



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
FACULTAT D'INFORMÀTICA DE BARCELONA

Grau en Enginyeria Informàtica  
Especialitat de Computació  
Treball Final de Grau  
Gestió de Projectes

---

**Netlogo to Pandora (N2P). Disseny i desenvolupament d'un  
entorn per simulacions basades en agents (ABM)**

Lliurament 4: Document Final

---

Pau Núñez Amorós

Director  
Dr. Josep CASANOVAS GARCIA

Codirectora  
Carla DIVÍ CUESTA

Tutor  
Ferran SABATÉ GARRIGA

16 de març de 2020  
Barcelona

# Índex

<b>1</b>	<b>Introducció i contextualització</b>	<b>4</b>
1.1	Definició de conceptes . . . . .	4
1.1.1	Modelització Basada en Agents (ABM) . . . . .	4
1.1.2	Pandora . . . . .	5
1.1.3	Llenguatges . . . . .	5
1.2	Descripció del problema . . . . .	6
1.3	Actors implicats . . . . .	7
1.4	Estat de l'art . . . . .	7
1.5	Justificació de la tria . . . . .	9
<b>2</b>	<b>Abast del projecte</b>	<b>10</b>
2.1	Objectius del projecte . . . . .	10
2.2	Possibles obstacles i riscos . . . . .	11
2.3	Metodologia . . . . .	11
2.3.1	Mètode àgil . . . . .	11
2.3.2	Eines . . . . .	12
2.3.3	Validació . . . . .	12
<b>3</b>	<b>Planificació temporal</b>	<b>13</b>
3.1	Recursos necessaris . . . . .	13
3.2	Descripció de tasques . . . . .	13
3.2.1	Gestió del projecte . . . . .	14
3.2.2	Treball previ . . . . .	15
3.2.3	Desenvolupar un producte viable mínim . . . . .	15
3.2.4	Desenvolupar un producte complet . . . . .	16
3.3	Representació gràfica de la planificació . . . . .	17
3.3.1	Sprints . . . . .	17
3.4	Gestió del risc . . . . .	19
<b>4</b>	<b>Gestió econòmica</b>	<b>20</b>
4.1	Costos de personal . . . . .	20
4.2	Costos genèrics . . . . .	21
4.2.1	Amortitzacions . . . . .	21
4.2.2	Espai de treball . . . . .	22
4.2.3	Consum elèctric . . . . .	22
4.2.4	Factura d'internet . . . . .	22
4.2.5	Total dels costos genèrics . . . . .	22
4.3	Contingències . . . . .	23
4.4	Imprevistos . . . . .	23
4.5	Cost total del projecte . . . . .	23

4.6	Control de gestió . . . . .	24
<b>5</b>	<b>Informe de sostenibilitat</b>	<b>25</b>
5.1	Dimensió ambiental . . . . .	25
5.2	Dimensió econòmica . . . . .	26
5.3	Dimensió social . . . . .	26
	<b>Bibliografia</b>	<b>27</b>

# Índex de figures

1.1	Esquema conceptual d'un ABM. . . . .	5
1.2	Entorn NetLogo amb la simulació <i>Wolf-Sheep Predation</i> [1]. . . . .	6
2.1	Esquema simple de l'eina a desenvolupar. . . . .	10
3.1	Diagrama de Gantt que representa la planificació temporal del projecte. Elaboració pròpia utilitzant l'eina Gantter. . . . .	18

# Índex de taules

1.1	Comparativa d'eines ABM [2] . . . . .	8
3.1	Resum detallat de les tasques que formen el projecte. Elaboració pròpia.	16
4.1	Retribucions de cada perfil. Elaboració pròpia. . . . .	20
4.2	Estimació dels costos de personal segons la dedicació de cada perfil a les activitats especificades a la planificació temporal. Elaboració pròpia. . . .	21
4.3	Consum elèctric per dispositiu. Elaboració pròpia. . . . .	22
4.4	Estimació dels costos genèrics. Elaboració pròpia. . . . .	22
4.5	Estimació dels costos a causa d'imprevistos. Elaboració pròpia. . . . .	23
4.6	Estimació del cost total del projecte. Elaboració pròpia. . . . .	23

# Capítol 1

## Introducció i contextualització

Els éssers humans des de temps immemorials hem tingut el desig d'entendre el món i la realitat que ens envolta. Aquesta voluntat de conèixer ens ha impulsat com a espècie i ens ha fet progressar fins al punt que aconseguim domar la naturalesa i configurar-la a la nostra conveniència. És evident però, que la realitat és extremadament complexa i no som capaços d'entendre-la completament. Un patró molt recurrent al nostre voltant és el d'un sistema complex format per elements més senzills que interactuen entre ells i amb el medi i que atorguen al conjunt propietats o comportaments que individualment no tenen. Aquest concepte es detalla al llibre *Dynamics of Complex Systems* [3]. Per tant, és d'aquesta necessitat d'entendre les coses que apareix la simulació, una disciplina que permet representar, modelar i entendre el funcionament de sistemes complexos i predir el seu comportament futur.

Aquest treball de fi de grau de modalitat A (Centre) se situa en el marc de la *Facultat d'Informàtica de Barcelona* (FIB) i més concretament dins del grup de recerca *High Performance Computing for Societal Challenges* (HPC4SC), que té com a objectiu principal proporcionar solucions eficients als reptes i investigacions que duen a terme científics de les ciències socials (biòlegs, sociòlegs, economistes, etc). Aquest grup de recerca al seu torn s'emmarca dins el *Barcelona Supercomputing Center - Centro Nacional de Supercomputación* (BSC-CNS), organització nacional dedicada a la computació d'altres prestacions i coneguda per albergar el supercomputador *MareNostrum*, un dels ordinadors més potents d'Europa. [4]. És rellevant destacar que el projecte parteix del treball de fi de grau realitzat l'any passat per en Xavier López Reynau i pretén seguir amb la feina feta, ampliar-la en els aspectes que no es van poder portar a cap i millorar les possibles mancances actuals.

### 1.1 Definició de conceptes

Seguidament definim els conceptes, sistemes i tècniques fonamentals per entendre el projecte i el seu plantejament.

#### 1.1.1 Modelització Basada en Agents (ABM)

L'ABM (de l'anglès *Agent-Based Modeling*) [5] és un tipus de modelització computacional que simula accions i interaccions entre entitats individuals i independents anomenats agents, els quals són situats en un mateix entorn amb l'objectiu d'estudiar el complex fun-

cionament del sistema en conjunt, com un tot. Per tant, l'ABM es compon principalment de 3 elements, esquematitzats a la Figura 1.1:

- **Agents:** entitats individuals que formen el conjunt a estudiar.
- **Espai:** entitat que representa el lloc on ocorre la simulació.
- **Accions:** què fan els agents durant la simulació, afecten agents i/o l'espai.

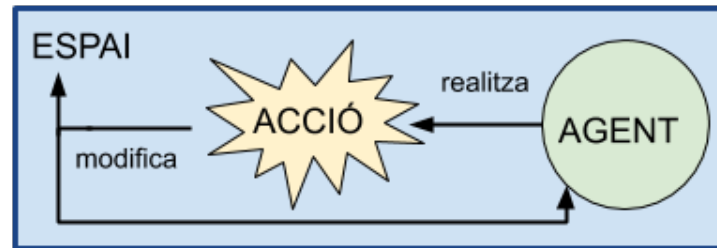


Figura 1.1: Esquema conceptual d'un ABM.

