

Estudi de l'Elo en els videojocs

TFG

Especialització en Enginyeria del Software



Autor: Arnau Gesa Pascual

Director: Manuel Rello Saltor

Ponent: Ernest Teniente López

14 de juny de 2021

Índex

1	Contextualització	4
1.1	Introducció	4
1.2	Situació actual	4
1.3	Termes i conceptes bàsics	5
1.4	Identificació del problema	6
1.5	Exemples de sistemes d'Elo en els videojocs	7
1.6	Motivació	8
2	Competència en el mercat	9
2.1	Solucions existents	9
2.2	Justificació de la meva proposta	10
3	Abast	11
3.1	Objectius	11
3.2	Obstacles i riscos	12
4	Stakeholders	13
5	Especificació de requisits	14
5.1	Requisits funcionals	14
5.2	Requisits no funcionals	15
5.3	Casos d'ús	16
5.4	Diagrama de classes	20
5.4.1	Restriccions textuais	22
5.4.2	Descripció de les classes	22
6	Metodologia i rigor	25
6.1	Control de versions	26

6.2	Control de seguiment	26
6.3	Control de tasques	27
7	Disseny	28
7.1	Arquitectura del sistema	28
8	Implementació	29
8.1	Tecnologies utilitzades	29
8.1.1	Llenguatges de programació	29
8.1.2	Eines	30
8.2	Implementació dels algorismes	31
9	Planificació temporal	33
9.1	Canvis respecte la planificació inicial	33
9.2	Descripció de tasques	33
9.2.1	Gestió del projecte	33
9.2.2	Desenvolupament	34
9.2.2.1	Personalització de l'algorisme del sistema d'Elo	34
9.2.2.2	Simulació de partides	35
9.2.2.3	Comparar resultats entre diferents variables i algorismes	35
9.2.3	Documentació i seguiment	36
9.3	Recursos humans	36
10	Estimacions i Gantt	37
10.1	Estimacions	37
10.2	Diagrama de Gantt	38
11	Gestió del risc	41
12	Gestió econòmica	42

12.1 Identificació i estimació de costos	42
12.2 Modificació del pressupost respecte a la planificació inicial	42
12.2.1 Recursos humans	42
12.2.2 Recursos materials	43
12.2.3 Recursos generals	44
12.2.4 Contingència	45
12.2.5 Cost d'imprevistos	45
12.2.6 Pressupost final	46
12.3 Control de gestió	46
13 Informe de sostenibilitat	48
13.1 Autoavaluació	48
13.2 Dimensió ambiental	48
13.3 Dimensió econòmica	49
13.4 Dimensió social	49
14 Lleis i regulacions	51
15 Conclusions	52
15.1 Resultats	52
15.1.1 Assoliment dels objectius	52
15.1.2 Assoliment de les competències tècniques	52
15.2 Futur	53
15.3 Conclusions finals	54
Referències	55

1 Contextualització

1.1 Introducció

Aquest projecte anomenat *Estudi de l'Elo en el món dels videojocs* és un Treball de Fi de Grau (TFG) realitzat en la Facultat d'Informàtica de Barcelona (FIB) de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC). En aquest cas, és un treball realitzat per al Grau en Enginyeria Informàtica, concretament, per a l'especialitat d'Enginyeria del Software. L'objectiu del projecte és crear un simulador de partides per comprovar i analitzar les fórmules de l'Elo.

1.2 Situació actual

Avui en dia, gràcies a l'Internet i a l'evolució i disponibilitat de les noves tecnologies, tothom pot jugar a un videojoc des d'un dispositiu mòbil o des d'un ordinador o consola. No és estrany dedicar-hi temps en els moments lliures, ja sigui per entretenir-se amb els amics, per divertir-se o per competir contra altres jugadors; o en els temps morts del dia, com per exemple quan es fa cua en un supermercat.

Des de l'aparició i gran èxit del Pong fins al dia d'avui, els videojocs han evolucionat molt i la indústria ha crescut notablement. Han aparegut diversos gèneres de jocs, entre els quals podem destacar els d'acció, d'aventura, de lluita o d'esports entre altres. També, gràcies a l'aparició d'Internet, s'ha afegit la component online als videojocs, la qual permet jugar amb gent d'arreu del món. D'altra banda, també s'han creat diverses competicions molt importants a escala mundial, com serien el cas de la Call of Duty World League (CWL), el campionat mundial del League of Legends [1] o el torneig de lluita de fama mundial EVO [2].

Altrament, les plataformes que permeten pujar vídeos a la web també s'han vist beneficiades pels videojocs. Un bon exemple d'això és You Tube. Aquest ha arribat a tenir més de 100 mil milions d'hores en vídeos d'aquest aspecte i més de mil milions d'hores en transmissions en viu de la mateixa temàtica [3]. Un altre exemple és la plataforma de Twitch, la qual s'especialitza a fer transmissions en viu. En aquest cas, ha aconseguit que jocs com el League of legends o el Fortnite hagin tingut més de 35 mil milions o 20 mil milions de visites en el darrer any respectivament. [4].

Com a resultat, la indústria dels videojocs segueix augmentant cada cop més. Avui en dia, generen una gran quantitat d'ingressos, la qual s'espera que s'incrementi encara més en els anys vinents. Com es pot veure en la gràfica de la figura 1, s'observa que en 2019 es van generar més de 150 mil milions de dòlars i es preveu que en 2020, a causa de la Covid-19, es generin més de 179 mil milions de dòlars [5].

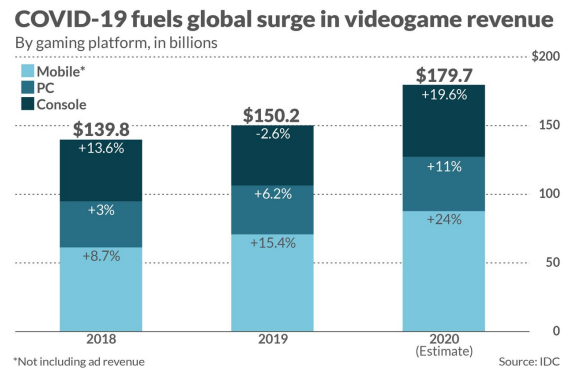


Figura 1: Ingressos dels videojocs. Font: [5]

1.3 Termes i conceptes bàsics

En aquest apartat s'expliquen els termes i conceptes relacionats amb el projecte que poden donar lloc a la confusió o desconeixement del significat pel lector.

- **Elo:** Es coneix com a Elo el sistema de puntuació creat pel físic estatunidenc d'origen hongarès Arpad Elo, que mesura els nivells d'habilitat relatius dels jugadors en els esports. En són uns bons exemples els escacs o els videojocs competitiu com el League of Legends o el Counter Strike. [6]
- **Matchmaking:** S'anomena matchmaking a l'algorisme utilitzat en la majoria dels videojocs multijugador que tracta d'emparellar els jugadors o equips d'un nivell o habilitats similars per enfrontar-se entre ells. Això s'aconsegueix mitjançant l'anàlisi de les estadístiques dels diferents usuaris. [7].
- **Videojoc competitiu:** S'entén com a videojoc competitiu un videojoc online, és a dir, que es juga a través d'Internet, on els jugadors competeixen entre ells, sigui en equip o individual, per ser uns millors que els altres. Un exemple d'aquests poden ser els escacs o els jocs de lluita, com el Street Fighters o Mortal Kombat.
- **Habilitat del jugador:** Es coneix com a habilitat del jugador a la capacitat que té aquest per demostrar la seva destresa en un joc, en altres paraules, que tan capaç és de derrotar als seus contrincants.

1.4 Identificació del problema

Com s'ha vist anteriorment, els videojocs són cada cop més importants en la indústria: cada cop són més coneguts, hi ha més inversió i generen més ingressos. Per aquests motius, és molt important dissenyar-los bé i per fer-ho, s'han de considerar molts aspectes, com per exemple la temàtica, els escenaris, els personatges, etc. Però també és molt important la jugabilitat, fer que sigui divertit i entretingut. A més, dintre dels jocs competitius, es necessita un bon sistema d'Elo i d'aparellament, per fer encara el videojoc més entretingut i generar més rivalitat, tot i que també pot haver-hi interessos comercials.

Desenvolupar una bona fórmula de l'Elo equival, normalment, a representar el nivell d'habilitat del jugador i al seu progrés a l'hora de millorar. Per tant, s'ha d'estudiar rigorosament com fer-la i saber quines variables la modificaran (guanyar, perdre, morir més o menys, etc.).

També cal afegir que l'Elo pot ser molt diferent depenent de la situació en què es vulgui aplicar. Per exemple, si en un videojoc es fa un campionat setmanal, on es vol reduir el nombre de jugadors durant el transcurs d'aquest, es pot generar un algorisme que contempli un Elo molt variat entre els diferents participants al principi de la competició, però que sigui més similar cap al final. Per una altra banda, si es juga un campionat mensual on es vol que hi participin tots els jugadors i es desitja una classificació apropiada a l'Elo de cada un, es pot desenvolupar un algorisme que agrupi les partides mitjançant un Elo similar.

Com es pot observar, la fórmula de l'Elo pot ser molt variable i s'han de fer diverses proves per arribar a l'adequada. El problema és que no hi ha cap programa que permeti simular les diferents versions per saber quina és vàlida i quina no. El que s'ha de fer actualment és plantejar una simulació que s'adeqüi a l'algorisme i fer moltes partides per veure l'evolució. Això pot tenir conseqüències, i és que testear i comparar els resultats de les diferents fórmules pot portar molt temps, el qual es podria invertir en altres aspectes del desenvolupament del videojoc.

És per aquest motiu que és necessària una eina software per a les empreses desenvolupadores de jocs amb interès comercial, que els permeti simular partides amb l'algorisme d'Elo que se li introdueixi, sigui quin sigui, i permeti avaluar els resultats. D'aquesta manera, podran escollir quin s'adapta millor a la jugabilitat i progressió del joc.

1.5 Exemples de sistemes d'Elo en els videojocs

L'Elo es pot calcular de diverses fórmules, des de la més simple que és la d'obtenir punts depenent de si es guanya o es perd, fins a la de contemplar el teu progrés en la partida, com per exemple si s'ha eliminat molts contrincants, si s'ha mort moltes vegades, etc. A continuació es mostraran alguns exemples de sistemes d'Elo utilitzats en videojocs molt coneguts:

- **Escacs:** Els escacs consisteixen en partides d'u contra u on l'objectiu és capturar el rei enemic. Aquest utilitza el mètode més senzill per calcular la puntuació d'Elo i és el següent: és mesura la probabilitat de guanyar al rival més la de fer taules (empatar). A partir d'aquí s'extreuen els punts d'Elo a guanyar o perdre depenent del resultat. La quantitat també depèn del rang on juguïn la partida, com més alt, més punts guanyaran o perdran [6].
- **Rocket League:** El Rocket League és un videojoc de futbol, amb la diferència que en canvi de jugar amb futbolistes, es juga amb cotxes. En aquest cas, l'Elo s'anomena MMR (MatchMaking Rank) i funciona similar al dels Escacs. Si es guanya al rival, s'obté MMR i si es perd, es resta. La quantitat pot variar depenent del rang en el qual es trobi el participant i depenent del nivell de l'equip rival. El progrés en la partida, com ara marcar gols, fer parades o assistències, no contribueix a obtenir més punts d'Elo [8].
- **League of Legends:** El League of Legends o LOL és un joc per equips on l'objectiu és enderrocar una estructura anomenada Nexus que es troba en la base del rival. Aquest videojoc funciona per rangs i per pujar-ne d'un a un altre, s'ha d'acumular una certa quantitat de LP (League Points). Aquests funcionen com els punts d'Elo explicats anteriorment: si el jugador guanya la partida, n'adquirirà més o menys depenent del nivell del rival. En canvi, si la perd, se li restaran. La diferència amb els videojocs anteriors és que un cop s'ha adquirit els LP suficients per pujar de rang, és necessari jugar unes fases d'ascensió. Si es passen, es pujarà de rang i s'obtindran els LP corresponents. En canvi, si es perd, els LP seran restablerts al del rang que pertoca [9].
- **Counter Strike: Global Offensive:** El Counter Strike: Global Offensive o CSGO és un videojoc per equips de diverses rondes on l'objectiu és eliminar a tot l'equip rival, o evitar que es planti la bomba o desactivar-la, o plantar-la i fer-la explotar, depenent del rol que tingui l'equip. En aquest joc el sistema d'Elo funciona de manera diferent: cada ronda que es juga és com si fos una partida d'escacs. Els punts d'Elo es veuen repartits al final de cada una d'elles. La diferència està en el fet que aquest joc si contempla el nombre de morts que ha tingut un jugador, el número de baixes, si ha complert l'objectiu, etc. per repartir els punts d'Elo. També té molt en compte qui ha estat el MVP de la ronda, enduent-se una gran part dels punts [10] [11].

1.6 Motivació

Els videojocs és un aspecte que m'ha apassionat tota la vida. Des de ben petit fins al dia d'avui que els porto jugant i gaudint. De fet, el quadrimestre passat vaig cursar l'assignatura de videojocs per tal de veure i entendre com funcionaven.

A l'hora d'escollir un tema per fer el TFG, vaig demanar ajuda a diversos professors que havia tingut durant la carrera per veure si em podien donar alguna idea. D'entre totes les propostes que havia rebut, les quals eren molt interessants, va haver-hi una que em va cridar molt l'atenció. Evidentment, aquesta és la del meu TFG i consisteix a fer un simulador d'Elo per estudiar aquest mateix i veure com evolucionava. Vaig escollir aquesta idea per dues raons: la primera és que era una temàtica sobre els videojocs, que com he mencionat anteriorment, m'agraden molt. La segona és que és un aspecte que mai m'havia plantejat com funcionava i que malauradament no s'havia estudiat en l'assignatura. Per tant, vaig escollir aquest TFG per augmentar el meu coneixement sobre els videojocs i sobre com estan fets.

