

Modelització de les estratègies de distribució d'una empresa de venda al detall

Memòria Treball Fi de Grau

Grau en Gestió Aeronàutica

Realitzat per:

Oriol Pairet Ruiz

Dirigit per:

Roman Buil Giné

Escola d'Enginyeria

Sabadell, 6 de Febrer de 2017



El sotasignat, ROMAN BUIL GINÉ
Professor de l'Escola d'Enginyeria de la UAB,

CERTIFICA:

Que el treball a què correspon aquesta memòria ha estat realitzat, sota la seva direcció, per l'Oriol Pairet Ruiz.

I per tal que consti, firma la present,

Signat: Roman Buil Giné

Roman Buil

Sabadell, 6 de Febrer de 2017

Agraïments

Per començar m'agradaria expressar el meu sincer agraïment a aquelles persones que m'han fet costat i m'han donat suport durant aquests anys de carrera. En especial, a la meva família, però, sobretot, a un gran amic, Eloi De La Parte pel seu suport i la seva paciència.

També agraeixo al professor i tutor d'aquest treball, el Dr. Roman Buil Giné del Departament de Telecomunicacions i Enginyeria de Sistemes, per la seva paciència i dedicació. Ha estat un plaer poder compartir aquest projecte amb un professional d'aquestes característiques.

Per acabar, també voldria agrair a tots el professors i companys amb els quals he pogut créixer, tant professionalment, com personalment.

FULL DE RESUM

TREBALL FI DE GRAU DE L'ESCOLA D'ENGINYERIA

Títol del Treball de Final de Grau • Modelització de les estratègies de distribució d'una empresa de venda al detall: Anàlisi dels diferents escenaris. • Modelización de las estrategias de distribución de una empresa de venta al por menor: Análisis de los diferentes escenarios. • Modelling of the distribution strategies of a selling retail company: Analysis of different scenarios.	
Autor: Oriol Pairet Ruiz	Febrer 2017
Tutor[a]/s[es]: Roman Buil Giné	
Titulació: Grau en Gestió Aeronàutica	
Paraules clau • <i>Català</i>: Simulació, programació, <i>Simio</i>, gestió, anàlisi. • <i>Castellano</i>: Simulación, programación, <i>Simio</i>, gestión, análisis. • <i>English</i>: Simulation, programming, <i>Simio</i>, management, analysis.	
Resum del Treball Fi de Grau <i>Català</i>: Aquest treball es basa en “SimioCompetition”, una competició organitzada pels creadors del programa <i>Simio</i>. En el següent estudi, es realitza una simulació de diverses estratègies, les quals, una empresa de venda al detall pot adoptar. Després s’analitzen els diferents resultats i s’estudia l’estratègia més adient. <i>Castellano</i>: Este trabajo se basa en “Simio Competition”, una competición que organizan los creadores del programa <i>Simio</i>. En éste estudio, se realiza una simulación de las distintas estrategias que una empresa de venta al por menor podría aplicar. Entonces, se analizan los diferentes resultados y se escoge la estrategia más adecuada. <i>English</i>: This Project is based in “Simio Competition”, a competition organized by the creators of the <i>Simio</i> program application. We have tried to simulate different strategies that a retail company could adopt. Then, we have analysed the different results and finally, we have adopt the best strategy for them.	

ÍNDEX

Capítol 1. Introducció	6
1.1. Introducció General.....	6
1.2. Objectiu principal del Treball	7
1.3. Fases del Projecte.....	7
1.4. Objectius Secundaris	8
1.5. Estat de l'art	8
Capítol 2. Estudi de Viabilitat	9
2.1. Descripció	9
2.2. Valoració dels objectius	10
2.3. Avaluació i catalogació inicial dels riscos del projecte	10
2.4. Solucions i Pla de Contingència.....	11
2.5. Calendari de fites oficials	12
2.6. Tasques del projecte	12
2.7. Planificació Temporal i Diagrama de Gantt.....	13
Capítol 3. Simulació	15
3.1. Concepte de simulació	15
3.1.1. Introducció	15
3.1.2. Definició de Simulació	16
3.1.3. Avantatges de la Simulació.....	18
3.1.4. Inconvenients de la Simulació.....	18
3.2. Què és Simio?	18
3.2.1. Modelar amb Simio	19
Capítol 4. Programació del Model.....	25
4.1 Introducció	25
4.1.1 Problema plantejat.....	25
4.1.2 Esquema resum	29
4.1.2.1 Esquema resum sense centre regional	29
4.1.2.2 Esquema resum amb centre Regional DC	30
4.2.Dades que cal saber abans de modelar	31
4.2.1.Control d'estoc	31
4.3 Programació del Model.....	38

4.3.1 Model Entity	38
4.3.2. Source	39
4.3.3. Server	41
4.3.4. Workstation	42
4.3.5. Sink	45
4.3.6. Cost Center	45
4.3.7. Elements decoratius	47
4.3.8. Model amb centre regional	48
4.3.9. Verificació del Programa i Validació del model	50
Capítol 5. Anàlisi dels escenaris	51
5.1. Taula de resultats	51
5.2. Optimització	54
5.3 Anàlisi dels resultats obtinguts	55
Capítol 6. Conclusions	57
Bibliografia	59
Llistat de imatges	
Llistat de taules	

Capítol 1. Introducció

1.1. Introducció General

L'estudi es basa en la proposta de la competició "Simio Octubre-Desembre 2016". Els creadors del programa *Simio Simulation*, cada any, proposen competicions als estudiants per tal de fomentar l'ús, l'aprenentatge i la simulació.

Simio sol plantejar sempre problemes amb una informació escassa, que obliga als participants a estudiar la informació bàsica que els ofereix la xarxa. Per a fer-ho, poden usar webs oficials, Youtube, el mateix programa *Simio*, entre d'altres. Aquesta informació serà utilitzada per al posterior desenvolupament del model proposat. Tot i això, abans no s'arriba a trobar la solució al problema plantejat, cal una investigació cautelosa i provar diversos models.

Aquesta competició sota el títol "Warehouse Distribution Problem", pretén desenvolupar diferents escenaris i diverses estratègies d'una empresa de venda al detall. Això, permet la comparació entre els diferents resultats i, finalment, s'escull l'estratègia més eficient.

Fins ara, cap competició realitzada per *Simio*, s'havia marcat com a objectiu solucionar aquests tipus de problemes. Per tant, desenvolupar aquest projecte és un gran repte, que comporta hores d'estudi, temps, paciència i dedicació.

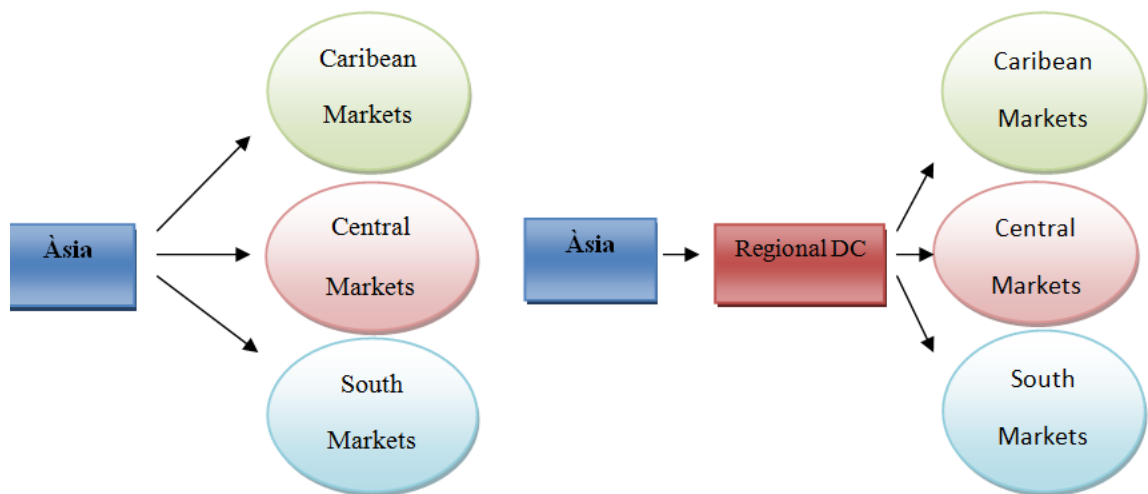
Aquest projecte ha permès posar en pràctica alguns dels coneixements adquirits al llarg de la carrera, com poden ser els apresos durant l'assignatura Modelització i Simulació de Sistemes. A més aquest problema logístic, també podria aplicar-se en termes aeronàutics. *Simio* és usat en molts sectors i l'aeronàutic no és una excepció. Això és així, perquè aquest permet simular el flux de passatgers, el d'avions, la carrega aèria, les plantes de producció aeroespacial, etc. Finalment, cal assenyalar, també, que permet aprofundir més en el tema de la simulació, ciència que s'utilitza molt en empreses nord-americanes i sud-americanes.

1.2. Objectiu principal del Treball

Per a dur a terme el treball s'ha utilitzat el programa *Simio Simulation*. Es parteix d'una empresa de venda al detall situada a la Costa Rica, la qual posseeix centres a Amèrica Llatina i el seu objectiu és expandir-se cap altres localitzacions, com són el Carib i Amèrica del Sud. Aquests nous centres creats es situen a Costa Rica, Guatemala, El Salvador, Uruguai, Paraguai i Jamaica.

El centre de fabricació de l'empresa està ubicat a Àsia, i amb aquest projecte, es pretén investigar si aquesta hauria d'enviar els productes directament d'Àsia als centres locals, o bé, enviar la producció a un centre regional. En el cas que es decantés per la segona opció, cal determinar la ubicació exacta d'aquesta per tal de satisfer correctament la demanda. Les dues possibles zones regionals on l'empresa es planteja instal·lar els centres són Miami i Panamà. També vol saber quina estratègia de control d'estoc és millor, la periòdica o la continua. Per tant els models han d'incloure aquestes dues estratègies per tal de poder-les comparar.

Podem veure la representació del problema de manera gràfica a la imatge 1.



Imatge 1: Representació del problema

Font: Elaboració pròpia a partir d'informació obtinguda de l'anunciat

El què es pretén és desenvolupar la simulació de les dues situacions i determinar, llavors, a partir de les dades obtingudes, l'estratègia més adient a implementar.

1.3. Fases del Projecte

Aquest projecte comporta les següents fases:

1. Documentació i aprenentatge del programa *Simio*.
2. Formulació de la problemàtica a resoldre i determinació dels objectius.
3. Modelatge del sistema.
4. Implementació del model al programa.
5. Verificació i validació del programa i del model.
6. Proves i Simulació.
7. Anàlisi dels resultats.
8. Documentació de la simulació i redacció de la memòria.

1.4. Objectius Secundaris

Per tal de poder aconseguir l'objectiu final esmentat és de vital importància aconseguir una sèrie d'objectius secundaris que permeten la consolidació de la meta final. Els objectius secundaris són els següents:

1. Aprendre a programar amb *Simio*.
2. Entendre el problema que es planteja.
3. Programar correctament les situacions plantejades.
4. Interpretar els resultats obtinguts.

1.5. Estat de l'art

Mitjançant la simulació es pretén representar, d'una manera gràfica i entenedora, les diferents situacions, en les quals, l'empresa es pot trobar. Dins d'una organització, els diferents responsables que la integren, han de prendre decisions estratègiques. Aquestes, tenen efectes immediats i d'altres, a més llarg termini.

Antigament, s'estudiaven les diferents estratègies que es podien desenvolupar, i a partir d'aquí, una vegada decidida i implementada l'estratègia a seguir, s'establia un sistema per tal de monitoritzar els resultats. Amb tot això, van sorgir els programes de simulació que permeten fer estudis més acurats de les diferents estratègies. Mitjançant les seves eines, donen l'oportunitat de comprovar hipòtesis, i el més important, és que permeten veure els efectes que poden tenir les diferents estratègies abans de ser implementades. Reprodueixen un sistema real a l'ordinador, i amb això, es pot obtenir informació molt exacta, com per exemple, la identificació dels elements que afecten el sistema. També permet provar les diferents hipòtesis en diferents situacions i instants del temps. Finalment, es poden obtenir

els diferents estats del sistema en diferents moments del temps, cosa que permet comprovar els efectes de l'estratègia a mig i llarg termini.

Per tant, doncs, la simulació és de gran ajuda en diferents àmbits, com el militar, la indústria o en el que treballarem nosaltres, la logística.

Finalment, cal esmentar, que *Simio*, a part de permetre la realització d'una modelització i d'una simulació, disposa d'una representació, tant en 2D, com en 3D. Així doncs, dóna l'opció de simular sistemes reals i permet estudiar les diferents situacions a les quals es sotmet el sistema. El fet de poder representar de forma gràfica i entenedora el sistema afavoreix la seva interpretació.

Capítol 2. Estudi de Viabilitat

2.1. Descripció

Es comença a partir de l'existència d'una empresa situada a Costa Rica, la qual vol expandir-se a Guatemala, El Salvador, Uruguai, Paraguai i Jamaica. Els seus productes s'importen des d'Àsia, on hi ha el centre de fabricació.

L'organització vol saber quina de les dues estratègies que tenen en ment és la més adient:

Estratègia 1. Importar els productes directament des d'Àsia als centres locals.

Estratègia 2. Importar els productes primerament a un centre regional i posteriorment, a un centre local.

Les dades importants per a aquest model inclou la demanda per part dels diversos països. Així com l'inventari inicial en cada localització (aproximadament del 15% de les existències de seguretat), tenint en compte els terminis de lliurament per als diversos llocs.

Els dos models han d'incloure una estratègia periòdica i una estratègia contínua.

Estratègia Periòdica:

En una estratègia periòdica, el nivell d'inventari del centre de distribució es comprova cada període de revisió, que pot ser cada X dies, setmanal o cada X setmanes.

Estratègia Contínua:

En una estratègia contínua, el nivell d'inventari del centre de distribució es controla constantment i si aquest baixa d'un cert nivell es realitza una nova comanda.

El nivell de servei dels centres de distribució s'ha de mesurar. Aquesta mesura ha d'incloure el nombre de comandes i diners perduts quan l'inventari no està disponible per a complir una sol·licitud de demanda entrant.

Tanmateix s'han de tenir en compte els costos de fabricació, de temps d'emmagatzematge, de transport, de procés, entre d'altres. Així com els productes defectuosos i els temps de transport i descàrrega.

2.2. Valoració dels objectius

Objectiu 1: Entendre el problema plantejat.

Objectiu2: Aprendre a programar amb *Simio*.

Objectiu3: Programar els dos models sota els criteris específics que fa el client.

Objectiu4: Interpretar correctament les dades obtingudes per poder extreure conclusions fonamentades.

Objectiu5: Redactar la memòria final segons les pautes establertes.

Objectius	Importància
1	Prioritari
2	Crític
3	Crític
4	Prioritari
5	Prioritari

Taula 1: Importància Objectius

Font: Elaboració pròpia.

2.3. Avaluació i catalogació inicial dels riscos del projecte

Risc 1: No trobar prou informació per tirar endavant el desenvolupament dels models a simular.

Risc 2: Tot i haver trobat suficient informació, no saber utilitzar o programar els models amb el software *Simio*.

Risc 3: Analitzar el problema plantejat és de vital importància. Entendre el problema de forma errònia o passar per alt informació rellevant pot conduir a resultats no desitjats.

Risc 4: Realitzar els models de forma incorrecta, ja sigui per diferents motius, com no saber programar de forma correcta, fer una mala interpretació dels resultats o per cometre algun error en la programació.

Risc 5: Incomplir amb els terminis establerts per resoldre les tasques, cosa que pot comportar l'incompliment de l'entrega final del projecte.

Risc 6: Trobar dificultats excessives que impedeixin la realització o que endarrereixin el projecte.

Risc 7: Acabar abandonant el projecte per algun dels motius anteriors o per una acumulació d'aquests.

Risc	Probabilitat	Impacte
R1	Alta	Alt
R2	Mitjana	Alt
R3	Mitjana	Mitjà
R4	Alta	Alt
R5	Alta	Baix
R6	Mitjana	Alt
R7	Nul·la	Catastròfic

Taula 2: Impacte dels riscos.

Font: Elaboració pròpia

2.4. Solucions i Pla de Contingència

En aquest subapartat es proposen algunes solucions, en cas de donar-se una situació de les esmentades en l'apartat anterior.

Solució Risc 1: Dedicar més temps a la recerca d'informació, a llegir manuals o altres projectes de diversos autors.

Solució Risc 2: Dedicar més temps a l'aprenentatge del software. Per tal d'agafar agilitat és interessant començar fent models senzills.

Solució Risc 3: Dedicar més temps a l'anàlisi de l'anunciat, realitzant esquemes gràfics del problema plantejat o dividir el problema final en sub-problemes.

Solució Risc 4: Realitzar les comprovacions pertinents per validar el model o bé, validar el funcionament de cada sub-component del sistema, a mesura que es va programant.