L'ABM és una mentalitat més que una tecnologia: descriu un sistema des de la perspectiva de les seves unitats constituents [6]. És un enfocament molt atractiu pel món de les ciències socials, ja que permet explicar comportaments d'una comunitat a partir de les interaccions dels seus individus. L'ABM ha propiciat la col·laboració entre el camp social i el tècnic davant de nous reptes multidisciplinaris, com fan palès els articles *On agent-based modeling and computational social science* [7] o també *Agent-Based Modeling in Social Science, History, and Philosophy. An Introduction.* [8]

### 1.1.2 Pandora

Pandora és un *framework* dissenyat per crear, executar i analitzar ABM en entorns de computació d'alt rendiment o HPC (de l'anglès *High-Performance Computing*). El seu propòsit és permetre l'execució d'ABMs de gran escala, amb la possibilitat de suportar milers d'agents duent a terme accions complexes dins la simulació. Els llenguatges que accepta Pandora són Python i C++.

També cal destacar que Pandora compta, per un costat, amb un sistema d'emmagatzematge HDF (de l'anglès *Hierarchical Data Format*) per cada simulació executada, compatible amb la majoria de GIS (de l'anglès *Geographic Information System*) i molt útil per analitzar els resultats; per l'altre costat es complementa amb Cassandra, un programa que permet visualitzar l'execució completa d'una simulació amb gràfics 2D i 3D a més de proporcionar diferents dades estadístiques relacionades. [9]

### 1.1.3 Llenguatges

Els llenguatges de programació que intervindran en aquest projecte són bàsicament dos, en donem una pinzellada a continuació:

**C++:** Llenguatge de programació que va aparèixer a principis dels anys vuitanta com una extensió al llenguatge C. Permet orientació a objectes, genèrics i programació funcional entre d'altres, però també manipulació de la memòria a baix nivell, fet que el fa molt

flexible i complet [10]. És encara molt usat avui en dia per la seva eficiència en temps d'execució i com hem mencionat prèviament és el llenguatge que fa servir Pandora.

**NetLogo:** Nascut el 1999, és l'eina més popular en el camp de la simulació ABM i és de codi lliure [11]. Es tracta d'un entorn per simular fenòmens naturals i socials que usa el llenguatge Logo per definir els seus models. Logo és un dialecte de Lisp, per tant és un llenguatge interactiu, modular, extensible i de tipat dinàmic amb una clara intenció educativa [12]. Tot i així, molts investigadors del camp social utilitzen aquest entorn per dur a terme les seves investigacions. A la Figura 1.2 es mostra l'entorn gràfic de NetLogo.

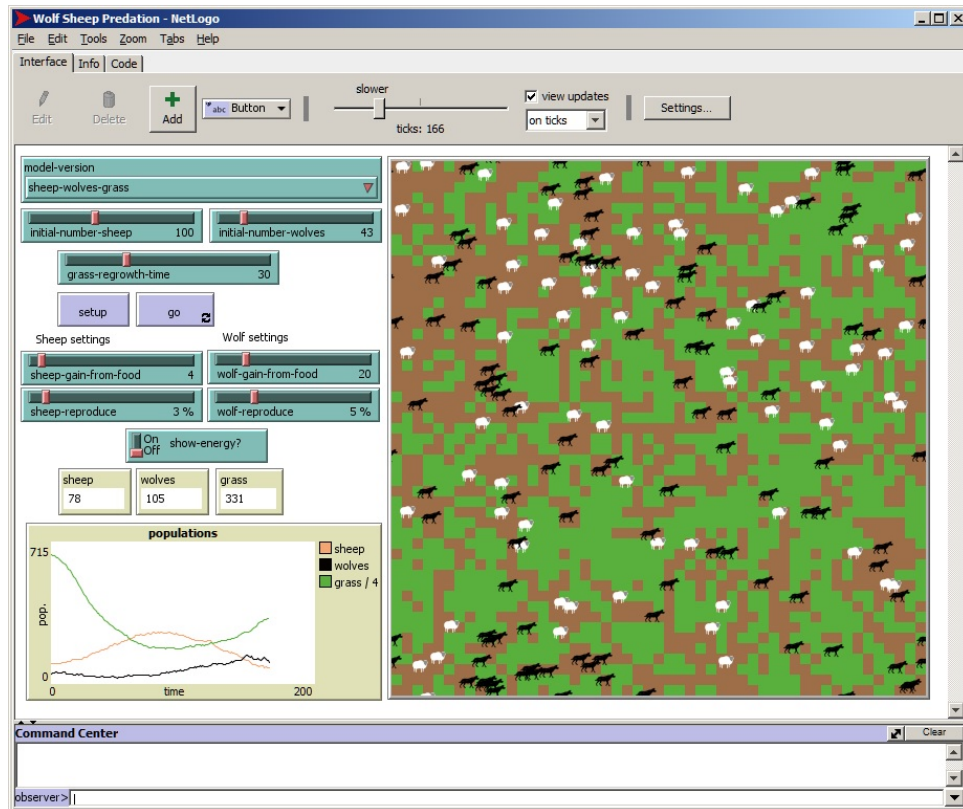


Figura 1.2: Entorn NetLogo amb la simulació *Wolf-Sheep Predation* [1].

## 1.2 Descripció del problema

Els investigadors de disciplines socials no tenen coneixements tècnics informàtics ni de programació, per això NetLogo és popular: permet fer simulacions ABM sense aquests coneixements. Ara bé, NetLogo no és una eina escalable, és a dir, no té prou capacitat computacional per treballar amb simulacions on el nombre d'agents és molt elevat. Aquesta limitació provoca que les simulacions a vegades no aportin resultats prou precisos i pròxims a la realitat com seria desitjable.

Per altra banda, Pandora és una eina molt més potent quant a poder de còmput i permet executar simulacions amb un gran nombre d'agents, permetent un estudi més complet i fiable dels resultats. Aquesta potència és deguda al fet que Pandora està escrita en un llenguatge molt més eficient que NetLogo, fent-la una eina escalable i en la qual es preveu

implementar mètodes de paral·lelització per aprofitar l'arquitectura multiprocessador dels ordinadors actuals. Per aconseguir-ho però, els models han de ser expressats en C++ o Python, llenguatges de programació que requereixen els coneixements tècnics que molts investigadors no posseeixen i que acaben recorrent a l'opció més accessible però limitada, NetLogo.

Existeix doncs, una barrera evident que separa els investigadors del camp social i la possibilitat de dur a terme simulacions que permetin obtenir resultats fidedignes i que representin la realitat amb la màxima precisió possible. És aquí on encaixa el projecte, ja que permetrà reduir significativament aquest obstacle.

## 1.3 Actors implicats

És ben clar que el projecte va dirigit als investigadors de disciplines socials (comunicació, política, demografia, economia, geografia, història, sociologia, psicologia, lingüística...). Són ells qui usaran els fruits que resultin d'aquest projecte, per tal d'executar simulacions amb un gran nombre d'agents i/o computacionalment exigents i aconseguir resultats més precisos i acurats als seus experiments.

El col·lectiu que se'n pot beneficiar és molt més ampli, almenys potencialment. En el millor dels casos seria tota la societat en conjunt o una part d'ella. Per exemple, experts en urbanisme i demografia podrien trobar configuracions més òptimes a l'hora de projectar infraestructures o serveis municipals gràcies als resultats d'una simulació i tota la població d'una ciutat se'n veuria beneficiada. O bé organitzadors d'un esdeveniment poden planificar l'entrada i sortida d'un gran nombre d'assistents per tal de maximitzar la fluïdesa i seguretat.

Un altre grup implicat és el mateix BSC, desenvolupador de l'eina, que amb l'addició de noves funcionalitats i millora d'aquesta, pretén d'alguna manera publicitar-la i aconseguir que més usuaris interessats en la simulació ABM la utilitzin.

