tinguin un coneixement clar del problema general que condueix a la forma de Jordan i a la seva aplicació a la classificació dels endomorfismes d'un espai vectorial de dimensió finita.

El curs finalitza amb una introducció a l'estudi de les formes quadràtiques.

## Programa

1. **Estructures algebraiques:** Grups, anells i cossos. Definicions i exemples.
2. **Espais vectorials:** Definicions i exemples. Dependència lineal. Subespais vectorials. Bases. Dimensió. Dimensió de subespais. Suma directa. Espai quocient.
3. **Matrius. Sistemes d'equacions lineals:** Producte de matrius. Transformacions elementals d'una matriu. Sistemes d'equacions lineals. Matrius invertibles.
4. **Aplicacions lineals:** Aplicacions lineals. Determinació d'aplicacions lineals. Isomorfisme natural associat a una base. Rang d'una aplicació lineal. Aplicacions lineals invertibles. El grup lineal. Teoremes d'isomorfisme. Matriu d'una aplicació lineal. Canvis de base. L'espai vectorial dual. Bases duals. Aplicació dual. L'espai bidual.
5. **Determinants:** Permutacions. Determinant d'una matriu quadrada. Determinant d'una família de vectors. Propietats. Un criteri d'invertibilitat d'una matriu. Càlcul de determinants. Aplicació al càlcul del rang d'una matriu. Aplicació al càlcul de la inversa d'una matriu. Regla de Cramer. Determinant d'una aplicació lineal.
6. **Diagonalització d'endomorfismes:** Subespais invariants. Vectors i valors propis. Polinomi característic. Observacions i exemples. Endomorfismes diagonalitzables. Endomorfismes triangulables. El teorema de Caley-Hamilton.
7. **La forma reduïda de Jordan:** El polinomi anul·lador d'un endomorfisme. Descomposició en suma directa associada al polinomi anul·lador. Forma de Jordan d'un endomorfisme. Classificació d'endomorfismes.
8. **Introducció a les formes quadràtiques:** Formes lineals simètriques. Producte escalar. Bases ortonormals. El mètode d'ortogonalització de Gram-Schmidt. Formes quadràtiques a  $\mathbb{R}^n$ . Diagonalització de matrius simètriques. Reducció de formes quadràtiques. Formes quadràtiques definides. Llei d'inèrcia de Sylvester.

## Avaluació

Hi haurà dues proves de coneixements: una a mig curs i una altra al final de curs. Es considerarà també el treball realitzat a les classes de problemes.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Berberian, S. *Linear Algebra*. Ed. Oxford University, Oxford, 1992.
- Castellet, M.; Llerena, I. *Àlgebra lineal i geometria*. Publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona, Barcelona, 1988.
- Noble, B. *Applied Linear Algebra*. Ed. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1988.
- Puerta, F. *Àlgebra lineal*. Aula ETSEIB, Edicions UPC, Barcelona, 1993.
- Shilov, G.E. *Linear Algebra*. Ed. Dover, New York, 1977.

### Referències complementàries:

- Ayres, F. *Àlgebra moderna*. Ed. McGraw-Hill, 1991.
- Lancaster, P; Tismenetsky, M. *The theory of Matrices*. Ed. Academic Press, 1985 (2a edició).
- Lang, S. *Linear Algebra*. Ed. Addison-Wesley, 1989. 3a. edició.
- Lang, S. *Álgebra*. Ed. Aguilar (Colección Ciencia y Técnica), Madrid, 1971 (2a edició).
- Lipschutz, S. *Álgebra lineal*. Ed. McGraw-Hill, 1992.

# CÀLCUL 1

---

**CODI:** 10002

**Càrrega docent:** 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

**Professora coordinadora:** Montserrat Pons Vallès

**Altres professors:** Josep Freixas Bosch

## Objectius del curs

L'objectiu d'aquest curs és introduir els estudiants en els principis de l'anàlisi matemàtica que han de fer servir de fonament i referència en els cursos posteriors. Es vol insistir en dos aspectes: els coneixements i els mètodes.

En primer lloc es pretén que, en acabar el curs, els estudiants coneguin i entenguin els conceptes fonamentals del càlcul de funcions reals d'una variable real. Els coneixements no s'han de limitar als aspectes teòrics, sinó que també han d'implicar una habilitat en l'ús de les seves propietats, i la comprensió ha de ser prou clara per permetre'ls utilitzar els conceptes adquirits en la resolució de problemes en diferents contextos.

En segon lloc, es pretén que els estudiants adquireixin uns esquemes clars de raonament que els permetin avançar amb seguretat en el terreny de la deducció lògica i una intuïció que els permeti interpretar els enunciats dels teoremes més enllà del pur formalisme. Tot plegat els facilitarà l'assimilació pel seu compte de nous coneixements i els donarà la capacitat de comprensió necessària per treure profit dels coneixements adquirits.

## Programa

- 1. Introducció axiomàtica de  $\mathbb{R}$ :** Axiomes de cos totalment ordenat. Inclusió de  $\mathbb{N}$ . Principi d'inducció. Principi de bona ordenació. Inclusió de  $\mathbb{Z}$  i de  $\mathbb{Q}$ . Numerabilitat. Axioma del suprem. Arquimedianitat. Densitat de  $\mathbb{Q}$  i de  $\mathbb{R}-\mathbb{Q}$  en  $\mathbb{R}$ . Encaix d'interval·ls. No numerabilitat de  $\mathbb{R}$ .
- 2. Successions en  $\mathbb{R}$ :** Successions convergents. Subsuccessions. Teorema de Bolzano-Weierstrass. Successions monòtones. Definició del nombre  $e$ . Successions de Cauchy. Completesa de  $\mathbb{R}$ . Definició de potències i logaritmes. Límits infinits.
- 3. Sèries de nombres reals:** Convergència. Criteri de convergència de Cauchy. Operacions amb sèries. Criteri de Dirichlet. Criteri de Leibniz. Convergència absoluta i convergència condicional. Sèries de termes positius. Propietats. Criteris de convergència. Definició de les funcions trigonomètriques bàsiques.
- 4. Límits de funcions:** Límit de funcions de  $\mathbb{R}$  en  $\mathbb{R}$ . Caracterització per successions. Límits laterals. Ampliacions del concepte de límit: límit infinit i límit en infinit. Infinitèsims i infinits.
- 5. Funcions contínues:** Definició. Operacions amb funcions contínues. Tipus de discontinuïtats. Teoremes sobre funcions contínues. Definició del nombre  $\pi$ . Continuïtat uniforme.
- 6. Derivació de funcions de  $\mathbb{R}$  en  $\mathbb{R}$ :** El concepte de derivada. Derivabilitat i continuïtat. Regles de derivació. Regla de la cadena. Teoremes sobre funcions derivables de  $\mathbb{R}$  en  $\mathbb{R}$ . Regla de l'Hôpital. Derivades d'ordre superior. Aproximació local de funcions. Teorema de Taylor i conseqüències. Introducció a les sèries de potències.
- 7. La integral de Riemann:** Integral superior i integral inferior. Integrabilitat d'una funció. Caracterització de les funcions integrables. Propietats de la integral. Teorema fonamental del

càlcul. Primitives. Regla de Barrow. Canvi de variable. Integració per parts. Càlcul de primitives. Integrals impròpies. Criteris de convergència.

## Avaluació

Hi haurà dues proves de coneixements: una a meitat de curs i una altra al final del curs. Es consideraran valoracions complementàries a partir de treballs teòrics o pràctics.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Bartle, R.G.; Sherbert, D.R. *Introducción al análisis matemático de una variable*. Limusa, 1984.
- Berberian, S.K. *A first course in real analysis*. Springer-Verlag, 1994
- Burgos, J. *Cálculo infinitesimal de una variable*. McGraw-Hill, 1994.
- Ortega, J. M. *Introducció a l'anàlisi matemàtica*. Manuals de la UAB, 1990.
- Spivak, M. *Cálculo infinitesimal*. 2<sup>a</sup> ed. Reverté, 1988.

### Referències complementàries:

- Aguiló, F. i altres. *Càlcul infinitesimal en una variable. Problemes resolts*. Col.lecció Aula. UPC, 1991.
- Avinyó, A. i altres. *Anàlisi Matemàtica, problemes resolts i pràctiques amb ordinador*. McGraw-Hill, 1993.
- Blank, A.A. *Problemas de cálculo y análisis matemático*. Limusa, 1990.
- Calm, R.; Coll, N.; Estela, M.R. *Problemes de càlcul*. Micromar, 1992.
- Casasayas, J.; Cascante, M.C. *Problemas de análisis matemático de una variable real*. Edunsa, 1990.

# INFORMÀTICA 1

---

**CODI:** 10005

**Càrrega docent:** 3 crèdits teòrics + 4,5 crèdits pràctics

**Professor coordinador:** Maria José Serna Iglesias

**Altres professors:** Maria Lluïsa Bonet Carbonell, Josep Díaz Cort

## Objectius del curs

L'objectiu del curs és aprendre a especificar, dissenyar i implementar algorismes en un llenguatge imperatiu. El curs està basat en dues parts, una de teòrica i una altra de pràctica, que es van intercalant en el temps. La primera part presenta el corpus teòric bàsic necessari per a la construcció i l'anàlisi de programes senzills. A la part pràctica es considera l'entorn informàtic necessari per poder desenvolupar aquests programes amb fluïdesa.

## Programa

1. L'estructura d'un ordinador. Processos i instruccions.
2. Disseny d'algorismes iteratius.
3. Dades no elementals. Taules i tuples. Constructors de tipus.
4. Accions i funcions. Mecanismes de pas de paràmetres.
5. Tractament de dades no elementals. Disseny descendent.
6. Gestió de fitxers.
7. Introducció a la recursivitat. Exemples bàsics.

## Pràctiques

1. Elements dels sistemes operatius. Comandes bàsiques.
2. Elements de l'editor de textos. Comandes bàsiques.
3. Processadors de textos matemàtics. Instruccions bàsiques de LATEX.
4. Introducció al llenguatge C. Traducció de les estructures algorísmiques bàsiques a C.
5. Taules i Registres en C. Codificació dels constructors de tipus bàsics.
6. Procediments i funcions en C: Pas per valor i pas per referència. Efectes laterals i àlies.
7. Recursivitat en C: Codificació d'alguns exemples.
8. Fitxers en C. Exemples.

## Avaluació

Hi haurà una nota d'un o de més projectes realitzats durant el curs i una altra d'un examen final.



## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Castro, J.; Cuker, et alt. *Curs de Programació*. Madrid: Ed. McGraw Hill, 1992.
- Kernighan, B.W.; Ritchie, D.M. *El lenguaje de Programación C*. Ed. Prentice Hall, 1991.
- Sedgewick, R. *Algorithms in C*. Ed. Addison Wesley. 3ª ed. 1998.
- Valiente, G. *Composició de textos científics amb LATEX*. Ed. UPC, 1996.
- Vancells, J.; López, E. *Programació: introducció a l'Algorísmica*, Ed. EUMO, 1992.

### Referències complementàries:

- Brassard, G.; Bratley, P. *Fundamentos de algoritmia*, Ed. Prentice Hall, 1997.
- Cohen, E. *Programming in the 1990s*, Ed. Springer-Verlag, 1990.
- Lamport, L. *LATEX : A document preparation system*. Ed. Addison Wesley, 1994.
- Lucas, M.; et alt. *Secuencias, autómatas de estados finitos*. vol.1. Ed. Masson, 1985.
- Tondo, C.L.; Gimpel, S.E. *The C answer book*. Ed. Prentice Hall, 1989.



# 1r CURS – 2n QUADRIMESTRE

---

# CÀLCUL 2

---

**CODI:** 10007

**Càrrega docent:** 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

**Professor coordinador:** Antoni Ras Sabidó

**Altres professors:** Joana d'Arc Prat Farran

## Objectius del curs

L'objectiu del curs és doble: d'una banda, generalitzar a diverses variables els conceptes i resultats que s'han adquirit a l'assignatura de Càlcul I en una variable real, i d'altra banda establir els resultats i les tècniques bàsiques de la continuïtat, diferenciació i integració en funcions de diverses variables reals.

Per tal d'assolir els esmentats objectius s'exposa el Programa en sis blocs. En primer lloc, s'introdueixen les nocions indispensables de topologia euclidiana de  $\mathbb{R}^n$  i, es demostra l'equivalència entre la norma euclidiana i la del suprem, per poder introduir els típics raonaments de pas a components. El segon i tercer blocs estan dedicats als conceptes i resultats bàsics de continuïtat i diferenciabletat de funcions de diverses variables, respectivament. El seu estudi combina l'esmentat pas a coordenades i la restricció a semirectes i corbes, per tal d'establir explícitament les similituds i diferències amb la situació d'una variable. Entre d'altres resultats, es demostra el teorema de Heine, el de Weierstrass, la regla de la cadena i el teorema de Schwarz. Els blocs 4 i 5 es dediquen a diferents aplicacions del càlcul diferencial; es proven els teoremes del valor intermedi, de Taylor, de la funció inversa i implícita,... (tema 4) i els relatius a l'estudi d'extremes (tema 5). Els apartats del sisè i darrer bloc estan dedicats a la integració de Riemann sobre  $\mathbb{R}^n$ . Els teoremes més importants que s'hi estudien són el de Lebesgue sobre la integrabilitat de funcions fitades en dominis mesurables, el de Fubini i el del canvi de variables.

## Programa

- 1. Topologia de  $\mathbb{R}^n$ :** Espais euclidians. Normes equivalents. Topologia euclidiana: Boles obertes, punts interiors, exteriors i de la frontera d'un conjunt; conjunts oberts i tancats. Successions a  $\mathbb{R}^n$ . Convergència i successions de Cauchy.  $\mathbb{R}^n$  és complet. Conjunts connexes. Conjunts compactes i Teorema de Bolzano-Weierstrass.
- 2. Funcions de diverses variables. Continuïtat:** Funcions escalars i vectorials; components. Restricció de funcions. Conjunts de nivell. Límit d'una funció en un punt. Continuïtat. Operacions amb funcions contínues. Continuïtat uniforme. Continuïtat i compacitat; teoremes de Heine i Weierstrass. Teorema dels valor intermedi. Principi de l'aplicació contractiva.
- 3. Diferenciació de funcions de diverses variables:** Derivades direccionals i parcials. Varietat tangent. Diferenciabletat: diferencial d'una funció en un punt; matriu Jacobiana; gradient. Propietats de la diferencial d'una funció. Regla de la cadena. Diferenciabletat i continuïtat. Derivades d'ordre superior i teorema de Schwarz.
- 4. Teoremes sobre funcions diferenciables:** Teoremes del valor intermedi. Fórmula de Taylor. Teorema de la funció inversa. Teorema de la funció implícita. Derivació implícita. Teorema de rectificació del domini.

5. **Extrems de funcions:** Subvarietats regulars de  $\mathbb{R}^n$ . Extrems locals de funcions de diverses variables. Matriu Hessiana. Extrems condicionats: resolució per parametrització i pels multiplicadors de Lagrange. Càlcul d'extrems de funcions diferenciables sobre compactes.
6. **Integració de funcions fitades de diverses variables:** Integral de Riemann de funcions de diverses variables sobre rectangles: condició de Riemann; conjunts de mesura i contingut zero; oscil·lació; teorema de Lebesgue. Conjunts mesurables. Teorema d'integrabilitat de Lebesgue en dominis mesurables. Propietats de la integral; teorema del valor intermedi. Teorema de Fubini. Càlcul d'integrals múltiples. Teorema del canvi de variables.

## Avaluació

L'avaluació es farà amb un examen parcial, amb un pes aproximat d'un 30%, més un de final de tota l'assignatura. La qualificació serà matisada pels resultats de treballs complementaris lligats amb les classes de problemes.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Bartle, R.G. *Introducción al análisis matemático*. Limusa: México DF, 1980.
- Bombal, F. i altres. *Problemas de análisis matemático*. 3 vols. AC: Madrid, 1987/88.
- Burgos, J. De. *Calculo infinitesimal de varias variables*. McGraw-Hill, Madrid, 1995.
- Marsden, J.E.; Hoffman, M.J. *Análisis clásico elemental*. Addison-Wesley, Wilmington, 1998.
- Mazón, J. M. *Cálculo diferencial*. McGraw-Hill, Madrid, 1997.

### Referències complementàries:

- Courant, R.; John, F. *Introducción al cálculo y al análisis matemático* (vol. 2). Reverté, Barcelona, 1992.
- Fleming, W. H. *Functions of Several Variables*. Springer Verlag, New York, 1977.
- Lang, S. *Calculus of Several Variables*. Springer-Verlag, New York, 1988.
- Smith, K.T. *Primer of modern analysis*. Springer-Verlag, New York, 1983.
- Spivak, M. *Cálculo en variedades*. Reverté, Barcelona, 1970.

### Altres referències:

- Col·lecció d'enunciats de problemes.
- Col·lecció de transparències (gràfiques).

# COMPUTACIÓ ALGEBRAICA

---

**CODI:** 10003

**Càrrega docent:** 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

**Professor coordinador:** Marc Noy Serrano

**Altres professors:** Josep M. Brunat Blay, Antoni Montes Lozano

## Objectius del curs

El curs és una introducció a l'àlgebra bàsica. S'estudien estructures algebraiques fonamentals, com ara grups, anells i cossos, fent especial èmfasi en la teoria de la divisibilitat sobre dominis d'integritat. Es veuen amb detall exemples concrets importants: aritmètica entera i modular, polinomis, cossos finits i sèries formals de potències.

## Programa

1. **Aritmètica bàsica:** Divisibilitat de nombres enters. Algorisme d'Euclides. Factorització única. Congruències. Funció d'Euler. Teoremes de Fermat, d'Euler i del residu xinès. Funció de Möbius.
2. **Grups:** Definicions i exemples. Ordre d'un element. Subgrups. Grups cíclics. Classes laterals i teorema de Lagrange. Morfismes. Subgrups normals. Grup quocient.
3. **Anells:** Definicions i exemples. Ideals, morfismes, anells quocient. Dominis d'integritat i cossos de quocients. Dominis amb factorització única. Dominis d'ideals principals. Dominis amb divisió euclidiana.
4. **Polinomis i cossos finits:** Arrels i derivades. Funcions racionals i fraccions simples. Teorema fonamental de l'àlgebra. Polinomis reals i complexos. Anells quocients de polinomis. Existència i unicitat de cossos finits. Teorema de l'element primitiu. Polinomis primitius.
5. **Sèries formals de potències:** Operacions amb sèries de potències. Inversos multiplicatius i funcionals. Funcions generadores i equacions recurrents. Funcions racionals i equacions recurrents lineals. Teorema d'inversió de Lagrange.

## Coneixements previs necessaris

Àlgebra Lineal.

## Avaluació

Hi ha un examen parcial i un examen final.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Biggs, N.L. *Matemática Discreta*. Vicens-Vives, 1993.
- Birkhoff, G ; MacLane,S: *Algebra* .3<sup>a</sup> ed. Chelsea, Nova York, 1993.
- Childs, L. *A Concrete Introduction to Higher Algebra*. Springer-Verlag, Nova York, 1979.
- Gallian, J.A. *Contemporary Abstract Algebra* .3a ed. D.C. Heath and Company, 1994.
- Rosen, K.H. *Elementary Number Theory and its Applications*. Addison-Wesley, Reading, 1993.

### Referències complementàries:

- Char, B.W. i altres. *First leaves: A Tutorial Introduction to Maple V*. Springer-Verlag, Nova York, 1992.
- Char, B.W. i altres. *Maple V Language Reference Manual*. Springer-Verlag, Nova York, 1991.
- Lidl, R.; Niederreiter, H. *Introduction to Finite Fields and their applications*. Cambridge, Cambridge University Press, 1994
- Mignotte, M. *Mathématiques pour le Calcul Formel*. PUF, París, 1989.
- Schroeder, M.R. *Number Theory in Science and Communication* .2<sup>a</sup> ed. Springer-Verlag, Nova York, 1986.

# FÍSICA GENERAL

---

**CODI:** 10001

**Càrrega docent:** 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

**Professor coordinador:** Joaquim Valls Ribas

**Altres professors:** Ricard Vicente Solé

## Objectius del curs

L'objectiu primordial d'aquesta assignatura és preparar adequadament els matemàtics que, en el futur, hagin d'accedir a l'aplicació de temes avançats de Física a qüestions tecnològiques. L'estudi d'aquests temes requereix el coneixement de conceptes fonamentals de Física, els quals, des d'un principi, es presenten, sempre que és possible, en el seu aspecte de matemàtica aplicada. S'introduiran tècniques d'anàlisi complementàries utilitzades en física matemàtica, com són ara l'anàlisi de Fourier, el càlcul variacional i l'anàlisi numèrica de sistemes físics complexos.

## Programa

1. **Camps i potencial:** Camps escalars i camps vectorials. Circulació d'un vector al llarg d'un camí. Potencial. Superfícies equipotencials. Gradient. Laplaciana. Flux d'un vector a través d'una superfície. Camps centrals. Camp newtonià. Teorema de Gauss. Camp degut a una distribució amb simetria esfèrica.
2. **Treball i Energia:** Treball i potència. Energia cinètica. Forces conservatives: energia potencial. Estudi de les corbes d'energia potencial. Forces no conservatives. Càlcul variacional. Principi de Hamilton i equacions de Lagrange.
3. **Moviment 1D (Dinàmica unidimensional):** Espai i temps. Equacions del moviment. Integració de les equacions: casos particulars. Oscil·lador harmònic. Representació complexa. Oscil·lador esmorteït i oscil·lador forçat. Mètode de Green. Petites Oscil·lacions
4. **Moment d'una força i Moment Angular:** Moviment curvilini. Moments i moment angular. Conservació del moment angular. Coordenades polars. Força, moment i energia potencial en el moviment curvilini pla.
5. **Sistemes de partícules:** Moviment del centre de masses d'un sistema de partícules. Quantitat de moviment i moment cinètic d'un sistema de partícules. Rotació d'un sòlid rígid. Energia cinètica d'un sistema de partícules. Energia en el moviment de rotació d'un sòlid rígid.
6. **Camp gravitatori:** Lleis de Kepler i moviment planetari. Gravitació, deducció de Newton. Energia potencial gravitatòria. Camp i potencial gravitatori. Energia i òrbites, classificació d'òrbites. Satèl·lits, velocitat d'escapament. Teorema del virial i aplicacions. Estabilitat, ressonància i problema dels tres cossos.
7. **Camp electrostàtic i conductors en equilibri:** Camp electrostàtic. Flux del camp elèctric, Teorema de Gauss. Camp creat per distribucions de càrregues. Camp i càrregues en un conductor en equilibri electrostàtic. Potencial elèctric. Potencial degut a distribucions de càrregues. Potencial d'un conductor en equilibri. Influència elèctrica. Capacitat. Condensadors. Associació de condensadors. Energia del camp elèctric.



8. **Corrent elèctric:** Intensitat del corrent. Densitat de corrent. Llei d'Ohm. Resistència, conductància, resistivitat i conductivitat. Llei de Joule. Generador elèctric. Receptor elèctric; força contraelectromotriu. Associació de resistències. Circuits de corrent continu. Mètodes per a calcular corrents en una xarxa elèctrica. Càrrega i descàrrega d'un condensador.
9. **Magnetisme:** Camp magnètic. Moviment d'una partícula carregada en un camp magnètic uniforme. Acció d'un camp magnètic sobre un corrent. Camps creats per corrents i càrregues en moviment. Forces entre corrents. Llei d'Ampère. Flux del camp magnètic. Inducció electromagnètica. Lleis de Faraday i de Lenz. Inducció mútua i autoinducció. Oscil·lacions elèctriques lliures: descàrrega oscil·lant d'un condensador. Oscil·lacions elèctriques forçades: corrent altern. Energia del camp electromagnètic.
10. **Oscil·lacions i Ones:** Moviment ondulatori harmònic. Equació d'ona. Ones longitudinals i transversals. Corda oscil·lant. Anàlisi de Fourier. Oscil·ladors forçats i caos. Interferència i superposició d'ones. Reflexió/refracció. Ones estacionàries. Difracció. Ones electromagnètiques. Equacions de Maxwell.
11. **Relativitat:** Fonaments. Experiment de Michelson-Morley. Transformacions de Lorentz. Equivalència massa-energia. Dilatació temporal. Principi d'equivalència i relativitat general.

## Avaluació

Almenys hi haurà una prova escrita a mig quadrimestre a més de la prova final del quadrimestre. Les qualificacions obtingudes podran ser complementades amb la corresponent a les classes de problemes o pràctiques.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Alonso, M.; Finn, E. *Física*. Ed. Addison-Wesley Iberoamericana, Madrid, 1995.
- Fernández, J.; Pujal, M. *Iniciación a la física*. (2 vols.). Ed. Reverté, Barcelona, 1991.
- Gettys, W.; Keller, J.; Skove, M. *Física Clásica y Moderna*. Ed. McGraw-Hill, 1991.
- Tipler, P.A. *Física*. 2 vol. 3a ed. Reverté, Barcelona, 1995 (en català). Ed. Reverté, Barcelona, 1992 (en castellà).
- Sears, F.; Zemansky, M.; Young, H. *Física Universitaria*. Ed. Fondo Educativo Interamericano, 1986.

### Referències complementàries:

- *Berkeley Physics Course* (vols. 1 i 2) Ed. Reverté, Barcelona, 1992.
- Feynmann, R.; Leighton, R.; Sands, M. *Física* (vols. 1 i 2). Ed. Addison-Wesley, 1987.
- French, A. P. *Vibraciones y ondas*. Ed. Reverté, Barcelona, 1974.
- Goldstein, H. *Mecánica clásica*. Ed. Reverté, Barcelona, 1994.
- Kraushaar, W.L. *Introducción al estudio de la mecánica, materia y ondas*. Ed. Reverté, Barcelona, 1973.

# INFORMÀTICA 2

---

**CODI:** 10009

**Càrrega docent:** 3 crèdits teòrics + 4,5 crèdits pràctics

**Professor coordinador:** Ricard Gavaldà Mestre

**Altres professors:** Salvador Roura Ferret

## Objectius del curs

L'objectiu del curs és donar als alumnes, d'una banda, les eines per al disseny i l'anàlisi de programes de dimensió considerable, i, de l'altra, els mitjans per codificar els seus algorismes en un llenguatge d'alt nivell.

El curs està basat en dues parts, teòrica i pràctica, que es van intercalant en el temps. La primera part presenta el corpus teòric bàsic necessari per a la construcció i l'anàlisi de programes de dimensió considerable. A la part pràctica es considera l'entorn informàtic necessari per poder desenvolupar aquests programes amb fluïdesa.

Les classes pràctiques es dividiran en classes de problemes i classes de laboratori. A les classes de problemes es reforçaran, a fi d'assegurar-ne l'assimilació, els conceptes bàsics introduïts en les classes de teoria. Es podrà, en alguns casos, desenvolupar alguns continguts teòrics. En aquestes classes, el professor proposarà exercicis d'especificació o disseny d'algorismes, i de manera interactiva se cercaran les solucions. A les classes de laboratori es desenvoluparan els aspectes concrets d'implementació dels elements desenvolupats en les classes de teoria i problemes.

## Programa

1. Eficiència d'algorismes. Notació O-gran i relacionades. Recurrències.
2. Recursivitat. Exemples.
3. Modularitat i tipus abstractes de dades (TAD): Necessitat del disseny modular. Concepte de TAD. Definició, utilització i primers exemples.
4. Els TAD "pila" i "cua". Exemples d'ús. Implementacions. Llistes i altres estructures recursives.
5. El TAD "graf": Exemples d'ús. Implementacions. Alguns algorismes sobre grafs: Recorreguts. Camins mínims. Arbres d'expansió mínims.
6. El TAD "diccionari": Exemples d'ús. Implementació amb arbres de cerca. Implementació amb "hashing".
7. Límits de la Programació. Problemes indecidibles. Problemes intractables.

## Pràctiques

Es faran dues o tres pràctiques, sincronitzades amb el que s'explica a teoria i a problemes, que poden requerir algun temps de treball fora de les sessions de laboratori.

## Avaluació

Hi haurà una nota de les pràctiques i una altra d'un examen final. La nota final pot ser modificada a l'alça per la feina feta a les classes de problemes.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Aho, A.; Hopcroft, J.; Ulmann, J. *Estructuras de de datos y algoritmos*. Addison Wesley, 1988.
- Franch, X. *Estructura de dades. Especificació, disseny i implementació*. Edicions UPC, 1993.
- Kernighan, B.; Ritchie, D. *El lenguaje de Programación C .2ª ed*. Prentice-Hall, 1991.
- Sedgewick, R. *Algorithms in C. 3ª ed*. Addison-Wesley, 1998
- Weiss, M.A. *Estructuras de datos y algoritmos*. Addison Wesley, 1995.

### Referències complementàries:

- Balcázar, J.L. *Programación metódica*. McGraw-Hill, 1993.
- Cormen, T.; Leiserson, C.; Rivest, R. *Introduction to Algorithms*. McGraw-Hill, 1990.
- Heileman, G.L. *Estructuras de datos, algoritmos y Programación orientada a objetos*. McGraw-Hill, 1995.
- Stroustrup, B. *The C++ Programming Language 2ª ed*. Addison-Wesley, 1992.
- Wirth, N. *Algorithms and Data Structures*. Prentice-Hall, 1986.



## **2n CURS - 1r QUADRIMESTRE**

---

# CÀLCUL 3

---

**CODI:** 10012

**Càrrega docent:** 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

**Professor coordinador:** Juan José Morales Ruíz

**Altres professors:** Miquel Dalmau Vilaldach, Natàlia Sadowskaia Nurimanova

## Objectius del curs

El curs gira a l'entorn de les relacions entre els valors de les funcions a l'interior i a la frontera de regions i els objectes que ens permeten d'expressar aquestes relacions.

Es pretén que l'alumne domini la integració sobre subvarietats de funcions escalars i vectorials, i el simbolisme de formes i cadenes. També es pretén que l'alumne conegui les eines que ens permetran arribar a la dualitat d'aquests objectes respecte de la integració i als teoremes clàssics de Stokes, Gauss i Green.

## Programa

### 1. CÀLCUL VECTORIAL

- Camps escalars i vectorials. Corbes: longitud. Integrals de línia. Superfícies: àrea. Integrals de superfície.
- Gradient, rotacional i divergència. Teorema de Green. Teorema de Stokes clàssic. Teorema de Gauss.
- Camps conservatius i camps que conserven el volum.
- Tensors. Formes diferencials. El diferencial exterior.
- Cadenes. Integrals de formes. El teorema de Stokes general.

### 2. VARIABLE COMPLEXA

- Funcions analítiques. Equacions de Cauchy-Riemann. Teorema de Cauchy. Teorema de Liouville. Sèries de Taylor i de Laurent. Residus i pols. Aplicacions.

## Coneixements previs necessaris

Càlcul 1, Càlcul 2 i Àlgebra lineal.

## Avaluació

Hi haurà un examen final, un examen parcial i treballs opcionals que s'hauran de fer durant el curs.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Ahlfors, L.: *Complex Analysis* (3a edició). McGraw-Hill, New York, 1979.
- Apostol, T.M.: *Calculus*. Reverté, Barcelona, 1992.
- Dubrovin, B.A.; S.P. Novikov; A.T. Fomenko: *Modern Geometry. Methods and Applications*, Vol. 1 Springer, Berlin, 1984.
- Marsden, J.E.; Tromba, A.J.: *Cálculo vectorial*. 4ª ed. Addison-Wesley Iberoamericana, Argentina, 1998.
- Spivak: *Cálculo en variedades*. Reverté, Barcelona, 1979.

### Referències complementàries:

- Arnold, V.I.: *Mathematical Methods of Classical Mechanics*. Springer-Verlag, New York, 1989.
- Boas, R.P.: *Invitation to complex Analysis*, Ed.: Random House, 1987.
- Corwin, L.J.; Szczarba, R.H.: *Multivariable Calculus*. Marcel Dekker, 1982.
- Flanders, H.: *Differential Forms with Applications to the Physical Sciences*. Dover, New York, 1989.
- Yokonuma, T.: *Tensor Spaces and Exterior Algebra*. American Mathematical Society, Providence R.I., 1992.

# GEOMETRIA

---

**CODI:** 10008

**Càrrega docent:** 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

**Professor coordinador:** Sebastià Xambó Descamps

**Altres professors:** Ferran Hurtado Díaz, Francesc Prats Duaygües

## Objectius del curs

Que el llenguatge geomètric és fonamental en diverses ciències i tècniques és un fet indiscutible. Des d'Euclides, a més, la geometria ha estat un model de coneixement que han seguit, refinat i ampliat els esperits més clarividents, tant en tasques de fonamentació matemàtica com en les de modelització de la realitat.

