

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials

Títol:

Simulació de funcionament d'un magatzem amb el software
Flexsim

Document: 1 - Memòria i Annexos

Alumne: Jordi Oliveras Garriga

Tutor: Rodolfo De Castro Vila

Departament: OGEDP

Àrea: OE

Convocatòria (mes/any)

Juny/2020

SIMULACIÓ DE FUNCIONAMENT D'UN MAGATZEM AMB EL SOFTWARE FLEXSIM

Per

Jordi Oliveras Garriga

GRAU D'ENGINYER EN TECNOLOGIES INDUSTRIALS
ESCOLA POLITÈCNICA SUPERIOR
UNIVERSITAT DE GIRONA

GIRONA

JUNY 2020

INDEX

Index	iii
1 Introducció	1
1.1 Antecedents.....	1
1.2 Objecte	2
1.3 Abast i especificacions.....	2
2 Flexsim.....	3
2.1 3D model	3
2.2 Process Flow	4
3 Cas d'estudi	7
3.1 Descripció	7
3.1.1 3D Model.....	7
3.1.2 Process Flow.....	8
3.1.3 Toolbox	9
3.2 Detecció i correcció d'errors.....	11
3.3 Anàlisi rendiment del magatzem	11
3.3.1 Entrada d'estoc	11
3.3.2 Emmagatzematge	12
3.3.3 Sortides d'estoc.....	14
3.4 Conclusions del cas d'estudi.....	16
4 Anàlisi Variacions cas d'estudi	19
4.1 Variacions comunes.....	19
4.2 Mètode entrades-sortides aleatòries	20
4.2.1 Càrrega de treball	20
4.2.1.1 Placers.....	20
4.2.1.2 Pickers.....	21
4.2.2 Dinàmica del magatzem.....	23
4.3 Mètode entrades-sortides previstes.....	24

4.3.1 Càrrega de treball.....	25
4.3.1.1 Placers.....	25
4.3.1.2 Pickers.....	26
4.3.2 Dinàmica del magatzem.....	26
4.4 Comandes per Internet.....	28
5 Conclusions de les variacions en el cas d'estudi.....	31
6 Pressupost.....	33
7 Conclusions.....	35
8 Bibliografia.....	37
A. Annex Explicació detallada del process flow.....	39
A.1 Inventari Inicial.....	39
A.1.1 Creació de tokens.....	39
A.1.2 Sub Flow Populate Inventory.....	40
A.1.3 Sub Flow Create Each Item.....	40
A.1.4 Adreces.....	41
A.2 Arribades d'estoc.....	43
A.3 Comandes aleatòries.....	45
A.3.1 Creació de tokens.....	46
A.3.2 Subflow Fill out SKU line Items.....	47
A.3.3 Subflow Fill out Individual Picks.....	47
A.3.4 Subflow Do Order Picking.....	48
A.4 Comandes previstes.....	49
A.4.1 Transformació de la llista de comandes.....	49
A.4.2 Lectura de comandes previstes.....	50

Índex de figures

Figura 1: Pantalla general 3D Model	3
Figura 2: Llibreria del Process Flow	5
Figura 3: Exemple de propietats ràpides del process flow	5
Figura 4: Vista alçada del magatzem	7
Figura 5: Configuració de la numeració de les estanteries	9
Figura 6: Paleta de colors del cas d'estudi	9
Figura 7: Programa C++ referent al sistema d'emmagatzematge	10
Figura 8: Càrrega de treball dels placers	12
Figura 9: Estadístiques referents al temps previ a la col·locació del producte	12
Figura 10: Gràfica evolució estoc disponible	13
Figura 11: Càrrega de treball dels pickers	14
Figura 12: Temps d'espera a inici execució comanda	14
Figura 13: Temps d'elaboració de comanda	15
Figura 14: Configuració velocitat treballadors	15
Figura 15: Comparativa càrrega de treball dels placers amb mètode aleatori	21
Figura 16: Comparativa càrregues de treball pickers amb mètode aleatori	22
Figura 17: Evolució de la quantitat d'estoc disponible durant la simulació	23
Figura 18: Quantitat de productes en estoc al final de la setmana	23
Figura 19: Comparativa càrrega de treball dels placers amb mètode previst	25
Figura 20: Comparativa càrrega de treball dels pickers amb mètode previst	26
Figura 21: Evolució de la quantitat d'estoc disponible durant la simulació	27
Figura 22: Quantitat d'estoc disponible al final de setmana	27
Figura 23: Càrrega de treball dels placers amb el mètode de comandes online	29
Figura 24: Gràfic temps d'estada del producte - data	29
Figura 25: Càrrega de treball dels pickers amb el mètode de comandes online	30
Figura 26: Dinàmica del magatzem utilitzant comandes online	30
Figura 27: Esquema del Process Flow referent a l'inventari inicial	39
Figura 28: Propietats del Populate Inventory	39
Figura 29: Propietats de Get Address and Qty	40
Figura 30: Propietats de Create Each Item	40
Figura 31: Espai on configurem els colors del paquet	41
Figura 32: Exemple d'adreces extretes del inventari inicial	41
Figura 33: Vista en planta del magatzem estudiat	42
Figura 34: Vista perfil d'un prestatge	42

Figura 35: Esquema del Process Flow referent a la part d'arribades d'estoc.....	43
Figura 36: Propietats de l'acció Define SKU	43
Figura 37: Propietats referents a l'acció Set Item color	44
Figura 38: Propietats del find slot	44
Figura 39: Exemple de grup de treballadors.....	45
Figura 40: Selector que s'utilitza per escollir element/treballador fix	45
Figura 41: Process Flow de les comandes aleatòries.....	46
Figura 42: Funció utilitzada per assignar número de línies a la comanda.....	47
Figura 43: Propietats del token definitiu referent a la comanda	48
Figura 44: Part inicial Process Flow referent a les comandes previstes.....	49
Figura 45: Codi que s'utilitza per transformar la taula de comandes.....	49
Figura 46: Condició en la decisió de continuar procés.....	50

Índex de taules

Taula 1: Aleatorietat de les comandes.....	20
Taula 2: Quantitat de productes demandats per dia	24
Taula 3: Càrregues de treball dels diferents mètodes.....	31
Taula 4: Comparativa entre mètode de comandes previstes i online	32

1 INTRODUCCIÓ

A causa del creixement exponencial de les tecnologies, totes les empreses s'han d'adaptar i intentar obtenir el millor rendiment amb el menor cost possible per tal d'oferir el millor producte.

Si mirem uns quants anys enrere, els encarregats de la producció es passaven dies buscant una optimització del seu magatzem, i quan s'executava no es tenia la certesa que fos la millor opció.

Actualment, és conegut que la utilització de la tecnologia a l'hora de fer la gestió de la producció i estoc fa que millori l'organització del magatzem, i com a tal es pugui optimitzar per obtenir els millors resultats.

Aquest procés que anteriorment podia tardar mesos a ser estudiat i implementat, en l'actualitat en qüestió de minuts podem obtenir resultats de com afectaria al nostre magatzem o procés productiu.

No és casualitat que grans empreses com per exemple Amazon, estiguin buscant enginyers que sàpiguen utilitzar plataformes de simulació de magatzem com pot ser Flexsim o altres softwares.

1.1 Antecedents

A la UdG, si ens centrem en l'Escola Politècnica Superior, es fan assignatures relacionades en gestió de magatzems, com podria ser la de gestió de la producció en el grau en Enginyeria i Tecnologies Industrials (GETI) o la direcció d'operacions en el Màster en Enginyeria Industrial (MEI).

En el cas del Departament d'Organització, Gestió Empresarial i Disseny de Producte (OGEDP), s'ha optat per elaborar projectes amb el programa Flexsim. Actualment s'estan donant alguna beca als estudiants perquè facin recerca i aprenentatge sobre el software, fet que destaca el potencial del Flexsim.

D'aquí sorgeix el meu interès a elaborar un projecte amb el software Flexsim, un fet que s'ha de tenir en compte és que abans de poder iniciar el treball, caldrà fer un procés d'aprenentatge molt extens per tal de poder comprendre tots i cadascun dels espais i comandes del software.

Aquest aprenentatge es realitzarà mitjançant els documents oficials de la pàgina web Flexsim i del (Manual Flexsim del departament OGEDP 2019).

1.2 Objecte

Aquest treball pretén fer una simulació d'un magatzem de productes, en el cas d'estudi seran paquets de diferents tipus de Coca-Cola, utilitzant el software Flexsim.

L'objectiu principal d'aquest treball és el d'analitzar amb detall totes les parts dels processos que transcorren en el magatzem (arribades, emmagatzematge i execució de comandes) mitjançant una simulació amb Flexsim.

Un cop analitzat el cas d'estudi, també s'analitzarà diverses variacions en els processos dins el magatzem.

1.3 Abast i especificacions

El cas d'estudi partirà de Flexsim Warehouse Model 2019. Aquest model és el punt de partida, però no el definitiu. El primer pas, abans de fer l'anàlisi del model elaborat per l'empresa Flexsim i d'efectuar la valoració de variacions en les condicions de partida del magatzem, es buscaran possibles millores del model per aproximar més les simulacions a les situacions reals que es puguin donar en un magatzem.

Seguidament el treball se centrarà en l'anàlisi de les entrades i sortides d'estoc dins el magatzem, també s'analitzarà les càrregues de treball dels dos tipus de treballadors, els que col·loquen l'estoc (placers) i els que preparen les comandes (pickers).

Tanmateix, també s'estudiaran com afecten les variacions en el magatzem. Les variacions es faran en tots els àmbits, és a dir, des del mètode d'entrada i/o sortida de productes fins als treballadors.

2 FLEXSIM

Flexsim és un software que permet fer simulacions per poder veure quins resultats obtindríem d'aplicar un procés discret, deixant enrere la suposició d'hipotètics resultats.

El software compta de dues parts ben diferenciades que a continuació s'explicaran amb més detall, però a grans trets hi ha una part d'interfície gràfica on es pot col·locar tots els elements amb la distribució que es vulgui i una part de programació amb llenguatge d'alt nivell integrat amb C++, el qual ens permet programar sense tenir un alt coneixement del llenguatge C++.

2.1 3D model

És la part del Flexsim la qual ens permet modelar gràficament el nostre magatzem o procés que vulguem simular. El 3D model consta de diversos elements i pantalles que cal tenir clar perquè serveixen cadascun per poder comprendre millor el cas d'estudi. (Figura 1)

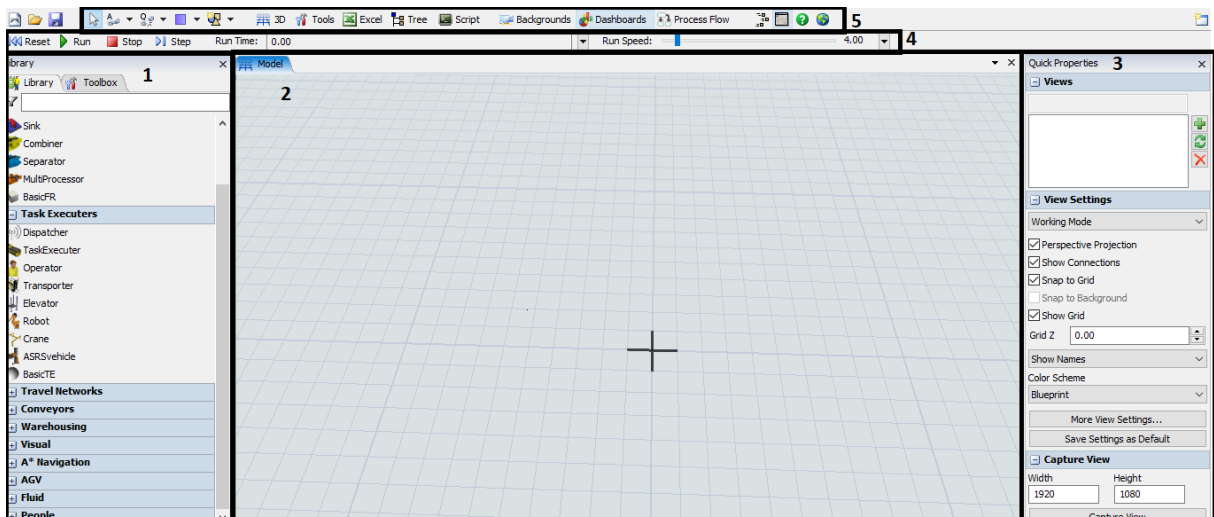


Figura 1: Pantalla general 3D Model

Referent a la part numerada amb un 1, és la part de la llibreria on s'hi troben tots els elements físics que podem utilitzar per representar el magatzem o fàbrica. Existeixen tres grans grups que s'explicaran breument a continuació:

- Ítems són els elements de la simulació que estan en constant moviment. En el cas d'estudi equivaldria a les caixes que s'emmagatzemen.
- Recursos fixes són els elements fixes de la simulació. Normalment interactuen amb els ítems.
- Executors de tasques són els treballadors o maquines que executen seqüències de tasques.

A part d'aquests tres grans grups, també n'hi ha altres com les cintes transportadores, punts de decisió i prestatgeries entre d'altres.

Pel que fa referència a la caixa d'eines, és el lloc on es pot veure totes les eines i objectes utilitzats en la simulació i configurar-los. Tanmateix també ens permet crear components per a les eines tant del 3D model com del Process Flow.

Pel que fa l'espai model numerat amb un 2, és on s'ubiquen els elements i ens permet fent un doble clic sobre els elements configurar-los, cal tenir en compte que si només seleccionem l'element amb un clic, a la part dreta de la pantalla ens apareix les propietats ràpides, numerada amb un 3, on podem veure les estadístiques de l'element o modificar la posició i orientació de l'element.

En referència a la part superior de la pantalla, tenim numerada amb un 4 la zona encarregada de controlar la simulació. D'una banda tenim els botons per començar, parar i reiniciar la simulació, aquest últim necessari utilitzar-lo si hem realitzat una modificació en el model o al Process Flow. Per altra banda tenim el temps de la simulació i una barra on podem variar la velocitat de simulació.

Per finalitzar tenim la part numerada amb un 5. Aquesta té tots els accessos directes a les diferents eines del Flexsim. Cal destacar els dos primers elements començant per l'esquerra ja que són els que s'utilitzen per enllaçar i desenllaçar elements del model (també es pot fer mitjançant el Process Flow).

2.2 Process Flow

És la part del Flexsim la qual ens permet programar el nostre magatzem o procés que vulguem simular. El process Flow consta d'una estructura calcada a la del 3D model, però el que canvia són els elements de la llibreria i les propietats ràpides.

Pel que fa els elements de la llibreria, hi ha una gran varietat d'accions que es poden realitzar, des de la creació de tokens passant per totes les possibles accions que es poden dur a terme en un magatzem.

