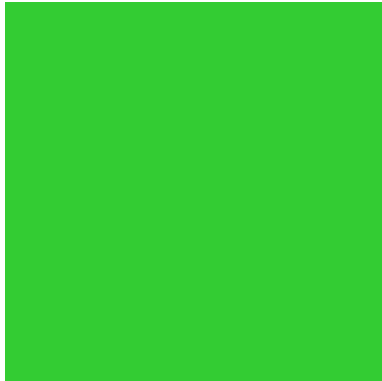


ENGINYERIA EN ORGANITZACIÓ INDUSTRIAL  
Modalitat semipresencial



# MÈTODES QUANTITATIUS D'ORGANITZACIÓ INDUSTRIAL II

Guia de l'assignatura



Escola Tècnica Superior d'Enginyeries  
Industrial i Aeronàutica de Terrassa

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

# ENGINYERIA EN ORGANITZACIÓ INDUSTRIAL

## Modalitat semipresencial

27857 Mètodes Quantitatius d'Organització Industrial II. Guia de l'assignatura

Aprovada en C.A.A de data 8/06/05

Modificada en data 16/07/07

1

Crèdits: 4,5 (3 teoria + 1,5 pràctiques)

Crèdits ECTS: 3,6

Tipus: Troncal

Professors: VICENÇ FERNÁNDEZ ALARCÓN ([vicenc.fernandez@upc.edu](mailto:vicenc.fernandez@upc.edu))

ANTONI VILADOMAT VERS ([viladomat@eupm.es](mailto:viladomat@eupm.es))

MERCÈ LÓPEZ DOMINGUEZ

Departament: Organització d'Empreses

## Presentació

Aquesta assignatura és la segona de les tres que el pla d'estudis d'Enginyeria en Organització Industrial reserva a l'ensenyament dels mètodes quantitius d'organització industrial.

Es tracta d'una assignatura troncal, de 4,5 crèdits, que es cursa en el segon quadrimestre de la carrera d'Enginyeria en Organització Industrial en modalitat semipresencial.

Com ja és conegut, l'assignatura de Mètodes Quantitatius d'Organització Industrial I introdueix les possibilitats de la programació lineal i la programació lineal sencera i mixta per a la modelització de situacions en el context organitzatiu, sobre tot en l'àmbit de l'organització industrial. L'assignatura que ara ens ocupa aporta també tècniques de modelització d'aquestes situacions, però de característiques diferents. De fet, els tres blocs temàtics de l'assignatura estan units per un fil conductor: es tracta de representar processos dinàmics, que evolucionen en el temps de manera discreta o contínua, complint una sèrie d'etapes. Així, tindrem tècniques de modelització de processos polietàpics. En general, aquests sistemes evolucionen entre una sèrie (generalment finita) d'estats.

A més a més, l'evolució d'aquests processos (que no té perquè ser lineal, a diferència de l'assignatura anterior) pot ser determinista (es coneix perfectament a què nou estat evolucionarà el sistema) o aleatòria (només es coneix la llei de probabilitat que governa la transició entre estats en realitzar-se una etapa). En aquest últim cas, tindrem processos estocàstics.

Finalment, serà freqüent que nosaltres puguem governar el procés, encara que no totalment si és estocàstic, prenent decisions al principi de cada etapa. Aquest tipus de processos seran processos polietàpics (deterministes o estocàstics) de decisió.

Les tècniques que permeten modelitzar i guiar la presa de decisions en aquests contextos són, entre d'altres:

- La programació dinàmica, tècnica d'optimització de processos estocàstics de decisió.
- La teoria de les cadenes de Markov, que permeten estudiar l'evolució de certs processos polietàpics estocàstics.
- La teoria de cues, que estudia el cas particular dels sistemes de línies d'espera. Aquests sistemes poden concebre's com a cadenes de Markov de temps continu, i és útil estudiar-los per separat de la teoria més general de cadenes de Markov.

En aquest document es pretenen donar les orientacions necessàries per cursar amb èxit l'assignatura.