2 Competència en el mercat

2.1 Solucions existents

El sistema d'Elo d'un videojoc és molt important, ja que ha de representar, normalment, el nivell d'habilitat del jugador i a més, aconseguir fer les partides entretingudes. Llavors, es pot arribar a la conclusió de què ha d'estar ben fet perquè un joc triomfi. És per aquest motiu que s'ha realitzat una recerca de programes que simulin i permetin configurar el sistema d'Elo d'un videojoc, però només s'ha trobat repositoris de Github que ho simulen, donada una fórmula predeterminada, on a vegades es poden canviar algunes variables, o bé una pàgina web que fa el mateix. Els millors resultats obtinguts han estat els següents:

- **Repositori de RemiFabre [12]:** En aquest repositori anomenat "Elo" es troba un programa fet en python que simula l'evolució de l'Elo en diversos jugadors amb puntuacions diferents. Aquest programa té dues modalitats, en la primera és que els jugadors només s'enfronten entre si una vegada rere l'altre, mentre que en la segona modalitat s'enfronten a jugadors creats només per aquella partida i amb un "winrate" fixat. L'algorisme de l'Elo està predeterminat i com a molt es pot canviar el valor de certes variables. Posteriorment, es mostra el resultat en una gràfica.
- **Repositori de cardsorg [13]:** Aquest repositori de Github anomenat "Elo" inclou un software que simula l'enfrontament entre dos jugadors i diu el respectiu Elo de cadascú. Té tres funcionalitats diferents; la primera permet fer l'enfrontament entre dues persones amb l'Elo i el resultat que es vulguin assignar. També permet canviar el valor de la variable K, que és el màxim de punts que pot guanyar o perdre un jugador en una partida. La segona funcionalitat consisteix a mostrar la diferència entre els dos jugadors i la tercera fa el mateix, però també mostra la diferència estimada.
- **Repositori d'iaim [14]:** En aquest tercer repositori anomenat "Elo" es troba un altre programa que permet simular i modificar alguna variable del sistema d'Elo. En aquest cas, es poden crear jugadors amb la puntuació desitjada i enfrontar-los entre si, decidint el resultat. També diu si són professionals o principiants depenent dels seus punts. Aquest software també permet diferents configuracions, com la modificació de la variable K, on es pot definir depenent del nombre de partides fetes. També permet modificar a partir de quina quantitat de punts es deixa de ser un principiant i amb quina puntuació comença un jugador.
- **Elo Calculator [15]:** Aquesta calculadora online de la pàgina web "Omnicalculator" permet calcular l'Elo d'un jugador després de fer diferents jocs i també modificar la variable K. Hi ha dos opcions a escollir: una única partida o múltiples d'elles. La calculadora deixa assignar els punts desitjats al jugador principal i a cada un dels seus rivals, permetent també escollir el resultat de cada enfrontament. Al final, mostra una taula amb quants punts s'han guanyat i perdut en cada joc i quina és la puntuació final.

2.2 Justificació de la meva proposta

Un cop vistes totes les solucions que hi ha actualment a Internet, podem concloure que totes elles tenen aspectes positius: permeten modificar la variable K, mostren un gràfic de com va evolucionant l'Elo després de diverses partides, permeten escollir el resultat de cada joc o ensenyen quants punts es guanyen o perden en cada un. Tot i això, totes elles estan lligades a la mateixa fórmula, i és aquesta la principal diferència amb aquest projecte.

La meua solució també permet modificar el valor de diverses variables, simular diverses partides i exportar els resultats per fer una gràfica, però el més important és que permetrà canviar l'algorisme per calcular l'Elo en la seva totalitat. Es podrà utilitzar l'algorisme que es desitgi, ja sigui el predeterminat o un creat per l'usuari que dissenyi el videojoc, permetent així veure la comparativa entre les diferents fórmules i escollint la més adequada pel videojoc. A més, per tal de simular millors les partides, també permetrà canviar l'algorisme de com es juguen i crear jugadors amb les característiques desitjades. Tot això fa el simulador més dinàmic i més adaptable, ajustant-se a la voluntat de l'empresa.

A continuació, per tal d'aclarir les diferències entre els diferents programes, en la taula 1 es pot observar una graella comparativa entre les distintes funcionalitats dels diversos programes trobats i el meu.

Funcionalitats	RemiFabre	cardsorg	iain	EloCalculator	El meu projecte
Fórmula d'ELO determinada	✓	✓	✓	✓	✓
Canviar variables algorisme d'ELO	✓	✓	✓	✓	✓
Simulació amb gran nombre de partides	✓	X	X	X	✓
Personalitzar puntuació de jugadors	X	✓	✓	✓	X
Decidir resultat d'un enfrontament	X	✓	✓	✓	X
Mostrar resultat en gràfiques	✓	X	X	X	X
Personalitzar algorisme d'ELO	X	X	X	X	✓
Personalitzar algorisme de partida	X	X	X	X	✓
Personalitzar creació de jugadors	X	X	X	X	✓
Exportar dades a Excel	X	X	X	X	✓

Taula 1: Taula comparativa de les diferents funcionalitats dels programes

3 Abast

En aquest apartat es comentaran els objectius que ha de tindre el projecte, igual que els requisits que ha de complir. També es contemplaran els obstacles i riscos que poden aparèixer durant tot el desenvolupament.

3.1 Objectius

L'objectiu principal d'aquest projecte és poder crear un producte software que permeti simular el càlcul de l'Elo en els videojocs i veure la seva evolució, per determinar si és un algorisme vàlid, per veure si l'Elo correspon al nivell del jugador i per veure si l'aparellament és el correcte. Per aconseguir que el programa pugui complir amb aquestes funcionalitats, cal assolir un seguit de sub-objectius:

- **Personalització de l'algorisme del sistema d'Elo:** El programa ha de permetre tant la modificació de variables com poder canviar la fórmula sencera, permetent així introduir qualsevol algorisme per veure el seu funcionament.
- **Simulació de partides:** El software ha de permetre simular partides per així poder aplicar la fórmula de l'Elo i poder comprovar que l'aparellament de jugadors és el correcte. S'ha de contemplar que poden haver-hi variables que poden afectar al resultat de la partida. Per exemple un jugador pot tenir una arma millor que l'altre, una armadura més resistent, un millor cotxe, etc. També ha de tenir en compte la diferència d'habilitat entre els contrincants, el resultat esperat vs. el real i la quantitat de punts d'Elo guanyats o perduts per cada partida.
- **Comparar resultats entre diferents variables i algorismes:** Per poder determinar si la fórmula de l'Elo és la correcta, cal poder comparar els resultats entre els diferents algorismes. És per aquest motiu que es guardaran les dades i es permetrà exportar-les a l'Excel, per poder analitzar-les i comparar-les.

A la figura 2 es pot observar un esquema dels diversos objectius i subobjectius del programa.

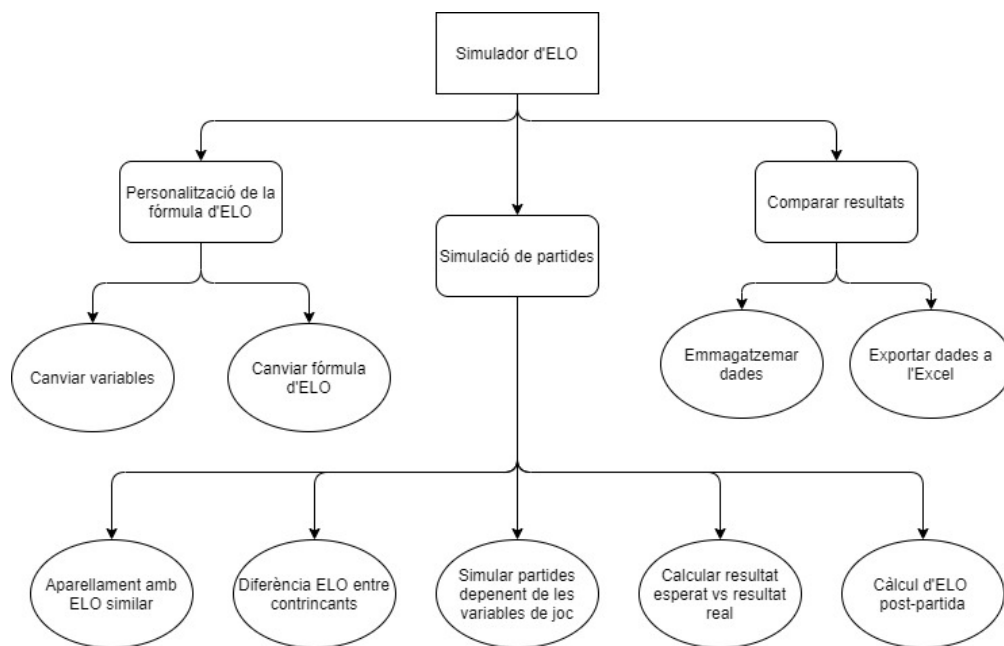


Figura 2: Esquema dels objectius i subobjectius del sistema. Font: Elaboració pròpia

3.2 Obstacles i riscos

Durant tot el transcurs del projecte poden aparèixer diversos obstacles i riscos que poden alentir el desenvolupament del projecte. Per aquest motiu, cal identificar-los i saber-ne d'ells.

- **Data d'entrega fixa:** El TFG té una data límit fixada i, per tant, que s'ha de complir. Però els possibles problemes que ens podem trobar durant el desenvolupament del projecte poden generar endarreriments i, per tant, empitjorar la qualitat del programa o eliminar alguna funció no essencial per falta de temps.
- **Desconeixement en simulació:** Un aspecte fonamental del programa és la simulació de partides. Però a causa del meu desconeixement en l'àmbit de la simulació dins la informàtica, és probable que es generin endarreriments i possibles errors a l'hora de programar.
- **Desconeixement en les tecnologies emprades:** A causa del meu desconeixement sobre el llenguatge de programació Lua o sobre el poc ús fet del software de QT, és probable que s'alenteixi el desenvolupament del projecte, ja que hauré d'aprendre a utilitzar-los correctament.
- **Bugs i errors:** Durant tot el transcurs de programar i testejar el programa, poden aparèixer diferents errors i bugs que em poden fer perdre molt temps, i per tant, endarrerir el desenvolupament.

4 Stakeholders

Els *Stakeholders* són una part fonamental pel desenvolupament del projecte, ja que són totes aquelles persones o organitzacions afectades pel producte a crear i que tenen interès en aquest, ja sigui de forma directa o indirecta. A continuació es llistaran les parts interessades del software a desenvolupar.

- **Empreses de videojocs:** Les empreses desenvolupadores de videojocs es veuran principalment afectades pel projecte. Si el sistema d'Elo aplicat al producte és bo, hi ha més possibilitats de que el joc triomfi. Per tant, quan més èxit tingui el joc, més conegut serà, més jugadors captarà i més beneficis obtindrà l'empresa.
- **Jugadors:** Els jugadors de videojocs són les principals parts interessades i són les més importants. Aquests es veuran implicats de forma indirecte, ja que són els que jugaran i seran puntuats pel sistema d'Elo resultant. També són qui han de trobar el joc entretingut i divertit, atès que seran els encarregats de fer que aquest tingui èxit.
- **Desenvolupadors de videojocs:** Els desenvolupadors de videojocs són qui utilitzaran el software de forma directa. Seran els encarregats d'estudiar i plantejar les diferents fórmules del sistema d'Elo i simular-les en l'eina a desenvolupar, per així decidir quina d'elles s'adapta més al videojoc i farà que hi hagi una millor experiència.
- **Propietari del TFG:** Jo mateix soc un dels principals *stakeholders* del projecte, ja que seré l'únic desenvolupador. El meu objectiu serà fer-lo de la millor forma possible i eficient, testejar-lo i documentar tot el procés.

5 Especificació de requisits

Per tal d'assolir el bon funcionament del sistema i complir tots els objectius mencionats prèviament, aquest projecte ha d'assolir un seguit de requisits funcionals i no funcionals que es mostraran a continuació.

5.1 Requisits funcionals

El simulador que es desenvolupa en aquest treball disposa d'un seguit de requisits funcionals que permeten a l'usuari fer-ne ús del sistema. Seguidament, s'enumeraran cada un d'ells:

- **Entrada de fitxers Lua:** El programa ha de permetre poder carregar un fitxer de script en Lua que contingui diverses característiques i funcions per poder personalitzar la simulació, com l'algorisme del sistema d'Elo o les característiques dels jugadors.
- **Configuració de la fórmula del sistema d'Elo:** El sistema ha de poder entendre i executar perfectament la fórmula d'Elo que hagi introduït l'usuari mitjançant el script de Lua.
- **Configuració de la fórmula per jugar la partida:** El sistema ha de poder llegir i executar la fórmula de joc de les partides per tindre en compte totes les propietats que vol l'usuari.
- **Creació dels jugadors per fer les simulacions:** El sistema ha de crear el nombre de jugadors necessaris per poder executar la simulació. Cada un d'ells ha de tenir les característiques introduïdes per l'usuari.
- **Configuració de les característiques dels jugador:** L'usuari ha de ser capaç de modificar les característiques o propietats que han de tenir els jugadors mitjançant el fitxer Lua.
- **Creació d'equips:** El sistema ha de permetre crear equips tenint en compte les dades introduïdes per l'usuari respecte la diferència d'Elo entre jugadors i el nombre de membres d'un equip. Tot equip tindrà una diferència màxima inferior o igual a l'especificada i tindrà un nombre de components idèntics a l'indicat.
- **Creació de les partides:** El sistema ha de permetre crear partides tenint en compte la diferència màxima d'Elo que pot haver-hi entre els dos equips. Aquesta dada haurà estat introduïda per l'usuari prèviament.
- **Simulació d'una partida:** El sistema ha de simular una partida entre els equips i determinar un resultat. Per fer-ho, tindrà en compte el sistema implementat per l'usuari en el fitxer Lua.
- **Càlcul de l'Elo:** El software ha de permetre poder executar l'algorisme de l'Elo i modificar la puntuació de cada un dels jugadors de la forma adequada.
- **Configuració de la simulació:** El sistema ha de permetre la configuració d'una sèrie de variables per fer la simulació, concretament: el nombre de jugadors, el nombre de components d'un equip, el nombre de partides a simular, la diferència de puntuació entre els jugadors d'un equip i un enfrontament i la destinació de les estadístiques.

- **Emmagatzematge de dades:** El software ha de poder emmagatzemar les dades extretes de les simulacions per poder-les utilitzar i actualitzar més tard.
- **Sortida de fitxers Excel:** L'eina a desenvolupar ha de poder permetre exportar les dades obtingudes a un fitxer Excel per així poder-les analitzar i comparar.

5.2 Requisits no funcionals

El software desenvolupat també ha de complir una sèrie de requisits no funcionals. Aquests s'han extret i consultat de la plantilla Volere [16].

Tipus de requisit	10a. Aparença
Descripció	El producte ha de ser atractiu pels usuaris que l'utilitzin. S'han d'escollir els colors i els elements adequats per fer la interfície gràfica agradable.
Justificació	Un bon disseny facilitarà l'ús del programa i el farà més intuïtiu. A més, si és agradable, farà més amena l'experiència de l'usuari.

Tipus de requisit	11a. Facilitat d'ús
Descripció	El programa ha de ser intuïtiu i fàcil d'usar. Ha de poder ser utilitzat per a qualsevol tipus d'usuari.
Justificació	Un sistema intuïtiu fa estalviar temps a l'usuari, pel simple fet que no ha d'aprendre com funciona. Addicionalment, qualsevol usuari ha de ser capaç de familiaritzar-se amb el sistema, ja que pot ser utilitzat per gent més jove o més gran.

Tipus de requisit	11a. Aprenentatge
Descripció	El sistema ha de ser fàcil d'aprendre a utilitzar per qualsevol usuari.
Justificació	Qualsevol usuari ha de ser capaç d'executar el programari i treure-li profit el més ràpid possible.

Tipus de requisit	12c. Precisió o exactitud
Descripció	El programa ha de treballar amb la precisió desitjada per l'usuari a l'hora de fer les simulacions.
Justificació	Per poder aprofitar i contemplar bé els resultats, el programa ha de fer les simulacions amb la precisió indicada pel client. D'aquesta manera es podrà estudiar l'Elo des de diferents casos.