Aquesta llarga i il·lustre història fa que sigui particularment difícil el repte que imposa un primer i únic quadrimestre obligatori de geometria en una facultat de matemàtiques actual. La situació és agreujada pel fet que els coneixements amb què s'arriba avui a la Universitat semblen deficitaris en aspectes bàsics del llenguatge esmentat, la qual cosa no seria potser massa greu si no fos pels negatius efectes que té en el bagatge de recursos per a la resolució de problemes.

No és possible, doncs, tractar res més que els conceptes més bàsics de les geometries afí, euclidiana i projectiva, les seves interrelacions més fonamentals i una mostra dels problemes que permeten resoldre. Aquest nucli de coneixements, important tot i que és més reduït del que potser seria desitjable, és el que recollim en el Programa i el que ha de permetre que aspectes més específics de la formació geomètrica es puguin considerar ulteriorment, si arriba el moment, segons el context de docència, de recerca o de treball en què estigui cadascú. Així, es pot esdevenir que en un curs sobre compactificació d'imatges s'hagin de considerar prèviament algunes qüestions de geometria afí, que en un curs sobre geometria computacional o física matemàtica s'hagi de fer esment a complements de geometria mètrica, o que en cursos sobre mètodes de factorització en criptografia o sobre codificació s'hagin de tractar primer alguns punts de la geometria projectiva necessaris per a poder discutir, respectivament, el mètode de les corbes el·líptiques o les relacions entre codis i plans projectius finits.

## Programa

- 1. Geometria afí:** Espai afí. Varietats lineals. Referència afí i coordenades cartesianes. Raó simple. Equacions paramètriques i cartesianes de les varietats lineals. Aplicacions afins i afinitats. Equacions de les afinitats. Punts fixos d'una afinitat. Grup afí.
- 2. Geometria mètrica:** Espai afí euclidià: mètrica, distàncies i angles. Perpendicularitat: espai ortogonal, projecció ortogonal, bases ortonormals, matrius ortogonals. Distàncies entre varietats lineals. Orientacions d'un espai vectorial real. Volum i producte vectorial. Angles orientats. Desplaçaments i semblances. Desplaçaments i semblances en la recta, en el pla i en l'espai. Introducció als quaternions.
- 3. Geometria projectiva:** Espai projectiu. Varietats lineals. Compleció projectiva de l'espai afí. Coordenades projectives. Relació entre coordenades afins i projectives. Equacions paramètriques i cartesianes de les varietats lineals Projectivitats. Raó doble. Quaternes harmòniques. Dualitat. Homografies.



- 4. Còniques i quàdriques:** Seccions còniques: aspectes geomètrics. Tractament analític de les seccions còniques. Classificació de còniques. Propietats projectives, afins i mètriques de les còniques. Quàdriques. Classificació de quàdriques. Propietats projectives, afins i mètriques de les quàdriques.

## Coneixements previs necessaris

Les assignatures corresponents a la fase selectiva.

## Avaluació

Hi haurà un examen parcial dels dos primers temes, avaluat sobre 3 punts, un final avaluat sobre 6 punts, i es podrà obtenir fins a 1 punt amb activitats complementàries que seran definides en relació amb les classes de problemes.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Eves, H.: *A survey of geometry*. Ed. Allyn and Bacon. 1972.
- Hernández, E.: *Algebra y geometría*. (2<sup>a</sup> ed.) Universidad Autónoma de Madrid, 1994.
- Roe, J.: *Elementary geometry*. Oxford Science Publications, Oxford University Press, 1993.
- Sidler, J.-C.: *Géométrie projective*. París: Ed. InterEditions, 1993.
- Xambó, S.: *Geometria*. Edicions UPC, 1997.

### Referències complementàries:

- Berger, M.: *Geometry* (2 vol.). Ed. Springer-Verlag New York (Universitext), 1987.
- Castellet, M.; Llerena, I.: *Àlgebra lineal i geometria*. Barcelona: Publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona, 1990.
- Coxeter, H. S. M.: *Fundamentos de Geometría*. Ed. Limusa. 1971.
- Neumann, P. M.; Stoy, G. A.; Thompson, E. C.: *Groups and Geometry*. Ed. Oxford University Press, 1994.
- Yale, P. B.: *Geometry and Symmetry*. Ed. Dover Publications, 1988.

# MÈTODES NUMÈRICS 1

---

**CODI:** 10006

**Càrrega docent:** 3 crèdits teòrics + 4,5 crèdits pràctics

**Professor coordinador:** Antoni Susín Sánchez

**Altres professors:** Lluís Alseda i Jordi Blasco Lorente

## Objectius del curs

En els molt diversos camps de la ciència, la tecnologia, la medicina, l'economia, les ciències socials, etc., es descriuen tot sovint fenòmens reals mitjançant models matemàtics. Buscar i aplicar les eines més adients per trobar solucions a problemes basats en aquests models constitueix l'objectiu principal de la matemàtica aplicada. Dissortadament, no sempre es pot recórrer als mètodes analítics clàssics per diverses raons: no s'adeqüen al model concret, la seva aplicació resulta excessivament enrevessada, la solució formal resultant és tan complexa que fa impossible qualsevol interpretació posterior, etc. En aquests casos, són útils les tècniques numèriques, que, mitjançant una labor de càlcul més o menys intensa, arriben a solucions aproximades.

L'objectiu d'aquesta assignatura és introduir aquestes tècniques numèriques; per això representa un primer curs de càlcul numèric. Està dirigit no només a estudiants de la Llicenciatura de Matemàtiques, sinó també a estudiants d'altres carreres tècniques, científiques o socials que vulguin conèixer, de manera tan pràctica com sigui possible, eines bàsiques que els permetin afrontar qüestions numèriques amb comoditat i rigor.

## Programa

1. **Errors:** Conceptes generals. Estimació i fitació d'errors. Propagació dels errors. Errors de truncament.
2. **Interpolació de funcions:** Concepte d'interpolació. Interpolació polinòmica, error d'interpolació. Mètodes de càlcul del polinomi interpolador. Interpolacions de Taylor i Hermite.
3. **Aplicacions de la interpolació de funcions:** Fórmules de derivació i integració interpolativa i errors. Mètode de Richardson d'extrapolació repetida. Mètodes interpolatius iteratius d'aproximació de solucions d'equacions no lineals.
4. **Sistemes lineals:** Conceptes bàsics. Resolució de sistemes triangulars. Mètodes gaussians. Mètodes d'ortogonalització, matrius de Householder. Càlcul de determinants i inverses de matrius. Anàlisi de l'error. Sistemes lineals sobredeterminats.
5. **Valors i vectors propis:** Conceptes bàsics. Deflació de matrius. Mètodes de la potència. Mètodes de Jacobi. Mètodes de reducció: Givens i Householder. Mètodes LR i QR.

## Coneixements previs necessaris

Informàtica 1 i 2, Càlcul 1 i 2, Àlgebra Lineal i Computació Algebraica.

## Avaluació

Tindrà una rellevància especial la feina desenvolupada a les classes pràctiques, on s'hauran d'implementar diversos algorismes corresponents a diferents parts del temari. Aquesta tasca serà avaluada mitjançant un examen de pràctiques, en el qual caldrà utilitzar algunes de les rutines implementades anteriorment. Al final del curs hi haurà un examen, amb una part teòrica i una de pràctica, consistent en la resolució d'exercicis.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Aubanell, A.; Benseny, A.; Delshams, A. *Eines bàsiques de càlcul numèric*. Volum 7 de Manuals de la Univ. Autònoma de Barcelona, Bellaterra, Barcelona, 1991. En castellà: Labor, 1993
- Bonet, C. i altres. *Càlcul numèric*. Aula Teòrica 23, Edicions UPC, 1994.
- Burden, R.L.; Faires, J.D. *Numerical Analysis*. 5<sup>a</sup> ed. PWS-KENT, 1989.
- Ciarlet, P.G. *Introduction à l'analyse numérique matricielle et à l'optimisation*. Ed. Masson, Paris, 1990.
- Froberg, C.E. *Introducción al análisis numérico*. Ed. Vicens Vives, 1977.

### Referències complementàries:

- Demidóvich, B.; Maron, I. *Elementos de cálculo numérico*. Ed. Paraninfo, Madrid, 1977.
- Golub, G.H.; Van Loan, C.F. *Matrix computations*. Ed. Johns Hopkins Univ. Press, Baltimore, 1996.
- Grau, M.; Noguera, M. *Càlcul Numèric*. Aula Teòrica 1, Edicions UPC, 1993
- Scheid, F. *Análisis numérico: teoría y 775 problemas resueltos*. Ed. McGraw-Hill, 1972.
- Stoer, J.; Bulirsch, R. *Introduction to numerical analysis*. Ed. Springer-Verlag, Berlin, 1993.

# PROBABILITAT I ESTADÍSTICA

---

**CODI:** 10015

**Càrrega docent:** 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

**Professor coordinador:** Ramon Nonell Torrent

**Altres professors:** Pedro Delicado Useros

## Objectius del curs

L'objectiu del curs és donar els coneixements essencials i necessaris de Teoria de la Probabilitat i de Teoria de les Variables Aleatòries.

## Programa

### 1. Espai de Probabilitat:

Resultats, esdeveniments i operacions amb esdeveniments. Espai probabilitzable elemental. Sigma-àlgebra de Borel. Definició i propietats de la funció probabilitat. Probabilitat condicionada. Fórmula de Bayes. Independència estocàstica.

### 2. Variable Aleatòria:

Definició de variable aleatòria. Estructura de l'espai de les variables aleatòries reals. Probabilitat induïda. Funció de distribució de probabilitat. Variables aleatòries discretes: funció de probabilitat; models més habituals (Bernoulli, Binomial, Geomètric, Binomial negativa, Hipergeomètric, Poisson). Variables aleatòries absolutament contínues: funció de densitat; models més habituals (Uniforme, Cauchy, Normal, log-Normal i transformacions generals, etc.). Família exponencial. Independència de variables aleatòries.

### 3. Moments i Funcions Generatrius d'una Variable Aleatòria:

Moments i propietats. Covariància i correlació. Desigualtats. Funció generadora de moments. Funció característica.

### 4. Vectors Aleatoris i Introducció a les Successions de Variables Aleatòries:

Definició de vector aleatori. Transformacions de vectors. Vectors Normals i lleis associades a la Normal. Lleis condicionades. Regressió lineal. Concepte de mostra. Simulació de mostres. Introducció a les convergències i al Teorema Central del Límit. Introducció a les cadenes de Markov.

## Coneixements previs necessaris

Les assignatures corresponents a la fase selectiva.

## Avaluació

Hi haurà una nota d'examen final i notes de petites proves tant de teoria com de problemes.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Ash, R.B.: *Basic Probability Theory*. Ed. Wiley: New York, 1970.
- Baldi, P.: *Calcolo delle probabilita e statistica*. (2<sup>a</sup> ed.) McGraw-Hill Libri Italia: Milano, 1993.
- Chung, K.L.: *Elementary Probability Theory with Stochastic Processes*. (3<sup>a</sup> ed.) Ed. Springer-Verlag: New York, 1979.
- Rohatgi, V.K.: *An Introduction to Probability Theory and Mathematical Statistics*. Ed. Wiley: New York, 1976.
- Sanz, M.: *Probabilitats*. Ed. UB: Barcelona, 1999.

### Referències complementàries:

- Ash, R.B.: *Real Analysis and Probability*. Ed. Academic Press: New York, 1972.
- Breiman, L.: *Probability*. Ed. Society for industrial and applied mathematics: Philadelphia, 1992.
- Chung, K.L.: *A Course in Probability Theory*. (2<sup>a</sup> ed. )Ed. Academic Press: New York, 1974.
- De Groot, M.H.: *Probabilidad y Estadística*. Ed. Addison-Wesley, 1988.
- Neveu, J.: *Bases Mathématiques du Calcul des Probabilités*. Ed. Masson: Paris, 1980.



# **2n CURS – 2n QUADRIMESTRE**

---

# ANÀLISI REAL

---

**CODI:** 10017

**Càrrega docent:** 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

**Professor coordinador:** Carles Batlle Arnau

**Altres professors:** Jaume Franch Bullich, Santiago Boza Rocho

## Objectius del curs

Aquesta assignatura, continuació i complement dels cursos de Càlcul 1, 2 i 3, pretén introduir i desenvolupar les idees, les tècniques i els teoremes bàsics de l'anàlisi real moderna, incloent-hi un nombre suficient d'aplicacions (que la facin interessant), a fi que l'estudiant aconsegueixi una formació àmplia i prou rigorosa en aquests temes per poder triar l'especialització que desitgi de segon cicle.

Les idees bàsiques són les de convergència i aproximació de funcions, mesura i integració, i s'utilitzen per a l'estudi d'àlgebres de funcions contínues i de funcions integrables, de les sèries i de la transformació de Fourier.

Els resultats que s'obtenen s'apliquen en àmbits diversos com ara els següents: l'estudi de funcions eulerianes, les equacions integrals o els problemes de contorn en equacions en derivades parcials.

## Programa

### 1. Successions i sèries de funcions:

**Convergència puntual i uniforme de successions de funcions. Propietats. Sèries de funcions. Convergència. Criteri de Weierstrass. Sèries de potències. Radi de convergència. Sèries de Taylor.**

### 2. Funcions contínues:

Espais de funcions contínues. Teorema d'Ascoli-Arzelà. Teorema de Stone-Weierstrass.

### 3. Integral de Lebesgue:

**Funcions mesurables. Mesures. Integral de Lebesgue. Teorema de convergència monòtona.** Funcions integrables. Teorema de la convergència dominada. Integrals dependents de paràmetres. Espais  $L_p$ . Generació de mesures. La mesura exterior. Conjunts mesurables. Exemples: La mesura de Lebesgue. La mesura producte. Teorema de Tonelli. Teorema de Fubini.

### 4. Sèries trigonomètriques:

Sèries de Fourier a  $L_2$ . Coeficients de Fourier. Desigualtat de Bessel. Teorema de Parseval. Càlcul de sèries de Fourier. Fenomen de Gibbs. Completesa dels sistemes trigonomètric i exponencial. Convergència puntual de les sèries de Fourier: Teorema de Dirichlet. Convergència uniforme de les sèries de Fourier. Sèries de Fourier i derivació.

## Coneixements previs necessaris

Càlcul 1 i Càlcul 2.



## Avaluació

Prova parcial, amb un pes màxim del 25%, i prova final. Cada prova constarà de problemes (80%) i teoria (20%).

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Apostol, T.M. *Análisis Matemático*. Reverté, Barcelona, 1977.
- Bartle, R. *The elements of integration and Lebesgue measure*. John Wiley & Sons, New York, 1995.
- Marsden, J. ; Hoffman, M. *Análisis clásico elemental*. Addison-Wesley, New York, 1998.
- Rudin, W. *Principios de análisis matemático*. McGraw-Hill, México, 1980.
- Sprecher, D.A. *Elements of real analysis*. Dover, New York, 1987.

### Referències complementàries:

- Bombal, F.; Marín, L.R.; Vera G. *Problemas de análisis matemático Vol.3*. AC, Madrid, 1987.
- Dieudonné, J. *Fundamentos de análisis moderno*. Reverté, Barcelona, 1979
- Folland, G.B. *Fourier Analysis and its Applications*. Brooks/Cole Pub. Pacific Grove, 1992.
- Rudin, W. *Real and complex analysis*. McGraw Hill, New York, 1987.
- Stakgold, I. *Green`s functions and boundary value problems*. John Wiley & Sons, New York, 1978.

# INFERÈNCIA ESTADÍSTICA

---

**CODI:** 10019

**Càrrega docent:** 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

**Professor coordinador:** Ramon Nonell Torrent

**Altres professor:** Pedro Delicado Useros

## Objectius del curs

L'objectiu d'aquest curs és donar els coneixements essencials i necessaris d'Estadística Matemàtica concretant-la fonamentalment en la Teoria de l'Estimació i la Teoria de les Proves d'Hipòtesis, com també iniciar els estudiants en la modelització estadística amb el Model Lineal Múltiple.

## Programa

1. Preliminar. Convergència de Successions de Variables Aleatòries i Teoremes Límit: Convergència quasi-segura, convergència en probabilitat, convergència en llei. Llei dels grans nombres. Teorema Central del Límit.
2. Estadística Descriptiva: Tot explorant les dades.
3. Estructures Estadístiques: Paràmetres. Mostres. Estadístics. Funció de versemblança. Estudi del cas particular de mostra d'una Variable Aleatòria Normal.
4. Teoria de l'Estimació de Paràmetres: Optimalitat: informació de Fisher, desigualtat de Cramér-Rao, estimadors eficients. Mètodes d'estimació puntual. Propietats asimptòtiques. Estadístics suficients. Mètode d'estimació per intervals de confiança.
5. Proves d'Hipòtesis: Conceptes i elements de les proves d'hipòtesis. Criteris d'optimalitat. Test de Neyman-Pearson. Test de la raó de versemblança.
6. (Alguns) Mètodes No Paramètrics: Test d'independència. Distribucions empíriques. Test de Kolmogorov.
7. (Introducció a la pràctica del) Model Lineal Múltiple: Hipòtesis del model. Estimadors mínimo-quadràtics. Coeficient de determinació. Significació del model. Punt de vista de vector aleatori. Coeficients de correlació del model.

## Coneixements previs necessaris

Probabilitat i Estadística.

## Avaluació

Hi haurà la nota de l'examen final i algunes notes de petites proves tant de teoria com de problemes, i la nota d'una pràctica sobre el model lineal realitzada amb el sistema informàtic MINITAB.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Bickel, P.J., Doksum, K.A.: *Mathematical Statistics: Basic Ideas and Selected Topics*. Ed. Holden-Day, 1977.
- Breiman, L.: *Statistics*. Ed. Houghton and Mifflin, 1973.
- Casella, G., Berger, R.L.: *Statistical Inference*. Ed. Duxbury Press: Belmont, California. 1990.
- De Groot, M.H.: *Probabilidad y Estadística*. Ed. Addison-Wesley, 1988.
- Kalbfleisch, J.G.: *Probability and Statistical Inference I,II*. (2<sup>a</sup> ed.) Ed. Springer, 1985.

### Referències complementàries:

- Lehmann, E.L.: *Nonparametrics Statistical Methods Based on Ranks*. Ed. Holden-Day, 1975.
- Lehmann, E.L.: *Testing Statistical Hypothesis*. (2<sup>a</sup> ed.) Ed. Wadsworth & Brooks, 1991.
- Lehmann, E.L.: *Theory of Point Estimation*. (2nd ed., corrected second printing )Ed. Wadsworth & Brooks, 1999
- Peña, D.: *Estadística. Modelos y métodos I,II*. Alianza Editorial, 1989-91.
- Seber, G.A.F.: *The Linear Hypothesis: A General Theory*. (2<sup>a</sup> ed. ) Ed. Charles Griffin, 1980.

# INVESTIGACIÓ OPERATIVA

---

**CODI:** 10016

**Càrrega docent:** 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

**Professora coordinadora:** Elena Fernández Aréizaga

## Objectius del curs

La solució dels problemes que es presenten en el govern dels sistemes socio-econòmics complexos en què intervenen homes, màquines, primeres matèries i altres components, requereix la presa de decisions de tipus quantitatiu. La Investigació Operativa és la disciplina que proporciona la base científica a aquests processos de presa de decisions; per això es proposa construir un model del sistema objecte d'estudi segons una metodologia basada en l'aplicació del mètode científic. Els models dels sistemes que construeix la Investigació Operativa són formalment de tipus matemàtic, per als quals es poden definir procediments numèrics, algorísmics o de simulació, per poder-los tractar.

El curs d'Investigació Operativa té com a objectiu proporcionar a l'alumne els fonaments de la metodologia de la construcció dels models matemàtics propis de la disciplina; presentar una àmplia panoràmica de les diferents classes de models i les seves aplicacions; introduir els fonaments dels principals procediments algorítmics, i il·lustrar-ne la utilització pràctica mitjançant el software de Programació matemàtica disponible a la Facultat.

## Programa

1. Introducció: El concepte d'Investigació Operativa. Models matemàtics per ajudar a prendre decisions quantitatives. El concepte de model matemàtic: el mètode científic i la metodologia de la Investigació Operativa. El procés de formulació dels models. Models matemàtics i dels seus processos de construcció: lineals, no lineals, combinatoris, estocàstics, etc.
2. Introducció als models lineals: Formulació de models lineals. Programes lineals. Forma canònica dels programes lineals. Teorema de Minkowsky-Farkas. Solucions bàsiques. Teorema fonamental de la Programació Lineal. L'Algorisme del Símplex Primal. La geometria de la Programació Lineal. Formes computacionals de l'algorisme del Símplex: Símplex revisat en forma de producte de la matriu inversa. Teoremes de dualitat: Gale-Kuhn-Tucker. Teorema de la Folga Complementària. Interpretacions geomètriques. L'algorisme del Símplex Dual. Interpretacions econòmiques. Anàlisi de sensibilitat. Models de fluxos en xarxes: fluxos de cost mínim, fluxos màxims. Especialització de l'algorisme del Símplex. Formulació de models lineals enters: procediments de ramificació i fitació (Branch and Bound).
3. Introducció als models no lineals: La formulació de models no lineals. La geometria dels models no lineals: problemes convexos i no convexos. Problemes sense constriccions: condicions d'optimalitat. Algorismes descendents. Determinació de direccions de descens: mètodes de Newton i quasi-Newton. Procediments de cerca lineal. Problemes amb constriccions: condicions d'optimalitat de Karush-Kuhn-Tucker, interpretacions geomètriques. Mètodes de punt factible. Introducció elemental als mètodes de penalització i barrera.
4. Introducció als mètodes de punt interior per a la Programació lineal i convexa: L'algorisme primal-dual per a la Programació lineal. Mètodes d'escalat afí. Transformacions projectives. Algorisme d'escalat afí. Cerca d'una solució interior inicial factible. Algorismes projectius. Extensions a la Programació convexa.

## Coneixements previs necessaris

Àlgebra Lineal, Càlcul 1, Càlcul 2, Probabilitat i Estadística.

## Avaluació

Hi haurà una qualificació provinent de la realització de pràctiques numèriques amb un pes del 20% i dues més provinents de dos exàmens parcials, no compensatoris, amb pesos del 40% cadascuna. Aprovar la teoria és condició *sine qua non* per aprovar l'assignatura.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Ahuja, R.K; et alt.: *Network Flows: Theory, Algorithms, Applications*. Prent.-Hall, 1993.
- Nash, S.G.; Sofer, A.: *Linear and Nonlinear Programming*, McGraw Hill, 1996.
- Padberg, M.: *Linear Optimization and Extensions*. 2nd edition. Springer-Verlag, 1999.
- Taha, H.A.: *Operations Research: An Introduction for Network Programming*. Mac Millan, 1992.
- Vanderbei, R.J.: *Linear Programming, Foundations and Extesions*. Kluwer Academic Publishers, 1996.

### Referències complementàries:

- Bazaraa, M.S.; et alt.: *Nonlinear programming: Theory and Algorithms*. 2nd edition. Wiley, 1993.
- Bradley, S.P.; Hax, A.C.: *Applied mathematical programming*. Addison-Wesley, 1977.
- Hu, T.C.: *Integer Programming and Network Flows*. Addison-Wesley, 1970.
- Nemhauser, G.L.; Wolsey, L.: *Integer and Combinatorial Programming*. Wiley, 1988.
- Williams, H.P.: *Model Building in Mathematical Programming*. 3rd edition. Wiley, 1993.

# TOPOLOGIA

---

**CODI:** 10014

**Càrrega docent:** 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

**Professor coordinador:** Pere Pascual Gainza

**Altres professors:** Javier Vindel Losilla

## Objectius del curs

En aquesta assignatura s'introdueix el llenguatge bàsic de la topologia general (capítols 1 a 6) i els primers conceptes de la topologia algebraica (capítols 7 i 8).

Quant a la topologia general, l'objectiu és que els estudiants assoleixin els conceptes generals de continuïtat, compacitat, connexió, etc. El temari comença amb un capítol dedicat als espais mètrics que serveix, alhora, de fil conductor per motivar i contrastar les diferents nocions que s'aniran introduint al llarg del curs.

L'objectiu de la segona part és l'estudi de la topologia del pla a partir de la noció d'índex d'una corba tancada i la introducció del concepte d'homotopia.

## Programa

1. Espais mètrics: Boles obertes i tancades. Conjunts oberts. Aplicacions contínues. Distàncies equivalents.
2. Espais topològics: Oberts i tancats. Bases, subbases, entorns. Aplicacions contínues.
3. Construcció d'espais topològics: Subespais. Productes. Quocients. Adjunció.
4. Connexió: Espais connexos. Components connexos. Continuïtat i connexió. Teorema del valor intermedi. Espais arc-connexos; components arc-connexos. Espais localment connexos i localment arc-connexos.
5. Compacitat: Espais compactes. Teorema de Heine-Borel. Teorema de Tychonoff i aplicacions. Espais localment compactes. Compactació d'Alexandroff. Compacitat en espais mètrics.
6. Axiomes de separació: Axiomes de separació  $T_i$ ; espais de Fréchet, de Hausdorff, regulars i normals. Lema d'Urysohn. Teorema d'extensió de Tietze. Teorema de metritzabilitat d'Urysohn.
7. Homotopia d'aplicacions contínues: Aplicacions homòtopes. Tipus d'homotopia d'un espai. Espais contràctils. Retractes de deformació. El conjunt de les classes d'homotopia  $[X, Y]$ .  $H^1(X)$ . Functorialitat de  $H^1$ .  $H^1(S^1)$ .
8. Aplicacions a la topologia del pla: Índex d'una corba tancada. Els teoremes clàssics: Poincaré-Böhl, Rouché, Bolzano. El teorema del punt fix de Brouwer. El teorema fonamental de l'àlgebra. Teoremes de Borsuk-Ulam i de la invariància de la dimensió. Criteris de separabilitat. El teorema de la corba de Jordan.

## Coneixements previs necessaris

Càlcul 1, Càlcul 2, Àlgebra Lineal i Geometria.

## Avaluació

L'avaluació dels coneixements adquirits es farà per mitjà d'exercicis al llarg del curs i d'una prova final escrita que contindrà un apartat de qüestions teòriques i un altre de problemes.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Armstrong, M.A.: *Topología básica*. Reverté, 1987.
- Kosniowski, C.: *Topología algebraica*. Barcelona: Reverté, 1986.
- Munkres, J.R.: *Topology, a first course*. Prentice Hall, 1975.
- Sieradski, A.: *An introduction to topology and homotopy*. Boston, PWS-KENT, 1992.
- Wall, C.T.C.: *A geometric introduction to topology*. Dover, 1993.

### Referències complementàries:

- Buskes, G.; van Rooij, A.: *Topological spaces*. Springer V. , 1997.
- Hocking, J.; Young, G.: *Topology*. Dover, 1988.
- Jänich, K.: *Topology*. Springer, 1984.
- Massey, W.: *A basic course in algebraic topology*. Springer, 1991.
- Singer, I.M.; Thorpe, J.A.: *Lecture Notes on Elementary Topology and Geometry*. Springer Verlag, 1976.

### Altres referències:

- Pascual, P.; Roig, A.: *Apunts de Topologia*. FME, 1998.





# 3r CURS - 1r QUADRIMESTRE

---

# EQUACIONS DIFERENCIALS 1

---

**CODI:** 10013

**Càrrega docent:** 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

**Professora coordinadora:** M. Teresa Martínez-Seara Alonso

**Altres professors:** Pere Gutiérrez Serres, Jordi Villanueva Castelltort

## Objectius del curs

L'assignatura se centrarà en els aspectes teòrics i pràctics fonamentals de l'estudi de les equacions diferencials ordinàries, posant èmfasi en les successives tècniques que, des de la resolució mitjançant funcions elementals, i passant pels mètodes analítics, desemboquen en la teoria qualitativa. Per a això es proporcionarà als alumnes el desenvolupament teòric rigorós, i també es promocionarà l'habilitat i la desinhibició en el càlcul, tot primant les aplicacions a altres branques de la ciència. El Programa està integrat dins d'una perspectiva històrica, que relacionarà i sedimentarà els diversos conceptes, i donarà la visió de l'estat actual d'aquesta branca de les matemàtiques.

## Programa

1. Sistemes lineals amb coeficients constants: Sistemes homogenis i no homogenis; teorema d'existència i unicitat. Càlcul de l'exponencial d'una matriu. Les solucions fonamentals. Solucions reals i complexes. El cas d'una equació d'ordre  $n$ . Els sistemes no homogenis: Determinació de solucions particulars. Fórmula de variació de paràmetres. La transformació de Laplace. Estabilitat i ressonància.
2. Els sistemes lineals: Teorema d'existència i unicitat. Diferenciabilitat respecte de les condicions inicials i els paràmetres. No integrabilitat per mètodes elementals (exemple). Estructura de les solucions. Solució fonamental. Wronskià. Teorema de Liouville. Conseqüències. Fórmula de variació de paràmetres.
3. Els sistemes lineals periòdics: Teorema de Floquet. Matriu de Monodromia. Aplicació de Poincaré. Els sistemes d'ordre dos. L'equació de Hill. Ressonància paramètrica.
4. Els teoremes fonamentals: Equacions en forma normal. Equacions i sistemes equivalents. Sistemes autònoms i no autònoms. El problema de Cauchy. Teorema d'existència i unicitat: mètode de Picard i mètode d'Euler. Prolongació de solucions. Regularitat respecte de condicions inicials i paràmetres. Equacions variacionals. Aplicacions.
5. El problema de la resolució: Evidència de la no-integrabilitat per mètodes elementals. Solució per desenvolupament en sèrie. Teorema de Poincaré. Punts singulars regulars: el mètode de Frobenius. Equacions de Legendre i de Bessel. Les funcions especials (miscel·lània). Limitacions al mètode d'integració per sèries. Exemples. El concepte d'integrabilitat mitjançant integrals primeres. Equacions exactes i reduïbles a exactes. Els sistemes hamiltonians en un grau de llibertat. Limitacions.
6. El punt de vista geomètric i qualitatiu: Camp vectorial associat a una equació autònoma. Noció de sistema dinàmic. Teorema de Vinograd. Elements notables d'un sistema dinàmic. Equivalència de sistemes dinàmics. Flux definit pels sistemes lineals d'ordre 2. Equivalència.

7. Estudi local de fluxos: Els punts regulars: el teorema del redreçament. Els punts fixos: el teorema de Hartmann. Les òrbites periòdiques: l'aplicació de Poincaré, les equacions variacionals i el teorema de Hartmann. Estabilitat: punt de vista de Poincaré i Lyapunov. Els casos degenerats (Blow-up).
8. Estudi global dels sistemes dinàmics al pla: Atractors i conjunts límit. La teoria de Bendixson-Poincaré. Compactificació de Poincaré i comportament a l'infinit. Retrats de fase globals. L'equació de Lienard.
9. Perspectiva històrica i de futur: Origen de les equacions diferencials ordinàries. Desenvolupament en els segles XVIII i XIX. El problema de la resolució. El mètode analític de Poincaré i Lyapunov. El problema de l'estabilitat del sistema solar. El punt de vista qualitatiu. Desenvolupament en el segle XX. Caos. Estat actual. Problemes pendents.

## Coneixements previs necessaris

Càlcul 1, Càlcul 2, Càlcul 3, Anàlisi Real, Àlgebra i Geometria.

## Avaluació

Hi haurà una nota de les classes de pràctiques i una altra d'un examen final.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Arnold, V.I. *Ordinary Differential Equations*. M.I.T. Press, Cambridge, MA, 1973.
- Braun, M. *Differential Equations and Their Applications*. Springer-Verlag, 1993.
- Coddington, E.A.; Levinson, N. *Theory of Ordinary Differential Equations*. McGraw-Hill, 1955.
- Guzman, M. De. *Ecuaciones diferenciales ordinarias: Teoría de estabilidad y control*. Alhambra, Madrid, 1975.
- Martínez Carracedo, C.; Sanz Alix, M.A. *Introducción a las ecuaciones diferenciales ordinarias*. Reverté, Barcelona, 1991.

### Referències complementàries:

- Guckenheimer, J.; Holmes, P. *Nonlinear Oscillations, Dynamical Systems, and Bifurcations of Vector Fields*. Springer-Verlag, New York, 1986.
- Hirsch, M.W.; Smale, S. *Ecuaciones diferenciales, sistemas dinámicos y álgebra lineal*. Alianza Universidad, Madrid, 1983.
- Nagle, R.K.; Saff, E.B. *Fundamentos de ecuaciones diferenciales*. Addison-Wesley Iberoamericana, 1992.
- Sotomayor, J. *Lições de equações diferenciais ordinárias*. IMPA, Brasil, 1979.
- Zill, D.G. *Ecuaciones diferenciales con aplicaciones*. Grupo Editorial Iberoamérica, 1988.