Solució Risc 5: No ajustar el calendari a les dates d'entrega i deixar un cert marge de temps per si sorgissin dificultats o entrebancs no esperats.

Solució Risc 6: Incrementar les hores de treball per tal de resoldre aquestes dificultats i evitar, d'aquesta manera, un endarreriment excessiu en el calendari.

Solució Risc 7: Evitar o gestionar de forma correcte els riscos i no abandonar el projecte sota cap circumstància.

2.5. Calendari de fites oficials

SEPTIEMBRE						
L	M	X	J	V	S	D
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30		
Inicio de las clases el día 8						

OCTUBRE						
L	M	X	J	V	S	D
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	30
31						

NOVIEMBRE						
L	M	X	J	V	S	D
		1	2	3	4	5
6	7	8	9	10	11	12
13	14	15	16	17	18	19
20	21	22	23	24	25	26
27	28	29	30			

DICIEMBRE						
L	M	X	J	V	S	D
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

ENERO						
L	M	X	J	V	S	D
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					

FEBRERO						
L	M	X	J	V	S	D
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28				

MARZO						
L	M	X	J	V	S	D
			1	2	3	4
5	6	7	8	9	10	11
12	13	14	15	16	17	18
19	20	21	22	23	24	25
26	27	28	29	30	31	

Imatge 2: Calendari fites oficials.

Font: Elaboració pròpia, en relació a les circumstàncies personals de l'autor.

ETAPES:

1. Lliurement de l'informe previ a la coordinadora del TFG: del 8 al 14 Novembre del 2016.
2. Lliurament de les memòries a Gestió Acadèmica: del 6 al 9 de febrer 2017.
3. Presentació dels treballs: del 21 al 24 de febrer del 2017.

2.6. Tasques del projecte

Fase 1	Interpretació del problema a resoldre Descàrrega del software Recopilació d'informació Estudi del software
Fase 2	Definició de les necessitats i objectius. Descripció del sistema de manera gràfica i divisió del sistema en subsistemes. Estudi d'implementació del sistema al software.
Fase 3	Programació de la simulació al software model 1.
Fase 4	Comprovació i validació del model 1.
Fase 5	Programació de la simulació al software model 2.

Fase 6	Comprovació i validació del model 2.
Fase 7	Estudi de viabilitat i comparació entre els dos models. Estudi de diferents situacions. Comparació de resultats. Conclusions.
Fase 8	Redacció de la Memòria. Preparació i assaig de la presentació del projecte.

Taula 3: Tasques del projecte.

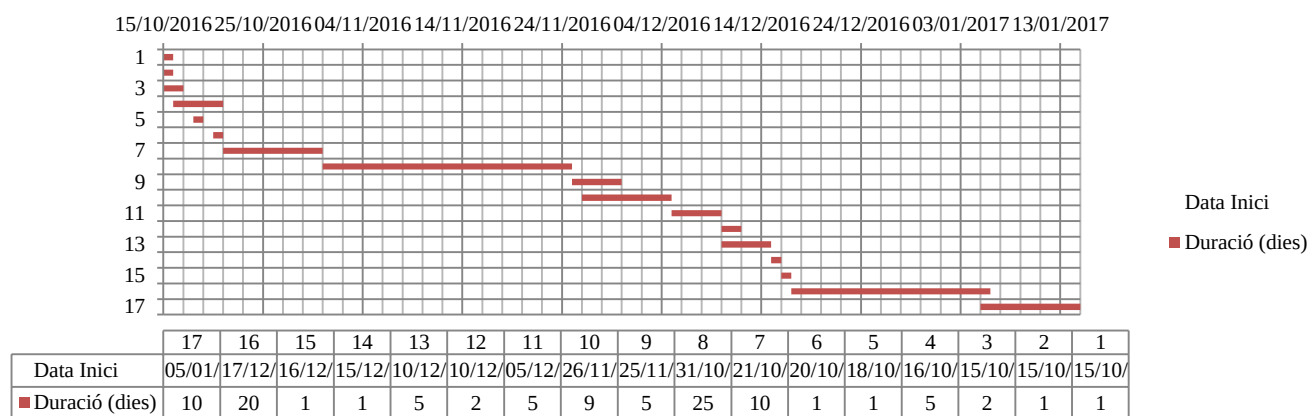
Font: Elaboració pròpia.

2.7. Planificació Temporal i Diagrama de Gantt

Tasques a Realitzar		Data Inici	Duració (dies)	Data Fi
1	Interpretació del problema a resoldre.	15/10/2016	1	16/10/2016
2	Descàrrega del software.	15/10/2016	1	16/10/2016
3	Recopilació d'informació.	15/10/2016	2	17/10/2016
4	Estudi del software.	16/10/2016	5	21/10/2016
5	Definició les necessitats i objectius.	18/10/2016	1	19/10/2016
6	Descripció del sistema de manera gràfica i divisió del sistema en subsistemes.	20/10/2016	1	21/10/2016
7	Estudi d'implementació del sistema al software.	21/10/2016	10	31/10/2016
8	Programació de la simulació al software model 1.	31/10/2016	25	25/11/2016
9	Comprovació i validació del model 1.	25/11/2016	5	30/11/2016
10	Programació de la simulació al software model 2.	26/11/2016	9	05/12/2016
11	Comprovació i validació del model 2.	05/12/2016	5	10/12/2016
12	Estudi de viabilitat i comparació entre els dos models.	10/12/2016	2	12/12/2016
13	Prova de les diferents situacions.	10/12/2016	5	15/12/2016
14	Comparació de resultats.	15/12/2016	1	16/12/2016
15	Conclusions.	16/12/2016	1	17/12/2016
16	Redacció de la Memòria.	17/12/2016	20	06/01/2017
17	Preparació i assaig de la presentació del projecte.	05/01/2017	10	15/01/2017

Taula 4: Dates de les tasques

Font: Elaboració pròpia.



Imatge 3: Diagrama de Gantt

Font: Elaboració pròpia.

Capítol 3. Simulació

3.1. Concepte de simulació

3.1.1. Introducció

Durant el dia a dia, ens trobem immersos en diferents situacions que ens obliguen a prendre decisions per tal d'afrontar els problemes. Moltes de les decisions que prenem són sense pensar i avaluar les possibles alternatives. Si això, per exemple, ho traslladem al món empresarial, podem veure com les grans empreses s'enfronten a grans problemes que poden afectar a milers de persones i a la viabilitat de la pròpia empresa. Així doncs, podríem dir que la vida de les persones i la de la pròpia empresa està en mans de les decisions dels responsables.

Aquests no poden adoptar una decisió sense abans tenir en compte totes les possibles alternatives. Però hi ha diverses qüestions a resoldre: quina és la millor estratègia a seguir? Quins són els recursos que s'han d'utilitzar? Quins són els costos de les diferents opcions? Què passa si canvia la demanda?

A totes aquestes preguntes, és el que pretén respondre aquest projecte mitjançant la simulació.

L'ús de la simulació és la capacitat de representar, tot fingint que s'està realitzant una determinada activitat sense dur-se a terme. El que pretén la simulació, és experimentar diferents situacions a partir d'un model que té en compte certs aspectes de la realitat. Podem utilitzar la simulació per obtenir dades en diverses possibles situacions que es poden donar en la realitat. Tanmateix, també és possible representar esdeveniments de llarga durada en un període de temps molt petit. El resultat de repetir aquesta simulació és la creació d'un històric de dades sobre el comportament del sistema o procés concret, les quals permeten veure l'evolució de l'experiment en les diferents situacions a les que s'ha sotmès. D'aquesta manera, a partir de les dades obtingudes i usant tècniques d'anàlisi estadístic es podran establir les conclusions pertinents i prendre les mesures o decisions adequades davant del problema.

L'evolució extraordinària de les tecnologies, en la capacitat de processament dels ordinadors, unit també a l'evolució dels softwares, han fet possible que la simulació per ordinador sigui una eina matemàtica molt potent i amb molta flexibilitat per analitzar sistemes o processos. [7]

La simulació és utilitzada en molts àmbits, com l'industrial, l'aeronàutic, l'informàtic, el de telecomunicacions, l'econòmic, el militar, etc. Algunes aplicacions poden ser:

- ✓ Estudi d'optimització i gestió de cues, ja siguin en bancs, grans magatzems, hospitals, centres comercials, ciutats, entre d'altres.
- ✓ Estimació de fiabilitat en sistemes complexes.
- ✓ Gestió i optimització de xarxes de transport (tren, avió, vaixell).
- ✓ Estudi per a la gestió i optimització de magatzems i centres logístics.

- ✓ Estudi de plantes de producció per tal de millorar l'eficiència, els costos i determinar els recursos mínims necessaris.
- ✓ Estudi de terminals aeroportuàries per tal de millorar el flux i el control de passatgers, així com definir els recursos necessaris. [11]

3.1.2. Definició de Simulació

Per tal de definir la paraula simulació, hem de fer memòria i anar a buscar el significat al llatí. D'aquí, s'extreu que el mot està compost per la paraula “similis” que significa “semblant” i el sufix “-ció, -ion” que és equivalent a “acció i efecte”. La simulació, llavors, es pot definir com: l'acció de simular, és a dir d'imitar o fingir quelcom. [8]

Està molt bé saber el significat de la paraula, però què és la simulació?

Seguidament, es mostren una sèrie de definicions de diversos autors:

Thomas Naylor: “La simulació requereix experiments d'operacions lògiques i matemàtiques, necessàries per descobrir el comportament i l'estructura de sistemes complexes del món real a través d'un llarg període de temps”.

R.Shannon: “La simulació és dissenyar i desenvolupar un model computeritzat d'un sistema o procés i dur a terme experimentalment aquest model amb el propòsit d'entendre el comportament del sistema del món real o bé, avaluar varies estratègies, en les quals, pot operar el sistema”.

Shubik: “La simulació d'un sistema o d'un organisme és l'operació d'un model el qual és anomenat simulador, és una representació del sistema real. Aquest model o simulador estarà subjecte a diverses manipulacions, les quals serien impossibles de realitzar, massa costoses o impracticables. L'operació d'un model pot estudiar-se i amb ell, conèixer les propietats pertinents al comportament del sistema o subsistema real”. [7]

3.1.2.1.Fases d'una Simulació

1. **Descripció del problema a resoldre i determinació dels objectius:** cal definir molt detalladament allò que es planteja, dividir el problema i remarcar què es vol aconseguir de forma clara.
2. **Construcció del model conceptual:** elecció dels objectes, elements, variables i altres conceptes. Identificació de relacions entre aquests. Els esquemes gràfics permeten entendre millor el que es vol programar.
3. **Implementació del model a l'ordinador:** etapa més llarga i que comporta més feina. Si les etapes anteriors no s'han realitzat, aquesta no serà afectiva.
4. **Verificació del programa i validació:** comprovació que el programa funciona correctament, és a dir, comprovació de si els outputs són els desitjats.

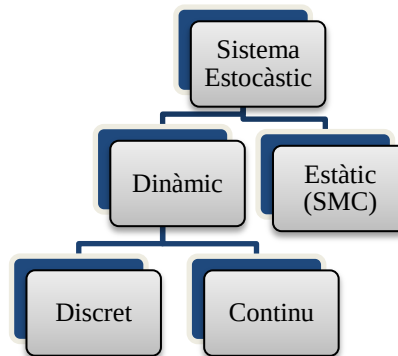
5. **Probes de la simulació:** realització de les proves pertinents de la simulació que es vol dur a terme, amb l'ús de les dades corresponents.
6. **Simulació:** un cop vist que tot funciona correctament, es realitza la simulació.
7. **Anàlisi de resultats i documentació:** Per acabar, s'analitzen els resultats obtinguts, es treuen les conclusions i es prepara la documentació pertinent. [11]

La modelització és com una abstracció de la realitat, intenta construir la realitat de forma intel·lectual i descriptiva. Podem construir models analògics, matemàtics, a escala, físics, o com en el que ens centrarem nosaltres, models per ordinador. Els models es construeixen amb elements simples per representar una realitat complexa.

Un sistema és el conjunt d'entitats, que mitjançant la interacció, intenten arribar a un objectiu comú. Normalment serà difícil o complicat treballar amb aquests sistemes reals, per això s'utilitzen els models prèviament validats.

Un sistema serà estocàstic quan el seu comportament depengui de variables o factors aleatoris (són l'objectiu central de la simulació). Aquests sistemes estocàstics també poden ser estàtics (quan tenim temps concrets) o dinàmics (quan analitzem la seva evolució al llarg del temps). Al seu temps els sistemes dinàmics poden ser discrets o continus. Seran discrets si els canvis d'estat del sistema es produeixen en valors de temps discrets, en cas contrari, seran continus.[11]

Seguidament, a la imatge 4, podem apreciar un esquema sobre el sistema estocàstic.



Imatge 4: Esquema de la simulació.

Font: Apunts d'introducció a la simulació [11]

La simulació és una eina clau utilitzada per trobar errors en processos o sistemes i intentar trobar la solució més òptima. Amb la simulació s'intenta preveure el comportament futur. Els models es desenvolupen per entendre la realitat i experimentar amb ella.

3.1.3. Avantatges de la Simulació

- Experimentació amb un model fictici, en comptes d'utilitzar el sistema real.
- Representació gràfica i entenedora del model, així com outputs numèrics i gràfics que permeten comparar els resultat obtinguts.
- Permet l'aplicació en qualsevol fase d'un sistema per tal de millorar o solucionar un problema.
- Permet reduir el temps necessari per comprovar el funcionament d'un sistema.
- Qualsevol sistema pot ser modelat i representat mitjançant la simulació.
- Permet realitzar un estudi de les diferents alternatives o factors que afecten el sistema.
- Permet identificar els problemes, els agents i recursos per combatre'ls.
- Permet representar un sistema i experimentar amb ell de manera ràpida i a baix cost per tal de trobar millors alternatives. [11]

3.1.4. Inconvenients de la Simulació

- És un ciència imprecisa que pot no portar resultats congruents o òptims, cal tenir en compte que la simulació no és exacta. Per tal de reduir la incertesa es pot incrementar el nombre d'iteracions.
- Existeixen circumstàncies, les quals, no és possible assegurar que el model sigui vàlid.
- La realització d'un model altament complex, pot portar a una gran despesa econòmica, ja que es requereix d'experts en programació, matemàtiques i estadística. [11]

3.2. Què és Simio?

Simio és un software informàtic de modelatge i simulació basat en objectes intel·ligents. Aquest llenguatge de simulació permet construir, crear i simular models dinàmics. Els models es construeixen basats en una orientació a objectes. Aquests últims són físic si tenen la funció de representar els components del sistema. Poden ser màquines, cintes transportadores, carretes, cotxes, etc. Amb això, l'usuari disposa d'una gran llibreria d'objectes que pot utilitzar o construir. Tots el models o objectes creats en *Simio*, es poden utilitzar en altres projectes de modelatge, els quals es poden emmagatzemar en biblioteques, facilitant la compartició.

Aquest programa ha estat creat de tal manera que, tot i tenir poca experiència en simulació, permet crear els teus propis models de forma senzilla. Això s'ha aconseguit gràcies a que el procés de creació a partir d'objectes és totalment gràfic i comprensible. Per aquest motiu

disposa d'animació 2D i 3D per facilitar la creació i interpretació gràfica. Cal mencionar que el programa també disposa d'un enllaç directe al magatzem de "Google" que permet descarregar objectes, tant en 3D, com en 2D. Mitjançant els processos lògics es pot modificar el comportament dels objectes en qualsevol punt d'aquests. Cal mencionar que la construcció de la lògica i l'animació es realitzen sota un únic pas. També hi ha una sèrie de propietats i estats que defineixen un objecte. Posteriorment, entrarem més en detall sobre aquestes característiques.

Simio, tot i estar orientat a objectes, també permet l'orientació a processos, esdeveniments discrets i continus, i al modelatge basat en agents. [4], [5]

Per què *Simio*?

- Menor cost, resultats més ràpids, menor inversió en temps i diners.
- Millors gràfics i representació 3D.
- Orientació a objectes que permeten un disseny senzill i que milloren la compartició.
- Interfície moderna i fàcil d'usar.
- Ajuda acadèmica per aprendre de manera ràpida el seu ús.
- Els objectes creats de manera independent poden tenir interaccions complexes entre ells.
- Es pot combinar la simulació orientada a objectes, a processos, a esdeveniments discrets, continus, etc. [4]

3.2.1. Modelar amb *Simio*

Abans de començar la pròpia programació o construcció del model, s'ha de tenir una idea molt clara del problema plantejat del funcionament del propi sistema. En el cas que es tingui poc o un complet desconeixement del programa, serà complicat realitzar un model d'aquesta envergadura.