5.3 Casos d'ús

Un cop s'han analitzat els requisits funcionals i no funcionals, cal identificar i explicar els diferents casos d'ús del programa. Com es pot observar en la figura 3, s'han trobat un total de vuit casos d'ús. A continuació s'explicarà cada un d'ells.

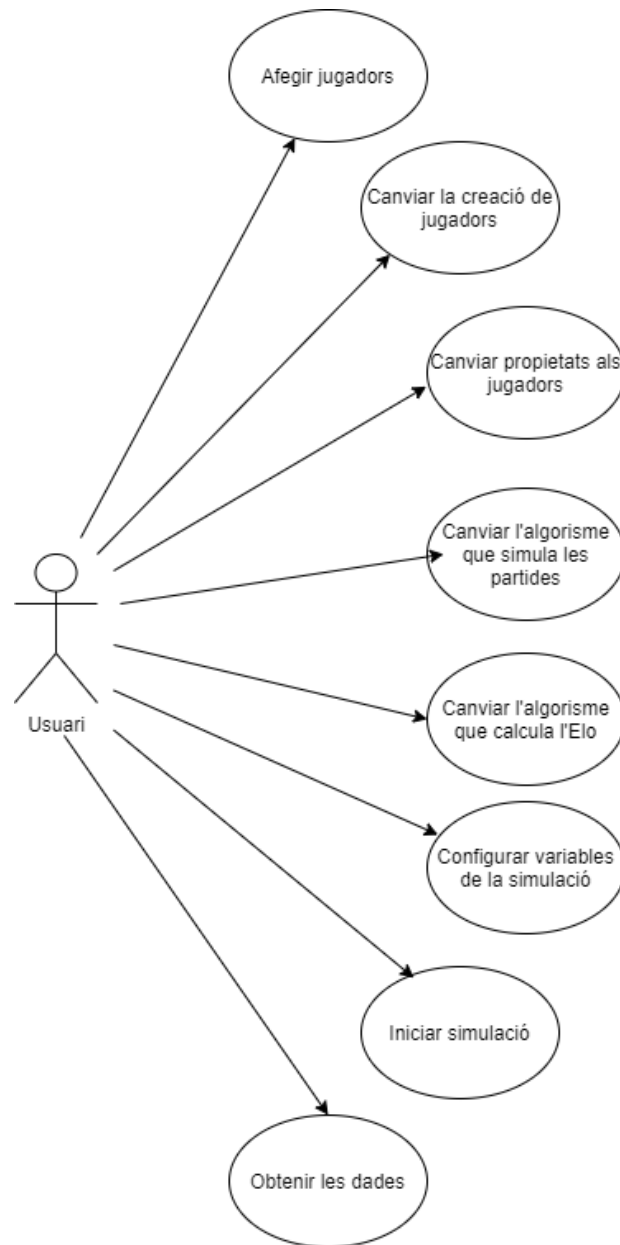


Figura 3: Casos d'ús del sistema. Font: Elaboració pròpia

1. Afegir jugadors

Actor principal	Usuari
Precondició	L'usuari ha accedit al fitxer Lua amb un editor.
Disparador	L'usuari vol afegir manualment els jugadors a la simulació.
Escenari principal d'èxit	<ol style="list-style-type: none"> 1. L'usuari accedeix a la taula "playerProperties" 2. L'usuari afegeix manualment els diferents jugadors en la taula. 3. L'usuari afegeix les propietats de cada jugador. 4. L'usuari desa el fitxer Lua.
Extensions	<ol style="list-style-type: none"> 2a. L'usuari no afegeix els jugadors a la taula. <ol style="list-style-type: none"> 2a1. El programa crea els jugadors de forma aleatòria. 3a. L'usuari no afegeix en primer lloc la propietat ID. <ol style="list-style-type: none"> 3a1. El programa dona error a l'hora de crear els jugadors. 3a2. No s'executa la simulació. 3b. L'usuari no afegeix les propietats especificades en la taula "properties". <ol style="list-style-type: none"> 3b1. El programa dona error a l'hora de crear els jugadors. 3b2. No s'executa la simulació 4a. L'usuari no desa el fitxer Lua. <ol style="list-style-type: none"> 4a1. El programa crea els jugadors com estava definit prèviament.

2. Canviar la creació de jugadors

Actor principal	Usuari
Precondició	L'usuari ha accedit al fitxer Lua amb un editor.
Disparador	L'usuari vol canviar com la simulació crea els jugadors
Escenari principal d'èxit	<ol style="list-style-type: none"> 1. L'usuari accedeix a la funció "getPlayerProperties" 2. L'usuari afegeix manualment l'algorisme de creació de jugadors. 3. L'usuari desa el fitxer Lua.
Extensions	<ol style="list-style-type: none"> 2a. L'usuari no afegeix un algorisme vàlid. <ol style="list-style-type: none"> 2a1. Hi ha un error al crear els jugadors. 2a2. No s'executa la simulació. 2b. L'algorisme no contempla les propietats especificades en la taula "properties". <ol style="list-style-type: none"> 2b1. El programa dona error a l'hora de crear els jugadors. 2b2. No s'executa la simulació 3a. L'usuari no desa el fitxer Lua. <ol style="list-style-type: none"> 3a1. El programa crea els jugadors com estava definit prèviament.

3. Canviar propietats als jugadors

Actor principal	Usuari
Precondició	L'usuari ha accedit al fitxer Lua amb un editor.
Disparador	L'usuari vol canviar les propietats que tenen els jugadors.
Escenari principal d'èxit	<ol style="list-style-type: none"> 1. L'usuari accedeix a la taula "properties" 2. L'usuari afegeix manualment les diferents propietats en la taula. 3. L'usuari desa el fitxer Lua.
Extensions	<ol style="list-style-type: none"> 2a. L'usuari no afegeix cap propietat a la taula. <ol style="list-style-type: none"> 2a1. Hi ha un error al crear els jugadors. 2a2. No s'executa la simulació. 2b. L'usuari no afegeix les propietats ID i Elo <ol style="list-style-type: none"> 2b1. Hi ha un error al crear els jugadors. 2b2. No s'executa la simulació. 3a. L'usuari no desa el fitxer Lua. <ol style="list-style-type: none"> 3a1. El programa crea els jugadors com estava definit prèviament.

4. Canviar l'algorisme que simula les partides

Actor principal	Usuari
Precondició	L'usuari ha accedit al fitxer Lua amb un editor
Disparador	L'usuari vol canviar l'algorisme que simula les partides
Escenari principal d'èxit	<ol style="list-style-type: none"> 1. L'usuari accedeix a la funció "playMatch" 2. L'usuari afegeix manualment l'algorisme per determinar el resultat de la partida. 3. L'usuari retorna la classificació 4. L'usuari desa el fitxer Lua.
Extensions	<ol style="list-style-type: none"> 2a. L'usuari introdueix un algorisme que no funciona correctament <ol style="list-style-type: none"> 2a1. El programa dona error al simular la partida 2ab. La simulació no s'executa 3a. La funció no retorna la classificació de la manera que ho espera el programa. <ol style="list-style-type: none"> 3a1. El programa classifica els equips d'una manera diferent 3a2. El resultat de la simulació es veu afectat greument. 3b. La funció retorna el resultat amb un format diferent a l'esperat. <ol style="list-style-type: none"> 3b1. El programa dona error a l'hora de simular la partida. 3b2. No s'executa la simulació 4a. L'usuari no desa el fitxer Lua. <ol style="list-style-type: none"> 4a1. El programa simula com estava definit prèviament.

5. Canviar l'algorisme que calcula l'Elo

Actor principal	Usuari
Precondició	L'usuari ha accedit al fitxer Lua amb un editor
Disparador	L'usuari vol canviar l'algorisme que calcula l'Elo resultant
Escenari principal d'èxit	<ol style="list-style-type: none"> 1. L'usuari accedeix a la funció calculateEloScore" 2. L'usuari afegeix manualment l'algorisme per determinar l'Elo resultant. 3. La funció retorna la quantitat d'Elo a canviar 4. L'usuari desa el fitxer Lua.
Extensions	<ol style="list-style-type: none"> 2a. L'usuari introdueix un algorisme que no funciona correctament <ol style="list-style-type: none"> 2a1. El programa dona error al calcular l'Elo 2ab. La simulació no s'executa 3a. La funció no retorna la quantitat d'Elo a canviar de la manera que ho espera el programa. <ol style="list-style-type: none"> 3a1. El programa modifica l'Elo dels jugadors de forma errònia 3a2. El resultat de la simulació es veu afectat greument. 3b. La funció retorna el resultat amb un format diferent de l'esperat. <ol style="list-style-type: none"> 3b1. El programa dona error a l'hora de modificar l'Elo dels jugadors. 3b2. No s'executa la simulació 4a. L'usuari no desa el fitxer Lua. <ol style="list-style-type: none"> 4a1. El programa calcula la puntuació com estava definit prèviament.

6. Configurar variables de la simulació

Actor principal	Usuari
Precondició	El programa s'inicia correctament.
Disparador	L'usuari vol configurar les variables per iniciar la simulació.
Escenari principal d'èxit	<ol style="list-style-type: none"> 1. L'usuari executa el programa. 2. L'usuari afegeix el número de jugadors amb el que es faran les simulacions. 3. L'usuari afegeix el número de jugadors per equip 4. L'usuari afegeix el número d'equips per partida. 5. L'usuari afegeix la diferència d'Elo entre els jugadors d'un equip i partida. 6. L'usuari afegeix el número de partides a jugar per simulació. 7. L'usuari introdueix la destinació del fitxer .csv.
Extensions	<ol style="list-style-type: none"> 2a - 3a - 4a - 5a - 6a. L'usuari introdueix un número negatiu. <ol style="list-style-type: none"> El sistema avisa del número negatiu. El sistema permet tornar a introduir el número. 7a. L'usuari introdueix un directori erroni <ol style="list-style-type: none"> 7a1. El fitxer .csv no es perd.

7. Iniciar simulació

Actor principal	Usuari
Precondició	Les dades s'han introduït correctament.
Disparador	L'usuari vol iniciar la simulació.
Escenari principal d'èxit	1. L'usuari clica el botó de començar la simulació. 2. El programa executa la simulació
Extensions	2a. La simulació s'executa de forma errònia 2a1. La simulació informa de l'error. 2a2. No s'executa la simulació.

8. Obtenir les dades

Actor principal	Usuari
Precondició	La simulació s'executa de forma correcta.
Disparador	L'usuari obtenir les dades extretes de la simulació via un fitxer .csv.
Escenari principal d'èxit	1. El sistema crea el fitxer en el directori indicat. 2. L'usuari obra el fitxer.
Extensions	1a. El directori indicat no existeix. 2a1. El fitxer .csv es perd.

5.4 Diagrama de classes

El diagrama de classes descriu l'estructura d'un sistema on es mostren les seves classes amb els seus atributs i funcions, i també com es relacionen els objectes entre ells [17]. L'esquema d'aquest projecte és el que es pot observar a la figura 4,

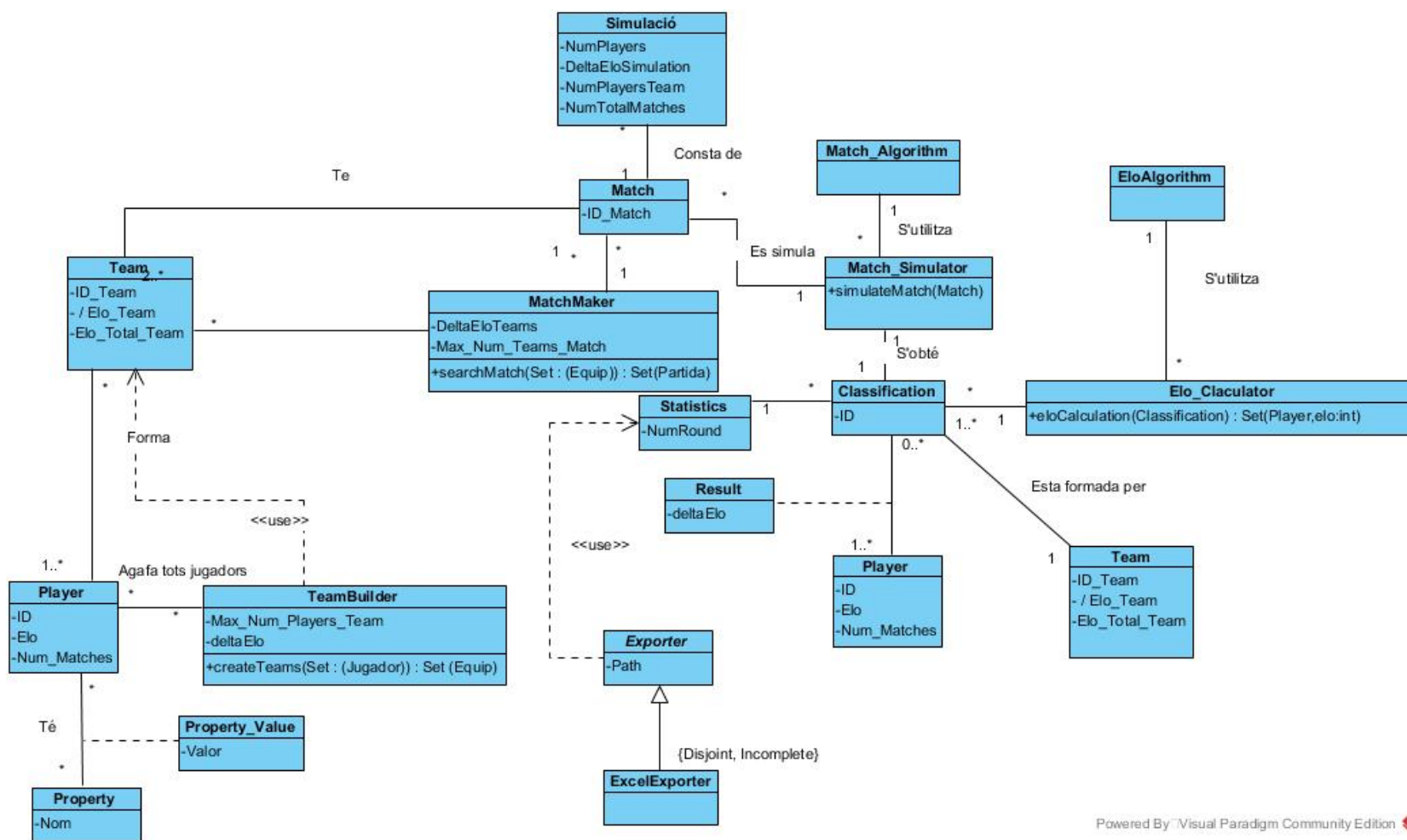


Figura 4: Diagrama de classes del sistema. Font: Elaboració pròpia

5.4.1 Restriccions textuais

En aquest apartat s'explicaran les diverses restriccions textuais que s'han de complir perquè el diagrama de classes funcioni bé i tingui coherència.