## Coneixements previs

# ENGINYERIA EN ORGANITZACIÓ INDUSTRIAL

## Modalitat semipresencial

27857 Mètodes Quantitatius d'Organització Industrial II. Guia de l'assignatura

Aprovada en C.A.A de data 8/06/05

Modificada en data 16/07/07

2

Els coneixements previs requerits per cursar l'assignatura són les matemàtiques pròpies d'una carrera tècnica de primer cicle.

## Camps professionals

Els camps professionals d'aplicació dels mètodes quantitatius en general són principalment tots els relacionats amb la gestió de la cadena de subministrament (compres, logística i producció). També s'apliquen en altres àmbits de l'organització industrial, com la gestió del sistema financer.

## Relació amb altres assignatures

L'assignatura està relacionada amb altres de la carrera d'Enginyeria en Organització Industrial. Poden distingir-se dos conjunts diferents d'assignatures:

### ■ Les altres assignatures de mètodes quantitatius:

- Mètodes Quantitatius d'Organització Industrial I, que s'imparteix en el primer quadrimestre.
- Mètodes Quantitatius d'Organització Industrial III, que s'imparteix en el cinquè quadrimestre.

En aquesta assignatura es continua amb la línia iniciada en Mètodes Quantitatius d'Organització Industrial I, on es van tractar els temes de programació lineal i teoria de grafs. En Mètodes Quantitatius d'Organització Industrial III es completa la panoràmica dels mètodes quantitatius amb les tècniques d'optimització combinatòria i programació no lineal.

### ■ Les assignatures d'organització de la producció:

- Gestió del Manteniment i Planificació de la Producció, que s'imparteix en el quart quadrimestre.
- Disseny, Planificació i Gestió de Sistemes Productius i Logístics, que s'imparteix en el tercer quadrimestre.

En aquestes dues assignatures s'imparteixen els continguts de direcció de la producció, pel que fa als aspectes tàctics la primera, i els estratègics la segona. L'àmbit de la producció és on s'apliquen de manera preferent les tècniques de modelització matemàtica pròpies dels mètodes quantitatius.

El conjunt d'assignatures de mètodes quantitatius també té relació amb altres assignatures de la carrera en què pot intervenir la modelització matemàtica, encara que amb menor intensitat:

- Direcció Financera, que s'imparteix en el quart quadrimestre.
- Projectes d'Enginyeria, que s'imparteix en el cinquè quadrimestre.

## Objectius generals

Els objectius generals de l'assignatura, que en essència no són altres que aprofundir en els aspectes dels mètodes quantitatius relacionats amb els processos polietàpics de decisió i els models de cues, poden enunciar-se de la manera següent:

# ENGINYERIA EN ORGANITZACIÓ INDUSTRIAL

## Modalitat semipresencial

27857 Mètodes Quantitatius d'Organització Industrial II. Guia de l'assignatura

Aprovada en C.A.A de data 8/06/05

Modificada en data 16/07/07

3

- Capacitar a l'alumne per analitzar models de línies d'espera deduïbles del procés de naixement i mort, i per dissenyar aquests sistemes de forma òptima, en funció dels costos d'espera, servei i abandonament.
- Capacitar a l'alumne per comprendre la natura dels processos markovians, i transmetre-li tècniques que li permetin comprendre i conèixer la seva evolució.
- Capacitar a l'alumne per a modelitzar processos polietàpics de decisió, tant deterministes com estocàstics, així com per trobar les polítiques òptimes de decisió mitjançant programació dinàmica.

## Temari

L'assignatura s'estructura en quatre mòduls: un d'introducció i tres en què es desenvolupen els continguts de l'assignatura. El primer mòdul té caràcter introductori, i el material avaluable es troba en els altres mòduls.

MÒDUL I (0,3 crèdits)	INTRODUCCIÓ ALS PROCESSOS ESTOCÀSTICS I DECISIONALS
MÒDUL II (1,4 crèdits)	MODELS DE LÍNIES D'ESPERA
MÒDUL III (1,4 crèdits)	CADENES DE MARKOV
MÒDUL IV (1,4 crèdits)	PROGRAMACIÓ DINÀMICA

Tot seguit es detallen els continguts de cadascun dels mòduls.