Cal tenir en compte que el Process Flow complementa el 3D model i és capaç de generar lògiques que no es poden dur a terme amb la interfície gràfica. A continuació es podran veure totes les possibilitats que hi ha. (Figura 2)

Simulació de funcionament d'un magatzem utilitzant el software Flexsim

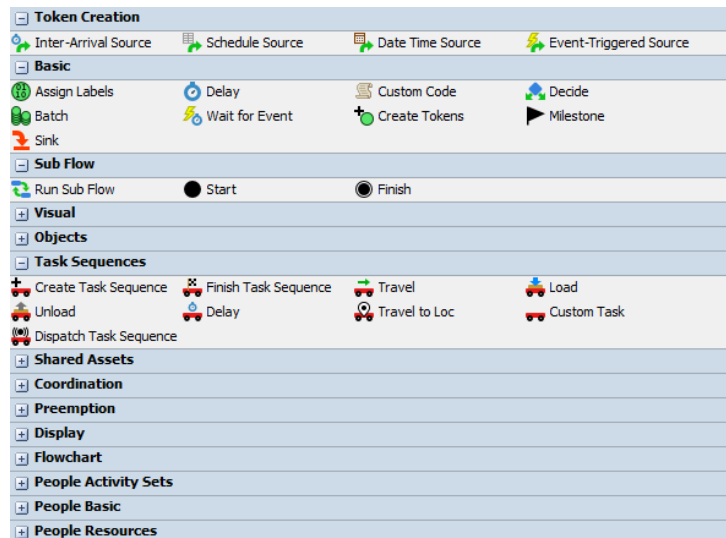


Figura 2: Llibreria del Process Flow

Per altra banda, tenim les propietats ràpides que ens apareixen a la part dreta de la pantalla. Aquests és l'espai de programació de les accions, aquesta interfície està elaborada per tal que no ens calgui un nivell de programació molt alt.

Cal destacar l'element encerclat en la Figura 3, ja que és el que ens permet connectar amb el model 3D gràficament o dins el mateix Process Flow amb un sol clic.

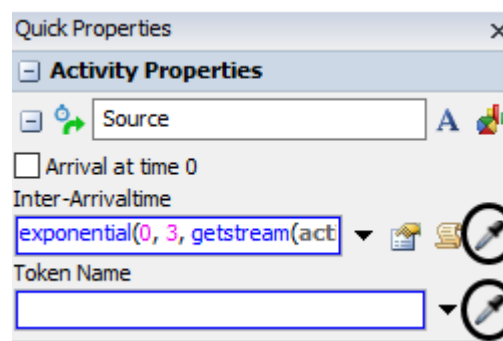


Figura 3: Exemple de propietats ràpides del process flow

En aquest exemple podem veure que hi ha tres opcions per a configurar l'acció:

- Mitjançant una interfície intel·ligent en què li donem les dades.
- Mitjançant la programació en codi C++.
- Mitjançant la vareta, que ens permetrà seleccionar elements del model o del Process Flow.

3 CAS D'ESTUDI

3.1 Descripció

Un cop s'han presentat unes nocions bàsiques del funcionament del software, a continuació s'explicarà com està elaborada la simulació.

S'ha de tenir en compte que en aquest capítol es tractarà les dues interfícies, Process Flow (programació) i 3D model (gràfica). Pel que fa al model 3D, s'explicarà amb detall, mentre que el Process Flow s'explicarà de manera generalitzada i la seva explicació al detall s'explicarà a l'annex A, ja que és molt més complexa.

3.1.1 3D Model

Respecte a model 3D, podríem separar-ho amb tres grans parts: zona d'arribades, d'emmagatzematge i de sortides d'estoc. A continuació es pot veure la vista alçada del magatzem. (Figura 4)

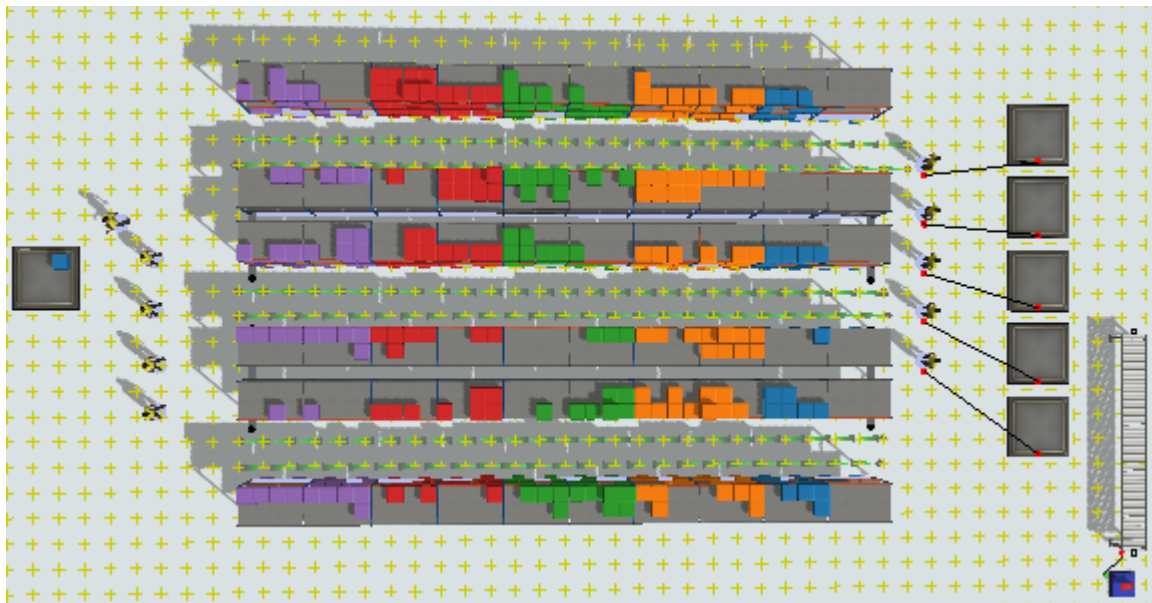


Figura 4: Vista alçada del magatzem

Per començar, cal tenir en compte que s'utilitzarà una zona A Navigator, la que ens permetrà delimitar una zona, el terra del magatzem en aquest cas. També es podrà afegir-hi tots els elements que no volem que xoquin entre ells, en el cas d'estudi tots els pickers, placers, estanteries i zones de càrrega/descàrrega.

A més a més, s'utilitzen unes línies de preferències als passadissos del magatzem que ens ajuda a fer que els treballadors de diferents direccions no es travessin.

En el cas de la zona d'arribades, consta d'una zona on gràcies a la lògica del Process Flow ens arriben productes cada període de temps. Un cop arriben, hi ha un grup de 5 treballadors anomenats placers (reposador) que agafen el paquet i l'ubiquen al lloc corresponent.

Pel que fa la zona d'emmagatzematge, està compost per 6 files de 10 prestatgeries cada una formant tres passadissos. Cadascuna té tres nivells i cada part de l'estanteria té una adreça única en tot el magatzem.

En referència a la zona de sortides d'estoc, està compost per 5 zones d'elaboració de comandes (stagingAreas), on mitjançant un enllaç fet manualment dins el 3D Model, estan connectades cada una a un picker (elaborador de comandes) diferent. A més de les zones d'elaboració, també hi ha una cinta transportadora que ens trasllada el palet final a la sortida on el fa desaparèixer (simula que s'entrega al client).

3.1.2 Process Flow

Pel que fa referència al Process Flow, com ja s'ha comentat anteriorment només s'explicarà a grans trets els diferents programes, ja que la informació detallada es troba a l'annex A.

La programació es pot agrupar en tres grans grups que són inventari inicial, arribades i sortides.

Pel que fa a la programació de l'inventari inicial, s'encarrega que un cop s'iniciï la simulació ens aparegui l'estoc inicial que el nostre magatzem té. Aquest inventari inicial l'hem de realitzar prèviament a l'inici i transcriure'l en una taula per tal que el programa conegui els productes en estoc actuals i a on estan situats.

En referència a les arribades d'estoc, el programa s'encarrega d'enviar-te diferents productes freqüentment amb un interval de temps aleatori i de tipus de productes. Un cop estant a la zona d'arribades, també fa que els placers els ubiquin al lloc on han d'anar col·locats.

Per finalitzar, tenim els programes d'elaboració de comandes. En el cas d'estudi n'hi ha dos tipus: aleatòries i previstes. Ambdues tenen una part comuna que executen exactament les mateixes accions, no obstant això presenten diferències en la part inicial.

D'una banda hi ha les comandes previstes, per aquesta tipologia es necessari tenir una taula amb el temps que les hem de realitzar i quins productes i quantitats necessitem.

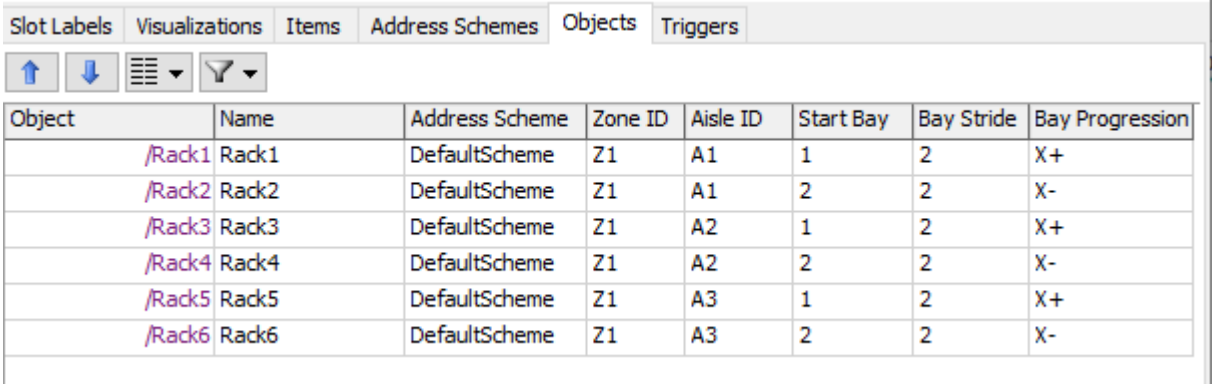
Per altra banda hi ha les comandes aleatòries, que simulen que venen clients sense comanda prèvia i ens fan una petició. Aquestes comandes es generen en un interval de temps aleatori, amb una mida i quantitat de productes també aleatòria.

3.1.3 Toolbox

Per últim són les caixes d'eines. Aquesta part ens serveix per configurar tots els elements que posem al model, però també ens pot servir per ajudar en la lògica del Process Flow.

Bàsicament cal destacar quatre grans eines que són el sistema d'emmagatzematge, la paleta de colors, els grups i les taules.

Pel que fa al sistema d'emmagatzematge, s'ha de configurar de quina manera localitzem cada prestatge i com s'elaboraren les adreces.(Figura 5)



Object	Name	Address Scheme	Zone ID	Aisle ID	Start Bay	Bay Stride	Bay Progression
/Rack1	Rack1	DefaultScheme	Z1	A1	1	2	X+
/Rack2	Rack2	DefaultScheme	Z1	A1	2	2	X-
/Rack3	Rack3	DefaultScheme	Z1	A2	1	2	X+
/Rack4	Rack4	DefaultScheme	Z1	A2	2	2	X-
/Rack5	Rack5	DefaultScheme	Z1	A3	1	2	X+
/Rack6	Rack6	DefaultScheme	Z1	A3	2	2	X-

Figura 5: Configuració de la numeració de les estanteries

En referència a la paleta de colors, es pot configurar cada producte amb un color. En la Figura 6, es pot veure la relació entre producte-color del cas d'estudi.

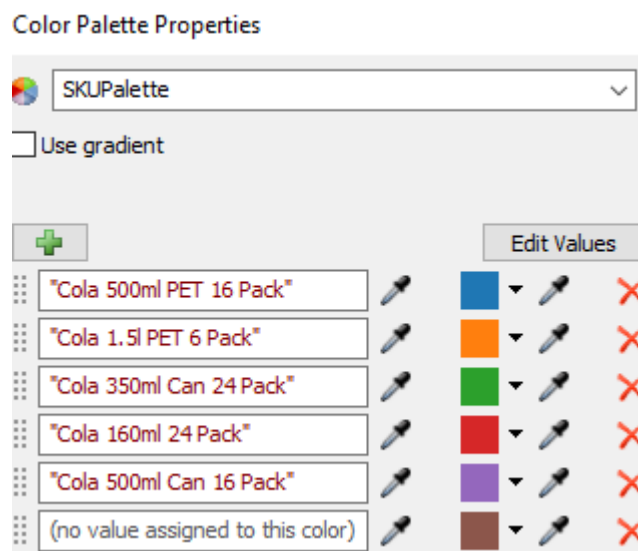


Figura 6: Paleta de colors del cas d'estudi

Referent als grups, és una eina que ens ajuda a executar millor el Process Flow. Consisteix a crear un grup i seleccionar tots els elements que vulguem agrupar, en el cas d'estudi n'hi ha tres:

- Staging areas, que agrupen el conjunt d'àrees de treball d'elaboració de comandes.
- Placers, que agrupen tots els reposadors de la fàbrica.
- Pickers, que agrupen els elaboradors de comandes.

Amb aquests grups, en la programació podrem cridar al grup i agafar el que estigui lliure, de tal manera que sempre s'escollirà el treballador o zona que porta més temps de descans. D'aquesta manera evitem haver de seleccionar un a un els treballadors o àrees perquè facin les accions.

Per últim són la creació de taules. A través de les taules podem donar la informació del magatzem. Cal destacar la taula d'inventari inicial que s'elabora mitjançant un programa C++ la manera de guardar els elements, és a dir, defineix cada un dels prestatges del magatzem i els ubica a la taula.(Figura 7)

```

recordInitialInventory
1 Table table = Table("InitialInventory");
2 int tableInitialized = 0;
3
4 var objects = Storage.system.storageObjects;
5 for (int o = 1; o <= objects.length; o++) {
6     Storage.Object object = objects[o];
7     for (int b = 1; b <= object.bays.length; b++) {
8         Storage.Bay bay = object.bays[b];
9         for (int v = 1; v <= bay.levels.length; v++) {
10            Storage.Level level = bay.levels[v];
11            for (int s = 1; s <= level.slots.length; s++) {
12                Storage.Slot slot = level.slots[s];
13                int qty = slot.slotItems.length;
14                if (qty) {
15                    string address = slot.address;
16                    if (!tableInitialized) {
17                        table.setSize(1, 2);
18                        table.setColHeader(1, "Address");
19                        table.setColHeader(2, "Qty");
20                        tableInitialized = 1;
21                    } else {
22                        table.addRow();
23                    }
24                    int row = table.numRows;
25                    table[row][1] = address;
26                    table[row][2] = qty;
27                }
28            }
29        }
30    }
31 }

```

Figura 7: Programa C++ referent al sistema d'emmagatzematge

3.2 Detecció i correcció d'errors

Un cop situats en el cas d'estudi, s'han detectat dues situacions incoherents en la simulació i s'han procedit a corregir-les.

La primera incoherència trobada ha estat que el programa no contemplava la possibilitat que el producte sol·licitat pel client no estigués en estoc i el que feia era continuar la simulació anul·lant el picker que s'havia trobat el trencament d'estoc al realitzar la comanda.

La solució adoptada per aquest error ha estat afegir en la zona de lectura de comandes del Process Flow un punt de decisió en el que si no hi ha estoc disponible per satisfer una comanda, la simulació s'atura.