Per això abans de començar a programar un model com aquest, és important saber el que aquest programa t'ofereix. És aconsellable començar realitzant petits models, per tal de familiaritzar-se amb *Simio*. Al Youtube es pot trobar una gran quantitat de vídeos, els quals t'ensenyen passos bàsics per a realitzar petits models. Per altre banda, dins del mateix Youtube, o des del mateix programa *Simio*, a la finestra de suport, es poden trobar vídeos formatius impartits pels mateixos creadors del programa. El fet de mirar aquests vídeos i realitzar els models que proposen, permet l'adquisició de coneixements bàsics.

Cal saber, també, que *Simio* disposa de tota una sèrie de petits models que representen tasques simples, però comunes, acompanyades d'explicacions. Aquests es coneixen com a *Simbits*, i

suposa una gran ajuda per tal d'extreure idees. També disposa d'una Guia de referència per tal de fer consultes dels elements del programa. Finalment, per a nivells més avançats, ofereix una sèrie d'exemples de sistemes de grans dimensions com poden ser, Terminals d'aeroports, WereHouse, etc..

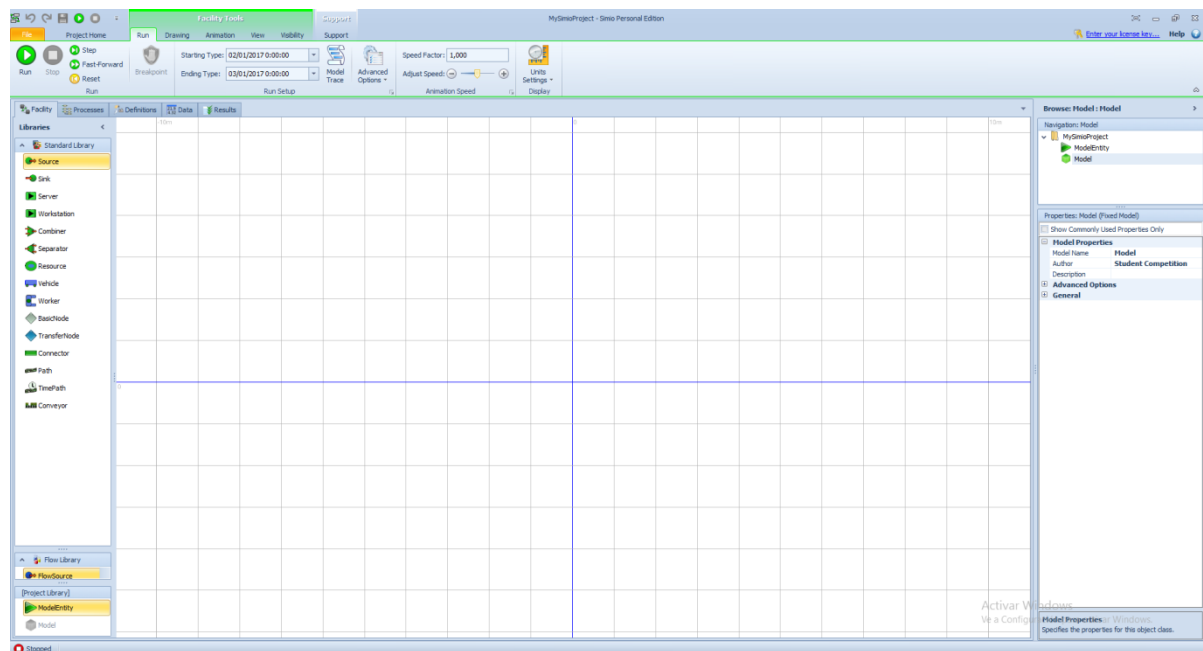
En aquest apartat no es pretén donar a conèixer totes les funcions i característiques del programa, però sí donar unes petites pinzellades sobre el seu funcionament.

3.2.1.1 Interfície

Com podem apreciar a la imatge número 5, *Simio* ofereix una interfície simple per tal de facilitar la programació dels models.

A la pestanya Facility, és on hi ha representats els models i els objectes (a l'esquerra de la pantalla). Les pestanyes de la dreta mostren les propietats del model o de l'objecte seleccionat en qüestió.

També cal mencionar les pestanyes de Processos, Definicions, Data i Resultats, on més endavant s'explicarà, la seva funció, detalladament. [10]



Imatge 5: Interfície del programa *Simio*.

Font: Programa *Simio*.

3.2.1.2 Objectes:

Entity

Les entitats són objectes dinàmics que poden anar passant per els diferents objectes estàtics. Aquestes entitats tenen propietats i estats. Les propietats són aquelles que s'han creat a l'entitat model i que no poden canviar. Totes les entitats dinàmiques creades a partir de l'entitat model tindran les mateixes propietats.

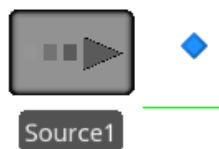
En canvi, els estats, són variables afegides al model principal. Poden ser variables globals que poden compartir diferents entitats, es poden afegir estats només a una entitat. Aquests estats ens serveixen perquè la entitat porti informació associada. [10]

Source

És l'objecte d'entrada, és utilitzat per crear les entitats dinàmiques, que posteriorment circulen pel model. El Source està compost per l'objecte principal d'entrada i un node de sortida que s'anomena Output. En aquest node de sortida, és on comencen els possibles camins que l'entitat dinàmica pot recórrer. També disposa d'una cua anomenada Outputbuffer, on les entitats s'esperen en cas de no poder sortir.

Entre les propietats del Source hi ha el tipus d'entitat d'entrada, el numero d'entitats, el temps entre arribades, etc. També es pot activar el Source, mitjançant taules o Events. En el cas d'esdeveniments, el Source crea entitats quan aquells s'activen.

El Source a l'hora de crear les entitats, també pot assignar valors d'estat, afegint informació a aquestes. [10]



Server

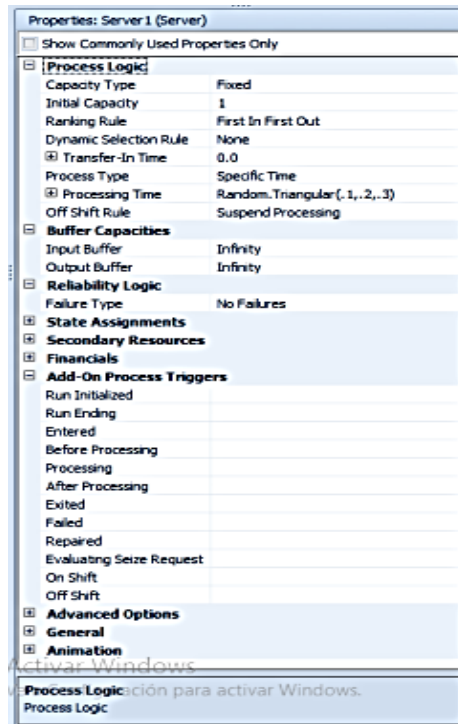
El Server, és un objecte estàtic compost per l'estructura principal o processador i els nodes d'entrada i de sortida. Quan una entitat arriba al Server, entra pel node d'entrada. Això es pot programar de diverses maneres, per tal de gestionar les entitats a l'hora d'entrar. Alguns exemples en serien: el primer que arriba, l'últim de la cua, l'entitat amb el valor més gran o la del valor més petit. Es poden lligar processos o assignar estats, tant en el node d'entrada, com en el de sortida.[10]

El processador del server pot activar-se de diferents maneres, com per exemple quan arriba una entitat.

En el Server es pot programar, també, el temps de processament, així com la capacitat de processament. Es poden establir recursos secundaris que s'usaran per realitzar les tasques.

Permet calcular els costos d'utilització, costos d'entrada, d'operació, de sortida i d'emmagatzematge. A més es poden lligar processos, així com assignar estats.

Les propietats del Server les podem veure representades a la imatge número 6.



Imatge 6: Propietats Server.

Font: Progamma Simio.

Workstation:

El Workstation és l'objecte estàtic que permet més opcions de tots els que ofereix el programa Simio. Les propietats d'aquest objecte són molt similars a les del Server explicat anteriorment, però, aquest, permet altres opcions. De la mateixa manera que el Server, el Workstation està compost d'un node d'entrada, un de sortida i l'estació principal de processament. L'operació d'aquest es divideix en tres parts: el muntatge (SetupActivity), el procés (ProcessingActivity) i el desmuntatge (TeardownActivity). Quan les entitats entren, passen per aquestes tres parts. En el Workstation també es permet l'assignació de recursos secundaris, com poden ser treballadors, vehicles, eines, entre d'altres. Una de les diferències més importants respecte el Server, és que aquest permet la consumició de material i creació de nou material. També incorpora un apartat de finances per calcular els costos de producció, tenint en compte tots els factors.[10]

TimePath:

Els TimePath, com el seu nom indica, són camins que permeten el flux de les entitats en funció del temps. Aquests camins poden ser direccionals o bidireccionals. Es poden establir regles d'entrada al camí en funció de les entitats que van arribant. Es pot programar de tal manera que només hi passin unes determinades entitats, amb una determinada informació específica (això

s'aconsegueix a treves de l'opció SelectionWeight). També permet fer assignació d'estats i activació de processos. [10]

Sink:

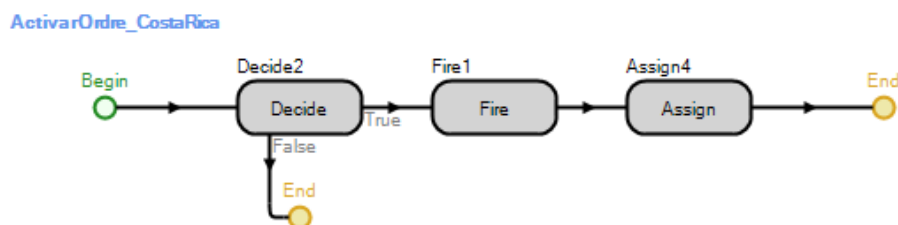
Aquest objecte estàtic és l'oposat a l'objecte Source. Aquest, en comptes de crear entitats, les elimina del sistema. De la mateixa manera que en la majoria d'objectes estàtics, es pot programar el temps de transferència de l'entitat, així com assignar estats, lligar processos lògics o establir costos.[10]

Process:

Un dels problemes possibles a l'hora de modelar amb *Simio*, és que els objectes no tinguin totes les funcions que interessin. Llavors, es poden utilitzar els processos per tal d'aconseguir totes les funcions desitjades. Els processos són petites estructures lògiques que es poden afegir als objectes estàtics en qualsevol punt. Aquests processos es poden utilitzar per assignar variables, activar *Events*, avaluar alternatives, calcular costos, establir comptadors, destruir entitats, consumir material... Per tant, podríem dir que un procés és una seqüència de passos que pot anar canviant l'estat d'un o més elements.

Simio ha establert un sistema gràfic per tal de construir aquests processos de forma intuïtiva. Cal mencionar, també, que aquests processos es poden activar quan els arriba una entitat o en funció del temps, mitjançant un *Timer*. També es poden activar a l'inici de la simulació o en el moment d'aturar-la.[10]

A la imatge 7 podem veure un exemple d'un procés.



Imatge 7: Exemple d'un procés.

Font: Font pròpia programa Simio.

Els passos principals per tal de modelar la lògica de processos són els següents (taula 5):

Decide	Decideix a partir de l'expressió que se li atribueix, depenent de si l'entitat és verdadera o falsa, s'envia aquesta a un o altre punt de sortida. És a dir, si es falsa, anirà a un camí, i si es verdadera, farà un altre camí .
Assign	Quan l'entitat arriba aquí, s'assigna un valor desitjat a una variable d'estat desitjada.
Delay	Té la funció d'aturar les entitats durant un determinat període de temps.
Fire	Quan l'entitat arriba al fire inicia un <i>Event</i> determinat.
Consum	Aquest activa el consum del material.

Destroy	Quan l'entitat es troba en un <i>destroy</i> , és eliminada del sistema.
Produce	Activa la producció de material.
Execute	Activa un altre procés determinat.

Taula 5: Principals passos dels processos.

Font: Simio Reference Guide [10]

3.2.1.3 Definitions

En la pestanya de “Definicions”, hi trobem les següents propietats que podem afegir al sistema.[10]

Elements:

Els elements són components del model amb una construcció específica de les propietats i del comportament. Sovint aquests elements estan lligats a processos.

Alguns exemples d'elements són:

Monitor: Element que detecta quan un valor discret canvia o creua un valor específic, sol estar lligat amb processos.

Material: S'utilitza per especificar el material que és usat o creat. Aquest pot estar lligat a processos o als *Workstation*.

TallyStatistic: Permet fer estadístiques de les observacions de determinades dades.

State:

És una variable que pot canviar de valors durant el curs de la simulació. *Simio* suporta tant variables discretes com contínues. Aquests estats poden ser canviats mitjançant els processos, usant un *Assign*, que permet assignar un nou valor a una variable d'estat, o bé, a través dels *State Assignments*, que podem trobar a tots als objectes estàtics (nodes, camins, Servers, Workstation). Els estats discrets inclouen valors numèrics, *strings* i referències d'estats.

Events:

Els *events* són notificacions que poden ser llençades per un objecte i respostes per molts d'ells. Per llançar un *event* s'utilitzen els processos. El Fire és l'encarregat d'activar un *event* concret.

Capítol 4. Programació del Model

4.1 Introducció

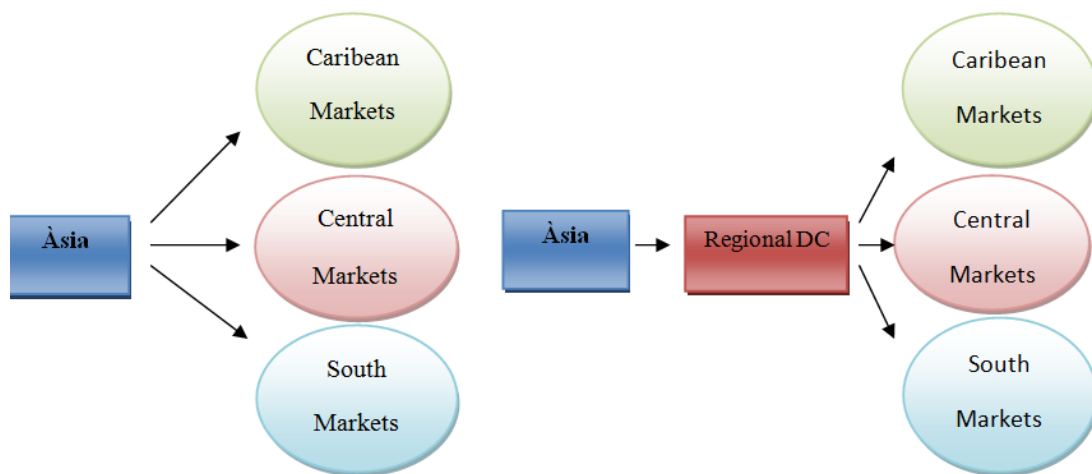
4.1.1 Problema plantejat

En aquest estudi, *Simio Competition* planteja el problema següent:

Una empresa de la Costa Rica vol expandir-se al Carib i Amèrica del Sud. Tot el producte l'importa des del centre de fabricació situat a Àsia. Cal tenir present que la demanda és canviant i el mercat és molt volàtil. Per tant, un dels reptes de l'empresa és ser flexible i ràpid als canvis.

Actualment, l'empresa disposa d'un centre de fabricació a Àsia, i d'una sèrie de centres de distribució locals, repartits entre Costa Rica, Guatemala, El Salvador, Uruguai, Paraguai i Jamaica. El que volen els directors és obtenir prou informació per poder escollir quina és, de les dues estratègies següents, la més rendible per a l'empresa:

- Enviar el producte directament des d'Àsia als centres locals.
- Enviar el producte, en primer lloc, a un centre de distribució regional, ubicat a Panamà o Miami, i després als centres de distribució locals.



Imatge 8: Representació del problema.

Font: Elaboració pròpia a partir de l'enunciat del problema.

Els resultats s'hauran d'exposar a la junta de directors, per tant, s'ha de dur a terme una clara presentació.

Per tal de poder realitzar el model, es faciliten les següents dades (que podem veure de forma específica a la taula 6):

- Demanda prevista.

- Estoc inicial. L'estoc inicial suggerit equival a un 15% de les existències de seguretat, **tenint en compte els terminis de lliurament per als diversos centres.**

País	La demanda prevista (casos per dia)	Inventari inicial (casos)
Costa Rica	Triangular (0,715,1430)	23000
Guatemala	Triangular (0,1143,2286)	36800
El Salvador	Triangular (0,1071,2142)	34500
Uruguay	Triangular (0,715,1430)	46000
Paraguay	Triangular (0,536,1072)	34500
Jamaica	Triangular (0,715,1430)	23000

Taula6: Demanda diària i inventari inicial

Font: Dades del problema Simio Competition.