### Mòdul I: Introducció als processos estocàstics i decisionals

### Mòdul II: Models de línies d'espera

- 1 Models de línia d'espera.
- 2 Paràmetres d'un sistema de línies d'espera.
- 3 Paràmetres dels models de línies d'espera.
- 4 Resultats del model.
- 5 Processos de naixement i mort.
- 6 Models basats en processos de naixement i mort.
  - 6.1 Model de Kendall:  $M/M/1 : GD//$
  - 6.2 Model  $M/M/s : GD//$
  - 6.3 Model de cua limitada i un servidor:  $M/M/1 : GD/k/$
  - 6.4 Model de cua limitada i diversos servidors:  $M/M/s : GD/k/$
  - 6.5 Models d'univers finit:  $M/M/s : GD//m$ 
    - 6.5.1 Model  $M/M/1 : GD//m$
    - 6.5.2 Model  $M/M/s : GD//m$
- 7 Costos d'un sistema de línia d'espera

### Mòdul III: Cadenes de MARKOV

- 1 Cadenes de MARKOV: Introducció.

# ENGINYERIA EN ORGANITZACIÓ INDUSTRIAL

## Modalitat semipresencial

27857 Mètodes Quantitatius d'Organització Industrial II. Guia de l'assignatura

Aprovada en C.A.A de data 8/06/05

Modificada en data 16/07/07

4

- 1.1 Concepte de cadena de MARKOV.
- 1.2 Matrius de probabilitats de transició.
- 1.3 Matrius d'ordre superior.
- 1.4 Probabilitats de transició de  $k$  passos. Teorema de Chapman – Kolmogorov.
- 1.5 Probabilitats estacionàries i tipus de cadenes de MARKOV.
  - 1.5.1 Cadenes regulars i cadenes ergòdiques.
  - 1.5.2 Cadenes regulars no ergòdiques.
  - 1.5.3. Cadenes semiregulars.
  - 1.5.4 Classificació de cadenes de MARKOV.
- 2 Anàlisi topològica de les cadenes de MARKOV.
  - 2.1 Propietats d'estat.
  - 2.2 Propietats de classe.
  - 2.3 Periodicitat d'una classe final.
  - 2.4 Classificació de les cadenes a partir de l'anàlisi topològica.
  - 2.5 Significat d'ergodicitat.
  - 2.6 Significat de la periodicitat.
- 3 Anàlisi espectral de les cadenes de MARKOV.
- 4 Càlcul de les probabilitats estacionàries.
  - 4.1  $P^*$  per a cadenes regulars ergòdiques.
  - 4.2  $P^*$  per a cadenes regulars no ergòdiques.
  - 4.3  $P^*$  per a cadenes semiregulars.
  - 4.4  $P^*$  per a cadenes amb classes finals cícliques.
- 5 Remuneració en cadenes de MARKOV.
  - 5.1 Remuneració esperada a curt termini: iteració en l'espai dels estats.
  - 5.2 Normalització.
  - 5.3 Comportament del sistema a llarg termini.
    - 5.3.1 Cadenes regulars.
    - 5.3.2 Cadenes cícliques.
    - 5.3.3 Cadenes no ergòdiques.
- 6 Cadenes amb remuneració i decisió.
- 7 Processos markovians de decisió.
  - 7.1 Iteració en l'espai dels estats.
  - 7.2 Exploració de l'espai de les polítiques

## Mòdul IV: Programació dinàmica

- 1 Programació dinàmica.
- 2 Processos polietàpics de decisió.
- 3 Etapes, estats, variables de decisió i funció de recurrència.
- 4 Tipus de programació dinàmica.
- 5 Programació dinàmica determinista.
  - 5.1 Programació dinàmica determinista homogènia: horitzó finit.
  - 5.2 Programació dinàmica determinista homogènia: horitzó infinit.
  - 5.3 Programació dinàmica determinista no homogènia.
- 6 Programació dinàmica aleatòria.
  - 6.1 Programació dinàmica aleatòria no homogènia.
  - 6.2 Programació dinàmica aleatòria homogènia.
  - 6.3 Programació dinàmica aleatòria i cadenes de MARKOV.