1. PK: Player(ID), Team(ID), Property(Name), Match(ID), Classification(ID).
2. En un equip no poden haver-hi dos jugadors iguals.
3. Una partida no pot tindre dos equips idèntics.
4. Un jugador no pot jugar més d'una partida a l'hora.
5. La diferència d'Elo entre els jugadors d'un equip no pot ser més gran que l'atribut DeltaEloSimulation de la classe Simulation.
6. La diferència d'Elo entre els equips d'una partida no pot ser més gran que l'atribut DeltaEloSimulation de la classe Simulation.
7. L'Elo d'un equip i d'un jugador no pot ser més petit que 0.
8. Els atributs de la classe Simulation no poden ser negatius.
9. Els atributs Elo_Team i Elo_Total_Team es calculen a partir de l'Elo dels jugadors del mateix equip.

5.4.2 Descripció de les classes

Simulation

Una simulació és el conjunt de partides a simular amb els diversos jugadors. Consta del nombre de jugadors que hi haurà en total i de la diferència d'Elo màxima utilitzada en els diferents algorismes. També té el número de jugadors màxim per equip i en nombre total de partides a fer.

Player

Un jugador representa cada un dels participants que forma un equip i que participa en les partides. Aquest es caracteritza per: una ID, un nivell d'Elo i el número de partides que ha jugat.

Property

Una propietat és una característica que té cadascun dels jugadors de la simulació. Es caracteritza pel seu nom.

Property_Value

Valor de la propietat associada al jugador.

Team

Un equip és un conjunt de jugadors. Està compost per la seva ID, per l'Elo mitjà de l'equip i per l'Elo total d'aquest. Les dos últimes característiques depenen dels jugadors que el formen.

TeamBuilder

Algorisme per crear els diversos equips de la simulació. Té un màxim de jugadors per equip i la diferència d'Elo màxima entre els diferents participants d'aquest.

Match

Una partida és un enfrontament entre dos o més equips per veure quin és millor.

MatchMaker

Algorisme per emparellar els equips i crear una partida. Té un màxim d'equips per partida i la diferència d'Elo màxima entre els diferents participants d'aquest.

Match_Simulator

Simulació d'una partida, és a dir, de l'enfrontament entre dos o més equips.

Match_Algorithm

Algorisme que determina el resultat d'una partida.

Classification

Una classificació és el resultat ordenat de la partida. Informa quin equip ha quedat en primer lloc, quin en segon, etc.

Elo_Calculator

Càlcul de l'Elo de cada jugador després de determinar la classificació de la partida.

EloAlgorithm

Algorisme aplicat per calcular la quantitat d'Elo a modificar per a cada jugador.

Result

Quantitat d'Elo a modificar del jugador.

Statistics

Estadístiques de la simulació on es guarda el progrés de cada jugador.

Exporter

Classe abstracta de les diverses exportacions. Conté el path del fitxer a exportar.

ExcelExporter

Subclasse de la classe exporter. Exporta les estadístiques a un fitxer amb un format .csv.

6 Metodologia i rigor

La metodologia que es durà a terme per desenvolupar el projecte és un aspecte molt important a tenir en compte, ja que pot canvia per complet com evolucionarà. Hi han dues grans metodologies: la cascada o *waterfall* i l'*agile*.

La primera, l'anomenada *waterfall* és la més tradicional. Aquesta té en compte els *stakeholders* i clients al principi del projecte, i després es desenvolupa un pla seqüencial per satisfer els seus requisits. S'anomena d'aquesta manera perquè cada fase del pla proposat passa a la següent un cop s'ha acabat l'anterior [18].

La metodologia cascada és utilitzada quan els requeriments estan molt clars i fixes, quan la definició del producte és estable, quan la tecnologia no evoluciona constantment i quan el projecte és curt [19].

Per una altra part, la metodologia *agile* consisteix en una contínua iteració de desenvolupament i testeig del software on s'interacciona de forma contínua amb els clients i *stakeholders* per saber el seu *feedback* [20].

Aquesta és utilitzada per projectes llargs on es vol el *feedback* del client constantment, quan es vol treballar amb tecnologies en evolució continua, també quan els requeriments no estan clars i poden canviar freqüentment, igual que la definició del producte. Per regla general, se la considera la contrapart de la metodologia *waterfall*.

Dintre de la metodologia *agile* es poden trobar diferents processos, com és el cas de Scrum o Kanban. La primera es caracteritza per dividir el temps de desenvolupament disponible en diferents iteracions, anomenades sprints. La seva duració sol ser fixa, de dos o tres setmanes. Al principi de cada iteració es fa una planificació d'aquesta, on s'escull la feina a fer. Durant cada dia d'aquest període, es fa una reunió diària de 15 minuts on s'explica quina feina ha fet cada membre de l'equip, quins problemes ha trobat i que es planteja fer. Al final del sprint, es fa una revisió i presentació de la feina feta, i una retrospectiva de la iteració per veure que es pot millorar de cara a la següent [21]. A la figura 5 es pot veure un esquema simplificat del procés Scrum.

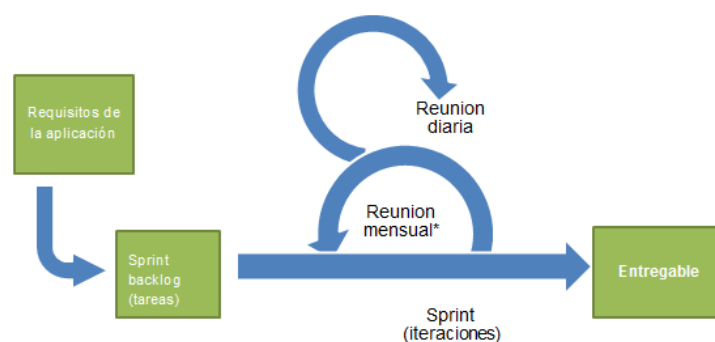


Figura 5: Fases del procés Scrum. Font: [21]

Per una altra part, el procés Kanban consisteix a gestionar un projecte de manera general i de forma visual. Cada tasca es crea físicament, normalment en format de nota on s'especifica informació sobre la feina a realitzar, i s'enganxa en un taulell. Aquest està dividit en diferents columnes on es pot veure la feina que està per fer, la que s'està fent, la que s'està testejant i la que s'ha acabat [22]. A la figura 6 es pot veure un esquema de com és un taulell del procés Kanban.

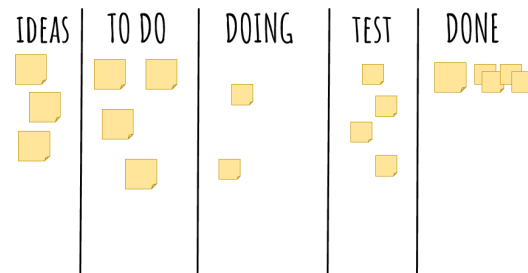


Figura 6: Taula del procés Kanban. Font: [23]

Un cop explicades les dues metodologies, i els processos de l'*agile*, cal explicar quina segueix aquest projecte. Per una banda, reuneix moltes característiques de la *waterfall*: és un període curt, ja que el TFG dura entre tres i quatre mesos, els requeriments són clars i fixes i la idea del producte és estable. Per una altra banda, una metodologia *agile* on es testegin les parts implementades de forma contínua i es segueixi el concepte del Scrum, pot ajudar a desenvolupar el projecte de forma exitosa. Addicionalment, mostrar les tasques en el format Kanban pot beneficiar la planificació del treball a realitzar. Per tant, aquest projecte segueix una metodologia Kanban *agile* amb els conceptes del Scrum, però on també s'agafen moltes característiques de la *waterfall*.

6.1 Control de versions

Durant el desenvolupament del projecte s'utilitzarà Git per poder realitzar treballar amb diferents versions del programa. També s'utilitzarà Github per pujar tot el codi del treball i tota la documentació necessària. D'aquesta manera, el director podrà veure el progrés i podrà analitzar com s'està implementant la solució. Addicionalment, és podrà consultar i accedir a qualsevol versió anterior.

6.2 Control de seguiment

Durant el transcurs de tot el TFG, Google Meet serà utilitzat per mantenir al director informat i poder-li comentar qualsevol dubte o error. S'ha acordat fer, sempre que sigui possible i necessari, una reunió per setmana. D'aquesta manera es podrà discutir el progrés del projecte i observar si es va pel bon camí.

6.3 Control de tasques

El Trello s'utilitzarà per tenir estructurades les diverses tasques a realitzar durant tot el projecte. Cada gran funcionalitat estarà descomposta per petites tasques per tal de facilitar la implementació. A més, es faran quatre columnes per organitzar bé l'estat del projecte: TO DO, DOING, READY, DONE. D'aquesta manera, es segueix la metodologia Kanban.

7 Disseny

En aquest apartat s'explicarà l'arquitectura que s'ha utilitzat per fer el software. També s'indicarà els patrons de disseny utilitzats. Finalment, es mostrarà la interfície gràfica.

7.1 Arquitectura del sistema

Aquest projecte segueix una arquitectura de tres capes, que són la de presentació, la de domini i la de dades. Cada una d'elles es desenvolupa de manera independent. D'aquesta manera, es pot canviar o afegir noves funcionalitats en qualsevol de les tres capes sense que les altres dos es vegin afectades. Per fer-se una idea de com és l'arquitectura de 3 capes, a la figura 7 es pot veure un esquema. A continuació s'explicarà cada una d'elles:

- **Capa de presentació:** La capa de presentació, també coneguda com a interfície gràfica, s'encarrega d'interaccionar amb l'usuari. Ha de mostrar la informació i capturar les dades que introdueixi el client per passar-les a la capa de dades. En aquest projecte, és la part que està desenvolupada amb QT i on l'usuari introdueix els paràmetres per iniciar la simulació.
- **Capa de domini:** La capa de domini conté totes les funcionalitats per processar tota la informació. Rep les dades de la capa de presentació, les processa i retorna el resultat. També es comunica amb la capa de dades per obtenir o emmagatzemar dades. En aquest projecte, és la part que gestiona tota la simulació, és a dir, la creació d'equips i partides, les simulacions d'aquests i el càlcul de l'Elo resultant.
- **Capa de dades:** La capa de dades s'encarrega d'emmagatzemar la informació. És on es gestionaran les dades: es crearan, es modificaran o s'eliminaran. En aquest projecte, aquesta part és la que gestiona les dades sobre les estadístiques i els diferents jugadors de la simulació.

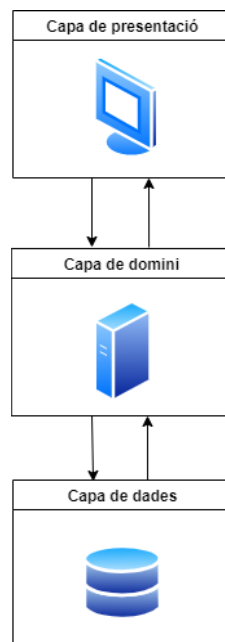


Figura 7: Arquitectura de 3 capes. Font: Elaboració pròpia

8 Implementació

8.1 Tecnologies utilitzades

Per dur a terme aquest projecte s'han escollit un seguit d'eines i tecnologies que facilitaran el seu desenvolupament. A continuació s'explicaran cada una d'elles i el motiu de la seva elecció.

8.1.1 Llenguatges de programació

- **C++:** El projecte s'ha desenvolupat en C++ per dos motius. El primer de tots és que és el llenguatge que he utilitzat més freqüentment i per tant, el que tinc més fresc, ja que és el que vaig utilitzar per a l'assignatura de Videojocs el quadrimestre anterior. El segon motiu és la gran facilitat que hi ha a Internet per trobar informació sobre com funcionen certs aspectes o mètodes del llenguatge, o per consultar dubtes o errors que puguin sorgir durant el desenvolupament.
- **Lua:** Lua és un llenguatge de programació potent, eficient i lleuger que pot ser integrat dins d'altres softwares o pot ser compilat en qualsevol d'ells sempre que estigui basat en aquest llenguatge C, ja que és com està fet l'interpret [24]. S'ha escollit aquest llenguatge per diversos motius. El primer de tots és perquè és fàcil d'aprendre i d'utilitzar. El segon motiu és perquè hi ha la suficient documentació i resolució de problemes a Internet. Finalment, també s'ha escollit Lua perquè és fàcil d'integrar al Visual Studio.
- **L^AT_EX:** L^AT_EX és un software lliure i és un sistema de composició de textos, normalment

utilitzat per escriure documents i articles científics [25]. S'ha escollit per fer la memòria perquè és un llenguatge còmode per escriure una documentació llarga i clara, ja que permet estructurar el format de forma més senzilla.

8.1.2 Eines

- **QT:** QT és una eina que s'utilitzarà per desenvolupar la interfície gràfica del programa. Ha estat un software que s'ha empleat en alguna assignatura de la carrera i, per tant, ja es té cert coneixement de com funciona. És per aquest motiu que s'ha escollit.
- **Visual Studio 2019:** Visual Studio és una IDE compatible amb diversos llenguatges de programació com C++ o C#. S'ha escollit aquesta eina perquè ja s'ha utilitzat prèviament en la carrera.
- **Overleaf:** Overleaf és l'editor de text que s'utilitzarà per escriure en \LaTeX . S'ha escollit pel mateix motiu que l'anterior, perquè ja s'ha treballat amb aquesta eina.
- **Git:** Git és un software de control de versions per manejar des de petits fins a grans projectes [26]. Aquesta eina ens serà útil per emmagatzemar tot el codi del nostre programa i poder anar fent diferents versions del propi treball.
- **Github [27]:** Github és un servei de repositoris que utilitza les versions Git. Serà emprat per guardar i compartir el codi i la documentació feta durant tot el projecte. Té l'avantatge de què es poden accedir a versions anteriors del projecte i també gestionar els errors i bugs trobats.
- **Google Meet [28]:** Google Meet és un servei de Google que serveix per fer videotrucades. Aquesta eina serà utilitzada per contactar amb el director i/o ponent. D'entre totes les eines que hi ha per fer videotrucades, s'ha escollit aquesta perquè és la que s'ha utilitzat durant les classes online de la carrera.
- **Trello [29]:** Trello és una eina per gestionar els projectes i les seves tasques. Serà utilitzada per apuntar les diverses funcions que s'han de realitzar i així saber quines s'estan fent, quines s'han de fer i quines s'han realitzat del tot. D'entre totes les eines que hi ha per fer un control de tasques, s'ha escollit aquesta perquè ja s'ha utilitzat prèviament en la carrera i és senzilla d'utilitzar.

8.2 Implementació dels algorismes

Durant el desenvolupament del projecte i de les diverses tasques, s'han hagut de desenvolupar diversos algorismes per assolir totes les funcionalitats. En algunes situacions, les implementacions es podrien haver fet de diverses maneres. A continuació es detallarà cada un dels algorismes i s'explicarà per què s'ha escollit.

- **Creació de jugadors:** Els jugadors són molt necessaris per poder dur a terme la simulació. Per poder-los generar hi han dues maneres: o són introduïts per l'usuari o són generats pel propi sistema. En el primer cas, han de ser afegits pel client mitjançant el fitxer de Lua. Això permet la possibilitat de crear els participants de la simulació amb dades extretes de diferents jugadors reals o de models extrets a partir d'una mineria de dades.

En el segon cas, el sistema ha de generar, de forma automàtica, els diversos jugadors amb les propietats que els caracteritza. Per fer-ho, s'ha optat per utilitzar una distribució gaussiana [30]. D'aquesta manera, cada un d'ells tindrà valors més realistes i similars als demés.