Els centres de distribució volen determinar la millor estratègia per fer les comandes, el que es coneix com a punt de comanda. Les opcions proposades són dues: **estratègia periòdica i estratègia contínua.**

- A l'**estratègia periòdica**, el nivell d'inventari del centre de distribució es comprova cada "X" temps, que poden ser dies, setmanes o altres mesures temporals. I si el nivell d'inventari està per sota d'un valor específic es fa la comanda amb la quantitat desitjada.
- A l'**estratègia contínua**, el nivell d'inventari del centre de distribució és constantment controlat, i quan aquest cau per sota d'un determinat valor, es realitza l'orde.

Per tant, el model ha de ser capaç d'experimentar amb les dos estratègies d'abastiment d'inventari, per tal que, posteriorment, es determini l'estratègia més adequada.

També s'han de tenir en compte els resultats del nivell de servei dels centres de distribució, el nombre de comandes perdudes i el lucre cessat que s'ha deixat de guanyar quan no hi ha inventari, en el cas que no es pugui satisfer la demanda.

Una restricció important que ens planteja el problema és que els vaixells només poden sortir un cop per setmana a cadascuna de les rutes generals: Amèrica del Sud, Amèrica Central i el Carib. Es suposa que els vaixells poden transportar un nivell de carrega infinita.

També cal tenir en compte tot una sèrie de costos:

- Cost de fabricació a les instal·lacions d'Àsia 27200 CRC per caixes.
- **Preu de venda 245000CRC** per caixa, independentment del país.
- El cost d'espera d'inventari (holding cost) es de 140 CRC per setmana.

- Els costos Operacionals, que s'especifiquen a la taula 7:

País	Costos Operacionals (CRC per cas)
Costa Rica	32700
Guatemala	24500
El Salvador	24500
Uruguai	40800
Paraguai	40800
Jamaica	32700
DC regional	54500

Taula 7: Costos Operacional.

Font: Enunciat del problema Simio Competition.

- Cost per comanda enviada de 5450000 CRC.
- Costos de transport que s'especifiquen a la taula següent expressats amb TEU (TEU per cada 1000 caixes):

Punt Sortida	Punt Arribada	Temps de trànsit (dies)	Cost de transport (CRC per TEU)
Àsia	Centre Amèrica	Triangular (23,28,30)	817.000
Àsia	Sud Amèrica	Triangular (60,65,75)	1362000
Àsia	Carib	Triangular (23,28,30)	817.000
Àsia	Panamà(DC Regional)	Triangular (25,27,30)	654000
Àsia	Miami(DC Regional)	Triangular (23,24,28)	545.000
Panamà	Centre Amèrica	Triangular (2,3,4)	436.000
Panamà	Sud Amèrica	Triangular (23, 24, 25)	817.000
Panamà	Carib	Triangular (2,3,8)	436.000
Miami	Centre Amèrica	Triangular (3,4,5)	490000
Miami	Sud Amèrica	Triangular (24, 25, 28)	926.000
Miami	Carib	Triangular (1,2,3)	382.000

Taula 8: Costos de transport

Font: Enunciat Simio Competition.

Cal tenir en compte que quan el vaixell arriba a port, el producte entrant s'analitza per danys i perjudicis. Normalment hi ha una petita quantitat d'estoc que queda en mal estat degut al transport. El nombre de caixes danyades es troba entre el 0,5 i l'1,0 per cent del total de caixes

enviades. El model també ha d'incloure els temps de càrrega i descàrrega, que són diferents depenent del port. A la taula número 9 hi ha indicats els temps de descàrrega:

País	Temps Descàrrega
Costa Rica	4-6
Guatemala	12-15
El Salvador	10-12
Uruguai	4-6
Paraguai	5-8
Jamaica	8-9
Regional Dc	20-24

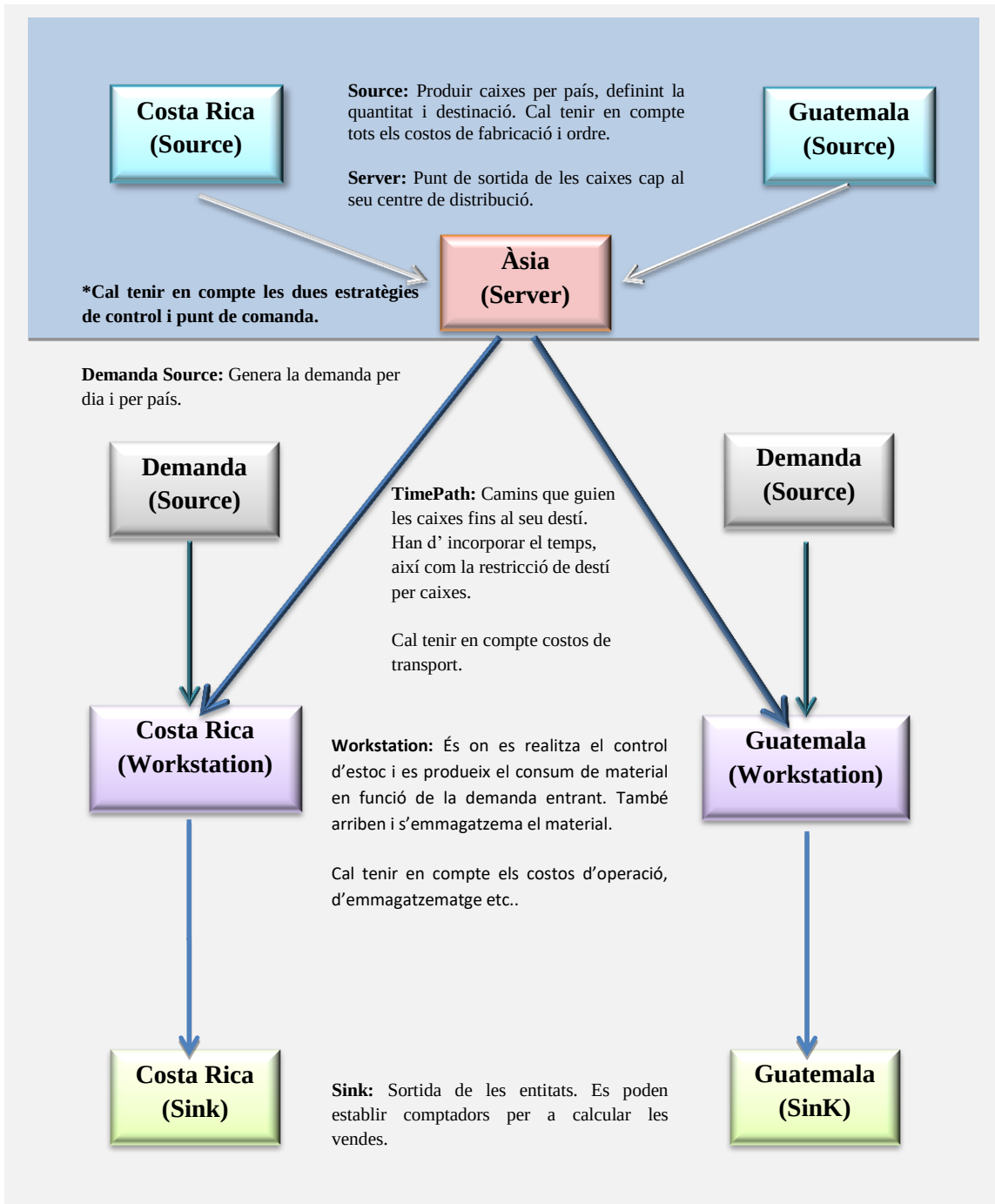
Taula 9: Temps de descarrega.

Font: Enunciat Simio Competition

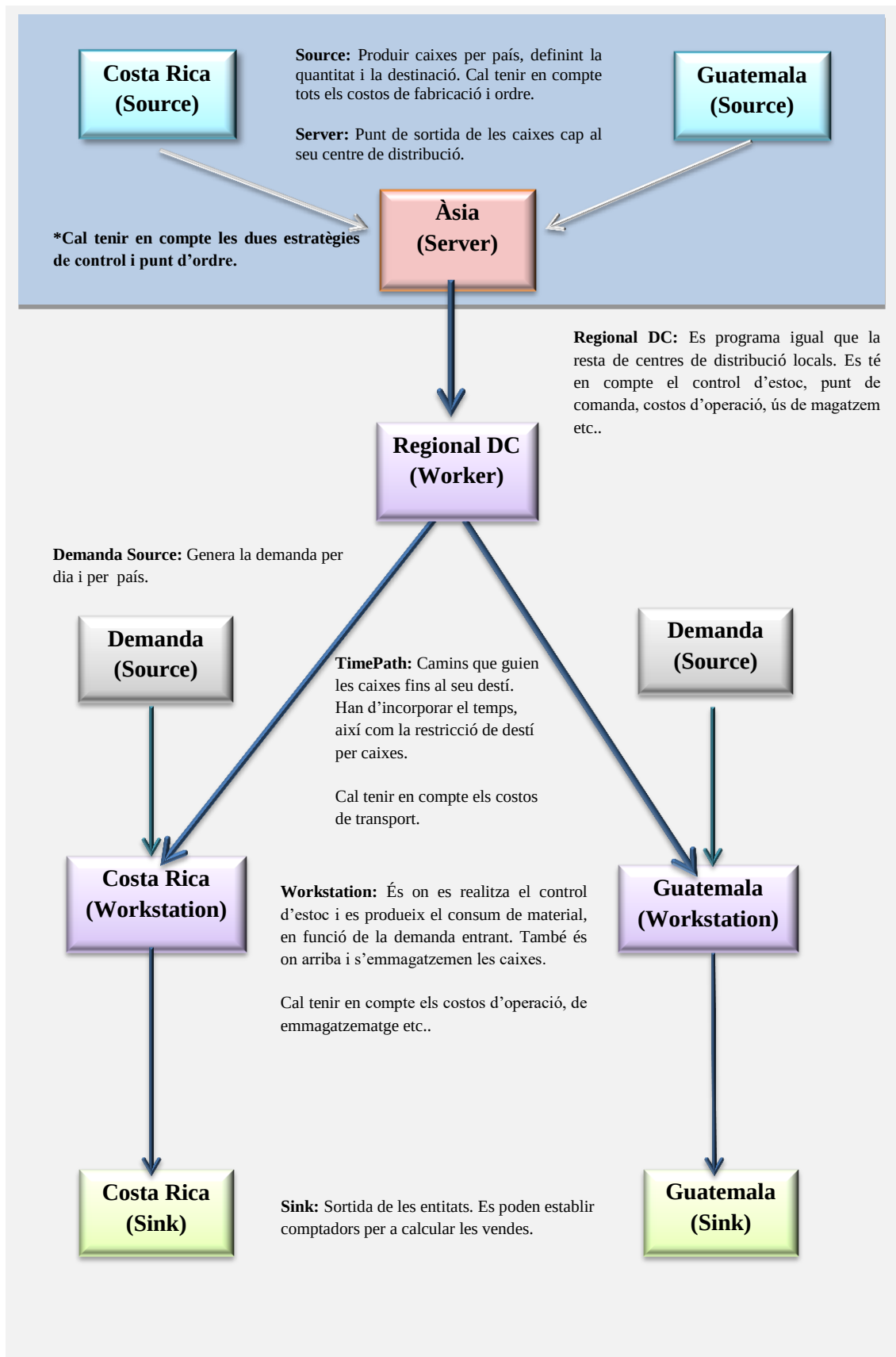
4.1.2 Esquema resum

Abans de començar amb la programació del model, és important plantejar el problema de forma esquemàtica i entenedora per tal de facilitar la feina a l'hora de programar. Per a realitzar aquest esquema resum, només es tindran en compte dos països.

4.1.2.1 Esquema resum sense centre regional



4.1.2.2 Esquema resum amb centre Regional DC



4.2.Dades que cal saber abans de modelar

Hi ha una sèrie de dades que ens manquen a l'hora de llegir l'enunciat del problema. Aquestes dades poden ser: el punt de comanda, la quantitat d'estoc a demanar o l'estoc de seguretat. Es tracta de dades de vital importància per la correcta simulació del problema. Per aquest motiu és important analitzar les dades detalladament abans de construir el model. Per a calcular les dades, és important aprofundir en la gestió d'estocs.

Cal destacar que la gestió d'existències és una feina difícil i complicada. Si volguéssim aprofundir en el tema, podríem plantejar un altre treball de final de grau només dedicat a analitzar el control i la gestió d'existències. Per tant, en aquest projecte només ens centrarem en la gestió bàsica.

Cal tenir present que aquest tipus de gestió pretén assegurar la disposició d'estoc, per tal de satisfer les necessitats de la demanda (tenint en compte diverses variables i restriccions). Per aquest motiu s'intentarà trobar el sistema adequat per tal de mantenir un nivell d'estoc òptim. Posteriorment, es realitzarà una optimització de les dades per tal que el programa trobi les combinacions de dades que maximitzen beneficis. D'aquesta manera, podrem comparar-les amb les obtingudes a través de la teoria de gestió d'estocs.

4.2.1.Control d'estoc

Per tal de saber en quin moment fer la comanda i la seva quantitat, primer hem de tenir en compte quina estratègia de control d'estoc s'usa.

Tal i com ens marca l'enunciat, hem de realitzar una estratègia contínua, on constantment es monitoritza el nivell d'estoc, i una estratègia periòdica, on el nivell d'estoc es comprova cada X dies.

Per tal de complir amb les dues estratègies, s'ha usat l'estratègia de punt de comanda i comanda òptima. En aquest cas es comprova constantment el nivell d'estoc i s'envia una ordre quan aquest baixa d'un cert nivell.

En l'estratègia periòdica s'utilitza un altre sistema tot calculant el temps d'emissió de la comanda. En aquest problema es suposa una quantitat de comanda constant.

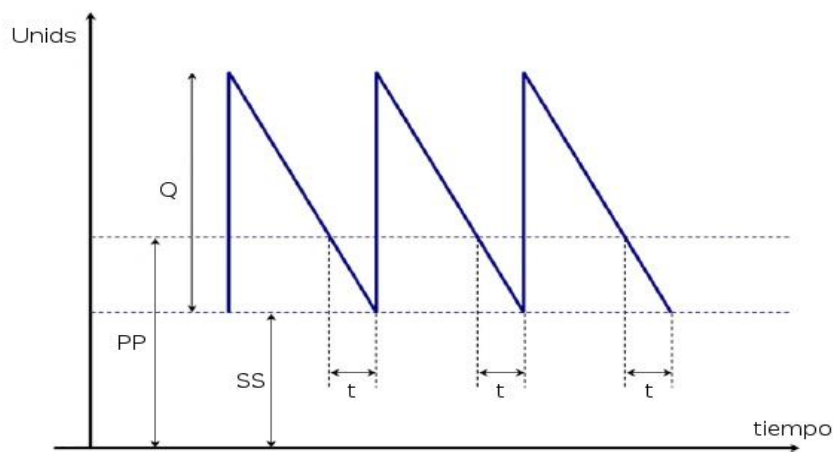
4.2.1.1.Estratègia contínua:

Punt de comanda i comanda òptima

Aquests mètodes són els que permeten calcular el nivell, en el qual, s'ha de realitzar la comanda i en quina quantitat.

Abans però, cal conèixer les següents definicions:

- **Quantitat de Comanda (Q) o “OrderQuantity”:** És el numero d’unitats de producte per a cada encàrrec.
- **Estoc de Seguretat (SS) o “Safety Stock”:** Són les unitats de producte que es guarden en estoc per fer front a un augment de demanda puntual o als retards en l’aprovisionament.
- **Temps de lliurament (t):** És el temps que tarda el proveïdor en portar el producte a lloc, un cop enviada l’ordre.
- **Punt de Comanda (PP) o “Re-OrderPoint”:** És el punt, en el qual, s’envia l’ordre per tal que ens enviïn una nova comanda. És a dir, quan l’estoc baixa a un determinat nivell, s’envia l’ordre per a demanar la nova comanda. [1]



Imatge 9: Nivells d'estoc.

Font:[1],[9]

Estoc de Seguretat:

Per a calcular l'estoc de seguretat, s'utilitza la següent fórmula:

$$SS = Z * Sd * \sqrt{t}$$

On tenim que:

Z= El valor Z, depèn del nivell de servei que volem donar al client.

Sd: És la desviació típica.

T: És el temps d'entrega.

En el nostre cas, l'enunciat ja ens marca l'estoc de seguretat que em de utilitzar, concretament ens diu: “L'estoc inicial suggerit equival a un 15% de les existències de seguretat, **tenint en compte els terminis de lliurament per als diversos centres**”. [9]

A partir d'aquí podem obtenir les següents dades:

	SS
Costa Rica	3000
Guatemala	4800
El Salvador	4500
Uruguay	6000
Paraguay	4500
Jamaica	3000

Taula 10: Estoc de seguretat.

Font: Creació pròpia a partir de les dades del problema.