# ENGINYERIA EN ORGANITZACIÓ INDUSTRIAL

## Modalitat semipresencial

27857 Mètodes Quantitatius d'Organització Industrial II. Guia de l'assignatura

Aprovada en C.A.A de data 8/06/05

Modificada en data 16/07/07

5

## Objectius específics dels mòduls

Tot seguit es detallen els objectius per als mòduls II a IV de l'assignatura (el primer mòdul és introductor dels continguts del curs). La consecució dels objectius descrits ha de permetre afrontar amb èxit l'avaluació de l'assignatura.

### Mòdul II: Models de línies d'espera

- Identificar correctament els paràmetres d'un model de línia d'espera, així com els resultats a obtenir del seu estudi, interpretant-los correctament en termes de valor esperats.
- Comprendre i analitzar correctament un model de línia d'espera susceptible de ser analitzat mitjançant models de naixement i mort amb servidors en paral·lel. Saber determinar els resultats a obtenir a partir de les probabilitats d'estat i les fórmules de Little.
- Utilitzar correctament les fórmules dels models de naixement i mort, amb especial atenció a les característiques pròpies dels models d'univers finit i infinit.
- A partir d'una situació relativament poc estructurada de la realitat organitzativa, saber quan pot emprar-se un model de línia d'espera per a la seva anàlisi. L'alumne haurà també de ser capaç d'establir la correspondència entre els elements de la situació descrita i els paràmetres del model.
- Interpretar i calcular correctament els costos associats a un model de línia d'espera.
- Dissenyar un sistema de línies d'espera de manera que es minimitzin els costos totals: d'espera, de servei i d'abandó.

### Mòdul III: Cadenes de MARKOV

- Conèixer les propietats d'un sistema markovià, així com interpretar correctament els elements del sistema: els seus estats i les transicions o etapes d'evolució del sistema.
- Mitjançant l'anàlisi topològica, classificar correctament una cadena de MARKOV.
- Conèixer les propietats dels valors propis de la matriu de probabilitats de transició, pròpies de l'anàlisi espectral.
- Determinar les propietats del sistema en el llarg termini, mitjançant el càlcul de la matriu de probabilitats estacionàries.
- Conèixer les propietats d'un procés markovià amb remuneració i decisió, identificant els seus elements principals: estats, transicions i variables de decisió. Comprendre els conceptes de remuneració i de política.
- A partir d'una situació pròpia de la realitat organitzativa que compleixi la propietat markoviana i on sigui possible la intervenció d'un decisor, saber identificar els seus elements: estats, transicions i variables de decisió. Determinar les probabilitats de transició i les remuneracions per a cada transició, en funció dels estats del sistema i les variables de decisió.

# ENGINYERIA EN ORGANITZACIÓ INDUSTRIAL

## Modalitat semipresencial

27857 Mètodes Quantitatius d'Organització Industrial II. Guia de l'assignatura

Aprovada en C.A.A de data 8/06/05

Modificada en data 16/07/07

6

- Analitzar el comportament a llarg termini d'un procés markovià amb remuneració i decisió, mitjançant la iteració en l'espai dels estats i l'exploració de l'espai de les polítiques, de manera que pugui obtenir la política òptima per al govern del sistema.