Per si es desconeix com funciona una distribució de Gauss, aquesta serveix per generar nombres aleatoris a partir d'una Normal, al voltant d'una mitjana i distribuïts amb la mateixa variabilitat. A la figura 8 es pot veure una campana de Gauss. La μ representa la mitjana i la σ l'arrel quadrada de la variància.

Per exemple, si es vol crear un jugador que tingui una propietat anomenada "Armadura" i es vol donar-li un valor mitjançant la distribució gaussiana, es pot escollir una mitjana amb valor 10 i una variància amb valor 9. Llavors, hi ha un 68,2% de probabilitats que el número resultant estigui entre el 7 i el 13. Hi ha un 27,2% de que surti un valor entre el 4 i el 16. Hi ha un 4,2% de que surti un nombre entre l'1 i el 19. Finalment, hi ha un 0,2% de que surti un valor més petit que 1 o més gran que 19.

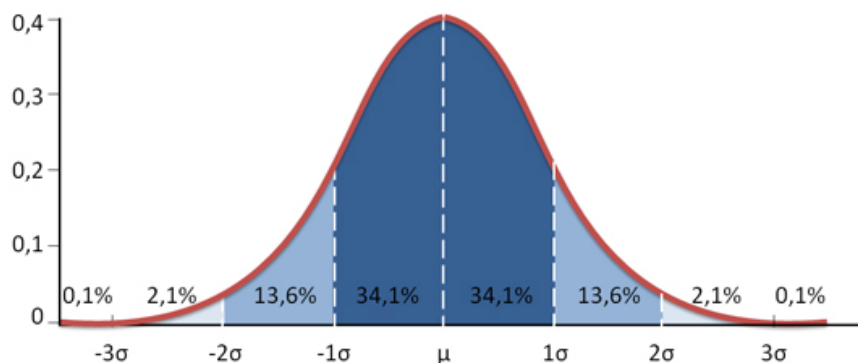


Figura 8: Campana de Gauss. Font: [31]

Per una altra banda, el valor que se li assigna a l'Elo és aleatori. D'aquesta manera, entre els diferents jugadors hi ha una gran diversitat de valors d'Elo. Això permet que les simulacions i els equips siguin més variats i així és contempli una millor evolució de l'Elo.

Tanmateix, tota aquesta generació de valors es podria haver fet de manera diferent. Per exemple, es podria haver assignat nombres aleatoris a cada una de les propietats dels jugadors. Això hagués provocat que hi hagués molta diferència entre ells i hagués fet més irregulars les partides. D'altra manera, els diferents jugadors podrien haver començat amb 0 d'Elo. Aquesta opció es va provar, però es va descartar perquè sempre es generaven els mateixos equips i no es contemplava bé el progrés de cada jugador.

- **Creació d'equips i partides:** La creació d'equips funciona ajuntant els jugadors d'un Elo similar. Per fer-ho, cada jugador comprova si amb el seu Elo entra en un dels equips que estan en formació. En cas negatiu, en crea un de nou. En canvi, si hi entra, es mira si el grup està ple, i si ho està, passa a ser un equip format. Per tant, pot passar que hi hagin jugadors que no formin part d'un equip complet, i per tant, no juguin. El mateix sistema s'aplica a la creació de partides. S'ha escollit aquest mètode per fer les simulacions de la forma més igualada possible, tenint tots els rivals un nivell d'Elo similar.

Una solució alternativa seria agrupar els jugadors que no tenen un equip complet de forma aleatòria, creat així grups molt desequilibrats. Aquesta opció s'ha descartat perquè llavors les simulacions podrien ser molt desigualades i no es podria estudiar bé l'evolució de l'Elo.

Una altra possible solució podria ser la que s'utilitza en els videojocs de veritat. Aquesta consisteix en esperar a que hi hagi una certa quantitat de jugadors i agrupar-los de la millor manera possible. A diferència del que succeeix en el projecte, en el cas real es desconeix la quantitat de participants que hi haurà. Per tant, s'ha de treballar sobre els usuaris que van arribant.

- **Simulació de partides:** Simular una partida es pot fer de diverses maneres, des de decidir el resultat de forma aleatòria fins a establir-lo a partir de les propietats dels jugadors. Per tal que la simulació s'adapti més al que vol l'usuari, s'ha optat per permetre escriure la fórmula al fitxer Lua. D'aquesta manera, el resultat s'ajusta a la idea del client i no és forçat pel sistema.

Actualment, l'algorisme introduït per determinar la victòria té en compte les propietats dels jugadors. Per decidir el resultat, es compara la força d'un equip amb l'armadura del rival, i es determina el dany fet. L'equip que n'hagi fet més, guanya. D'aquesta manera, la simulació és més realista i podria arribar a simular les mecàniques d'un videojoc de veritat.

- **Càlcul de l'Elo:** Després del resultat de cada partida s'ha de calcular l'Elo que guanya o perd cada jugador. Aquest càlcul pot ser molt variat, ja que pot dependre de diversos factors. Per aquest motiu, se li ha donat l'opció a l'usuari de que introdueixi la fórmula en el fitxer de Lua. D'aquesta manera, l'Elo resultant seguirà la metodologia del client i no una imposada pel sistema.

A dia d'avui, al fitxer de Lua hi ha un algorisme molt similar al dels escacs. Es calcula la possibilitat de guanyar de cada equip i es multiplica pel factor K, el màxim de punts que un jugador pot guanyar o perdre en una partida. Per saber calcular la possibilitat de guanyar d'un equip, s'ha optat per implementar la fórmula de l'Elo de l'Overwatch [32], un videojoc competitiu.

9 Planificació temporal

Planificar bé un projecte és molt important, ja que et permet gestionar el temps per desenvolupar tot el producte i preveure tots els errors que puguin sorgir. Concretament, aquest TFG té una duració aproximada de quatre mesos i mig, començant a mitjans de febrer, per ser exactes el dia 15, i finalitzant l'última setmana de juny. S'estima que la duració del treball sigui de 450 hores, que es distribuïran entre les 18 setmanes lectives (excloent Setmana Santa). Això equival a 25 hores per setmana, que fa una mitjana de 5 hores per cada dia lectiu.

9.1 Canvis respecte la planificació inicial

Durant el curset de GEP es fa una planificació completa del TFG per tal d'assolir tots els objectius. Aquesta pot no ser la versió definitiva, ja que pot arribar a ser modificada degut diversos errors o inconvenients que no han estat previstos. En el cas d'aquest projecte, també s'han hagut de fer canvis, però no pels motius mencionats. La gran majoria de tasques s'han seguit tal com es van organitzar al principi, però hi ha hagut unes petites variacions. Bàsicament, s'ha afegit una tasca que consisteix a implementar totes les funcionalitats del sistema, però de forma molt bàsica, és a dir, sense llegir fitxers d'entrada i aplicant nombres aleatoris quan es requereixi d'un algorisme. En altres paraules, consisteix a fer tota l'estructura del programa. Aquesta decisió s'ha pres perquè d'aquesta manera, si hi ha algun inconvenient durant el desenvolupament, es tingui un producte funcional el dia de l'entrega. Igualment, aquesta tasca no ha afectat de forma negativa a les altres. Tot i haver-ne endarrerit la gran majoria, també ha escurçat la durada de cada una, ja que l'estructura ja està feta. D'aquesta manera, el projecte segueix amb les mateixes dates de finalització que en la planificació inicial.

A continuació es mostrarà tota la planificació feta pel treball, tenint en compte la modificació mencionada prèviament.

9.2 Descripció de tasques

Aquest projecte es pot dividir en tres grans parts, on cada una d'elles constarà de diverses tasques: gestió del projecte, desenvolupament i documentació i seguiment.

9.2.1 Gestió del projecte

- **GdP1 - Contextualització i abast:** Es farà un document on es definirà la idea del treball, on s'identificaran els *stakeholders*, s'analitzaran els programes similars, s'estudiaran els requisits i inconvenients que poden haver-hi i es descriurà la metodologia utilitzada. Tindrà una duració de 25 hores i serà necessari un ordinador amb Internet i l'Overleaf.
- **GdP2 - Planificació temporal:** S'escriurà un document on s'identificaran, es descriuran i s'organitzaran les diferents tasques que componen el projecte. També inclourà un diagrama de Gantt i la gestió dels diferents riscos que poden sorgir. Tindrà una duració de 10

hores i es necessitarà un ordinador amb connexió a Internet, l'Overleaf i el GanttProject. La tasca dependrà de GdP1.

- **GdP3 - Pressupost i sostenibilitat:** Es redactarà un document on es farà un pla econòmic del projecte i es farà un informe de sostenibilitat. Tindrà una durada de 15 hores i serà necessari un ordinador amb Internet, l'Overleaf i l'Excel. La tasca dependrà de GdP2.
- **GdP4 - Integració del document final:** Document on s'unificaran les tres tasques anteriorment explicades amb les correccions necessàries en cada una d'elles. S'estima una duració de 20h i serà necessari un ordinador amb connexió a Internet i l'Overleaf. La tasca dependrà de GdP3.

9.2.2 Desenvolupament

Dins del desenvolupament, podem dividir les tasques en uns altres tres grans grups, depenent de quin objectiu principal formen part: personalització de l'algorisme del sistema d'Elo, simulació de partides o comparar resultats entre diferents variables i algorismes.

9.2.2.1 Personalització de l'algorisme del sistema d'Elo

- **PA1 - Preparació pel desenvolupament:** S'instal·laran tots els programes i IDEs necessaris per a poder desenvolupar el projecte. També es crearà el repositori de Github i es dissenyarà l'estructura del programa. Es necessitarà un ordinador amb connexió a Internet, l'IDE anomenat Visual Studio (VS), Github i el Visual Paradigm. Durarà 10 hores.
- **PA2 - Creació de l'estructura del programa:** Es crearà tota l'estructura del programa de la forma més senzilla, és a dir aplicant números aleatoris on sigui necessari i sense cap algorisme. També s'exportaran les dades de la forma més senzilla possible. Tindrà una durada 50 hores i serà necessari un ordinador amb connexió a Internet, Github i el Visual Studio. La tasca dependrà de PA1.
- **PA3 - Disseny d'algorisme d'Elo clàssic:** Es dissenyarà un algorisme d'Elo clàssic en un script de Lua per poder realitzar posteriorment l'execució del programa. Tindrà una durada 5 hores i serà necessari un ordinador amb Internet, Github, el Visual Studio i Lua. La tasca dependrà de PA2.
- **PA4 - Introducció i lectura de Fitxers Lua:** Es permetrà carregar un fitxer de script en Lua que contingui l'algorisme de l'Elo i s'haurà de poder executar. Tindrà una durada 15 hores i es necessitarà un ordinador amb Internet, el Github, el Visual Studio i Lua. La tasca dependrà de PA3.
- **PA5 - Interpretació de l'algorisme d'Elo:** S'haurà d'interpretar l'algorisme d'Elo introduït mitjançant el script en Lua per així saber quines variables s'utilitzen i quines s'han de tenir en compte. Tindrà una durada 35 hores i serà necessari un ordinador amb connexió a Internet, Github i el Visual Studio. La tasca dependrà de PA4.

9.2.2.2 Simulació de partides

- **SP1 - Creació de jugadors:** S'hauran de crear els diversos jugadors que participaran en la simulació. Per cada un s'hauran d'afegir les diverses habilitats que poden afectar al resultat de la partida i al càlcul de l'Elo. Tindrà una durada de 30 hores i requerirà un ordinador amb Internet, Github i el Visual Studio. La tasca dependrà de PA5.
- **SP2 - Simulació de partida:** Es simularà una partida entre dos equips. Es tindran en compte tant l'Elo com les habilitats de cada un per decidir el resultat. Tindrà una durada 25 hores i serà necessari un ordinador amb Internet, Github i el Visual Studio. La tasca dependrà de SP1.
- **SP3 - Càlcul de l'Elo resultant:** Es calcularà i modificarà l'Elo de cada un dels jugadors depenent del resultat de la partida i de les estadístiques de cada un d'ells. Per fer-ho, s'utilitzarà l'algorisme introduït en el script de Lua. Tindrà una durada de 15 hores i es necessitarà un ordinador amb Internet, Github i el Visual Studio. La tasca dependrà de SP2.
- **SP4 - Disseny de l'algorisme de creació d'equips:** Es dissenyarà l'algorisme per aparellar els diferents jugadors en equips d'un Elo similar. Tindrà una durada de 15 hores i serà necessari un ordinador amb Internet, Github i el Visual Studio. La tasca dependrà de SP1.
- **SP5 - Disseny de l'algorisme de preparació de partides:** Es dissenyarà un algorisme que seleccionarà dos equips amb un nivell d'Elo similar per a que simulin una partida. S'empraran 5 hores per fer la tasca i requerirà un ordinador amb Internet, Github i el Visual Studio. Dependrà de SP4.
- **SP6 - Creació d'una simulació:** S'haurà de crear una simulació que permeti simular les diverses partides a realitzar. Es podran modificar elements com el número de jugadors, el número de partides que s'han de fer o la diferència màxima d'Elo entre un equip i un altre. Tindrà una durada de 10 hores i es requerirà d'un ordinador amb connexió a Internet, de Github i del Visual Studio. La tasca dependrà de SP5.

9.2.2.3 Comparar resultats entre diferents variables i algorismes

- **CR1 - Creació d'estructura de dades:** S'haurà de crear l'estructura per emmagatzemar les diferents dades de les partides i dels jugadors, per poder-les analitzar i utilitzar després. Tindrà una durada de 10 hores i serà necessari un ordinador amb connexió a Internet, Github i el Visual Studio. La tasca dependrà de SP6.
- **CR2 - Disseny de la interfície gràfica:** S'haurà de dissenyar una interfície gràfica simple i senzilla per facilitar a l'usuari l'ús del programa. Tindrà una durada de 40 hores i requerirà d'un ordinador amb connexió a Internet, de Github i del Visual Studio. La tasca dependrà de CR1.
- **CR3 - Exportació de dades a l'Excel:** S'exportaran les dades emmagatzemades en l'estructura de dades en un fitxer amb format Excel, per així poder-les analitzar amb millor precisió. Les dades s'hauran de mostrar d'una forma entenedora i còmode per l'usuari.

Tindrà una durada de 5 hores i es requerirà d'un ordinador amb Internet, de Github i del Visual Studio. La tasca dependrà de CR2.

9.2.3 Documentació i seguiment

- **DS1 - Documentar la memòria:** Es redactarà la memòria de tot el desenvolupament del projecte. La tasca durarà 75 hores i serà necessari un ordinador amb Internet i l'Overleaf.
- **DS2 - Reunió setmanal:** Es realitzarà una reunió setmanal amb el director del projecte, Manel Rello, per parlar de l'evolució d'aquest i dels problemes o dubtes que puguin sorgir. Posteriorment s'afegirà a la memòria els detalls de cada reunió. En total, s'estima una durada de 25 hores i es requerirà un ordinador amb Internet, l'Overleaf i el Google Meet.
- **DS3 - Preparació de la presentació final:** Es prepararà l'exposició per a la presentació final del projecte que es farà davant un tribunal. Tindrà una durada de 10 hores i requerirà d'un ordinador amb connexió a Internet i d'un programa per fer diapositives. La tasca dependrà de DS1.