El segon error detectat ha estat que els placers un cop acabaven la seqüència de col·locació de paquets, en el cas que no tinguessin un altre paquet a buscar, es quedaven quietes en el punt on havien deixat el darrer. Això a part de tenir força poc realisme, feia augmentar el temps en què els productes eren col·locats.

La solució adoptada ha estat afegir una acció extra en la seqüència dels placers la qual fa que tornin a la zona de càrrega i un cop allà esperin l'arribada del següent paquet.

3.3 Anàlisi rendiment del magatzem

Un cop realitzades les modificacions en el cas d'estudi, mitjançant les eines estadístiques de Flexsim, s'obtidran valors del rendiment del magatzem.

Primer de tot cal acotar un espai de temps el qual es duu a terme la simulació, el cas d'estudi, la simulació va des del dilluns 27/04/2020 a les 8 del matí fins al 02/05/2020 a les 8 del matí. Cal tenir clar que les unitats de temps de la simulació es poden accelerar i així reduir la duració de la simulació.

Un cop s'ha simulat el cas d'estudi, el primer que s'observa és que es produeix un trencament d'estoc a les 12 del matí del primer dia. Aquest fet pot haver estat produït per un excés de demanda i/o una pèssima previsió d'estoc i arribades. Seguidament s'intentarà localitzar on hi ha el problema.

3.3.1 Entrada d'estoc

Referent a les entrades, cal extreure dades sobre la càrrega de treball dels placers i veure quin temps han d'esperar els productes a la zona d'arribada abans de ser col·locats.

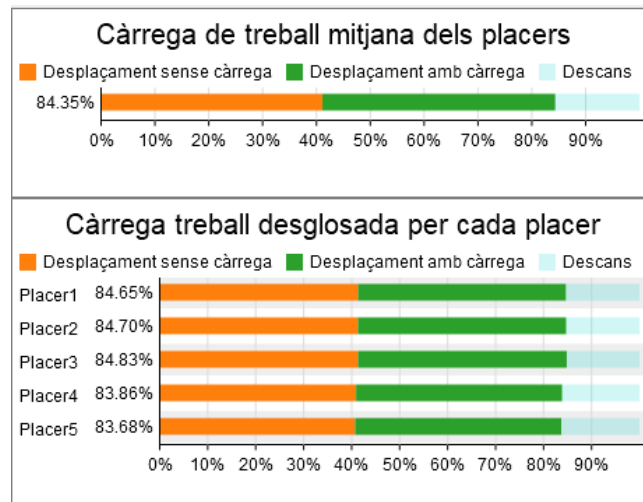


Figura 8: Càrrega de treball dels placers

Com es pot veure a la Figura 8, els placers estan treballant un 84 % del seu temps. És una càrrega gran, però realment molt possible, ja que, si ho comparem amb una hora, equivaldria a estar cinquanta minuts treballant i deu descansant. Tanmateix també cal tenir en compte que aquestes dades obtingudes, contempnen les primeres quatre hores de treball perquè un cop s'ha trencat l'estoc la simulació s'ha parat.

3.3.2 Emmagatzematge

Per altra banda cal tenir en compte quant de temps els productes tarden a ser col·locats els seus respectius llocs.

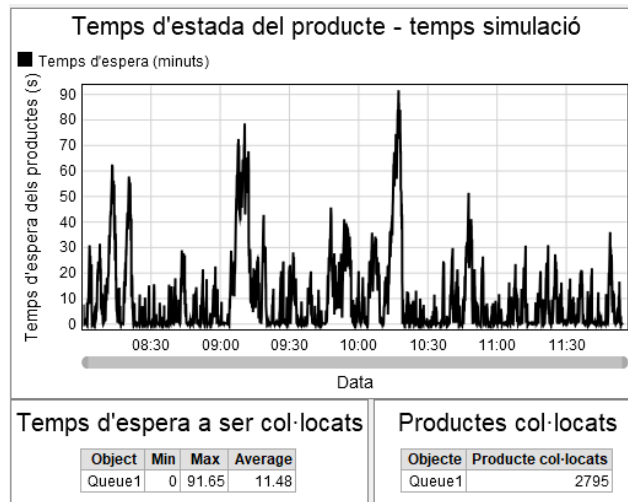


Figura 9: Estadístiques referents al temps previ a la col·locació del producte

Com es pot veure a la Figura 9, els productes passen de mitjana un temps d'11 segons abans no són col·locats. Aquesta dada es pot considerar pràcticament perfecte, i amb la gràfica superior podem veure que tret de 3 pics de minut o minut i mig la resta pràcticament

estem per sota dels 10 segons, fet que ens indica que l'equilibri entre arribades i treballadors destinats aquella zona és la idònia i el problema no cau en aquesta zona del magatzem.

D'altra banda, hem de localitzar quina és la dinàmica del nostre magatzem en relació amb l'estoc disponible.

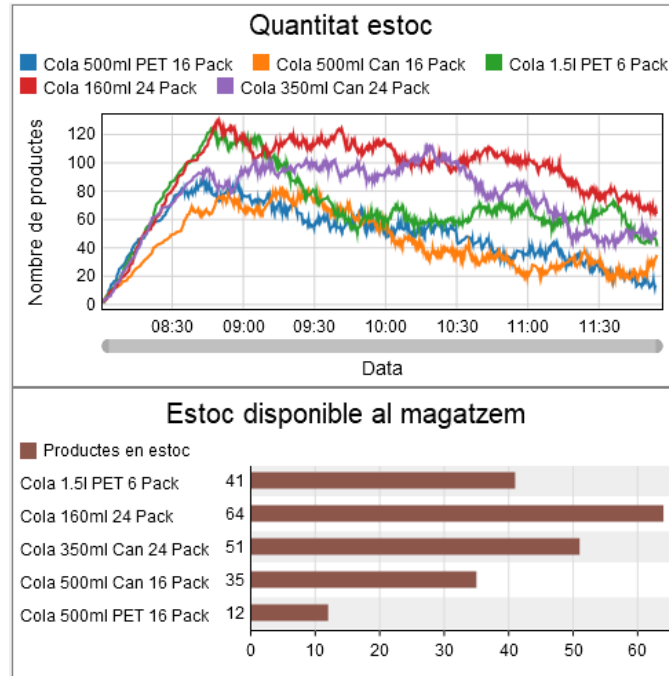


Figura 10: Gràfica evolució estoc disponible

Per entendre la Figura 10, cal tenir en compte que les dades només contempen el balanç entre les entrades i sortides d'estoc, i no es té en compte l'inventari inicial. És per això que els primers aproximadament 45 minuts la gràfica només fa que augmentar, ja que com que en el nostre magatzem s'aplica el mètode FIFO (First In First Out), i com a tal primer sortirà els productes que ja teníem inicialment en les prestatgeries.

S'utilitza el mètode FIFO perquè els productes de la simulació tenen data de caducitat i com a tal, volem que perdin la menor part possible del seu valor, ja que si deixem que el producte caduqui dins el nostre magatzem, el producte passa a tenir valor 0 perquè no es pot servir al client.

Per tant veiem que la dinàmica del magatzem és de trencament d'estoc de tots els productes. En el cas d'estudi el producte que se'ns ha trencat és el Cola 500ml PET 16 Pack (producte color blau), tot i això el producte no és 0 perquè hi ha productes que estan sol·licitats per comandes que no s'han realitzat encara. Aquest fet ens fa veure que el magatzem està totalment descompensat entre arribades i sortides d'estoc.

3.3.3 Sortides d'estoc

Per últim cal analitzar la zona d'elaboració de comandes i sortides d'estoc per fer-ho tindrem en compte les càrregues de treball dels pickers, el temps d'espera d'una comanda a ser iniciada i a ser entregada.

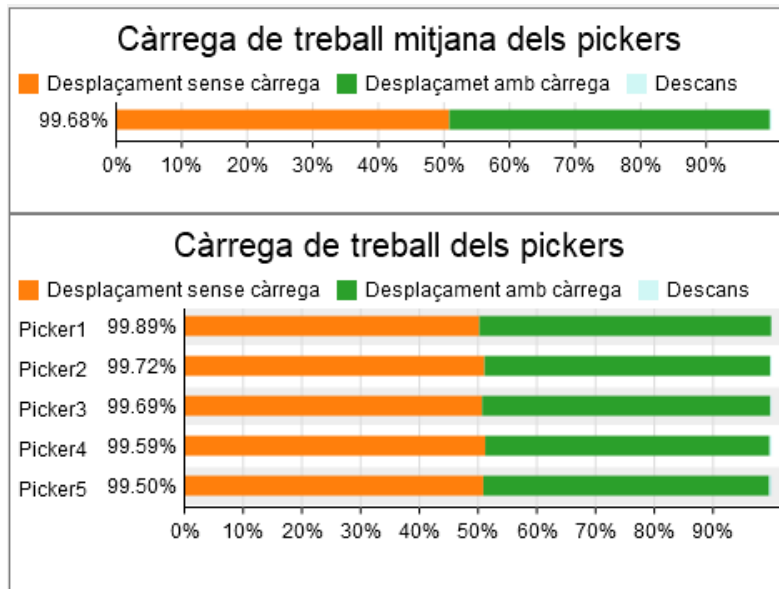


Figura 11: Càrrega de treball dels pickers

Com podem observar a la Figura 11, els pickers estan amb una càrrega de treball superior al 99%, cosa totalment inviable perquè no tindria cap segon de descans durant tota la jornada laboral.

D'altra banda cal tenir en compte quin és el temps que tarda una comanda ha començar-se a realitzar. (Figura 12)



Figura 12: Temps d'espera a inici execució comanda

Com podem observar en el gràfic anterior, a mesura que va transcorrent el dia el temps d'espera és superior, i ens indica que el sistema d'elaboració de comandes està completament saturat.

En el cas d'estudi, quan es trenca l'estoc, el temps d'espera màxim d'una comanda és de 3800 segons que equival a una hora i poc. Però observant la gràfica, aquest valor equivaldria al temps que tardaria una comanda a començar a executar-se si la petició arriba al voltant de les 11 del matí.

Cal tenir en compte que el temps anteriorment descrit només és el que tarda a iniciar l'elaboració de la comanda el picker en qüestió. Però aquest no és el temps definitiu que el client tarda a obtenir el producte, ja que cal també tenir en compte el temps d'elaboració de comandes.

Temps execució comandes (s)			
Activity	Min	Max	Avg
StagingAreas	9.15	782.64	118.75

Temps execució comanda desglossat (s)			
Object	Min	Max	Average
StagingArea1	10.94	446.67	122.78
StagingArea2	9.15	496.92	118.91
StagingArea3	11.42	414.24	116.94
StagingArea4	11.06	782.64	131.87
StagingArea5	11.56	381.57	106.11

Figura 13: Temps d'elaboració de comanda

Com podem veure a la Figura 13, el temps mitjà d'elaboració de comanda és de 119 segons el que equival a 2 minuts. Aquesta dada ens depèn de tres factors que fan que variïn el temps d'elaboració de comanda.

El primer factor i el més important és la configuració que s'ha realitzat per a cada treballador abans de fer la simulació. (Figura 14)

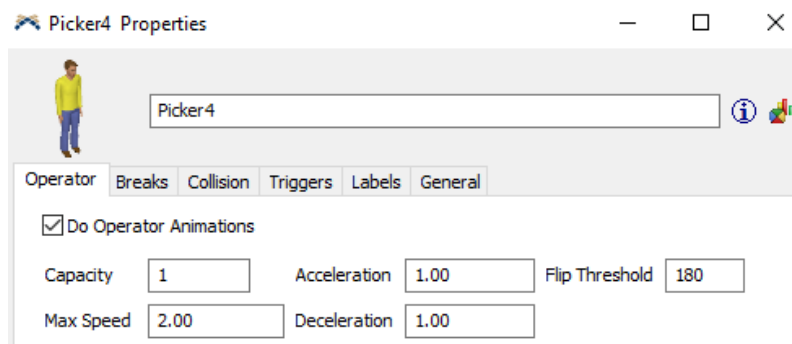


Figura 14: Configuració velocitat treballadors

Com es pot veure en la figura anterior, en el cas d'estudi el treballador té una velocitat màxima de 2 m/s que equival a 7,2 km/h una velocitat que equival a pràcticament trotar, cosa poc realista i ens farà que les comandes tardin menys a realitzar-se del que normalment passaria al magatzem real.

El segon factor a tenir en compte és el de la mida de la comanda, ja que no és el mateix haver de només agafar 1 producte a agafar-ne 5 o 10. Els valors que pot variar la mida de la comanda aleatòria és entre 1 i 3 tipus de producte, i la quantitat per a cada producte serà de màxim 3 unitats. Per altra banda les comandes previstes, la quantitat de tipus de producte és el mateix però les unitats per cada una és de màxim 5.

El tercer i últim factor és la tipologia del producte, tot i ser el factor que hi té menys incidència, no serà el mateix anar a buscar 3 productes que estiguin a prop de la zona d'elaboració a 3 productes que estiguin a l'altra punta de magatzem.

No obstant això, el temps d'execució de comanda serà variable però no controlable en aquest cas d'estudi, ja que no podem fer que els treballadors es multipliquin per dos.

3.4 Conclusions del cas d'estudi

Un cop hem observat totes les gràfiques relacionades amb les entrades i sortides d'estoc del magatzem podem arribar a la conclusió que el funcionament del magatzem en el cas d'estudi és completament inviable, ja que al cap de 4 hores s'ha trencat estoc.

El factor principal del trencament d'estoc és la gran diferència entre entrades i sortides.

Mentre que per una banda està entrant 1 producte cada 5 segons; per l'altra banda està entrant cada aproximadament uns 15 segons una comanda prevista d'entre 1 i 15 productes, però és que també cada aproximadament 30 segons ens està entrant una comanda aleatòria que ens sol·licita entre 1 i 9 productes.

Si ho comparem amb una hora, ens surten les següents dades aproximades:

- 1) Entrades d'estoc = 720 productes
- 2) Sortides d'estoc
 - Comandes previstes entre 240 i 3600 productes
 - Comandes aleatòries entre 120 i 1080 productes

És per això que a continuació es faran una sèrie de modificacions en tots els àmbits del magatzem per tal d'obtenir solucions viables i sense trencament d'estoc.

4 ANÀLISI VARIACIONS CAS D'ESTUDI

En aquest capítol, es farà una anàlisi comparativa de resultats del magatzem un cop aplicades una sèrie de modificacions al cas d'estudi.

Aquesta anàlisi se centrarà en tres aspectes claus:

- El primer serà evitar el trencament d'estoc la qual cosa provoca pèrdues econòmiques importants.
- El segon serà la càrrega de treball dels treballadors, tant de placers com de pickers.
- El tercer aspecte serà el menor temps d'espera a l'inici d'execució de la comanda.

Per fer viable el cas d'estudi, s'ha optat per només acollir una tipologia de comandes, és a dir o totes les comandes aleatòries o totes previstes. Cal tenir en compte que les entrades d'estoc també tindran les mateixes característiques que les sortides.

4.1 Variacions comunes

En el cas d'estudi inicial, s'han aplicat una sèrie de modificacions que comparteixen els dos tipus de magatzem, amb l'objectiu d'obtenir més realisme en la simulació i també que els resultats obtinguts tinc la màxima semblança al que podria ser un magatzem real.

