

# Informe de la pràctica de simulació del supermercat Bon MerConDi

Modelització i Simulació de Sistemes



**Jaume Mora i Ladària**

Grau en Intel·ligència Artificial  
Universitat Politècnica de Catalunya  
Barcelona, a març de 2024



# **Índex**

- 1. Introducció**
- 2. Descripció de la implementació del model inicial**
- 3. Anàlisi de resultats**
  - 3.1. Model inicial**
  - 3.2. Propostes de millora**
  - 3.3. Model millorat**
- 4. Taula d'hipòtesis**
- 5. Secció de referències**
- 6. Conclusió.**

# 1. Introducció

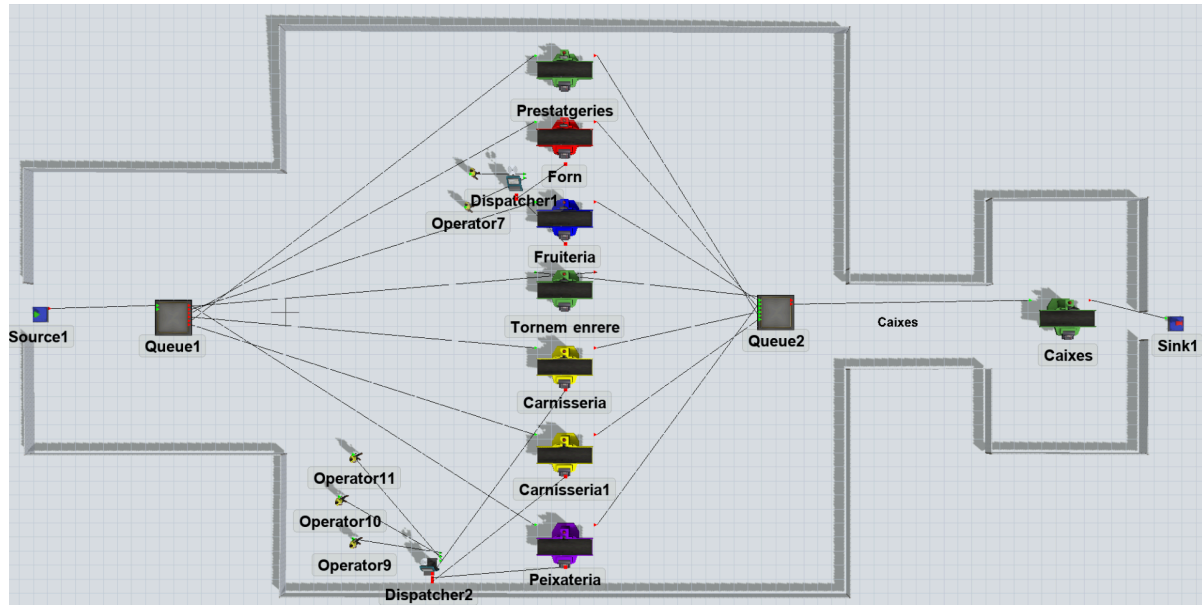
En aquest document podem trobar la documentació referent a les descripcions i justificacions de la implementació que he realitzat així com dels resultats que he obtingut a la pràctica de la simulació d'un supermercat utilitzant Flexsim.

L'objectiu de la pràctica és avaluar l'eficiència de diferents configuracions de cua - una cua unificada enfront de cues independents per secció - per identificar colls d'ampolla i optimitzar el temps de compra dels clients.

A través de la simulació, es busca comprendre com la redistribució del personal i ajustos específics poden millorar significativament l'experiència de compra, ressaltant la importància d'una gestió eficaç dels recursos en entorns de venda al detall.

Totes les troballes són suportades per estadístiques i gràfiques detallades creades amb el propi programa FlexSim, proporcionant una base sòlida per a recomanacions estratègiques destinades a millorar l'operativitat del supermercat.

## 2. Descripció de la implementació del model inicial



Per implementar i representar adequadament el model bàsic, he utilitzat diversos elements de FlexSim: un source, dues cues, vuit processadors, dos distribuïdors, cinc operadors i un sink.

Dins de la imatge que mostra el model bàsic, de l'esquerra a la dreta, tenim un source que genera els clients que faran compres als supermercats. A aquests clients se'ls assigna, segons una probabilitat i mitjançant una variable binària, la decisió de visitar o no cada secció del supermercat. Tots els clients comencen desitjant, com a mínim, visitar les prestatgeries.

Un cop creats, els clients, amb les seves variables assignades com a zero o un, són encaminats a una cua d'espera. Aquesta cua els distribueix a la secció (processador) desitjada quan està disponible.