9.3 Recursos humans

S'entén com a recursos humans a totes aquelles persones que han d'ocupar un càrrec en el projecte per poder-lo dur a terme. Per fer-ho, cada una tindrà un rol i treballarà més o menys depenent de les tasques descrites prèviament en el diagrama de Gantt. A continuació es nomenaran cada un d'ells i s'explicarà la seva funció:

- **Cap de projecte (CP):** El cap de projecte s'encarrega de gestionar el projecte. Gestiona els equips, planifica les tasques, calcula els pressupostos i els recursos necessaris i gestiona els riscos. També s'encarrega d'escriure la documentació.
- **Analista programador (AP):** L'analista programador té la funció d'identificar els requisits del sistema, de garantir la qualitat del programa i de dissenyar l'estructura del programa.
- **Arquitecte del Software (AS):** L'arquitecte del Software és la persona que escull quina tecnologia s'utilitzarà i realitza processos d'avaluació contínuament per veure que es compleixen els requisits.
- **Dissenyador d'UI (DUI):** El dissenyador d'interfícies gràfiques és qui s'encarrega de dissenyar l'apartat visual del programa per a que sigui simple d'utilitzar i clar.
- **Programador (P):** El programador s'encarrega de programar el programa per a que funcioni.
- **Tester (T):** El tester té el paper de dissenyar diferents jocs de prova per comprovar el funcionament correcte del programa i detectar els errors.

10 Estimacions i Gantt

10.1 Estimacions

ID	Tasca	Durada (hores)	Dependències	RR Materials	RR Humans
GdP	Gestió de projecte	70			
GdP1	Contextualització i abast	25		PC, Overleaf	CP
GdP2	Planificació temporal	10	GdP1	PC, Overleaf, Gantt-Project	CP
GdP3	Pressupost i sostenibilitat	15	GdP2	PC, Overleaf, Excel	CP
GdP4	Integració del document final	20	GdP3	PC, Overleaf	CP
D	Desenvolupament	270			
PA1	Preparació pel desenvolupament	10		PC, Github, VS, Visual Paradigm	AP, AS, P, T
PA2	Creació de l'estructura del programa	50	PA1	PC, Github, VS	AP, AS, P, T
PA3	Disseny d'algorisme d'Elo clàssic	5	PA2	PC, Github, VS, Lua	AP, AS, P, T
PA4	Introducció i lectura de Fitxers Lua	15	PA3	PC, Github, VS, Lua	AP, AS, P, T
PA5	Interpretació de l'algorisme d'Elo	35	PA4	PC, Github, VS	AP, AS, P, T
SP1	Creació de jugadors	30	PA5	PC, Github, VS	AP, AS, P, T
SP2	Simulació de partida	25	SP1	PC, Github, VS	AP, AS, P, T
SP3	Càlcul de l'Elo resultant	15	SP2	PC, Github, VS	AP, AS, P, T
SP4	Disseny de l'algorisme de creació d'equips	15	SP1	PC, Github, VS	AP, AS, P, T
SP5	Disseny de l'algorisme de preparació de partides	5	SP4	PC, Github, VS	AP, AS, P, T
SP6	Creació d'una simulació	10	SP5	PC, Github, VS	AP, AS, P, T
CR1	Creació de l'estructura de dades	10	SP6	PC, Github, VS	AP, AS, P, T
CR2	Disseny de la interfície gràfica	40	CR1	PC, Github, VS, Qt	AP, AS, DUI, P, T
CR3	Exportació de dades a l'Excel	5	CR2	PC, Github, VS	AP, AS, P, T
DS	Documentació i seguiment	110			
DS1	Documentació de la memòria	75		PC, Overleaf	CP
DS2	Reunió setmanal	25		PC, Overleaf, Google Meet	CP
DS3	Preparació de la presentació final	10	DS1	PC, Power Point	CP
Total		450			

Taula 2: Taula d'estimacions de les diverses tasques a realitzar

A la taula 2 es pot veure una estimació de cada una de les tasques descrites anteriorment, amb la seva duració, les seves dependències i els recursos necessaris per cada una d'elles. Com es pot observar, la suma total d'hores recau en 450, que són les que s'havien especificat prèviament.

10.2 Diagrama de Gantt

A la figura 9 es pot observar la part textual del diagrama de Gantt del nostre projecte. En aquest es mostren les diverses tasques amb la seva durada, que és en dies, amb les dependències, la probabilitat de risc i els principals recursos humans necessaris.

A la figura 10 es pot contemplar la part gràfica del diagrama de Gantt. Cada color representa un conjunt de les tasques anomenades anteriorment, sent el taronja per les de gestió del projecte, el verd per les de documentació i comunicació i la resta per les de desenvolupament. Dintre d'aquest últim, el color vermell representa les tasques de la personalització de l'algorisme del sistema d'Elo, el blau les de la simulació de partides i el groc les de comparar els resultats entre les diferents variables i algorismes. Si un color és més fosc que la resta, vol dir que aquella tasca té un risc alt.

Nom	Durada	Inici	Finalització	Dependències	Risc	Rols
• Gestió del projecte	20	23/2/21	22/3/21			
• GdP1	6	23/2/21	2/3/21		Baix	CP
• GdP2	4	3/3/21	8/3/21	GdP1	Baix	CP
• GdP3	5	9/3/21	15/3/21	GdP2	Baix	CP
• GdP4	5	16/3/21	22/3/21	GdP3	Baix	CP
• Desenvolupament	85	15/2/21	11/6/21			
• Personalització de l'algorisme del sistema d'Elo	52	15/2/21	27/4/21			
• PA1	26	15/2/21	22/3/21		Baix	AP, AS, P, T
• PA2	15	23/3/21	12/4/21	PA1	Alt	AP, AS, P, T
• PA3	1	13/4/21	13/4/21	PA2	Alt	AP, AS, P, T
• PA4	3	14/4/21	16/4/21	PA3	Alt	AP, AS, P, T
• PA5	7	19/4/21	27/4/21	PA4	Alt	AP, AS, P, T
• Simulació de partides	22	28/4/21	27/5/21			
• SP1	6	28/4/21	5/5/21	PA5	Baix	AP, AS, P, T
• SP2	5	6/5/21	12/5/21	SP1	Alt	AP, AS, P, T
• SP3	3	13/5/21	17/5/21	SP2	Baix	AP, AS, P, T
• SP4	3	20/5/21	24/5/21	SP1	Mitjà	AP, AS, P, T
• SP5	1	25/5/21	25/5/21	SP4	Baix	AP, AS, P, T
• SP6	2	26/5/21	27/5/21	SP5	Alt	AP, AS, P, T
• Comparar resultats	11	28/5/21	11/6/21			
• CR1	2	28/5/21	31/5/21	SP6	Baix	AP, AS, P, T
• CR2	8	1/6/21	10/6/21	CR1	Alt	AP, AS, DUI, P, T
• CR3	1	11/6/21	11/6/21	CR2	Baix	AP, AS, P, T
• Documentació i seguiment	95	15/2/21	25/6/21			
• DS1	93	15/2/21	23/6/21		Baix	CP
• DS2	93	15/2/21	23/6/21		Baix	CP
• DS3	2	24/6/21	25/6/21	DS1	Baix	Cap de projecte

Figura 9: Diagrama de Gantt part textual

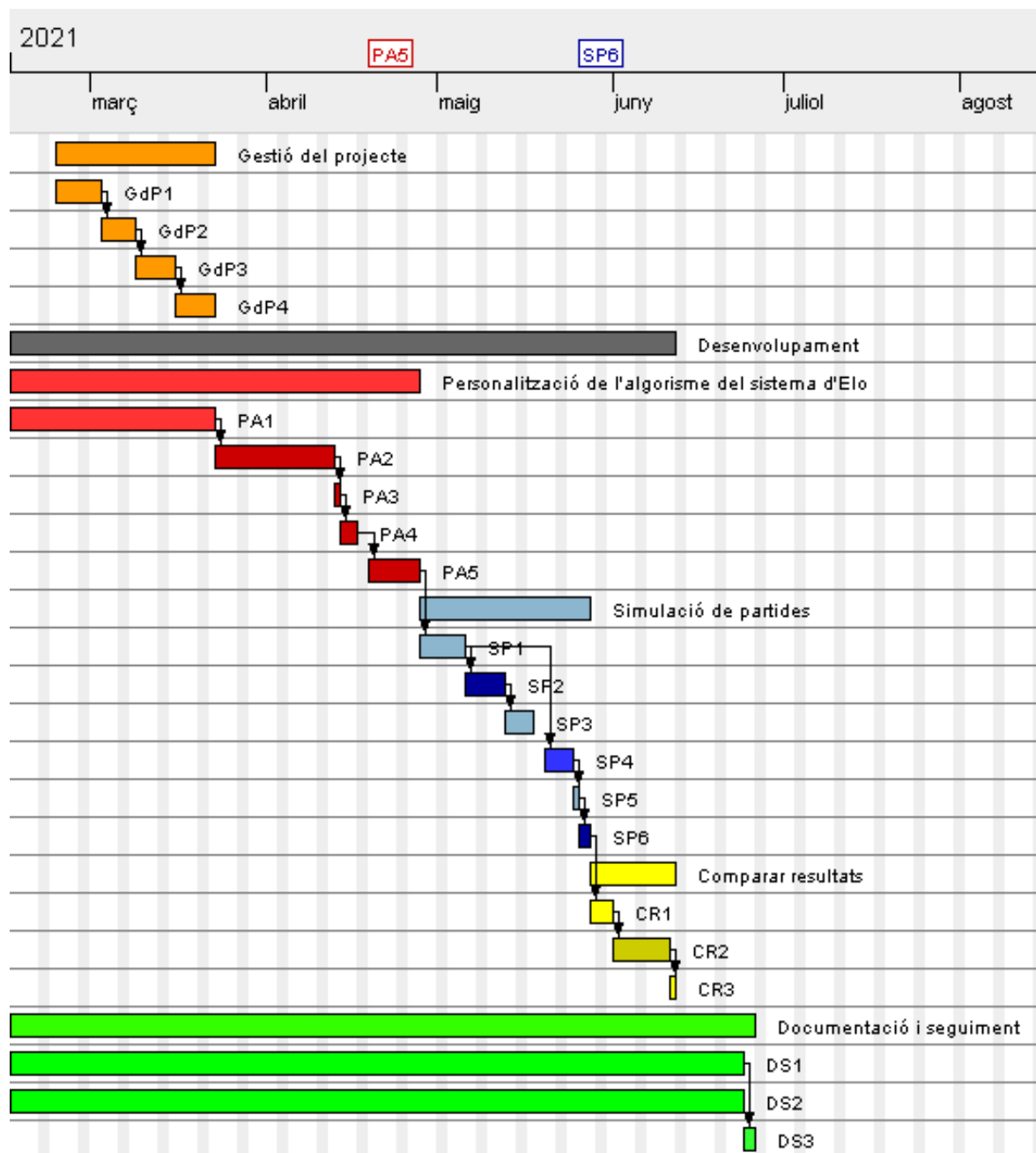


Figura 10: Diagrama de Gantt del projecte part visual

11 Gestió del risc

Durant el desenvolupament del projecte poden sortir un seguit de riscos que el poden afectar negativament, arribant a endarrerir les tasques programades o fins i tot haver-ne d'eliminar alguna per la falta de temps. És per aquest motiu que cal identificar-los bé i preparar plans alternatius per arribar a solucionar aquests problemes, per poder acabar el projecte a temps i amb totes les funcionalitats. A la taula 3 podem observar els diversos riscos considerats, junt amb la probabilitat de que passin i amb l'impacte que poden tenir sobre el treball.

Risc	Probabilitat	Impacte
Data d'entrega fixa	Baixa	Alt
Desconeixement en simulació	Alt	Baix
Desconeixement en les tecnologies emprades	Alt	Baix
Bugs i errors	Alt	Mig

Taula 3: Taula dels possibles riscos amb les seves probabilitats de que passin

Ara que ja es coneixen els riscos i la seva probabilitat de que apareguin, s'explicaran els plans alternatius per solucionar-los.

- **Data d'entrega fixa:** Com s'ha mostrat anteriorment, la probabilitat de que passi aquest risc és baixa, ja que tota la planificació s'ha fet pensant en la data màxima. Tot i així, pot arribar a tindre conseqüències molt greus, perquè en els pitjors dels casos es pot arribar a eliminar una funcionalitat de les proposades per arribar a l'entrega. Per evitar-ho, el que es farà serà fer una bona planificació tenint en compte tots els problemes i donant un marge de temps per poder-los solucionar. No farà falta cap recurs addicional.
- **Desconeixement en simulació:** Com es pot observar en la taula 3 prèviament vista, és molt probable que aparegui un problema degut al desconeixement que tinc sobre la simulació. Un pla alternatiu per solucionar-ho és afegir més hores de les necessàries a les respectives tasques per així no generar endarreriments. També es preguntarà al professor responsable de l'assignatura sobre algun dubte en concret. Aquest risc només tindrà un impacte baix, ja que només pot arribar a generar un endarreriment. No farà falta cap recurs addicional.
- **Desconeixement en les tecnologies emprades:** Com es pot veure en la taula 3, la probabilitat de que surti un risc relacionat amb el desconeixement de les tecnologies emprades és molt alta. Aquest risc té un impacte mitjà ja que hi ha varies tecnologies de les quals no tinc gaire coneixement i, per tant, poden generar diversos retards. Per aquest motiu, s'estudiarà prèviament el seu funcionament i s'afegiran més hores de les necessàries a les tasques on s'utilitzin. No serà necessari cap recurs addicional.
- **Bugs i errors:** En el desenvolupament de tot programa informàtic, és molt habitual que apareguin bugs i errors a l'hora de desenvolupar i testejar. Per aquest motiu, la probabilitat de que passi en el projecte és molt alta i per solucionar-ho es faran tests unitaris. En cas de que alguna funcionalitat testejada doni un error més tard, se li dedicarà temps per trobar-lo i corregir-lo. L'impacte que pot arribar a tenir és el d'alentir el desenvolupament del projecte i no farà falta cap recurs addicional per corregir-lo.

12 Gestió econòmica

12.1 Identificació i estimació de costos

Un aspecte molt important a tindre en compte a l'hora de desenvolupar un projecte és el pressupost. Per aquest motiu, s'han de valorar tots els costos possibles: recursos humans, recursos materials, recursos generals, contingència i imprevistos.

12.2 Modificació del pressupost respecte a la planificació inicial

Com s'ha explicat anteriorment, a GEP es fa una planificació inicial del projecte, on també es té en compte el pressupost. També s'ha mencionat prèviament que s'ha afegit una nova tasca respecte a la idea original. Aquesta ha comportat un canvi en el pressupost del projecte molt lleu, ja que les noves hores destinades a aquesta feina han estat escurçades d'altres. D'aquesta manera, cada rol ha acabat fent gairebé les mateixes hores que tenia assignades en un inici.