Per començar, s'ha variat la velocitat dels treballadors, ja que el cas d'estudi anàvem pràcticament corrent. És per això, que s'ha modificat la velocitat dels treballadors adaptant-la segons el document de (Universitats de Middle Tennessee i Strathclyde 2010), que va fer un estudi sobre les velocitats al caminar dels humans. La nova velocitat dels treballadors serà de 1,3 m/s, que equival a 5 km/h, per tal que els treballadors, amb paquet o sense, caminin pel magatzem i no corrin.

El segon canvi ha estat afegir a tots els treballadors un temps de 5 segons en carregar i descarregar els productes simulant així que no són robots que tant punt es troben davant del producte ja l'han agafat sense perdre temps.

El tercer canvi ha estat variar el temps que ens arriben les comandes, tant les comandes aleatòries com les previstes ens arribaran cada 2 minuts.

Per altra banda, el temps d'arribades de productes s'ha decidit, per tal de facilitar l'anàlisi comparativa, que sigui un interval de temps fix. En el cas de comandes previstes, s'ha optat per calcular quina quantitat de cada producte necessitem en un dia i s'ha repartit en 12 arribades, és a dir, cada 2 hores ens arriba una quantitat de productes. Pel que fa a comandes aleatòries, no tenim un control dels productes que ens demanaran per tant s'ha optat per fer un petit estudi sobre les tipologies de comandes que ens poden arribar.

4.2 Mètode entrades-sortides aleatòries

Per generar aquesta tipologia de magatzem, s'ha esborrat tota la part de comandes previstes referents al Process Flow.

El càlcul per saber quin interval de temps ens ha d'arribar el producte s'ha realitzat tenint en compte les característiques de les comandes aleatòries. Cal tenir en compte dues coses, la primera és que les comandes poden tenir d'1 a 4 files i d'1 a 5 paquets de cada producte; i la segona és que segueixen una distribució estadística duniform, i Flexsim ens dóna els valors de la mitjana i la desviació estàndard.

Taula 1: Aleatorietat de les comandes

Tipus de comanda	Nº tipologies de producte	Quantitat de productes	Productes totals per comanda	Productes totals diaris	Temps d'arribada d'un producte
Mínima	1	1	1	720	120 s
Màxima	4	5	20	14400	6 s
Mitjana	2.52	3	7.5	5400	16 s

És per això que s'ha fixat l'arribada d'un producte aleatori cada 16 segons, però tot i seguir la mitjana, malauradament, es produeix un trencament d'estoc al segon dia, és per això que s'ha fixat l'arribada a 15 segons per tal d'evitar cap trencament d'estoc.

Un cop modificat els paràmetres, s'ha simulat durant una setmana laboral (6 dies) el magatzem variant la quantitat de treballadors que hi ha a cada zona i s'han obtingut els resultats que es mostraran a continuació.

4.2.1 Càrrega de treball

4.2.1.1 Placers

Pel que fa a termes de càrrega de treball, primer ens fixarem amb els placers (reposadors), els quals com és de preveure com més treballadors hi hagi a la secció d'entrades menys càrrega de treball tindran.

Tanmateix es tindrà en compte el temps que els productes triguen a ser col·locats per veure bàsicament que no estiguem saturant aquesta zona de treball.

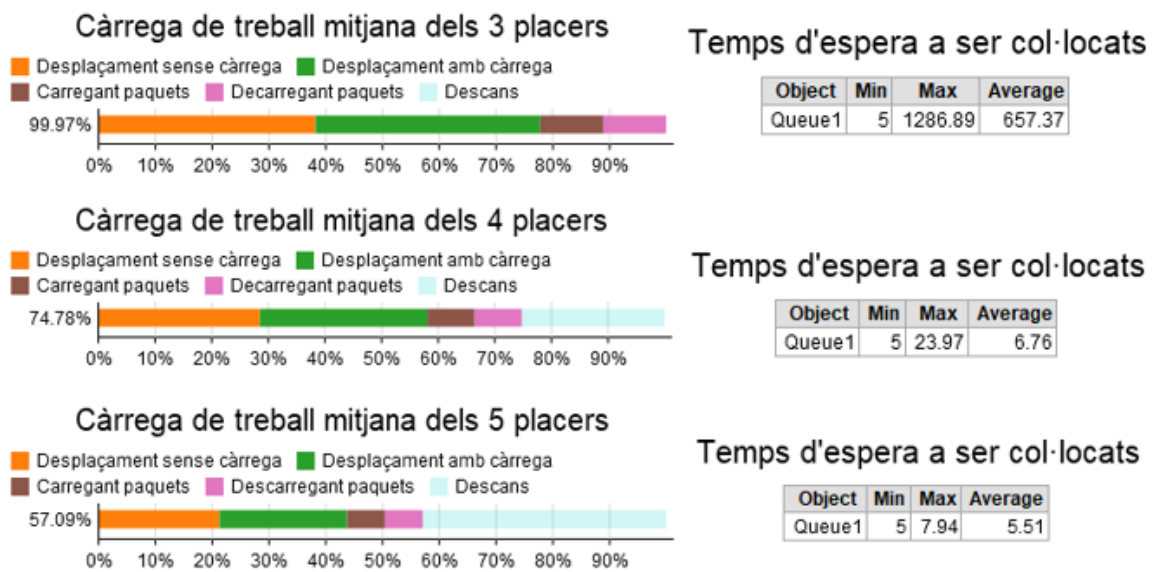


Figura 15: Comparativa càrrega de treball dels placers amb mètode aleatori

Com podem observar en la Figura 15, es confirma la teoria del fet que les càrregues de treball a mesura que augmentem el nombre de treballadors és menor.

Observant els gràfics, la millor opció, en el cas que tinguéssim un magatzem amb arribades aleatòries, seria de 4 treballadors, ja que la càrrega de treball és correcte tendint a baixa pel fet que un 25% del temps estan parats i aquest temps els treballadors estan cobrant igualment i no estan sent productius pel magatzem.

Per altra banda, si optéssim per tenir 5 treballadors, no tindria molt de sentit perquè l'únic benefici és que es redueix en 1 segon l'espera dels productes a ser col·locats. Per contra, a part de tenir un sou més a la plantilla, els placers es passarien pràcticament la meitat del temps sense realitzar cap tasca.

Per finalitzar, si s'escull l'opció de 3 treballadors, seria inviable, ja que la zona d'arribades se saturaria i els treballadors no tindrien ni un segon de descans durant la jornada laboral cosa que provocaria un rendiment més baix a mesura que avances el dia.

4.2.1.2 Pickers

Pel que fa als pickers, ens tornarem a trobar en la mateixa situació que els reposadors i com a tal a mesura que augmentin el nombre de treballadors les càrregues de treball seran menors.

A part de tenir en compte aquestes càrregues, també tindrem en compte el temps d'espera de les comandes a ser iniciades, ja que ens determinarà si la zona de treball dóna l'abast amb totes les comandes o per contra està saturada.

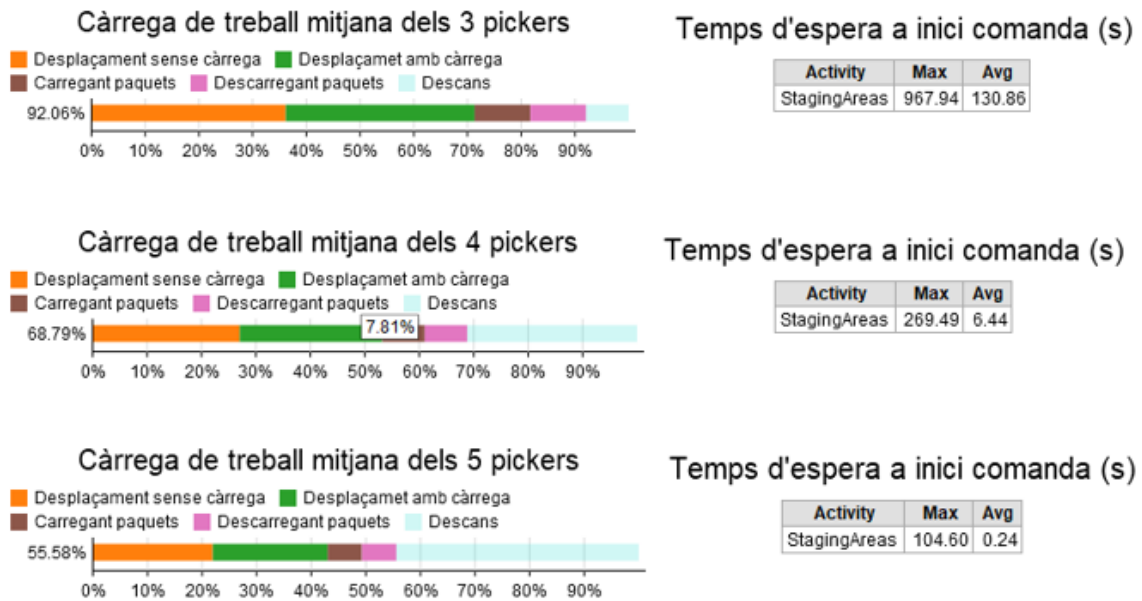


Figura 16: Comparativa càrregues de treball pickers amb mètode aleatori

Observant la Figura 16, si ens centrem a observar només les càrregues de treball, podríem acabar decidint que la millor opció és tenir 3 treballadors, ja que tenen un 92% d'ocupació que equival al fet que cada hora tenen 5 minuts de descans.

D'altra banda cal tenir present que a l'hora d'escollir la millor opció també cal tenir en compte el client. Això comporta que els temps d'espera no siguin excessius per tal que el client surti content i no pensi en la possibilitat de buscar un altre magatzem que ofereixi el mateix producte.

Per aquest motiu, el que té millors dades amb relació a aquest aspecte seria el de 5 treballadors, ja que de mitjana es fa esperar ni un segon a començar a executar les comandes, però, si ens fixem en les càrregues de treball, són pràcticament el 50% cosa que ens indica que amb menys treballadors podríem aconseguir que els treballadors siguin més productius.

D'aquí sorgeix l'opció de 4 treballadors, la qual és la que té un balanç entre càrrega de treball i temps d'espera a execució de la comanda més òptim. Ja que el temps d'espera és d'uns 7 segons i l'ocupació dels treballadors un 69%.

Podem arribar a la conclusió que en el cas dels pickers, es podria escollir entre 3 i 4 treballadors. El criteri d'elecció d'un dels dos recau en si es prefereix reduir el màxim la plantilla per tal d'evitar costos, o per altra banda es prefereix invertir una quantitat extra en treballadors amb la finalitat que el client estigui content i parli bé del magatzem.

4.2.2 Dinàmica del magatzem

Un altre aspecte a tenir en compte a tenir en compte del magatzem és la seva dinàmica, tot i que al ser un mètode aleatori de comandes i arribades és força imprevisible, es pot arribar a extreure conclusions observant les quantitats de productes que tenim en estoc en cada instant de la setmana. (Figura 17)

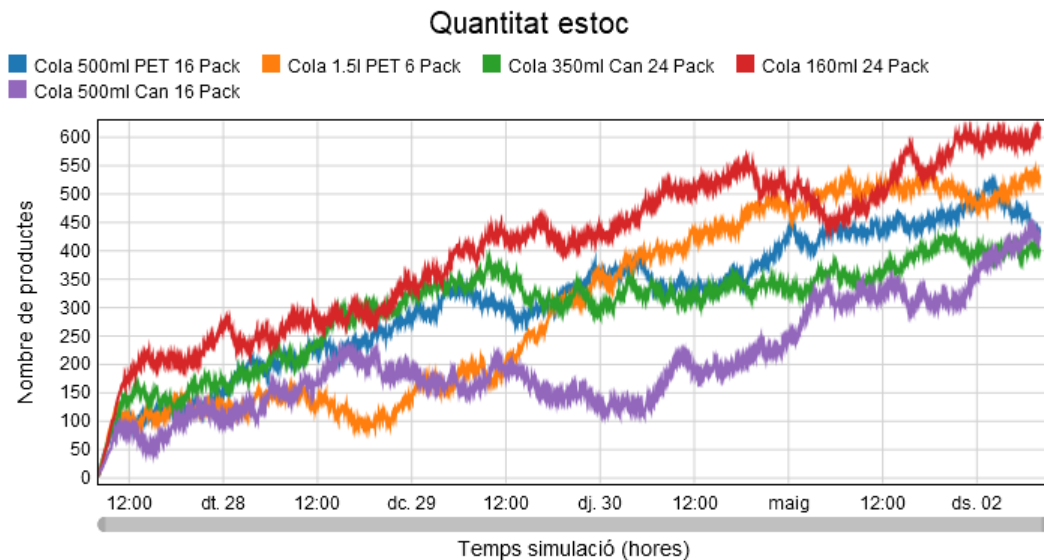


Figura 17: Evolució de la quantitat d'estoc disponible durant la simulació

Com es pot observar, el magatzem de manera aleatòria té cada vegada més quantitat d'estoc, i per tant, com que s'aplica el mètode FIFO, els productes tarden més a sortir del magatzem, fet que provoca una pèrdua de valor del producte i com a conseqüència una pèrdua de benefici cada vegada major.

A més, en el cas d'estudi, al tractar-se d'un producte alimentari podria arribar a caducar-se abans d'entregar-lo al client fet que provocaria que el producte en qüestió perdés tot el valor.

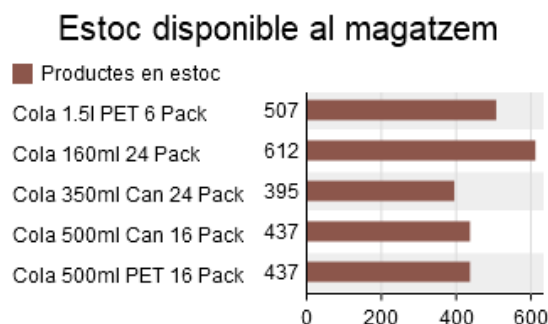


Figura 18: Quantitat de productes en estoc al final de la setmana

Per finalitzar, com es pot veure en la Figura 18, la quantitat de productes en estoc que tindrem al final de la setmana és superior a la que es necessitaria en un dia cosa que ens reafirma la poca viabilitat d'aquest magatzem i que es tendirà a la saturació del magatzem.

4.3 Mètode entrades-sortides previstes

Per generar aquesta tipologia de magatzem, primer de tot s'ha esborrat la part del Process Flow referent a les entrades aleatòries.

Seguidament s'ha creat una llista de comandes ampliada a la que ja hi havia per tal que duri un dia i ens arribi una cada dos minuts. Aquesta llista de comandes, la fem repetir cada dia mitjançant un bucle creat al Process Flow .

Per finalitzar les modificacions, s'ha calculat quants productes surten del magatzem durant un dia per tal que ens entri al magatzem el que surt i d'aquesta manera sempre tenir la quantitat d'estoc inicial.