Punt de comanda o “ReorderPoint”:

Punt que permet cobrir la demanda dels clients durant el termini de lliurament del proveïdor, tenint en compte l'estoc de seguretat. [9]

A partir d'aquesta definició s'extreu la següent fórmula:

$$PP = SS + (d \cdot t)$$

SS= Estoc de seguretat.

d= Demanda mitjana diària.

t= Temps d'entrega.

Exemple de dades:

	Demanda (Unitat/dia)							Inventari	Temps de transport					
	Estoc Inicial	SS	Cicle Estoc	min	Avg	Max	SD	Mean	AvgDays	min	Avg	Max	SD	Mean
Costa Rica	23000	3000	20020	0	715	1430	291,90	715,00	32,2	23	28	30	1,47	27,00
Guatemala	36800	4800	32004	0	1143	2286	466,63	1143,00	32,2	23	28	30	1,47	27,00
El Salvador	34500	4500	29988	0	1071	2142	437,23	1071,00	32,2	23	28	30	1,47	27,00
Uruguai	46000	6000	46475	0	715	1430	291,90	715,00	64,3	60	65	75	3,12	66,67
Paraguai	34500	4500	34840	0	536	1072	218,82	536,00	64,4	60	65	75	3,12	66,67
Jamaica	23000	3000	20020	0	715	1430	291,90	715,00	32,2	23	28	30	1,47	27,00

Taula 11: Dades càlcul d'estocs.

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de l'enunciat.

1. Punt de comanda pel primer model (Àsia→Centres Locals):

Centre Local	Punt de comanda
Costa Rica	23020
Guatemala	36804
El Salvador	34488
Uruguai	52475
Paraguai	39340
Jamaica	23020

Taula 12: Punt de comanda sense centre DC.

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de l'enunciat.

2. Punt de comanda pel model amb Centre Regional a Panamà:

Per al càlcul de l'estoc de seguretat dels centres locals, s'han tingut en compte els canvis de temps d'entrega, entre d'altres criteris. S'ha utilitzat la fórmula descrita anteriorment per a realitzar els càlculs.

	Punt de comanda	Estoc de seguretat
Costa Rica	3326	1181
Guatemala	5316	1887
El Salvador	4981	1768
Uruguai	20720	3560
Paraguai	15533	2669
Jamaica	4502	2357

Taula 13: Punt de comanda Panama

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de l'enunciat.

Tenint en compte un estoc inicial de 197800 unitat, un estoc de seguretat de 25800 unitats, una demanda diària de 4895 unitats i un temps mig d'entrega de 27 dies, podem calcular el punt de comanda per al centre regional de Panamà que s'estima en : **Punt de comanda Panamà = 157965.**

3. Punt de comanda pel model amb Centre Regional a Miami:

En aquest model s'han tingut en compte els canvis de temps d'entrega, entre d'altres criteris. S'ha usat la fórmula descrita anteriorment per a realitzar els càlculs.

	Punt de comanda	Estoc de seguretat
Costa Rica	4042	1182
Guatemala	6461	1889
El Salvador	6054	1770
Uruguay	21437	3562
Paraguay	16070	2670
Jamaica	2609	1179

Taula 14: Punt de comanda Miami.

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de l'enunciat.

Tenint en compte un estoc inicial de 197800, un estoc de seguretat de 25800, una demanda diària de 4895 i un temps mig d'entrega de 24 dies, podem calcular el punt de comanda per el centre regional de Miami que s'estima en : **Punt de comanda Miami 143280.**

Quantitat de Comanda

Per a trobar la quantitat de la comanda, farem ús del “Economic Order Quantity”, EOQ. Es tracta del model més utilitzat de control d'inventari. Aquest ens permet saber la quantitat òptima d'unitat a demanar per tal de minimitzar els costos de manteniment del producte. Es centra en cercar un punt d'equilibri entre els costos per ordenar un producte i els costos per mantenir-lo en inventari.[9]

$$Q = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

D= Demanda anual en unitat de producte.

S= Cost fixe de realitzar una comanda.

H= Cost unitari d'emmagatzematge de l'article.

I= Cost de manipulació del producte en percentatge del cost del producte anual.

C=Cost unitari del producte.

1. Quantitat de comanda: primer model (Àsia→Centres Locals)

	Demanda	Cost Unitari	Cost Comanda	Cost Magatzem (u/any)	Quantitat de comanda
Costa Rica	260975,00	27200,00	5450000,00	7300,00	19741
Guatemala	417195,00	27200,00	5450000,00	7300,00	24959
El Salvador	390915,00	27200,00	5450000,00	7300,00	24160
Uruguai	260975,00	27200,00	5450000,00	7300,00	19741

Paraguai	195640,00	27200,00	5450000,00	7300,00	17092
Jamaica	260975,00	27200,00	5450000,00	7300,00	19741

Taula 15: Quantitat de comanda sense DC.

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de l'enunciat.

2. Quantitat de comanda: models amb Centre Regional.

Quan els centres locals demanen una comanda ho fan al centre regional, que pot estar a Miami o a Panamá. Això fa que els costos fixos d'ordre només existeixin entre el centre de fabricació a Àsia i el centre regional. Per tant, els centres locals, al fer l'ordre, només tindran costos variables de transport i de gestió de la comanda.

En aquest cas, s'ha optat per establir la mateixa quantitat de comanda, modificant el Punt de comanda en funció del centre local.

La quantitat de comanda del Centre Regional és de:

	Demanda	Cost Unitari	Cost Comanda	Cost Magatzem	Quantitat Comanda
Centre Regional	1786675,00	27200,00	5450000,00	7300,00	51651

Taula 16: Quantitat de comanda amb DC.

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de l'enunciat.

Notes importants:

La fórmula optimitza la quantitat de comanda per tal de minimitzar costos. No té en compte el consum d'estoc durant el període que tarda en arribar la comanda. En algunes situacions, la quantitat de comanda és inferior al cicle d'estoc, és a dir, durant el temps que tarda en arribar la comanda s'ha consumit més estoc del què porta la comanda òptima. Per tant, en aquests casos, s'ha d'enviar la comanda abans que la darrera comanda hagi arribat a lloc(en cas d'estar per sota del nivell òptim d'estoc).

Tampoc té en compte la quantitat de producte malmès durant l'enviament (entre el 0,5 i l'0,1% de la quantitat enviada).

Degut als problemes comentats anteriorment, en ocasions esporàdiques es produeix una petita baixada d'estoc. Això provoca una baixada del nivell de servei al 87%, en el cas més crític.

Per això, s'ha optat per enviar un 15% més de la quantitat calculada anteriorment. Les quantitats finals són les de la taula 17:

	Quantitat òptima	+15%
Costa Rica	19741	22702,15
Guatemala	24959	28702,85
El Salvador	24160	27784

Uruguai	19741	22702,15
Paraguai	17092	19655,8
Jamaica	19741	22702,15

Taula 17: Quantitat òptima a enviar.

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de l'enunciat.

4.2.1.2. Estratègia periòdica

L'estoc es comprova a intervals de temps. Aquesta estratègia no contempla el punt de comanda. Quan arriba el moment de revisar l'estoc, independentment del nivell d'aquest, es fa una comanda que augmenta la quantitat d'estoc a un nivell prefixat. Aquesta estratègia és la menys utilitzada perquè no permet reaccionar en moments de canvis de demanda. [1]

Tenim dues opcions per a establir l'estratègia periòdica:

Opció 1:

Em de calcular el numero de vagades o de dies que em de fer la comanda. Per fer-ho podem utilitzar els dos mètodes que tenim a continuació:

1. Mètode basat en la fórmula anterior EOQ:

La formula és la següent:

$$\text{Comandes anuals} = \sqrt{\frac{\text{Demanda Anual} * \text{Costos emmagatzematge}}{2 * \text{Costos comanda fixos}}}$$

$$\text{Tempsderevisió} = \frac{365}{\text{Comandesanuals}}$$

2. Segon mètode:

$$\text{Comandes anuals} = \frac{\text{Demanda Anual}}{\text{Quantitat òptima}} \text{Temps de revisió} = \frac{365}{\text{Comandes anuals}}$$

Ambdós mètodes donen el mateix resultat:

	Demanda	Quantitat	Comandes Anuals	Temps de revisió
Costa Rica	260975	19741	13,22	27,61
Guatemala	417195	24959	16,72	21,84
El Salvador	390915	24160	16,18	22,56
Uruguai	260975	19741	13,22	27,61
Paraguai	195640	17092	11,45	31,89
Jamaica	260975	19741	13,22	27,61
RGDC	1786675	51651	34,59	10,55

Taula 18: Temps òptim.

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de l'enunciat.

En aquest projecte s'utilitza aquest últim mètode, amb la quantitat òptima incrementada en un 15%.

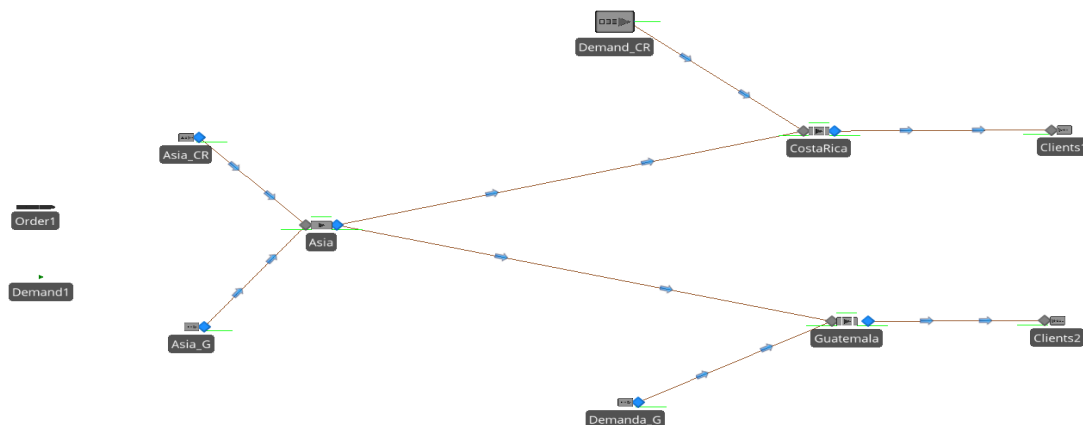
Opció 2:

També tenim una altra opció per tal de desenvolupar una estratègia periòdica. Aquesta consisteix en establir un temps de control de la comanda, a l'atzar, cada X dies. Durant aquest temps es mesura el nivell d'estoc i s'emet una comanda. Per tal de determinar la quantitat de comanda, es fixa un nivell màxim d'estoc i es fa la diferència entre aquest i el real : [1]

$$Q^* = (\text{Estoc màxim} - \text{Estoc real})$$

4.3 Programació del Model

Un cop après el funcionament bàsic del programa, és hora d'iniciar el nostre estudi. En primer lloc, s'analitza l'estructura del problema i posteriorment, es procedeix amb la seva programació. Com es pot veure a la imatge 10, tots els passos es van realitzar, en primer lloc, amb dos països, per tal de reduir el volum d'informació.



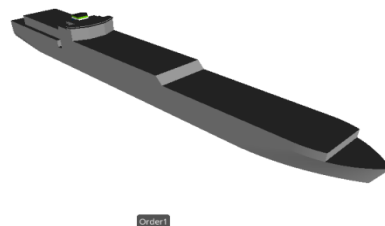
Imatge 10: Estructura simple

Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de l'enunciat.

4.3.1 Model Entity

En aquest cas s'han creat dos tipus d'entitat: una en referència al producte i l'altre, a la demanda.

- Pel que fa el producte, se l'ha anomenat "Order", ja que es tracta de l'entitat que porta el material des del centre de producció fins al centre de distribució corresponent. Aquesta entitat porta informació associada, com la quantitat de material (Order_Qty) i el destí de l'entitat (Destination). Les dues són variables d'estat.



L'*Order_Qty* porta informació referent a la quantitat de material que transporta. Aquesta informació, posteriorment, serà usada per incrementar el nivell d'estoc dels magatzems locals.

La variable *Destination* té assignada la informació del destí a on es dirigeix l'entitat *Order* (vaixell). Aquest compren els valors entre 1 i 6, cada destí és un nombre. És a dir, si té valor d'1 el seu destí és Costa Rica, si té valor de 2, serà Guatemala, 3 El Salvador etc..

- L'entitat de la demanda és aquella que es genera un cop al dia amb la informació de la demanda. S'ha creat una variable d'estat amb el nom *Deman_Qty*, per representar la quantitat de la demanda generada. Durant la simulació del model, aquesta entitat no es veu ja que només ha estat creada per enviar informació. Cada país genera la seva pròpia entitat de demanda.

Aquestes dues entitats són creades a través dels objectes estàtics "*Source*".

4.3.2. Source

L'objecte *Source* és l'encarregat de generar objectes d'entitat. S'ha creat un objecte *Source* per a cada país per tal de generar l'entitat *Order* corresponent i un objecte *Source*, per a cada país, per generar les entitats de *Demanda*.

Asia_CR (Source): Els objectes *Source* encarregats de generar les entitats *Order*, s'han programat en funció "On Event". Aquest exemple concret s'activa en funció de "l'event_order_CostaRica". La informació que les entitats porten, es genera en el *Source* a l'hora de crear les entitats corresponents. En aquest cas com ja s'ha comentat, l'entitat *Order* porta una sèrie d'estats assignats al moment de crear-se. Aquest estats els podem trobar a la finestra "State Assignments" on hi ha informació relacionada amb l'entitat. (Podem veure aquestes propietats a la taula 11).

The screenshot displays the configuration of the 'Asia_CR (Source)' entity. The left pane, titled 'Properties: Asia_CR (Source)', shows a tree structure with the following sections: 'Entity Arrival Logic', 'Stopping Conditions', 'Buffer Capacities', 'State Assignments' (highlighted with a red box), 'Table Reference Assignments', 'Financials', 'Add-On Process Triggers', 'Advanced Options', 'General', and 'Animation'. The 'State Assignments' section shows 'Before Exiting' with '4 Rows'. The right pane, titled 'Before Exiting - Repeating Property Editor', shows a list of items: 'Order.Order_Qty, 25000', 'Order.Destination, 1', 'NumbCR, 0', and 'DamagedCases_CR, 0'. Below this list is a 'Basic Logic' section with a 'State V...' dropdown set to 'Order.Order_Qty' and a 'New Va...' dropdown set to '25000'. A 'New Value' section is also present with the text 'The new value to assign.' and 'Add' and 'Delete' buttons.

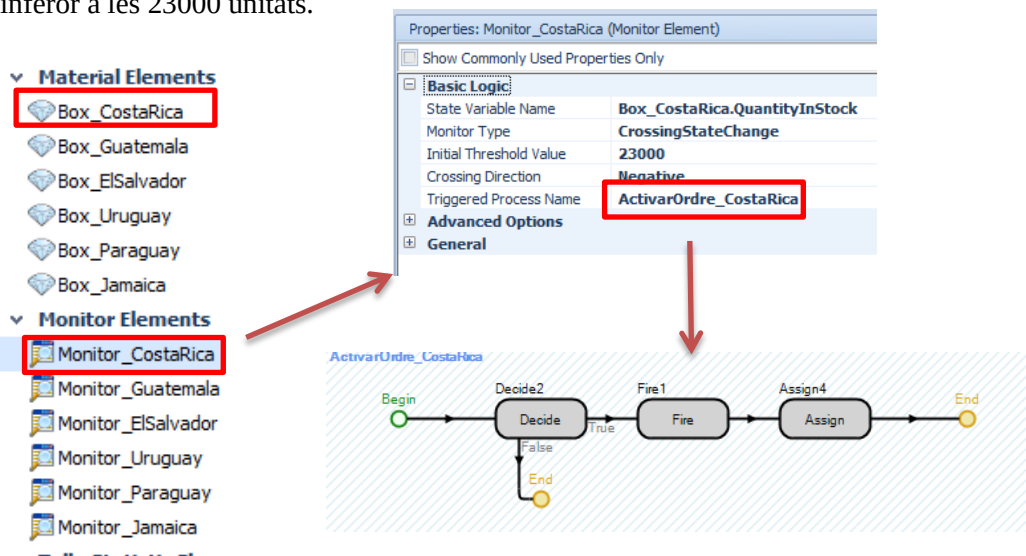
Imatge11: Propietats Àsia_CR.

Font: Elaboració pròpia mitjançant del programa Simio.

Per activar els Source, és necessari que primer s'activi l'*event* associat al *source*. Per fer-ho s'han tingut en compte les dues estratègies proposades per l'enunciat. Cal recordar que les entitats *Order* (vaixell) són les que transporten el material que solliciten els centres locals per restablir l'estoc de material. Per tant, tenim dos maneres de fer aquesta sollicitud de material: a través de l'estratègia contínua o de la periòdica.

Estratègia Contínua: La seva funció és monitoritzar el nivell d'estoc dels centres (mitjançant el "Monitor Element"), de forma continua, de tal manera que, quan es detecta que aquest es troba per sota del nivell desitjat, activa l'ordre per enviar la comanda. Per tal de representar l'estoc i el fluxe de materials, s'han creat uns materials per cada país (que representen l'estoc de magatzem de cada país).