# GEOMETRIA DIFERENCIAL 1

---

**CODI:** 10018

**Càrrega docent:** 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

**Professor coordinador:** Carles Victòria Monge

**Altres professors:** Carles Padró Laimon, Pau Martín de La Torre

## Objectius del curs

Aquesta assignatura vol donar una primera visió de la Geometria Diferencial, a partir del que es pot considerar un curs bàsic sobre corbes i superfícies de l'espai  $\mathbb{R}^3$ , així com una introducció a les varietats diferenciables.

La primera part té com a objectiu establir les relacions locals i globals entre les formes explícita, implícita i parametritzada de subvarietats de l'espai euclidià. Les eines fonamentals són els teoremes de la funció inversa i implícita.

En la secció dedicada a corbes es pretén que l'estudiant domini l'ús de les fórmules de Frenet i la seva aplicació a la teoria local de corbes. Pel que fa a superfícies, l'objectiu és aconseguir un bon coneixement de l'aplicació de Gauss i de la geometria intrínseca, com també el maneig amb suficiència del càlcul amb coordenades.

## Programa

1. Interpretació geomètrica dels teoremes del Càlcul Diferencial: Expressions explícita, implícita i paramètrica. Relacions locals i globals. Exemples.
2. Corbes: Corbes parametritzades regulars; longitud; el triedre de Frénet; teorema d'existència i unicitat; forma canònica; hèlixs.
3. Superfícies I: Superfícies com a subvarietats d' $\mathbb{R}^3$  i parametritzades; pla tangent; aplicació tangent; àrea i primera forma fonamental.
4. Superfícies II: Aplicacions de Gauss i Weingarten; segona forma fonamental; curvatura; forma canònica i indicatriu de Dupin; símbols de Christoffel; equacions de Gauss i Codazzi-Mainardi i teorema *egregium*; teorema de Bonnet.
5. Superfícies III: Derivada covariant; transport paral·lel; curvatura geodèsica; geodèsiques.
6. Superfícies IV: Aplicació exponencial i coordenades geodèsiques. Completesa. Teorema de Gauss-Bonnet.

## Coneixements previs necessaris

Càlcul 1, Càlcul 2, Àlgebra Lineal i Geometria.

## Avaluació

Es valorarà el treball realitzat a les classes pràctiques, juntament amb una prova parcial (fins a un 30% de la nota final), i l'examen final del conjunt de l'assignatura.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Carmo, M.P. do. *Geometría diferencial de curvas y superficies*. Alianza Universidad, Madrid, 1990.
- Cordero, L.; Fernández, M.; Gray, A. *Geometría Diferencial de Curvas y Superfícies*. Addison-Wesley Iberoamericana, Wilmington, 1995.
- Girbau, J. *Geometria diferencial i relativitat*. Publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, 1993.
- Lipschutz, M. *Geometría Diferencial (Schaum)*. McGraw-Hill, Madrid, 1991.
- Novikov, S.P.; Fomenko, A.T. *Basic Elements of Differential Geometry and Topology*. Kluwer, Dordrecht, 1990.

### Referències complementàries:

- Berger, M.; Gostiaux, B. *Differential Geometry. Manifolds, Curves and Surfaces*. Springer-Verlag, Nova York, 1988.
- Fedenko, A.S. *Problemas de Geometría Diferencial*. Mir, Moscú, 1991.
- Spivak, M. *A Comprehensive Introduction to Differential Geometry* (vol. 1). Publish or Perish, Berkeley, 1979.
- Stillwell, J. *Geometry of Surfaces*. Springer-Verlag, New York, 1992.
- Struik, D.J. *Lectures on Classical Differential Geometry*. Ed. Dover, (2a edició), Nova York, 1988.

# MÈTODES NUMÈRICS 2

---

**CODI:** 10011

**Càrrega docent:** 3 crèdits teòrics + 4,5 crèdits pràctics

**Professor coordinador:** Antonio Huerta Cerezuela

**Altres professors:** Pedro Díez Mejía

## Objectius del curs

Proporcionar una sòlida perspectiva del conjunt dels mètodes numèrics basats en aproximació funcional, integració numèrica i resolució d'equacions no lineals que s'utilitzen en el càlcul i el disseny. Durant el curs s'aprofundirà en la concepció i la fonamentació de mètodes com ara les tècniques de mínims quadrats, en particular les basades en aproximació polinòmica. Com a cas general del problema de mínims quadrats, es tractarà la resolució de sistemes sobredeterminats a partir de les seves equacions normals o de tècniques de descomposició.

S'estudiaran també els conceptes bàsics de la interpolació seccional.

A continuació s'estudia la integració numèrica de dos punts de vista diferents: mètodes amb predefinició dels punts de base (quadratures de Newton-Cotes) i mètodes amb els punts de base lliures (quadratures de Gauss). El curs finalitza amb la resolució d'equacions no lineals en què, després d'estudiar zeros d'equacions qualssevol i arrels de polinomis, s'analitzen els mètodes usals per a la resolució de sistemes d'equacions no lineals.

## Programa

1. Conceptes bàsics d'aproximació funcional: Objectiu i utilitat de l'aproximació. Funcions tipus d'aproximació. Criteris d'aproximació: normes i seminormes de funcions, mesures d'error.
2. Aproximació funcional, tècniques de mínims quadrats: Introducció i plantejament general. Sistemes ortogonals i aplicacions. Aproximació trigonomètrica. Altres aproximacions per mínims quadrats.
3. Resolució de problemes de mínims quadrats: Sistemes sobredeterminats. Mètodes d'ortogonalització. Descomposició en valors singulars. Definició i càlcul de la pseudo-inversa.
4. Interpolació seccional: Motivacions: limitacions de la interpolació i aproximació polinòmica. Splines emprats més comuns: C0, C1 i C2. Extensions a corbes de Bezier i B-splines.
5. Integració numèrica: Integració de Newton: formulació general i particularització a punts equiespaiats. Integració de Gauss: formulació general i quadratures usals. Integració mixta. Tècniques de millora de la integració. Convergència. Integració de funcions amb punts de discontinuïtat i singularitats. Integració múltiple.
6. Resolució d'equacions no lineals: Solució d'equacions qualssevol: plantejament general dels mètodes iteratius (definicions i criteris de convergència, teoremes de punt fix, condicions asimptòtiques), mètode de la bisecció, aproximacions successives, mètode de Newton i derivats, acceleració de convergència.
7. Mètodes iteratius per sistemes d'equacions: Mètodes iteratius per sistemes lineals: mètodes estacionaris de primer grau. Mètodes de sobrerelaxació. Sistemes no lineals: mètodes de punt fix, mètode de Newton-Raphson i derivats, mètodes quasi-Newton, mètodes Newton secants, criteris de convergència, acceleracions de convergència, mètodes de continuació.

## Avaluació

La nota final estarà determinada pels exàmens, els treballs del curs i les pràctiques.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Axelsson, O. *Iterative solution methods* Ed. Cambridge University Press, Cambridge, 1993.
- Dahlquist, G.; Björck, A. *Numerical methods*. Ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1974.
- Hamming, R.W. *Numerical methods for scientists and engineers*. Ed. Dover Publications, New York, 1986.
- Hildebrand, F.B. *Introduction to numerical analysis (2a edició)*. Ed. Dover Publications, New York, 1987.
- Ralston, A.; Rabinowitz, P. *A first course in numerical analysis (2a edició)*. Ed. Mc Graw-Hill, New York, 1978.

### Referències complementàries:

- Ciarlet, P.G. *Introduction à l'analyse numérique matricielle et à l'optimisation (3a edició)*. Ed. Masson, Paris, 1990.
- Ortega, J.M.; Rheinboldt, W.C. *Iterative solution of nonlinear equations in several variables*. Ed. Academic Press, San Diego, 1970.
- Press, W.H. et al. *Numerical Recipes, The Art of Scientific Computing*. Ed. Cambridge University Press, Cambridge, 1989.
- Schumaker, L. *Spline Functions Basic Theory*. Ed. Krieger, 1993.
- Stoer, J.; Bulirsch, R. *Introduction to Numerical Analysis*. Ed. Springer-Verlag, New York, 1993.





# 3r CURS – 2n QUADRIMESTRE

---

# EQUACIONS DIFERENCIALS 2

---

**CODI:** 10020

**Càrrega docent:** 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

**Professora coordinadora:** Marta València Guitart

**Altres professors:** Josep Masdemont Soler

## Objectius del curs

El nostre objectiu és presentar els punts més importants dins de la teoria d'equacions en derivades parcials i proporcionar una bona base per als estudiants que desitgin seguir estudis més avançats. Tenint en compte la seva rel·levància en les aplicacions físiques, donarem especial èmfasi a les anomenades Equacions de la Física Matemàtica, és a dir, a l'equació d'ones, l'equació del potencial i l'equació de la calor.

## Programa

1. Equacions en derivades parcials lineals de  $2n$  ordre: Definicions i exemples. Característiques. Problema de Cauchy. Teorema de Cauchy-Kovalesky. Classificació i forma canònica. Principi de superposició.
2. L'equació d'ones: Solució de D'Alembert en un domini no acotat. Domini de dependència i domini d'influència. Solució de D'Alembert en un domini acotat. Propagació i reflexions d'ones. El mètode de separació de variables.
3. L'equació del potencial - l'equació de Laplace: Exemples de funcions harmòniques i transformacions invariants. Propietat de la mitjana. Principi del màxim i conseqüències. Funcions de Green. Principi de Dirichlet. Separació de variables. Mètode de les diferències finites. Dominis no acotats.
4. L'equació de la calor: Principi del màxim i conseqüències. Separació de variables. L'equació de la calor a la recta infinita.
5. Problemes de Sturm-Liouville.

## Coneixements previs necessaris

Primer cicle de la Llicenciatura de Matemàtiques i Càlcul 3.

## Avaluació

A més a més d'un examen final i de proves parcials, es valorarà el treball realitzat a les classes de problemes.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Courant, R.; Hilbert, D.: *Methods of Mathematical Physics*. Ed. John Wiley & Sons, 1989.
- Hellwig: *Partial differential equations*. Ed. Tembner. Stuttgart, 1977.
- Tijonov, A.N.; Samarsky A.D.: *Ecuaciones de la Física Matemática*. Ed. Mir, Moscou, 1983.
- Weinberger, H.F.: *Ecuaciones Diferenciales en Derivadas Parciales*. Ed. Reverté, Barcelona, 1986.
- Zachmanoglou, E.C.; Thoe, D.W.: *Introduction to Partial Differential Equations with Applications*. Ed. Dover, New-York, 1986.

### Referències complementàries:

- Bitsadze, A.V.; Kalinichenko, D.F.: *A collection of problems on the equations of mathematical physics*. Ed. Mir, Moscou, 1980.
- Budak, B.M.; Samarsky, A.D.; Tijonov, A.N.: *Problemas de la física matemática*. (Volum 1 i 2). Ed. Mc-Graw-Hill, Madrid, 1992.
- Kellogg, O.D.: *Foundations of Potential Theory*. Ed. Springer-Verlag, 1967
- Mijailov, V.: *Ecuaciones en Derivadas Parciales*. Ed. Mir, Moscou, 1978.
- Sobolev, S.L.: *Partial Differential Equations of Mathematical Physics*. Ed. Dover, New-York, 1989.

# GEOMETRIA DIFERENCIAL 2

---

**CODI:** 10025

**Càrrega docent:** 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

**Professor coordinador:** Miguel-C. Muñoz Lecanda

**Altres professors:** Carles Batlle Arnau, Narciso Roman Roy

## Objectius del curs

Basándose en los cursos previos de Cálculo, Topología y Geometría Diferencial, este curso pretende profundizar en el estudio de las ideas geométricas de la diferenciación e integración. Se introducen los conceptos de variedad diferenciable, campo vectorial y forma diferencial y se obtienen los resultados de diferenciación e integración con esos elementos, incluida la interpretación de los sistemas diferenciales y el teorema de Fröbenius. El curso termina con una introducción a la geometría de Riemann y al cálculo de variaciones.

El contenido del curso es básico para seguir diversas áreas de matemática y de sus aplicaciones entre las que es de destacar el estudio geométrico de los sistemas dinámicos y la teoría de control.

## Programa

1. Variedades y aplicaciones diferenciables: Definiciones y ejemplos. Funciones y aplicaciones diferenciables. Subvariedades, inmersiones y submersiones. Construcción de variedades diferenciables. Propiedades topológicas de las variedades diferenciables. Particiones de la unidad.
2. Cálculo diferencial en variedades: Espacio tangente. Fibrados tangente y cotangente. Estudio local de aplicaciones diferenciales. Campos vectoriales, curvas integrales y flujos. Campos tensoriales y formas diferenciales. Operadores diferenciales: Diferencial exterior, derivada de Lie. Relación entre operadores.
3. Sistemas diferenciales: Variedades integrales. Teorema de Fröbenius. Aplicaciones. Sistemas de Pfaff.
4. Integración en variedades: Orientabilidad. Integración de formas. Variedades con borde. Teorema de Stokes. Aplicaciones.
5. Variedades de Riemann: Métricas de Riemann. Longitud de una curva. Elemento de volumen. Conexiones lineales. Derivación covariante. Traslado paralelo. Curvatura y torsión. Expresiones locales. Campos geodésicos. Curvas geodésicas. Elementos del cálculo de variaciones. Ecuaciones de Euler-Lagrange. Aplicación exponencial.

## Coneixements previs necessaris

Càlcul 3, Geometria Diferencial 1

## Avaluació

Habrà un examen final global de la assignatura y notas de las clases de problemas y de las pruebas parciales de que se disponga.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Boothby, W. *An Introduction to Differentiable Manifolds and Riemannian Geometry*, Academic Press, New York, 1986.
- Conlon, L. *Differentiable Manifolds. A First Course*. Birkhäuser, Boston, 1993.
- Hicks, N. *Notes on Differential Geometry*, Van Nostrand Reinhold Co., London, 1971.
- Spivak, M. *A Comprehensive Introduction to Differential Geometry*, Vol. I, Publish or Perish Inc., Berkeley, 1979.
- Warner, F. *Foundations of Differentiable Manifolds and Lie Groups*, Springer-Verlag, New York, 1971.

### Referències complementaries:

- Abraham, R.; Marsden, J.; Ratiu, T. *Manifolds, Tensor Analysis and Applications*. Ed.:Springer-Verlag: New York, 1988
- Berger, M.; Gostiaux, B. *Differential geometry: Manifolds, curves and surfaces*, Springer-Verlag, New York, 1988.
- Bott, R.; Tu, L. *Differential Forms in algebraic Topology*, Springer -Verlag, New York, 1982.
- Curtis, W.D.; Miller, F.R. *Differential Manifolds and Theoretical Physics*. Academic Press Inc., New York, 1985.
- Guillemin, V.; Pollack, A. P.: *Differential Topology*, Prentice Hall, New jersey, 1974.

# MÈTODES NUMÈRICS 3

---

**CODI:** 10021

**Càrrega docent:** 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

**Professor coordinador:** Miquel Noguera Batlle

**Altres professors:** Josep M. Peris Llagostera

## Objectius del curs

Un dels conceptes matemàtics més emprats per diverses branques de la ciència o de la tecnologia és el de les equacions diferencials, ja que formen part de molts models matemàtics que intenten representar el comportament de fenòmens naturals, com per exemple: el moviment dels cossos sota l'atracció gravitatòria, la concentració de les diverses substàncies participants d'una reacció química, la deflexió d'una biga, l'evolució del voltatge en un circuit elèctric, l'evolució de la població dels diversos individus d'un ecosistema, etc. Malauradament, la resolució analítica d'aquests models generalment no és possible a causa de la seva complexitat; aleshores cal recórrer a les tècniques numèriques.

Aquesta assignatura té tres objectius principals: el primer vol donar una base sòlida dels mètodes existents per a la resolució del problema de condicions inicials d'equacions diferencials ordinàries. El segon, emprant altres mètodes numèrics ja vistos en cursos anteriors, tracta la resolució numèrica del problema de condicions frontera. El tercer i darrer objectiu consisteix que l'alumne obtingui una visió global dels mètodes numèrics vistos durant els tres cursos obligatoris de càlcul numèric de la llicenciatura, per a la qual cosa es veuen i es posen en pràctica algunes de les tècniques bàsiques de l'estudi qualitatiu de les equacions diferencials ordinàries.

## Programa

1. Introducció al llenguatge de Programació FORTRAN 90.
2. Equacions en diferències: Definicions i conceptes bàsics. Equacions en diferències lineals. Solució general.
3. Problema de valors inicials: Introducció als diferents tipus de mètodes. Errors, convergència, consistència, ordre, estabilitat i estabilitat absoluta.
4. Mètodes lineals multipàs i teorema de Dahlquist. Mètodes predictor-corrector. Mètodes Runge-Kutta i Runge-Kutta-Fehlberg. Equacions "Stiff".
5. Problema de valors frontera: Mètode de tir simple. Mètode de tir paral·lel. Mètode variacional.
6. Estudi qualitatiu d'equacions diferencials ordinàries: Càlcul d'òrbites periòdiques. Mètode de continuació. Aplicació de Poincaré.

## Coneixements previs necessaris

Física General, Informàtica 1, Informàtica 2, Mètodes Numèrics 1, Mètodes Numèrics 2 i Equacions Diferencials 1.

## Avaluació

La nota final s'obindrà de les notes parcials dels exàmens, els treballs i les pràctiques.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Butcher, J. *The Numerical Analysis of Ordinary Differential Equations*. Ed. John Wiley, 1987.
- Grau, M.; Noguera, M. *Càlcul Numeric*. Aula Teòrica 1. Edicions UPC, 1993.
- Keller, H.B. *Numerical Methods for two-point Boundary-Value Problems*. Ed. Dover, 1992
- Lambert, J.D. *Numerical Methods for Ordinary Differential Systems*. Ed. John Wiley, 1991.
- Stoer, J.; Bulirsch, R. *Introduction to Numerical Analysis*. (2a edició). Ed. Springer-Verlag, 1993.

### Referències complementàries:

- Arnold, V. *Ordinary Differential equations*. Ed. The Mit Press, 1973.
- Gear, C.W. *Numerical Initial Value Problems in Ordinary Differential Equations*. Ed. Prentice-Hall, 1971.
- García Merayo, F. *Fortran 90 Lenguaje de Programación*. Paraninfo, 1999.
- Henrici, P. *Discrete Variable Methods in Ordinary Differential Equations*. Ed. Jonh-Wiley, 1962.
- Hirsch, M.W.; Smale, S. *Differential Equations, Dynamical Systems, and Linear Algebra*. Ed. Academic Press, 1974.
- Parker, J.S.; Chua, L.O. *Practical Numerical Algorithms for Chaotic Systems*. Ed. Springer-Verlag, 1989.

# MODELS MATEMÀTICS DE LA FÍSICA

---

**CODI:** 10024

**Càrrega docent:** 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

**Professor coordinador:** Sebastià Xambó Descamps

**Altres professors:** Fernando Martínez Sáez

## Objectius del curs

Cenyint-nos en els camps de la mecànica dels medis continus, la termodinàmica i l'electromagnetisme, es tracta d'analitzar algunes de les interrelacions més fructíferes entre matemàtiques i física. Aquesta tasca ha de propiciar una comprensió més completa tant de les matemàtiques com de la seva aplicabilitat a problemes interessants del món real en els quals tinguin un paper important els coneixements dels dominis considerats.

## Programa

1. Mecànica clàssica: Espai de configuracions i espai d'estats. Formulació Lagrangiana i Hamiltoniana de la mecànica de Newton. Lleis de conservació. Teorema de Noether.
2. Mecànica de medis continus: Equació de conservació de la massa. Quantitat de moviment i forces que actuen sobre un medi. Principi de Cauchy i equacions del moviment. Fluids incompressibles (possiblement amb viscositat). Teorema de Bernoulli. Teorema de Kelvin (de la circulació). Teorema de Helmholtz (del flux rotacional). Relació constitutiva per a fluids newtonians. Equacions de Navier-Stokes.
3. Camps electromagnètics: Càrregues, corrents i equació de continuïtat de la càrrega. Camps electrostàtics. Teoria del potencial. Camps magnetostàtics. Materials magnètics. Inducció electromagnètica. Equacions de Maxwell. Ones electromagnètiques en el buit. Energia d'un camp electromagnètic. Fenòmens elèctrics i magnètics en medis materials. El grup de Lorentz. Formulació relativista del camp electromagnètic. Potencial electromagnètic. Aspectes quàntics del camp electromagnètic.
4. Nocions de termodinàmica. Primera llei de la termodinàmica (conservació de l'energia). Entropia. Segona llei de la termodinàmica. Introducció a la mecànica estadística.

## Coneixements previs necessaris

Anàlisi Real, Geometria Diferencial 1.

## Avaluació

Hi haurà un examen parcial, avaluat sobre 3 punts, i un examen final global, avaluat sobre 5 punts, i es podran obtenir fins a 2 punts amb activitats complementàries que estiguin definides en relació amb aspectes pràctics de la matèria.



## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Acheson, D.J.: *Elementary Fluid Dynamics*. Ed. Clarendon, 1992.
- Galindo, A, Pascual, P. *Quantum Mechanics*. EUDEMA Universidad. 1990-
- Gasiorowicz, S.: *Quantum physics*. (2<sup>a</sup> ed.) Wiley & Sons, 1996.
- Lorrain, P.; Corson, D.: *Campos y ondas electromagnéticas*. (5<sup>a</sup> ed.) Madrid: Ed. Selecciones Científicas, 1990.
- Marion, J.B.: *Dinámica clásica de las partículas y sistemas*. Ed. Reverté. 1991.

### Referències complementàries:

- Akhiezer, A.; Akhiezer, I.: *Électromagnétisme et ondes électromagnétiques*. Ed. Mir, 1988.
- Aris, R.: *Vectors, tensors, and the basic equations of fluid mechanics*. Ed. Dover, 1989.
- Felter, A.L.; Walecka, J.A.: *Theoretical mechanics of particles and continua*. McGraw-Hill, 1980.
- Girbau, J.: *Geometria diferencial i relativitat*. Manuals de la Universitat Autònoma de Barcelona 10, Publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona, 1993.
- Rañada, A.: *Dinámica clásica*. AU Textos, 1990.



# 4t CURS – 1r QUADRIMESTRE

---

# ÀLGEBRA ABSTRACTA

---

**CODI:** 10022

**Càrrega docent:** 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

**Professor coordinador:** Anna Rio Doval

## Objectius del curs

En aquesta assignatura es pretén que l'estudiant es familiaritzi amb les estructures bàsiques de l'Àlgebra. El curs comença amb l'estudi dels grups, que tindran un paper destacat a tota la resta del curs, els anells i els mòduls. A continuació, hi ha el tema central del curs: les equacions polinòmiques en una variable i la Teoria de Galois.

## Programa

### 1. Grups:

Conceptes bàsics. Subgrups normals. Teoremes d'isomorfisme.

Grups simètric i alternat.

Grups simples. Simplicitat de l'alternat. Grups resolubles. Teorema de Jordan-Hölder.

Grups que operen en un conjunt. Accions per translació i conjugació. Representacions de permutació.

p-grups. Teoremes de Sylow. Aplicacions.

### 2. Anells i mòduls:

Divisibilitat. Anells factorial, principals, euclidians.

Polinomis sobre anells factorial.

Polinomis simètrics. Teorema fonamental. Discriminant i resultant.

Mòduls i aplicacions lineals. Mòduls lliures.

Mòduls finitament generats sobre anells principals. Aplicacions a la classificació dels grups abelians finits i a la classificació d'endomorfismes.

### 3. Extensions de cossos i Teoria de Galois:

Extensions finites i algebraiques. Adjunció d'elements. Teorema de l'element primitiu.

Cos de descomposició. Clausura algebraica. Extensió d'immersions.

Extensions normals.

Separabilitat.

Grup de Galois. Teorema Fonamental de la Teoria de Galois.

Arrels de la unitat. Extensions ciclotòmiques. Extensions cíclics.

Equacions resolubles per radicals. Resolució per graus 2, 3 i 4. No resolubilitat de l'equació general de grau 5.

Aplicacions: Construccions amb regla i compàs, els tres problemes clàssics. Constructibilitat de polígons regulars.

Grup de Galois d'un polinomi. Resolvents. Càlculs explícits.

Extensions de Galois infinites. Topologia de Krull. Teorema fonamental.

## Coneixements previs necessaris

Els corresponents al primer cicle de la Llicenciatura de Matemàtiques.

## Avaluació

L'avaluació consistirà en un examen parcial no alliberatori (30%) i un examen final (70%).

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Fenrick, M. H. *Introduction to the Galois correspondence*. Birkhäuser: Boston, 1992.
- Rotman, J. *An introduction to the theory of groups*. 4<sup>a</sup> ed. Springer-Verlag: New York, 1994.
- Rotman, J. *Galois Theory*. Springer-Verlag: New York, 1990.
- Stewart, I. *Galois Theory*. 2<sup>a</sup> ed. Chapman and Hall: London, 1989.
- Xambó, S.; Delgado, F.; Fuertes, C. *Introducción al Álgebra*. 2 vols. Complutense: Madrid, 1993-94.

### Referències complementàries:

- Artin, E. *Galois Theory*. Notre Dame, 1966. Versió castellana: Ed. Vicens-Vives, 1970.
- Cohn, P.M. *Algebra*. 3 vols. John Wiley & Sons, 1982-91.
- Edwards, H. *Galois Theory*. Springer-Verlag, 1989.
- Lang, S. *Algebra*. 3<sup>a</sup> ed. Addison-Wesley, 1993.
- Waerden, B.L. van der. *Algebra*. 2 vols. Springer-Verlag, 1991.

# ANÀLISI COMPLEXA

---

**CODI:** 10023

**Càrrega docent:** 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

**Professor coordinador:** Xavier Cabré Vilagut

**Altres professors:** Albert Compta Creus

## Objectius del curs

L'objectiu d'aquesta assignatura és donar a l'estudiant les nocions bàsiques de les funcions d'una variable complexa. El primer resultat important del curs serà el teorema de Cauchy local, del qual es poden extreure moltes propietats de les funcions holomorfes. Posteriorment es pretén que l'alumne es familiaritzi amb la utilització del teorema dels residus i amb les seves aplicacions a la integració de funcions d'una variable i la sumació de sèries. L'última part estarà dedicada a l'estudi de les representacions conformes i a veure les relacions que hi ha entre les funcions holomorfes i les funcions harmòniques.

## Programa

1. Funcions holomorfes: Funcions de variable complexa. Derivació. Condicions de Cauchy-Riemann. Sèries de potències. Comportament a la frontera del disc de convergència. Funcions transcendents elementals. Determinacions holomorfes del logaritme.
2. Teoria local de Cauchy: Integral de línia. Càlcul d'integrals per primitives. Teorema de Cauchy local. Fórmula integral de Cauchy. Zeros de funcions analítiques. Principi de prolongació. Propietat de la mitjana i altres conseqüències.
3. Teorema de Cauchy: Cadenes i cicles. Índex d'una corba respecte a un punt. Teorema de Cauchy global. Homologia. Independència de la integral respecte de corbes homòlogues. Existència de primitives i determinació del logaritme en oberts simplement connexos. Principi de l'argument. Teorema de Rouché.
4. Funcions meromorfes: Singularitats. Desenvolupament en sèries de Laurent. Càlcul de residus. Teorema dels residus. Càlcul d'integrals. Sumació de sèries.
5. Convergència i aproximació de funcions analítiques: Teorema de Weierstrass i de Hurwitz. Famílies normals de funcions holomorfes. Aproximació per funcions racionals. Teorema de Runge.
6. Representació conforme: Transformacions conformes. Teorema de Schwarz. Automorfismes del disc. Transformacions de Möbius. Teorema de Riemann. Principi de reflexió de Schwarz. Fórmules de Schwarz-Christoffel.
7. Funcions harmòniques: Funcions harmòniques. Nucli de Poisson. Resolució del problema de Dirichlet al disc. Funció harmònica conjugada.

## Avaluació

Hi haurà una nota de una prova parcial i una altra d'un examen final.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Ahlfors, L.V. *Complex Analysis*. 3a ed. McGraw-Hill, 1979.
- Conway, J.B. *Functions of One Complex Variable*. Springer-Verlag, 1978.
- Derrick, W.R. *Variable compleja con aplicaciones*. Grupo Editorial Iberoamericano, México, 1987.
- Narasimhan, R. *Complex Analysis in one Variable*. Birkhäuser, 1985.
- Rudin, W. *Análisis Real y Complejo*. McGraw-Hill, 1987.

### Referències complementàries:

- Bak, J.; Newman, D.J. *Complex Analysis*. Springer-Verlag, 1982. Undergraduate texts in Maths.
- Boas, R.P. *Invitation to Complex analysis*. Random house, 1987.
- Lang, S. *Complex Analysis*. 3<sup>a</sup> ed. Springer-Verlag, 1988.
- Palka, B.P. *An Introduction to Complex Function Theory*. Springer-Verlag, 1991.
- Saks, S.; Zygmund, A. *Analytic functions*. 3<sup>a</sup> ed. Elsevier Pub. Company, 1971.





# 4t CURS – 2n QUADRIMESTRE

---

# ANÀLISI FUNCIONAL

---

**CODI:** 10026

**Càrrega docent:** 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

**Professor coordinador:** Joan Solà-Morales Rubió

**Altres professors:** Neus Cònsul Porras i Xavier Cabré Vilagut

## Objectius del curs

En aquesta assignatura es donen els resultats bàsics de l'Anàlisi Funcional Lineal i se n'introdueixen algunes aplicacions.

L'Anàlisi Funcional és la part de la Matemàtica que estudia els espais vectorials topològics (principalment, els espais de funcions) i les aplicacions lineals contínues (operadors) entre ells. A causa de la seva importància en les aplicacions, l'atenció del curs se centra en els espais de Banach i de Hilbert. També pensant en les aplicacions, s'estudien alguns espais de funcions importants i operadors diferencials i integrals entre ells.

## Programa

1. Introducció: Espais vectorials normats i espais de Banach. Operadors. Repàs d'integració de Lebesgue i completitud dels espais  $L_p$ . Introducció als espais de Sobolev.
2. Espais de Hilbert: Definicions i propietats elementals. Projeccions. Dualitat. Teorema de Lax-Milgram. Sumes hilbertianes. Introducció als problemes de contorn en dimensió  $u$ .
3. Teoremes Clàssics: Teoremes de Hahn-Banach, de Banach-Steinhaus, de l'aplicació oberta i de la gràfica tancada. Suplementaris topològics. Relacions d'ortogonalitat. Operadors adjunts.
4. Espais  $L_p$ : Dualitat. Reflexivitat. Subespais densos. Separabilitat.
5. Operadors Compactes i Operadors Compactes Autoadjunts: Teoria de Riesz-Fredholm. Espectre. Descomposició espectral d'un operador compacte autoadjunt.
6. Espais de Sobolev i problemes de contorn en dimensió  $u$ : Definicions. Solucions dèbils de problemes amb valors als extrems. Exemples. Funcions pròpies i descomposició espectral.

## Coneixements previs necessaris

Topologia, Anàlisi Real.

## Avaluació

Hi haurà una qualificació provinent de les classes de problemes, les proves parcials i l'examen final.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Brézis, H. *Análisis Funcional Teoría y Aplicaciones*. Alianza Editorial, Madrid, 1984.
- Lang, S. *Real and Functional Analysis*. 3ª ed. Springer-Verlag, New York, 1993.
- Hirsch, F. i G. Lacombe. *Elements of Functional Analysis*. Springer-Verlag, New York, 1999.
- Zeidler, E. *Applied Functional Analysis: Main Principles and Their Applications*. Springer-Verlag, 1995.
- Zeidler, E. *Applied Functional Analysis: Applications to Mathematical Physics*. Springer-Verlag, 1995.

### Referències complementàries:

- Dautray, R.; J.-L. Lions: *Mathematical Analysis and Numerical Methods for Science and Technology* (vol. 2). Ed. Springer-Verlag, Berlin, 1988.
- El Kacimi, A.: *Introducción al Análisis Funcional*. Ed. Reverté, Barcelona, 1994.
- Kolmogorov, A.N. i S.V. Fomin: *Introductory Real Analysis*. Ed. Dover, New York, 1975.
- Miklavcic, M.: *Applied Functional Analysis and Partial Differential Equations*. Ed. World Scientific Pub. Co., New Jersey, 1998.
- Triebel, H.: *Higher Analysis*. Ed. Johann Ambrosius Barth, Leipzig, 1992.

# TOPOLOGIA ALGEBRAICA

---

**CODI:** 10027

**Càrrega docent:** 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

**Professor coordinador:** Agustí Roig Martí

**Altres professors:** Jaume Amorós Torrent

## Objectius del curs

L'objectiu principal del curs és fer una introducció a la topologia algebraica. Generalment, el primer contacte amb la Topologia Algebraica presenta algunes dificultats a causa de la varietat de les noves tècniques que cal introduir (e.g. referents a l'Àlgebra Homològica). En aquest curs presentem aquestes tècniques en funció dels problemes geomètrics que es vulguin resoldre, i emfatitzem així el desenvolupament històric de les idees presentades.