Taula 2: Quantitat de productes demandats per dia

Comandes diàries previstes		
Tipus producte	Quantitat	Percentatge
Cola 350ml Can 24 Pack	834	19
Cola 1.5l PET 6 Pack	830	19
Cola 500ml Can 16 Pack	848	19
Cola 160ml 24 Pack	944	22
Cola 500ml PET 16 Pack	916	21
Productes totals diaris	4372	100

Com podem observar a la

Taula 2, els productes diaris que ens surten són 4372 i per tant la quantitat d'entrades han de ser les mateixes, a més cal tenir en compte que no han d'entrar la mateixa quantitat de productes de cada tipus.

Un cop tenim les dades, s'ha decidit que cada 2 hores ens arribi un camió amb 365 productes, el que fa que al dia ens arribin 4380 productes al dia, i que d'aquests productes ens arribi la part proporcional a les sortides mitjançant percentatges.

Un cop editada la part del Process Flow, s'ha tornat a simular durant una setmana laboral (6 dies) el magatzem variant la quantitat de treballadors que hi ha a cada zona i s'han obtingut els següents resultats.

4.3.1 Càrrega de treball

4.3.1.1 Placers

Referent a les càrregues de treball, ens fixarem primer de tot en els placers els quals com és lògic i ja hem vist en l'apartat anterior a mesura que augmentem el nombre de treballadors la càrrega de treball és menor. No obstant això, el fet més important és si podem reduir el nombre de treballadors per tal d'estalviar despeses en personal.

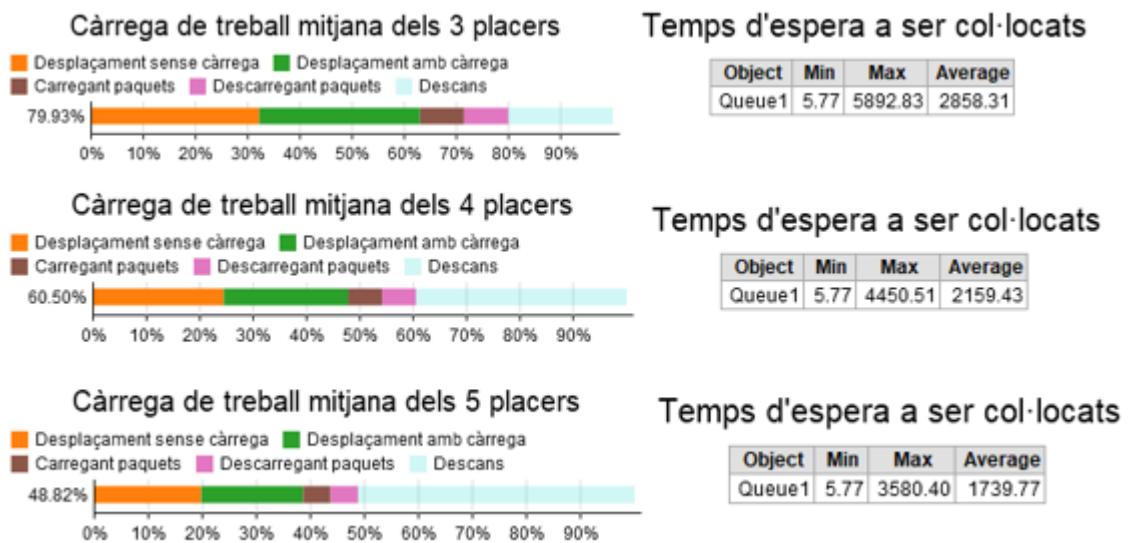


Figura 19: Comparativa càrrega de treball dels placers amb mètode previst

Observant la Figura 19, tots els números de treballadors són possibles, ja que no hi ha cap càrrega de treball de 100%.

Per aquest motiu i sempre mirant d'optimitzar les despeses, la millor opció és la de 3 treballadors perquè ens trobem amb un 80% del temps d'ocupació. Aquesta dada ens indica que els reposadors tenen temps de descansar i per tal el seu rendiment no es veurà afectat.

Pel que fa a les opcions de 4 i 5 treballadors, tot i ser viables en termes de càrrega de treball, econòmicament no és viable agafar més treballadors en una zona on ja es té una bona càrrega de treball.

Un altre fet a observar i a tenir en compte és que els treballadors arribin a col·locar tots els productes abans de les 2 hores, ja que sinó la zona d'arribades estaria saturada. Com podem fixar-nos en el temps d'espera, cap temps màxim d'espera supera els 7200 segons (2 hores) i per tant, això significa que cap de les tres opcions està saturada.

4.3.1.2 Pickers

Amb referència als pickers, cal trobar un equilibri entre bon servei al client i bona ocupació dels treballadors, ja que econòmicament serà la més viable.

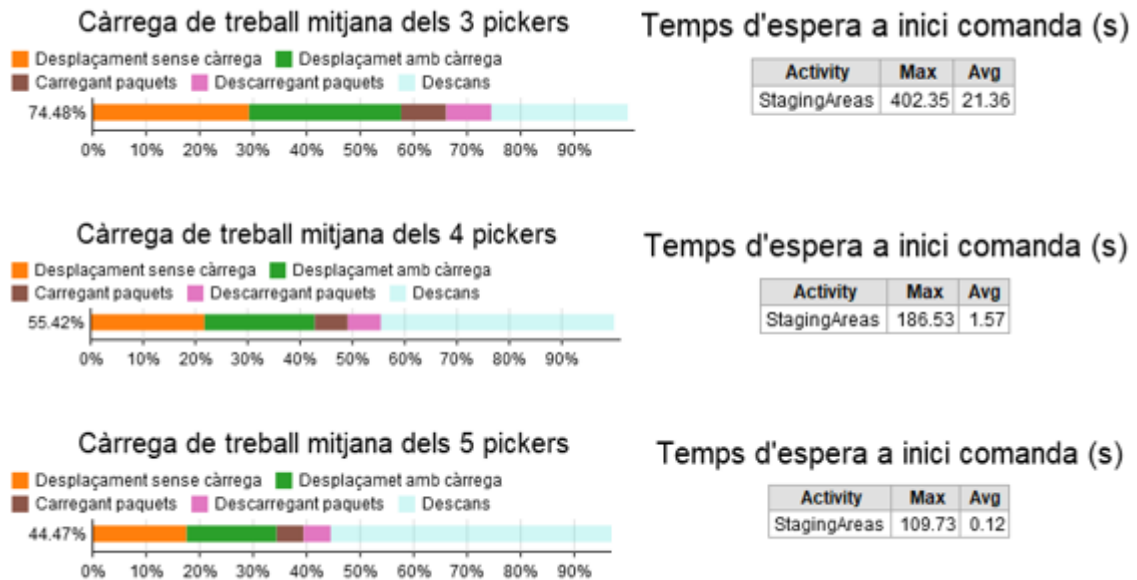


Figura 20: Comparativa càrrega de treball dels pickers amb mètode previst

Observant la Figura 20, podem veure que clarament la millor opció és de 3 pickers perquè la càrrega de treball és d'un 75%, que equival al fet que $\frac{1}{4}$ del temps de la jornada laboral se la passa descansant i sense treballar.

Si ens fixem en les càrregues de treball quan la plantilla és de 4 i 5 pickers, pràcticament estan la meitat del temps sense fer res cosa inviable per l'empresa.

Per altra banda, si ens centrem en els temps d'espera de la comanda, veiem que en el cas que escollíssim tenir 3 treballadors a la zona de sortides el temps d'espera mitjà seria de 22 segons, fet que ens reafirma que és la millor opció.

En el suposat cas que busquéssim que el client no s'hagués d'esperar ni un segon a què la seva comanda es comencés a realitzar, augmentaríem el nombre de treballadors a 4 o 5 però aquest moviment no seria viable en termes econòmics.

4.3.2 Dinàmica del magatzem

Un cop s'ha analitzat les càrregues de treball dels treballadors, cal veure quina és la tendència d'aquesta tipologia de magatzem i si té un bon rendiment o s'hauria d'adoptar alguna mesura per tal d'optimitzar-lo.

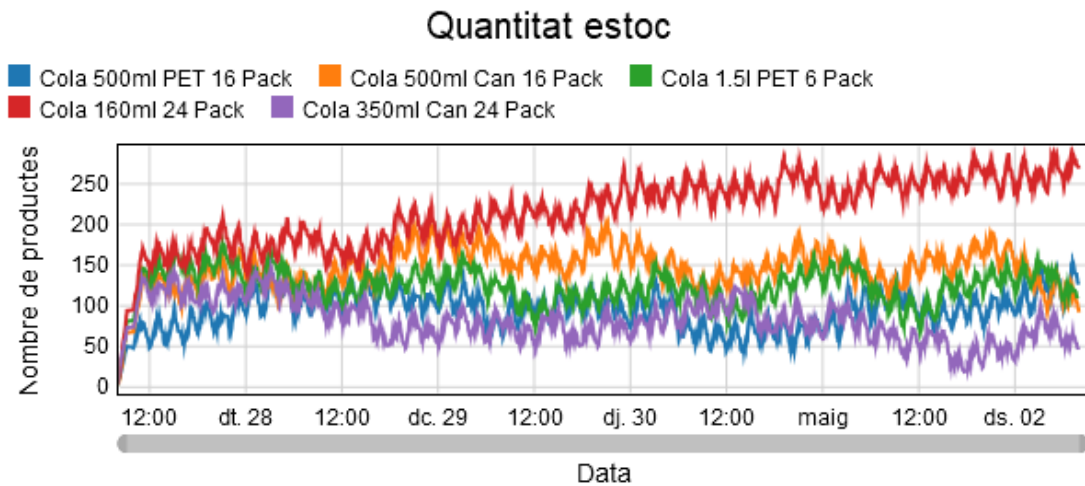


Figura 21: Evolució de la quantitat d'estoc disponible durant la simulació

Com es pot observar en el gràfic de la Figura 21, la quantitat d'estoc es manté sempre pràcticament lineal i això ens demostra que el magatzem està ben definit i equilibrat. Tret del producte de color vermell, que en la simulació equival a la Cola 160 ml 24 Pack, que tendeix a un lleuger augment d'estoc, la resta de productes es mantenen pràcticament igual que l'estoc inicial.

El bon resultat del gràfic és gràcies a l'equilibri entre entrades i sortides de productes, ja que en ser comandes previstes es pot controlar el que surt i per tant fer entrar la quantitat perquè no es trenqui mai estoc.

Pel que fa al nombre exacte de productes que han acabat sent estoc disponible al final de la setmana laboral, el trobem a la .

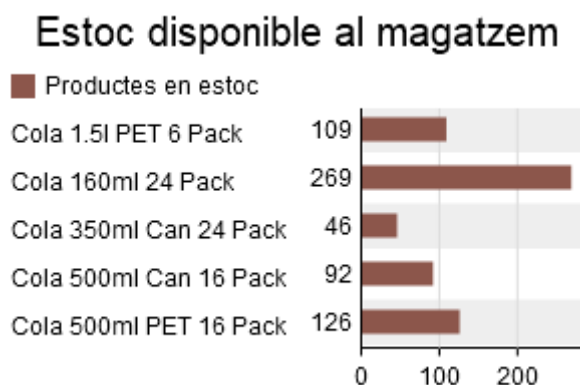


Figura 22: Quantitat d'estoc disponible al final de setmana

Com ja s'ha comentat abans, el producte de Cola 160ml 24 Pack té una quantitat molt més elevada que la resta i és per aquest motiu que s'hauria de tornar a calcular, per a la següent

setmana, els percentatges referents a cada producte, ja que probablement amb menys quantitat d'aquest producte seria suficient per no trencar estoc.

4.4 Comandes per Internet

Si es vol optar per crear una pàgina web per internet i poder acceptar comandes a través d'ella, el magatzem haurà d'elaborar una sèrie de canvis.

El primer canvi que patirà serà que ara les comandes no són fixes durant el temps, i això fa que les arribades d'estoc s'hauran de tornar a calcular i tenir en compte les demandes per tal que el client sempre tingui a disposició els productes.

Per a fer-ho cal tenir un control absolut dels productes que hi ha en estoc, i cada vegada que les demandes superin una quantitat determinada de productes d'una tipologia, s'haurà de fer un aprovisionament d'aquell producte per tal que no es produeixi trencament d'estoc.

D'altra banda, cal tenir en compte que el comerç digital pot variar considerablement i això pot provocar un augment no esperat de demandes d'un producte, per tal que no ens agafi desprevinguts, s'haurà d'establir un estoc de seguretat per tal de poder tenir sempre disponible el producte.

Per simular amb la plataforma de Flexsim l'arribada del comerç online, s'ha optat per seguir utilitzant la llista de comandes previstes però aplicant-li un factor d'aleatorietat entre 0,2 i 1 del temps d'arribada de la comanda. El fet de seguir amb la mateixa llista simulem que tenim un control aproximat de les comandes i podem elaborar un aprovisionament correcte.

També farem arribar, quatre cops al dia, comandes de quantitat aleatòria entre 8 i 12 unitats del mateix producte, simulant que aquell dia s'ha augmentat les vendes considerablement d'un producte.

Aquesta aleatorietat ens farà que el magatzem no estigui totalment controlat, ja que no podem saber quan ens demanaran els productes, i és per això que s'ha decidit incloure un estoc de seguretat de 50 productes per cap. Per tal d'aplicar-ho al Flexsim, al temps zero, ens arribarà 50 productes extres de cada tipologia per assegurar que no trenquem estoc.

Aquest canvi d'estil al magatzem farà que els placers i pickers augmentin la seva càrrega de treball i, potser les quantitats òptimes de treballadors anteriors ja no siguin suficients i calgui un augment de plantilla.

Un cop aplicades les modificacions, les càrregues de treball dels treballadors són les següents.

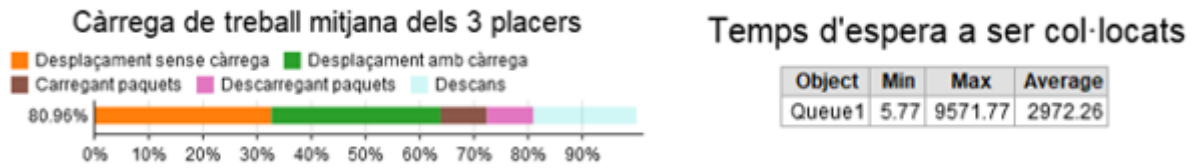


Figura 23: Càrrega de treball dels placers amb el mètode de comandes online

Com es pot observar a la Figura 23, la càrrega ha augmentat un 1% arribant al 81%. Tot i augmentar la càrrega de treball, el temps de descans que tenen és adient i per tant no caldria una ampliació de plantilla.