Després de visitar la secció corresponent, els clients procedeixen a la segona cua, on es determina si encara tenen zones a visitar.

Si encara tenen zones per visitar, són reenviats a la primera cua mitjançant un processador que els retarda uns 10 segons (assumint un temps exponencial). Si no han de comprar res més (totes les variables són a 0), els clients romanen a la cua 2 fins que poden passar per caixa a la caixa.

La compra es considera finalitzada quan els clients han passat per la caixa.

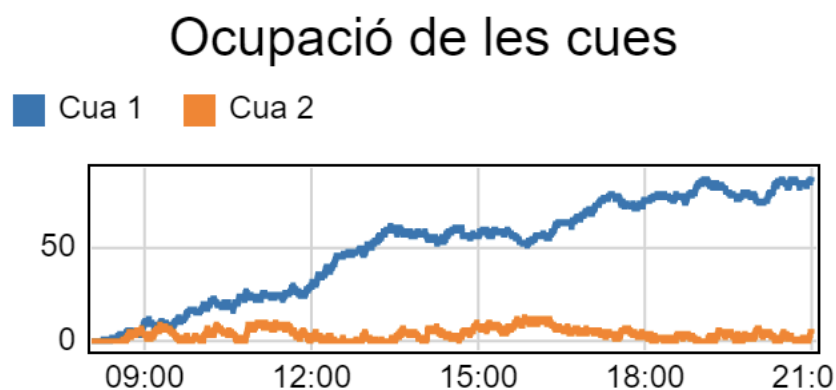
## 3. Anàlisi de resultats

### 3.1. Model inicial

Se'ns demana analitzar si el nostre model inicial gestiona bé o no el sistema de cues modern que hem implementat. Per analitzar això correctament n'hi ha prou amb mirar si tenim colls d'ampolla en alguna de les cues i/o si hi ha processadors (zones del supermercat) que tinguin poca ocupació.

És per això que per a poder analitzar correctament tots els problemes referents a la baixa ocupació d'algunes zones del supermercat o la saturació d'altres he fet servir gràfics que, en molts casos, he relacionat amb el temps i m'han ajudat a detectar els colls d'ampolla. Els vaig comentant:

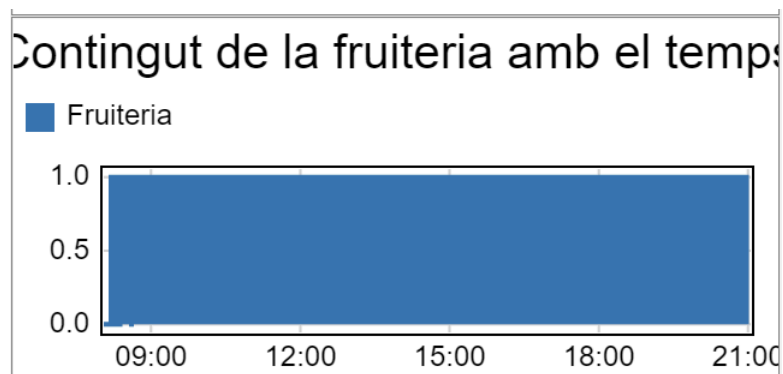
#### Gràfic 1



Per començar, veiem com en el cas de la primera cua, que recordem que és la que distribueix als clients en diferents seccions, aquesta va creixent sense parar. És a dir, de cada cop hi ha més clients aturats a la cua esperant a ser atesos. Per tant, detectem un coll d'ampolla a la primera cua. Posteriorment, analitzarem què és el que genera aquest coll d'ampolla.

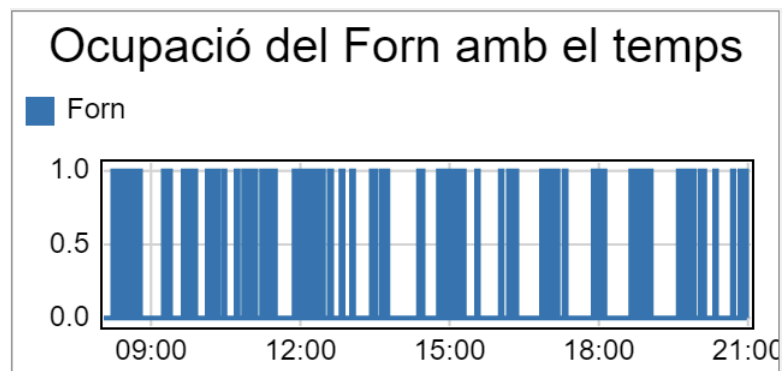
Si ens fixem en la segona cua, veiem com aquesta es manté molt constant, gairebé sempre entre el 0 i el 10. Recordem que 10 voldria dir que hi ha 10 persones esperant per ser ateses en 4 caixes, el que ens sortiria a una mica més de 2 persones esperant per caixa, cosa que ja és normal. És a dir no hi ha res que ens generi un coll d'ampolla a la segona cua.

