

PRESENTACIÓ D'UN CAS D'ESTUDI.

AMPLIACIÓ D'UNA EMPRESA DE TRANSPORTS.

**Es vol ampliar la flota de camions per a cobrir un nou mercat.
El número òptim de vehicles operatius és de 20.**

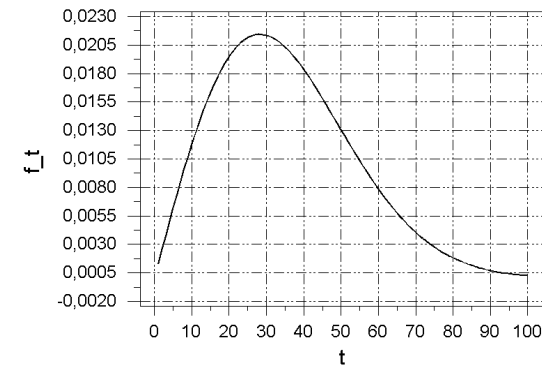
La legislació obliga a fer una revisió dels motors cada 14 setmanes.

L'empresa disposa d'un taller propi per a les reparacions i revisions amb capacitat per atendre un sol motor simultàniament.

Es vol saber el número de vehicles a adquirir per a poder mantenir 20 vehicles operatius en un 98% del temps.

- La firma venedora proporciona la distribució de probabilitats del temps τ entre avaries d'un motor.

$$E[\tau] \approx 35 \text{ setmanes}$$

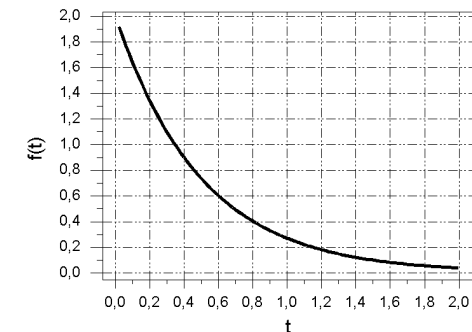


- En les condicions actuals les reparacions i les revisions poden fer-se en el taller en un temps x de distribució exponencial.

$$E[x] \approx 0,5 \text{ setmanes}$$

- Existeix la possibilitat de reduir els temps en el taller invertint l'equivalent a 2 vehicles.

$$E[x] \approx 0,2 \text{ setmanes}$$



Per a decidir:

- El número de vehiculos a comprar i
- si és convenient millorar les pretacions del taller.

Estudiar:

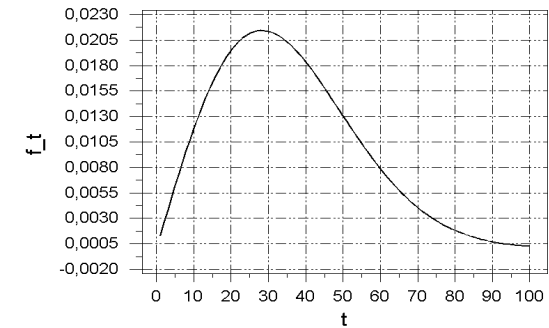
1. La aflluència en el temps de incidències (revisions, reparacions) en el taller.
2. Número de vehicles no operatius en el taller (i que han de ser coberts per a mantenir 20 vehicles en servei).

Eines per a l'estudi:

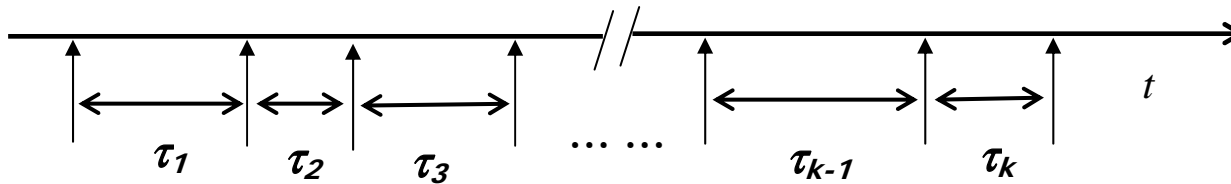
- Processos de renovació.
- Teoria de Cues.
- Tècniques de simulació.