Un altre aspecte a tenir en compte en la zona d'arribades d'estoc és el temps màxim que triga un producte a ser col·locat. Perquè no estigui saturat el temps màxim no pot superar els 7200 segons (temps entre aprovisionament). Malauradament, el temps màxim és de 9571 segons, per tant podríem trobar en la situació que la zona d'arribades estigués saturada, per a comprovar si realment està saturat consultem el gràfic temps d'espera – data. (Figura 24)

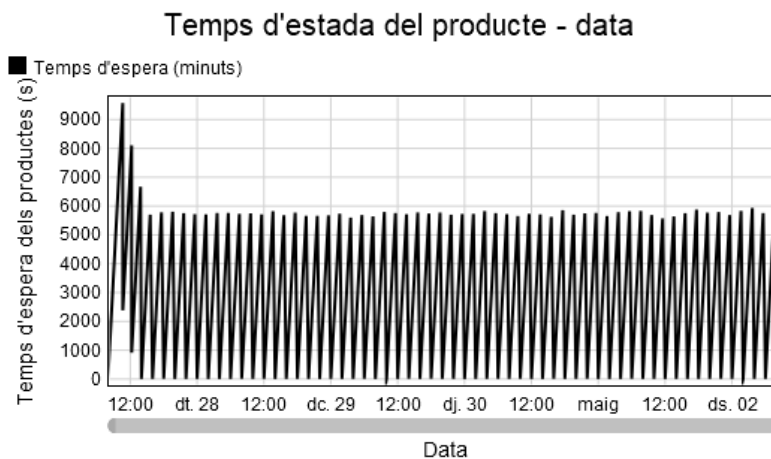


Figura 24: Gràfic temps d'estada del producte - data

Observant el gràfic, es pot veure que la zona d'arribades no està saturada tot el temps i només es satura a l'inici com a causa que ens entren 250 productes extres . La saturació, segons el gràfic, ens dura aproximadament fins al migdia del primer dia, a partir d'allà el temps màxim no supera els 6000 segons.

Per altra banda, hi ha els pickers els quals a continuació es mostren les dades referents a les càrregues de treball. (Figura 25)

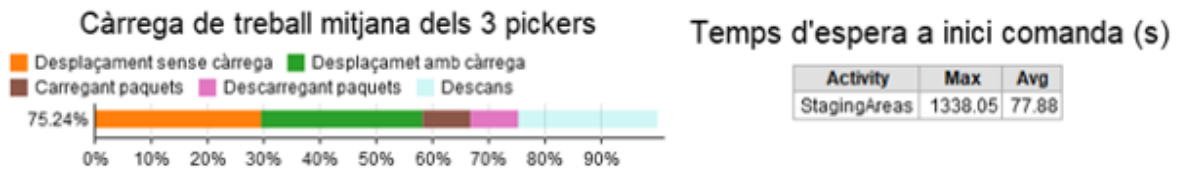


Figura 25: Càrrega de treball dels pickers amb el mètode de comandes online

Com es pot veure a la Figura 25, les càrregues de treball no han variat pràcticament, ja que s'ha utilitzat les mateixes comandes anteriors, afegint-li només 4 comandes extres.

El que sí que ha patit una certa variació són els temps d'espera a l'inici de la comanda, la qual de mitjana tarda 77 segons i el màxim arriba als 22 minuts. El temps d'espera és important i tot i que els pickers treballen un 75% del temps hi ha moments en què estan força saturats i en aquests instants el client si s'ha d'esperar molt, buscaria alternatives i perdríem un client.

Aquí és on l'enginyer ha de decidir si li surt a compte contractar un treballador més o no en aquesta zona d'elaboració de comandes. En la meua opinió no contractaria a ningú més, ja que es tracta de comandes online i no en persona, i com a tal els temps a executar-se les comandes no és el temps d'espera del client, ja que quan ho vingui a buscar ja estarà molt probablement la comanda feta.

Per últim cal veure la dinàmica del magatzem. (Figura 26)

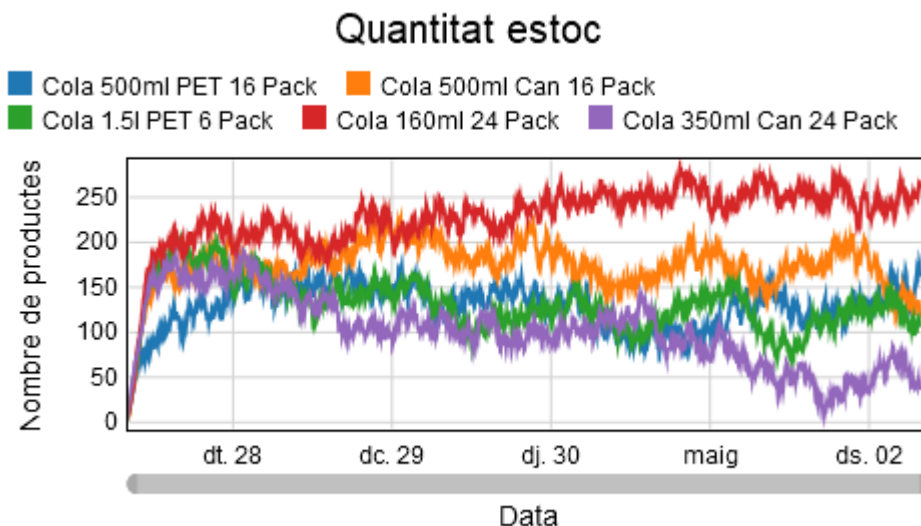


Figura 26: Dinàmica del magatzem utilitzant comandes online

En aquest cas podem veure com l'estoc de seguretat ha estat clau perquè no es produís el trencament d'estoc.

Per altra banda, cal tenir cura i observar que la demanda de productes de Cola 160ml 24 Pack és molt inferior que la Cola 350ml Can 24 Pack, per això la següent setmana s'haurà de fer un aprovisionament extra d'aquest últim producte.

5 CONCLUSIONS DE LES VARIACIONS EN EL CAS D'ESTUDI

Un cop hem simulat les variacions al model es pot obtenir una taula comparativa de les càrregues de treball entre el mètode aleatori i el de comandes previstes.

Taula 3: Càrregues de treball dels diferents mètodes

Nº treballadors	Mètode comandes aleatòries		Mètode comandes previstes	
	Placers	Pickers	Placers	Pickers
3 treballadors	99.97 %	92.06 %	79.93 %	74.48 %
4 treballadors	74.78 %	66.79 %	60.50 %	55.42 %
5 treballadors	57.09 %	55.58 %	48.82 %	44.47 %

A simple vista, es pot veure que el mètode de comandes previstes és infinitament millor en termes de càrregues de treball.

La primera raó d'aquest canvi brusc entre els dos mètodes recau en el fet que en els dos hem prioritzat que no es produís trencament d'estoc i com a conseqüència, en el mètode aleatori hem hagut de fer un aprovisionament més elevat per tal de complir-ho, ja que no tenim la previsió de productes que ens demanaran.

La segona raó per la qual l'opció de comandes previstes és la millor, és que ens estalviem un placer, ja que com podem observar a la Taula 3 l'opció de 3 placers amb el mètode aleatori no és adient perquè tindriem la zona saturada .

Un altre fet que cal tenir en compte és el lead time. Per una banda hi ha el mètode aleatori, el qual és el temps d'espera a l'inici i preparació de la comanda, ja que la demanda s'ha realitzat en aquell mateix instant de temps i com que el producte està en estoc la diferència de temps entre la comanda i l'entrega serà el temps d'espera del client.

D'altra banda el mètode de comandes previstes, el lead time és major perquè un cop s'iniciava la simulació ja teníem les comandes previstes per tota la setmana, i això ens demostra que el temps entre la demanda del client i la data d'entrega és molt més ampli, ja que s'ha realitzat la petició durant com a mínim la setmana anterior.

És per aquest motiu que en termes de lead time és molt millor el mètode aleatori, però com hem observat anteriorment caldria més despesa en personal i a més els productes perden molt de valor perquè cada vegada el magatzem hi ha més estoc i per tant tarden més a donar-li sortida al producte.

Per tant i com a conclusió, l'opció més viable és la de 3 pickers-3 placers amb mètodes previstos perquè encara que els clients s'hagin d'esperar més, econòmicament serà més viable.

Un cop s'ha decidit que la millor opció entre qualitat de servei-benefici, s'ha procedit a analitzar la possibilitat que es poguessin fer les comandes online. Aquest servei faria que des de casa i sense anar al magatzem es pogués sol·licitar la comanda i es pogués anar-la a recollir en el moment el qual està completada.

Aquest nou mètode de comandes és un avanç molt bo, però cal tenir en compte que es perd la part de control del magatzem i, és per això que caldria tenir un bon programari de gestió d'estoc que contempli la tendència de compres actual dels productes, així com caldria que tingués en compte l'historial dels últims mesos per tal de fer una previsió acurada.

Un cop tenim la previsió d'estoc possiblement demandada, cal elaborar un aprovisionament i un cop realitzat, caldrà també tenir un estoc de seguretat per si hi ha una compra massiva d'un producte.

Aquestes millores faran que el magatzem tingui unes despeses extres en software però a la llarga el benefici acabarà sent molt més elevat que si només contemplem les comandes previstes.

Taula 4: Comparativa entre mètode de comandes previstes i online

Tipus treballadors	Comanda previstes	Comandes online
3 Placers	79.93 %	80.96 %
3 Pickers	74.48 %	75.24 %

Si ens regim els valors de la taula anterior, veiem que pràcticament les càrregues de treball són les mateixes. Aquest fet és degut a que no tenim el programari que ens determini el nou aprovisionament que s'ha de realitzar i és per això s'ha utilitzat la llista de comandes anterior com a comandes que ens arriben a través d'Internet les càrregues no varien.

On sí que hi ha grans canvis és en el lead time, ja que en el cas de comandes online des del punt que ens arriba la comanda a què s'executa només triga el temps d'elaboració i en termes de lead time sí que hi ha una millora substancial.

És per això que s'arriba a la conclusió que la millor tipologia de magatzem és el de comandes online, ja que ens trobem en una gran millora en el servei al client i les càrregues de treball són bones.

6 PRESSUPOST

El pressupost en relació al projecte és el següent:

Descripció	Preu unitari	Unitats	Cost
Obtenció de la Llicència software Flexsim	0 €/u	1 u	0 €
Curs formació online	0 €/u	1 u	0 €
Recerca i adquisició de coneixements	15 €/h	110 h	1650 €
Hores d'execució i simulació magatzem	15 €/h	90 h	1350 €
Redacció del treball	10 €/h	60 h	600 €
Benefici Industrial	-	-	0 €
COST TOTAL			3600 €

L'import total del present projecte puja a la quantitat de TRES MIL SIS-CENTS euros.

7 CONCLUSIONS

En aquest projecte s'ha fixat una sèrie d'objectius i seguidament farem una valoració de si s'han aconseguit.

L'objecte principal era el d'anàlisi de totes les zones del magatzem i obtenció de resultats concloents. En aquest aspecte el podem donar per complert, ja que s'ha analitzat els tres processos que transcorren en el magatzem: Aprovisionament, emmagatzematge i elaboració de comandes amb detall .

D'altra banda, també es van fixar una sèrie d'especificacions a complir. La primera era un cop analitzat tot el cas d'estudi fer una primera correcció d'errors que ens poguessin complicar l'estudi. Aquesta especificació la podem donar per complerta, ja que durant les diverses simulacions no s'ha detectat cap incoherència en el magatzem.

L'altra especificació i tanmateix la més important era aplicar-li variacions tant en el sistema d'aprovisionament com d'arribades de comandes, així com analitzar amb tota mena de detall com variava el magatzem. Referent a aquesta especificació també la podem donar per complerta, ja que s'ha analitzat diversos mètodes d'arribades i sortides d'estoc arribant a una conclusió lògica i ferma.

Com a conclusió del projecte, cal destacar que el software és realment molt útil si es vol posar a prova un canvi de sistema d'aprovisionament o dur a terme una ampliació dels llocs de treball. Tanmateix ofereix multitud d'eines per assimilar-se al màxim a la realitat, així com eines que recullen les dades dels treballadors o objectes.

Cal també mencionar que el Flexsim no és idoni per totes les branques de la logística en un magatzem. Com s'ha explicat anteriorment és idoni per obtenir resultats a futures variacions que es vulguin aplicar; però per contra no és l'eina òptima per fer un control exhaustiu de l'estoc i calcular l'aprovisionament correcte.

En aquest aspecte, cal remarcar que Flexsim és un complement molt bo per qualsevol empresa que vulgui realitzar un canvi en el magatzem però les dades que s'introdueixen a la simulació han d'haver estat realitzades amb anterioritat per un enginyer amb altres eines més adequades pel càlcul.

Per concloure el treball, cal destacar que el software està en constant creixement i cada versió ofereix millores que fan que la simulació sigui més semblant a la realitat.

Aquesta aproximació cada vegada major al realisme fa que en qüestió de minuts o hores puguis obtenir dades del funcionament del magatzem cada vegada més fiable i saber si el projecte de remodelació del magatzem té bon rendiment o per contra si hi ha algun aspecte que s'ha deixat de banda i és més important del que ens pensàvem.

8 BIBLIOGRAFÍA

Documentació en línia de Flexsim. 2020.

<https://docs.flexsim.com/en/20.1/Introduction/Welcome/>.

Flexsim Warehouse Model. 2019. <https://answers.flexsim.com/articles/71515/2019-update-2-warehouse-demo.html>.

«Manual Flexsim del departament OGEDP.» 2019.

Mecalux. 2020. <https://www.mecalux.es/manual-almacen>.

Universitats de Middle Tennessee i Strathclyde. *Study of Parameters of Walking.* 2010.
<https://digitalcommons.wku.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1183&context=ijes>.

A. ANNEX EXPLICACIÓ DETALLADA DEL PROCESS FLOW

A continuació s'explicarà detalladament el Process Flow del cas d'estudi amb la finalitat de la comprensió màxima del treball.