Entre les aplicacions a  $\mathbb{R}^n$  estudiarem, per exemple, el teorema de punt fix de Brouwer, el grau d'una aplicació entre esferes de la mateixa dimensió i les seves aplicacions, o el teorema de separació de Jordan-Brouwer. Acabarem el curs amb el teorema de classificació de superfícies compactes i connexes.

## Programa

1. Poliedres i homologia simplicial: Símplexs i poliedres. Poliedres abstractes, realització geomètrica. Aplicacions simplicials. Cadenes simplicials. Grups d'homologia d'un complex simplicial. Exemples.
2. Introducció a l'àlgebra homològica: Complexos de cadenes. Grups d'homologia. Morfismes de complexos i morfismes induïts en homologia. Homotopia de complexos. Successions exactes.
3. Homologia simplicial II: Homologia d'un  $n$ -símplex. Homologia relativa: homologia de les esferes. Aplicacions. Successió exacta de Mayer-Vietoris, aplicacions i exemples.
4. Homologia singular: Símplex ordinari. Cadenes singulars d'un espai topològic: el complex singular. Homologia singular.  $H_0$  i arc-connexió.  $H_1$  i el grup fonamental. Invariància topològica de l'homologia singular. Característica d'Euler.
5. Successions exactes d'homologia: El teorema de les cadenes petites. Teorema d'excisió. Successió exacta d'una parella. Successió de Mayer-Vietoris. Exemples i aplicacions, el teorema del punt fix de Brouwer. Comparació amb l'homologia simplicial.
6. Aplicacions a  $\mathbb{R}^n$ : Homologia local: els teoremes d'invariància de la dimensió i de la vora. Homologia relativa. Els teoremes de separació i no separació. Teorema de Jordan-Brouwer i d'invariància del domini. Orientabilitat de varietats. Grau d'una aplicació entre esferes. Graus locals: el teorema de Bolzano.
7. Classificació de superfícies: Varietats topològiques. Triangulació de superfícies compactes. Superfícies orientades i no orientades. Suma connexa de superfícies. Teorema de classificació. Forma canònica d'una superfície compacta. Gènere d'una superfície i característica d'Euler.

## Avaluació

L'avaluació dels coneixements adquirits durant el curs es farà per mitjà d'una prova escrita que contindrà un apartat de qüestions teòriques i un altre de problemes. També es tindrà en compte la participació en les classes de problemes.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Greenberg M.; Harper J.R. *Algebraic Topology: A first course*. Benjamin/Cummings, Menlo Park, 1981.
- Munkres, J.R. *Elements of Algebraic Topology*. Addison-Wesley, Reading MA, 1984.
- Navarro, V.; Pascual, P. *Topologia Algebraica*, Edicions UB, 1999
- Rotman, J. *An Introduction to Algebraic Topology*. Springer-Verlag, New York, 1993.
- Vick, J. *Homology Theory, An Introduction to Algebraic Topology*. Springer-Verlag, New York, 1994.

### Referències complementàries:

- Bott, R.; Tu, L. *Differential forms in Algebraic Topology*. Springer-Verlag, New York, 1982.
- Dold, A. *Lectures on Algebraic Topology*. Springer-Verlag, 1972.
- Lefschetz, S. *Introduction to Topology*. Princeton U.P., 1971.
- Massey, W. *Singular homology theory*. Springer, 1980.
- Spanier, E. *Algebraic Topology*. Springer-Verlag, 1982.



## 5. PROGRAMES DE LES ASSIGNATURES OPTATIVES

---







# 1r QUADRIMESTRE

---

# ALGORÍSMICA

---

**CODI:** 11875

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Josep Díaz Cort

## Objectius del curs

Fer una introducció al disseny i a l'anàlisi d'algorismes seqüencials, posant èmfasi en la utilització òptima de les estructures dades.

## Programa

1. Introducció: El problema de la classificació
2. Introducció al LEDA.
3. Resolució de recurrències.
4. Algorismes golafres
5. Programació dinàmica.
6. Mètodes Probabilístics.
7. Algorismes aritmètics: Criptografia
8. Problemes intractables.

## Avaluació

L'avaluació de l'assignatura constarà d'un examen a mig curs (30% de la nota), d'un examen final (40% de la nota), així com de l'entrega de problemes i de la participació a classe (30% de la nota).

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Cormen, T.H.; Leiserson, C.E.; Rivest, R.L.: *Introduction to algorithms*. McGraw Hill, 1990.
- Ferri, F.; Albert, J.; Marin, G.: Introducció a l'anàlisi i disseny d'algorismes. Col·lecció Educació Materials. Universitat de València, 1998.
- Kozen: *Algorithms*. Springer-Verlag, 1992.
- Sedgwick, R.: *Algorithms in C++. Parts 1-4*. 3rd edition. Addison-Wesley, 1998.
- Sedgwick, R.; Flajolet, P.: *An introduction to the Analysis of Algorithms*. Addison-Wesley, 1996.

### Referències complementàries:

- Balcazar, J.; Díaz, J. i Gabarro, J.: *Structural Complexity I*. 2nd edition. Springer-Verlag, 1995.
- Graham, R.L.; Knuth, D.E.; Patashnik, O.: *Concrete Mathematics a foundation for computer science*. 2nd edition. Addison-Wesley, 1994.
- Knuth, D.E.: *The Art of Computer Programming. Volume 1. Fundamental Algorithms*. 3rd edition. Addison-Wesley, 1998.
- Knuth, D.E.: *The Art of Computer Programming. Volume 3. Sorting and Searching*. 2nd edition. Addison-Wesley, 1973.
- Mehlhorn, K., Nader, S.: *LEDA*. Cambridge University Press, 1999.

# AMPLIACIÓ DELS MODELS MATEMÀTICS DE LA FÍSICA

---

**CODI:** 12804

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Miguel C. Muñoz Lecanda

**Altres Professors:** Narciso Roman Roy

## Objectius del curs

Prenent com a base els cursos previs de física, càlcul i geometria que ha rebut l'alumne, es fa un estudi detallat dels diferents formalismes de la mecànica analítica clàssica, amb especial atenció als sistemes mecànics més interessants, com ara el moviment en un camp central i el sòlid rígid. Aquest estudi inclou la descripció geomètrica dels sistemes dinàmics i les seves simetries.

Els problemes constitueixen una part important del curs. Amb ells es pretén consolidar els conceptes estudiats i aplicar-los a casos concrets.

## Programa

1. Mecànica newtoniana. Estructura de l'espai-temps i lleis de Newton.
2. Mecànica lagrangiana. Càlcul variacional. Equacions d'Euler-Lagrange.
3. Mecànica hamiltoniana. Varietats simplèctiques. Transformació de Legendre. Equacions de Hamilton.
4. Simetries en els formalismes lagrangiana i hamiltoniana. Teorema de Noether.
5. El sòlid rígid. Tensor d'inèrcia. El grup  $SO(3)$ . Equacions d'Euler.

## Coneixements previs necessaris

Les assignatures bàsiques de càlcul, àlgebra i geometria, Física General, Equacions Diferencials 1, Geometria Diferencial 2 i Models Matemàtics de la Física.

## Avaluació

Hi haurà un examen final de l'assignatura, i notes de les classes de problemes i dels treballs realitzats.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Arnold, V.I: *Mathematical methods of classical mechanics*. Springer-Verlag, Berlin, 1989.
- José, J.V; Saletan, E.J: *Classical dynamics. A contemporary approach*. Cambridge University Press, Cambridge, 1999.
- Scheck, F: *Mechanics: from Newton's laws to deterministic chaos*. 2a ed. Springer-Verlag, Berlin, 1994.
- Whittaker, E.T: *A treatise on the analytical dynamics of particles and rigid bodies*. 4ed. Cambridge University Press, Cambridge, 1947.
- Woodhouse, N.M.J: *Introducción a la mecánica analítica*. Alianza Editorial, Madrid, 1990.

### Referències complementàries:

- Abraham, R; Marsden, J.E: *Foundations of mechanics*. Addison-Wesley, Reading, 1978.
- Curtis, W.D; Miller, F.R: *Differential manifolds and theoretical physics*. Academic Press, San Diego, 1985.
- Goldstein, H: *Classical mechanics*. Addison Weley, Reading, 1980.
- Libermann P; Marle, Ch.M: *Symplectic geometry and analytical mechanics*. D. Reidel, Dordrecht, 1987.
- Marsden, J.E; Ratiu, T.S: *Introduction to mechanics and symmetry: a basic exposition of classical mechanics systems*. Springer- Verlag, Berlin, 1995.

# ANÀLISI NUMÈRICA

---

**CODI:** 11877

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Josep Sarrate Ramos

## Objectius del curs

Introduir els fonaments de la resolució numèrica d'equacions en derivades parcials pel mètode de diferències finites per als models matemàtics clàssics de la física. Això permetrà estudiar amb rigor els temes inherents als mètodes en diferències i, a més, aprofundir des d'una perspectiva global en temes específics d'anàlisi numèrica: interpolació, mètodes iteratius per sistemes lineals, autovalors, etc. A més, es proporcionarà una sòlida base per a l'anàlisi numèrica d'esquemes en diferències per a la resolució de problemes no purament acadèmics. Per això s'insistirà fonamentalment en les equacions parabòliques i el·líptiques.

## Programa

1. Introducció i conceptes generals: Plantejament del problema: EDPs Lineals de 2n Ordre. Classificació dels problemes, aspectes fonamentals per a la seva resolució numèrica. Condicions de contorn. Operadors en diferències: definicions, propietats, aplicacions. Anàlisi de convergència, estabilitat i consistència.
2. Solució numèrica d'equacions parabòliques: Problema unidimensional amb coeficients constants. Sistemes d'equacions diferencials. Equacions amb coeficients no constants. Problema multidimensional, condicions de contorn. Equacions no lineals. Recapitulació i recomanacions.
3. Solució numèrica d'equacions el·líptiques: Plantejament de les equacions. Mètodes iteratius: mètodes clàssics, mètodes específics, acceleracions de convergència, acotacions analítiques de coeficients òptims, mètodes iteratius per a matrius no simètriques i no definides positives (mètodes de Krylov). Problemes de valors propis. Introducció als mètodes integrals per EDPs.
4. Solució numèrica d'equacions hiperbòliques: Mètode de les característiques. Mètode explícit. Mètodes implícits. Condicions de contorn per a dominis infinits. Mètodes específics per a equacions de primer ordre, concepte de ponderació a contracorrent.

## Avaluació

La nota final estarà determinada pels exàmens, els treballs del curs i les pràctiques.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Ames, W. F.: *Numerical methods for Partial Differential Equations*, (Second Edition). Ed. Academic Press, Orlando, Florida, 1977.
- Hoffman, J.D.: *Numerical Methods for Engineers and Scientists*. Ed. McGraw-Hill, Nova York, 1992.
- Legras, J.: *Méthodes et Techniques de l'Analyse Numérique*. Ed. Dunod, Paris, 1971.
- Mitchell, A. R.; Griffiths, D.F.: *The finite Difference Method in Partial Differential Equations*. Ed. John Wiley & Sons, Nova York, 1985.
- Richtmyer, R.D.; Morton, K.W.: *Difference Methods for Initial-Value Problems*. Ed. Interscience Publishers. Nova York, 1967 (2a ed.).

### Referències complementàries:

- Golub G.H.; Van Loan, C.F.: *Matrix Computations*. Ed. The John Hopkins University Press, Baltimore and London, 1989.
- Hageman, L. A.; Young, D.M.: *Applied Iterative Methods*. Ed. Academic Press, Nueva York, 1981.
- Marchuk, G.I.; Shaidurov, V.V.: *Difference Methods and Their Extrapolations*. Ed. Springer-Verlag, Nova York, 1983.
- Press, W.H.; Flannery, B.P.; Teukolsky, S.A.; Vetterling, W.T.: *Numerical Recipes. The Art of Scientific Computing*. Ed. University Press, Cambridge, 1989.
- Stoer, J.; Bulirsch, R.: *Introduction to Numerical Analysis*. Ed. Springer-Verlag, Nova York, 1993.

# COMBINATÒRIA

---

**CODI:** 11867

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Oriol Serra Albó

**Altres professors:** Marc Noy Serrano

## Objectius del curs

El curs vol cobrir dos aspectes bàsics de la combinatòria: tècniques d'enumeració i estudi d'estructures combinatòries. Pel que fa al primer, es tracta tant d'adquirir maduresa en l'ús de tècniques d'enumeració com de conèixer algunes de les famílies clàssiques de nombres combinatoris. Pel que fa al segon, es tractaran aspectes combinatoris relatius a conjunts parcialment ordenats, geometries finites, dissenys combinatoris i quadrats llatins.

## Programa

1. Combinatòria enumerativa bàsica: Combinacions i Permutacions. Coeficients binomials i multinomials. Principi d'inclusió-exclusió. Particions d'enters i particions de conjunts. Cicles en permutacions.
2. Equacions de recurrència i funcions generadores: Equacions de recurrència lineals. El mètode simbòlic. Funcions generadores ordinàries i exponencials. Inversió de Lagrange. Funcions generadores multivariades.
3. Conjunts parcialment ordenats: Teorema de Dilworth. Lema de Sperner. Teorema d'Erdős-Ko-Rado. Teorema de Kruskal-Katona.
4. Geometries finites: Espais lineals. Teorema de Bruijn-Erdős. Plans projectius. Teorema de Bruck-Ryser. Coeficients de Gauss. Geometries parcials. Quadrangles i exàgons generalitzats.
5. Dissenys combinatoris: Propietats bàsiques. Dissenys quadrats. Teorema de Bruck-Ryser-Chowla. Dissenys de Hadamard. Sistemes de Steiner. Conjunts de diferències. Teorema de Singer.
6. Quadrats llatins: Permanents. Enumeració de quadrats llatins. Quadrats llatins ortogonals. Teorema de Mac Neish. Conjectura d'Euler.

## Coneixements previs necessaris

Càlcul 1, Àlgebra, Teoria de Grafs.



## Avaluació

Es farà una prova a meitat de curs i un examen final. Es consideraran valoracions complementàries per mitjà d'activitats relacionades amb les pràctiques.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Cameron, P. *Combinatorics topics, techniques, algorithms*, Cambridge University Press, 1994.
- Hall, M. *Combinatorial Theory*. 2<sup>a</sup> ed. John Wiley and sons, 1986.
- Lint, J.H. van; Wilson, R.M. *A Course in Combinatorics*. 2<sup>a</sup> ed. Cambridge University Press, 1992.
- Matousek, J. Nešetřil, J. *An Invitation to Discrete Mathematics*, Oxford University Press, 1998.
- Stanley, R. *Enumerative Combinatorics*. Vol. 2 Cambridge University Press, 1999.

### Referències complementàries:

- Biggs, N.L. *Matemática discreta*. Ed. Vicens Vives, 1994.
- Comellas, F; Fàbrega, J; Sànchez, A; Serra, O. *Matemàtica discreta*. Edicions UPC, 1994.
- Lovasz, L.; Graham, R.L.; Grötschel, M. *Handbook of Combinatorics*. Ed. North-Holland, 1995.
- Stanton, D.; White, D. *Constructive Combinatorics*. Ed. Springer-Verlag, 1986.
- Wilf, H.: *Generating Functionology*. Ed. Academic Press, 1990.

# DIDÀCTICA DE LA MATEMÀTICA

---

**CODI:** 11869

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Claudi Alsina Català

## Objectius del curs

Ensenyar matemàtiques en qualsevol nivell és una tasca apassionant i difícil. Per fer-ho cal saber matemàtiques i moltes altres coses que permetin descobrir les claus de l'aprenentatge, l'adequació dels continguts, les estratègies i els recursos que cal emprar, etc., i tot allò que envolta la relació humana i emocional que domina l'acció educativa.

L'assignatura vol ser una eina de formació inicial i intentarà fer descobrir aspectes essencials d'una professió que es mereix ser cultivada i estimada. L'assignatura combinarà sessions diverses i pressuposa una activa participació dels estudiants.

## Programa

1. L'ofici d'ensenyar matemàtiques: Ensenyar matemàtiques avui. Una revisió crítica. Un decàleg per al professorat de matemàtiques.
2. La tradició d'ensenyar matemàtiques. L'evolució de l'ensenyament. L'educació matemàtica espanyola i catalana del segle XX.
3. Tendències actuals en l'ensenyament matemàtic: Les actuals reformes. Canvis de continguts i reequilibris. Models docents. Els temes que més preocupen. Els nous currículums.
4. Dinàmiques de classe i recursos: Formes alternatives de fer docència. El llibre de text. Recursos audiovisuals. Recursos computacionals. Material. El laboratori-taller de matemàtiques. Visites i activitats externes. Els clubs matemàtics. Internet.
5. Matemàtiques i raonament. Raonament inductiu. Raonaments plausibles, proporcionals, espacials, deductius. Les demostracions. Visualització.
6. Les dificultats en l'aprenentatge de les matemàtiques. Dificultats relatives a l'organització escolar, a la metodologia, al currículum, d'aprenentatge inherents a l'assignatura. Els llenguatges. Tractament de la diversitat a classe.
7. La resolució de problemes. Tipologies de problemes i estratègies de resolució. Aspectes tècnics i emocionals. Problemes i realitat. Problemes i recreació. Olimpíades matemàtiques. Taller de problemes.
8. Matemàtiques, realitat i eixos transversals: Connexions matemàtiques. Realitat i modelització. Matemàtiques i salut, medi ambient, economia, consum. Matemàtiques i democràcia. Matemàtiques i coeducació.
9. Avaluació. Tipus d'avaluacions. Perversitats avaluadores. Estratègies d'avaluació. Noves tendències. *Cooperative learning*.
10. Ensenyar nombres: Nombres naturals. Operacions. Inducció. Comptes. Nombres enters. Nombres racionals. Nombres reals. Nombres amb història.
11. Ensenyar àlgebra i matemàtica discreta: Models algebraics. Variables. Equacions i inequacions. Representacions gràfiques. Estructures algebraiques. Els sistemes axiomàtics. Estructures discretes: grafs, matrius, successions. Algorismes.
12. Ensenyar geometria: Geometria i realitat. Taller de geometria. Temes mètrics. Temes analítics. Transformacions. Pla i espai.
13. Ensenyar funcions: Fenòmens i funcions. Taules. Aproximació qualitativa. Aproximació quantitativa. Gràfiques. Corbes. Funcions polinòmiques. Trigonometria bàsica. Raons i funcions. Funció exponencial. Funció logarítmica.

14. Ensenyar estadística i probabilitat: Fonaments d'estadística. Dades. Representació i anàlisi de dades. L'ofici estadístic. Les estadístiques a Catalunya. Fenòmens aleatoris i d'atzar. Models no deterministes. Probabilitats. Variables. Lleis. Simulació.

## **Coneixements previs necessaris**

Una bona base de coneixements matemàtics en relació amb el nivell d'exercici docent preferit.

## **Avaluació**

L'avaluació serà continuada i inclourà els següents elements:

- assistència i participació activa a les classes.
- lectura prèvia a les classes de documents de reflexió.
- elaboració d'uns apunts-dossier del curs amb aportacions personals.
- preparació d'un treball sobre un tema que s'exposarà oralment i es lliurarà posteriorment desenvolupat.

## **Bibliografia**

### **Referències bàsiques:**

- Alsina, C. et alt.: *Ensenyar matemàtiques, Serveis Pedagògics*, Ed. Graó, 1995.
- Departament d'Ensenyament: *Documents per a la reforma educativa en l'àrea de Matemàtiques*, Generalitat de Catalunya, Barcelona, 1985-1994.
- Gutiérrez, A. et alt.: *Área de Conocimiento de Didáctica de la Matemática*. En *Matemáticas: Cultura y Aprendizaje*, Ed. Síntesis, Madrid, 1991.
- ICMI: *Las Matemáticas en primaria y secundaria en la década de los 90*, Ed. Mestral, 1987.
- Krantz, S.G.: *How to teach mathematics, a personal perspective*, Ed. AMS, 1993.

### **Referències complementàries:**

- *Matemáticas: Cultura y Aprendizaje*: 34 volums monogràfics. Ed. Síntesis, Madrid, 1990.

# EL MÈTODE DELS ELEMENTS FINITS

---

**CODI:** 12814

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Pedro Díez Mejía

**Altres professors:** Sonia Fernández Méndez

(Aquesta assignatura s'imparteix conjuntament amb l'Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona.)

## Objectius del curs

Proporcionar una base teòrica i pràctica sòlida sobre el mètode dels elements finits (MEF) aplicat a la resolució d'EDPs. S'insisteix en el tractament dels problemes de segon ordre més freqüents en enginyeria i física.

A més d'analitzar els conceptes del mètode es realitzaran càlculs pràctics. Es desenvoluparan estudis acadèmics per consolidar els conceptes adquirits i es faran càlculs d'aplicacions d'enginyeria que permetin avaluar la potència del mètode. Es fa atenció a les tècniques de remallat adaptable basades en l'estimació de l'error i a l'aplicació al càlcul pràctic per elements finits.

## Programa

### Teoria bàsica del MEF

1. **Introducció:** Plantejament dels problemes que es resolen amb el MEF. (2 hores)
2. **Forma integral del problema:** Forma forta, mètode dels residus ponderats i forma feble. Tractament de les condicions de contorn. (4 hores)
3. **Interpolació per elements finits:** Element, malla i interpolant. Element de referència i interpolació isoparamètrica. Tipus d'elements. (4 hores)
4. **Interpretació geomètrica del mètode de Galerkin.** (2 hores)
5. **Aplicacions de la teoria de distribucions a l'anàlisi del mètode dels elements finits.** (2 hores)
6. **Algorísmia bàsica:** integració numèrica, esquema d'un codi, imposició de condicions de contorn. (4 hores)
7. **Problemes no estacionaris:** tècniques d'integració temporal, anàlisi modal, estimadors a priori de l'error en la descomposició modal. (6 hores)
8. **Problemes amb convecció:** tècniques específiques. (4 hores)
9. **Estimació d'error i malla adaptable:** classificació dels estimadors, estratègies de remallat. (2 hores)
10. **Tendències en l'ús del MEF:** exemples d'aplicació (6 hores)

### Pràctiques amb ordinador

1. **Un Programa comercial:** càlcul per elements finits amb el codi CASTEM. (2 hores)
2. **Pràctica 1:** Resolució de problemes tèrmics estacionaris amb CASTEM. Condicions de contorn. (2 hores)
3. **Pràctica 2:** Anàlisi de la convergència: problema tèrmic amb solució analítica. (2 hores)
4. **Pràctica 3:** Problemes mecànics estacionaris, càrregues, condicions de simetria. (2 hores)
5. **Pràctica 4:** Problemes mecànics dinàmics, anàlisi modal. (4 hores)
6. **Pràctica 5:** Problemes tèrmics transitoris. (2 hores)
7. **Pràctica 6:** Ús d'un mallador automàtic. (2 hores)
8. **Pràctica 7:** Algorísmia d'un Programa (entorn MATLAB) (2 hores)

9. **Pràctica 8:** Implementació de tècniques de convecció-difusió (2 hores)
10. Presentació dels treballs pràctics de l'assignatura i discussió. (4 hores)

## **Coneixements previs necessaris**

Mètodes Numèrics 3 i Equacions Diferencials 2, i és recomanable haver cursat Anàlisi Numèrica

### **Avaluació**

Exàmens i pràctiques amb ordinador.

### **Bibliografia**

#### **Referències bàsiques:**

- Brezzi, F.; M. Fortin: *Mixed and hybrid finite element methods*, Springer-Verlag, New York, 1991.
- Cook, R.D.; Malkus D.S; Plesha M.E: *Concepts and applications of finite element analysis*, Wiley, New York, 1989.
- Hughes, T.J.R.: *The finite element method: linear static and dynamic finite element analysis*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1987.
- Wait, R.; Mitchell A.R: *Finite elements analysis and applications*, John Wiley and Sons, New York, 1985.
- Zienkiewicz, O.C.; R.L. Taylor: *The finite element method: I basic formulation and linear problems, II solid and fluid mechanics, dynamics and non-linearity*, Mc Graw-Hill, London, 1989.

#### **Referències complementàries:**

- Johnson, C.: *Numerical solution of partial differential equations by the finite element method*, Cambridge University Press, Cambridge, 1990.
- *Handbook of numerical analysis*. Vol. 2. *Finite element methods*. North-Holland, 1990.
- *Handbook of numerical analysis*. Vol. 5. *Techniques of scientific computing*. North-Holland, 1990.
- Raviart, P.A.; J.M. Thomas: *Introduction à l'analyse numérique des équations aux dérivées partielles*, Masson, Paris, 1983.
- Strang, G.; G.J. Fix: *An analysis of the finite element method*, Prentice-Hall, Massachusetts, 1973.

# GEOMETRIA DISCRETA I COMPUTACIONAL

---

**CODI:** 11870

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor responsable:** Ferran Hurtado Díaz

**Altres professors:** Vera Sacristán Adinolfi

## Objectius del curs

L'objectiu genèric d'aquesta assignatura consisteix en l'estudi dels problemes geomètrics des del punt de vista de la computació. El *disseny i l'anàlisi d'algorismes geomètrics eficients* constitueix el nucli i la part prioritària del curs. Es presenten també elements de Geometria Discreta i Combinatòria fortament imbricats amb aquesta activitat, on es mostra com l'estructura combinatòria d'un problema geomètric sovint decideix quin mètode algorísmic resol el problema amb la màxima eficiència, a més de possibilitar l'anàlisi acurada dels algorismes.

Es posarà un interès especial perquè els alumnes copsin com l'emergència de molts problemes de la Geometria Computacional es deu a l'expansió accelerada, en exigències i en desenvolupament, del processament d'informació geomètrica i gràfica, present en àrees tan diverses com ara la medicina, el control de robots o el disseny artístic. La necessitat de donar resposta a aquesta nova i creixent demanda és el que va impulsar la formació d'un suport teòric adequat que encara no existia. Com que els vessants pràctics de la matèria corresponen a tecnologia de màxima avantguarda, la demanda de resultats continua amb la mateixa força i exigència que al principi. Coherentment amb aquest fet, durant el curs es procurarà mantenir sempre en el punt de mira les principals aplicacions de la disciplina: la Informàtica Gràfica, el Disseny i la Fabricació Assistits per Ordinador (*CAD/CAM*), la Caracterització i el Reconeixement Automàtic de Formes (*Pattern Recognition*), el Disseny VLSI, la Visió Artificial, la Cartografia i la Robòtica.

## Programa

1. Models de computació. Construccions amb primitives restringides.
2. Forma dels objectes geomètrics. Descripció. Simplificació.
3. Arranjaments d'hiperplans. Dualitat.
4. Problemes de proximitat.
5. Subdivisions de l'espai. Localització.
6. Intersecció d'objectes geomètrics.
7. Programació lineal i optimització geomètrica.
8. Problemes de visibilitat.

## Coneixements previs necessaris

Geometria, Algorísmica, Combinatòria i Teoria de Grafs.

## Avaluació

La qualificació s'articularà al voltant de quatre elements: lectura i exposició d'algorismes, lliurament de problemes, pràctiques de programació (n'hi haurà alguna, però no de forma regular) i alguna prova escrita.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- de Berg, M; [et al]: *Computational Geometry, Algorithms and Applications*, Ed. Springer-Verlag, 1997.
- Boissonnat, J.; Yvinec, M. *Algorithmic Geometry*. Ed. Cambridge University Press, 1997.
- Edelsbrunner, H. *Algorithms in Combinatorial Geometry*. Ed. Springer-Verlag, 1987.
- O'Rourke, J. *Computational Geometry in C*. Ed. Cambridge University Press, 1998.
- Preparata, F.P. ; Shamos, M.I. *Computational Geometry. An Introduction*. Ed. Springer-Verlag, 1985.

### Referències complementàries:

- Ding-Zhu Du, Hwang, Frank. *Computing in Euclidean Geometry*. World Scientific, 1995.
- Mulmuley, K. *Computational Geometry: an Introduction through Randomized Algorithms*. Ed. Prentice Hall, 1993.
- O'Rourke, J. *Art Gallery Theorems and Algorithms*. Ed. Oxford University Press, 1987
- Pach, J. (Ed.) *New Trends in Discrete and Computational Geometry*. Ed. Springer, 1993.
- Pach, J. ; Agarwal, P. K. *Combinatorial Geometry*. Ed. J. Wiley & Sons, 1994.

# LÒGICA I FONAMENTACIÓ

---

**CODI:** 11286

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Raimon Elgueta Montó

**Altres professors:** Rafel Farré Cirera

## Objectius del curs

Els problemes bàsics que s'aborden en aquest curs són dos: d'una banda, com formalitzar les matemàtiques, si això és possible, i de l'altra, estudiar-ne la possible mecanització. Aquests problemes inclouen qüestions que es troben latents en el quefer matemàtic i que, tanmateix, no solen qüestionar-se. Ens referim, per exemple, a les preguntes de què és una demostració matemàtica, quines limitacions té la demostrabilitat o què és un model d'una teoria matemàtica.

El resultat fonamental del curs és el Teorema de Completesa de Gödel, el qual prova precisament que el concepte de demostració que s'introdueix és correcte (i.e., a partir d'un conjunt de propietats no es demostra res que no en sigui una conseqüència) i complet (i.e., tot el que és conseqüència d'un conjunt de propietats pot ser demostrat). La formalització de la noció de demostració és la que permet també obtenir un dels resultats més impactants de la matemàtica del segle XX, que imposa una limitació essencial a les matemàtiques actuals: en un sistema axiomàtic no sempre pot demostrar-se que una afirmació és o bé certa o bé falsa. És el Primer Teorema d'Incompletesa de Gödel, el qual s'inclou en aquest curs malgrat que no se'n dóna la prova. El curs inclou també l'estudi dels aspectes bàsics de la teoria d'Herbrand i el mètode de Resolució de Robinson per a la demostració automàtica de teoremes. Aquest últim és el fonament de la Programació Lògica, i del PROLOG, un prototip de llenguatge de programació amb interpretador "intel·ligent" utilitzat en la resolució de problemes de la Intel·ligència Artificial i en el disseny de sistemes experts.

## Programa

1. **Introducció.** Conceptes de relació de conseqüència i demostració: exemples. Procés de formalització: llenguatges formals. Les qüestions de completeness i consistència. El problema de la mecanització.
2. **Sintaxi de primer ordre.** Llenguatges de primer ordre: símbols lògics, variables i signatures. Termes i fórmules. Principis d'inducció i recursió. Variables lliures i quantificades.
3. **Semàntica de primer ordre.** Estructures i interpretacions. Homomorfismes i lema d'isomorfia. La relació de satisfacció. Lema de coincidència. Equivalència lògica. Definibilitat dins una estructura. Teorema de l'homomorfisme. Exemples de formalitzacions. Substitucions. Lema de substitució.
4. **Lògica de primer ordre.** Relació de conseqüència. Càlculs de seqüents. Derivació en un càlcul de seqüents. Conjunts consistents. Regles del càlcul **LK**. Teorema d'adequació. Interpretacions canòniques. Teorema de Henkin. Teorema de completeness de Gödel.
5. **Altres aspectes de la lògica de primer ordre.** Propietats de compacitat i Löwenheim-Skolem. Classes axiomatitzables i finitament axiomatitzables. Teories de primer ordre. Teories completes. Categoricitat i test de Los-Vaught. L'abast de la lògica de primer ordre: introducció a la teoria de conjunts.



6. **Limitacions dels mètodes formals.** Decidibilitat i enumerabilitat. Teorema d'indecidibilitat de la lògica de primer ordre. Teoremes d'incompletesa de Gödel. Procediments de semidecisió per a la validesa i satisfactibilitat.
7. **Teoria d'Herbrand i resolució.** Univers i estructures d'Herbrand. Formes normals i skolemització. Satisfacció de fórmules universals. Teorema d'Herbrand. Procediment de semidecisió de Gilmore. Mètode de resolució. Introducció al PROLOG.

## Coneixements previs necessaris

Primer cicle de la Llicenciatura de Matemàtiques.

## Avaluació

L'avaluació es farà a partir de tres components: exercicis, treballs realitzats per l'alumne i exàmens.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Ebbinghaus, H.D.; Flum, J.; Thomas, W.: *Mathematical Logic*. Springer, 1984.
- Enderton, H.B.: *A Mathematical Introduction to Logic*. Academic Press, 1972.
- Gallier, J.: *Logic for Computer Science: Foundations of Automatic Theorem Proving*. Harper & Row, 1986.
- Lascar, D.; Cori, R.: *Logique Mathématique. Cours et exercices*. Ed. Masson, 1994 (2a ed.).
- Schönig, U.: *Logic for Computer Scientists*. Birkhäuser, 1989.