Temps entre avaries de un motor: τ'

$$P(\tau' \geq 14) = 0,88$$



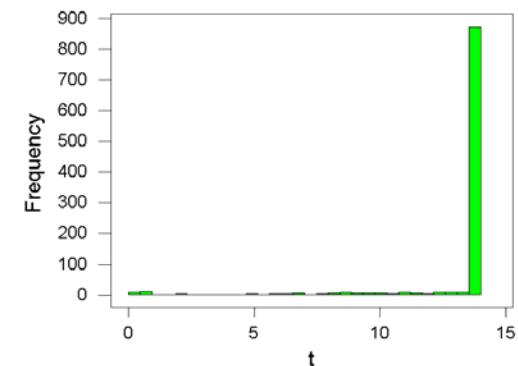
Temps entre incidències (revisió o avaria) de un motor: $\tau \leq 14$



Simulació de 1000 períodes:

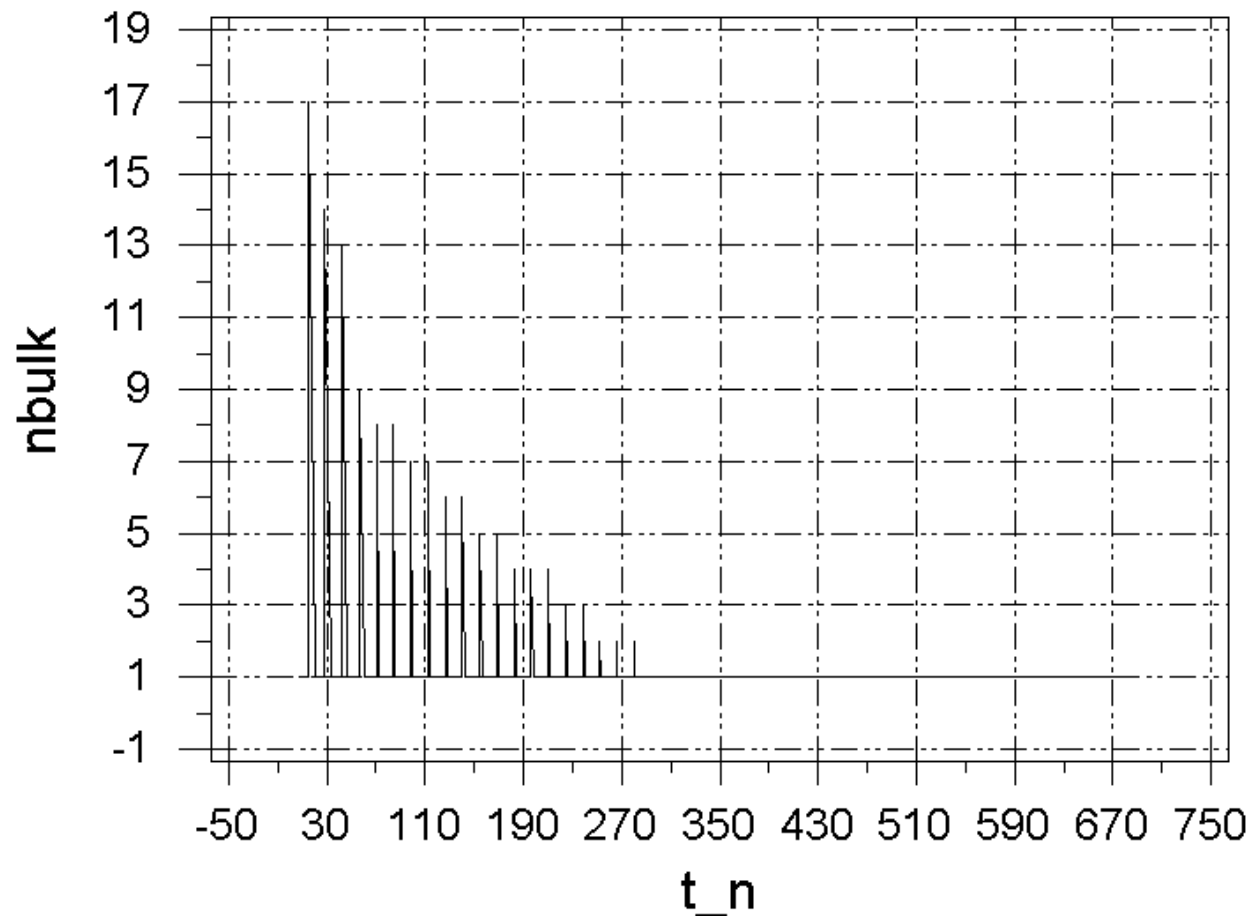
$$P(\tau' \geq 14) = 0,88$$

→ 88% de les incidències: **revisions**



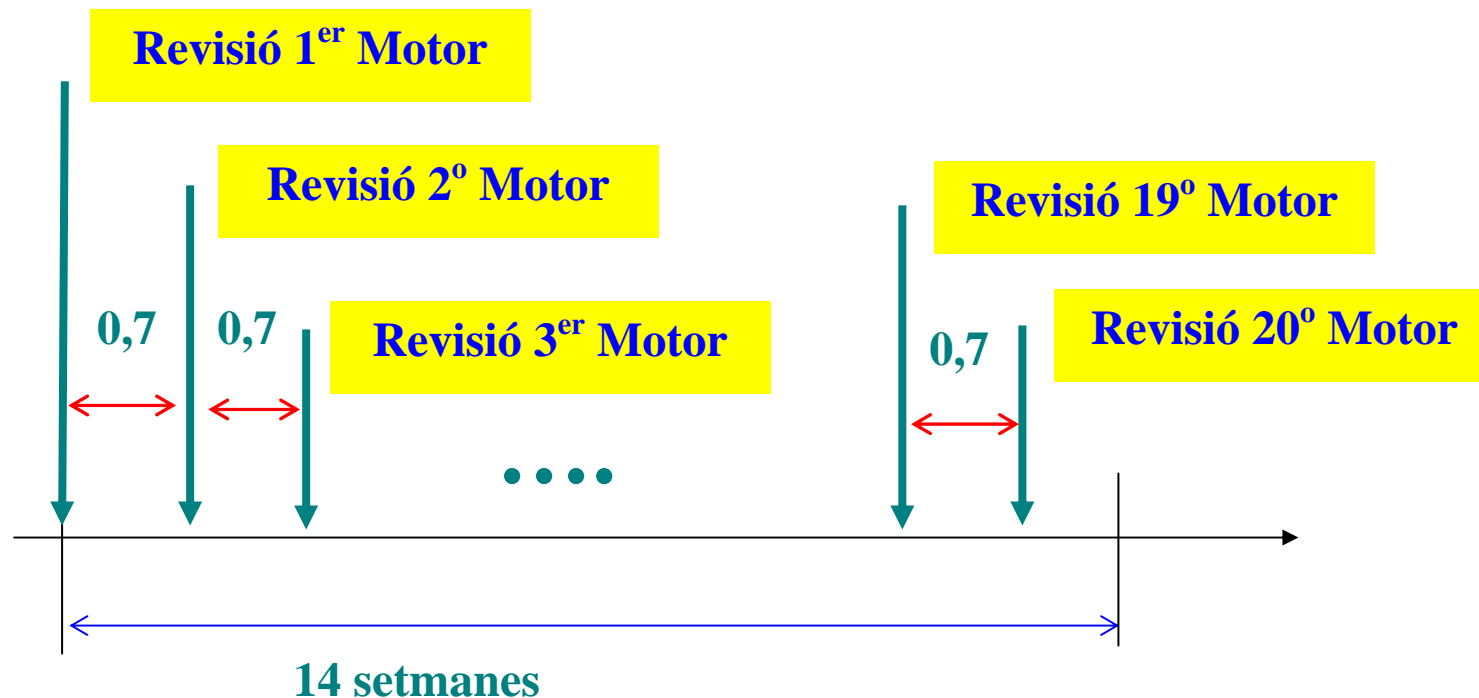
Inconvenient: Després de les primeres $n=14$ setmanes s'esperen

- **$N=1$ 17 revisions simultàniament**
- **$N=2$ 14 revisions simultàniament**
- **$N=3$ 13 revisions simultàniament**



Les arribades en grup (revisions) no poden assumir-se pel taller.

Solució: adelantar la primera revisió de cada motor; s'assumeix que una nova revisió podrà iniciar-se després d'haver acabat l'anterior.



Anàlisi dels temps entre arribades.