A continuació es calcularà cada un dels costos actualitzats i finalment es veurà el cost final del projecte.

12.2.1 Recursos humans

Com s'ha explicat prèviament, dintre dels recursos humans hi ha diferents rols. Aquests tenen funcions diferents i treballaran més o menys depenent de les tasques descrites prèviament en el diagrama de Gantt. Per tant, per poder saber el cost total del projecte, cal saber primer el seu sou. Aquest s'ha calculat fent la mitjana dels sous que es mostren en la pàgina de Tecnoempleo.com [33] i que podem veure a la taula 4. Aquesta conté els diversos rols, els seus salaris brut per hora i els mateixos tenint en compte la seguretat social (SS).

Rol	Sou/hora (brut)	Sou/hora + SS(x1,3) (brut)
Cap de projecte	23,54€	30,61€
Analista programador	16,74€	21,77€
Arquitecte del Software	20,77€	27€
Dissenyador d'UI	15,57€	20,24€
Programador	15,51€	20,17€
Tester	15,40€	20,02€

Taula 4: Taula dels sous per hora dels diferents rols del projecte

Un cop coneguts els preus, ja es pot calcular el de cada tasca. Per fer-ho, es calcularà les hores necessàries de cada rol per cada una d'elles, mostrades anteriorment en el diagrama de Gantt. El cost total de les tasques es pot veure en la taula 5, on s'indica el nom de la feina a fer, i per cada una, les hores per cada respecteiu rol, les hores totals de la tasca i el seu cost.

Tasca	Hores totals	CP	AP	AS	DUI	P	T	Cost
GdP	70							
GdP1	25	25						765,25€
GdP2	10	10						306,10€
GdP3	15	15						459,15€
GdP4	20	20						612,20€
D	270							
PA1	10		5	3,5		1	0,5	233,53€
PA2	50		5	5		35	5	1049,90€
PA3	5		0,5	0,5		3,5	0,5	104,99€
PA4	15		1	1		10,5	2,5	310,61€
PA5	35		3	3		24,5	4,5	735,57€
SP1	30		3	3		22,5	1,5	630,17€
SP2	25		2	2		18	3	419,96
SP3	15		1,5	1,5		10,5	1,5	314,97€
SP4	15		1,5	1,5		10,5	1,5	314,97€
SP5	5		0,5	0,5		3,5	0,5	104,99€
SP6	10		1	0,5		7	1,5	206,49€
CR1	10		0,5	1,5		7	1	212,60€
CR2	40		2	2	18	14	4	824,32€
CR3	5		0,5	0,5		3,5	0,5	104,99€
DS	110							
DS1	75	75						2295,75€
DS2	25	25						765,25€
DS3	10	10						306,10€
TOTAL HORES	450	180	27	26	18	171	28	
TOTAL COST		5.509,80€	587,79€	702€	364,32€	3.449,07€	560,56€	11.173,54€

Taula 5: Taula dels costos de les tasques del projecte

12.2.2 Recursos materials

Un altre aspecte a tenir en compte a l'hora de calcular el pressupost d'un projecte són els recursos materials. En aquest cas, s'utilitzarà un HP Laptop 15s-fq2093ns [34] durant tot el desenvolupament i un ratolí inalàmbic HP 220 [35]. Respecte els softwares que s'utilitzaran, hi han alguns que son de franc, com és el cas del Lua o el Github, i d'altres de pagament, com el Visual Studio o Qt.

A la taula 6 es pot observar els recursos materials de hardware amb els seus costos, els seus anys de vida útil i les seves amortitzacions. Aquests càlculs estan fets sobre 4 anys de vida útil i amb una utilització de 5 hores diàries. La fórmula utilitzada pel càlcul de l'amortització és la següent:

$$\frac{\text{cost del hardware}(\text{euros})}{\text{vida útil}(\text{anys}) * 220 \text{ dies laborables/any} * \text{hores dedicades al dia}} * \text{durada del projecte}(\text{hores})$$

Hardware	Cost	Vida útil	Amortització
HP Laptop 15s-fq2093ns	650€	4 anys	66,48€
Ratolí inalàmbic HP 220	20€	4 anys	2,05€
Total	670€		68,53€

Taula 6: Taula dels costos dels recursos hardware i la seva amortització

A la taula 7 es pot observar els recursos materials de software i els seus costos. Aquesta inclou la llicència de Windows [36], la del Visual Studio [37] i la de QT [38]. Aquesta última s'ha de pagar per mesos durant tot un any.

Software	Cost/mes	Mesos	Cost
Windows	145€		145€
Visual Studio	45€	5	225€
QT	42€	12	504€
Total			874€

Taula 7: Taula dels costos dels recursos hardware i la seva amortització

Finalment, a la taula 8 podem observar el cost total dels recursos materials.

Recurs material	Cost
Hardware	670€
Software	874€
Total	1554€

Taula 8: Taula dels costos dels recursos hardware i la seva amortització

12.2.3 Recursos generals

A part dels recursos humans i materials, per poder calcular el pressupost sencer del projecte també s'han de tindre en compte altres elements com l'Internet, l'electricitat, el desplaçament, l'espai de treball, etc. En aquest cas, el treball és desenvolupat per una sola persona des de casa, per tant, només es contemplaran els dos primers costos. Per l'electricitat, es tindran en compte dos llums LEDs que consumeixen 14 W i l'ordinador que consum 150 W. A la taula 9 es pot veure el cost dels diversos recursos generals.

Recursos	Cost	Cost Total
Electricitat	0,1458€/kWh	11,68€
Internet	48,40€/mes	193,60€
Total		205,28€

Taula 9: Taula dels costos dels recursos generals

12.2.4 Contingència

Un altre aspecte a tenir present és la contingència, és a dir, és un cost que se li suma al pressupost per cobrir aquells imprevistos que no s'han anticipat. Aquesta es calcula amb un percentatge del cost dels recursos calculats. En el sector informàtic, aquest percentatge varia entre el 10% i el 20%, per tant, s'escollirà el punt mig, és a dir, el 15%. A la taula 10 podem observar la taula de contingència pels diferents recursos calculats anteriorment.

Tipus de recursos	Cost	% de Contingència	Cost contingència
Recursos humans	11.173,54€	15%	1.676,04€
Recursos materials	1544€		231,60€
Recursos generals	205,28€		30,72€
Total			1.938,36€

Taula 10: Taula de contingència dels diversos recursos

12.2.5 Cost d'imprevistos

Finalment, cal calcular el cost de tots aquells imprevistos que s'han identificat prèviament en l'apartat de riscos. A la taula 11 podem veure el cost de cada un d'ells junt amb la seva probabilitat de que passin.

Risc	Probabilitat	Temps	Cost
Data entrega fixa	10%	10 hores	30,61€
Desconeixement en simulació	66%	10 hores	133,12€
Desconeixement en tecnologies emprades	66%	15 hores	199,68€
Bugs i errors	66%	20 hores	264,26€
Total			627,67€

Taula 11: Taula del cost d'imprevistos

12.2.6 Pressupost final

Un cop ja s'han calculat tots els càlculs necessaris dels diferents costos, ja es pot determinar el pressupost final que costarà el projecte. Aquest el podem veure en la taula 12, on si arrodonim el preu a l'alça, queda amb un total de 15.489€, gairebé 15.500€.

	Cost
Recursos humans	11.173,54€
Recursos materials	1544€
Recursos generals	205,28€
Contingència	1.938,36€
Imprevistos	627,67€
Total	15.488,85€

Taula 12: Taula de pressupost final

12.3 Control de gestió

Planificar i gestionar el pressupost d'un projecte és molt important, però també s'ha de gestionar els diners i calcular les desviacions econòmiques per cadascuna de les tasques o costos calculats prèviament. Per fer-ho, per cada una de les tasques fetes, s'anotará les hores reals que han estat necessàries i s'empraran les següents fórmules.

- **Desviació d'hores per tasca**

$$(Hores estimades - Hores reals)$$

- **Desviació de costos per tasca**

$$(Hores estimades - Hores reals) * Cost real$$

- **Desviació d'hores dels recursos humans per cada tasca**

$$(Hores estimades - Hores reals)$$

- **Desviació dels costos de recursos humans per cada tasca**

$$(Cost estimat - Cost real) * Hores reals$$

- **Desviació total de recursos humans**

$$Costos recursos humans estimats - Costos recursos humans reals$$

- **Desviació total de recursos materials**

$$Costos recursos materials estimats - Costos recursos materials reals$$

- **Desviació total de recursos generals**

$$\text{Costos recursos generals estimats} - \text{Costos recursos generals reals}$$

- **Desviació total de contingències**

$$\text{Cost contingència estimat} - \text{Cost contingència real}$$

- **Desviació total d'imprevistos**

$$\text{Costos imprevistos estimats} - \text{Costos imprevistos reals}$$

- **Desviació total d'hores**

$$\text{Hores estimades} - \text{Hores reals}$$

- **Desviació total de pressupost final**

$$\text{Pressupost final estimat} - \text{Pressupost final real}$$

13 Informe de sostenibilitat

13.1 Autoavaluació

Després de realitzar l'enquesta sobre la sostenibilitat d'EDINSOST, m'he adonat que hi han aspectes que encara no conec i haig d'aprendre. Aquesta enquesta tracta tres grans temes: el mediambiental, el social i l'econòmic.

Pel que fa al primer tema, prèviament en la carrera ens han mostrat i explicat l'impacte del hardware obsolet i els cementiris tecnològics en els països subdesenvolupats, i totes les conseqüències que tenen per a la societat d'allà. En canvi, en cap moment ens han explicat la manera de mesurar aquests impactes ambientals i com evitar-los o reduir-los el més mínim possible.

Respecte el segon gran tema, el social, també ens han explicat diversos aspectes. Sé que un programa ha de ser ètic, equitatiu, ha de poder ser utilitzat per tothom i ha de ser transparent i, a més, també ha de ser beneficiós per a la societat. Un programa ha d'estar dissenyat per ajudar a la gent i facilitar-los la vida. És per aquest motiu que s'ha de pensar en totes les conseqüències directes i indirectes que tindrà en la societat, tot i que no sempre es fa. Finalment, torna a passar la mateixa situació que abans, en cap moment ens han explicat com mesurar com de gran és la contribució per a la societat.

Per acabar, respecte l'últim tòpic, l'econòmic, només conec el que s'ha explicat en algunes assignatures prèvies i en GEP. Sé com planificar un projecte, calcular el seu pressupost, tindre en compte els imprevistos o analitzar la competència per veure les necessitats que falten. Malauradament, encara no he pogut posar en pràctica els meus coneixements en un projecte que no estigui dintre del món acadèmic.

En conclusió, tot i tindre consciència sobre diversos aspectes de sostenibilitat, encara em falta molt per aprendre i, el que és més important, aplicar-los al desenvolupament dels projectes. Combinar tots tres temes és una tasca complicada que s'ha d'intentar fer pel bé de tots.

13.2 Dimensió ambiental

Has estimat l'impacte ambiental que tindrà la realització del projecte? T'has plantejat minimitzar l'impacte, per exemple, reutilitzant recursos?

A l'hora de plantejar el projecte no es va pensar en l'impacte ambiental que tindria. Afortunadament, es tracta d'un software, i per tant, d'un material no físic. Els únics impactes ambientals que poden haver-hi són el de consum de llum, els recursos materials necessaris per desenvolupar el projecte i el desplaçament dels treballadors. Per sort, aquest és un treball realitzat per una sola persona des de casa, per la qual cosa no hi ha desplaçament. Els recursos materials són reutilitzats, ja que s'han utilitzat els que ja tenia prèviament, per tant, no n'ha fet falta comprar-ne cap de nou. Llavors, l'únic impacte que hi ha és el consum de llum.

Com es resolen actualment el problema que vols abordar (estat de l'art)? En què millorarà ambientalment la teva solució amb les existents?

Actualment, com s'ha explicat prèviament, el problema es resol plantejant una simulació que s'adeqüi a l'algorisme d'Elo que es vol testejar i executant diverses partides. Per això, cal desenvolupar una versió diferent cada vegada que es canvia la fórmula, i per tant, equival a més temps i més consum d'energia. En canvi, el meu projecte no necessita una versió diferent cada vegada que es canvia l'algorisme de l'Elo, i per tant, estalvia més energia.

13.3 Dimensió econòmica

Has estimat el cost de la realització del projecte (recursos humans i materials)?

Durant la planificació de tot el projecte, s'ha fet un càlcul del pressupost necessari pel seu desenvolupament, on s'han tingut en compte els diversos recursos humans, materials i generals, a l'igual que les contingències i els imprevistos.

Com es resolen actualment el problema que vols abordar (estat de l'art)? En què millorarà econòmicament la teva solució de les existents?

Com s'ha explicat abans, el problema actualment es resol plantejant una simulació que s'adeqüi a l'algorisme d'Elo que es vol testejar i executant diverses partides. La millora econòmica que aporta el meu projecte és la de reducció de temps a l'hora de desenvolupar el videojoc, i per tant, menys personal que pagar. Per una altra part, gràcies a l'eina a desenvolupar, es podrà saber si el sistema d'Elo és el desitjat i per tant, el que es vol per millorar l'experiència del jugador. D'aquesta manera, si el joc té èxit, també es vendrà més i es generaran més beneficis.

13.4 Dimensió social

Què creus que t'aportarà a nivell personal la realització d'aquest projecte?

La realització d'aquest projecte m'aportarà un gran coneixement i experiència sobre els llenguatges i les eines que utilitzaré per desenvolupar-ho. També em servirà per veure com funcionen els projectes petits i com de similar o diferent pot ser la planificació de la realitat.

Com es resolen actualment el problema que vols abordar (estat de l'art)? En què millorarà socialment (qualitat de vida) la teva solució de les existents?

Com ja s'ha dit abans, actualment el problema es resol plantejant una simulació que s'adeqüi a l'algorisme d'Elo que es vol testejar i executant diverses partides. Gràcies al projecte, els treballadors hauran de pensar menys en com desenvolupar una simulació per cada fórmula i els jugadors podran gaudir més dels videojocs gràcies a que tenen el sistema d'Elo desitjat per l'empresa.

Existeix una necessitat real del projecte?

Realment si existeix una necessitat real. Com es va dir prèviament, els videojocs cada vegada són més famosos i tenen un impacte més important en la societat. Per tant, desenvolupar un bon joc és molt important, i una de les claus en fer-ho, es fer un bon sistema d'Elo, per a que els jugadors ho gaudeixin. Per tant, aquest programa ajuda a que això passi, i a més, estalvia temps de desenvolupament.

14 Lleis i regulacions

A l'hora de fer un programa informàtic és molt important complir les lleis i satisfer les regulacions. L'incompliment d'una d'elles pot provocar greus conseqüències que poden ser penalitzades de forma molt severa.

Si revisem el funcionament del programa, es pot arribar a la conclusió de què no vulnera cap llei ni incompleix cap legislació. Totes les dades utilitzades són creades de forma aleatòria o introduïdes pel propi usuari, i únicament són utilitzades per fer les simulacions. En cap moment són emmagatzemades en cap base de dades ni s'utilitza cap nom real, degut a que els jugadors funcionen amb IDs, no amb noms. Per una altra banda, el projecte tampoc té connexió a Internet. Com a resultat, no hi ha cap llei o regulació a vulnerar amb aquest aspecte. Finalment, l'ús del programa tampoc està restringit a cap edat. Si no és utilitzat amb l'objectiu d'estudiar una fórmula d'Elo particular, l'únic resultat que trobarà l'usuari serà un Excel amb la simulació executada, el qual no generarà cap risc ni inconvenient pel consumidor.