### Referències complementàries:

- Bell, J.L.; Machover, M.: *A Course in Mathematical Logic*. North-Holland, 1977
- Chang, C.L.; Lee, R.C.T.: *Symbolic Logic and Mechanical Theorem Proving*. Academic Press, 1973.
- Mendelson, E.: *Introduction to Mathematical Logic*. Wadsworth and Brooks, 1987 (3a ed.).
- Nerode, A.; Shore, R.A.: *Logic for Applications*. (2<sup>a</sup> ed.) Springer, 1993.
- Sperschneider, V.; Antoniou, G.: *Logic. A foundation for Computer Science*. Addison Wesley, 1991.

# MECÀNICA COMPUTACIONAL

---

**CODI:** 12815

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Sonia Fernández Méndez

**Altres professors:** Antonio Rodríguez Ferran

## Objectius del curs

Proporcionar una visió general dels aspectes computacionals més importants en la simulació numèrica en l'àmbit de la mecànica. Per tal d'aconseguir aquesta visió general, es tracta un ampli ventall de problemes: sòlids i fluids; materials lineals i no lineals; problemes estàtics i dinàmics.

## Programa

1. Elasticitat computacional. Conceptes bàsics. Equació constitutiva elàstica. Formulació en desplaçaments: equacions de Navier. Elasticitat bidimensional: tensió plana, deformació plana i axisimetria. Forma feble del problema elàstic. Aspectes computacionals.
2. Mecànica de fluids computacional. Conceptes bàsics. Equació constitutiva per a fluids newtonians. Flux potencial. Equació de Navier-Stokes: forma forta i forma feble.
3. Plasticitat computacional. Plasticitat unidimensional: deformacions elàstiques i plàstiques, equació constitutiva elastoplàstica. Plasticitat tridimensional: invariants de tensions i deformacions, superfície de fluència, vector de flux plàstic. Integració numèrica de l'equació constitutiva: esquemes predictors-correctors, mètodes iteratius per al corrector plàstic.
4. Dinàmica computacional. Equacions de la dinàmica lineal: forma forta i forma feble. Matrius de massa, de rigidesa i d'amortiment. Resolució per integració temporal: esquemes de Newmark. Resolució per descomposició modal: problemes generalitzats d'autovalors.
5. Mecànica computacional amb grans deformacions. Grans deformacions elàstiques i plàstiques. Principi d'objectivitat. Integració numèrica de l'equació constitutiva: objectivitat incremental, convergència, estabilitat.

## Coneixements previs necessaris

Mètodes Numèrics 2 i 3; Equacions Diferencials 2; Models matemàtics de la física.

## Avaluació

Exàmens i pràctiques amb ordinador.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Chorin, A.J.; Marsden, J.E. *A Mathematical Introduction to Fluid Mechanics*. 3rd edition. Springer-Verlag, 1992.
- *Computational Methods in Mechanics*. North-Holland, 1983. Computational Methods for Transient Analysis ,1
- *Continuum Mechanics in Environmental Sciences and Geophysics*, International Centre for Mechanical Sciences. Springer-Verlag, 1993.
- Crisfield, M.A. *Nonlinear Finite Element Analysis of Solids and Structures*. Wiley, 1991-1997.
- Malvern, L.E. *Introduction to the Mechanics of a Continuous Medium*. Prentice-Hall, 1969. Series in Engineering of the Physical Sciences.

### Referències complementàries:

- Bathe, K.J. *Finite Element Procedures*. Prentice-Hall, 1996.
- Bonet, J.; Wood, R.D. *Nonlinear Continuum Mechanics for Finite Element Analysis*. Cambridge University Press, 1997.
- Marsden, J.E.; Hughes, T.J.R. *Mathematical Foundations of Elasticity*. Dover, 1994.
- Simo, J.C.; Hughes, T.J.R. *Computational Inelasticity*. Springer-Verlag, 1998.
- Zienkiewicz, O.C.; Taylor, R.L. *The Finite Element Method*. 2vol. McGraw-Hill, 1994.

# MODEL LINEAL GENERAL

---

**CODI:** 11287

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professora coordinadora:** Lúdia Montero Mercadé

## Objectius del curs

El models lineals generalitzats estudien la relació estocàstica entre una variable dependent i un conjunt de variables explicatives a partir de dades conegudes (qualitatives o quantitatives). El curs il·lustra la unitat de tècniques de modelització estadística diverses.

El model lineal general clàssic pressuposa una distribució normal de la variable de resposta. En l'apartat dedicat al model lineal general clàssic es presentaran per separat tres grans grups de models per analitzar. El primer està format per aquells models en els quals les variables explicatives són quantitatives, és a dir, l'anàlisi de la regressió; en un segon grup s'estudien els casos en els quals les variables explicatives són qualitatives, és a dir, l'anàlisi de la variància, i finalment es tracten aquells models en els quals les variables explicatives inclouen variables qualitatives i quantitatives, és a dir, l'anàlisi de la covariància. Es posarà un èmfasi especial en l'anàlisi dels residus, en l'estudi de les violacions dels supòsits bàsics del model i en la selecció del millor model.

La llei normal és un membre particular de la família exponencial, com ho són a la vegada les lleis binomial, Poisson, etc. L'extensió del model general clàssic al tractament de variables de resposta pertanyents a la família exponencial constitueix l'objectiu bàsic dels models lineals generalitzats. L'estudi de les components dels models lineals generalitzats resulta essencial per comprendre els mètodes d'estimació dels paràmetres.

Els models lineals generalitzats particulars que s'estudien detalladament responen a:

- Models de variable de resposta binària.
- Models de variable de resposta multinomial.
- Models log-lineals. Relació amb els models de resposta multinomial.

En les pràctiques d'aquesta assignatura, la utilització dels paquets estadístics és una eina essencial.

## Programa

1. Introducció. Relació entre variables. Introducció a la modelització de fenòmens aleatoris. El model lineal general i els models lineals generalitzats.
2. La família exponencial. Estudi de casos. Estimació dels paràmetres dels models lineals generalitzats. Distribució dels estimadors, càlcul d'interval de confiança. Mesura de l'ajust.
3. Model de regressió múltiple. Hipòtesis. Interpretació geomètrica del model de regressió. Propietats dels estimadors. Teorema de Gauss-Markov. Mesura de l'ajust.
4. Diagnosi i validació del model de regressió múltiple. La multicol·linealitat i els seus efectes. Anàlisi dels residus, influència d'una observació i distància de Cook. Tractament de l'heterocedasticitat. Transformacions. Selecció de la millor equació de regressió.
5. Anàlisi de la variància i de la covariància

6. Models de resposta binària. Funcions de *link*. Estimació dels paràmetres. Funció *deviance*. Regressió logística.
7. Models de resposta multinomial. Funcions de *link* per a respostes nominals i ordinals. Models jeràrquics. Estimació dels paràmetres. Funció *deviance*.
8. Models log-lineals. Distribució de Poisson i funció de *link*. Relació entre els models log-lineals i els models de resposta multinomial. Anàlisi de taules de contingència.

## Coneixements previs necessaris

Inferència Estadística.

## Avaluació

La part pràctica inclou el lliurament de respostes a qüestionaris durant les sessions al laboratori o l'elaboració d'informes sobre casos reals. La part teòrica inclou la realització d'un examen parcial i un de final. Quantitativament, la part pràctica suposa el 35% de la nota final i la part teòrica el 65% de la nota final.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Agresti, A.: *Categorical Data Analysis*. Wiley Interscience, 1990.
- Dobson, A. J.: *An Introduction to Generalized Linear Models*. Chapman and Hall, 1990.
- Fox, J.: *Applied Regression Analysis, Linear Models, and Related Methods*. Sage, 1997.
- Lindsey, J. K.: *Applying Generalized Linear Models*. Springer, 1997.
- McCullagh, P.; Nelder, J.A.: *Generalized Linear Models*. 2nd edition. Chapman and Hall, 1989.

### Referències complementàries:

- Cook, R.D.; Weisberg, S.: *Residuals and Influence in Regression*. Chapman and Hall, 1982.
- Draper, N.R.; Smith, H.: *Applied regression analysis*. Wiley, 1981.
- Peña, D.: *Estadística. Modelos y métodos. Vol. 2, Modelos lineales y series temporales*. Alianza Universidad Textos, 1989.
- Seber, G.A.F.: *Linear Regression Analysis*. Wiley, 1977.
- Stapleton, J.H.: *Linear Statistical Models*. Wiley, 1995.

# OPTIMITZACIÓ CONTÍNUA 2

---

**CODI:** 11872

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Narcís Nabona Francisco

## Objectius del curs

- Completar els coneixements d'Optimització Contínua (adquirits a Optimització Contínua 1) per tal d'aplicar-los a la resolució de problemes reals (d'alta dimensionalitat).
- Justificar l'eficiència computacional dels algorismes que es presenten.
- Comprendre part de les propietats dels algorismes mitjançant l'experimentació computacional emprant programes ja desenvolupats per resoldre problemes escollits.
- Adquirir pràctica en l'ús de les eines professionals de l'Optimització Contínua.
- Entrar en contacte amb problemes reals d'Optimització Contínua.

## Programa

### 1. Minimització sense constriccions

Mètodes quasi-Newton (o de la secant) que actualitzen la inversa de l'hessiana: Propietats de convergència local dels mètodes quasi-Newton. Correcció de rang u. Deducció de la fórmula DFP. Aplicació a una funció quadràtica. Aplicació a una funció qualsevol.

Actualització de factoritzacions quan s'afegeixen o s'ostreen matrius de rang u: Operacions necessàries per factoritzar una matriu simètrica. Actualització en afegir una matriu de rang u: fórmula de Powell-Fletcher. Actualització en sostreure una matriu de rang u: fórmula de Gill-Murray.

Mètodes quasi-Newton (o de la secant) que actualitza l'hessiana: Interpretació de l'equació quasi-Newton per a funcions qualssevol. Fórmula de Broyden. Fórmula PSB. Actualitzacions secants definides positives: fórmula BFGS. La família Broyden. Invariància i mètrica. Aplicació a problemes amb constriccions lineals.

Mètodes de regió de garantia: Concepte i equació de la regió de garantia. Corba de ganxo. Solucions aproximades: la pota de gos i la doble pota de gos. Convergència. Actualització del radi de la regió de garantia.

### 2. Minimització amb constriccions qualssevol

Mètodes de penalització i barrera: Convergència local d'aquests mètodes. Aplicació del mètode del gradient conjugat parcial. Barrera logarísmica per a fites simples. Penalitzacions exactes.

Mètodes duals: Dualitat local. Dualitats convexa i parcial. Convergència. Lagrangianes augmentades i actualització de multiplicadors i del paràmetre de penalització.

Mètodes de Lagrange: Definició. Mètodes directes i funció de mèrit senzilla. Mètodes de 1r ordre. Mètodes de Newton modificats. Mètodes estructurats. Actualització de multiplicadors. Lagrangianes projectades.

### 3. Minimització amb constriccions lineals

Mètode primal-dual de punt interior per a programació quadràtica (i lineal): Barrera logarísmica de les fites. Lagrangiana dels problemes barrera primal i dual i el seu gradient. Mètode de Newton. Camí central primal-dual. Gap de dualitat i convergència. Algorisme i implementació. El cas particular de la programació lineal. Cost computacional.

Actualització de factoritzacions de bases quan canvien les columnes: Matrius de permutació i matrius eta i factorització. Procediments BTRAN i FTRAN. Refactoritzacions. Actualització d'una factorització quan canvia una columna de la base. Mètodes de Bartels-Golub, de Forrest-Tomlin, de Reid i de Saunders.

## Pràctiques

Es realitzaran pràctiques que consistiran en la utilització de programes i paquets ja desenvolupats i una pràctica de desenvolupament, a partir de la llibreria de rutines disponibles, d'un dels algorismes d'optimització estudiats. S'haurà de codificar un problema real d'optimització sense constriccions i un problema real d'optimització amb constriccions qualssevol.

## Coneixements previs necessaris

Optimització Contínua 1.

## Avaluació

Hi haurà dos exàmens de teoria i problemes (70% de la nota) i pràctiques computacionals (30% de la nota).

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Dennis, J.E. ; Schnabel, R.B. *Numerical Methods for Unconstrained Optimization and Nonlinear Equations*. Ed. Prentice Hall. 1983.
- Duff, I.S. et al. *Direct Methods for Sparse Matrices*. Ed. Oxford Clarendon Press. 1989.
- Gill, P.E.; Murray, W. ; Wright, M.H. *Practical Optimization*. Ed. Academic Press. 1981.
- Luenberger, D.G. *Linear and Nonlinear Programming*. Ed. Addison-Wesley Publ. Co. 1984.
- Vanderbei, R.J. *Linear Programming. Foundations and Extensions*. Kluwer Academic Press. 1996

### Referències complementàries:

- Bertsekas, D.P. *Nonlinear Programming*. Ed. Athena Scientific, Belmont, MA., USA, 1995.
- Chvátal, V. *Linear Programming*. W.H. Freeman and Co. New York., 1980.
- Fletcher, R.: *Practical Methods of Optimization*. Ed. John Wiley & Sons. 1987.
- Gill, P.E. et al. *Numerical Linear Algebra and Optimization*. Ed. Addison-Wesley, 1991.
- Harwell Subroutine Library. *A Catalogue of Subroutines*. Harwell Laboratory, Oxfordshire, 1989.
- Murtagh, B.A. ; Saunders, M.A. *MINOS 5.0 User's Guide*. Dept. of Operations Research, Stanford University, CA 94305, USA. 1983.

# PROGRAMACIÓ MATEMÀTICA

---

**CODI:** 11861

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Jaume Barceló Bugada

## Objectius del curs

Aprofundir en l'estudi de les propietats de les famílies de models matemàtics típics de la Investigació Operativa, generalitzar els resultats de la teoria de la dualitat i les seves implicacions, explotant les propietats de la dualitat i les característiques inherents a l'estructura de les dades del model matemàtic, i introduir els problemes enters i de caràcter combinatori.

L'assignatura vol donar un complement de fonamentació teòrica als continguts de la Investigació Operativa i familiaritzar l'alumne amb els mètodes que permeten resoldre algunes de les aplicacions pràctiques que duen a problemes de grans dimensions en la indústria, l'economia, etc. I també introduir-lo al paper d'aquests mètodes a l'estadística en models específics de regressió, disseny d'experiments, etc.

## Programa

1. Models enters i combinatoris: La caracterització dels políedres dels problemes combinatoris: cares i facetes d'un políedre convex. El problema de Knapsack: heurístiques per al problema de Knapsack, la caracterització del politop de Knapsack. Algorismes de pla secant per als problemes enters: talls de Gomory. Procediments d'identificació de constriccions. El cas del politop de Knapsack: teoremes de desprojecció.
2. Optimització no lineal: Dualitat en Programació Matemàtica i dualitat lagrangiana: Generalització de la dualitat en programació matemàtica. Dualització i relaxació. Equivalència entre convexificació i dualització. Condicions globals d'optimalitat. Revisió de les condicions de Karush-Kuhn-Tucker. Relaxació Lagrangiana i dualitat. Introducció a l'optimització no diferenciable. L'optimització subgradient.
3. Estudi de problemes tipus de Programació Matemàtica: El problema del viatjant de comerç: heurístiques, caracterització de facetes, identificació de constriccions, relaxacions lagrangianes. Problemes discrets de localització de plantes: problemes sense capacitats, heurístiques duals, problemes amb capacitats, mètodes lagrangians. Problemes de rutes de vehicles. Tractament per heurístiques aleatòries: *simulated annealing*.
4. Aplicacions de la Programació matemàtica a problemes estadístics: regressió, disseny d'experiments, etc.



## Coneixements previs necessaris

Investigació Operativa, Àlgebra Lineal, Probabilitats, Inferència Estadística.

## Avaluació

Hi haurà exàmens parcials, examen final i pràctiques.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Arthanari and Dodge: *Mathematical Programming in Statistics*. John Wiley, 1993.
- Bazaraa, M.S.; Sherali; Shetti, C.M.: *Nonlinear Programming: Theory and Algorithms*. 2nd edition. John Wiley and Sons, 1993.
- Nemhauser, G.L.; Wolsey, L.A.: *Integer and Combinatorial Optimization*. John Wiley and Sons, 1988.
- Padberg, M.: *Linear Optimization and Extensions*. 2nd edition. Springer-Verlag, 1999.
- Wolsey, L. A.: *Integer Programming*, John Wiley-Interscience, 1998.

### Referències complementàries:

- Drezner, Zvi.: *Facility Location: A Survey of Applications and Methods*. Springer, 1995.
- Lawler, E.L.; Lenstra, J.K.; Rinnooy Kan, A.H.G.; Shmoys, D.B.: *The Traveling Salesman Problem: A Guided Tour of Combinatorial Optimization*. John Wiley, 1985.
- Mirchandani, P.B.; Francis, R.L.: *Discrete Location Theory*. John Wiley, 1990.
- Shapiro, J.F.: *Mathematical Programming: Structures and Algorithms*. John Wiley and Sons, 1979.
- Williams, H.P.: *Model Solving in Mathematical Programming*. John Wiley, 1993.

# TEORIA DE CODIS

---

**CODI:** 11864

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Sebastià Xambó i Descamps

## Objectius del curs

El propòsit del curs és donar una introducció a la teoria i pràctica de la codificació. El curs comença amb una breu presentació de la teoria de la informació de Shannon, orientada a les propietats bàsiques de la codificació de font i de canal. Segueix una part destinada a establir les propietats fonamentals, els exemples més rellevants i les aplicacions més importants dels codis de blocs autocorrectors. En una darrera part, configurada al voltant del problema de construir codis amb paràmetres òptims i amb algorismes de codificació i descodificació eficients, s'introdueixen primer, d'una manera elemental, algunes nocions de corbes algebraïques planes i després s'utilitzen per introduir i estudiar els codis de Goppa.

## Programa

1. Codis correctors: Informació i codificació. Codis de blocs. Detecció i correcció d'errors. Descodificació pel criteri de mínima distància. Codis perfectes. Exemples de codis. Operacions amb codis. Fitació de paràmetres. Problema fonamental de la codificació.
2. Codis lineals: Codificació i descodificació de codis lineals. Distribució de pesos, identitats de MacWilliams. Codis MDS (separables de màxima distància). Codis de Hamming i de Golay. Codis de Reed-Muller. Codis cíclics. Codis BCH (Bose-Chaudhuri-Hocquenghem). Codis de Reed-Solomon i de Justesen. Codis de residus quadràtics.
3. Codis de Goppa: Introducció a les corbes algebraïques planes. Codis de Goppa. Codificació i descodificació efectiva.

## Coneixements previs necessaris

Àlgebra lineal, Probabilitat i Estadística Bàsica.

## Avaluació

Hi haurà un examen parcial, avaluat sobre 3 punts, i un de final, avaluat sobre 5 punts. Es podran obtenir fins a 2 punts amb activitats complementàries definides en relació amb les classes de problemes i de pràctiques de laboratori.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Goppa, V.D.: *Geometry and codes. Mathematics and applications*. Kluwer, 1988.
- Moreno, C.: *Algebraic curves over finite fields*. Cambridge University Press, 1991.
- Pretzel, O.: *Error-Correcting codes and finite fields*. Oxford: Clarendon Press, 1992.
- Roman, S.: *Coding and information theory*. Springer-Verlag, 1992.
- Vanstone, S.A.; Van Oorschot, P.C.: *An introduction to error correcting codes with applications*. Kluwer Academic Publishers, 1989.

### Referències complementàries:

- Lint Van, J.H.: *Introduction to coding theory*. (3<sup>a</sup> ed.) GTM 86, Springer-Verlag, 1999
- Lint Van, J.H.; van der Geer, G.: *Introduction to coding theory and algebraic geometry*. Birkhäuser, 1988.
- MacWilliams, F.J.; Sloane, N.J.A.: *The theory of error correcting codes*. North-Holland, 1977.
- Stichtenoth, H.; Tsfasman, M.A. (Eds.): *Coding theory and algebraic geometry*. Lecture Notes in Mathematics 1518. Ed.: Springer-Verlag, 1992.
- Tsfasman, M.A.; Vladut, S.G.: *Algebraic-geometric codes. Mathematics and its applications*. Kluwer Academic Publishers, 1991.

# TEORIA DE GRAFS

---

**CODI:** 11863

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professora coordinadora:** Anna Sánchez Lladó

## Objectius del curs

L'objectiu del curs és presentar la Teoria de Grafs i alguns dels seus problemes fonamentals. Es pretén, també, introduir algunes de les seves aplicacions a les ciències de la computació, la investigació operativa, l'enginyeria elèctrica, i el disseny de xarxes.

## Programa

1. Introducció i conceptes bàsics.
2. Arbres, circuits i cicles generadors. Aplicació a les xarxes de comunicació.
3. Arbres, circuits i cicles de pes mínim. Problema del connector minimal. Problema del viatjant. Problema del carter xinès. Aplicació en xarxes de distribució.
4. Grafs i xarxes elèctriques. Teorema de Kirchhoff.
5. Fluxos, connectivitat i aparellaments. Teorema de Ford i Fulkerson. Aplicació a les xarxes de transport. Teorema de Menger. Teorema de König i Teorema de Hall.
6. Factors. Teorema de Petersen. Teorema de Tutte.
7. Planaritat. Teorema de Kuratowski. Mesures d'aproximació a la planaritat.
8. Problemes extremals. Lema de Regularitat de Szemerédi.
9. Coloració. Nombre i índex cromàtic. Teorema de Brooks. Teorema de Vizing.
10. Grafs aleatoris. Algunes propietats de Quasi-tots els grafs.

## Coneixements previs necessaris

Àlgebra Lineal i Càlcul 1.

## Avaluació

El 40% de l'avaluació s'obtindrà de l'avaluació de treballs d'aplicació. El 60% restant s'obtindrà d'un examen final de l'assignatura.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Bollobás, B. *Extremal Graph Theory*. Academic Press, 1978.
- Bollobás, B. *Modern Graph Theory*. Springer verlag, 1998.
- Diestel, R. *Graph Theory*. Springer-Verlag, 1997.
- Lovász L.; Plummer K. *Matching Theory*. 1986. Annals of Discrete Mathematics,29.
- Wallis W.D. *One-Factorizations*. Kluwer Academic Publishers, 1997.

### Referències complementàries:

- Beineke, L.W.; Wilson, R.J. (editors). *Graph Connections :Relationships between Graph Theory and other Areas of Mathematics*. Clarendon Press-Oxford. 1997.
- Biggs, N.; Lloyd, E.K. ; Wilson, R.J. *Graph Theory 1736-1936*. Ed. Clarendon Press, London, 1976.
- Matousek, J. Nešetřil, J. *Invitation to Discrete Mathematics* . Oxford Univ. Press, 1999.
- Schechter, B. *My brain is open (the mathematical journeys of Paul Erdős)*. Oxford Univ. Press, 1998.
- Tutte, W. *Graph Theory As I Have Known It*. Oxford Univ. Press, 1998.

# TEORIA DE NOMBRES

---

**CODI:** 11874

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Jordi Quer Bosor

## Objectius del curs

L'objectiu del curs és estudiar el problema següent:

*Donat un enter positiu  $n$ , determinar quins primers  $p$  es poden expressar com  $p = x^2 + n y^2$ , amb  $x, y$  enters.*

La resolució completa d'aquest problema —plantejat per Pierre de Fermat— serà el pretext per explorar algunes de les àrees més riques de la Teoria de Nombres.

En primer lloc, amb la llei de reciprocitat quadràtica i la teoria elemental de formes quadràtiques enteres es poden resoldre alguns casos amb valors de  $n$  petits. Aquestes són les aportacions al problema fetes per Fermat, Euler, Lagrange, Legendre i Gauss.

A continuació es presenta la teoria de cossos de classes. Per fer-ho cal una petita introducció als cossos de nombres i un estudi més detallat dels cossos quadràtics. Així s'obté una caracterització satisfactòria de les solucions del problema a partir de cossos de classes de Hilbert.

Finalment, es parla de la teoria de la multiplicació complexa i les funcions modulars. Això permet el càlcul explícit de cossos de classes de Hilbert i la solució total i explícita del problema plantejat.

## Programa

1. De Fermat a Gauss: Llei de reciprocitat quadràtica. Formes quadràtiques. Grups de classes. Gèneres. Lleis de reciprocitat cúbica i biquadràtica. Exemples.
2. Teoria de cossos de classes: Cossos de nombres. Cossos quadràtics. Ordres. Cossos de classes de Hilbert. Teorema de densitat de Txebotarev. Solució de  $p = x^2 + n y^2$  per a tot  $n$ .
3. Multiplicació complexa: Funcions el·líptiques. Corbes el·líptiques. Funció  $\wp$  de Weierstrass. La funció modular  $j$ . Polinomis modulars. Teoremes de Deuring i Gross-Zagier.

## Coneixements previs necessaris

Àlgebra Abstracta.

## Avaluació

Hi haurà un examen final i la possibilitat que els estudiants preparin treballs i/o exposin alguns temes a classe per complementar la nota d'aquest examen.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Cohn, H.: *Introduction to the Construction of Class Fields*. Cambridge Univ. Press, 1994.
- Cox, D.A.: *Primes of the form  $p = x^2 + n y^2$* . Wiley, 1989.
- Marcus, D.: *Number Fields*. Springer-Verlag, 1977.
- Prasolov, V.V.; Solovyev, Y.: *Elliptic Functions and Elliptic Integrals*. AMS, 1997.
- Scharlau, W.; Opolka, H.: *From Fermat to Minkowski*. Springer-Verlag, 1985.

### Referències complementàries:

- Dickson, L.E.: *History of the Theory of Numbers*. Chelsea, 1969.
- Gauss, C.F.: *Disquisitiones Arithmeticae*. Soc. Cat. Mat., 1996.
- Gross, B.: *Arithmetic on Elliptic Curves with CM*. Springer-Verlag, LNM 776, 1980.
- Grosswald, E.: *Representations of Integers as Sums of Squares*. Springer, 1985.
- Silverman, J.: *Advanced topics in the arithmetic of elliptic curves*. Springer, 1994.

# TEORIA DE SISTEMES LINEALS

---

**CODI:** 11862

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Ferran Puerta Sales

**Altres professors:** Josep Ferrer Llop, M. Dolors Magret Planas, Xavier Puerta Coll.

(Aquesta assignatura s'imparteix conjuntament amb l'Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials de Barcelona)

## Objectius del curs

En aquest curs es pretén donar una visió global de la Teoria de Sistemes Lineals com a estudi qualitatiu dels models matemàtics dels sistemes físics. En especial de les propietats d'estabilitat, controlabilitat i observabilitat, així com la possibilitat de variar alguna d'aquestes propietats mitjançant realimentacions adequades.

Aquest estudi pot enfocar-se des de dos punts de vista: l'extern (entrada/sortida) i l'intern (variables d'estat). S'estudien ambdues descripcions i s'aborda així mateix el problema de la realització de sistemes lineals a partir de la matriu de transferència (relació entradasortida). L'assignatura finalitza amb una introducció a la teoria de mínims quadrats i la seva aplicació al problema del control optimal lineal.

## Programa

### 1. CARACTERITZACIÓ DE SISTEMES

**Sistemes dinàmics. Equilibri i linealització. Sistemes lineals continus. Sistemes discrets. Aplicacions.**

### 2. ESTABILITAT

Teoria d'estabilitat de Lyapunov. Estabilitat de sistemes lineals invariants en el temps. Estabilitat BIBO.

### 3. CONTROLABILITAT I OBSERVABILITAT

Sistemes controlables. Sistemes observables. Sistemes no controlables: Subsistema controlable. Sistemes no observables: Subsistema controlable. Descomposició de Kalman. Dualitat. Aplicacions.

### 4. FORMES CANÒNIQUES

**Forma diagonal i de Jordan. Forma canònica de controlabilitat. Forma canònica d'observabilitat. Aplicacions.**

### 5. REALITZACIÓ

Realització controlable canònica. Realització observable canònica. Grau de Mac Millan. Realització minimal.

### 6. ESTIMACIÓ I DISSENY

Realimentació d'estat. Assignació de valors propis. Observadors.

### 7. LA TEORIA DE MÍNIMS QUADRATS

El problema del control òptim. L'equació de Riccati. Solucions hermítiques definides positives.



## Avaluació

A més de l'examen final es farà una prova parcial. Així mateix es valoraran els exercicis fets a classe i els treballs presentats.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Barnett, S.; Cameron, R.G. *Introduction to Mathematical Control Theory*. Ed. Clarendon Press, Oxford, 1985.
- Chen, Chi-Tsong. *Linear System Theory and Design*. Ed. Rinehart and Winston, 1984.
- Luenberger, D.G.. *Introduction to Dynamic Systems. Theory, Models and Applications*: Ed. John Wiley and Sons, 1979.
- Puerta, F. *Algebra Lineal i Geometria*. Edicions UPC, Barcelona, 1995.
- Szidarouszky, F.; Bahill, A.T. *Linear Systems Theory*. Ed. CRC Press, 1992.

### Referències complementàries :

- Kailath, T. *Linear systems*. Ed. Prentice-Hall, 1980
- Klamka, J. *Controllability of Dynamical Systems*. Ed. Polish Scientific Publishers, 1991.
- Wiberg, D.M. *Espacio de estado y sistemas lineales*. Ed. McGraw-Hill, México, 1973.
- Wonham, W.M. *Linear Multivariable Control A Geometric Approach*. Ed. Springer-Verlag, 1985.
- Zabczyk, J. *Mathematical control theory: An introduction*. Ed. Birkhauser, 1992.



## 2n QUADRIMESTRE

---

# ÀLGEBRA COMPUTACIONAL

---

**CODI:** 11876

**Càrrega docent:** 4,5 crèdits teòrics + 3 crèdits pràctics

**Professor coordinador:** Antoni Montes Lozano

**Altres professors:** Rafael Farré Cirera

## Objectius del curs

L'objecte de l'assignatura és l'estudi dels fonaments algebraics i els principals mètodes de resolució simbòlica dels sistemes d'equacions polinòmiques multivariades. La dificultat que comporta la no-existència de divisió euclidiana en l'anell dels polinomis de  $n$  variables ha fet que el seu estudi, tot i tenint gran utilitat pràctica, no s'hagi abordat amb una nova perspectiva fins als anys seixanta, a partir de la introducció feta per Buchberger de les bases de Groebner. El nou enfocament també ha estat induït, en part, pel desenvolupament dels sistemes informàtics de computació algebraica, que fan factible la implementació dels algorismes.

Per abordar aquest estudi s'introdueixen conceptes bàsics d'Àlgebra Commutativa, si bé el curs està centrat en els mètodes computacionals.

Entre les aplicacions més destacades figuren la robòtica, la demostració automàtica de teoremes, o l'estudi de fluxos d'energia en les xarxes elèctriques. Els mètodes que s'estudien en aquest camp són un complement útil per a la geometria algebraica (per exemple, punts singulars de corbes) i per a la geometria computacional (demostració automàtica de teoremes geomètrics).

## Programa

1. Geometria, Àlgebra i Algorismes. Anells, ideals, dominis Euclidiàns, PID's, anells Noetherians. Teorema de la base d'Hilbert. UFD's i factorització única a  $k[x_1, \dots, x_n]$ . Varietats afins: Varietat d'ideal i ideal de varietat. Correspondència ideals-varietats. Topologia de Zarisky. Descomposició d'una varietat en irreductibles. Parametrització de varietats afins.
2. Bases de Gröbner. Problemes que s'han de resoldre. Notacions. Ordres monomials a  $k[x_1, \dots, x_n]$ . Algorisme de divisió. Ideals de monomis i lema de Dickson. Teorema de les bases de Gröbner. Propietats. Bases minimalis i reduïda. Determinació: algorisme de Buchberger. Primeres aplicacions. Millores de l'algorisme. Syzygies.
3. Teorema de l'eliminació. Teorema de l'extensió. Teorema de la clausura. Implicitació polinòmica i racional. Punts singulars i envolupants de corbes. Aplicacions. Resultants. Resultants generalitzades: teorema de l'extensió.
4. Àlgebra enfront de geometria. Hilbert Nullstellensatz. Ideals radicals. Intersecció d'ideals. GCD. Ideals maximals. Demostració del teorema de la clausura. Quocient d'ideals. Descomposició primària d'ideals.
5. Aplicacions. Robòtica. Demostració automàtica. Xarxes elèctriques.

## Avaluació

Es fa un examen parcial i un de final. Hi ha també una part de pràctiques de laboratori, que té un pes aproximat d'un 15% en la nota.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Becker, Th.; Weispfenning, V. *Gröbner Bases a computational approach to commutative algebra*. Ed. Springer, New-York, 1993.
- Cox, D.; Little, J.; O'Shea, D. *Ideals, Varieties, and Algorithms*. Ed. Springer, New York, 1992.
- Cox, D.; Little, J.; O'Shea, D. *Using Algebraic Geometry*. Ed. Springer, New York, 1998.
- Eisenbud, D. *Commutative Algebra, with a View Toward Algebraic Geometry*. Ed. Springer, New York, 1996.
- Winkler, F. *Polynomial Algorithms in Computer Algebra*. Ed. Springer, Vienna, 1996. (Texts and Monographs in Symbolic Computation ).