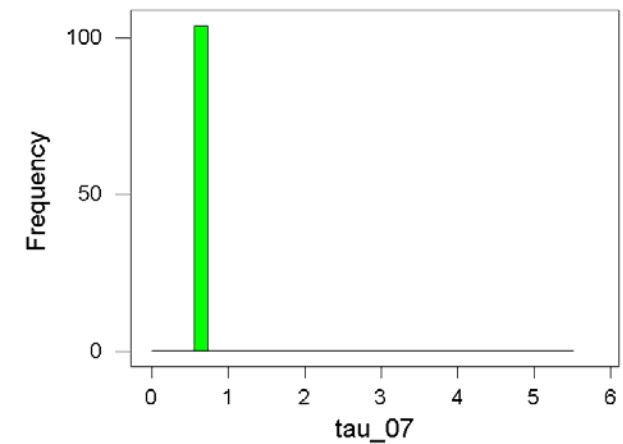
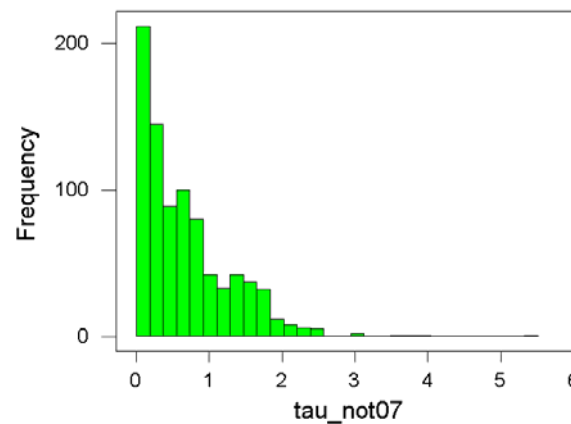
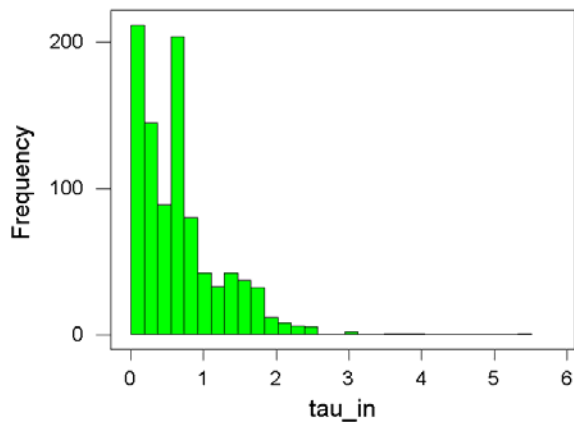
AL LLARG DE 600 SETMANES.

11% D'ARRIBADES AMB $\tau = 0.7$

$\bar{\tau} = 0.678$ $S_{\tau}=0.592$

Si s'exclouen els $\tau = 0.7$

$\bar{\tau} = 0.676$ $S_{\tau}=0.628$

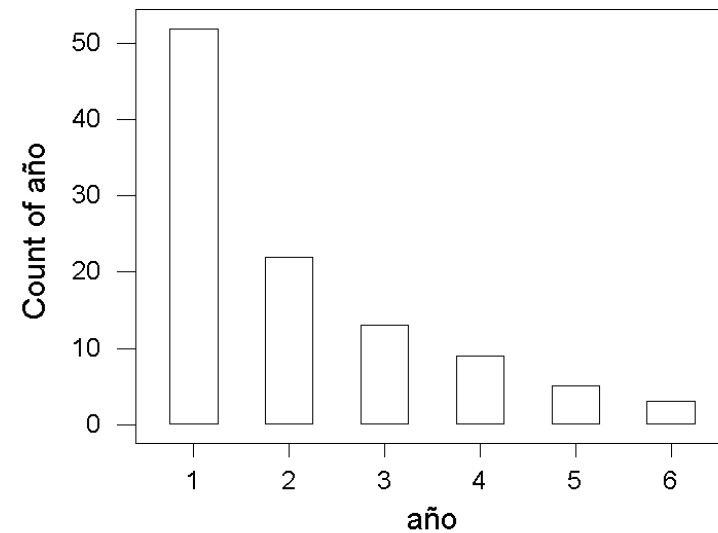
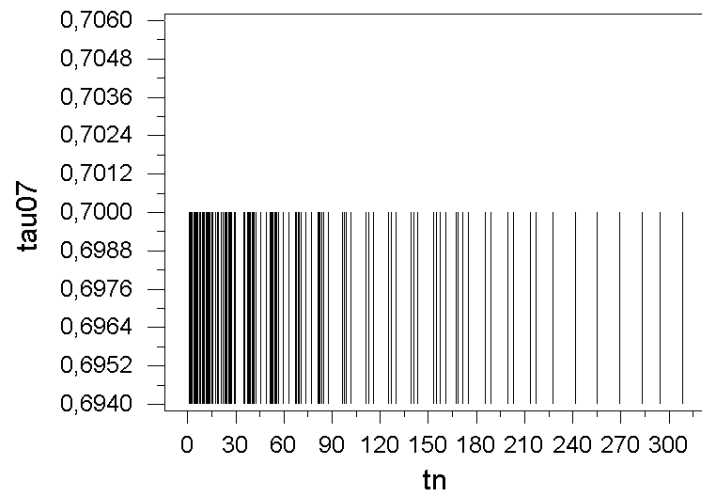


Un 11% aproximadament dels temps entre arribades al taller mantenen el decalatge inicial de 0,7 setmanes.