## Mòdul IV: Programació dinàmica

- Comprendre els elements d'un model resoluble mitjançant programació dinàmica: estats, etapes, variables de decisió i funció de recurrència.
- Conèixer els diferents tipus de programació dinàmica: determinista i aleatòria d'una part; homogènia i no homogènia per una altra.
- Conèixer i aplicar el procediment d'obtenció de les decisions òptimes per a cada etapa mitjançant la programació dinàmica en models deterministes, per a horitzó finit i horitzó infinit.
- Establir les diferències i similituds entre programació dinàmica determinista i aleatòria. Comprendre el concepte de política que optimitza el valor esperat de la funció de recurrència en programació dinàmica aleatòria.
- Establir la correspondència existent entre programació dinàmica i els processos markovians amb remuneració i decisió. Utilitzar aquesta correspondència per a la resolució dels models de programació dinàmica d'horitzó infinit.
- A partir d'una descripció d'una situació de la realitat organitzativa, identificar quan pot ser tractada mitjançant programació dinàmica, i establir la correspondència entre atributs de la situació descrita i els elements d'un model de programació dinàmica.

## Sessions presencials

Les sessions presencials de l'assignatura són de tres tipus:

### Presentació

Té lloc el primer dia de classe, i consisteix en la presentació resumida dels continguts de la guia de l'estudiant i dels continguts de l'assignatura.

### Sessions de problemes

Les sessions de problemes consisteixen a resoldre exercicis del mòdul, esperant una actitud participativa per part de l'estudiant. En aquest sentit, el professorat pot optar per anunciar els problemes prèviament, de manera que l'estudiant pugui preparar-se'ls abans d'anar a classe, o ben enunciar el problema en el moment i fer que els alumnes s'enfrontin, treballant en grup, a la resolució d'aquest.

### Sessions d'avaluació

En les dates establertes en el calendari de l'assignatura, es procedirà a la celebració de les dues proves parcials. Si l'alumne no pot assistir a la sessió d'avaluació, podrà recuperar-la el dia de l'examen final.

# ENGINYERIA EN ORGANITZACIÓ INDUSTRIAL

## Modalitat semipresencial

27857 Mètodes Quantitatius d'Organització Industrial II. Guia de l'assignatura

Aprovada en C.A.A de data 8/06/05

Modificada en data 16/07/07

7

## Materials

### Llibre de l'assignatura

Els continguts teòrics de l'assignatura, i alguns exercicis proposats, es troben en el llibre:

Sallán Leyes, José M<sup>a</sup>; Suñé Torrents, Albert, Fonollosa Guardiet, Joan B. (2001):  
*Mètodes Quantitatius d'Organització Industrial II*. Edicions UPC.

### Exercicis

En la secció de la intranet dedicada a la documentació, poden trobar-se diverses sèries de problemes per cada un del tres mòduls de l'assignatura. Cadascuna d'elles constitueix un arxiu PDF..

Els exercicis que poden trobar-se en aquestes dues sèries són fonamentalment de modelització: consisteixen en la descripció, més o menys estructurada, d'una situació, més o menys complexa, de l'organització industrial, de la que és possible obtenir un model de cues, de cadenes de Markov o de programació dinàmica.

### Programes informàtics

El programa STORM compta amb un mòdul específic per a la resolució de models de línies d'espera, tant per a models de naixement i mort.

Per la seva pròpia natura, la programació dinàmica no admet un programa que cobreixi totes les possibilitats d'aplicació. No obstant això, l'ús de fulls de càlcul pot ser d'utilitat per al tractament de models relativament grans i per a l'anàlisi de l'horitzó infinit. En la documentació pròpia dels mòduls poden trobar-se exemples d'aplicació desenvolupats amb el programa EXCEL.

### Consultes

Sempre que es desitgi, l'alumne pot realitzar consultes als professors de l'assignatura a través d'ATENEA. No hi ha restriccions sobre els continguts de les consultes, encara que cal tenir en compte les consideracions següents:

- Abans de realitzar consultes sobre aspectes relatius a la marxa de l'assignatura, es recomana la lectura de la present guia d'estudi, molt especialment de l'apartat relatiu a l'avaluació de l'assignatura.
- El professorat es reserva el dret a tancar el període de consultes 48 hores abans d'un examen, sigui parcial o final.
- Si hi ha dubtes sobre textos de la documentació, és útil indicar el document i la pàgina on es troba el dubte.
- Si la consulta és relativament extensa, és aconsellable desenvolupar-la en un arxiu en WORD o EXCEL, i enviar aquest per la intranet. D'aquesta manera, es facilita que el professor respongui sobre el mateix arxiu.