Per últim, l'equip de l'HPC4SC, grup de recerca dins del BSC, és el desenvolupador i promotor d'aquest projecte. L'equip està format per:

**Josep Casanovas Garcia:** Director de l'equip i del projecte.

**Carla Diví Cuesta:** Codirectora del projecte.

**Pablo Navarro Izquierdo:** Que desenvolupa la interfície d'usuari i l'eina de visualització en un projecte complementari.

**Quim Lázaro Gel:** Que realitza un projecte europeu d'eines ABM.

**Pau Núñez Amorós:** Autor d'aquest treball de fi de grau.

## 1.4 Estat de l'art

Existeixen diverses opcions quant a eines per treballar amb ABM. Algunes han quedat obsoletes per falta d'actualitzacions i d'altres s'han popularitzat força, com és el cas de NetLogo. A l'hora de fer una radiografia de l'estat de l'art cal conèixer quin *software* mínimament actualitzat hi ha disponible avui en dia i quines són les seves característiques:



tipus de llicència, llenguatge de modelatge, possibilitat de paral·lelització, etcètera. Les principals eines actualment són:

**MASON:** *Multi-Agent Simulator Of Neighborhoods*, llençat el 2003 per la *George Mason University*. Està desenvolupat en Java i està publicat sota una llicència de *software* lliure.

**Repast:** *Recursive Porous Agent Simulation Toolkit*, llençat el 1999 per l'*Argonne National Laboratory - University of Chicago*. Desenvolupat en Java sota una llicència de *software* lliure, també ofereix suport a Python.

**JADE:** *Java Agent Development Framework*, llençat el 2000 per *Telecom Italia*. També desenvolupat en Java i sota llicència lliure.

**Pandora i NetLogo** s'expliquen amb detall als apartats 1.1.2 i 1.1.3 respectivament.

Una taula facilita la comparativa de les principals característiques entre les diferents eines ABM esmentades. Aquesta comparativa és a la Taula 1.1.

	NetLogo	MASON	Repast	JADE	Pandora
Domini	Ciències socials	Propòsit general	Ciències socials	Aplicacions distribuïdes	Propòsit general
Organització	Northwestern University	George Mason University	Argonne National Laboratory	Telecom Italia	Barcelona Supercomputing Center
Llicència	GPL	AFL <sup>1</sup>	BSD <sup>2</sup>	LGPL <sup>3</sup>	GPL
Llenguatge	Logo	Java	Java/Python	Java	C++/Python
Coneixements tècnics	No	Sí	Sí	Sí	Sí
GIS	Sí	Sí	Sí	No	Sí
Paral·lelitzable	No	No	<i>Framework</i>	No	En procés

Taula 1.1: Comparativa d'eines ABM [2]

Com podem comprovar totes les eines són *software lliure*, fet molt positiu, ja que és fonamental per tal de poder inspeccionar el codi i fer-hi canvis necessaris si s'escau. També veiem que hi ha una forta tendència a modelar amb llenguatges que requereixen coneixements tècnics considerables i no assumibles per molts investigadors socials. Per últim, cal notar que no hi ha un èmfasi en la possibilitat de paral·lelització, que permet extreure el màxim rendiment dels ordinadors multinucli. Possiblement perquè fa relativament poc (mitjans dels 2000) [13] que els ordinadors van començar a incloure múltiples cores.

<sup>1</sup>Academic Free License

<sup>2</sup>Berkeley Software Distribution

<sup>3</sup>GNU (Lesser) General Public License

## 1.5 Justificació de la tria

La tria de Pandora com a eina per simulacions ABM es deu a diverses raons i avantatges que té aquesta opció per sobre de la resta. Les raons són les següents:

- Clar suport a l'execució paral·lela.
- Compatibilitat amb *hardware* HPC del BSC.
- Eina desenvolupada *in-house* (dins la UPC) amb actualitzacions regulars.
- Seguir el treball realitzat per en Xavier López Reynau al compilador N2P. [14]

El fet de partir d'una feina ja establerta és una espasa de doble fil: ens permet ampliar funcionalitats ja existents i afegir-ne de noves, però també pot ser un condicionant i limitador, ja que hem de cenyir-nos a les decisions de disseny i implementació que es van prendre llavors i que ara resultaria extremadament laboriós de canviar.

Un altre motiu de la tria és que no hem estat capaços de trobar cap projecte que actualment tingui com a objectiu principal el fet de reduir la barrera entre la simulació ABM d'altres prestacions i la comunitat científica de les ciències socials. Com es presenta a l'apartat anterior, d'eines n'existeixen unes quantes però poques són aptes per investigadors sense coneixements sòlids de programació.

# Capítol 2

## Abast del projecte

### 2.1 Objectius del projecte

Com s’ha mencionat abans, els investigadors de les disciplines socials certament es veuen obstaculitzats per la necessitat de coneixements tècnics i de programació per tal d’accedir a l’ús d’eines de simulació ABM d’alt rendiment.

L’objectiu general d’aquest projecte és eliminar o reduir el màxim possible aquesta barrera tècnica existent a través del desenvolupament d’un compilador que permetrà traduir automàticament models ABM expressats en NetLogo a models C++ compatibles amb Pandora. El compilador N2P és esquematitzat a la següent Figura 2.1.

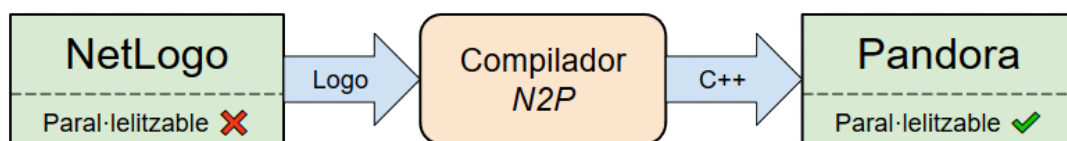


Figura 2.1: Esquema simple de l’eina a desenvolupar.

En el present TFG s’han establert els següents objectius:

1. Analitzar i comprendre l’origen i l’objectiu del compilador;
  - (a) origen: NetLogo
  - (b) objectiu: Pandora
2. Dissenyar i desenvolupar un *parser* (analitzador gramatical) que obtingui una estructura de dades AST (de l’anglès *Abstract Syntax Tree*) a partir de codi NetLogo.
3. Dissenyar i desenvolupar noves funcionalitats pel generador de codi que transforma un model NetLogo a codi C++ capaç de ser executat eficientment a Pandora.
4. Possibilitar la connexió del sistema a l’entorn d’execució del MareNostrum 4, reduint més encara la necessitat de tenir coneixements tècnics.
5. Compatibilitzar el procés amb Cassandra, l’eina de visualització i estadística dels resultats de les simulacions ABM.
6. Generalitzar el compilador en el seu estat actual per tal d’abastar més models d’ABM de diferents ciències socials.

## 2.2 Possibles obstacles i riscos

Com en qualsevol projecte tècnic de certa magnitud, existeix la possibilitat que sorgeixin imprevistos, contratemps i problemes. El següent és un recull que creiem, a priori, que poden ser els més propensos a aparèixer:

- **Errors de disseny:** Són errors a la fase de disseny, és a dir, a la fase inicial de plantejament del projecte. Per tant, són els primers obstacles a sorgir.
  - *Eficàcia:* Un compilador ha de funcionar correctament.
  - *Eficiència:* Un compilador ha de ser eficient en la seva tasca de traducció i realitzar-la en un temps raonable.
  - *Generalitat:* Un compilador ha de mantenir la generalitat per abastar el màxim de models ABM possibles.
- **Errors d'implementació:** Són errors a la fase de desenvolupament del producte. Són els errors més comuns i els que apareixen amb més freqüència.
  - *Bugs:* Errors que sovint passen inadvertits i provoquen que el programa no es comporti com és esperat.
  - *Incompatibilitats:* Errors de dependències entre llibreries i/o *software* que ja s'usa al projecte o que es té la intenció de fer-ho.
  - *Complexitat:* Errors deguts a la complexitat de la implementació proposada.
- **Temporals:** Càlculs erronis en la previsió de temps que es tardarà a completar una tasca concreta. Succeeixen per previsions massa optimistes i poc realistes en la planificació del treball.