Aquesta fracció no és uniforme en el temps.

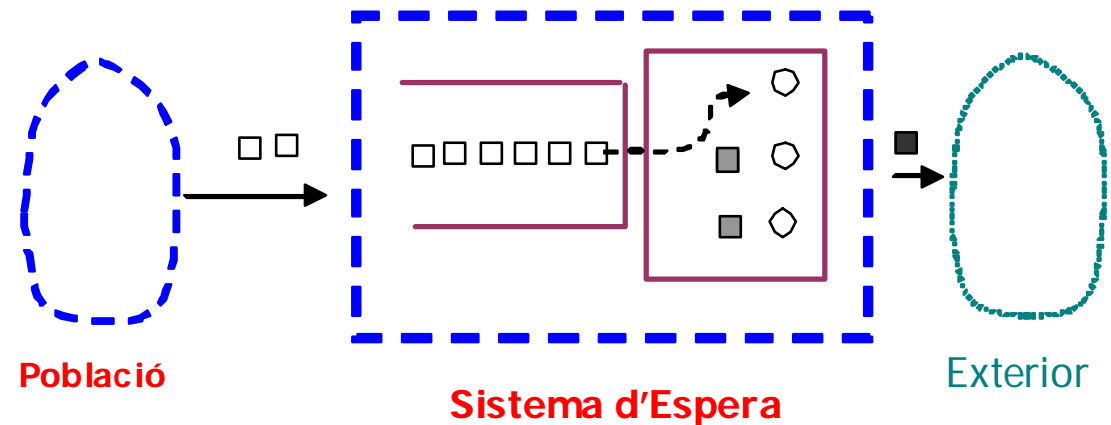
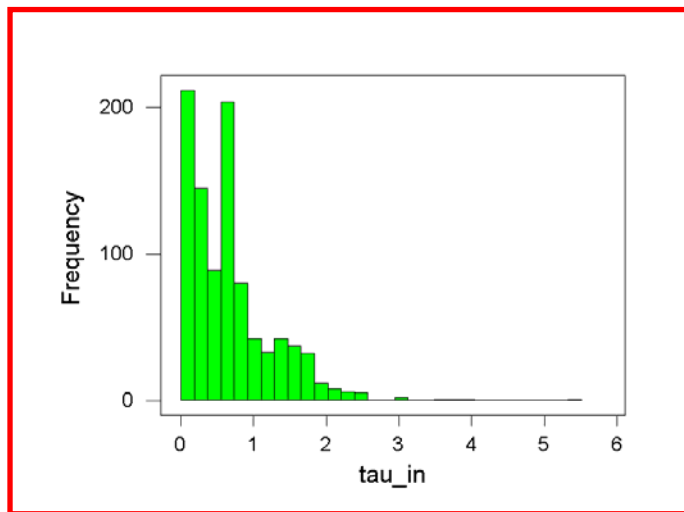
A partir de la setmana ~300 els temps entre arribades són exponencials.

**Distribució del Número de arribades amb $\tau=0.7$ per anys
(Número total d'arribades per any ~80)**



Es procedeix a un anàlisis aproximat per a cada any mitjançant un model de cues tipus G/M/1.

S'adopta una distribució dels temps entre arribades τ per a cada any del tipus:



$$P(N_{taller} \geq n) < 0,02$$

año	1	2	3	4	5	6	≥ 7
$E[x] = 0,5$ semanas	8	8	8	8	9	9	11
$E[x] = 0,2$ semanas	2	2	2	2	2	2	3

CONCLUSIONS.

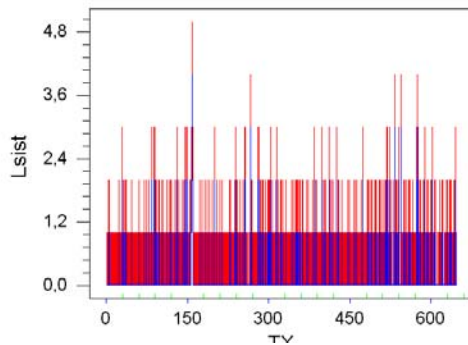
Es aconsellable millorar el taller per a conseguir que el temps x de revisió o reparació sigui $E[x]=0,2$ setmanes.

Han de comprar-se 2 vehicles extra;

Es mantendran 20 vehicles en servei amb una probabilitat $>0,98$

L'efecto de pèrdua de sincronisme en les arribades ocasiona una major ocupació del taller.