### Referències complementàries:

- Akritas, A.G. *Elements of Computer Algebra with Applications*. Ed. John Wiley, 1989.
- Buchberger, B.; Collins, G.E.; Loos, R. (eds.) *Computer Algebra: Symbolic and Algebraic Computation*. Ed. Springer, New-York, 1983.
- Davenport, J.H.; Siret, Y.; Tournier, E. *Computer Algebra: systems and algorithms for algebraic computation*. Ed. Academic Press, 1988.
- Geddes, K.O.; Czapor, S.R.; Labahn, G. *Algorithms for Computer Algebra*. Ed. Kluwer Academic Publishers, Boston, 1992.
- Naudin, P.; Quitté, C. *Algorithmique Algébrique*. Ed. Masson, Paris 1992.

### Altres referències:

- En preparació: R. Farré i A. Montes. *Apunts d'Àlgebra Computacional*.

# AMPLIACIÓ D'ANÀLISI

---

**CODI:** 11865

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Joan Solà-Morales Rubió

**Altres professors:** Jaume Haro Cases

## Objectius del curs

Es tracta d'un curs d'Anàlisi Harmònica, en què s'estudia la teoria matemàtica de la transformada de Fourier i les seves propietats per a les classes més típiques de funcions i de distribucions. Per això s'utilitzen la metodologia de l'Anàlisi Funcional i els espais de funcions integrables de Lebesgue. També es dóna una introducció a la Teoria de Distribucions. Les distribucions temperades són en cert sentit l'eina matemàtica última a la qual es dirigeix el curs, que permet d'unificar en un únic concepte el tractament de les sèries i de les transformades integrals de Fourier.

La presentació està pensada per aplicar-la a problemes d'equacions diferencials i també de tractament del senyal.

## Programa

- 1. Sèries de Fourier.**  
Repàs de sèries de Fourier. Sèries de Fourier per a funcions de quadrat integrable. Igualtat de Parseval.
- 2. Convolució i transformada de Fourier de funcions.**  
Transformada de Fourier i transformada inversa per a funcions integrables i de la classe de Schwartz. Convolució, derivació i regularització. Transformada de Fourier-Plancherel. Convolució i transformada de Fourier. Filtres analògics.
- 3. Distribucions.**  
Funcions de prova. Operacions amb distribucions. Convergència de distribucions.
- 4. Convolució i transformada de Fourier de distribucions.**  
Distribucions temperades. Distribucions a suport compacte. Convolució. Filtres i distribucions.
- 5. Mostreig.**  
Distribucions periòdiques. Mostreig i fórmula de Poisson. Fórmula de Shannon.
- 6. Complementos (opcional).**  
Introducció als mètodes de finestra mòbil i d'ondetes.

## Coneixements previs necessaris

Anàlisi Real i Anàlisi Funcional (almenys ha de ser cursat al mateix temps).

## Avaluació

Hi haurà una qualificació de les classes de problemes, proves parcials i un examen final.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Gasquet, C. Witomski,P. *Analyse de Fourier et Applications*. Paris: Masson, 1990.
- Körner, T.W. *Fourier Analysis*. Cambridge: Cambridge University Press, 1993.
- Körner, T.W. *Exercises for Fourier Analysis*. Cambridge: Cambridge University Press, 1993.
- Rudin, W. *Functional Analysis*. New York: McGraw-Hill, 1991 (2a edició).
- Serra, I.; Vilanova,R. *Introducció al tractament del Senyal*. Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona, 1999.

### Referències complementàries:

- Bracewell, R. *The Fourier Transform and its Applications*. New York: Mc.Graw-Hill, 1986.
- Folland, G.B. *Fourier Analysis and its Applications*. Pacific Grove: Brooks, Cole, Calif., 1992.
- Mallat, S. *A Wavelet Tour of Signal Processing*. Academic Press, San Diego, 1998.
- Reed, M.; Simon, B. *Methods of Modern Mathematical Physics .vol.1*. Ed. Academic Press: San Diego, 1975
- Schwartz, L. *Métodos Matemáticos para las Ciencias Físicas*. Madrid: Selecciones Científicas, 1969.

# AMPLIACIÓ DE GEOMETRIA

---

**CODI:** 11284

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Miguel Ángel Barja Yáñez

**Altres professors:** Jaume Amorós Torrent

## Objectius del curs

Aquesta assignatura té un doble objectiu. En primer lloc es vol mostrar als estudiants com les idees bàsiques d'Àlgebra, Topologia i Anàlisi Complexa desenvolupades en cursos anteriors s'encaixen en l'estudi d'un tema rellevant de les matemàtiques: les corbes algebraiques.

D'altra banda el curs vol ser una introducció als problemes i resultats que estudia la geometria algebraica, amb la il·lustració de les interconnexions amb altres branques de les matemàtiques. Aquí l'objectiu és, coincidint amb el primer aspecte esmentat, mostrar quina mena de problemes es plantegen utilitzant les tècniques al nostre abast per a la seva resolució, i no desenvolupant més tècniques específiques que les més elementals.

## Programa

1. Corbes algebraiques planes. Corbes afins. Components irreductibles. El Nullstellensatz. Corbes projectives, completació projectiva d'una corba afí. Punts simples i punts singulars. Multiplicitat d'un punt. Canvis de coordenades.
2. Teoremes de Bézout i de Max Noether. Resultant de dos polinomis. Multiplicitat d'intersecció. Caracterització de la multiplicitat d'intersecció. El teorema de Bézout. Sistemes lineals. Còniques. Cúbiques, punts d'inflexió, equació de Legendre. El Teorema  $Af+B\Box$  de Max Noether. Llei de grup de la cúbica llisa. Les fórmules de Plücker.
3. Introducció a les superfícies de Riemann. Definició de superfície de Riemann. Exemple: els tors complexos. Funcions holomorfes. Funcions meromorfes com a morfismes a  $P^1$ . Fórmula de Riemann-Hurwitz. Formes holomorfes i meromorfes. Teorema dels residus.
4. Superfícies de Riemann i corbes algebraiques. Connexió d'una corba plana irreductible. Normalització d'una corba plana. El teorema de normalització. Blow-up. Transformacions de Cremona. Fórmula del gènere. Funció  $P$  de Weierstrass. Tors complexos i cúbiques planes.
5. El teorema de Riemann-Roch. Divisors. Divisor associat a una funció meromorfa. Els espais  $L(D)$ . Divisor canònic. Dimensió de l'espai de formes holomorfes. El teorema de Riemann-Roch. Primeres aplicacions.
6. Aplicacions del Teorema de Riemann-Roch. Representació de corbes de gènere 1 com a cúbiques planes. Tors complexos i corbes planes, cos de funcions meromorfes sobre un tor complex. El teorema d'Abel per a les corbes de gènere 1. Cos de funcions meromorfes d'una superfície de Riemann. Diccionari entre corbes algebraiques, superfícies de Riemann i cossos de funcions. Corbes hiperel·líptiques. Submergiment canònic.

## Coneixements previs necessaris

Àlgebra, Topologia i Variable Complexa.



## Avaluació

L'avaluació es farà per mitjà d'una prova escrita i l'elaboració i exposició de dos problemes guiats en sessions extraordinàries durant el curs.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Brieskorn, E.; Knörrer, H. *Plane algebraic curves*. Ed. Birkhauser, Boston, 1986.
- Forster, O. *Lectures on Riemann Surfaces*. Ed. Springer Verlag, New York:, 1981.
- Griffiths, P. *Introduction to algebraic curves*. Ed. Amer. Math. Soc., 1989.
- Kirwan, F. *Complex algebraic curves*. Ed. Oxford U.P., 1992.
- Miranda, R. *Algebraic curves and Riemann Surfaces*. Ed. Amer.Math.Soc., 1995.

### Referències complementàries:

- Arbarello, E.; Cornalba, M.; Griffiths, P.; Harris, J. *Geometry of algebraic curves*. Ed. Springer Verlag, New York, 1985.
- Farkas, H.; Kra, I. *Riemann surfaces*. Ed. Springer Verlag, New York, 1992.
- Fulton, W. *Algebraic curves. An introduction to algebraic geometry*. Ed. Addison-Wesley, Redwood City, 1989.
- Namba, M. *Geometry of projective algebraic curves*. Ed. Marcel Dekker, New York, 1984.
- Shafarevich, I. *Basic Algebraic Geometry* .2 vol. Ed. Springer Verlag, Berlin, 1994.

# ANÀLISI DE SÈRIES TEMPORALS I PREVISIÓ

---

**CODI:** 12811

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professora coordinadora:** M. Pilar Muñoz Gràcia

**Altres professors:** Manuel Martí Recober

## Objectius del curs

L'objectiu del curs és que l'estudiant conegui la sistemàtica per al tractament i l'anàlisi de sèries temporals, destacant la importància de les previsions, els fonaments teòrics i la metodologia per a la realització d'aquestes previsions, quan es disposa d'observacions de successions de variables aleatòries que no són independents entre si.

Al finalitzar el curs l'estudiant ha de comprendre les tècniques de predicció recursiva basades en les innovacions, la utilització de la funció de versemblança, i el criteri d'Akaike aplicat a la inferència, i també el comportament asimptòtic dels estimadors de màximversemblança dels coeficients dels models ARMA univariants, utilitzant la metodologia Box-Jenkins.

L'estudiant ha de saber identificar en quines situacions convé aplicar la identificació automàtica de sèries temporals, i també la detecció i el tractament de dades atípiques.

Al llarg de l'assignatura han d'adquirir els coneixements que permetin introduir el tractament de les sèries temporals multivariants.

## Programa

1. Metodologia Box-Jenkins. Processos estacionaris: models ARMA, propietats. Estimació de models ARMA: estimació preliminar i estimació de màxima versemblança. Previsió de models ARMA: error quadràtic mitjà. Processos no estacionaris: models ARIMA. Processos estacionaris: models SARIMA, previsió de models SARIMA.
2. Models d'espai d'estat: el filtre de Kalman. Representació en espai d'estat dels models ARMA i ARIMA. Algorismes d'estimació.
3. Identificació automàtica. Funció d'autocorrelació inversa. Tractament de la variabilitat no constant. Estimació d'arrels en el cercle unitat. Algorisme de Hannan i Rissanen.
4. Detecció automàtica de dades atípiques. Tractament d'observacions mancants. Estimació dels efectes dels dies laborables i pàsqua.
5. Regressió dinàmica: Funció de transferència. Introducció als processos multivariants.

## Paquets estadístics

\*SAS.....

\*TRAMO/SEATS

\*SPSS

\*S-Plus

## Coneixements previs necessaris

Inferència Estadística.

## Avaluació

La part pràctica inclou el lliurament d'exercicis resolts per l'estudiant i de respostes a qüestionaris durant les sessions al laboratori. La part teòrica inclou la realització d'exàmens parcials i examen final. Quantitativament, la part pràctica suposa el 35% de la nota final i la part teòrica el 65% de la nota final.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Aoki, M.; Havenner, A.M.: *Applications of computer aided time series modelling*. Springer, 1997
- Aoki, M.: *State space modelling of time series*. 2nd edition. Springer, 1990.
- Brockwell, P.J.; Davis, R.A.: *Time series: Theory and methods*. Springer-Verlag, 1991.
- Durbin, J.: *Time Series Analysis Based on State Space Modelling for Gaussian and Non-Gaussian Observations*. Oxford University Press. RSS Lecture Notes Series, 1996.
- Pankratz A.: *Forecasting With Dynamic Regression Models*. John Wiley, 1991.

### Referències complementàries:

- Box, G.E.P., Jenkins, G.M., Reinsel G.C.: *Time series analysis: Forecasting and control*. 3rd edition. Prentice-Hall, 1994.
- Eaton, M.: *Multivariate Statistics, a vector Space Approach*. Wiley, 1983.
- Fuller, W.A.: *Introduction to Statistical Time Series*. 2nd edition. John Wiley, 1996.
- Pankratz A.: *Forecasting With Univariate Box-Jenkins Models: Concepts and Cases*. John Wiley, 1983.
- Peña, D.: *Estadística. Modelos y métodos. Vol. 2. Modelos lineales y series temporales*. Alianza Universidad Textos, 1991.

# ASTRODINÀMICA I MECÀNICA CELEST

---

**CODI:** 11878

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Josep Masdemont Soler

## Objectius del curs

Aquest curs és una introducció a la Mecànica Celeste, en sintonia amb matèries afins, com la Mecànica Racional i la Teoria Qualitativa d'Equacions Diferencials Ordinàries. Es presenten les eines bàsiques que permeten estudiar els problemes fonamentals del moviment de diversos cossos. Es posa un èmfasi especial en les aplicacions, i així s'introdueixen diverses qüestions d'astrodinàmica, com la determinació d'òrbites keplerianes, les transferències entre òrbites i l'estudi del moviment dels satèl·lits artificials.

## Programa

### 1. El problema de dos cossos

Equacions del problema de dos cossos i de camps centrals en general. Anàlisi dels diferents tipus de moviment. Les anomalies mitjana, verdadera i excèntrica. L'equació de Kepler. El moviment a l'espai i els elements orbitals. Temps sideri i d'efemèrides

Regularització de les col·lisions binàries.

Determinació d'òrbites. El problema de Lambert. Transferència d'òrbites: Hohmann, bipolarbòliques i biel·líptiques. Transferències entre òrbites el·líptiques.

### 2. El problema de $n$ cossos

Formulació del problema. Equacions del moviment de  $n$  cossos. Les deu integrals clàssiques i la reducció del node de Jacobi. Alguns problemes sobre integrabilitat.

Solucions particulars del problema de  $n$  cossos. Configuracions centrals i solucions homogràfiques. Teorema de Moulton.

El teorema del col·lapse total de Sundman. Algunes consideracions del teorema en el problema de tres cossos.

### 3. El problema restringit de tres cossos

Dedució de les equacions del moviment. La integral de Jacobi. Les regions de Hill i la corba de velocitat zero. Determinació dels punts d'equilibri. Estudi local del flux prop dels punts d'Euler i Lagrange.

Teoremes de Hopf i de Lyapunov. Famílies d'òrbites periòdiques en el problema restringit.

Altres problemes restringits: el problema de Hill, el problema espacial i el problema el·líptic.

### 4. El moviment d'un satèl·lit artificial

El moviment el·líptic pertorbat. Equacions de Gauss i de Lagrange per als elements pertorbats. Transformació de les equacions en el cas d'excentricitat i inclinació petites.

Satèl·lits artificials. Funció pertorbadora d'un satèl·lit artificial orbitant la Terra. Forces pertorbadores degudes al camp gravitatori terrestre. Expressió de la funció pertorbadora en termes dels elements orbitals. Contribució del primer harmònic zonal  $J_2$ . Pertorbacions degudes als harmònics tesereals.

Idea general del mètode de Von Zeipel. Equacions i eliminació de l'anomalia. Determinació del nou hamiltonià. Resultats i comparacions.

Inclinació crítica. Llibració del perigeu en les proximitats de la inclinació crítica.

Altres pertorbacions del moviment: pertorbacions luni-solars, frenada atmosfèrica i pressió de radiació.

## **Coneixements previs necessaris**

Física General, Càlcul 1, Àlgebra Lineal, Càlcul 2, Geometria, Mètodes Numèrics 1, Càlcul 3, Equacions Diferencials 1, Topologia, Anàlisi Real, Geometria Diferencial 1.

## **Avaluació**

L'avaluació es farà per mitjà d'una prova escrita que contindrà qüestions teòriques i problemes. També tindran una especial importància els treballs pràctics que es desenvoluparan individualment o en grups reduïts durant el curs.

## **Bibliografia**

### **Referències bàsiques:**

- Danby, J.M.A. *Fundamentals of Celestial Mechanics*. Willmann-Bell, 1989.
- Escobal, P.R. *Methods of Orbit Determination*. R.E. Krieger Pub. Co., 1985.
- Pollard, H. *Celestial Mechanics*. Math. Assoc. Am., Buffalo, New York, 1976. Carus Mathematical Monographs, 18.
- Roy, A.E. *Orbital Motion*. Adam Hilger Ltd., 1982.
- Szebehely, V. *Theory of Orbits*. Academic Press, New York, 1967.

### **Referències complementàries:**

- Bate, R.R.; Mueller, D.D.; White, J.E. *Fundamentals of Astrodynamics*. Dover, 1971.
- Escobal, P.R. *Methods of Astrodynamics*. John Wiley and Sons, 1969.
- Moulton, F.R. *An Introduction to Celestial Mechanics*. Dover, New York, 1970.
- Siegel, C.; Moser, J. *Lectures on Celestial Mechanics*. Springer-Verlag, 1971.
- Stiefel, E.L.; Scheifele, G. *Linear and Regular Celestial Mechanics*. Springer, 1971.

# CALCULABILITAT

---

**CODI:** 11866

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** José Luis Balcázar Navarro

**Altres professors:** Carme Àlvarez i Faura

## Objectius del curs

Estudiar les limitacions matemàtiques dels algorismes, mitjançant la identificació precisa dels problemes que admeten solució algorítmica. Desenvolupar eines que permetin la classificació de problemes en resolubles o insolubles, i classificar els insolubles d'acord amb el seu grau d'insolubilitat. Mostrar aplicacions dels conceptes clau de la Calculabilitat a altres camps.

## Programa

1. Autòmats finits i amb pila, gramàtiques, màquines simbòliques: la jerarquia de Chomsky. Codificació de tuples. Composició i minimització: les funcions recursives parcials. Propietats: tancament per quantificació afitada i per recursió primitiva. Càlcul relatiu.
2. El predicat de Kleene. Programes universals. Teoremes de parametrització i recursió: variants. Les projeccions de Futamura i el teorema de traducció: el principi de Church-Turing. Teorema d'isomorfia de Rogers. Codi RISC.
3. Decidibilitat i enumerabilitat. Indecidibilitat del problema de parada. Teoremes de Rice i de Rice-Shapiro. Conjunts productius i creatius.
4. Reduïbilitats, graus d'insolubilitat: La jerarquia aritmètica: classificació de Tarski-Kuratowski. Reduïbilitat  $m$ , reduïbilitat 1, isomorfia recursiva: teoremes de Myhill.
5. Aplicacions. El 10è problema de Hilbert. Lògica: teoremes d'incompletesa de Gödel, teorema de Tarski. Caracteritzacions de la jerarquia aritmètica i dels conjunts creatius. Complexitat estructural: les classes P i NP, problemes NP-complets. Complexitat de Kolmogorov.

## Avaluació

Aportacions per escrit a les classes de problemes, fins a un màxim de 6 punts. Examen final.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Cutland, N.J. *Computability: an Introduction to Recursive Function Theory*. Cambridge University Press, 1980 (0-521-29465-7).
- Kfoury, A.J.; Moll, R.N.; Arbib, M.A. *A Programming Approach to Computability*. Springer-Verlag, 1982 (3-540-90743-2).
- Rogers, H. *Theory of Recursive Functions and Effective Computability*. 2<sup>a</sup> ed. McGraw-Hill/MIT Press, 1993.
- Smith, C.H. *A recursive introduction to the theory of computation*. Springer-Verlag, 1994.
- Soare, R.I. *Recursively Enumerable sets and Degrees*. Springer-Verlag, 1987 (3-540-15299-7).

### Referències complementàries:

- Autebert, J.-M. *Calculabilité et décidabilité: une introduction*. Masson, 1992 (2-225-82632-3).
- Dunne, P. *Computability Theory: Concepts and Applications*. Ellis Horwood, 1991 (13-159484-2).
- Jones, N.D. *Computability and Complexity*. Mitpress, 1997, (026210064-9).
- Rayward-Smith, V.J. *A First Course in Computability*. Blackwell Scientific Publications, 1986 (0-632-01307-9).
- Rozenberg, G.; Salomaa, A. *Cornerstones of Undecidability*. Prentice-Hall, 1994 (13-297425-8).

# CRIPTOGRAFIA

---

**CODI:** 11868

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Joan Carles Lario Loyo

**Altres professors:** Josep González Rovira

## Objectius del curs

La Criptografia estudia els aspectes de la comunicació relacionats amb la privacitat i la seguretat. Encara que es tracta d'una disciplina amb molta història, la introducció de la idea de clau pública al final dels anys setanta representa una revolució de les tècniques criptogràfiques, sobretot pel que fa a la necessitat de noves eines matemàtiques.

El curs pretén donar una visió general dels conceptes i mètodes de la criptografia clàssica (part 1 del Programa) i estudiar amb detall els sistemes criptogràfics de clau pública (part 4). Per entendre bé el funcionament d'aquests sistemes i saber avaluar-ne la seguretat es requereixen alguns coneixements de teoria de nombres, especialment l'estudi d'algorismes per resoldre determinats problemes (parts 2 i 3).

## Programa

### 1. Criptografia de clau secreta.

Conceptes bàsics. Substitució monoalfabètica i polialfabètica. Transposició. Criptosistemes clàssics: Cèsar, Vernam, Playfair, Vigenère, Hagelin, Enigma, etc. Teoria de Shannon. Seguretat perfecta, equivocació, distància d'unicitat. El Data Encryption Standard. Modes d'operació. Variants.

### 2. Aritmètica computacional.

Aspectes computacionals dels grups abelians. Exponenciació, extracció d'arrels i logaritme discret. Càlcul d'ordres. Residus quadràtics. Llei de reciprocitat quadràtica. Símbols de Legendre i de Jacobi. Extracció d'arrels als cossos finits. El problema del logaritme discret als cossos finits. Corbes el·líptiques. Equacions de Weierstrass en característica positiva. Estructura del grup de punts sobre un cos finit: Teoremes de Hasse i Deuring. Grup de classes d'ideals de cossos quadràtics. Formes quadràtiques binàries sobre els enters. Algorisme de Shanks.

### 3. Primalitat i factorització.

Distribució dels nombres primers. Teorema del nombre primer. Teorema de Dirichlet de la progressió aritmètica. Hipòtesi de Riemann generalitzada. Primalitat. Criteris de no-primalitat probabilístics. Criteris de primalitat: sumes de Gauss i corbes el·líptiques. Certificats de primalitat. Mètodes clàssics de factorització:  $r$  de Pollard, grup de classes, mètode  $p - 1$  i variants. Mètodes de factorització subexponencials: Criba quadràtica, grup de classes, corbes el·líptiques, criba del cos de nombres.



#### 4. Criptografia de clau pública.

La idea de Diffie i Hellman. Funcions unidireccionals. Portes trampa.

Aplicacions del logaritme discret: Distribució pública de claus, xifratge, criptografia sense clau.

Comparació dels problemes del logaritme discret i la factorització. Variants amb corbes el·líptiques.

Criptosistema RSA. Modes d'operació i aplicacions. Variants amb corbes el·líptiques.

Criptosistemes basats en el problema de la motxilla. Algorisme LLL. Criptoanàlisi de les motxilles de baixa densitat. Motxilles d'alta densitat.

Protocols criptogràfics. Passwords, funcions de hash, signatures digitals, autenticació, secrets compartits, tirades de daus.

### Coneixements previs necessaris

Les assignatures obligatòries de la Llicenciatura de Matemàtiques i Àlgebra computacional.

### Avaluació

L'avaluació consistirà en la realització d'algunes proves al llarg del curs així com la realització d'algun treball.

### Bibliografia

#### Referències bàsiques:

- Cohen, H.: *A Course in Computational Algebraic Number Theory*. Springer-Verlag, 1993.
- Koblitz, N.: *A Course in Number Theory and Cryptography*. 2nd edition. Springer-Verlag, 1994.
- Schneier, B.: *Applied Cryptography. Protocols, Algorithms, and Source Code in C*. 2nd edition. John Wiley & Sons, Inc. 1996.
- Simmons, G.J. (Ed): *Contemporary Cryptology. The Science of Information Integrity*. IEEE Press, 1992.
- Stinson, D.R.: *Cryptography. Theory and Practice*. CRC Press, 1995.

#### Referències complementàries:

- Menezes, A.J.; van Oorschot, P.C.; Vanstone, S.A.: *Handbook of Applied Cryptography*. CRC Press, 1997.
- Kahn, D.: *The Codebreakers. The story of secret writing*. Macmillan, 1967.
- Kranakis, E.: *Primality and Cryptography*. Wiley-Teubner Series in Computer Science, 1986.
- Pomerance, C. (Ed.): *Cryptology and Computational Number Theory*. AMS Short Course series núm. 42, 1990.
- Shannon, C.: *Communication Theory of Secrecy Systems*. Bell Syst. Tech. J., vol. 28, pp.656-715, 1949.

# HISTÒRIA DE LA MATEMÀTICA

---

**CODI:** 12802

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Eduard Recasens Gallart

## Objectius del curs

Explorant el passat de les matemàtiques descobrim com han sorgit els conceptes, teoremes, mètodes i axiomàtiques que avui trobem exposats en els textos en una concepció i un ordre no necessàriament històrics. Descobrim també les persones que hi ha darrere els teoremes: la seva època, les seves motivacions, la seva inserció social...

En aquesta assignatura es vol esbrinar quines matemàtiques feien els matemàtics que ens han precedit, quins problemes volien resoldre, d'on sorgien aquests problemes i fins a quin punt els resolgueren. ¿Eren problemes que venien plantejats des de fora de la matemàtica o bé eren interns a ella mateixa? Quina metodologia seguien per resoldre'ls? Què ha quedat de tot allò?

## Programa

### TEORIA

En aquesta part es pretén donar una visió panoràmica de l'evolució de la matemàtica des dels seus inicis fins a la primera meitat del segle XX seguint els següents punts de referència:

1. La matemàtica a les civilitzacions egípcia i babilònica.
2. La geometria grega.
3. Els inicis de l'àlgebra.
4. Trigonometria i logaritmes.
5. La recuperació dels clàssics grecs al Renaixement.
6. El naixement del càlcul infinitesimal (segle XVII).
7. Cap a la formulació matemàtica de les lleis físiques.
8. Les matemàtiques en el període de la Revolució Francesa.
9. El segle XIX.
10. La primera meitat del segle XX: noves tendències.

### PRÀCTIQUES

Treballs de temes monogràfics relacionats amb les assignatures de primer cicle i que s'escolliran de comú acord.

## Coneixements previs necessaris

Geometria, Àlgebra Lineal, Càlcul 1, Càlcul 2 i Càlcul 3.

## Avaluació

Valoració dels treballs monogràfics presentats pels alumnes al llarg del curs més una prova de coneixements.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Burton, David M. *The History of Mathematics*. Ed. Mc Graw Hill Companies, 1997.
- Calinger, Ronald. *A Contextual History of Mathematics to Euler*. Ed. Prentice Hall, 1999.
- Maor, Eli. *The story of a number*. Ed. Princeton University Press, 1994.
- Rashed, Roshdi. *Encyclopedia of the History of Arabic Science*. 3 vol.Ed. Routledge Londres – Nueva York, 1996.
- Roche, John J. *The Mathematics of Measurement: A Critical History*. Ed. London: Athlone Press, 1998.

### Referències complementàries:

- Aull, C.E. ; Lowen, R. (editors). *Handbook of The History of General Topology*. Ed. Dordrecht: Kluwer Academic, 1997.
- Blay, Michael. *Les Raisons de l'infini: Du monde clos à l'univers mathématique*. Editions Gallimard, 1993.
- Gazalé, Midhat J. *Gnomon: From Pharaons to Fractals*. Ed. Princeton University Press, 1999.
- Gray, Jeremy (editor). *The Symbolic Universe: Geometry and physics 1890 – 1930*. Ed. Oxford University Press, 1999.
- *Matériaux pour l'histoire des Mathématiques au XXe siècle*. Paris: Société Mathématique de France, 1998. (Actes du Colloque à la memoire de Jean Dieudonné).

# MÈTODES NUMÈRICS EN ENGINYERIA

---

**CODI:** 11871

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Antonio Rodríguez Ferran

**Altres professors:** Agustí Pérez Foguet

(Aquesta assignatura s'imparteix conjuntament amb l'Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona.)

## Objectius del curs

El curs té un doble objectiu. En primer lloc, es tracta de presentar alguns problemes d'enginyeria (lineals i no lineals) que es resolen habitualment amb tècniques numèriques: problemes d'ones, de propagació de la calor, de convecció-difusió, de mecànica i d'optimització. En segon lloc, i cenyint-nos als problemes no lineals, es tracta de donar una perspectiva general de les tècniques numèriques de resolució de sistemes d'equacions algebraïques no lineals, que apareixen en la resolució numèrica d'EDP no lineals o en l'optimització no lineal (amb o sense restriccions).

## Programa

1. Aplicacions dels mètodes numèrics en enginyeria. Propagació d'ones. Propagació de la calor en medis lineals o no lineals. Processos de convecció-difusió. Mecànica lineal i no lineal. Optimització.
2. Introducció als sistemes no lineals d'equacions.
3. Solució de sistemes no lineals. Introducció i orígens dels problemes no lineals. Mètodes de punt fix: existència i unicitat de solució, mètode de Picard. Mètode de Newton-Raphson. Plantejament incremental/iteratiu. Variants del mètode de Newton-Raphson: Newton-Raphson modificat, Whittaker. Mètodes Quasi-Newton, introducció i classificació, mètode de Broyden directe i invers, altres mètodes de rang 1, mètodes de rang 2: DFP i BFGS, anàlisi comparativa. Mètodes Quasi-Newton per a problemes amb estructura especial. Estudi de la convergència dels mètodes de Newton-Raphson i Quasi-Newton. Mètodes Newton-Secant, motivació i definició, mètodes més utilitzats. Criteris de convergència. Acceleracions de convergència. Mètodes de continuació.
4. Introducció a l'optimització i al disseny òptim en problemes d'enginyeria. El problema general de programació matemàtica no lineal. Formulació general de problemes en enginyeria i la seva classificació: problemes directes, problemes d'optimització, problemes inversos i problemes de control. Classificació de mètodes de programació matemàtica no lineal. Anàlisi de sensibilitat; estat directe i estat adjunt.
5. Programació matemàtica no lineal. Notació. Definicions. Minimització sense restriccions, equivalència entre minimització sense restriccions i sistemes no lineals, mètodes específics. Minimització amb restriccions, definicions i conceptes bàsics: equivalència entre restriccions i convexitat. Condicions de mínim: multiplicadors de Lagrange i condicions de Kuhn-Tucker, dualitat en problemes convexos, mètodes numèrics per al problema n-dimensional, mètodes de descens generalitzats, mètodes basats en les condicions de Kuhn-Tucker, mètodes de reducció a problemes de minimització sense restriccions (funcions de penalització, funcions barrera,

lagrangiana augmentada), mètodes de reducció a problemes específics de minimització amb restriccions. Mètodes per a problemes de mínims quadrats no lineals, mètode de Gauss-Newton; millores: Gauss-Newton amortidor i Levenberg-Marquardt. Recomanacions generals i aplicacions.

## Coneixements previs necessaris

Mètodes Numèrics 2. És recomanable – però no imprescindible – haver cursat Mecànica Computacional.

## Avaluació

La nota final estarà determinada pels exàmens, els treballs del curs i les pràctiques.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Ciarlet, P.G. *Introduction à l'analyse numérique matricielle et à l'optimisation*. Masson, 1990.
- Crisfield, M.A. *Non-Linear Finite Element Analysis of Solids and Structures. Volume 1 : Essentials*. Wiley, 1991.
- Dennis, J.E.; Schnabel, R.B. *Numerical Methods for Unconstrained Optimization and Nonlinear Equations*. Prentice-Hall, 1983.
- Fletcher, R. *Practical Methods of Optimization*. Wiley, 1987.
- Ortega, J.M.; Rheinboldt, W. *Iterative Solution of Nonlinear Equations in Several Variables*. Academic Press, 1970.

### Referències complementàries:

- Bathe, K.J. *Finite Element Procedures*, Prentice-Hall, 1996.
- Gill, P.; Murray, W.; Wright, M. *Practical Optimization*, Academic Press, 1981.
- Kelley, C.T. *Iterative Methods for Linear and Nonlinear Equations, Frontiers in Applied Mathematics*. SIAM, 1995.
- Scales, L.E. *Introduction to Non Linear Optimization*. Springer-Verlag, 1985.
- Vanderplaats, G.N. *Numerical Optimization Techniques for Engineering Design (With Applications)*, McGraw-Hill, 1984.