# ENGINYERIA EN ORGANITZACIÓ INDUSTRIAL

## Modalitat semipresencial

27857 Mètodes Quantitatius d'Organització Industrial II. Guia de l'assignatura

Aprovada en C.A.A de data 8/06/05

Modificada en data 16/07/07

8

## Bibliografia bàsica

A més de la documentació de l'assignatura, poden consultar-se textos introductoris a la investigació operativa. Un manual d'àmplia difusió i de fàcil accés és:

Hillier, Frederick S; Lieberman, Gerald J. *Introducción a la investigación de operaciones*. McGraw-Hill (1997).

Els temes del manual relatius a l'assignatura són els següents (referits a l'última edició, en les edicions anteriors els títols dels temes són semblants i per tant són fàcils d'identificar):

Mòdul II: Models de línies d'espera.

Tema 17 Teoria de cues.

Tema 18 Aplicació de teoria de cues.

Mòdul III: Cadenes de MARKOV.

Tema 16 Cadenes de MARKOV.

Tema 21 Processos markovians de decisió.

Mòdul IV: Programació dinàmica.

Tema 11 Programació dinàmica.

Com s'ha dit anteriorment, hi ha altres manuals que també poden ser d'utilitat. Si l'alumne desitja utilitzar algun altre, pot consultar al professorat per a la correspondència entre els continguts de l'assignatura i els del manual.

## Avaluació

Per a aquesta assignatura s'han plantejat dos elements d'avaluació durant el curs:

- Dos *exàmens parcials*, les dates del quals s'indiquen en el calendari de l'assignatura.
- Tres *pràctiques*, les dates del lliurament de les mateixes també s'indiquen en el calendari.

## Exàmens parcials

El primer dels exàmens parcials avaluarà el compliment dels objectius dels mòduls II i III de l'assignatura. El segon realitzarà la mateixa funció per al mòdul IV. Quant al seu desenvolupament, poden avançar-se les consideracions següents:

- Les proves parcials tenen una durada d'1 hora i 45 minuts, i tindran dos o més exercicis.
- Dies després d'haver-se realitzat, es publicarà en ATENEA la solució de les proves.
- Un cop publicada la solució, s'obrirà, en els termes que s'estableixin, el procés de revisió de qualificacions.
- En cas de no poder assistir a un parcial, l'alumne haurà de recuperar la nota el dia de l'examen final.

# ENGINYERIA EN ORGANITZACIÓ INDUSTRIAL

## Modalitat semipresencial

27857 Mètodes Quantitatius d'Organització Industrial II. Guia de l'assignatura

Aprovada en C.A.A de data 8/06/05

Modificada en data 16/07/07

9

## Pràctiques

Per als tres mòduls amb més càrrega de l'assignatura, es proposaran pràctiques sobre els seus continguts. Dites pràctiques poden consistir en una sèrie d'exercicis, dels quals cada alumne haurà de lliurar-ne un. En l'enunciat de la pràctica es donaran més detalls en aquest sentit.

Les pràctiques hauran de lliurar-se SEMPRE EN SUPORT PAPER, no més tard de la data indicada en el calendari de l'assignatura. Com a norma general, es lliuraran en la sessió presencial establerta, encara que excepcionalment poden portar-se a la consergeria de l'escola, a la bústia dels professors (edifici TR6, tercera planta) o per correu.

En general, els exercicis proposats en les pràctiques poden ser de dificultat i grandària quelcom superior al dels exercicis de les avaluacions (especialment els dels mòduls II i III).

Cada pràctica, si no s'indica el contrari, estarà dividida en dues parts:

- *Memòria*, on s'indica la solució al problema, en termes comprensibles per algú familiaritzat amb la situació descrita, encara que no necessàriament amb coneixements de mètodes quantitatius.
- *Annex tècnic*, on es descriuran les tècniques de mètodes quantitatius utilitzades, així com el procés continuat per a l'obtenció de la solució.