Per exemple, el material de Costa Rica té el nom de "Box_CostaRica". El "Monitor_CostaRica" s'encarrega de monitoritzar el nivell d'estoc de la Costa Rica. Es a dir, en cas que aquest estigui per sota d'un determinat nivell, activa el procés de creació de la comanda. Com podem veure a la imatge número 12, el procés s'activa ("ActivarOrdre_CostaRica") quan el nivell és igual o inferior a les 23000 unitats.



Imatge 12: Activar Ordre

Font: Elaboració pròpia mitjançant Simio.

Quan el monitor detecta un nivell d'estoc inferior al desitjat, 23000, aquest activa el procés. Es tracta del sistema lògic que permet activar l'*event*, que al seu temps, activa el *source*, encarregat de generar les entitats *Order*.

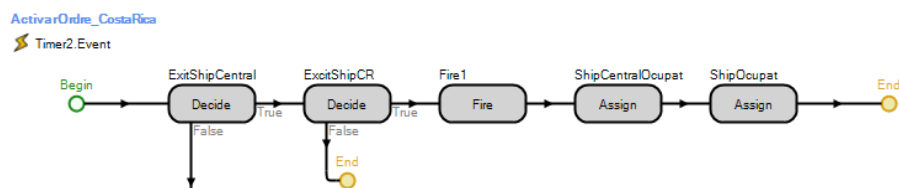
Aquest control d'estoc també es pot fer d'altres maneres, utilitzant processos associats a *timers*.

Passos del procés ActivarOrdre_CostaRica (Imatge 12):

- Primer es decideix si hi ha un vaixell disponible. Si està disponible, després es passa al següent pas.
 - Dispara “l’event_order_CostaRica”, mitjançant el Fire.
 - Per acabar, diu que ha ocupat un vaixell.
- *(Recordem que només pot sortir un vaixell a cada zona, Amèrica Central, Sud i Carib, i un cop cada set dies. Per tant s’ha establert un comptador, mitjançant els processos. Si la variable Exit_ShipCentral és igual a 0, el vaixell està disponible. Si és igual a 1, no està disponible. Cada 7 dies, el comptador es torna a reiniciar a 0. Quan surt un vaixell, s’assigna valor d’1 a la variable, per tal de dir que aquella setmana ja ha sortit un vaixell.

Estratègia Periòdica: S’ha optat per prescindir del Monitor control comentat anteriorment. En comptes d’aquest, s’usa el “TimerEvent”. Aquest lligat al procés lògic, activa el procés cada dia. Llavors, realitza els següents passos (a la imatge 13 ho podem veure gràficament):

- Comprovar si el vaixell està disponible. Decide→Exit_ShipCentral==0
- Després, mitjançant un comptador “ExitShipCR”, estableix el temps que ha de sortir el vaixell amb la comanda. Aquest temps ha estat calculat anteriorment, en aquest cas, és de 27 dies.
- Si les condicions anteriors es compleixen, posteriorment, es procedeix a l’activació de l’event, el qual, genera les entitats de la comanda. Fire→event_order_CostaRica
- Finalment, s’anuncia que el vaixell ha sortit assignant 1 a la variable *ShipCentral*. S’assigna valor 0 a la variable comptador del vaixell Costa Rica i, d’aquesta manera, el comptador es reiniciarà automàticament i tornarà a comptar fins a 27.



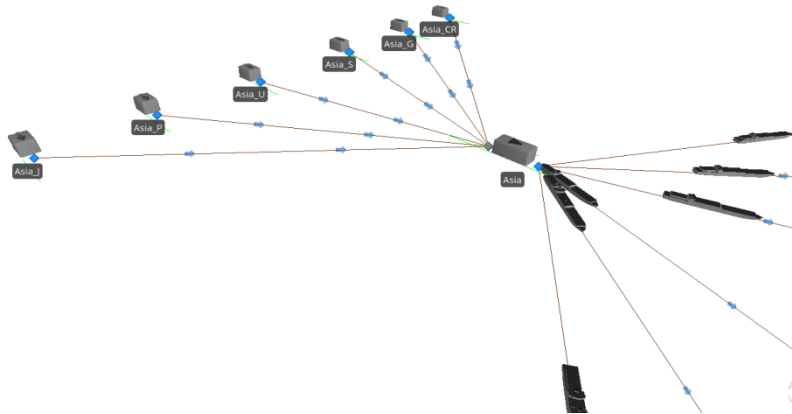
Imatge 13: Procés d’activació de l’event.

Font: Elaboració pròpia mitjançant Simio.

4.3.3. Server

Un cop creades les entitats en el *Source* corresponent, van a parar al server d’Àsia, i posteriorment, inicien el viatge cap als centres de distribució locals respectius.

El server d'Àsia i els *Source* respectius de cada país formen el centre de producció d'Àsia. L'output del server d'Àsia és el punt de sortida d'aquests vaixells cap als centres de distribució.



Imatge 14: Estructura del centre de fabricació a Àsia.

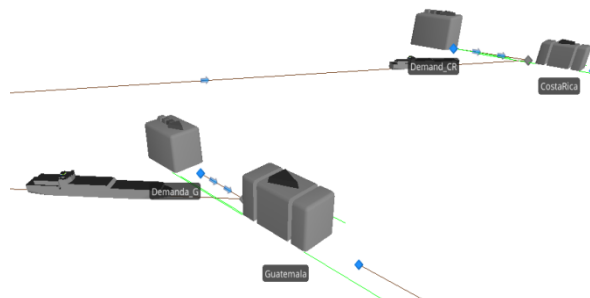
Font: Elaboració pròpia mitjançant Simio.

Per aconseguir que cada vaixell vagi al destí desitjat, s'assigna un valor a la variable "Destiantion", en funció del centre logístic on han de viatjar. Pels camins que porten d'Àsia als centres de distribució locals, només hi poden passar els vaixells amb un determinat valor "Destination". Per exemple: Quan es crea l'entitat (vaixell) al sourceAsia_CR, s'assigna valor 1 a la variable "Destination". Al camí que porta d'Àsia a Costa Rica se li afegeix una restricció, cosa que farà que s'acceptin només les entitats que tinguin la variable Destination=1. El mateix es fa amb el camí que porta d'Àsia a Guatemala, on només es permet el pas als vaixells que tenen la variable Destination=2. I això es fa amb tots els camins.

Els camins porten el temps de transport definit a l'enunciat, en relació al seu destí final.

4.3.4. Workstation

Els Workstation són objectes estàtics que s'utilitzen per a representar els centres de distribució. A aquests, els arriba la demanda i es produeix un consum dels productes (en funció de la demanda entrant). Reben, també, les comandes d'Àsia i es realitza la reposició d'estoc.



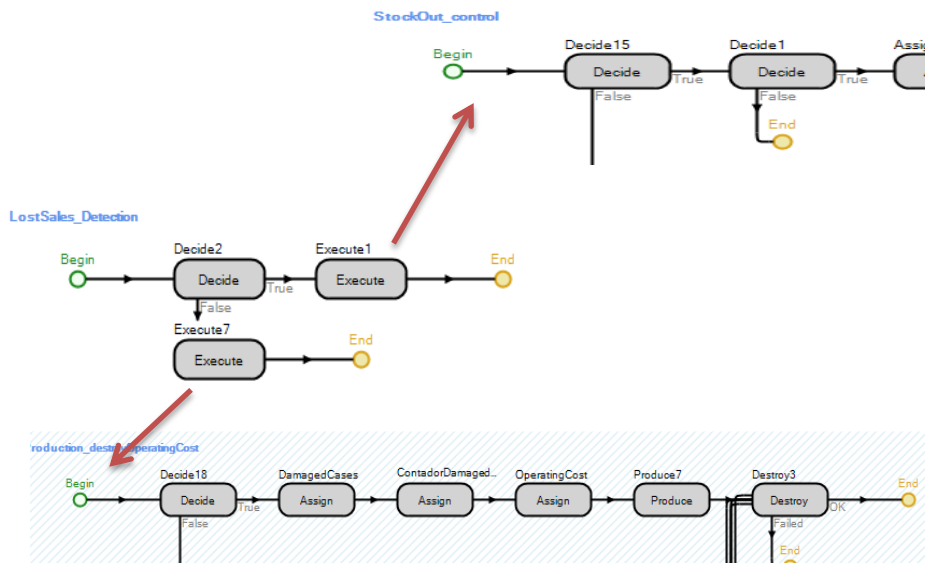
Imatge 15: Centres Locals.

Font: Elaboració pròpia mitjançant Simio.

A continuació, es detalla cada una de les funcions que tenen lloc al Workstation:

Node entrada:

Als workstation els entren dues entitats diferents: la demanda i els vaixells amb el material. El primer pas és diferenciar-los. Per a fer-ho s'ha incorporat un procés anomenat "LostSales_Detection", situat just al node d'entrada del Workstation. Quan una entitat arriba en aquest procés, aquest últim, decideix si es tracta de la Demanda o d'un Order. En el cas que sigui la Demanda, s'executa el procés "StockOut_control". En canvi, si arriba l'entitat Order, s'executa el procés "Production_destroyOperatingCost". A la imatge 16 podem veure el procediment de forma gràfica.



Imatge 16: LostSales_Detection

Font: Elaboració pròpia mitjançant Simio.

"StockOut_Control": En aquest procés, s'ha creat un comptador per tal de calcular les vendes que es deixen de fer, en el cas que la demanda excedeixi l'estoc. Quan s'activa el comptador, s'enregistra la demanda que no s'ha pogut satisfer.

"Production_destroyOperatingCost": Aquest procés s'activa quan l'entitat Order arriba.

- Primer de tot, decideix la procedència del vaixell.
- Posteriorment, calcula la quantitat de material fet malbé com a conseqüència del transport. Per a fer-ho s'usa la següent funció:
$$\text{Math.Ceiling}(\text{Random.Uniform}((\text{Order.Order_Qty} \times 0.05), (\text{Order.Order_Qty} \times 0.1)))$$
- A continuació, s'usa el valor del material fet malbé per al càlcul del cost.

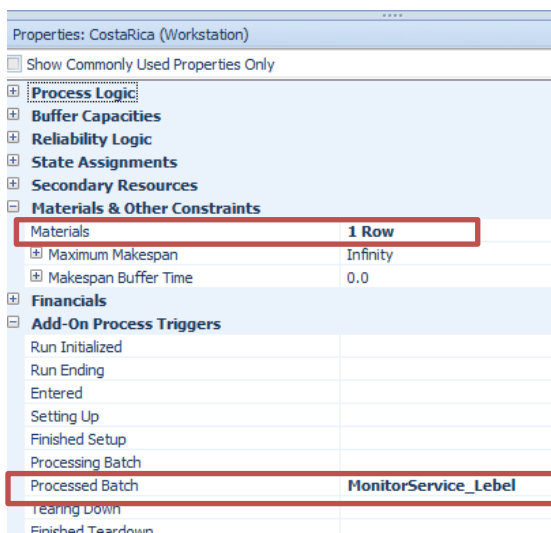
- Llavors, es procedeix a fer el càlcul del cost d'operació del material. La fórmula que s'utilitza és la següent: $\text{OperatingCost_CR.Cost} + (32700 * (\text{Order.Order_Qty} - \text{DamagedCases_CR}))$.
- En el moment de desembarcar el material, augmenta el nivell d'estoc, mitjançant el "Produce", el qual té en compte el material que ja no es pot utilitzar. $\text{Produce} \rightarrow \text{Order.Order_Qty} - \text{DamagedCases_CR}$
- Per acabar, un cop entregada la comanda, l'entitat es destrueix automàticament.

*El node entrada del Workstation també incorpora un altre procés anomenat "UnloadingDelay_Locals". Aquest està creat a partir de "Delays", que té la funció d'aplicar un retard a l'hora de desembarcar el material. El retard és diferent per a cada país en funció de les dades establertes a l'enunciat.

Estació Workstation:

Si fem clic sobre el Workstation, podem veure quines parts s'han programat. Hi ha dues funcions programades en els centres de distribució.

Si ens fixem en la imatge 17, podem veure que hi ha una fila associada a la finestra de materials, i un procés associat a la finestra "Processed Batch".



Properties: Costa Rica (Workstation)	
☐ Show Commonly Used Properties Only	
+ Process Logic	
+ Buffer Capacities	
+ Reliability Logic	
+ State Assignments	
+ Secondary Resources	
+ Materials & Other Constraints	
Materials	1 Row
Maximum Makespan	Infinity
Makespan Buffer Time	0.0
+ Financials	
+ Add-On Process Triggers	
Run Initialized	
Run Ending	
Entered	
Setting Up	
Finished Setup	
Processing Batch	
Processed Batch	MonitorService_Level
Tearing Down	
Finished Teardown	

Imatge 17: Propietats Workstation

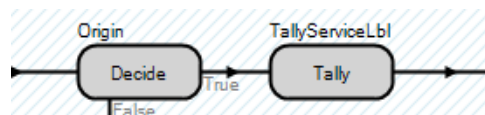
Font: Elaboració pròpia mitjançant Simio.

Materials: Els workstation permeten el consum de materials, sense fer ús de processos. Aquest és un dels motius pels quals, han estat escollits, com a centres de distribució locals. A la finestra de materials hi ha incorporada una fórmula que permet el consum d'estoc de material en funció de la demanda entrant. La fórmula és la següent:

$\text{Math.If}(\text{Box_CostaRica.QuantityInStock} > \text{Demand.Demand_Qty},$
 $\text{Demand.Demand_Qty}, \text{Box_CostaRica.QuantityInStock})$.

Si la demanda és més petita que la quantitat d'estoc, es resta a la quantitat d'estoc. D'aquesta manera, es produeix el consum de material.

ProcessedBatch→MonitorService_Label: Procés que té la funció de monitoritzar el nivell de servei al client. Això es pot dur a terme gràcies a l'element "TallyStatistic", el qual, s'ha creat, per a cada país. Aquest element està lligat a un procés que conté la fórmula: $\text{Math.Min}(1, \text{Box_CostaRica.QuantityInStock} / \text{Demand.Demand_Qty})$. Aquesta ens marca el nivell de servei, és a dir, en cas de no poder satisfer la demanda, el nivell de servei serà inferior a 1 o al 100%.



Imatge 18: Esquema del nivell de servei.

Font: Elaboració pròpia mitjançant Simio.

4.3.5. Sink

S'utilitza, només, com a objecte estàtic final i fa la funció d'eliminar la demanda, un cop processada als centres de distribució o "workstations". En l'estudi es representen els "Sink" com a clients finals que reben el material demanat.

Al node d'entrada dels "Sinks", hi ha un comptador que s'encarrega de calcular les vendes totals per a cada centre de distribució. En el següent apartat s'explica amb més detall la programació de costos i ingressos.

4.3.6. Cost Center

Simio ofereix diverses opcions per a calcular els costos.

Primer de tot, cal destacar que tots els objectes de Simio inclouen l'apartat de "Financial". Aquest apartat permet afegir costos operacionals, costos d'espera, costos d'entrada i sortida, costos per recursos utilitzats, entre d'altres.

En aquest estudi s'ha usat el càlcul del cost per mitjà de processos lògics, ja que ofereixen més facilitat per treballar amb les dades. Per a fer-ho, s'han creat els "Cost Center Elements", que permeten ser utilitzats com a comptadors. S'han establert els costos de transport, d'emmagatzematge, d'operació i d'ordre, per a cada centre. A més, s'han establert comptadors per a les vendes perdudes i per als beneficis.

D'aquesta manera, resulta molt fàcil interpretar els resultats, ja que els tenim perfectament classificats.

- Cost Emmagatzematge:
 $\text{InventoryHoldingCost_CR.Cost} + (\text{Box_CostaRica.QuantityInStock} * 20)$.

Es calcula mitjançant un procés lligat a un “Timer”.

- Cost de fabricació: $\text{ManufacturingCost_CR.Cost} + (27200 * \text{Order.Order_Qty})$

Cost de transport: $\text{TransportCost_CR.Cost} + ((\text{Order.Order_Qty} * 817000) / 1000)$

Cost per comanda: $\text{CostOrder_CR.Cost} + 5450000$

Aquests tres costos es calculen mitjançant un procés lligat al node de sortida de cada un dels “Source” d’Àsia.