# OPTIMITZACIÓ CONTÍNUA 1

---

**CODI:** 11879

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Narcís Nabona Francisco

**Altres professors:** Lúdia Montero Mercadé

## Objectius del curs

- Presentar les bases teòriques dels principals algorismes d'Optimització Contínua i les seves eines de resolució de problemes d'alta dimensionalitat.
- Justificar l'eficiència computacional dels algorismes que es presenten.
- Comprensió d'una part de les propietats dels algorismes mitjançant l'experimentació computacional amb programes preparats per resoldre problemes escollits.
- Adquisició de pràctica en l'ús de les eines professionals de l'Optimització Contínua.
- Entrar en contacte amb problemes reals d'Optimització Contínua.

## Programa

1. Conceptes de convergència global i local. Direcció de descens i derivada direccional. Taxa i ordre de convergència. Fita superior a la taxa de convergència del mètode del gradient.
2. Introducció a l'esparsitat: Emmagatzematge espars d'un vector i una matriu. Ubicadors i accessibilitat. Producte matriu per vector. Matrius simètriques esparses i graf equivalent. Triangulació en matrius esparses i modificació d'ubicadors. Reordenacions.
3. Mètodes de direccions conjugades: Direccions Q-conjugades, propietats i generació. Minimització d'una funció quadràtica. Teorema del subespai expansiu. Algorisme i teorema del gradient conjugat. El gradient conjugat com a procés òptim: teoremes 1 i 2. Solució aproximada de sistemes d'equacions amb matriu de coeficients simètrica i definida positiva. Aplicació de l'esparsitat. Mètode del gradient conjugat parcial.
4. Mètode de Newton: Propietat de la família d'algorismes  $X_{k+1}=X_k-\alpha MG_k$ . El mètode de Newton. Convergència local i convergència global. Modificació de Luenberger. Triangulació de Gill-Murray. Modificació de Dennis-Schnabel. Aplicació de l'esparsitat.
5. Factoritzacions ortogonals i mínims quadrats: Propietats de les matrius de Householder. Factoritzacions QR i LQ. Cas de rang incomplet. Submatrius Y i Z de la matriu Q; subespai de rang i subespai nul. Mínims quadrats lineals i interpretació geomètrica. Solució numèrica sense i amb factorització QR. Rang incomplet en columnes, factorització ortogonal completa i solució de norma mínima. Mínims quadrats qualssevol. Mètode de Gauss-Newton. Solució numèrica sense i amb factorització QR. Esparsitat en la factorització QR o LQ.
6. Minimització amb constriccions lineals d'igualtat: Reducció de la dimensionalitat per les constriccions lineals d'igualtat. Procediments d'obtenció d'un punt inicial factible. Obtenció de la matriu Z per factorització LQ i pel mètode de reducció de variable. Algorisme general. Gradient projectat i mètode del gradient. Hessiana projectada i mètode de Newton. Aplicació de l'algorisme del gradient conjugat. Programació quadràtica. Estimacions dels multiplicadors de Lagrange de 1r i 2n ordre.
7. Minimització amb constriccions lineals de desigualtat: Mètode del conjunt actiu. Actualitzacions de la matriu Z quan s'hi afegeixen i es descarten constriccions. Actualitzacions de l'hessiana projectada quan es descarta una constricció. Programació quadràtica definida positiva. Minimització subjecta a fites simples de les variables.
8. Algorisme de Murtagh-Saunders: Constriccions lineals d'igualtat i fites simples. Procediment de Murtagh-Saunders. Variables superbàsiques. Algorisme general. El mètode del símplex.

9. Introducció als Mètodes de Punt Interior: Requeriments matemàtics. Escalat afí primal. Determinació del pas. Punt factible interior. Criteri d'acabament. Relació amb el símplex. Algorisme de l'escalat afí primal. Escalat afí dual. Algorisme.
10. El mètode del gradient reduït generalitzat. Aplicació a un problema amb constriccions lineals d'igualtat i variables fitades. Variables dependents i independents. Aplicació a problemes amb constriccions qualssevol. Retorn a la hipersuperfície de les constriccions.

## Pràctiques

Es realitzaran pràctiques consistents en la utilització de programes i paquets ja desenvolupats.. S'explicarà i s'haurà de codificar un problema real d'optimització sense constriccions, i un problema real d'optimització amb constriccions lineals.

## Coneixements previs necessaris

Investigació Operativa.

## Avaluació

Hi haurà dos exàmens de teoria i problemes (70% de la nota) i pràctiques computacionals (30% de la nota).

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Bertsekas, D.P.: *Nonlinear Programming*. 2a edició. Belmont, MA, USA: Athena Scientific, 1999.
- Dennis, J.E.; Schnabel, R.B.: *Numerical Methods for Unconstrained Optimization and Nonlinear Equations*. Prentice Hall, 1983.
- Duff, I.S. et alt.: *Direct Methods for Sparse Matrices*. Oxford Clarendon Press, 1989.
- Gill, P.E.; Murray, W.; Wright, M.H.: *Practical Optimization*. Academic Press, 1981.
- Luenberger, D.G.: *Linear and Nonlinear Programming*. Addison-Wesley, 1984.

### Referències complementàries:

- Arbel, A.: *Exploring interior-point linear programming algorithms and software*. The MIT Press, 1993.
- Fletcher, R.: *Practical Methods of Optimization*. 2nd edition. John Wiley & Sons, 1987.
- Gill, P.E. et alt.: *Numerical Linear Algebra and Optimization*. Addison-Wesley, 1991.
- Golub, G.H.; Van Loan, C.F.: *Matrix Computations*. 3rd edition. Hopkins University Press, 1996.
- Vanderbei, R.J.: *Linear Programming. Foundations and Extensions*. Ed. Kluwer Academic, 1996.

### Altres referències:

- Nabona, N.: *Notes sobre Optimització Continua I*. Servei de Fotocòpies FME, 2000
- Nabona, N., Heredia, F.J. : *Problemes d'Optimització Continua I*. Servei de Fotocòpies FME, 2000.
- Nabona, N., Montero, L., Rossell, F : *Pràctiques d'Optimització Continua I*. Servei de Fotocòpies FME, 2000.

# SIMULACIÓ

---

**CODI:** 11873

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Jaume Barceló Bugada

**Altres professors:** Jaume L. Ferrer Cerdà

## Objectius del curs

Aquesta assignatura vol introduir l'alumne en els conceptes de la simulació com a eina de la Investigació Operativa per al tractament de models matemàtics en els quals intervé la incertesa. S'introdueixen les metodologies pròpies de la simulació per al disseny i la manipulació dels models esmentats i es proporcionen a l'alumne les eines necessàries per a la construcció de models complexos de simulació, i la utilització de llenguatges estàndard per al seu tractament, en els camps de la simulació de sistemes discrets i continus. Es posarà un èmfasi especial en els temes de mostreig, disseny d'experiments i anàlisi de resultats de la simulació.

## Programa

1. Introducció a la Simulació: Sistemes i Models, tipus de simulació: simulació discreta i simulació contínua. Metodologia de la construcció de models de simulació.
2. Conceptes bàsics de Simulació de Sistemes Continus. Aplicacions i exemples.
3. Simulació i aleatorietat: generació de nombres i variables aleatòries. Introducció a la Simulació per mètodes de Monte Carlo: càlcul de superfícies i volums per Monte Carlo.
4. Simulació de Sistemes Discrets. Simulació en FORTRAN, C i altres llenguatges de propòsit general. Llenguatges especialitzats de simulació: la "visió del món" d'un llenguatge de simulació. La simulació en GPSS. Aplicacions i casos pràctics.
5. Tendències actuals de la Simulació. La Simulació Visual Interactiva: introducció al simulador ARENA.
6. Verificació i validació de models de simulació.
7. Processos de mostreig en Simulació. La generació de mostres de variables aleatòries. Tècniques de reducció de la variància. Estratificació.
8. El disseny d'experiments de simulació: Disseny factorials. Estratègies de disseny. Superfícies de resposta. Metamodels.
9. L'anàlisi de resultats: Comportament del transitori i de l'estat estacionari. Mètodes d'anàlisi: mitjanes per a lots, mètodes regeneratius, anàlisi espectral, mètodes autorregressius, jackknifing, Sèries Temporals.
10. Exemples d'aplicació de la simulació a sistemes industrials, lògistics, de gestió, de transport, etc.



## Coneixements previs necessaris

Investigació Operativa, Informàtica 1 i 2, Probabilitat i Estadística, Inferència Estadística.

## Avaluació

Es realitzarà l'avaluació sobre la base de dos treballs pràctics i una prova.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Banks, J.; Carson, J.S.; Nelson, B.: *Discrete–Event System Simulation*. Prentice Hall, 1999.
- Banks, J. (Editor): *Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications and Practice*. John Wiley, 1998.
- Fishman, G.S.: *Monte Carlo: Concepts, Algorithms and Applications*. Springer, 1999.
- Law, A.M.; Kelton, W.D.: *Simulation Modelling and Analysis*. 2nd edition. McGraw-Hill, 1991.
- Schriber, T.J.: *An introduction to simulation using GPSS/H*. John Wiley & Sons, 1991.

### Referències complementàries:

- Bratley, P.; Fox, B.L.; Schrage, L.E.: *A guide to simulation*. 2nd edition. Springer-Verlag, 1987.
- Karian, Z.A.; Dudewicz, E.J.: *Modern Statistical, Systems and GPSS Simulation*. CRC Press, 1999.
- Kelton, D.W.; Sadowski, R.P.; Sadowski, D.A.: *Simulation with ARENA*. McGraw Hill, 1997.
- Kleijnen, J.: *Simulation. A statistical perspective*. Wiley, 1992.
- Pidd, M.: *Computer Modeling in Management Science*. 3rd edition. John Wiley & Sons, 1992.

# TEORIA MATEMÀTICA DELS MERCATS FINANCERS

---

**CODI:** 17503

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Josep Masdemont Soler

**Altres professors:** Francesc Planas Vilanova

## Objectius del curs

L'objectiu del curs és introduir els mètodes matemàtics per a la valoració dels productes financers moderns. El curs consta de tres parts diferenciades. La primera part està dedicada a descriure els productes financers i la seva valoració usant l'arbitratge. En la segona part es dóna la fonamentació matemàtica per als processos discrets. Finalment, en la tercera part, es tracten els processos continus, per acabar presentant l'entorn Black-Scholes. Per això cal introduir nocions bàsiques del càlcul diferencial estocàstic.

## Programa

### 1. PRODUCTES FINANCERS I ARBITRATGE

- Introducció als futurs i les opcions. Arbitratge.
- Cobertura amb futurs i opcions.
- Preus forward i futurs.
- Futurs sobre tipus d'interès. Swaps
- Propietats dels preus de les opcions sobre accions.

### 2. MODELS DISCRETS

- El model d'arbre binomial. Probabilitat de risc neutral.
- Formalisme per als mercats discrets. Informació, mesurabilitat i filtracions.
- Estratègia de carteres i autofinançament.
- Esperança condicional. Teorema de Kolmogorov. Martingales.
- El Teorema de representació binomial. Rèplica autofinançada.

### 3. MODELS CONTINUS

- Passeig aleatori i obertura als mercats continus. Moviment Brownià.
- Integral i Càlcul de Itô. Equacions Diferencials Estocàstiques.
- Teoremes de canvis de mesura.
- Estratègies contínues autofinançades.
- Model i fórmula de Black-Scholes.

## Coneixements previs necessaris

Totes les assignatures obligatòries de 1r cicle.

## Avaluació

Prova parcial i examen final.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Baxter, M.; Rennie, A. *Financial Calculus*. Cambridge University Press. 1996.
- Dothan, M. *Prices in Financial Markets*. Oxford University Press. 1990.
- Hull, J. *Options, Futures and Other Derivative Securities*. Prentice Hall. 1993.
- Lamberton, D.; Lapeyre, B. *Introduction to Stochastic Calculus Applied to Finance*. Chapman & Hall. 1997.
- Wilmott, P.; Dewynne, J.; Howison, S. *Option Pricing*. Oxford Financial Press. 1997.

### Referències complementàries:

- Ikeda, N.; Watanabe, S. *Stochastic Differential Equations and Diffusion Processes*. North Holland. 1989.
- Kloeden, P.; Platen, E.; Schurz, H. *Numerical Solution of SDE Through Computer Experiments*. Ed. Springer Verlag. 1994.
- Rogers, L.; Williams, D. *Diffusions, Markov Processes, and Martingales: Itô Calculus*. Wiley & sons. 1987.
- Williams, D. *Probability with Martingales*. Cambridge University Press. 1997.
- Wilmott, P.; Dewynne, J.; Howison, S. *The Mathematics of Financial Derivatives*. Cambridge University Press. 1997.

# TEORIA QUALITATIVA D'EQUACIONS DIFERENCIALS ORDINÀRIES

---

**CODI:** 11285

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** M.Teresa Martínez-Seara Alonso

**Altres professors:** Jordi Villanueva Castelltort

## Objectius del curs

La dinàmica de molts sistemes està modelitzada per equacions diferencials ordinàries (e. d. o.). Dissortadament, el 'club' de les e. d. o. resolubles es redueix a 7 o 8 tipus, i l'aplicació directa d'un mètode numèric de resolució té moltes limitacions (no permet tractar fàcilment famílies de paràmetres, la integració per a temps grossos està afectada de molts errors, el sistema considerat és caòtic, etc.). La teoria qualitativa d'e. d. o. permet conèixer les propietats més rellevants d'un sistema (estabilitat, comportament asimptòtic, etc.) sense haver de conèixer explícitament les solucions, i a la vegada produeix mètodes constructius que permeten aproximar solucions concretes.

L'objectiu d'aquesta assignatura consisteix a descriure els mètodes -analítics, geomètrics, topològics i numèrics- que s'utilitzen en l'estudi de les propietats locals i globals tant de les solucions d'equacions diferencials (sistemes dinàmics continus) com dels iterats successius d'aplicacions (sistemes dinàmics discrets). Pel tipus de problemes que estudia, aquesta assignatura està relacionada amb matèries afins, com l'Astrodinàmica i la Mecànica Celeste. Els alumnes que ho desitgin podran implementar algorismes d'experimentació i simulació dels diferents models que els seran presentats.

## Programa

1. Equacions diferencials ordinàries i sistemes dinàmics. Flux associat a un camp vectorial sobre  $\mathbb{R}^n$  o una varietat. Sistemes dinàmics. Funcions de Liapunov. Teorema de Poincaré-Bendixson sobre el pla i l'esfera. Exemples.
2. Aplicació de Poincaré i sistemes dinàmics discrets. Sistemes lineals  $x' = A(t)x$ , fórmula de Liouville, teoria de Floquet.
3. Estructura local dels elements hiperbòlics. Estabilitat estructural de sistemes lineals hiperbòlics  $x' = Ax$  en  $\mathbb{R}^n$ , i automorfismes lineals hiperbòlics  $x \mapsto Lx$  en  $\mathbb{R}^n$ . Teoremes de Hartman. Varietats invariants d'elements hiperbòlics. Introducció al teorema de la varietat central.
4. Teoria de pertorbacions. Desenvolupaments en sèrie de potències, mètode de Lindstedt-Poincaré. Pertorbacions d'òrbites homoclíniques planes: Mètode de Melnikov. Teoria de mitjaneres, introducció als teoremes del twist, de Kolmogorov-Arnold-Moser i de Nekhoroshev.
5. Formes normals i teoria de bifurcacions. Reducció formal a forma normal lineal: teoremes de Poincaré i Poincaré-Dulac. Convergència: dominis de Poincaré i Siegel. Cas de sistemes hamiltonians. Bifurcacions locals generals: sella-node, transcítica, forca, Hopf. Exemples.
6. Sistemes discrets unidimensionals. Homeomorfismes i difeomorfismes del cercle, nombre de rotació. Teorema de Denjoy. Propietats genèriques. Estabilitat. Aplicació: e. d. o. sobre el tor. Aplicacions unidimensionals de l'interval: aplicació logística, teorema de Sarkovskii.

7. Conjunts hiperbòlics i fenòmens caòtics. El shift de Bernoulli, la ferradura de Smale. Sistemes amb dinàmica hiperbòlica caòtica. Teorema del punt homoclínic de Smale. No integrabilitat de difeomorfismes amb punts homoclínics transversals. Fenomen de Newhouse.

## Coneixements previs necessaris

Equacions Diferencials 1.

## Avaluació

La nota final serà directament proporcional als coneixements sobre el contingut de l'assignatura demostrats en diferents proves al llarg del curs.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Arnold, V.I.: *Chapitres supplémentaires de la théorie des équations différentielles ordinaires*. Moscou: Mir, 1980.
- Arrowsmith, D.K.; Place, C.M.: *An introduction to Dynamical Systems*. Cambridge University Press, 1990.
- Chow, S.N.; Hale, J.K.: *Methods of Bifurcation Theory*. New York: Springer-Verlag, Berlin: Heidelberg, 1996.
- Coddington, E.A.; Levinson, N. *Theory of ordinary differential equations*. New York: McGraw-Hill Book Company, 1955.
- Guckenheimer, J.; Holmes, P.: *Nonlinear Oscillations, Dynamical Systems and Bifurcations of Vector Fields*. New York: Springer-Verlag, 1983.

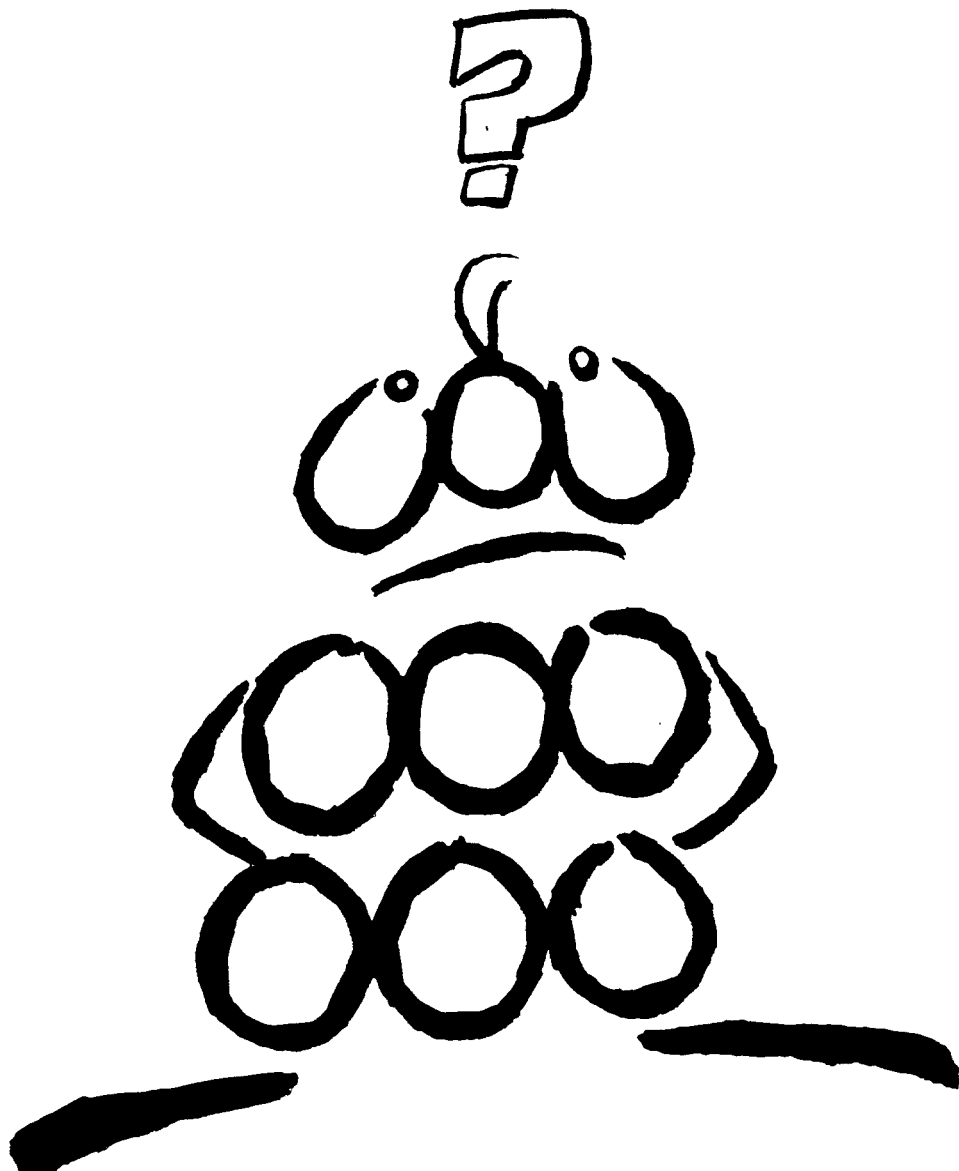
### Referències complementàries:

- Arnold, V.I.: *Les méthodes mathématiques de la mécanique classique*. Moscou: Mir, 1976.
- Hirsch, M.W.; Smale, S.: *Ecuaciones diferenciales, sistemas dinámicos y álgebra lineal*. Madrid: Alianza Editorial, 1983.
- Katok, A.; Hasselblatt, B.: *Introduction to the Modern Theory of Dynamical Systems*. Cambridge University Press, 1995.
- Palis, J. Jr.; Melo, W. de: *Geometric Theory of Dynamical Systems*. New York: Springer-Verlag, 1982.
- Wiggins, S.: *Introduction to Applied Nonlinear Dynamical Systems and Chaos*. New York: Springer-Verlag, 1990.



## 6. ASSIGNATURES ESPECÍFIQUES DE LLIURE ELECCIÓ DE LA FME

---







# 1r QUADRIMESTRE

---

# HISTÒRIA DE LA CIÈNCIA

---

**CODI:** 50003

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Francesc X. Barca Salom

**Altres professors:** Antoni Roca Rosell

## Objectius del curs

Les assignatures d'història de la ciència i de la tècnica volen contribuir a la formació integral de l'estudiant proporcionant-li elements de cohesió intel·lectual i possibilitant un coneixement més complet de les disciplines pròpies de les carreres científiques i tècniques. Aquesta assignatura està formada per dos cursos monogràfics, un dels quals es refereix especialment a la història de les matemàtiques. El segon té un caràcter més ampli i posa de manifest l'aspecte dinàmic del desenvolupament científic i tècnic, així com les seves influències recíproques que hi ha amb els altres aspectes de la vida humana.

## Programa

### 1. Els tres problemes especials de la geometria grega

L'empirisme prehelènic i el "miracle grec". L'aritmogeometria pitagòrica. El descobriment dels incommensurables. Les paradoxes de Zenó. La teoria de les proporcions d'Eudox. Els tres famosos problemes de la geometria grega: la trisecció de l'angle, la quadratura del cercle i la duplicació del cub.

### 2. Enginyeria i societat a Catalunya i Espanya (segles XVIII-XX)

Els primers tècnics civils: les escoles i les càtedres de la Junta de Comerç. L'acció de l'Estat: l'Escola d'Enginyers de Camins. Antecedents: el sistema estatal francès i l'École Polytechnique. L'alternativa: l'École Centrale d'Arts et Manufactures. Creació de l'enginyeria industrial a Espanya. Enginyers d'estat i enginyers d'empresa. Les noves especialitats tècniques en el segle XX.

## Avaluació

Exàmens a meitat curs, exàmens finals, recensió individual d'un llibre i presentació d'un treball monogràfic fet en equip.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Alsina, C. ... [et. al.]: *Ciència i tècnica als Països Catalans. Una aproximació biogràfica*. Fundació Catalana per a la Recerca, Barcelona, 1995.
- Boyer, C.B.: *Historia de la matemática*, Alianza Editorial, Madrid, 1986.
- Euclid: *The Thirteen Books of Euclid's Elements*. Dover, New York, 1956.
- *Quaderns d'Història de l'Enginyeria*, vol. 1 i 2. Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials, Barcelona, 1996, 1997.
- Heath, T.L.: *A History of Greek Mathematics*, 2 vol., Dover, New York, 1981.

### Referències complementàries:

- Garrabou, R.: *Enginyers Industrials, modernització econòmica i burgesia a Catalunya*. Ed. L'Avenç, Barcelona, 1982.
- Kats, V. *A History of Mathematics*, Harper Collins College Publisher, 1993.
- Kline, M.: *El pensamiento matemático de la antigüedad a nuestros días*, (3 vol.), Alianza, Madrid, 1992.
- Roca, A.; Sánchez Ron, J.M.: *Esteban Terradas: ciencia y técnica en la España contemporánea*, Serbal, Barcelona, 1990.
- Seminario Orotava de Historia de la Ciencia: *Historia de la Geometría griega*, Consejería de Educación del Gobierno de Canarias, 1994.

# TALLER DE GEOMETRIA

---

**CODI:** 50004

**Càrrega docent:** 7,5 crèdits

**Professor coordinador:** Claudi Alsina Català

**Altres professors:** Joan Jacas Moral, Amadeu Monreal Pujades, Jaume-Lluís Garcia Roig

## Objectius del curs

Les activitats d'aquest curs estan destinades a viure, conèixer i descobrir el món de la Geometria plana i espacial, el seu context cultural, les seves aplicacions i els aspectes més creatius.

Les activitats incorporaran mitjans audiovisuals (retroprojector, vídeo), cibernètics i materials manipulatius i models sobre els quals es pot construir un aprenentatge actiu de la Geometria.

## Programa

### A. Sessions experimentals

1. TALLER DE GEOMETRIA. Presentació.
2. POLIGOLÀNDIA. Polígons. Classificacions. Propietats mètriques en triangles i quadrilàters.
3. POLIMINOS. n-ominos. Problemes amb n-ominos. Hemaminos i diamants.
4. CONSTRUCCIONS AMB REGLE I COMPÀS. Quadratures. Duplicació. Inscripció de polígons. Trisecció. Construccions mètriques.
5. NOMBRES CONSTRUÏBLES. Nombres reals construïbles.  $\sqrt{n}$  Nombre d'or. Proporcions. Divisions congruents o homotètiques.
6. POLÍEDRES 1. Història dels políedres. Concepte de políedre. Classificacions.
7. POLÍEDRES 2. Políedres regulars: Tetràedre. Cub. Octàedre. Dodecàedre. Icosàedre. Deltàedres.
8. POLÍEDRES 3. Políedres d'Arquimedes. Políedres Estelats. Cúpules.
9. PROBLEMES OBERTS. Problemes de Geometria. Cap on va la Geometria?
10. PROJECTE (Treball individual de recerca).

### B. Sessions audiovisuals

1. ESFERA, CILINDRE, CON. Esfera. Cilindre. Con. Característiques mètriques. Seccions. Generacions de formes.
2. GEOMETRIA I TECNOLOGIA. Aplicacions geomètriques actuals relacionades amb la tecnologia. Transformacions.
3. FORMA I CREIXEMENT. Homotècies i semblances. Raons. Formes naturals possibles. Generacions de formes.
4. MESURA I GEOMETRIA. Mesures directes i indirectes. Teorema de Pitàgores aplicat. Trigonometria. Altres geometries.
5. ART I GEOMETRIA. Bellesa-Natura-Art-Geometria. Fibonacci-Escher-Coxeter-Mandelbrot.
6. L'ALHAMBRA DE GRANADA. Els secrets geomètrics de l'Alhambra.
7. PUNTS DE FUGA-PUNTS DE VISTA. Fuga i representació. Teorema de l'observador.
8. PUNTS DE MIRA. Observació. Simetrizació. Situació.
9. CÒNIQUES. Llocs geomètrics. El·lipse. Paràbola. Hipèrbola. Traçats i aplicacions.
10. EMPAQUETAMENTS EN 2D I 3D. Cercles i esferes en empaquetaments.

## C. Sessions a l'aula informàtica

1. "MATHEMATICA© ". Introducció. Instruccions
2. Corbes
3. Famílies de corbes
4. Inversió en el pla
5. Porisma de Steiner (1)
6. Porisma de Steiner (2)
7. Transformacions afins
8. Iteració
9. Fractals
10. Treball en equip

Hi haurà 10 sessions de taller, 10 sessions de vídeo i 10 sessions de treball amb ordinador.

## Avaluació

Avaluació continuada sobre la base del treball i la participació, del quadern de treball i del desenvolupament d'un projecte en equip i un projecte individual que es determinaran en cada cas amb els professors del curs.

## Bibliografia

### Referències bàsiques:

- Alsina, C.; García J.L.; Jacas, J.: *Temes clau de geometria*. Publ. Univ. Politècnica de Catalunya, Barcelona, 1992.
- Coxeter, H.S.M.: *Fundamentos de geometría*. Limusa. Wiley, 1971.
- *For all practical purposes. Introduction to contemporary mathematics*. Project director: Solomo Garfunkell. 3rd edition. New York: Freeman, 1994.
- Guillén, G.: *El mundo de los poliedros*. Síntesis, Madrid, 1990.
- Senechal, M.; Fleck, G. editors: *Shaping space. A polyhedral approach*. Birkhäuser, Boston, 1988.

### Referències complementàries:

- Klee, V.; Wagon, S.: *Old and new unsolved problems in Plane Geometry and Number Theory*. MAA, Washington, 1991.
- Martin, G.E.: *Polyominoes. A guide to puzzle and problems in tiling*. MAA, Washington, 1991.
- Pedoe, D.: *La Geometría en el Arte*. Gustavo Gili, Barcelona, 1982.
- Pugh, A.: *Polyhedra. A visual approach*. University California Press, 1990.
- Wolfram, S.: *Mathematica, a system for doing Mathematics by computers*. 2nd edition. Addison-Wesley, 1991.



## **2n QUADRIMESTRE**

---

# FER I COMPRENDRE LES ESTRUCTURES: TECNOLOGIA I MATEMÀTICA

---

**CODI:** 50796

**Càrrega docent::** 3 crèdits

**Professor coordinador:** Juan Múrcia Vela

## Objectius del curs

Donar a conèixer la tecnologia d'estructures, bàsica al sector de la construcció i a d'altres. Relacionar les realitzacions d'aquesta tecnologia amb el marc matemàtic associat. Remarcar els aspectes matemàtics que, a més d'altres coses, faciliten la "comprensió estructural".

## Programa

- Revisió dels conceptes bàsics de la mecànica. Breu descripció de les estructures
- Formes de funcionament estructural. Tipologia (segons diversos criteris) i descriptiva general.
- Aplicacions de les estructures. Materials i tècniques estructurals. Projecte, construcció i explotació.
- Introducció a l'anàlisi estructural. Mètodes d'anàlisi en general i relacions existents.
- Estructures de barres (bigues, arcs, etc.), superficials (plaques, làmines, membranes, etc.) i massives: descriptiva, aplicacions i funcionament estructural.
- Recapitulació de conceptes. Conclusions, reptes oberts i perspectives de futur.

## Avaluació

Qüestionari teòricpràctic. Treball de curs



## Bibliografía

### Referències bàsiques:

- Housner, G. W.; Vreeland, T. "*The Analysis of Stress and Deformation*".: Macmillan, 1966.
- Leonard, J. W.: "*Tension Structures behavior and analysis*".: McGraw-Hill, 1988.
- Oliver, X.; Agelet de Saracibar, C.: "*Mecánica de medios continuos para ingenieros*". Barcelona: Edicions UPC, 2000.
- Samartín, A.: "*Resistencia de Materiales*". Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1995.
- Timoshenko, S.; Woinowsky-Krieger, S.. "*Teoría de placas y láminas*".: Urmo, 1975.

### Referències complementàries:

- Argüelles Álvarez, R.; Argüelles Bustillo, R. "*Análisis de estructuras: teoría, problemas y programas*".: Fundación Conde del Valle de Salazar, 1996.
- Cardellach, F.: "*Filosofía de las estructuras*".: Librería Agustín Bosch, 1910.
- Fung, Y. C.: "*Foundations of Solid Mechanics*". Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall, 1965.
- Murcia, J.: "*Fundamentos para el análisis de estructuras de hormigón armado y pretensado*".: CSIC, 1987.
- Torroja, E.: "*Razón y ser de los tipos estructurales*". 8a edición. Madrid: Instituto de la Construcción y el Cemento, 1996.

# REALITAT VIRTUAL I GEOMETRIA

---

**CODI 1a part:** 50692

**Càrrega docent::** 4 crèdits

**CODI 2a part:** 50832

**Càrrega docent:** 3,5 crèdits

**Professor coordinador:** Joan Trias Pairó

La 1a part d'aquesta assignatura es cursarà a la Facultat d'Informàtica de Barcelona. La 2a part es cursarà a la Facultat de Matemàtiques i Estadística. Per matricular la 2a part es imprescindible matricular la 1a part.

## Objectius del curs

Presentar les eines geomètriques per a la comprensió dels llenguatges geomètrics de realitat virtual i per a la implementació de software de suport i desenvolupament en aquest camp.

## Programa

### Part 1

1. Construcció geomètrica estàtica en VRML.
2. Animació i geometria dinàmica en VRML.
3. Sensors en VRML.
4. Programació en VRML.
5. Representació en VRML.