## Gràfic 2



Si ens posem a analitzar l'ocupació secció per secció del supermercat veiem com en el cas de la fruiteria està sempre al 100%, cosa que ens fa suposar que és precisament la fruiteria el que ens genera un coll d'ampolla. He intentat fer un comptador de labels per veure si dins de la cua hi havia molta gent esperant a la fruiteria però no m'ha funcionat. De totes maneres, si mirem aquest gràfic i analitzem a l'atzar uns quants clients que esperen a la cua veiem com tots esperen a la fruiteria. Per tant podem afirmar que a la fruiteria hi ha un coll d'ampolla.

## Gràfic 3



Com ens diu a l'enunciat, sabem que la secció que comparteix empleats amb la fruiteria és el forn. De moment, tenim un empleat a cada lloc. És a dir un a la fruiteria i un al forn. He analitzat l'ocupació i veig com el forn moltes vegades està poc ocupat. És a dir, l'empleat del forn moltes vegades no té feina i podria estar fent altres tasques.

### 3.2. Propostes de millora

Amb l'anàlisi anterior he pogut detectar que tenim un problema a la primera cua perquè de cada cop hi ha més gent que s'espera. He vist que aquest problema el genera principalment la fruiteria que està sempre ocupada.

Com que en analitzar l'ocupació del forn he vist que aquest moltes vegades té baixa ocupació he pensat que una possible bona solució seria que l'empleat del forn quan pogués ajudés a la fruiteria per així descarregar de feina la fruiteria i fer baixar la cua.

Per això, per tant, el que faré serà afegir un processor que faci de fruiteria i que, quan pugui ser estigui ocupat per l'empleat del forn.

Si fem això, però, veurem com llavors la peixateria ens crearà un coll d'ampolla també. En conseqüència, la millor solució és fer que també a la peixateria hi pugui haver un empleat més que agafarem de la carnisseria quan sobri. Per tant, dels 3 empleats que tenim per carnisseria i peixateria en total, n'hi podrà haver màxim 2 a una secció.

Així farem que ens funcioni perfectament la gestió de la primera cua i que no se'ns creï un coll d'ampolla a la primera cua. El problema serà ara que tindrem un coll d'ampolla a la segona cua perquè no n'hi haurà prou amb 4 caixers. Per això proposo contractar un caixer més.

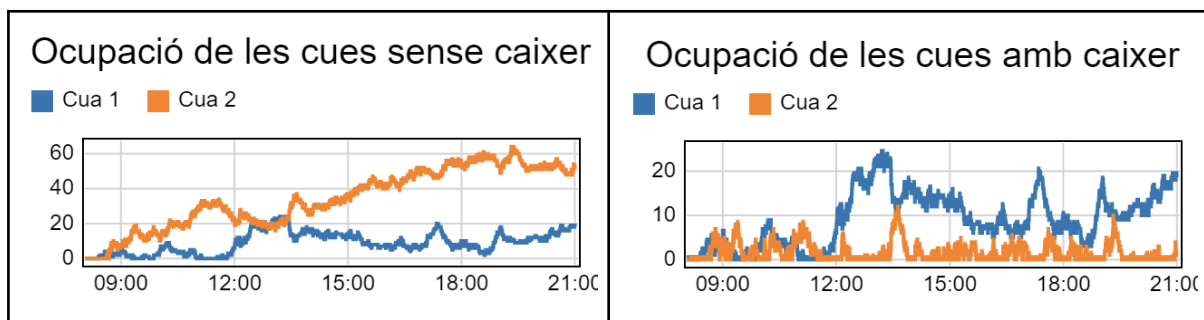
**En resum, els meus canvis recomanats són: treure el límit al flux d'empleats entre fruiteria i forn (que n'hi pugui haver dos a un lloc i 0 a l'altre), passar el límit d'empleats a 2 a la peixateria i contractar un caixer més. En cas que es vulgui optar per una solució més econòmica i, per tant, no contractar més caixers, es pot fer perquè la cua que queda a caixes no és tan gran tampoc.**

### 3.3. Model millorat

A les següents gràfiques veiem com el rendiment del meu model millora moltíssim. Acabem tenint un supermercat molt eficient amb tots els canvis proposats així com queda reflectit al gràfic d'ocupació de les cues amb un caixer més que, comparat amb el del model inicial veiem com és molt més constant excepte algun pic puntual. De fet, veiem com la cua 1 no és sempre creixent sinó que en un moment del dia comença a decreixer significativament.