- Cost Operació:

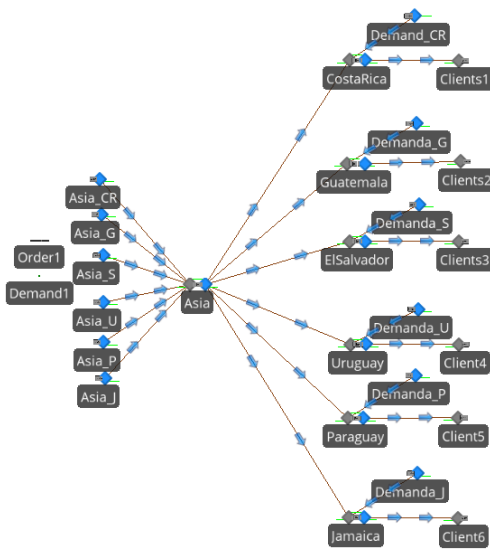
$\text{OperatingCost_CR.Cost} + (32700 * (\text{Order.Order_Qty} - \text{DamagedCases_CR}))$

El càlcul d’aquest el realitza al procés “Production_DestroyOperatingCost”, quan es coneix la quantitat de comanda que entra al magatzem (amb el material fet malbé descomptat).

4.3.7. Elements decoratius

Per establir els elements decoratius s’ha optat per fer-ho de la manera més simple possible, però mantenint l’estètica i la descripció gràfica del problema.

Estructura simple sense elements decoratius:



Imatge 19: Estructura simple sense elements decoratius completa.

Font: Elaboració pròpia mitjançant Simio.

Estructura amb elements decoratius:

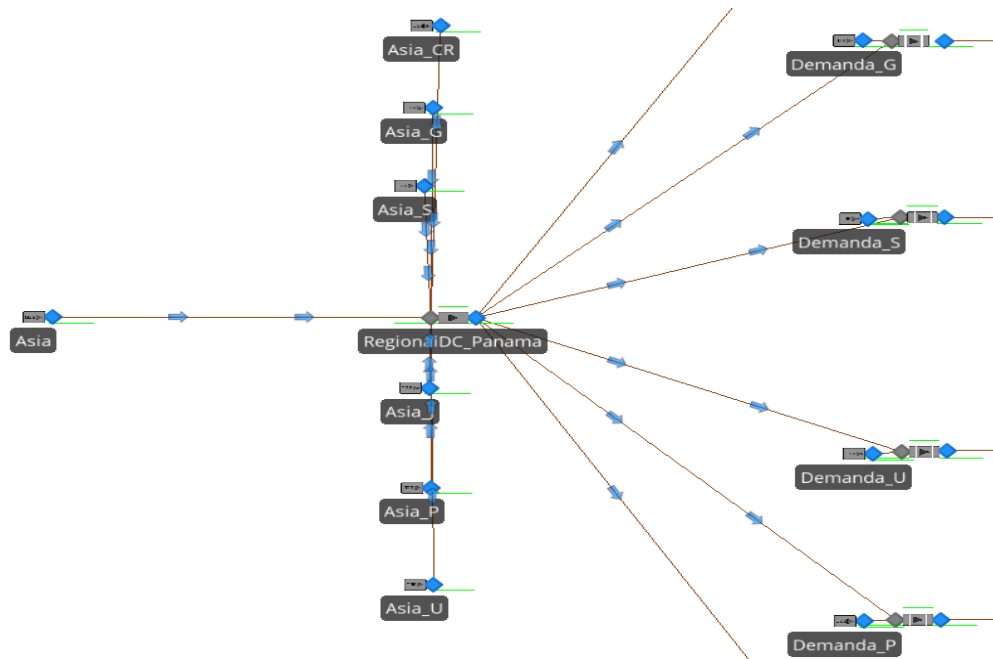


Imatge 20: Estructura simple amb elements decoratius.

Font: Elaboració pròpia mitjançant Simio.

4.3.8. Model amb centre regional

Per tal de complir amb els objectius proposats, s'ha creat un altre model amb centres de distribució regional, situats a Miami i a Panamà. Per tal de dur a terme la programació del centre regional, s'ha utilitzat el mateix mètode que en els centres de distribució locals. S'ha programat, tot minimitzant els canvis respecte el model esmentat.



Imatge 21: Estructura amb centre regional.

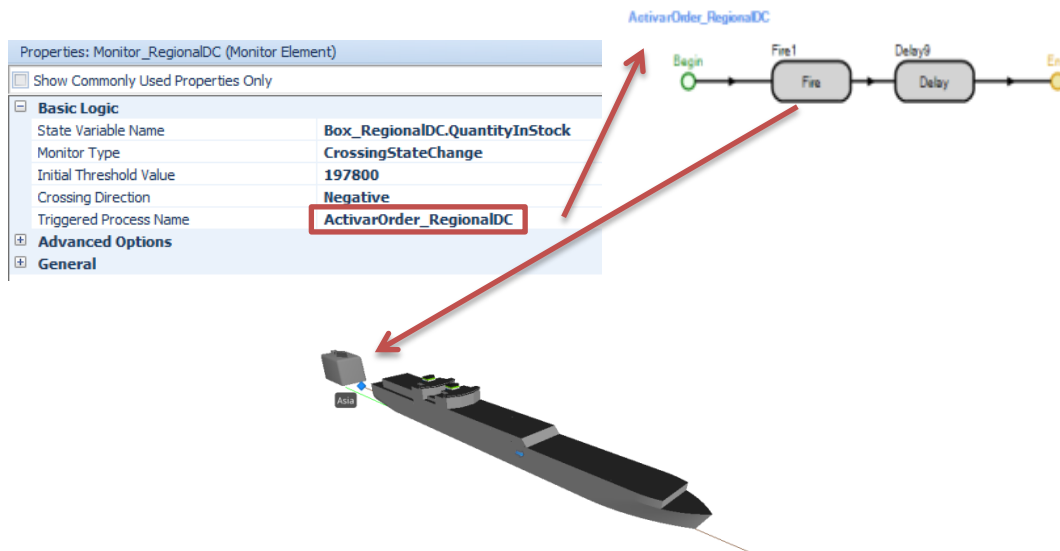
Font: Elaboració pròpia mitjançant Simio.

S'ha programat el centre Regional DC com un centre local, amb el seu material (Box_RegionalDC), el qual representa l'estoc de material del centre. A mesura que van sortint les entitats cap als centres locals, aquestes, en abandonar el centre regional, activen un procés que permet el consum d'estoc del centre regional. Això es realitza en funció del material que surt en direcció als centres locals. Aquest procediment està lligat al node de sortida del centre regional. Només disposa d'un pas, creat amb un "Consum" i que es basa en la següent formula: $\text{Math.If}(\text{Box_RegionalDC.QuantityInStock} > \text{Order.Order_Qty}, \text{Order.Order_Qty}, \text{Box_RegionalDC.QuantityInStock})$. Aquesta es podria interpretar de la manera següent: si hi ha més estoc al centre regional que demanda, resta l'estoc que s'envia, de l'estoc del centre regional.

A mesura que van disminuint els nivells d'estoc, per tal de complir amb l'estratègia contínua, s'ha establert un Monitor per monitoritzar el nivell de estoc. Quan aquest arriba a un nivell determinat, s'activa el procés associat al monitor. En aquest cas, el procés s'anomena

”ActivarOrder_RegionalDc” el qual activa l’event mitjançant un “Fire” encarregat de fer sortir el vaixell des d’Àsia fins al centre regional.

També s’ha establert un “Delay” al procés per complir amb la restricció següent: només pot sortir un vaixell cada 7 dies.



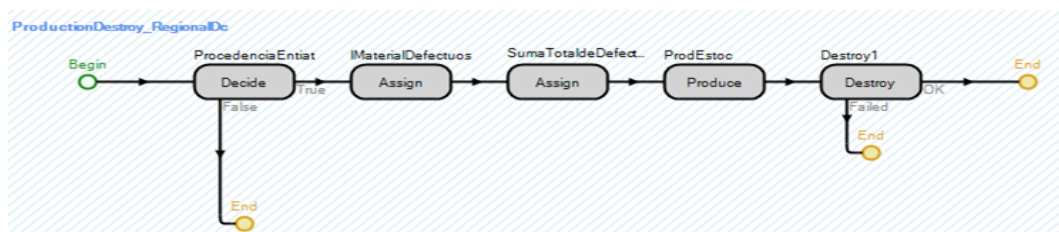
Imatge 22: Activar l’event del centre regional.

Font: Elaboració pròpia mitjançant Simio.

Quan el Source Àsia s’activa, genera l’entitat Order amb una sèrie d’estats assignats. Ens informa sobre la quantitat de material que porta.

Quan l’entitat “vaixell” arriba al node d’entrada del centre regional, activa el primer procés “UnloadingDelay_RegionalDc”. Aquest provoca un retard per descarregar el material, tal i com està establert l’enunciat.

Posteriorment, s’activa un altre procés “ ProductionDestroy_RegionalDC”, el qual, comprova el tipus d’entitat i calcula el material fet malbé. Posteriorment, disminueix o incrementa el material en estoc del centre regional, tenint en compte el material defectuós. Després destrueix l’entitat.



Imatge 23: Producció estoc centre regional.

Font: Elaboració pròpia mitjançant Simio.

4.3.9. Verificació del Programa i Validació del model

Abans de procedir a la simulació i al anàlisi de dades, és important verificar i validar que, tant el programa, com el model són correctes. En aquest cas, com no tenim un sistema real amb el qual fer les comprovacions, s'ha optat per procedir a verificar els outputs a partir dels inputs, ja que són dades que podem calcular.

Per exemple, suposem que s'envia una comanda de 22702 unitats amb un cost per ordre de 5450000CRC, un cost de transport de $(817000/1000) \cdot \text{Unitat}$, un cost operacional de 32700 CRC per unitat i un cost de emmagatzematge de 20 CRC per unitat/dia. Podem fer els càlculs i comparar aquests amb els que ens dóna el programa. També podem comprovar que les restriccions es compleixin correctament.

La següent imatge és un exemple de com podem anar monitoritzant els outputs per fer les comprovacions pertinents.

Estoc	Demanda	Servei	
27891	81	1	Costa Rica
28279	1474	0,93499096...	Guatemala
10286	1695	0,80701754...	El Salvador
5342	417	1	Uruguay
6529	696	1	Paraguay
26142	529	1	Jamaica

Costos	Vendes Perdudes	Ingressos	
3339274782	0	9259775000	Costa Rica
3093216542	521605000	15175790000	Guatemala
2225805056	2717050000	12355840000	El Salvador
1991263358	0	9961210000	Uruguay
1723575816	0	6852895000	Paraguay
3336979542	0	9661085000	Jamaica

15710115096	Costos Totals
46357939904	Beneficis

Imatge 24: Outputs de la simulació.

Font: Elaboració pròpia mitjançant Simio.

Capítol 5. Anàlisi dels escenaris

Per dur a terme l'anàlisi dels diferents escenaris que es planteja al problema, s'ha realitzat un model per a cada situació. En total, tenim sis models diferents que representen les diferents possibles situacions.

Cada model està compost de les dades específiques que ens ha proposat l'enunciat o amb les dades calculades en apartats anteriors.

5.1. Taula de resultats

Per a dur a terme la simulació, i que aquesta ens proporcioni valors propers a la realitat, s'ha realitzat una simulació de 300 iteracions, d'un any, per a cada un dels models, amb un interval de confiança del 95%.

A continuació tenim les taules amb els resultats més significatius:

Estratègia continua (Àsia→Centres locals)

	Cost Comanda	Cost Magatzem	Cost Fabricació	Cost Operació	Cost transport	Cost Total (CRC)
Costa Rica	55.699.000,0	149.253.838,6	6.310.792.768,0	7.149.161.433,0	189.555.797,5	13.854.462.837,0
Guatemala	74.883.000,0	175.225.530,8	10.726.741.056,0	9.480.400.685,0	322.196.597,2	20.779.446.869,0
El Salvador	74.120.000,0	146.043.115,4	10.277.857.280,0	8.523.003.405,0	308.713.580,8	19.329.737.381,0
Uruguai	56.244.000,0	269.550.979,6	6.372.822.912,0	10.724.869.152,0	319.109.735,5	17.742.596.779,0
Paraguai	50.794.000,0	200.305.565,4	4.982.874.624,0	8.286.756.624,0	249.510.119,0	13.770.240.932,0
Jamaica	56.898.000,0	162.184.476,4	6.446.641.536,0	7.398.354.399,0	193.636.255,0	14.257.714.666,0
Total	368.638.000,0	1.102.563.506,0	45.117.730.176,0	51.562.545.698,0	1.582.722.085,0	99.734.199.465,0

Nivell de Servei		Total (CRC)	
	%		
Costa Rica	100%	Demanda Perduda	5037658150
Guatemala	97%	Ingressos per venta	365.931.732.950
Jamaica	100%	Benefici	266.197.533.484
Paraguai	99%		
El Salvador	98%		
Uruguai	96%		

Taula 19: Resultats: sense centre regional

Estratègia periòdica (Àsia→Centres locals)

	<i>Cost Order</i>	<i>Holding Cost</i>	<i>Manufacturing Cost</i>	<i>Operating Cost</i>	<i>Transport Cost</i>	<i>Total Cost (CRC)</i>
Costa Rica	59.950.000	154.721.028	6.792.438.400	7.625.831.295	204.022.874	14.836.963.597
Guatemala	70.850.000	135.945.771	10.149.380.800	9.079.184.520	304.854.563	19.740.215.654
Jamaica	59.950.000	159.207.727	6.792.438.400	7.617.694.554	204.022.874	14.833.313.555
Paraguai	54.500.000	100.083.450	5.346.432.000	7.417.262.520	267.714.720	13.185.992.690
El Salvador	76.300.000	142.020.961	10.580.147.200	8.816.626.350	317.793.392	19.932.887.903
Uruguai	65.400.000	111.774.594	7.409.932.800	9.422.014.176	371.041.488	17.380.163.058
Total	386.950.000	803.753.531	47.070.769.600	49.978.613.415	1.669.449.911	99.909.536.457

Nivell de servei		Total (CRC)	
Costa Rica	100%	Vendes perdudes	4742242050
Guatemala	99%	Ingressos per venda	365.800.839.250
Jamaica	100%	Beneficis	265.891.302.793
Paraguay	98%		
El Salvador	99%		
Uruguay	94%		

Taula 20: Resultats: estratègia periòdica sense centre regional.

Estratègia Contínua Panamà:

	<i>Cost Order</i>	<i>Holding Cost</i>	<i>Manufacturing Cost</i>	<i>Operating Cost</i>	<i>Transport Cost</i>	<i>Total Cost (CRC)</i>
Costa Rica		67.924.734,6		7.308.938.865,0	103.514.854,0	7.480.378.454,0
Guatemala		104.612.984,4		8.358.495.705,0	161.132.520,0	8.624.241.209,0
Jamaica		72.440.968,0		7.116.452.604,0	98.861.273,4	7.287.754.845,0
Paraguai		81.307.862,2		6.811.251.960,0	243.328.831,9	7.135.888.654,0
El Salvador		99.813.875,4		7.811.827.695,0	283.516.271,4	8.195.157.842,0
Uruguai		99.614.747,0		8.855.910.504,0	198.828.976,2	9.154.354.227,0
RGDC	162.846.000,0	703.482.650,0	48.275.705.664,0	90.996.376.260,0	1.160.746.746,0	141.299.157.320,5
Total	162.846.000,0	1.229.197.822,0	48.275.705.664,0	137.259.000.000,0	2.249.929.473,0	189.176.932.552,0

Nivell de Servei		Total (CRC)	
Costa Rica	95%	Vendes perdudes	7698539450
Guatemala	96%	Ingressos per venda	363.090.487.550
Jamaica	94%	Beneficis	173.921.611.794
Paraguay	99%		
El Salvador	96%		
Uruguay	99%		

Taula 21: Resultats: estratègia contínua Panamà.

Estratègia periòdica Panamà:

	Cost Order	Holding Cost	Manufacturing Cost	Operating Cost	Transport Cost	Total Cost (CRC)
Costa Rica		121.092.997		7.985.555.166	105.512.000	8.212.160.163
Guatemala		185.493.275		9.169.513.815	176.462.280	9.531.469.370
Jamaica		118.336.540		7.986.184.641	105.512.000	8.210.033.181
Paraguai		110.769.596		6.482.021.664	258.780.000	6.851.571.260
El Salvador		198.513.281		8.569.084.230	308.826.000	9.076.423.511
Uruguai		161.508.792		9.141.301.200	197.714.000	9.500.523.992
RGDC	152.600.000	259.899.026	45.238.278.400	83.813.142.190	1.087.714.488	130.552.000.000
Total	152.600.000	1.155.613.507	45.238.278.400	133.147.000.000	2.240.520.768	181.933.815.581

Total(CRC)

Nivell de servei

Costa Rica	100%
Guatemala	100%
Jamaica	100%
Paraguay	100%
El Salvador	100%
Uruguay	100%

Vendes Perdudes	195652100
Ingressos per venda	370.594.058.450
Benefici	188.660.242.869

Taula 22: Estratègia periòdica Panamà.