## 2.3 Metodologia

En una primera fase el desenvolupador realitzarà tasques d'autoaprenentatge i adaptació a l'entorn de treball. Aquesta fase és més individual, ja que cal comprendre l'estat del projecte tal com va quedar fa un any i aprendre les eines que hi estan involucrades. Lògicament hi seguirà havent contacte amb l'equip per qualsevol dubte que pugui plantejar-se.

### 2.3.1 Mètode àgil

A causa del curt termini d'entrega del projecte ens decantem per un tipus de metodologia de desenvolupament àgil com Scrum [15]. Aquesta metodologia permet flexibilitat i adaptabilitat davant els possibles canvis que experimenti el projecte al llarg del seu transcurs i alhora maximitzar la productivitat i optimitzar el temps dedicat al treball.

Acabada la fase d'autoaprenentatge ve la fase de desenvolupament, on sí que aplicarem Scrum. Es faran reunions setmanals amb l'equip amb el propòsit de fer un seguiment del treball realitzat, aclarir possibles dubtes i planificar les properes tasques. El treball es realitzarà des de casa o al despatx del HPC4SC (edifici Nexus II del Campus Nord) segons l'equip cregui més convenient en cada període de temps. Com que el compilador només serà programat per una sola persona, no es realitzaran les reunions *stand-up* diàries.

### 2.3.2 Eines

Les eines que ens permetran seguir la metodologia esmentada i facilitaran el flux de treball són explicades a continuació.

El VCS (de l'anglès *Version Control System*) escollit és la combinació de `git`/GitHub [16]. És l'opció més popular i tots els recursos d'aquest projecte ja hi estan disponibles. Es crearà una branca al repositori del compilador N2P per tal d'afegir els canvis de forma independent al codi ja existent. Aquesta branca s'anirà actualitzant amb noves funcionalitats de forma iterativa, amb possibilitat de rectificació o tornada a punt anterior de les versions. Conclòs el projecte es poden incorporar els canvis fets en aquesta branca separada a la branca principal (**master**) per tal que les actualitzacions es vegin reflectides definitivament al repositori.

L'altra eina utilitzada serà Trello [17], que permet la creació de *boards* on l'equip pot definir iteracions de treball amb diversos objectius i mantenir un seguiment d'aquests segons el seu estat (nou, iniciat, per revisar, tancat...). La utilització d'aquesta eina és molt congruent amb la metodologia àgil Scrum.

### 2.3.3 Validació

Una part de la validació del projecte es farà a les reunions setmanals, tot revisant si s'han assolit els objectius o tasques d'aquella setmana. Per un costat, la validesa del compilador es basarà a comprovar la correctesa de la seva traducció, és a dir, que l'execució a Pandora d'una simulació ABM es comporti de la manera esperada i d'acord amb l'execució que es fa a l'entorn NetLogo. Les validacions de la part relacionada amb la interfície es basaran en tests d'usabilitat realitzats per usuaris no tècnics que provaran l'eina i donaran *feedback* que serà utilitzat per aplicar millores de disseny i usabilitat. Aquesta mena de tests es poden aplicar iterativament fins a aconseguir una versió usable.

# Capítol 3

## Planificació temporal

La durada aproximada d'aquest projecte és lleugerament superior a 4 mesos: 131 dies compresos entre el 10 de febrer i el 22 de juny, ambdós del mateix any 2020. S'espera una dedicació mínima de 4h diàries amb petites variacions puntuals davant de certs esdeveniments, com ara exàmens de la facultat. Tenint en compte que entre el període esmentat hi ha 18 caps de setmana, resten 95 dies feiners, i per tant la durada del projecte és prop de 400h.

Com que encara no s'ha triat data de lectura, de moment s'ha considerat la més pròxima, el 29 de juny, que s'actualitzarà quan es conegui la data definitiva. En ser un projecte desenvolupat dins del grup de recerca *HPC4SC*, no hi ha un client final amb una data límit concreta, per tant, no hi ha restriccions temporals afegides.

### 3.1 Recursos necessaris

Com a tots els projectes, es necessiten certs recursos bàsics pel seu correcte desenvolupament. En el nostre cas hem determinat que es necessiten els següents recursos al llarg de tota la seva durada:

- **Humans** [R1]: L'equip del *HPC4SC*. Principalment director i codirectora (organització, assessorament, selecció d'objectius...) i programador (disseny i desenvolupament).
- **Hardware** [R2]: S'ha escollit un ordinador portàtil pel seu baix consum i la flexibilitat que proporciona. Es disposa de connexió a internet tant al despatx com a casa.
- **Software** [R3]: Només es preveu utilitzar programari gratuït, com ara Visual Studio Code (edició de codi), `git`/GitHub (control de versions) o Trello (organització i tasques).

### 3.2 Descripció de tasques

A continuació es detallen les tasques que componen aquest treball final de grau i que resulten dels objectius definits al capítol anterior. Cada tasca és descrita i li és atorgada una quantitat d'hores de dedicació juntament amb una petita justificació sobre aquesta estimació. Se'n pot trobar un resum a la Taula 3.1, on s'especifiquen estimacions temporals, dependències i recursos necessaris de forma més visual.

### 3.2.1 Gestió del projecte

La gestió del projecte s'emmarca dins de l'assignatura obligatòria GEP i agrupa totes les tasques no tècniques. Aquestes tasques són fonamentals per l'èxit del projecte i sumen una quantitat d'hores considerables, especialment al principi (mes inicial) i al final del període en que es realitza el TFG.

#### Context i Abast

Part vital del projecte en la que s'estableix la base que el fonamenta. Es propociona un context al treball i se'n defineix l'abast, especificant el propòsit final de la feina i la seva justificació. Es determinen objectius i metodologies de treball i en general s'encara el projecte a una direcció concreta. El temps requerit per desenvolupar aquesta tasca han estat 20 hores.

#### Planificació temporal

Es defineixen les fases del projecte, l'estimació temporal i les possibles dependències entre elles. Serveix per organitzar la feina en tasques i crear quelcom similar a un calendari. S'han invertit 8 hores en planificar el projecte.

#### Pressupost i sostenibilitat

Similar a l'apartat anterior però en termes econòmics. S'estima el pressupost necessari per la realització del projecte i se'n justifica la seva sostenibilitat des de diversos punts de vista. Aquesta tasca és més útil pels projectes de l'entorn empresarial. El nostre treball és de recerca i per això es preveu una dedicació modesta, d'unes 8 hores.

#### Memòria

La redacció de la memòria és molt important ja que aquest document sovint és el que perdura en el temps. Consisteix en tots els documents propis de GEP i la part tècnica i de desenvolupament del projecte. És el document principal del TFG i per tal que la seva qualitat sigui alta cal dedicar-hi força hores, se'n preveuen prop de 60 hores.