### Part 2

1. Transformacions geomètriques per a realitat virtual.
2. Bases geomètriques de l'animació 3D.
3. Modelatge
4. Desplegament polièdric

## Avaluació

Continuada, basada en pràctiques de laboratori, lliurament d'exercicis i control. Es tindrà en compte l'assistència a classe.

## Coneixements previs necessaris

Geometria, Informàtica i Programació

## **Bibliografia**

### **Referències bàsiques:**

- Carey, R. ; Bell, C.: *The Annotated VRML 2.0 Reference Manual*. Ed.: Addison-Wesley, 1997.
- Hartman, J i Wernecke, J.: *The VRML Handbook*. Ed.: Addison-Wesley, 1996.
- Trias Pairó, J.: *Geometria per a la informàtica gràfica i CAD*. Edicions UPC, 1999.

### **Referències complementàries:**

- Dai, Fan: *Virtual Reality for Industrial Applications*. Ed.: Springer, 1988.
- Vince, J.: *Essential Virtual Reality*. Ed.: Springer, 1988.



## **7. REGLAMENT DEL PROJECTE TECNOLÒGIC**

---

# PROJECTE TECNOLÒGIC

---

## 1. Definicions i característiques

La FME organitza i dóna suport a la obtenció de crèdits de lliure elecció corresponents al segon cicle de la Llicenciatura de Matemàtiques en la forma normalitzada que anomena **Projecte Tecnològic**. Aquest procediment s'inclou dins de la modalitat administrativa anomenada: **reconeixement de crèdits de lliure elecció per treballs dirigits**.

El PT ha de ser un treball de les característiques d'un projecte professional en un tema tecnològic rellevant i en el que es necessiti algun component matemàtic significatiu.

La presència en el PT de temes no matemàtics que exigeixen un esforç d'estudi i d'especialització per part de l'estudiant ha de ser un altre dels seus components. Fora d'aquest darrer aspecte, un PT és un treball equiparable al Projecte de Fi de Carrera tradicional en les carreres d'Enginyeria i d'Arquitectura.

El PT ha de concloure amb la redacció d'una Memòria i amb una exposició pública davant d'un Tribunal.

Un PT superat dóna lloc a l'obtenció de 15 crèdits, encara que en casos excepcionals poden realitzar-se projectes de dimensions reduïdes i valorades només en 7,5 crèdits. A tall indicatiu pot indicar-se que el primer cas suposa una dedicació per part de l'estudiant d'unes 300 hores i que en el segon cas d'unes 150 hores.

## 2. Direcció d'un Projecte Tecnològic

Tot PT ha de tenir un Director/a que ha de ser:

a) Un professor/a de la UPC, si el projecte es realitza a la Universitat.

b) La persona responsable del treball, si aquest es realitza fóra de la Universitat. En aquest cas, el Cap d'Estudis nomenarà un/a professor/a Ponent entre el professorat assignat a la FME.

La dedicació d'un/a professor/a a la direcció d'un PT es considera com a càrrega docent equiparable a la d'un Projecte de Fi de Carrera que fixi la normativa vigent de la UPC.

## 3. Propostes de Projectes Tecnològics

Les ofertes de PT poden provenir tant de professors com d'estudiants o d'altres persones interessades, els quals les han de presentar seguint el model de l'Annex 1. Les propostes de PT han de ser acceptades pel Cap d'Estudis, el qual en donarà la publicitat que s'escaigui a fi que siguin conegudes pels estudiants interessats.

## 4. Projectes col·lectius

Per cada PT s'estableix com un nombre màxim de dos estudiants. Excepcionalment es pot ampliar aquest nombre, amb l'aprovació explícita del Cap d'Estudis i amb la proposta prèvia del/la Director/a del PT.

## 5. Projectes que són fruit d'estades a l'exterior i de convenis

La FME encoratjarà i fomentarà, dins de les seves possibilitats, la realització de PT com a conseqüència de beques, d'estades a l'exterior o de convenis amb empreses o institucions.

La FME oferirà a les empreses o institucions interessades la possibilitat d'establir convenis de cooperació educativa, per tal que els estudiants de la Llicenciatura de Matemàtiques puguin realitzar el PT en pràctiques a l'exterior, d'acord amb la normativa vigent a la UPC sobre els convenis esmentats.

## 6. Registre i matriculació dels Projectes Tecnològics

Per registrar un PT, l'estudiant/a haurà d'haver superat els dos primers blocs curriculars de la Llicenciatura de Matemàtiques.

Per procedir al registre del PT, l'estudiant/a ha de presentar un **precompromís** de reconeixement de crèdits de lliure elecció per Projecte Tecnològic seguint el model de l'Annex 2, on es farà constar el Director, el Títol i un pla de treball. Aquest precompromís de reconeixement haurà d'estar signat per l'estudiant i el Director i portar el vist i plau del Cap d'Estudis.

Cada mes hi ha un període de registre determinat d'acord amb el calendari acadèmic.

El registre d'un PT dóna dret a l'estudiant/a a matricular-lo en el termini d'un any. Si no se'n matricula en aquest termini, l'estudiant ha de tornar a registrar el PT.

Tot estudiant que hagi registrat un PT, encara que no estigui matriculat de cap assignatura, tindrà tots els drets i deures dels estudiants de la FME, incloent-hi l'assegurança escolar.

Cada mes hi ha un període de matrícula determinat d'acord amb el calendari acadèmic.

Cada matrícula dóna dret a una convocatòria per a la presentació i defensa del PT.

En el moment de la matrícula, l'estudiant/a ha de dipositar a la Secretaria cinc còpies de la memòria del PT, de les quals tres seran per als membres del Tribunal, una per l'arxiu de la FME i l'altra per la Biblioteca de la FME.

La memòria del PT s'ha d'ajustar al format que dictamini la Facultat, que s'ha de fer públic prèviament a les convocatòries. L'adequació al format és una condició necessària perquè el PT s'admeti.

Per a cada curs acadèmic, la Facultat ha d'acordar i ha de fer públics els períodes de registre i matriculació dels PT.

## 7. Presentació, defensa i qualificació.

El Cap d'Estudis, a la vista dels PT dipositats i efectuades les consultes que s'escaiguin ha de nomenar el/s tribunal/s i els suplents per l'avaluació. Cada tribunal estarà format pel/la Director/a del projecte (o el Ponent en el cas esmentat en el paràgraf 2.1), que actuarà com a Secretari/a, i dos professors assignats a la FME, sense que tots els membres el tribunal siguin del mateix departament. Un d'aquests dos professors actuarà de President.

La presentació i defensa del PT s'ha de fer després de 15 dies naturals i abans de 30 dies naturals des de la data de matrícula. La convocatòria la decidirà el President de Tribunal corresponent.

La presentació i la defensa d'un PT són públiques, davant del tribunal, i consisteixen en l'exposició, per part de l'estudiant/a, d'un resum del contingut del projecte, en un temps que fixa i publica el/la president/a del tribunal i el qual, en qualsevol cas, no pot superar una hora. Acabada l'exposició, el tribunal farà a l'estudiant/a les preguntes que consideri pertinents sobre el contingut i la realització del projecte presentat. Aquest caràcter públic exclou la possibilitat del caràcter confidencial de les seves parts, llevat del cas dels treballs elaborats en empreses.

El Tribunal jutjarà la memòria i la presentació, i atorgarà al PT una qualificació global, numèrica i descriptiva, que s'inclourà a l'expedient de l'estudiant.

La qualificació d'un PT es fa segons el model de l'Annex 3, d'acord amb la taula de qualificacions:

<b>Qualificació descriptiva</b>	<b>Qualificació numèrica</b>
NO PRESENTAT	---
SUSPENS	sense nota numèrica
APROVAT	5, 5.5, 6, 6.5
NOTABLE	7, 7.5, 8, 8.5
EXCEL.LENT	9, 9.5
MATRÍCULA D'HONOR	10

En cas que el projecte obtingui una qualificació de NO PRESENTAT o bé de SUSPENS, l'estudiant/a pot tornar a matricular-se'n dins del termini de validesa del registre.

Per cada matrícula, totes les qualificacions dels PT han d'estar recollides en una acta única signada pel/la Cap d'Estudis i el/la Secretari/a Acadèmic/a.

## **8. Estudiants que realitzen el seu Projecte en el marc d'un programa d'intercanvi**

Els estudiants de la FME que hagin realitzat el PT en una altra universitat en el marc d'algun programa d'intercanvi, hauran de realitzar la matrícula segons el procediment descrit en l'apartat 6.

Si el projecte ja ha estat qualificat, s'acceptarà la qualificació d'acord amb la conversió donada per *l'European Credits Transfer System*.

El coordinador dels programes d'intercanvi de la FME serà el Ponent de tots els Projectes realitzats per estudiants de la FME en el marc d'aquests programes.

Si el projecte no ha estat qualificat, es procedirà a la seva defensa pública segons el procediment ordinari.

Els estudiants d'una altra universitat que realitzin el Projecte a la FME, hauran de dipositar el seu projecte segons el procediment descrit en l'apartat 6 i seran qualificats segons el procediment ordinari



# ANNEX 1

## LLICENCIATURA DE MATEMÀTIQUES

### PROPOSTA DE "PROJECTE TECNOLÒGIC"

---

Títol del Projecte proposat:

Proposat per:

Projecte col·lectiu: SI NO

Descripció<sup>(\*)</sup>:

Signatura:

Vist i plau  
del/la Cap d'Estudis

Barcelona,

(\*) Indiqueu si la realització del projecte porta associada l'estada en un lloc de treball determinat

## ANNEX 2

### Pre-compromís de reconeixement de crèdits de lliure elecció per l'elaboració d'un Projecte Tecnològic

En / Na ..... amb DNI número ....., matriculat del ..... curs de la Llicenciatura de Matemàtiques de la FME, domiciliat en el carrer ..... número ..... de ..... (CP .....) i amb número de telèfon ....., sol·licita un pre-compromís de reconeixement de crèdits de lliure elecció per l'elaboració d'un Projecte Tecnològic dins l'apartat de

Cooperació educativa (\*)     Treball dirigit     Experiència professional

(\*) Aquest pre-compromís haurà de portar necessàriament la conformitat del Rector.

#### PLA DE TREBALL

**Director/a:**

**Tutor/a:**

**Títol:**

**Descripció de l'activitat:**

**Lloc on es realitzarà l'activitat (departament, empresa, etc.):**

**Nombre de crèdits de lliure elecció amb qualificació / sense qualificació que es reconeixeran si l'activitat és declarada apte:**

Vist i plau  
del/la Cap d'Estudis

Signatura  
del/la Director/a

Signatura  
del/la Estudiant/a

Barcelona,

Aquest document no dona dret a la persona interessada de gaudir dels drets inherents als estudiants de la UPC. Així mateix aquest document té validesa d'un any a partir de la data de la signatura.

## **ANNEX 3**

### **INFORME I QUALIFICACIÓ DEL PROJECTE TECNOLÒGIC**

---

**ESTUDIANT/A:**

**DNI:**

**TÍTOL DEL PROJECTE:**

**DIRECTOR/A DEL PROJECTE:**

**TUTOR/A DEL PROJECTE:**

**Informe i valoració global:**

**Qualificació numèrica i descriptiva:**

**Número de crèdits de lliure elecció reconeguts:**

Signatura del/la  
President/a del Tribunal

Signatura del/la  
Secretari/a del Tribunal

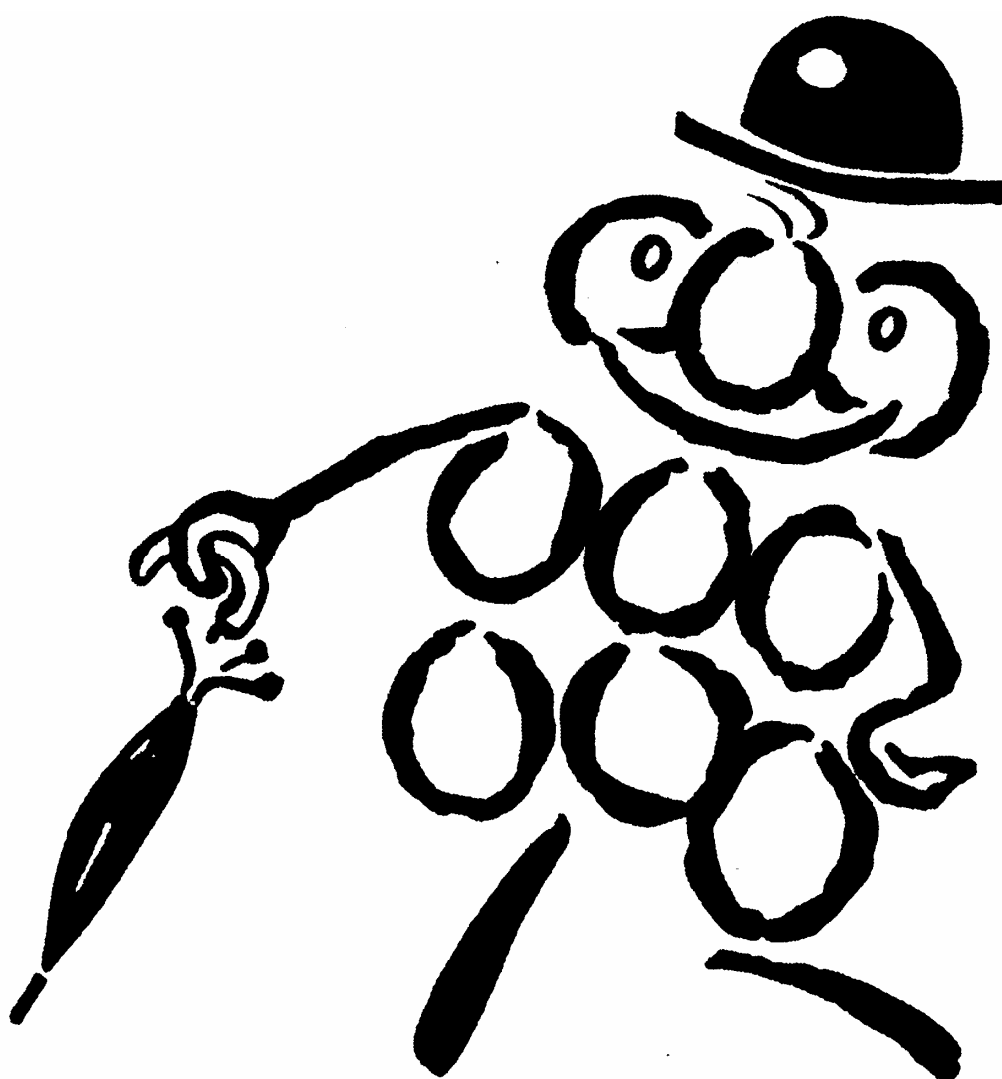
Signatura del/la  
Vocal del Tribunal

Barcelona



## 8. ELS PROGRAMES D'INTERCANVI ERASMUS-SÓCRATES I SÉNECA A LA FME

---





# PRESENTACIÓ

---

Des que es va crear, la FME ha promogut l'intercanvi d'estudiants entre universitats europees dins del programa ERASMUS-SOCRATES i a partir del curs 2000-01 entre universitats espanyoles dins del programa SÉNECA. Aquests intercanvis van dirigits tant a fer estades subvencionades per aconseguir crèdits acadèmics d'assignatures de les diverses titulacions, com per realitzar el Projecte de Fi de Carrera. A més a més, s'estan preparant acords de doble titulació amb alguna d'aquestes universitats.

La selecció d'estudiants que participen en aquest programa es fa cada curs tenint en compte l'expedient acadèmic. D'altra banda, la realització de l'estada està subordinada a l'aprovació de la FME d'un programa d'estudis a realitzar, a la convalidació d'aquest per crèdits a la FME i a l'acceptació prèvia de la universitat de destí.

Encara que és possible fer estades en qualsevol de les universitats amb les quals la UPC té subscrit un acord d'intercanvi, les que tenen un acord directe amb la FME són les següents:

## PROGRAMA ERASMUS-SÓCRATES

PAÍS	UNIVERSITAT
Alemanya	Universität Dortmund Universität Karlsruhe Technische Hochschule
Bèlgica	Katholieke Universiteit Leuven
Finlàndia	Tampereen Yliopisto
França	Université des Sciences et Technologies de Lille Université de Perpignan Université des Sciences et Technologie du Languedoc (Montpellier II) Université Paris XIII Université Pierre et Marie Curie (Paris VI)
Gran Bretanya	University of Sheffield
Grècia	Ikonomiko Panepistimio Athinon
Itàlia	Università degli Studi di Perugia Università degli studi di Roma "La Sapienza"
Portugal	Universidade de Lisboa
República Txeca	Universita Karlova V Praze
Suïssa	École Polytechnique Fédérale de Lausanne

## PROGRAMA SÉNECA

CIUTAT	UNIVERSITAT
Madrid	Universidad Complutense de Madrid Universidad Autónoma de Madrid Universidad Carlos III





## **9. PLA D'ESTUDIS ESPECIAL DE DOBLE TITULACIÓ:**

**ENGINYERIA DE TELECOMUNICACIÓ**

**+**

**LLICENCIATURA EN MATEMÀTIQUES**

---

# PRESENTACIÓ

---

És àmpliament reconeguda l'íntima relació existent entre el món de la matemàtica i el món de la ciència i de la tecnologia i, més especialment, la relació entre la matemàtica i les tecnologies de la informació i les comunicacions.

La complexitat creixent de les comunicacions i de les eines matemàtiques subjacents aconsella formar un nucli de titulats amb una sòlida base tecnològica i, alhora, un profund coneixement del substrat matemàtic que li és propi.

La UPC ofereix un marc únic per fer compatibles els estudis d'Enginyeria de Telecomunicació amb els de la Llicenciatura en Matemàtiques.

L'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Telecomunicació de Barcelona (ETSETB) i la Facultat de Matemàtiques i Estadística (FME) de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) ofereixen un Pla Especial d'Estudis de forma que els estudiants que el segueixin obtinguin simultaneament els dos títols oficials de:

- Enginyer de Telecomunicació
- Llicenciat en Matemàtiques

Aquest Pla Especial suposa que els estudiants cursen totes les assignatures troncal i obligatòries dels Plans d'Estudis vigents d'ambdues titulacions, i adapta el conjunt de les assignatures optatives i de lliure elecció d'una i altra carrera per fer compatible la doble titulació amb una durada de 6 anys acadèmics.

# CURRÍCULUM

---

El currículum que haurà de seguir un estudiant per obtenir el títol d'Enginyer de Telecomunicació i el de Llicenciat en Matemàtiques per la UPC seguint aquest pla especial es presenta a la pàgina següent. Cal observar que aquest estudiant cursarà totes les assignatures troncal i obligatòries de les dues titulacions, llevat d'assimilacions entre assignatures.

Les assignatures tenen una estructura quadrimestral, que permet agrupar-les en dos períodes lectius a l'any, de 15 setmanes cadascun, i es desenvolupen entre l'Escola Tècnica Superior de Telecomunicació de Barcelona i la Facultat de Matemàtiques i Estadística de la UPC.

La càrrega total del Pla d'Estudis Especial és de 447 crèdits, entre teòrics i pràctics, equivalents a una docència de 4.470 hores. Els crèdits teòrics s'associen a aquelles activitats docents en què la major part del treball recau sobre el professor. Els crèdits pràctics corresponen a activitats dutes a terme principalment per l'estudiant, com ara les que es realitzen a les classes de problemes i a les classes de pràctiques al laboratori.

# PLA D'ESTUDIS ESPECIAL DE DOBLE TITULACIÓ

1A	<i>Àlgebra Lineal</i> (7,5)	<i>Càlcul 1</i> (7,5)	Teoria de Circuits (7,5)	Física 1 (7,5)	Circuits i Sistemes Electrònics 1 (6)				36 cred.
1B	<i>Computació Algebraica</i> (7,5)	<i>Càlcul 2</i> (7,5)	Introducció als Ordinadors (6)	Física 2 (7,5)	Circuits i Sistemes Electrònics 2 (6)	Laboratori d'Electrònica 1 (3)			37,5 cred.
2A	<i>Equacions Diferencials 1</i> (7,5)	<i>Càlcul 3</i> (7,5)	<i>Mètodes Numèrics 1</i> (7,5)	<i>Probabilitats i Estadística</i> (7,5)	<i>Geometria</i> (7,5)				37,5 cred.
2B	<i>Topologia</i> (7,5)	<i>Anàlisi Real</i> (7,5)	Arquitectura de Computadors i Sistemes Operatius 1 (6)	Senyals i Sistemes 1 (7,5)	Circuits i Sistemes Electrònics 3 (4,5)	Economia (4,5)			37,5 cred.
3A	<i>Geometria Diferencial 1</i> (7,5)	<i>Mètodes Numèrics 2</i> (7,5)	Comunicacions 1 (6)	Senyals i Sistemes 2 (7,5)	Circuits i Sistemes Electrònics 4 (4,5)	Camps Electromagnètics (7,5)			40,5 cred.
3B	<i>Investigació Operativa</i> (7,5)	<i>Inferència Estadística</i> (7,5)	Comunicacions 2 (6)	Laboratori Comunicacions 1 (3)	Arquitectura de xarxes (7,5)	Laboratori d'Electrònica 2 (4,5)	Laboratori de Telemàtica 1 (3)		39 cred.
4A	<i>Anàlisi Complexa</i> (7,5)	<i>Optativa_ FME1</i> (7,5)	Processament del Senyal (6)	Disseny de Circuits i Sistemes Electrònics (6)	Radiació i Ones Guiades (7,5)	Transmissió de Dades (6)			40,5 cred.
4B	<i>Equacions Diferencials 2</i> (7,5)	<i>Mètodes Numèrics 3</i> (7,5)	Antenes (6)	Emissors i Receptors (6)	Microones (6)	Laboratori de Comunicacions 2 (3)	Laboratori de Telemàtica 2 (3)		39 cred.
5A	<i>Àlgebra Abstracta</i> (7,5)	Organització d'Empreses (4,5)	Comunicacions Optiques (6)	Radiocomunica- cions (6)	Xarxes, sistemes i Serveis de Comunicació (6)	Instrumentació Electrònica (6)	Laboratori de Comunicacions 3 (3)		39 cred.
5B	<i>Topologia Algebraica</i> (7,5)	<i>Anàlisi Funcional</i> (7,5)	<i>Geometria Diferencial 2</i> (7,5)	<b>Laboratori de Comunicacions 4</b> (3)	Laboratori Telemàtica 3 (3)				28,5 cred.
6A	<i>Optativa_ FME2</i> (7,5)	<i>Optativa_ FME3</i> (7,5)	PFC1 (6)	Programació Concurrent (6)	Sistemes de Telecomunicació (3)	Arquitectura Computadors i Sistemes Operatius 2 (4,5)			34,5 cred.
6B	PFC2 (24)	Optativa ETSETB-1 (6)	Optativa- ETSETB 1 (6)						36 cred

**Nota:** hem indicat en lletra cursiva les assignatures impartides a la FME .

# ACCÉS

---

Poden sol·licitar l'admissió en aquest Pla d'Estudis Especial els estudiants del COU (o curs equivalent) de tot Espanya que hagin sigut admesos en una qualsevol de les dues carreres:

- Enginyeria de Telecomunicació de la UPC (codi: F302)
- Llicenciatura de Matemàtiques de la UPC (codi: G306)

Simultàneament, a la sol·licitud de plaça en una de les dues carreres, els estudiants que vulguin acollir-se a aquest Pla d'Estudis Especial han d'emplenar un imprès de sol·licitud que trobaran a les secretaries dels Centres o bé a la pàgina de web: [www.upc.es/telecomat](http://www.upc.es/telecomat), i enviar-lo a un dels dos Centres abans del 30 de juny de cada any, juntament amb la documentació que allà s'hi esmenta.

L'ETSETB i la FME establiran el procés de selecció dels estudiants, en funció de les sol·licituds rebudes i del nombre de places disponibles. La selecció es farà mitjançant proves i dades objectives, complementades, si és el cas, per proves més personalitzades. En aquest procés de selecció hi intervindran professors representants dels dos centres. En qualsevol cas el procés de selecció es farà públic amb suficient anticipació.

La selecció dels estudiants admesos al Pla d'Estudis Especial es farà no més tard d'una setmana després de fer-se públiques les llistes de l'Oficina de Preinscripció, a efectes de poder formalitzar la matrícula en els terminis del mes de juliol. Els estudiants de fora de Catalunya que hagin demanat plaça al Pla d'Estudis Especial seran també convocats a les mateixes proves, estimant en el seu cas el resultat del procés de preinscripció en funció de la seva nota de selectivitat.

## **Nombre de places**

Donat el caràcter excepcional del Pla Especial d'Estudis i la dificultat i dedicació que representa, és aconsellable restringir, en una primera fase, el nombre d'estudiants que s'hi poden acollir, de forma que es pugui garantir-ne l'èxit i fer-ne un seguiment acurat. Per al curs 2000-01 s'acollirà un nombre màxim de 10 estudiants.

## **Estudiants que cursen les dues carreres sense seguir el Pla d'Estudis Especial**

Per tal d'evitar la possibilitat de produir greuges comparatius i independentment del procés temporal seguit en els seus estudis, tot estudiant que en el futur justifiqui tenir superades les assignatures del curriculum del Pla Especial, tindrà dret a obtenir els dos títols com si hagués seguit aquest Pla.



# **10. COMPLEMENTS DE FORMACIÓ PER L'ACCÉS DIRECTE AL SEGON CICLE DE LA LLICENCIATURA EN MATEMÀTIQUES DE LA UPC**

---





# ACORD

---

Per a estudiants que hagin realitzat el 1r Cicle fora de la FME i per a Diplomats en Estadística (Acord núm. 61/1996 del 20/6/96 de la JdG de la UPC).

1.- D'acord amb els requisits legalment establerts tenen dret d'accés al 2n Cicle de la LM de la UPC els estudiants que hagin superat el 1r Cicle d'alguna LM i els Diplomats en Estadística que cursin els Complementes de Formació a que es refereix l' O.M. de 10.12.93 (BOE, 27.12.93) i segons l'acord de la JdG de la UPC del 29.10.1993.

2.- Els aspectes generals d'aquest accés es regularan per la Normativa General d'Accés a 2n Cicle aprovada per la JdG de la UPC (27.09.1993). D'acord amb aquesta, existirà la Comissió d'Accés al 2n Cicle de la LM. Aquesta Comissió, entre d'altres atribucions, jutjarà la suficiència com a complementes de formació d'aquelles matèries que els diplomats en estadística que hagin estat admesos puguin haver cursat anteriorment.

3.- En qualsevol cas es consideraran complementes de formació suficients les quatre assignatures següents del 1r cicle de la LM de la UPC: Mètodes Numèrics 1, Càlcul 3, Topologia i Geometria Diferencial 1.

4.- En cas que les matèries que l'estudiant hagi cursat anteriorment no siguin considerades suficients, aquest podrà cursar els crèdits que li faltin simultàniament amb els ensenyaments de 2n cicle, tal com preveu l'Art. 1, punt 5 del R.D. 1267/1994 de 10 de juny (BOE 11.06.94). A aquests efectes, haurà de cursar les assignatures de 1r cicle de la LM o bé realitzar els treballs tutoritzats que li indiqui la Comissió, la qual podrà fixar també les seves condicions de matriculació fins que les hagi superat. En particular, indicarà si aquestes assignatures o treballs tutoritzats tenen caràcter de pre-requisit respecte a totes les assignatures de 2n cicle, o bé respecte a algunes d'elles.

5.- Les assignatures o treballs tutoritzats que la Comissió d'Accés hagi indicat com a complementes de formació podran ser utilitzades per l'estudiant a efectes de crèdits de lliure configuració en el 2n cicle de la LM.

6.- La FME farà públics periòdicament el nombre de places aprovades per la JdG per a l'accés al 2n cicle de la LM i també els terminis per a presentar les sol·licituds d'ingrés. Aquest nombre de places podrà estar dividit en dues parts, corresponents respectivament als accessos proviments del 1r cicle complet d'una LM, realitzat fora de la FME, i als accessos de Diplomats en Estadística.



# **11. ACCÉS DIRECTE A LA LLICENCIATURA EN CIÈNCIES I TÈCNIQUES ESTADÍSTIQUES DE LA UPC**

---



# NORMATIVA

---

## 1. Accés

L'accés als ensenyaments que condueixen a l'obtenció del títol oficial de Llicenciat/ada en Ciències i Tècniques Estadístiques (LCTE) impartits a la Facultat de Matemàtiques i Estadística de la Universitat Politècnica de Catalunya està regulat per l'ordre 21482 del dia 21 de setembre de 1995, publicada en el BOE número 232 del dia 28 de setembre de 1995, i per aquesta normativa.

El nombre de places ve fixat anualment per la Programació Universitària de Catalunya.

La Comissió Permanent de la FME nomenarà una Comissió d'Admissió a la LCTE, la qual serà competent en la implementació d'aquesta normativa i la resolució de tots aquells afers relatius a l'admissió d'estudiants.

L'accés es pot efectuar segons les dues modalitats següents:

- **Tenen accés directe les persones que estiguin en possessió d'algun dels títols següents:**
  - Diplomatura d'Estadística.
  - Primer cicle de la Llicenciatura en Matemàtiques.
  - Primer cicle de les enginyeries: Industrial, Informàtica.
  - Enginyer Tècnic de les següents especialitats: Electricitat, Electrònica Industrial, Mecànica, Química Industrial, Tèxtil, Informàtica de Gestió i Informàtica de Sistemes.
  
- **Tenen accés a la LCTE, amb complements de formació, les persones que estiguin en possessió d'algun dels títols següents:**
  - Primer cicle de les llicenciatures de: Física, Química, Biologia, Geologia, Administració i Direcció d'Empreses, Economia, Psicologia, Sociologia.
  - Primer cicle de les enginyeries de: Telecomunicacions, Química, Naval i Oceànica, Aeronàutica, Agrònoma, Monts, Camins, Canals i Ports, Mines.
  - Diplomatura en: Ciències Empresariales i Gestió, Administració Pública; Enginyeria Tècnica de Telecomunicacions (especialitat de Sistemes de Telecomunicació o especialitat de Telemàtica).

Els complements de formació seran fixats per la Comissió d'Admissió segons el currículum vitae de l'estudiant, i tindran entre un mínim de 9 crèdits i un màxim de 24 crèdits. En tot cas, l'alumne que accedeix als estudis de la Llicenciatura en Ciències i Tècniques Estadístiques ha d'haver superat, o bé en els estudis de procedència o bé en el complement de formació, 12 crèdits en Matemàtiques, 6 en Informàtica i 6 en Estadística. Els crèdits corresponents als complements de formació es cursaran entre les assignatures que conformen la Diplomatura d'Estadística de la UPC. Els complements de formació per a accedir a un segon cicle que hagin estat superats per l'estudiant en qualsevol Universitat, seran reconeguts acadèmicament per la Universitat de destí, fins i tot en el cas que aquesta hagués fet una determinació diferent dels mateixos.

## **Procés de preinscripció**

En el decurs del mes de juny de cada curs s'obrirà un procés de preinscripció on s'haurà d'aportar la documentació següent:

1. Imprèss de sol·licitud d'admissió.
2. Certificació de l'Expedient Acadèmic de l'aspirant lliurat pel Centre on va obtenir la titulació requerida per accedir a la LCTE. En aquesta certificació hauran de constar-hi les matèries cursades amb la seva durada o nombre de crèdits, la qualificació obtinguda i la menció d'estar en possessió de la titulació requerida per accedir a la LCTE.
3. Pla d'estudis de la titulació que s'acredita per accedir a la LCTE segellat pel Centre responsable.
4. Currículum vitae.

La documentació es presentarà a la Secretaria de la FME dins d'un termini que es farà públic amb la suficient antelació.

## **Prova d'accés**

La Comissió d'Admissió podrà decidir efectuar una Prova d'Accés per a tots els candidats preinscrits a la LCTE. Aquesta prova servirà per avaluar els coneixements bàsics de matemàtiques i estadística dels candidats i s'efectuarà durant el mes de juliol.

## **Admissió**

Les sol·licituds seran resoltes per la Comissió d'Admissió, la qual procedirà a ordenar els candidats a partir de l'anàlisi del seu expedient acadèmic, de la prova d'accés i de la informació complementària expressada en el currículum vitae.

L'objectiu de la selecció és assegurar que els candidats admesos puguin acabar els seus estudis en el temps i cost previst.

La resolució d'aquestes sol·licituds es farà pública en el taulell d'anuncis de la FME abans del 31 de juliol.

## **Matrícula**

Els estudiants admesos hauran de formalitzar la seva matrícula en el període establert a tal efecte per la FME. Pels estudiants admesos amb complements de formació, la Comissió d'Admissió fixarà llurs condicions de matriculació. En qualsevol cas, l'estudiant haurà de matricular els complements de formació en el primer període d'impartició de les assignatures fixades com a tal. Aquestes assignatures podran ser considerades de lliure elecció en el currículum de l'estudiant.