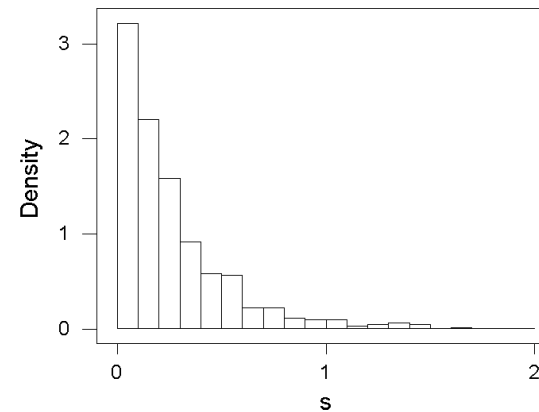
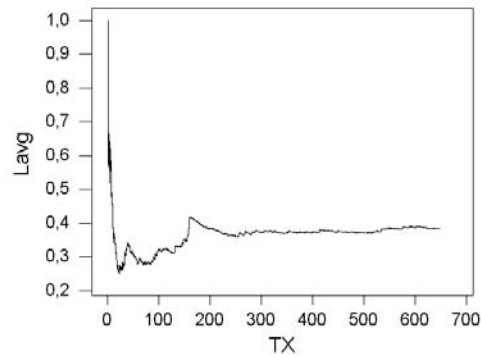
- ⇒ Després del 6é any hauria de comprar-se un altre vehicle addicional ó:
- ⇒ Tornar a reestructurar les revisions.



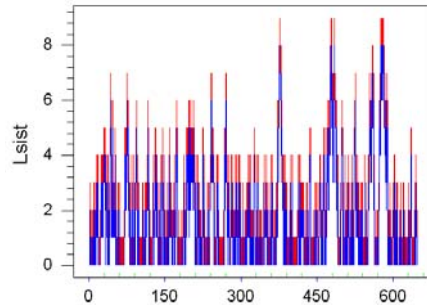
Opció: renovar taller
 $E[x] \approx 0,2$ setmanes

Distribució del temps de permanència en el taller
 $W=0.25$ $\sigma_w=0.26$

Ocupació mitjana

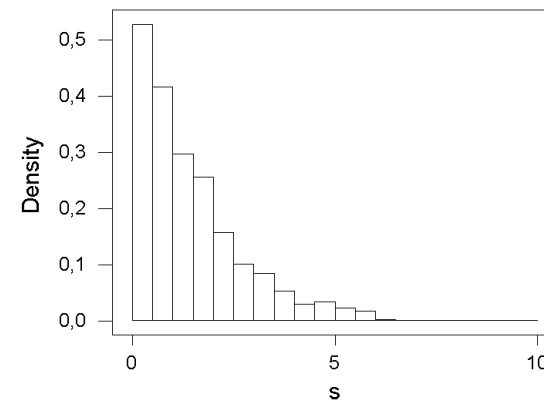
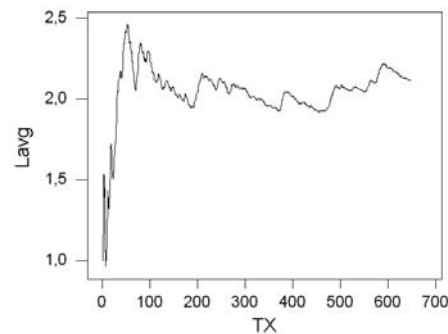



Opció: no renovar taller
 $E[x] \approx 0,5$ setmanes



Distribució del temps de permanència en el taller
 $W=1,43$ $\sigma_w=1,25$

Ocupació mitjana



 UNIVERSITAT DE BARCELONA	Pla docent de l'assignatura

Dades generals

Nom de l'assignatura: Teoria de Cues i Simulació

Codi de l'assignatura: 361228

Curs acadèmic: 2015-2016

Coordinació: ESTEVE CODINA SANCHO

Departament: Òrgans de govern

Crèdits: 6

Programa únic: Sí

Hores estimades de dedicació	Hores totals 150
------------------------------	------------------

Activitats presencials	60
- Teoricopràctica	37,5
- Pràctiques de problemes	15
- Pràctiques d'ordinadors	7,5
Treball tutelat/dirigit	40
Aprenentatge autònom	50

Recomanacions

L'alumnat ha de tenir coneixements previs en:

- Càlcul de probabilitats, variables aleatòries, distribucions de freqüències i estadístics (mitjana, variància, etc.).
- Càlcul i anàlisi real.
- Programació.