#### Presentació

Consisteix en la preparació de la defensa davant el tribunal que avaluarà el treball i es realitza un cop acabada la documentació de la memòria. Al llarg de la carrera s'ha practicat la presentació oral en diferents assignatures, per això, creiem que amb unes 8 hores n'hi hauria d'haver prou.

#### Reunions

Són trobades setmanals que es fan amb l'equip o bé amb el (co)director per revisar les tasques fetes durant la setmana, establir-ne les pròximes, aclarir dubtes, etc. Amb la metodologia àgil es prioritzen sessions curtes i freqüents. El temps previst són 10 hores, a mitja hora per setmana durant unes vint setmanes aproximadament.

### 3.2.2 Treball previ

Feina inicial que servirà per prendre el contacte amb els conceptes essencials. Consisteix bàsicament en l'autoaprenentatge i avaluació del l'estat actual del projecte.

#### Aprenentatge

Obtenció dels coneixements necessaris sobre les eines i llenguatges involucrats. Tot i que ja es posseeixen coneixements de compiladors gràcies a haver cursat l'assignatura homònima (*GRAU-CL*), cal entendre amb profunditat:

- **NetLogo:** L'origen del compilador.
- **Pandora:** L'objectiu del compilador.

Per tal d'obtenir una bona base en aquests conceptes es preveu una dedicació de 44 hores a l'aprenentatge.

#### Valoració de l'estat actual

Cal fer una valoració de l'estat del projecte tal com va quedar després que en Xavi López acabés el seu TFG. Servirà per conèixer el punt de partida i valorar amb l'equip les opcions disponibles i les noves funcionalitats que caldria desenvolupar i afegir al compilador, tot definint els següents passos a fer. Amb una idea ben formada, la valoració de l'estat actual del projecte i comentar-ho amb l'equip portarà uns 3 dies (12 hores) de feina.

### 3.2.3 Desenvolupar un producte viable mínim

Es desenvoluparà el que s'anomena un producte viable mínim o MVP (de l'anglès *Minimum Viable Product*). És un producte limitat però suficient, ja que compta amb les funcionalitats considerades bàsiques.

#### Disseny

Havent decidit les funcionalitats bàsiques a afegir al compilador tenint en compte els objectius establerts que cal satisfer i la feina existent, que en pot condicionar la projecció, es passarà al disseny d'aquestes funcionalitats. Un cop enllestit, l'equip validarà el disseny per tal que compleixi els objectius i garantir la viabilitat de la solució. Com que el compilador ja és funcional el disseny es basarà en el que ja existeix, fet que redueix la dedicació a aquesta fase: es preveuen uns 12 hores.

#### Implementació

La implementació del producte és traduir el disseny de les funcionalitats a codi. La programació és la part més important i extensa del projecte. A grans trets podem diferenciar la implementació de la gramàtica, el processador i el generador que formen el compilador. És el gruix del projecte i, per tant, la tasca amb més pes, amb un volum total de 120 hores.



## Validació

A més d'escriure el codi, també cal verificar-ne la correctesa a través de tests de validació. Aquests tests seran executats paral·lelament a la implementació per tal de detectar errors i corregir desviacions quan abans millor. La validació es realitzarà de forma paral·lela a la implementació a mesura que es puguin validar objectius. Es preveu una dedicació de 8 hores.

### 3.2.4 Desenvolupar un producte complet

En aquesta tasca es desenvoluparà el compilador per complet, afegint-hi totes les funcionalitats plantejades prèviament i tindrà la capacitat de traduir ABM complexos. **Disseny, Implementació i Validació** són anàlegs en estil i procediment als del MVP. És l'última fase del projecte i s'hi dedicarà el temps restant arribats a aquest punt. Són 8 hores pel disseny i la validació i prop de 80 hores a la implementació.

Codi	Tasca	Temps	Dependència	Recursos
<b>T1</b>	<b>Gestió del projecte</b>	<b>110 h</b>		
T1.1	Context i Abast	20 h		R1, R2
T1.2	Planificació temporal	8 h	T1.1	R1, R2
T1.3	Pressupost i sostenibilitat	8 h	T1.1, T1.2	R1, R2
T1.4	Memòria	56 h		R1, R2
T1.5	Presentació	8 h	T1.4	R1, R2
T1.6	Reunions	10 h		R1, R2
<b>T2</b>	<b>Treball previ</b>	<b>56 h</b>		
T2.1	Aprenentatge	44 h		R1, R2
T2.2	Valoració de l'estat actual	12 h	T2.1	R1, R2
<b>T3</b>	<b>Producte viable mínim</b>	<b>140 h</b>	<b>T2</b>	
T3.1	Disseny	12 h		R1, R2, R3
T3.2	Implementació	120 h	T3.1	R1, R2, R3
T3.2.1	Gramàtica	20h		
T3.2.2	Processador	50h		
T3.2.3	Generació de codi	50h		
T3.3	Validació	8 h	T3.1	R1, R2, R3
<b>T4</b>	<b>Producte complet</b>	<b>94 h</b>	<b>T2, T3</b>	
T4.1	Disseny	8 h		R1, R2, R3
T4.2	Implementació	78 h	T4.1	R1, R2, R3
T4.2.1	Gramàtica	30h		
T4.2.2	Generació de codi	48h		
T4.3	Validació	8 h	T4.1	R1, R2, R3
<b>Total</b>		<b>400 h</b>		

Taula 3.1: Resum detallat de les tasques que formen el projecte. Elaboració pròpia.

### 3.3 Representació gràfica de la planificació

S'ha creat un diagrama de Gantt per representar la realització de tasques al llarg del període que dura el treball. Ajuda a visualitzar la planificació temporal, complementant la Taula 3.1 anterior. A la Figura 3.1 es poden veure els límits temporals (inici i fi) així com les dependències entre tasques o grups de tasques i la divisió d'aquestes en *sprints*.

#### 3.3.1 Sprints

Com fem ús de la metodologia *agile*, les tasques es descomponen temporalment en sprints. La durada típica d'aquests sol ser d'unes quantes setmanes, en aquest projecte tots els sprints duren entre dues i tres setmanes. Al final de cada sprint hi haurà una revisió de la feina feta i la preparació del següent sprint, tot i que també és molt possible que es realitzin reunions amb l'equip al mig d'un sprint (reunions setmanals).

**Sprint 1:** És l'excepció en quant a durada: 1 mes sencer, coincidint amb la durada de l'assignatura de Gestió de Projectes (GEP). Aquest sprint aglutina els 4 primers lliuraments realitzats setmanalment durant el primer mes del projecte.

**Sprint 2:** Engloba les tasques relacionades amb l'autoaprenentatge individual i la valoració de l'estat del projecte tal i com va quedar quan en Xavi López va acabar el seu TFG fa un any.

**Sprint 3:** Primer sprint del MVP. Conté la tasca de disseny del compilador i la primera fase de la implementació, definir la gramàtica del compilador.

**Sprint 4:** Segon sprint del MVP. Conté la fase central de la implementació, amb tasques com el processador i el sistema de tipus del compilador i certes tasques de validació.

**Sprint 5:** Tercer sprint del MVP. Part final de la implementació, principalment la tasca de generació de codi i la de validació.

**Sprint 6:** Primer sprint del producte complet. Conté les tasques de disseny i la primera part de la implementació: la gramàtica.

**Sprint 7:** Segon sprint del producte complet. Inclou la segona part de la tasca d'implementació: la generació de codi. També conté la validació del compilador.

Les tasques de redacció de la memòria i les reunions són recurrents durant tot el projecte i es realitzen regularment. A causa d'això no tenen un sprint assignat, de fet apareixen en tots els sprints com es pot veure al diagrama de Gantt. La preparació de la presentació es realitza la setmana abans de la presentació i no té sprint assignat.