Estratègia contínua Miami:

	CostOrder	Holding Cost	ManufacturingCost	OperatingCost	TransportCost	Total Cost (CRC)
Costa Rica		74.823.257		7.417.644.456	116.245.591	7.608.713.304
Guatemala		86.218.063		8.533.393.120	186.567.500	8.806.178.683
Jamaica		74.713.873		7.425.994.728	92.705.433	7.593.414.035
Paraguai		71.725.708		7.061.663.184	167.271.381	7.300.660.272
El Salvador		82.164.121		7.971.650.750	174.400.800	8.228.215.671
Uruguai		86.097.494		9.298.898.544	228.089.264	9.613.085.303
RGDC	166.116.000	787.958.652	49.238.464.896	92.354.443.775	986.579.536	143.533.562.858
Total	166.116.000	1.263.701.168	49.238.464.896	140.064.000.000	1.951.859.505	192.683.830.126

Total (CRC)

Nivell de Servei

Costa Rica	99%
Guatemala	99%
Jamaica	99%
Paraguay	100%
El Salvador	99%
Uruguay	100%

Vendes perdudes	387511600
Ingressos per venda	370.262.377.450
Beneficis	177.586.008.012

Taula 23: Estratègia contínua Miami.

Estratègia Periòdica Miami:

	Cost Order	Holding Cost	Manufacturing Cost	Operating Cost	Transport Cost	Total Cost (CRC)
Costa Rica		140.812.072		8.235.466.224	122.363.780	8.498.642.076
Guatemala		111.217.110		8.622.652.745	186.470.970	8.920.340.825
Jamaica		151.048.825		7.904.846.988	95.393.804	8.151.289.617
Paraguai		132.145.485		7.267.487.760	182.014.560	7.581.647.805
El Salvador		95.552.564		7.740.077.485	167.235.824	8.002.865.873
Uruguai		179.798.274		9.427.350.816	231.242.572	9.838.391.662
RGDC	168.950.000	670.970.391	50.078.491.200	91.802.774.065	1.003.410.945	143.724.596.601
Total	168.950.000	1.481.544.722	50.078.491.200	141.001.000.000	1.988.132.455	194.717.774.460

Nivell de Servei		Total (CRC)	
Costa Rica	100%	Vendes perdudes	5611242350
Guatemala	96%	Ingressos per vendes	365.346.000.000
Jamaica	100%	Benefici	170.627.913.590
Paraguai	100%		
El Salvador	93%		
Uruguai	100%		

Taula 24: Estratègia Periòdica Miami.

5.2. Optimització

Aquest procediment serveix per verificar els resultats obtinguts, i així poder realitzar, amb total seguretat, l'anàlisi de les dades. És imprescindible confirmar que els resultats són coherents, però també cal que siguin òptims. Així doncs, cal ajustar els inputs per a maximitzar beneficis. En aquest projecte, s'han sotmès els models amb estratègia contínua, al Optquest (funció de *Simio* que permet trobar la solució òptima, a partir d'un rang de valors). S'ha establert un rang de valors per a la quantitat a enviar i per als punts de comanda, per tal de maximitzar els beneficis totals.

Després de realitzar 12 hores de simulació els resultats obtinguts són els següents:

OptQuest	Model NO DC	Model Panamà	Model Miami
Q_Costa Rica	30000	5000	19500
Q_Guatemala	38500	40000	24000
Q_El Salvador	40500	39000	23500
Q_Uruguai	39000	40000	31500
Q_Paraguai	42500	15000	23500
Q_Jamaica	37000	17000	24000

Q_Centre regional		50000	110500
PP_Costa Rica	20500	14000	15500
PP_Guatemala	41000	19500	15500
PP_El Salvador	32500	20000	26000
PP_Uruguai	53000	29500	27500
PP_Paraguai	33500	15000	24000
PP_Jamaica	29500	16500	12500
PP_Centre regional		183000	28000
Beneficis CRC	275.224.976.916	202.003.860.692	201.637.417.267
Nivell de Servei	100%-96%	100%-99%	100%-98%

Taula 25: Resultats Optimització.

5.3 Anàlisi dels resultats obtinguts

	Costos totals	Beneficis	Demanda no satisfeta
Centres Locals:			
Estratègia continua	99.734.199.465	266.197.533.485	5.037.658.150
Estratègia periòdica	99.909.536.457	265.891.302.793	4.742.242.050
Panamà:			
Estratègia continua	189.176.932.552	173.921.611.795	7.698.539.450
Estratègia periòdica	181.933.815.581	188.660.242.869	195.652.100
Miami:			
Estratègia continua	192.683.830.126	177.586.008.012	387.511.600
Estratègia periòdica	194.717.774.460	170.627.913.590	5.611.242.350
OptQuest	Model NO DC	Model Panamà	Model Miami
Beneficis CRC	275.224.976.916	202.003.860.692	201.637.417.267
Nivell de Servei	100%-96%	100%-99%	100%-98%

Taula 26: Resum Resultats.

Un cop obtinguts, els resultats de la simulació, és el moment d'estudiar, amb detall, cada un dels casos.

A la primera situació, les comandes es fan, directament, dels centres locals, a la fabrica d'Àsia. Els resultats de les dues estratègies són molt semblants. No podríem dir quina de les dues és la millor. Ara bé, si augmentem els marges de variabilitat de la demanda, l'estratègia contínua, serà capaç d'afrontar millor aquests canvis de demanda, proporcionant millors nivells de servei. L'estratègia periòdica, en canvi, no es pot adaptar a aquests canvis. Això és així, perquè al caure la demanda, seguirà enviant el mateix nivell d'estoc periòdicament, fent-lo augmentar significativament. A l'augmentar la demanda, llavors, com que sempre treballa amb unes dates i uns nivells fixos, no podrà afrontar-la, provocant una ruptura d'estoc.

Per arribar a aquestes conclusions, s'ha realitzat un experiment, en el qual, s'ha reduït la demanda de Paraguai i d'Uruguai, en un 50%, i s'ha augmentat la demanda de Costa Rica i de Guatemala, en un 30%.

En el cas del Centre Regional situat a Panamà, les dues estratègies ofereixen resultats més diferenciats. L'estratègia periòdica és la guanyadora. Si procedim a ajustar els inputs de l'estratègia contínua, augmentant el punt de comanda o controlant les sortides del vaixell, s'aconsegueixen outputs pràcticament similars. Posteriorment, se sotmet el model a canvis de demanda, concretament, a una reducció del 50% de la demanda a Paraguai i Uruguai, i un augment del 30%, a Costa Rica i Guatemala. L'estratègia que millor s'adapta és la contínua, donant nivells de servei majors.

Amb el Centre Regional a Miami, l'estratègia guanyadora és la contínua, tant en la simulació simple, com en les proves de variació de la demanda.

En aquest projecte, com que podem usar l'estratègia contínua sense cap cost afegit, s'utilitzarà aquesta, ja que permet fer front a canvis de la demanda, reaccionar i adaptar-se fàcilment a les situacions, proporcionant millors resultats, tant pel client, com per a l'empresa.

Al comparar el primer model sense centre regional, amb el segon amb centre regional, podem identificar una diferència notable pel que fa als beneficis. Això és així, perquè estan condicionats pels costos, que són molt diferents en els dos models.

El model amb major beneficis, i una reducció de costos més gran, és el primer. En aquest, els centres locals fan la comanda directament a la fàbrica i aquesta l'envia directament.

Si ens fixem detalladament en els outputs, podem veure que el fet de disposar d'un centre regional ens fa augmentar les despeses notablement. Tot i que les despeses fixes per comanda disminueixen, augmenta considerablement, la despesa en transport (el material ha de ser transportat des del centre de fabricació al centre regional, i, posteriorment, als centres locals). De la mateixa manera, també augmenta el cost d'operació, ja que s'han de realitzar dues operacions de material (al centre regional i als centres locals respectius).

Per últim, cal mencionar, un augment dels costos d'emmagatzematge.

En el cas d'experimentar canvis de demanda, els models amb centres regionals, tindran més capacitat de reaccionar millor a aquests canvis, concretament el que millor s'adapta és el centre regional de Panamà. Tanmateix, tot i que el primer model dona nivells més baixos de servei al canviar la demanda, aquesta diferència és petita si la comparem amb la diferència de beneficis entre ambdós models.

Cal destacar la diferència de beneficis que s'han obtingut al optimitzar les quantitats de comanda i els punts de comanda.

Capítol 6. Conclusions

Un cop analitzades les dades obtingudes i realitzada l'optimització, podem concloure que la millor solució per a l'empresa és no utilitzar centres regionals.

El primer model és el que permet obtenir uns majors beneficis. Tot i no donar una resposta tant ràpida als canvis de demanda, com ho fan els centres regionals, pot oferir nivells de servei gairebé tant alts com aquests altres, amb valors que no cauen per sota de 90%. Cal destacar que els resultats obtinguts a l'optimització verifiquen que l'estratègia de comanda directa és la millor de les tres. Amb això, es recomana a l'empresa que enviï la comanda des de la fàbrica, directament, als centres locals, tot utilitzant l'estratègia contínua. Aquesta última no genera cap cost associat i permet afrontar millor els canvis de demanda. També es recomana a l'empresa que utilitzi les quantitats i els punts de comanda que ens dona l'"Optquest" ja que ens garanteix maximitzar beneficis.

Cal destacar dues grans característiques de la simulació aplicada en el nostre estudi. Per una banda, després d'obtenir els resultats, podem veure que la simulació ens ha permès arribar a unes conclusions finals factibles sense necessitat d'utilitzar sistemes reals. Això produeix una reducció de costos i minimitza els riscos a l'hora de buscar solucions. Per altra banda, la simulació no és fàcil, ja que obliga a disposar de certs coneixements per tal de realitzar la implementació del model a l'ordinador. Això moltes vegades suposa dificultats. En nombroses ocasions, la programació ha estat complicada i ha provocat retards en el desenvolupament del treball. També cal considerar el fet, que, un projecte d'aquestes característiques, el desenvolupi una sola persona, comporta un gran volum de treball i és més fàcil acabar cometent certs errors. Durant la realització d'aquest estudi, la falta de coneixement sobre el programa *Simio*, i l'elevat volum de treball que ha comportat l'elaboració del projecte, han esdevingut les dificultats principals d'aquest. Tanmateix, dedicant molt esforç i temps, s'han aconseguit els objectius proposats, tot aplicant les condicions i restriccions que ens marcava el treball.

Recordem que el principal objectiu consistia en simular dues estratègies diferents de logística. La primera, consistia en l'enviament de la comanda, directament de la fàbrica, als centres de distribució locals. La segona, en canvi, feia passar la comanda per un centre de distribució regional, situat a Miami o a Panamà, abans d'arribar al centre local. **Aquest objectiu s'ha assolit al 95%** (ja que sempre es pot millorar), però això ha estat possible gràcies a la realització, anterior, dels objectius i restriccions secundàries.

S'han complert els diferents objectius secundaris:

- Aprendre a usar el programa *Simio*. Per assolir aquest objectiu s'han empleat més hores de les establertes en un principi. Però els coneixements adquirits han fet possible seguir amb el projecte.

- El plantejament del problema, mitjançant esquemes, ha permès dividir i visualitzar el problema de forma gràfica i entenedora.
- La gestió d'estocs és un tema complex que pot donar molt de que parlar, però en aquest cas, podem dir, que s'han programat de forma satisfactòria ambdues estratègies de comanda. Cal esmentar, que sempre es pot millorar tan en la programació com en les estratègies de control d'estoc. El fet de realitzar l'optimització de les dades també ha fet possible acabar de millorar aquest apartat.
- Complir amb la restricció establerta referent als vaixells, ha estat possible per mitjà de comptadors.
- Establir els temps d'enviament, la demanda diària, així com els temps de descàrrega als ports, no ha suposat cap dificultat. Fàcilment s'han programat de forma correcta utilitzant diferents mètodes per a cada un ells.
- Associar els costos a cada activitat, ha estat una tasca complexa, assolida amb èxit fent ús de diferents comptadors per recollir tots els costos i beneficis. Coordinar el gran volum de dades, ha estat el més difícil d'aquest apartat, constantment, s'han anat monitoritzant els resultats per verificar el correcte funcionament d'aquests.
- Complir amb els objectius esmentats anteriorment a fet possible obtenir resultats clars i estructurats fàcils d'interpretar i analitzar.

Bibliografia

- [1] *Gestió i valoració de les existències*. [Consultat Novembre 2016] Disponible a:
http://ioc.xtec.cat/materials/FP/Materials/0201_GAD/GAD_0201_M02/web/html/WebContent/u5/a2/continguts.html
- [2] *Aprendre a simular amb Simio*. [Consultat Octubre 2016] Disponible a:
https://www.youtube.com/results?search_query=simio+simulation
- [3] *Models amb consum d'estoc*. [Consultat Novembre 2016] Disponible a:
[https://www.youtube.com/results?search_query=simio+replenishment+](https://www.youtube.com/results?search_query=simio+replenishment)
- [4] *SimioSimulation*. [Consultat Octubre 2016] Disponible a :
<http://www.simio.com/academics/>
- [5] *SimioSimulation*. [Consultat Novembre 2016] Disponible a :
<https://simiosimulacion.wordpress.com/2011/10/13/bienvenidos-al-blog-de-simio-en-espanol/>
- [6] *SimioSimulation*. [Consultat Novembre 2016] Disponible a :
https://en.wikipedia.org/wiki/Simio_Simulation_and_Scheduling_Software
- [7] *Simulació*. [Consultat Novembre 2016] Disponible a :
<https://es.wikipedia.org/wiki/Simulaci%C3%B3n>
- [8] *Definició de simulació* . [Consultat Novembre 2016] Disponible a :
<http://definicion.de/simulacion/>
- [9] *Gestió i valoració de les existències*. [Consultat Novembre 2016] Disponible a:
https://en.wikipedia.org/wiki/Economic_order_quantity
- [10] *SimioReferenceGuide*. [Consultat per primer cop Octubre 2016] Disponible a:
<http://lyle.smu.edu/emis/docs/Simio/Simio%20Reference%20Guide.pdf>
- [11] *Apunts Introducció a la simulació per Angel A. Juan*. [Consultat per primer cop Novembre 2016] Disponible a:
https://www.dropbox.com/sh/2k4p1lx1v9i3t4a/AAA5EbZOzCTjOT7-5vaaPmc_a?dl=0

Llistat d'imatges

- Imatge 1: Representació del problema.
- Imatge 2: Calendari de fites oficials.
- Imatge 3: Diagrama de Gantt.
- Imatge 4: Esquema de la simulació.
- Imatge 5: Interfície del programa *Simio*.
- Imatge 6: Propietats del Server.
- Imatge 7: Exemple d'un procés.
- Imatge 8: Representació del problema.
- Imatge 9: Nivell d'estoc.
- Imatge 10: Estructura simple.
- Imatge 11: Propietats Àsia_CR.
- Imatge 12: Activació de l'Ordre.
- Imatge 13: Procés d'activació de l'event.
- Imatge 14: Estructura del centre de fabricació a Àsia.
- Imatge 15: Centres Locals.
- Imatge 16: LostSales_Detection.
- Imatge 17: Propietats del Workstation.
- Imatge 18: Nivell de Servei.
- Imatge 19 Estructura completa.
- Imatge 20: Elements decoratius.
- Imatge 21: Estructura amb centres regionals.
- Imatge 22: Activar l'event del centre regional.
- Imatge 23: Producció d'estoc al centre regional.
- Imatge 24: Outputs de la simulació.

Llistat de Taules

- Taula 1: Importància dels objectius.
- Taula 2: Impacte dels riscos.
- Taula 3: Tasques del projecte.
- Taula 4: Dates de les tasques.
- Taula 5: Principals passos dels processos.
- Taula 6: Demanda diària i inventari inicial.
- Taula 7: Costos operacionals.
- Taula 8: Cost del transport.
- Taula 9: Temps de descàrrega.
- Taula 10: Estoc de seguretat.
- Taula 11: Dades per càlculs d'estoc.
- Taula 12: Punt de comanda sense centre regional.
- Taula 13: Punt de comanda a Panamà.
- Taula 14: Punt de comanda a Miami.
- Taula 15: Quantitat de comanda sense centre regional.
- Taula 16: Quantitat de comanda amb centre regional.
- Taula 17: Quantitat de comanda òptima.
- Taula 18: Temps òptim.
- Taula 19: Resultats estratègia contínua, sense centre regional.
- Taula 20: Resultats estratègia periòdica, sense centre regional.
- Taula 21: Resultats estratègia contínua Panamà.
- Taula 22: Resultats estratègia periòdica Panamà.
- Taula 23: Resultats estratègia contínua Miami.
- Taula 24: Resultats estratègia periòdica Miami.
- Taula 25: Resultats Optimització.
- Taula 26: Resum Resultats.

A stylized handwritten signature in black ink, consisting of a horizontal line with a vertical stroke crossing it, and a small flourish at the end.

Oriol Pairet Ruiz

Sabadell, 6 de Febrer de 2017