Encara que es deixa llibertat a l'estudiant en aquest sentit, s'apreciarà que es lliurin les pràctiques sense enquadernació plastificada, grapades en la cantonada superior esquerra i amb el nom de l'autor o autors ben visible en el primer full.

## Obtenció de la nota de l'avaluació per curs

Per a aquesta assignatura, s'han establert dues sessions d'avaluació, una per als mòduls II i III i una altra per al mòdul IV. S'ha establert que cada mòdul tingui el mateix pes: 33'33%:

$$\text{NOTA AVALUACIÓ} = (\text{PARCIAL MÒDUL II} + \text{PARCIAL MÒDUL III} + \text{PARCIAL MÒDUL IV}) / 3$$

Al llarg de l'assignatura, s'avaluaran també tres pràctiques, una per cada mòdul de l'assignatura. Cadascuna d'elles tindrà el mateix pes en l'avaluació:

$$\text{NOTA PRÀCTIQUES} = (\text{PRÀCTICA MÒDUL II} + \text{PRÀCTICA MÒDUL III} + \text{PRÀCTICA MÒDUL IV}) / 3$$

La nota per curs s'obté del mode següent:

$$\text{NOTA PER CURS} = 0,8 * \text{NOTA AVALUACIÓ} + 0,2 * \text{NOTA PRÀCTIQUES}$$

Per aprovar per curs, serà suficient que l'alumne superi l'aprovat en la NOTA PER CURS. En cas de no aprovar per curs, l'alumne té una segona oportunitat en l'examen final. L'examen final s'utilitzarà també per avaluar aquells alumnes que no van poder assistir als exàmens parcials.

## Examen Final

L'examen final tindrà lloc en la data establerta pel centre i constarà de tres parts: FINAL MÒDUL II, FINAL MÒDUL III i FINAL MÒDUL IV.

## ENGINYERIA EN ORGANITZACIÓ INDUSTRIAL

### Modalitat semipresencial

27857 Mètodes Quantitatius d'Organització Industrial II. Guia de l'assignatura

Aprovada en C.A.A de data 8/06/05

Modificada en data 16/07/07

10

Si en presentar-se al final, la nota obtinguda per l'alumne en FINAL MÒDUL II supera a l'obtinguda en PARCIAL MÒDUL II, la primera nota reemplaçarà a la segona en el càlcul de la nota final.

Si en presentar-se al final, la nota obtinguda per l'alumne en FINAL MÒDUL III supera a l'obtinguda en PARCIAL MÒDUL III, la primera nota reemplaçarà a la segona en el càlcul de la nota final.

Si en presentar-se al final, la nota obtinguda per l'alumne en FINAL MÒDUL IV supera a l'obtinguda en PARCIAL MÒDUL IV, la primera nota reemplaçarà a la segona en el càlcul de la nota final.

En definitiva, podem dir que la nota de l'assignatura es calcula de la següent manera en tots els casos:

$$\text{NOTA ASSIGNATURA} = 0.8 * \text{NOTA EXAMEN} + 0,2 * \text{NOTA PRÀCTIQUES}$$

$$\text{NOTA EXAMEN} = (\text{NOTA MÒDUL II} + \text{NOTA MÒDUL III} + \text{NOTA MÒDUL IV}) / 3$$

$$\text{NOTA MÒDUL II} = \text{MAX} \{ \text{PARCIAL MÒDUL II}, \text{FINAL MÒDUL II} \}$$

$$\text{NOTA MÒDUL III} = \text{MAX} \{ \text{PARCIAL MÒDUL III}, \text{FINAL MÒDUL III} \}$$

$$\text{NOTA MÒDUL IV} = \text{MAX} \{ \text{PARCIAL MÒDUL IV}, \text{FINAL MÒDUL IV} \}$$

Com ja s'ha indicat anteriorment, els alumnes que aprovin l'assignatura per curs estan exempts de presentar-se a l'examen final.