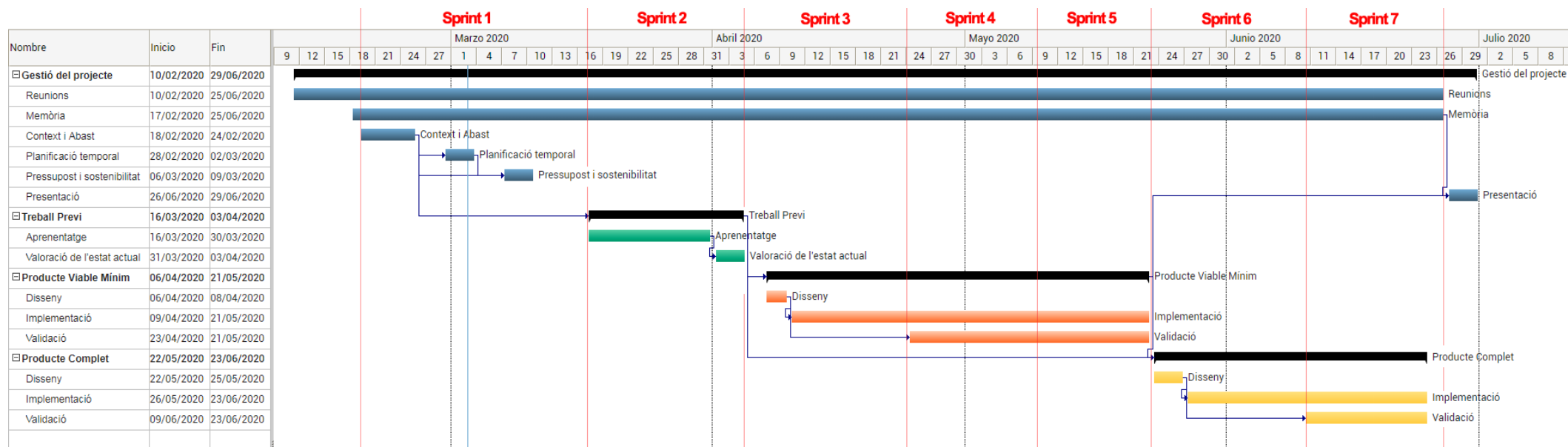


Figura 3.1: Diagrama de Gantt que representa la planificació temporal del projecte. Elaboració pròpia utilitzant l'eina Gantter.

### 3.4 Gestió del risc

Un cop descrita la planificació que se seguirà en la realització del TFG cal mencionar també els riscos existents. Com en qualsevol projecte de certa magnitud, hi ha situacions adverses que són contingents, és a dir, que poden o no succeir durant el transcurs del mateix. Cal doncs, preveure aquests problemes amb antelació i dotar-se de mecanismes per adaptar-s'hi en cas que ocorrin. Exemples d'aquests problemes són falta de coordinació de l'equip, errors de programació, vagues temporals, falta per malaltia o lesió, errors greus de planificació... Varien segons la gravetat i l'impacte que tenen però per simplificar-ho els separarem en problemes lleus i greus.

En quant als petits errors s'espera que siguin detectats a temps durant les reunions de seguiment setmanal. Gràcies a la metodologia àgil Scrum, bona part d'aquestes desviacions menudes poden ser corregides a temps amb satisfacció i d'aquesta manera evitar que s'acumulin i acabin afectant més seriosament la planificació del projecte.

En el desafortunat cas que aparegui un problema greu, caldrà reduir el temps dedicat a les tasques posteriors. És per això que el gruix del projecte (desenvolupament i programació) ha estat dividit en dues parts: el desenvolupament del producte viable mínim (MVP) i el desenvolupament del producte final. Això permetrà davant d'una desviació greu, centrar-se en el MVP i obtenir un producte amb les funcionalitats essencials tot acabant el projecte dins del termini esperat.

Recentment (meitats de març del 2020) la nostra societat ha estat fortament restringida a causa d'un pandèmia vírica produïda pel *Coronavirus*. És una situació d'extrema gravetat i incertesa que ha causat que moltes infraestructures (incloses les universitats) hagin de tancar durant mínim dues setmanes i tot apunta que s'haurà de prorrogar força més. Davant d'aquest fenomen advers el teletreball i la comunicació a distància són obligatoris, causant un alentiment i ineficiència generalitzats al projecte. Segons com evolucionin les circumstàncies es pot prendre la decisió d'emplear totes les hores (100h) inicialment destinades al producte complet al desenvolupament del MVP o bé reduir l'abast del projecte per tal d'esmoreir les complicacions causades.

Davant les tasques que es preveuen més complexes i susceptibles de desviament es contempla un increment en la dedicació per tal de dur-les a terme amb èxit. Sens dubte aquestes tasques són la de disseny i la d'implementació, on hi ha l'opció d'assignar-hi 15h i 30h addicionals respectivament.

Havent fet certes proves també s'ha detectat el risc de necessitar un ordinador portàtil nou per solucionar problemes de compatibilitat amb el *software* i de versions. L'equip intentaria buscar als recursos materials de la FIB un ordinador l'abans possible o bé caldria comprar-ne un.

# Capítol 4

## Gestió econòmica

En aquest capítol es realitza un estudi econòmic per tal d'identificar i estimar els costos associats a aquest treball de fi de grau i així determinar-ne la seva viabilitat econòmica. Els costos es troben categoritzats en costos de personal, genèrics, de contingència i d'imprevistos. També és descrit el control d'aquests costos durant el projecte.

### 4.1 Costos de personal

Primer de tot cal identificar els perfils del personal que intervindrà en aquest projecte: cap de projecte i programador. El rol de cap de projecte és un rol compartit entre el director, la codirectora i l'autor del TFG, mentre que el rol de programador és individualment desenvolupat per l'autor del TFG. A la Taula 4.1 s'indiquen les retribucions en euros per hora que li correspon a cada perfil, obtinguts a partir dels valors bruts que apareixen en un estudi sobre les remuneracions en projectes de *software* a la plataforma PagePersonnel [18]. Aquests valors han estat ajustats per incloure l'aportació establerta a la seguretat social (SS), fet que suposa multiplicar per 1.3 els sous bruts per tal d'obtenir la retribució del personal.

Perfil	Sou brut	SS	Retribució
Cap de projecte	16€/h	4.80€/h	20.80€/h
Programador	11€/h	3.30€/h	14.30€/h

Taula 4.1: Retribucions de cada perfil. Elaboració pròpia.

Una vegada definits aquests valors ja es pot procedir a calcular el CPA (cost per activitat). Això s'aconsegueix realitzant una estimació del cost de cada tasca definida al diagrama de Gantt. A la Taula 4.2 es mostren els perfils que participen en cada tasca i el cost de dur-la a terme.

Codi	Tasca	Cap de projecte	Programador	Cost
<b>T1</b>	<b>Gestió del projecte</b>	<b>110 h</b>	<b>0h</b>	<b>2288 €</b>
T1.1	Context i Abast	20 h		416 €
T1.2	Planificació temporal	8 h		166.40 €
T1.3	Pressupost i sostenibilitat	8 h		166.40 €
T1.4	Memòria	56 h		1164.80 €
T1.5	Presentació	8 h		166.40 €
T1.6	Reunions	10 h		208 €
<b>T2</b>	<b>Treball previ</b>	<b>6 h</b>	<b>50 h</b>	<b>839.80 €</b>
T2.1	Aprenentatge		44 h	629.20 €
T2.2	Valoració de l'estat actual	6 h	6 h	210.60 €
<b>T3</b>	<b>Producte viable mínim</b>	<b>16 h</b>	<b>124 h</b>	<b>2106 €</b>
T3.1	Disseny	12 h		249.60 €
T3.2	Implementació		120 h	1716 €
T3.3	Validació	4 h	4 h	140.40 €
<b>T4</b>	<b>Producte complet</b>	<b>12 h</b>	<b>82 h</b>	<b>1422.20 €</b>
T4.1	Disseny	8 h		166.40 €
T4.2	Implementació		78 h	1115.40 €
T4.3	Validació	4 h	4h	140.40 €
<b>Total CPA</b>		<b>144 h</b>	<b>256 h</b>	<b>6656 €</b>

Taula 4.2: Estimació dels costos de personal segons la dedicació de cada perfil a les activitats especificades a la planificació temporal. Elaboració pròpia.