A.1 Inventari Inicial

La part del Process Flow referent a l'inventari inicial la podem veure a continuació. (Figura 27)

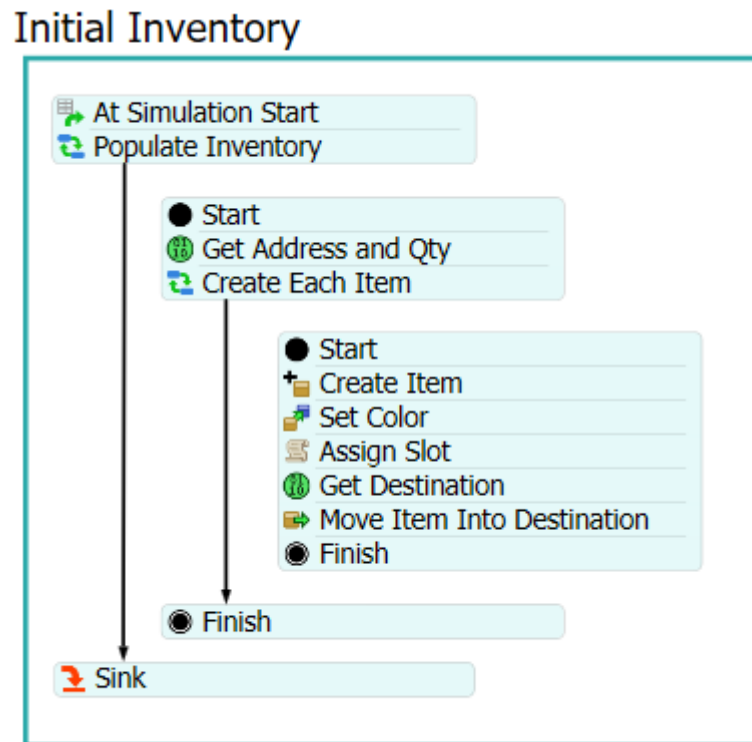


Figura 27: Esquema del Process Flow referent a l'inventari inicial

A.1.1 Creació de tokens

Quan comença la simulació crea un token de la seva pròpia llista. En aquest cas no té llista pròpia i executa la llista creada a Populate Inventory . La pròxima acció (Destinació) serà executar el programa que té seguidament (procés que va de Start a Finish) i la quantitat de cops que haurà d'executar-lo serà el nombre de files que hi ha a la taula creada per nosaltres. (Figura 28)

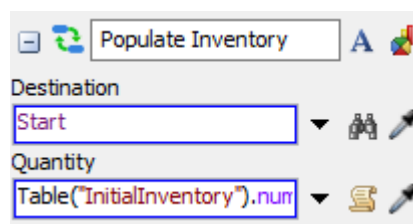


Figura 28: Propietats del Populate Inventory

A.1.2 Sub Flow Populate Inventory

Al token creat se li assigna l'adreça, aquesta s'obté de la taula "Initial Inventory", de la fila en què estem actualment el valor de la columna "Address". Per definir la quantitat es fa el mateix que amb l'adreça però s'agafa la columna "Qty".(Figura 29)

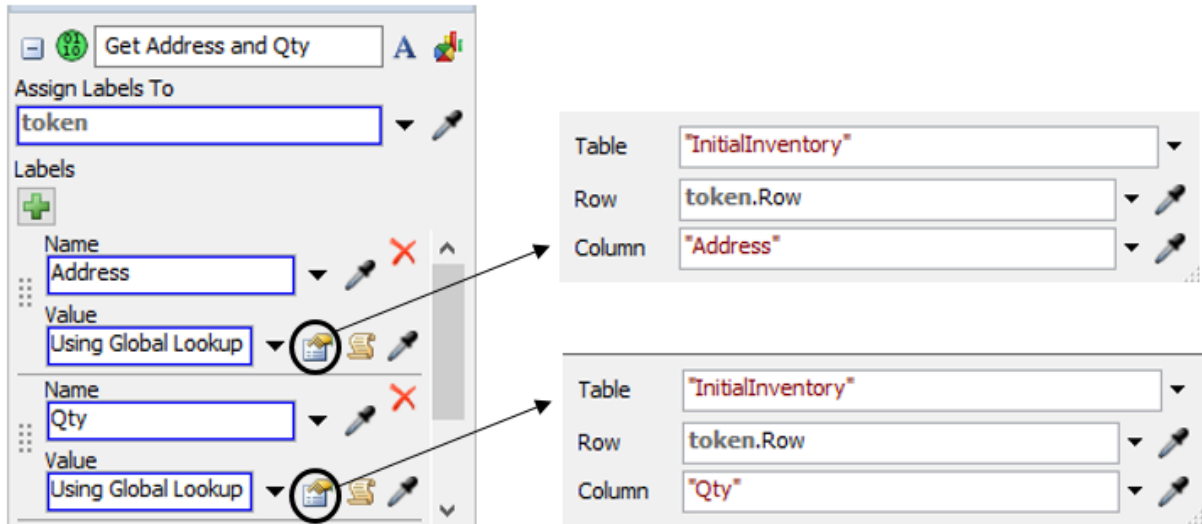


Figura 29: Propietats de Get Address and Qty

Un cop assignada l'adreça i quantitat als tokens, es reproduceix el sub flow per a cada token tantes vegades com ens indiqui l'etiqueta Qty.

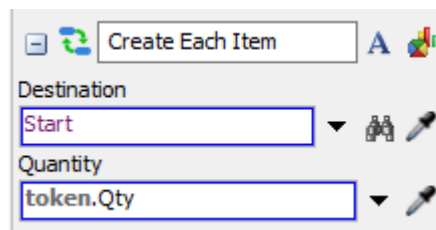


Figura 30: Propietats de Create Each Item

A.1.3 Sub Flow Create Each Item

En aquest darrer sub flow del inventari inicial, executa una sèrie d'accions. La primera acció és crear el paquet, cal tenir en compte que també li assigna una etiqueta, anomenada Item, la qual li dona la informació de quin tipus de paquet estem parlant.

Seguidament el paquet creat anteriorment el pintarà del color que tingui relacionat aquell tipus de paquet. Aquesta informació la trobarem a l'etiqueta Item anterior, i el color relacionat amb el nom ho determinem nosaltres a través de la SKUPalette. (Figura 31)

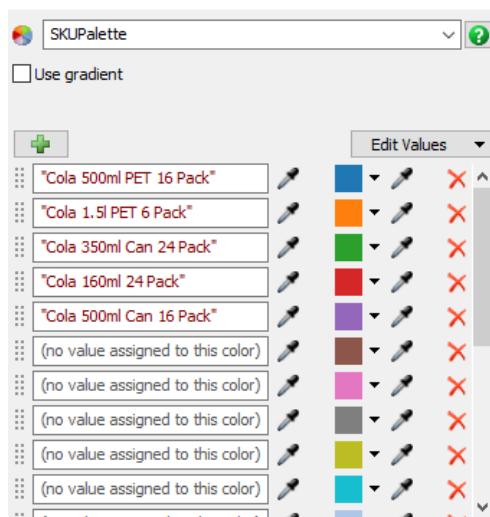


Figura 31: Espai on configurem els colors del paquet

Un cop pintat el paquet, li assignem el lloc on s'ha de col·locar el paquet en llenguatge de l'ordinador i per acabar amb la funció storageObject relacionem l'adreça que li hem donat amb el llenguatge anterior.

Finalment fem aparèixer el paquet al lloc desitjat.

A.1.4 Adreces

S'està anomenat molt sovint que el token obté l'adreça, però per comprendre millor el funcionament a continuació s'explicarà com està configurada.

Primer de tot es pot veure que l'adreça consta de 5 dígits (Figura 32), cada un ens dona informació útil per ubicar el paquet on desitgem.

Address	Qty
Z1-A1-1-1-1	3
Z1-A1-1-2-2	2
Z1-A1-1-3-1	1
Z1-A1-1-3-2	3

Figura 32: Exemple d'adreces extretes del inventari inicial

El primer terme, en aquest cas Z1, és el valor arbitrari que ens indica la zona on s'ubicarà, en el nostre cas el magatzem només consta d'una zona, però si realitzéssim una ampliació podríem tenir tantes zones com nosaltres desitgéssim.

Seguidament tenim el terme del passadís, en aquest cas A1, igual que en el valor anterior també és arbitrari i ens indica el passadís que està localitzat aquell paquet. En aquest cas d'estudi, hi ha 3 passadissos.

El tercer valor, en aquest cas 1, ens indica quin prestatge es troba el paquet. Cada passadís consta de 20 prestatges, 10 a cada banda.

Seguidament podem veure en la Figura 33 una vista superior del magatzem per tal de comprendre millor les tres primeres parts de l'adreça.

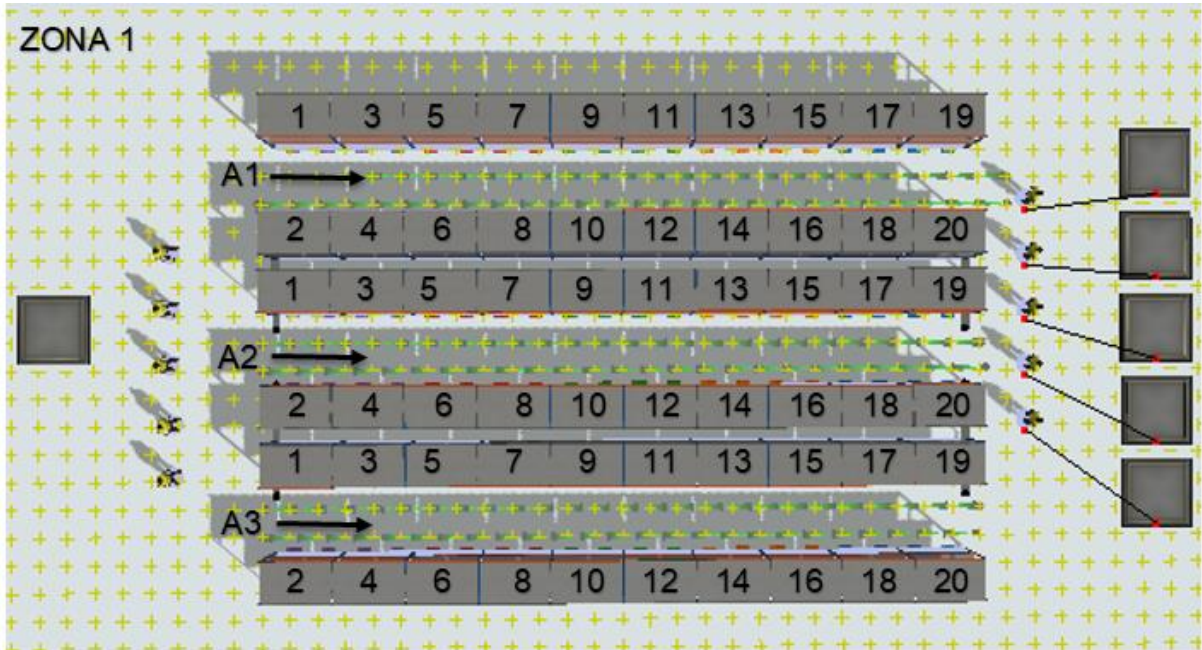


Figura 33: Vista en planta del magatzem estudiat

El quart i cinquè valor ens indiquen el lloc exacte de la prestatgeria, numerada al tercer valor, on col·locarem el paquet.

El quart valor ens indica el nivell (1 baix, 2 mig i 3 a dalt) i el cinquè la part dreta o esquerra (1 esquerra i 2 dreta sempre amb el sistema de referència d'una persona que estigui mirant de cara a l'estanteria. (Figura 34)

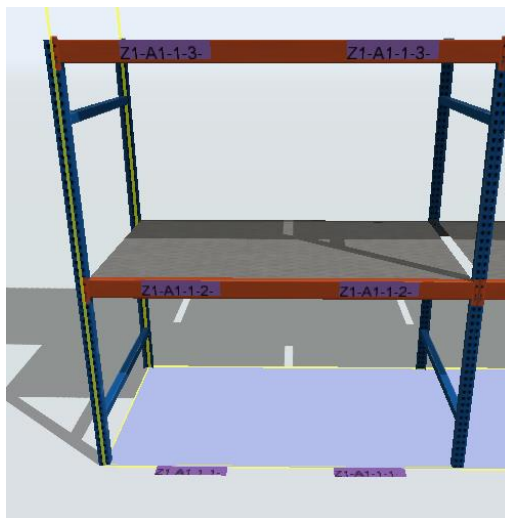


Figura 34: Vista perfil d'un prestatge

A.2 Arribades d'estoc

La part del Process Flow referent a les arribades d'estoc la podem veure a continuació. (Figura 35)

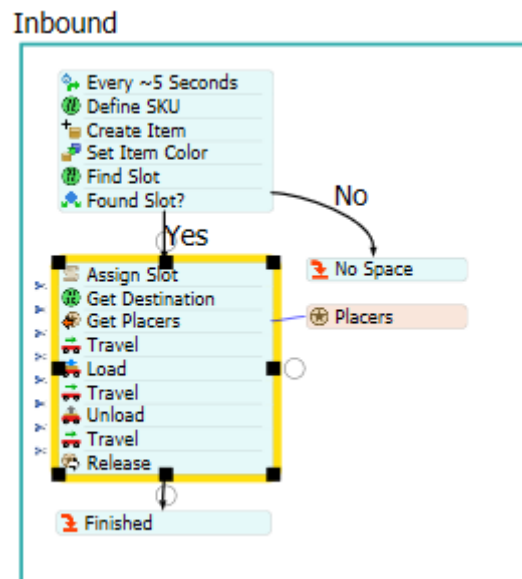


Figura 35: Esquema del Process Flow referent a la part d'arribades d'estoc

Quan iniciem la simulació, s'inicia l'acció que té el creador de tokens intern, gràcies el Process flow ens estalviem de col·locar una font (element creador de tokens) connectat a la cua, i ens crea tokens cada interval de temps que nosaltres decidim. Aquests intervals poden ser constants o mitjançant funcions estadístiques, en el cas d'estudi és una exponencial d'escala 5.

Seguidament definirem quin tipus de paquet és, aquesta acció la farem mitjançant una consulta a la taula de productes SKU i agafarem una de les files aleatòries. (Figura 36)

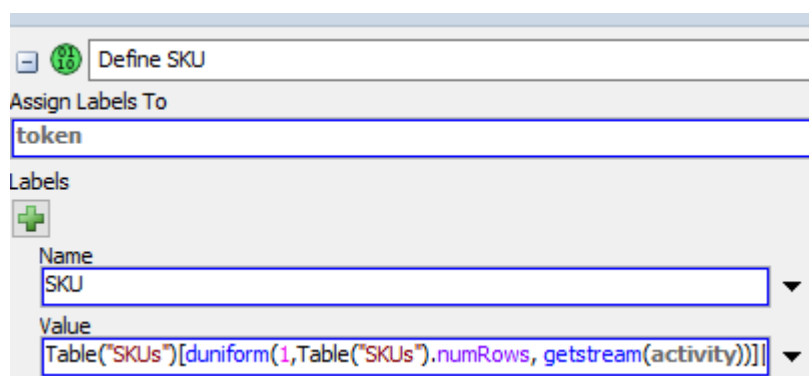


Figura 36: Propietats de l'acció Define SKU

Exemple: token.SKU = token.1SKU, agafarà el primer producte de la llista que en el nostre cas és Cola 500ml PET 16 Pack.

A continuació, es crea una caixa coneguda com a token.Item i se li assigna el token.SKU anterior. A partir d'aquí, es pinta del color que li pertoca la caixa mitjançant la relació entre el token.SKU i la SKUPalette. (Figura 37)

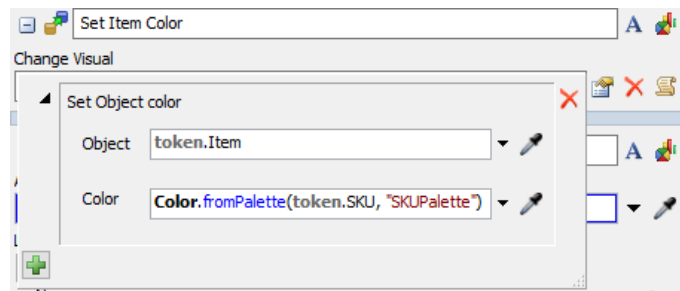


Figura 37: Propietats referents a l'acció Set Item color

La següent acció que es portarà a terme és donar-li una ubicació dins del magatzem, això ho farem amb la comanda where. Primer buscarem els llocs on el producte és guardat i es comprovarà els llocs on hi ha espai, un cop trobat els llocs n'assignarà un d'aleatori. Ho podem veure en la Figura 38.