Es recomana haver cursat les assignatures:

- Estadística Descriptiva
- Introducció a la Informàtica
- Introducció a la Probabilitat
- Introducció al Càlcul
- Programació
- Probabilitat i Processos Estocàstics
- Introducció a la Investigació Operativa
- Inferència Estadística

Altres recomanacions

Per tal d'afavorir que l'alumnat assoleixi els objectius d'aquesta matèria es recomana:

- Assistir regularment a classe per facilitar la implicació personal en l'aprenentatge i la participació en les activitats en grup.
- Exercitar hàbits de disciplina continuada i sistemàtica en el propi treball intel·lectual i l'aplicació —o aprenentatge, si escau— d'estratègies de treball autònom i de recursos d'avaluació formativa proposats pel professorat.
- Utilitzar de manera continuada els recursos de la matèria.
- Seguir les activitats pràctiques com a mitjà d'aprofundiment en el domini dels procediments i de les habilitats bàsiques de l'assignatura i de la seva didàctica, i també com a sistema per aprofundir en els coneixements teòrics de la matèria.
- Fer, com a mínim, una visita per semestre al professorat de la matèria.

Competències que es desenvolupen

Específiques de la titulació

- Capacitat per identificar els principals models de la investigació operativa i conèixer-ne les propietats i l'àmbit d'aplicació.
- Capacitat per aplicar les tècniques estadístiques i la investigació operativa en la millora de la qualitat i la productivitat en diferents entorns (tecnològics, industrials, etc.).
- Capacitat d'utilitzar llenguatges de programació per a la implementació d'algoritmes i de sistemes de gestió de bases de dades.
- Capacitat per detectar, formular i donar solució mitjançant models d'investigació operativa a problemes de presa de decisió de les diferents organitzacions, integrant, si és necessari, els resultats de les anàlisis estadístiques.
- Capacitat per seleccionar el mètode més adequat en la realització d'un estudi estadístic, d'avaluar les possibles alternatives i, si és procedent, incloure-hi l'anàlisi de costos i de recursos disponibles.

Objectius d'aprenentatge

Referits a coneixements

- Conèixer el concepte de temps de vida residual i aplicar-lo a l'entorn dels sistemes d'espera.
- Conèixer i estar en disposició d'identificar els diferents components d'un sistema d'espera i les seves interrelacions.
- Conèixer les principals magnituds fonamentals que intervenen en un sistema de cues i com aquestes reflecteixen el funcionament d'aquest sistema, així com les interrelacions entre aquestes magnituds.
- Conèixer i aplicar les propietats dels models d'espera exponencials.
- Identificar les distribucions de probabilitat subjacents en els diferents processos que intervenen en un sistema d'espera.
- Conèixer els mètodes vistos a l'assignatura per generació de números aleatoris.
- Conèixer el paper de la simulació com a eina metodològica per avaluar models de cues i sistemes d'inventari.

Referits a habilitats, destreses

- Calcular l'esperança del temps de vida residual i condicional.
- Identificar el model de cues adequat i de les distribucions de probabilitat per arribades i serveis.
- Calcular i fer estimacions de les magnituds fonamentals dels sistemes d'espera.
- Identificar la influència en el rendiment dels sistemes d'espera, de diferents tipus de canvis en la seva configuració.
- Desenvolupar models de simulació de sistemes de cues i inventaris.
- Saber emprar el mètode de mitjanes per lots a partir de resultats d'una simulació.

Blocs temàtics

1. Introducció als processos de renovació

*

Propietats importants dels processos estocàstics de renovació que intervenen en la teoria de cues.

1.1. Definició

1.2. La propietat d'absència de memòria

2. Cues exponencials

*

Principals models derivats dels processos de naixement i mort.

2.1. Conceptes bàsics: sistemes d'espera

2.2. Estimació dels paràmetres en models de cues

2.3. Models exponencials de cues

3. Cues no exponencials

** En moltes situacions reals les hipòtesis pròpies de les cues M/M no es verifiquen. En alguns casos és possible emprar mètodes analítics o fer aproximacions. En aquest bloc es presenten les més comunes.*

3.1. Introducció als models no exponencials

4. Simulació

** Per a alguns sistemes, com ara cues més complexes o sistemes d'inventari, els models analítics esdevenen molt complexos. Una forma alternativa d'obtenir solucions dels anteriors sistemes és mitjançant models de simulació. En aquest bloc s'examinen les metodologies més rellevants per construir i explotar models de simulació.*

4.1. Conceptes bàsics

4.2. Mètodes de Montecarlo

4.3. Metodologia de la simulació

4.4. Processos de mostreig en simulació

Metodologia i activitats formatives

La metodologia d'ensenyament inclou quatre tipus de sessions: sessions de teoria, sessions de problemes i/o exercicis, sessions de laboratori i sessions de seguiment del treball de curs.