## 4.2 Costos genèrics

Aquests costos són calculats de manera genèrica ja que no depenen de les tasques del projecte (de fet hi intervenen en totes). Considerarem com a costos genèrics les amortitzacions, l'espai de treball, el consum elèctric i la factura d'internet.

### 4.2.1 Amortitzacions

#### *Hardware*

Durant el projecte només es necessitarà un ordinador portàtil de gama mitjana-baixa d'un cost de 500€ i una pantalla secundària d'un cost de 100€. Suposant que de mitjana el temps de vida útil d'ambdós dispositius és de 60 mesos (5 anys) l'amortització d'aquest recurs és de  $5/60 \times (500 + 100) = 50\text{€}$ .

#### *Software*

Tot el programari usat en aquest projecte és gratuït. L'amortització, doncs, és de **0€**.

### 4.2.2 Espai de treball

El projecte es desenvoluparà al despatx del grup de recerca *HPC4SC* de l'edifici Nexus II situat al Campus Nord de la *UPC*. El cost del lloguer ascendeix a 3000€/any. Tenint en compte que la durada del projecte s'aproxima a 5 mesos i que dins el grup som 5 persones, trobem raonable concretar el cost per l'espai de treball en  $5/12 \times 3000/5 = \mathbf{250\text{€}}$ .

### 4.2.3 Consum elèctric

Després de comprovar el cost actual de l'electricitat, que és de 0.09175€/kWh [19], podem estimar el cost de mantenir en funcionament els dispositius mencionats prèviament, com es pot veure a la Taula 4.3.

Dispositiu	Potència	Hores	Consum	Cost
Ordinador portàtil	30 W	400 h	12 kWh	1.1€
Pantalla secundària	25 W	400 h	10 kWh	0.92€
<b>Total</b>				<b>2.02€</b>

Taula 4.3: Consum elèctric per dispositiu. Elaboració pròpia.

### 4.2.4 Factura d'internet

Segons les factures del grup de recerca, la tarifa d'internet és d'uns 50€ mensuals. Amb una jornada laboral mitjana de 4 hores diàries durant els 5 mesos de durada del projecte, la part proporcional de la factura d'internet puja a  $5 \times 50 \times 4/24 = \mathbf{41.66\text{€}}$ .

### 4.2.5 Total dels costos genèrics

La Taula 4.4 resumeix els CG (costos genèrics) del projecte, justificats prèviament, agregant-los tots en un valor total.

Concepte	Cost
Amortitzacions	50 €
Espai de treball	250 €
Consum elèctric	2.02 €
Factura d'internet	41.66 €
<b>Total CG</b>	<b>343.68 €</b>

Taula 4.4: Estimació dels costos genèrics. Elaboració pròpia.

### 4.3 Contingències

Cal contemplar la possibilitat que apareguin contratemps i complicacions durant el projecte, els quals en poden encarir el seu cost final. A causa d'això, es prepara una partida de contingència per tal d'estar preparats per afrontar aquest tipus de situacions. Els valors típics del nivell de contingència per projectes de desenvolupament de *software* se situen entre el 10% i el 20%. Escollim un valor mitjà d'un 15%.

Calculem aquest cost de la següent manera:  $(\text{TOTAL CPA} + \text{TOTAL CG}) \times 0.15$

Per tant, el **cost de contingència** és de  $(6656 \text{ €} + 477 \text{ €}) \times 0.15 = \mathbf{1069.95 \text{ €}}$

### 4.4 Imprevistos

Per últim, cal valorar el cost que suposaria portar a cap els plans alternatius en cas d'afrontar un imprevist durant el projecte. El cost de cada un es calcula com la despesa que suposaria multiplicat per la probabilitat que la situació adversa succeeixi. És rellevant remarcar que la probabilitat de necessitar un ordinador amb més prestacions o per solucionar problemes de compatibilitat és força elevada, tal i com s'explica al final de la secció 3.4 Gestió de risc. La Taula 4.5 mostra aquests costos.

Imprevist	Despesa	Probabilitat	Cost
Nou ordinador	1000 €	40%	400 €
Increment del temps de disseny (15h)	312 €	15%	46.80 €
Increment del temps d'implementació (30h)	429 €	20%	85.80 €
<b>Total imprevistos</b>			<b>532.60 €</b>

Taula 4.5: Estimació dels costos a causa d'imprevistos. Elaboració pròpia.

### 4.5 Cost total del projecte

A la Taula 4.6 es mostra el cost total del projecte, aconseguit sumant els costos globals (ressaltats en groc) de totes les seccions anteriors.

Concepte	Cost
CPA	6656 €
CG	343.68 €
Contingències	1069.95 €
Imprevistos	532.60 €
<b>Total</b>	<b>7702.23 €</b>

Taula 4.6: Estimació del cost total del projecte. Elaboració pròpia.



## 4.6 Control de gestió

Durant el transcurs del projecte es faran revisions de costos per tal d'assegurar que la desviació d'aquests amb els costos estimats en aquest capítol és la mínima possible. S'utilitzaran les mètriques següents:

**Desviació de cost** =  $(CE - CR) \times CHR$

**Desviació de consum** =  $(CHE - CHR) \times CE$

amb:

- **CE**: Cost Estimat
- **CR**: Cost Real
- **CHR**: Consum d'Hores Real
- **CHE**: Consum d'Hores Estimat

Gràcies a aquest control, podrem detectar si hi ha una desviació i saber a quina tasca s'ha produït i de quin tipus de desviació es tracta. Si les desviacions són degudes als imprevistos mencionats s'utilitzarà la partida d'imprevistos per cobrir-ne els costos. En cas que no fos suficient o les desviacions provinguessin d'una altra font, caldria recórrer a l'ús de la partida de contingència per fer-hi front. Si les desviacions són excessivament grans degut a problemes majors es pot ajustar l'abast del projecte i replanificar-lo per cenyir-nos al pressupost disponible.

També s'intentarà evitar utilitzar recursos no descrits en aquest capítol (com per exemple l'ús de paper en favor de visualitzar documents de forma digital) per evitar sobre costos i alhora ser més sostenibles. Aquest projecte no necessita fer gestió d'inventari ni de vendes ja que no hi ha cap tipus de matèria primera involucrada en el seu desenvolupament.

# Capítol 5

## Informe de sostenibilitat

Després d’haver respost l’enquesta dirigida al món universitari per *EDINSOST* puc tenir una idea del meu grau de coneixement sobre el paper de les TIC en la sostenibilitat. Considero que tinc el coneixement esperat a nivell teòric però em falta posar-lo en pràctica, ja que fins ara no he participat en cap projecte de certa magnitud on pugui tenir-hi un impacte. L’enquesta m’ha ajudat a veure que aquest aspecte pràctic no el tinc tant treballat i és on hauria d’enfocar els meus esforços si vull millorar-lo. En l’aspecte de la conscienciació considero que compleixo amb escreix el nivell esperat en un estudiant d’informàtica, ja des de l’escola primària s’insisteix força en què els estudiants prenguem consciència sobre aquest tema.