Pels motius que s'acaben d'explicar, es pot concloure que el meu TFG no vulnera cap llei ni regulació ni tampoc està lligat a cap d'elles.

15 Conclusions

Un cop finalitzat el projecte, cal analitzar si s'han complert les funcionalitats principals i les competències transversals que es van escollir en un principi. També cal detectar quines millores se li poden fer al producte per incrementar el seu rendiment i millorar l'experiència de l'usuari.

15.1 Resultats

15.1.1 Assoliment dels objectius

En el curset de GEP, es van plantejar una sèrie de tres grans d'objectius que havia de complir el projecte. Aquests eren:

- La personalització de l'algorisme del sistema d'Elo
- La simulació de partides
- Comparar els resultats entre diferents variables i algorismes

Finalment, s'ha pogut implementar totes aquestes funcionalitats. Es pot personalitzar l'algorisme d'Elo i les seves variables, es pot configurar la simulació de les partides tenint en compte les propietats dels jugadors, i es poden extreure les dades a un fitxer .csv. Per tant, s'han assolit tots els objectius.

15.1.2 Assoliment de les competències tècniques

A l'hora de fer la preinscripció del TFG, es van haver d'escollir una sèrie de competències tècniques que havia de complir el projecte. A continuació s'analitzaran una per una per veure si s'han assolit o no.

CES1.1: Desenvolupar, mantenir i avaluar sistemes i serveis software complexos i/o crítics [En profunditat]

Les parts més complexes del sistema han estat la d'implementar el matchmaking i els algorismes al fitxer Lua. En el primer cas, aparellar els jugadors de la manera més adequada respectant el seu nivell d'Elo va ser un repte. Però afortunadament, s'ha pogut implementar de la manera més equilibrada possible.

En el segon cas, la inexperiència en el llenguatge Lua i la complexitat de passar i accedir als paràmetres de les funcions va generar grans problemes. Tot i això, s'ha aconseguit programar els algorismes després d'aprendre el llenguatge i consultar fòrums d'Internet.

CES1.2: Donar solució a problemes d'integració en funció de les estratègies, dels estàndards i de les tecnologies disponibles [Bastant]

S'ha aconseguit integrar llenguatges i tecnologies externs al Visual Studio, com és el Lua i el QT. El programa interacciona de la manera adequada amb el fitxer Lua i la interfície gràfica.

CES1.3: Identificar, avaluar i gestionar els riscos potencials associats a la construcció de software que es poguessin presentar [En profunditat]

Aquest software ha de ser capaç d'interaccionar amb algorismes creats per l'usuari. Per tant, el programa s'ha desenvolupat contemplant els diferents riscos que podien aparèixer durant el seu desenvolupament i que poden passar en el seu futur amb la interacció del client.

CES1.7: Controlar la qualitat i dissenyar proves en la producció de software [Una mica]

NOT YET

CES2.1: Definir i gestionar els requisits d'un sistema software [En profunditat]

Al curset de GEP ja es van definir i gestionar els diferents requisits del projecte. Des de llavors, a mesura que el software s'ha anat desenvolupant, s'han anat revisant si es complien o no. A més, durant les diverses reunions fetes amb el director, s'han anat repassant els requisits, i en cas de que no fossin correctes, modificant-los.

15.2 Futur

El projecte ha assolit tots els diferents objectius sobre el seu funcionament, però això no significa que no es pugui millorar. Deguda a la curta duració del TFG, hi han algunes idees que s'han hagut de descartar. Si s'hagués disposat de més temps, es podrien haver fet les següents millores:

- **Multithreading:** Actualment el software només aprofita un thread o nucli de l'ordinador. Una manera de millorar el rendiment del programa seria paral·lelitzar el seu funcionament, aprofitant els diversos nuclis dels quals disposa el PC.
- **Implementar el matchmaking al Lua:** Actualment, el matchmaking és dels pocs algorismes implementats en C++. Com a conseqüència, l'usuari no el pot modificar. Si l'emparellament es definís al fitxer Lua, el client podria fer els canvis que necessités per adaptar la simulació a les seves necessitats.
- **Sortida de dades al fitxer .csv:** Un cop executada la simulació, el client obté un fitxer .csv amb les estadístiques d'aquesta. Les dades que es mostren són els diversos jugadors amb les seves puntuacions en cada ronda. Una manera de millorar-ho seria permetre al client decidir quina informació vol que aparegui en el fitxer resultant.

15.3 Conclusions finals

El TFG és un treball molt important on l'alumne mostra les habilitats i capacitats apreses durant la carrera. Aquest objectiu no només ha estat assolit, sinó que també s'han après nous aspectes i s'han millorat d'altres.

Per una banda, aquest projecte ha servit per aplicar molts coneixements apresos en les diverses assignatures de la carrera. Alguns d'ells han estat saber programar amb el llenguatge C++, gestionar projectes o identificar i especificar requisits.

Per una altra banda, també ha servit per aprendre una gran varietat de nous aspectes. En primer lloc, ha permès millorar el coneixement i nivell de C++. En segon lloc, s'ha après un nou llenguatge de programació, el Lua. També ha permès veure com evoluciona un projecte i quines accions prendre per tal de dur-lo a terme de la millor manera possible. Finalment, ha permès millorar les habilitats de programar per fer un codi més eficient i estructurant.

El treball de final de grau també ha servit per evolucionar com a persona: saber prendre decisions importants, ser més responsable i més organitzat, i estar més preparat pel món laboral. A més, s'ha pogut aprendre més sobre el món dels videojocs, un dels motius pel qual s'havia escollit aquest projecte.

En conclusió, gràcies al TFG s'han pogut aplicar coneixements apresos durant a la carrera, aprendre nous aspectes, millorar-ne d'altres i evolucionar com a persona.

Referències

- [1] *Los 10 Eventos de eSports Más Esperados en 2021*. [en línia]. Influencer Marketing Hub. 2021. URL: <https://influencermarketinghub.com/es/principales-10-eventos-de-esports/> (cons. 23-05-2021).
- [2] *Evolution Championship Series*. [en línia]. Wikipedia. (2021). URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Evolution_Championship_Series (cons. 05-06-2021).
- [3] *¡Ni Fortnite ni GTA V! Minecraft y Roblox, los videojuegos más vistos en YouTube en 2020*. [en línia]. Grupo Milenio. 2020. URL: <https://www.milenio.com/tecnologia/youtube-gaming-minecraft-roblox-vistos-2020> (cons. 23-05-2021).
- [4] *Los 20 mejores juegos para empezar a streamear en Twitch y consejos para encontrar el juego que te conseguirá un montón de seguidores*. [en línia]. Business Insider. 2021. URL: <https://www.businessinsider.es/20-mejores-juegos-empezar-streamear-exito-twitch-798681> (cons. 23-05-2021).
- [5] *Videogames are a bigger industry than movies and North American sports combined, thanks to the pandemic*. [en línia]. MarketWatch. (2020). URL: <https://www.marketwatch.com/story/videogames-are-a-bigger-industry-than-sports-and-movies-combined-thanks-to-the-pandemic-11608654990> (cons. 26-02-2021).
- [6] *Elo rating system*. [en línia]. Wikipedia. (2021). URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Elo_rating_system (cons. 26-02-2021).
- [7] *Definición de Matchmaking*. [en línia]. GamerDic, Diccionario online de términos sobre videojuegos y cultura gamer. (2020). URL: <http://www.gamerdic.es/termino/matchmaking> (cons. 27-02-2021).
- [8] Jamie Hore. *Rocket League Ranks: ranking system explained, MMR, rewards, and more*. [en línia]. The Loadout. 2021. URL: <https://www.theloadout.com/rocket-league/ranks> (cons. 23-05-2021).
- [9] Jonathan Deesing. *League Of Legends Ranking System Explained*. [en línia]. Red Bull. 2020. URL: <https://www.redbull.com/us-en/the-league-ranked-system-explained#:~:text=The%20nine%20tiers%2C%20or%20ranks,Master%2C%20GrandMaster%2C%20and%20Challenger>. (cons. 23-05-2021).
- [10] *CSGO Elo: The definite Guide how CSGO Elo Rankings work*. [en línia]. CSGO Ranks. 2021. URL: <https://csgo-ranks.com/elo/> (cons. 23-05-2021).
- [11] *Clasificación y sistema de ELO en CS:GO: Guía detallada*. [en línia]. Revistadedalo.com. 2020. URL: <http://revistadedalo.com/clasificacion-elo-csgo-guia-detallada/> (cons. 23-05-2021).
- [12] RemiFabre. *Elo*. [en línia]. Github. (2020). URL: <https://github.com/RemiFabre/Elo> (cons. 27-02-2021).
- [13] cardsorg. *Elo*. [en línia]. Github. (2018). URL: <https://github.com/cardsorg/Elo> (cons. 27-02-2021).
- [14] iain. *Elo*. [en línia]. Github. (2015). URL: <https://github.com/iain/Elo> (cons. 27-02-2021).
- [15] Wojciech Sas. *Elo Calculator*. [en línia]. Omnicalculator. (2020). URL: <https://www.omnicalculator.com/sports/elo> (cons. 27-02-2021).

- [16] James & Suzanne Robertson. *Plantilla de Especificación de Requisitos*. [en línia]. Volere. 2006. URL: https://www.volere.org/wp-content/uploads/2018/12/template_es.pdf (cons. 08-06-2021).
- [17] *Diagrama de clases*. [en línia]. Wikipedia. 2021. URL: https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_clases (cons. 11-06-2021).
- [18] *The Ultimate Guide... Waterfall Model*. [en línia]. Project Manager. (2021). URL: <https://www.projectmanager.com/waterfall-methodology> (cons. 28-02-2021).
- [19] *SDLC - Waterfall Model*. [en línia]. Tutorials Point. URL: https://www.tutorialspoint.com/sdlc/sdlc_waterfall_model.htm (cons. 28-02-2021).
- [20] *Agile Vs Waterfall: Know the Difference Between Methodologies*. [en línia]. Guru99. URL: <https://www.guru99.com/waterfall-vs-agile.html> (cons. 28-02-2021).
- [21] *Scrum (desarrollo de software)*. [en línia]. Wikipedia. 2021. URL: [https://es.wikipedia.org/wiki/Scrum_\(desarrollo_de_software\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Scrum_(desarrollo_de_software)) (cons. 13-06-2021).
- [22] *La metodología ágil Kanban: en qué consiste y para qué sirve*. [en línia]. EALDE Business School. 2020. URL: <https://www.ealde.es/metodologia-agil-kanban/> (cons. 13-06-2021).
- [23] *El primer tablero Kanban del equipo • Jeronimo Palacios & Associates*. [en línia]. Jeronimo Palacios & Associates. 2020. URL: <https://jeronimopalacios.com/agile/el-primer-tablero-kanban/> (cons. 13-06-2021).
- [24] *Lua - About*. [en línia]. Lua. (2020). URL: <http://www.lua.org/about.html> (cons. 28-02-2021).
- [25] *Latex*. [en línia]. Wikipedia. (2021). URL: <https://es.wikipedia.org/wiki/LaTeX> (cons. 22-05-2021).
- [26] *Git*. [en línia]. Git. URL: <https://git-scm.com/> (cons. 28-05-2021).
- [27] *Github*. [en línia]. Github. URL: <https://github.com/> (cons. 28-02-2021).
- [28] *Google Meet*. [en línia]. Google. URL: <https://meet.google.com/> (cons. 03-03-2021).
- [29] *Trello*. [en línia]. Trello. URL: <https://trello.com> (cons. 28-02-2021).
- [30] *Distribución normal*. [en línia]. Wikipedia. (2021). URL: https://es.wikipedia.org/wiki/Distribuci%C3%B3n_normal#Estandarizaci%C3%B3n_de_variables_aleatorias_normales (cons. 28-05-2021).
- [31] *Campana de Gauss*. [en línia]. Máster MBA Málaga. 2016. URL: <https://www.master-malaga.com/master-mba/campana-de-gauss/> (cons. 28-05-2021).
- [32] Lance McDiffett. *The Math Behind Your Competitive Overwatch Match*. [en línia]. Towards Data Science. 2020. URL: <https://towardsdatascience.com/the-math-behind-your-competitive-overwatch-match-a5184fc5a50f#:~:text=Very%20broadly%2C%20this%20is%20how,player%20with%20a%20lower%20SR> (cons. 07-06-2021).
- [33] *Informe Empleo Informática - Marzo 2021*. [en línia]. Tecnoempleo.com. (2021). URL: <https://www.tecnoempleo.com/informe-empleo-informatica.php> (cons. 12-03-2021).

- [34] *Portátil - HP Laptop 15s-fq2023ns*. [en línia]. MediaMarkt. URL: https://www.medimarkt.es/es/product/_port%C3%A1til-hp-laptop-15s-fq2023ns-15-6-fhd-intel%C2%AE-core%E2%84%A2-i7-1165g7-8gb-512gb-ssd-freedom-plata-1501323.html?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=MM_ES_SEARCH_GOOGLE_CATEGORIES_PLA_PLA-SMART_INFORMATICA_ALL_ALL&gclid=Cj0KCQiAv6yCBhCLARIsABqJTjYtER5eRifKONq1I3QUJGQqBkmUF7XDuEekP9o2alsEAo65HPtRDWUaAugWEALw_wcB (cons. 13-03-2021).
- [35] *HP 220 Ratón inalámbrico*. [en línia]. HP. URL: https://www.pccomponentes.com/hp-200-raton-inalambrico-1000-dpi?gclid=CjwKCAiA4rGCBhAQEiwAelVti4ipabfJailk5V-02t30m42P_9Yjes_Pey8tgRX263Vp5Q3fZlPFSBoCjv8QAvD_BwE&gclid=CjwKCAiA4rGCBhAQEiwAelVti4ipabfJailk5V-02t30m42P_9Yjes_Pey8tgRX263Vp5Q3fZlPFSBoCjv8QAvD_BwE (cons. 13-03-2021).
- [36] *Windows 10 Home*. [en línia]. Microsoft. URL: https://www.microsoft.com/es-es/p/windows-10-home/D76QX4BZNWK4?icid=Cat-Windows-mosaic_linknav-1-WindowsHome-es_es&activetab=pivot%3aoverviewtab (cons. 15-03-2021).
- [37] *Comprar Visual Studio - Business*. [en línia]. Microsoft. URL: <https://visualstudio.microsoft.com/es/vs/pricing/> (cons. 15-03-2021).
- [38] *Qt for Small Business*. [en línia]. QT. URL: <https://www.qt.io/qt-for-small-business> (cons. 15-03-2021).
- [39] *Waterfall Model*. [en línia]. Castellan Systems. (2021). URL: <https://castellansystems.com/kb/Waterfall.cshtml> (cons. 28-02-2021).