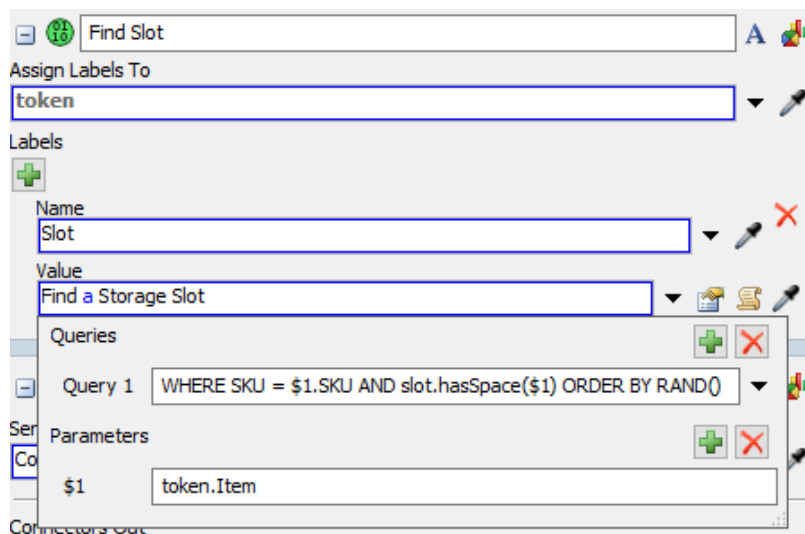


Figura 38: Propietats del find slot

Es pot veure com per escurçar la comanda, s'ha creat el paràmetre \$1 equivalent a token.item .

A partir de la comanda anterior, generem seguidament una decisió en la qual es pregunta si s'ha trobat espai per aquell paquet dins el magatzem.

Si la resposta és negativa, vol dir que no hi ha espai al magatzem i borra el paquet, és a dir simula com si el retornéssim.

Simulació de funcionament d'un magatzem utilitzant el software Flexsim

En el cas que la resposta sigui afirmativa, s'assigna la localització trobada a find slot al item creat amb una referència directa. A continuació, el token que representa el paquet se li assigna una etiqueta amb la destinació trobada i li col·loca la trobada anteriorment.

Un cop el paquet està amb tota la informació, es demana un treballador disponible (placer) i fa la següent seqüència:

- Desplaçament fins a lloc on està el paquet
- Càrrega del paquet
- Desplaçament fins a destinació del paquet
- Descàrrega del paquet al prestatge
- Desplaçament àrea de descans al costat de la zona d'arribada de paquets

Un cop finalitzada la seqüència s'allibera el recurs, en aquest cas el placer i això significa que el placer està disponible per executar la seqüència.

Una cosa que cal tenir en compte és que si es vol escollir destinació, treballador o element fix amb el selector s'escull l'element al model 3D (Figura 39), però si es vol seleccionar un grup de treballadors o elements llavors s'ha de crear un grup i agrupar-los tots els elements/tr treballadors que volem que rebin la informació de l'acció. (Figura 39)

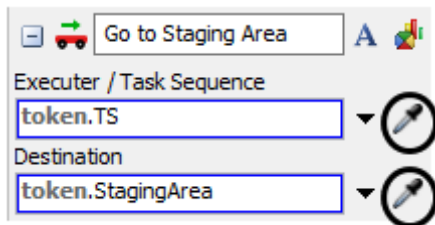


Figura 40: Selector que s'utilitza per escollir element/tr treballador fix

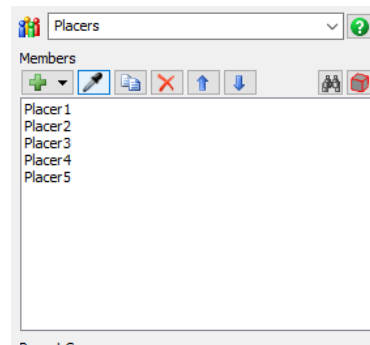


Figura 39: Exemple de grup de treballadors

A.3 Comandes aleatòries

La part del Process Flow referent a l'execució de comandes es divideix en dos grans parts, que són comandes previstes i comandes aleatòries.

La part del Process Flow referent a les comandes aleatòries la podem veure a continuació. (Figura 41)

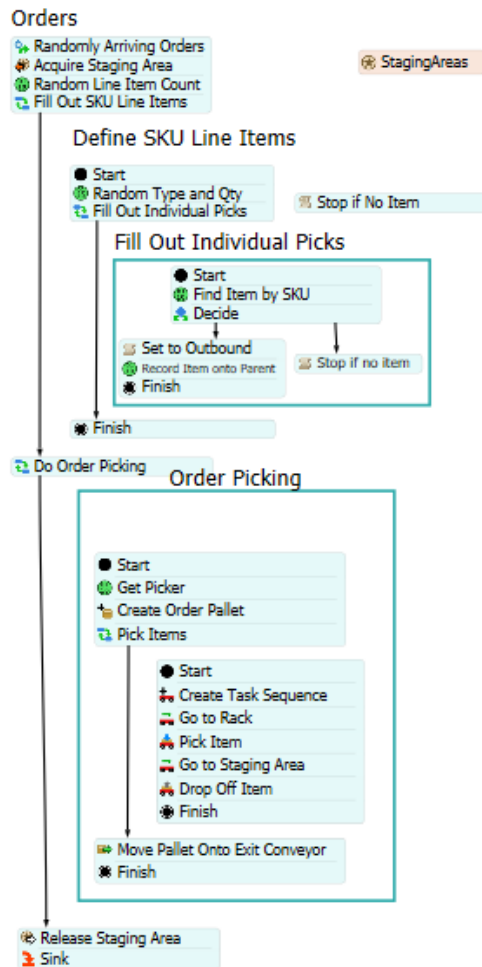


Figura 41: Process Flow de les comandes aleatòries

Cal tenir en compte que les dues tipologies de comandes segueixen una estructura pràcticament calcada amb l'única diferència a l'hora de llegir/crear les comandes, per aquest motiu s'explicarà la part de les comandes aleatòries en detall i al complet, mentre que referent a les comandes previstes només s'explicarà la part de la lectura de comandes, donant per entès la part que el segueix.

A.3.1 Creació de tokens

Quan s'inicia la simulació, crea aleatòriament tokens (comandes) i l'interval de temps entre comandes en el cas d'estudi és exponencial amb escala 30.

Un cop s'ha creat el token, connectem amb el recurs StagingAreas (lloc on s'elaboren les comandes) i li sol·licitem una de les 5 zones en què es generen les comandes. Cal tenir en compte que fins que no tenim una area disponible i assignada al token, no continuarà.

Un cop tenim una zona, generem el nombre de línies de la comanda. Aquest nombre es generarà a partir d'una funció exponencial i els valors rondaran entre 1 i 3, i el col·locarem en una etiqueta anomenada LineItemCount. (Figura 42)

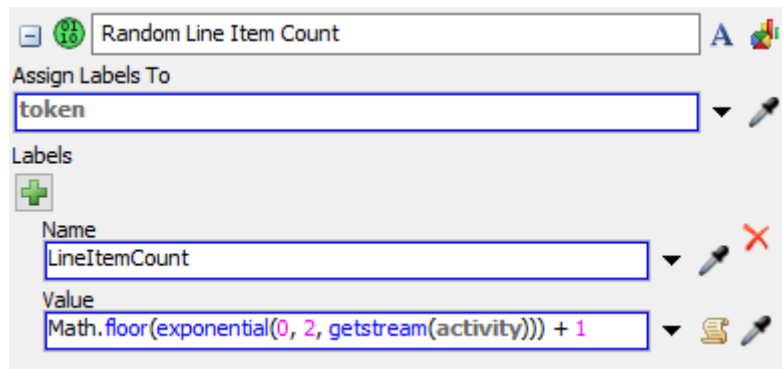


Figura 42: Funció utilitzada per assignar número de línies a la comanda

Com podem veure en la darrera figura, s'utilitza la funció floor, que ens donarà el valor enter inferior que surti de l'exponencial. Per exemple si de l'exponencial surt 0,6 ens donaria 0.

A continuació s'executarà el subflow Fill out SKU Line Items, tantes vegades com ens indiqui el valor assignat en l'etiqueta LineItemCount.

A.3.2 Subflow Fill out SKU line Items

Un cop tenim el nombre de línies que tindrà la comanda, ara hem d'emplenar cada una.

El que fa aquest subflow és bàsicament assignar un valor a dos etiquetes:

- Tipus d'element = token.SKU, amb valor aleatori entre 1 i el número de files de la taula de productes.
- Quantitat de l'element escollit = token.Qty, amb valor aleatori entre 1 i 3.

Un cop s'ha assignat els valors a les dues etiquetes d'una línia s'executarà un nou subflow anomenat Fill Out Individual Picks. Aquest procés es reproduirà tantes vegades com ens indiqui el valor de l'etiqueta Qty.

A.3.3 Subflow Fill out Individual Picks

Aquest procés ja forma part de la part compartida entre comandes aleatòries i previstes. Primer de tot es buscarà si el paquet està disponible al magatzem, i seguidament es trobarà un punt de decisió.

En el cas que en l'acció anterior s'hagi trobat el producte, guardarem la ubicació a l'etiqueta slotItem i per finalitzar guardarem tota la informació recollida en els processos anteriors en un

token anomenat token.parent.parent, el que equivaldria a l'avi, ja que el subflow inicial, té dos subflows un dins de l'altre. (Figura 43)

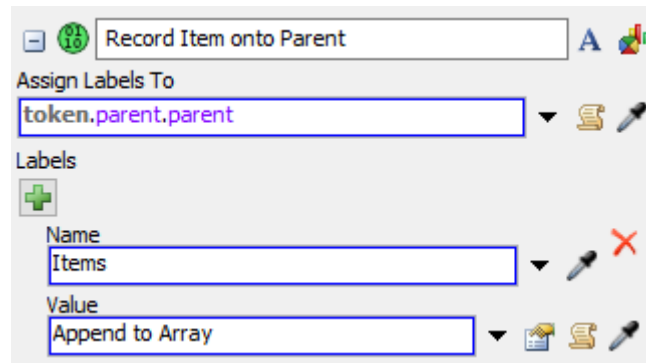


Figura 43: Propietats del token definitiu referent a la comanda

Per altra banda, si no s'ha trobat el producte, s'atura la simulació. Quan s'atura ens apareixerà un missatge que ens falten productes, aquest fenomen és el que coneixem com a trencament d'estoc.

A.3.4 Subflow Do Order Picking

Aquest procés s'executa un cop. Per començar hem d'agafar un picker, però a diferència dels placers, aquests els agafarem consultant l'àrea de creació assignada quin element està connectat (el cas d'estudi cada picker està connectat en una àrea).

Un cop tenim el picker, es crea un palet a sobre la zona de comanda i li posem el nom de token.Pallette. Seguidament executarem un altre subflow anomenat Pick Items.

El subflow en qüestió s'executarà tantes vegades com files hi hagi al token.Items (és el que hem dit anteriorment que era l'avi). La seqüència que realitzarà serà la següent:

- Anar a la prestatgeria, exactament al lloc on es troba el paquet assignat.
- Agafar el paquet.
- Anar al palet
- Deixar el paquet a sobre el palet

Per finalitzar, quan s'ha acabat tota la comanda s'agafa el palet, s'ubica a la rampa de sortides i s'allibera l'àrea per tal d'agafar una nova comanda sigui prevista o aleatòria.

A.4 Comandes previstes

Com hem explicat anteriorment, les comandes previstes tan sols s'explicarà la primera part del procés. La part del Process Flow inicial referent a les comandes previstes la podem veure a continuació. (Figura 44)

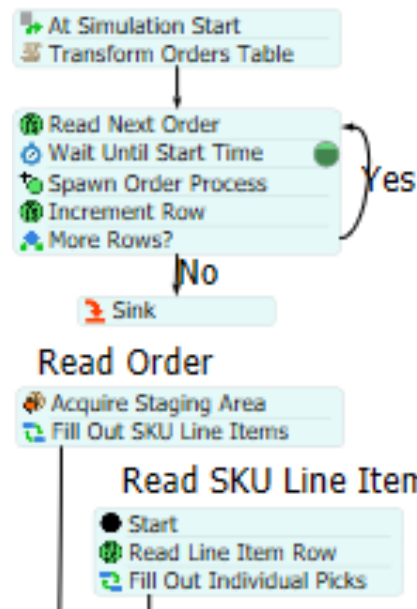


Figura 44: Part inicial Process Flow referent a les comandes previstes

A.4.1 Transformació de la llista de comandes

Quan la simulació comença, assignem una etiqueta amb el nom Row, i la inicialitzem amb valor 1.

A partir d'aquí es transforma la taula escrita per nosaltres en una que agrupa els elements d'una mateixa ordre. Com podem veure a la Figura 45 , agrupa la informació per la identificació de la comanda i un cop agrupada crea una Taula anomenada "Aggregated Orders".

```
Table result = Table.query(
  "SELECT Time, [Order ID], ARRAY_AGG(ROW_NUMBER) ,
  FROM OrderHistory \
  GROUP BY [Order ID]");
result.doneTo(Table("AggregatedOrders"));
```

Figura 45: Codi que s'utilitza per transformar la taula de comandes

Un cop s'ha transformat la taula, creem dues etiquetes per al token:

- StartTime, la connectem amb la fila del temps a la taula creada.
- Rows, la connectem amb la informació de la fila Rows de la taula creada.

Un cop creat el token amb la informació pertinent, el fem esperar fins que el valor de StartTime sigui el mateix que el temps de la simulació. Quan coincideixi creem un token exactament igual i l'enviem al programa de lectura de comandes.

Un cop enviat el token, a l'etiqueta Row l'incrementem el valor 1 unitat i ens fem una pregunta: Hi ha més files? (Figura 46)

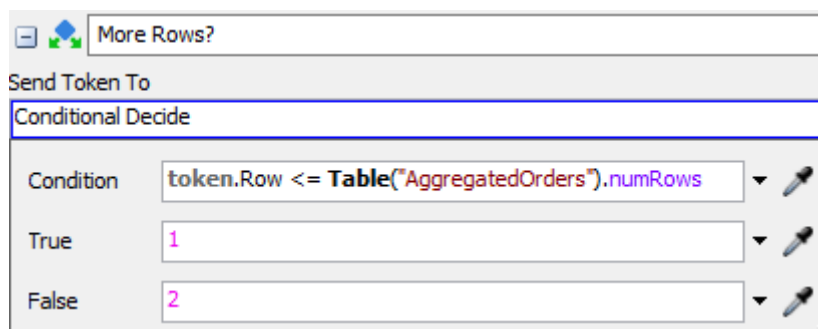


Figura 46: Condició en la decisió de continuar procés

En cas afirmatiu, tornarem a fer el mateix procediment anterior; però en el cas que no hi hagi més files, s'elimina el token i s'acaba aquesta part del procés.

A.4.2 Lectura de comandes previstes

Quan ens arriba el token amb la informació, demanem una àrea d'elaboració de comandes (StagingArea). Un cop obtenim l'àrea, passarà exactament el mateix procés que les comandes aleatòries amb l'única diferència que en comptes d'inventar-se aleatòriament els valors i nombre de línies, les llegirà de la taula Order History (taula creada per nosaltres) que està relacionada directament amb la creada pel programa.

Un cop tenim la comanda s'executarà els subflows fill Out Individual Picks i Order Picking, els dos processos són exactament iguals que els explicats anteriorment.