Per altra banda, cal mencionar també que degut a la nostra especialitat, més enfocada a la recerca; i el caire del propi projecte, on no hi intervenen matèries primeres; la meua capacitat de realitzar accions que marquin un impacte notable en la sostenibilitat està més limitada que en altres casos.

### 5.1 Dimensió ambiental

El desenvolupament del compilador d’aquest projecte no requereix cap *hardware* específic, s’ha escollit un ordinador portàtil per dur a terme la feina. Es tracta d’un portàtil de segona mà (era de *leasing* a l’administració de la ciutat de Copenhaguen), per tant s’amortitza el cost ambiental de fabricació donant-li un segon ús. A més proporciona una flexibilitat de moviment superior i un consum energètic considerablement menor al d’un ordinador fix, fet que contribueix a una optimització en l’aspecte ambiental en el desenvolupament del projecte. En quant a l’ús del paper, es limitarà el seu ús a la impressió de la memòria final estrictament, la resta de documentació serà en format digital per tal de reduir l’impacte ambiental i els residus generats.

Aquest projecte construeix sobre d’un altre d’existent, com ja s’ha mencionat anteriorment, suposant un estalvi de recursos i energia en general. De la mateixa forma pot servir també perquè futurs TFGs l’ampliïn, aconseguint beneficis similars. Un aspecte de rellevant menció és el Mare Nostrum 4, el supercomputador pel qual es desenvolupa l’eina. Té un consum de 1.3MWatts a l’any [20] i tot i que no és cost ambiental directe del projecte, sí que és interessant tenir-lo en compte a l’hora de plantejar-se accions que rebaixin la petjada ecològica que generem.

## 5.2 Dimensió econòmica

El cost del projecte queda detalladament descrit al capítol anterior i està desglossat apropiadament per tal de distingir els costos associats als recursos humans i els associats als materials. Sembla difícil reduir encara més el cost del projecte perquè no hi ha cap apartat del pressupost on aparentment s'evidenciï un sobrecost o una partida injustament inflada, hi ha poc espai per on retallar despesa.

El projecte tracta un problema molt concret relacionat amb un producte del *BSC* i és pràcticament impossible trobar altres productes similars per tal de comparar les solucions des del punt de vista ecològic. La feina feta aquí ajudarà als investigadors del camp social en les seves tasques de recerca i el potencial de realitzar una millora ambiental hi és. Paral·lelament també afegeix valor a les eines a les quals complementa, com ara Pandora. Els recursos necessaris pel manteniment del projecte un cop finalitzat no són elevats perquè és improbable que els llenguatges que intervenen al compilador (origen i destí) pateixin modificacions significatives.

## 5.3 Dimensió social

A nivell personal el projecte m'aportarà per una banda coneixement de caire tècnic: coneixements sobre compiladors, els seus fonaments, parts que el formen i desenvolupament; coneixements sobre llenguatges de programació, i computació eficient; coneixements sobre les ABM (simulacions basades en agents) i el seu funcionament. Per altra banda també m'aportarà un important quantitat de coneixements no tècnics: capacitat d'organització, comunicació amb els companys de l'equip, gestió de problemes relacionats amb projectes de desenvolupament de *software*, entre d'altres.

Pel que fa a la utilitat d'aquest projecte a nivell col·lectiu en podem destacar els avantatges que suposaria pels investigadors del camp social el fet de poder realitzar experiments en les seves investigacions de forma eficient i eficaç sense sacrificar la complexitat associada a les simulacions que executen. Al seu torn, aquests experiments poden contribuir a una millora de camps molt variats, com ara planificació urbana, gestió de multituds a grans esdeveniments, circulació viària i transport, entre molts d'altres. El potencial de tenir un impacte positiu en certs aspectes de la societat i la seva organització és evident, i alhora és un dels punts més interessants d'aquest projecte quan es contempla el panorama de manera àmplia.

# Bibliografia

- [1] Wikimedia Commons - NetLogo *screenshot*. [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4e/NetLogo\\_604-WolfSheepPredation.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4e/NetLogo_604-WolfSheepPredation.jpg). [en línia] (consulta: 20/02/2020).
- [2] Comparison of ABM software. [https://en.wikipedia.org/wiki/Comparison\\_of\\_agent-based\\_modeling\\_software](https://en.wikipedia.org/wiki/Comparison_of_agent-based_modeling_software). [en línia] (consulta: 19/02/2020).
- [3] Yaneer Bar-Yam. *Dynamics of complex systems*. CRC Press, 2019.
- [4] BSC-CNS. <https://www.bsc.es/ca>. [en línia] (consulta: 18/02/2020).
- [5] Luis R. Izquierdo. Modelado de sistemas complejos mediante simulación basada en agentes y mediante dinámica de sistemas. *EMPIRIA*, pages 85–112, 2008.
- [6] Eric Bonabeau. Agent-based modeling: Methods and techniques for simulating human systems. *Proceedings of the national academy of sciences (PNAS)*, 99(3), 2002.
- [7] Rosaria Conte i Mario Paolucci. On agent-based modeling and computational social science. *Frontiers in Psychology*, 5(1):668, 2014.
- [8] Dominik Klein, Johannes Marx i Kai Fischbach. Agent-Based Modeling in Social Science, History, and Philosophy. An Introduction. *Historical Social Research/Historische Sozialforschung*, 43(1):7–27, 2018.
- [9] Pandora: An HPC Agent-Based Modelling framework. <https://www.bsc.es/research-and-development/software-and-apps/software-list/pandora-hpc-agent-based-modelling-framework>. [en línia] (consulta: 19/02/2020).
- [10] Bjarne Stroustrup FAQ. [http://www.stroustrup.com/bs\\_faq.html](http://www.stroustrup.com/bs_faq.html). [en línia] (consulta: 19/02/2020).
- [11] NetLogo Docs. <https://ccl.northwestern.edu/netlogo/docs/>. [en línia] (consulta: 19/02/2020).
- [12] Logo Foundation - What is Logo? [https://el.media.mit.edu/logo-foundation/what\\_is\\_logo/index.html](https://el.media.mit.edu/logo-foundation/what_is_logo/index.html). [en línia] (consulta: 19/02/2020).
- [13] Karl Rupp - 40 years of microprocessor trend. <https://www.karlrupp.net/2015/06/40-years-of-microprocessor-trend-data/>. [en línia] (consulta: 20/02/2020).

- [14] Xavier López Reynau. Disseny i desenvolupament d'un compilador i la seva interfície per a entorns HPC en modelització basada en agents (ABM). Treball Final de Grau, *Universitat Politècnica de Catalunya*, 2019.
- [15] What is Scrum? <https://www.scrum.org/resources/what-is-scrum>. [en línia] (consulta: 21/02/2020).
- [16] GitHub - HPC4SC. <https://github.com/HPC4SC/>. [en línia] (consulta: 21/02/2020).
- [17] Trello. <https://trello.com/en>. [en línia] (consulta: 21/02/2020).
- [18] PagePersonnel. <https://www.pagepersonnel.es/>. [en línia] (consulta: 08/03/2020).
- [19] Preu de l'electricitat. <https://tarifaluzhora.es/?tarifa=normal&fecha=2020-03-09>. [en línia] (consulta: 09/03/2020).
- [20] Descripció Mare Nostrum. <https://www.bsc.es/es/marenostrum/marenostrum>. [en línia] (consulta: 09/03/2020).