— Les sessions de teoria consisteixen en l'exposició dels continguts de l'assignatura, generalment amb l'ajut d'un conjunt de transparències, que s'alternen amb la pissarra, en la qual s'estenen i també es desenvolupen exemples adequats.

- Les sessions de problemes consisteixen en la resolució, ja sigui per part del professor o sol·licitant la cooperació dels estudiants, d'un conjunt d'exercicis, cadascun de certa extensió i amb enunciats recopilats en una col·lecció de la qual només es disposa de les solucions finals dels exercicis.
- Les sessions de laboratori consisteixen en la utilització de recursos de programari per tal de resoldre aspectes pràctics com ara l'estimació dels paràmetres dels models de cues estudiats a classe de teoria, l'evolució de les longituds de cua, la generació i anàlisi de mostres de números pseudoaleatoris, l'anàlisi de mostres de resultats de simulació.
- En les sessions de seguiment del treball de curs s'exposa el contingut dels lliuraments parcials que han d'efectuar-se d'aquest treball i es responen les qüestions particulars de cada treball.
- Llevat que s'anunciï el contrari, aquesta assignatura no desdobra el grup sencer en subgrups.

Avaluació acreditativa dels aprenentatges

Avaluació continuada

Aquesta és l'avaluació habitual. La comprensió de l'assignatura i de les habilitats que es desenvolupen poden ser avaluades de manera continuada mitjançant dos exàmens parcials i un de final. Cada examen parcial avalua dos blocs de teoria i el seu pes en la nota de teoria és del 50 %. Els exàmens parcials tenen caràcter alliberador dels blocs corresponents, sempre que la nota obtinguda sigui superior o igual a 3,5 (sobre 10); aleshores, no cal presentar-se a l'examen final dels blocs alliberats pels parcials. El primer examen parcial es fa a meitat del semestre i el segon examen parcial, al final de les classes. Igualment, formen part de l'avaluació continuada les pràctiques de laboratori, lliurades i avaluades durant el curs.

L'assignatura inclou el desenvolupament d'un treball de curs amb lliuraments parcials al llarg de l'assignatura. Aquests lliuraments parcials passen a formar part de l'avaluació continuada i valen el 30 % del total de la nota corresponent al treball de curs.

La nota de l'assignatura es compon d'un 60 % de la part teòrica, un 20 % dels exercicis de laboratori i un 20 % del treball de curs.

Avaluació única

Els estudiants que vulguin renunciar a l'avaluació continuada i acollir-se a l'avaluació única han de fer-ho abans de la data que s'estableixi, que es fa pública amb antelació suficient. S'opta llavors per fer un examen final, que decideix el 100 % de la nota.

Fonts d'informació bàsica

Llibre

ALLEN, A. O. *Probability, Statistics and Queueing Theory*. Boston: Academic Press, 1990

Font associada al bloc 3.

BRATLEY, P.; FOX, B.L.; SCHRAGE, L.E. *A Guide to Simulation*. New York [etc.]: Springer, 1987

Font associada al bloc 4.

HILLIER, F.S.; LIEBERMAN, G.J. *Introduction to Operations Research*. Oakland, CA: Holden day Inc. 1986

Font associada al bloc 2.

LAW, A.M.; KELTON, W.D. *Simulation modeling and analysis*. New York [etc.]: McGraw-Hill, 1991

Font associada al bloc 4.

TRIVEDI, K.S. *Probability and Statistics with Reliability, Queueing and Computer Science Applications*. New York [etc.]: John Wiley & Sons, 2002

Font associada al bloc 1.

Pàgina web

<http://www-eio.upc.es/teaching/TCiS/>

Repositori de material docent. Exàmens, material de pràctiques, exercicis, transparències de classe i apunts.

Text electrònic

CODINA, E.; MONTERO, L. *Teoria de Cues. Apunts*

Font associada als blocs 2 i 3.

CODINA, E.; MONTERO, L. *Introducció a la Simulació i a la generació de N^os aleatoris*

Font associada al bloc 4.

CODINA, E.; *Teoria de Cues. Transparències de classe*

Font associada als blocs 2 i 3.