La cua 2, en canvi, sense afegir un caixer més si que augmentava, per això he proposat afegir un caixer més per a optimitzar el supermercat al 100%. Els següents gràfics comparen com canviava de tenir 4 caixers (ocupació sense caixer) o 5 caixers (ocupació amb caixer).

És per això que he decidit escollir la solució afegint un caixer més. Ja que millora molt la segona cua fent-la molt constant, així com ja ho és la primera cua. Això voldrà dir que hem millorat correctament el rendiment de la gestió del supermercat i que hem solucionat correctament el problema dels colls d'ampolla.



*Cal fixar-se en els valors de l'eix y del gràfic perquè canvien. Un gràfic arriba a 60 mentre que l'altre a 25.*

## 4. Taula d'hipòtesis

Seguint l'exemple i així com em demanava l'enunciat he creat unes hipòtesis simplificadors, estructurals i de dades similars als de la taula dels apunts.

A part de les hipòtesis bàsiques que ens donaven a l'enunciat he pensat incloure el següent:

A les hipòtesis sistèmiques de dades:

- La distribució exponencial amb una mitjana de 60 segons per les arribades dels clients.



- Les distribucions de temps de demora uniformes i exponencials per les diferents zones del supermercat.

A les hipòtesis sistèmiques estructurals:

- La relació entre el temps d'espera i l'accés a les diferents zones.
- El comportament de la cua unificada i la distribució dels clients per les seccions.

I a les hipòtesis de simplificació:

- La limitació a una persona atenent al forn en la fruiteria, dues en la carnisseria i una en la peixateria a la vegada.
- La suposició que tots els clients compraran almenys a la zona de productes envasats.

Per tant la meua taula d'hipòtesis (assumptions) ha quedat de la següent manera:

TYPE	IDENTIFIER	DESCRIPTION	LOCATION	STATUS	NEW CONDITION
DATA	SD_04	Les arribades dels clients segueixen una distribució exponencial amb una mitjana de 60 segons.	Entrada	true	never
DATA	SD_05	El temps de demora en el forn segueix una distribució uniforme de 150±25 segons.	Forn	true	never
DATA	SD_06	El temps de demora en la fruiteria segueix una distribució uniforme de 250±50 segons.	Fruiteria	true	never
DATA	SD_07	El temps de demora en la carnisseria segueix una distribució exponencial amb una mitjana de 450 segons.	Carnisseria	true	never
DATA	SD_08	El temps de demora en la peixateria segueix una distribució exponencial amb una mitjana de 300 segons.	Peixateria	true	never
DATA	SD_09	El temps de demora en la zona de productes envasats segueix una distribució uniforme de 300±100 segons.	Zona de productes envasats	true	never
DATA	SD_10	El temps de demora en les caixes segueix una distribució uniforme de 270±50 segons.	Caixes	true	never
STRUCTURAL	SS_05	La cua unificada distribueix els clients a les seccions segons el recurs que s'allibera.	Cues	true	never
STRUCTURAL	SS_06	Els clients segueixen un patró de comportament consistent en un 10% que compra pa, un 35% que compra fruita, un 25% que compra carn, un 25% que compra peix i tots compren productes envasats.	Supermercat	true	never
SIMPLIFICATION	SS_07	Només pot haver-hi una persona atenent al forn a la vegada.	Forn	false	If observed
SIMPLIFICATION	SS_08	Com a molt pot haver-hi un treballador a la fruiteria, dos a la carnisseria i un a la peixateria al mateix temps.	Zones de servei	false	If observed

## 5. Secció de referències

A continuació deixo la meua secció de referències que no són moltes però m'han servit de gran ajuda a l'hora de fer el treball.

A Continuous Process for Validation, Verification, and Accreditation of Simulation Models. (December, 2022). Pau Fonseca. Retrieved from <https://www.mdpi.com/2227-7390/11/4/845>

Working with charts. (2024). FlexSim. Retrieved from <https://docs.flexsim.com/en/24.0/GettingData/AdvancedDataGathering/WorkingWithCharts/WorkingWithCharts.html>

Apunts de classe. (2024). GIA UPC. Retrieved from [raco.fib.upc.edu](https://raco.fib.upc.edu)

## 6. Conclusió

En conclusió, estic molt content amb el resultat del meu treball i crec que s'hi reflexen perfectament totes les hores dedicades. Crec que, així com se'm demanava he aconseguit millorar el model inicial tenint un supermercat molt eficient al final. Ha estat una llàstima fer-ho individualment perquè m'ha costat molt més esforç però crec que me n'he ensortit prou bé. Tot i això tinc claríssim que les següents pràctiques les faré en parelles.

Jaume Mora i Ladària ,  
març del 2024