

---

This is the **published version** of the bachelor thesis:

Puigdomènech Vivancos, Oriol; Jaumandreu Sellares, Oriol, dir. Desenvolupament d'un videojoc 2D de plataformes en Unity. 2021. (958 Enginyeria Informàtica)

---

This version is available at <https://ddd.uab.cat/record/248451>

under the terms of the  license

# Desenvolupament d'un videojoc 2D de plataformes en Unity

Oriol Puigdomènech Vivancos

**Resum**— El projecte ha consistit en el desenvolupament d'un videojoc en Unity del gènere de plataformes 2D utilitzant el llenguatge de programació C#. El jugador ha de completar un conjunt de nivells alhora que va evitant diferents obstacles i enemics per arribar a la bandera al final del nivell. El jugador també pot aconseguir una sèrie de col·leccionables, intentar superar els millors temps en cada nivell o configurar diverses opcions del joc com els gràfics, àudio o controls. Per a realitzar-lo s'ha seguit una metodologia Agile com és la de Scrum i s'han creat les diferents proves utilitzant el procés de Test-driven development. S'ha fet servir Trello per a gestionar la feina a realitzar en cada un dels sprints i s'ha creat un repositori de GitHub per al control de versions.

**Paraules clau**— Unity, videojoc, C#, plataformes 2D, sprint, Test-driven development, Agile, GitHub, UML.

**Abstract**— The project has consisted of the development of a video game Unity of the 2D platform genre using the C# programming language. The player has to complete a set of levels while avoiding different obstacles and enemies to reach the flag at the end of the level. The player can also obtain a series of collectables, try to beat the best time of each level or configure some game settings such as graphics, audio or controls. To do it an Agile methodology such as Scrum has been followed and different tests have been created using the process of Test-driven development. Trello has been used to manage the work to be done in each of the sprints and a GitHub repository has been created for version control.

**Index Terms**— Unity, video game, C#, 2D platform, sprint, Test-driven development, Agile, GitHub, UML.

## 1 INTRODUCCIÓ

El desenvolupament de videojocs és una tasca cada cop més complexa i requereix una gran quantitat de coneixements per a ser dut a terme satisfactòriament.

Realitzar un TFG sobre la creació d'un videojoc implica la posada en pràctica de molts dels conceptes apresos en el grau i la menció en un projecte d'una mida i duració més gran que els fets anteriorment. A l'estar desenvolupat amb Unity també s'adquireixen nous coneixements d'un dels motors més complets i utilitzats en la indústria dels videojocs actualment.

L'informe està dividit en diferents seccions de la següent manera:

- En la segona secció es detalla l'objectiu a complir durant el transcurs d'aquest treball.
- En la secció número tres s'explica l'estat de l'art.
- En la quarta es defineixen els conceptes més importants relacionats amb el projecte.
- En la cinquena s'hi troba l'explicació del funcionament general del joc.

- E-mail de contacte: [oriol.puigdomenech@e-campus.uab.cat](mailto:oriol.puigdomenech@e-campus.uab.cat)
- Menció realitzada: *Enginyeria del Software*
- Treball tutoritzat per: Oriol Jaumandreu Sellares (*Ciències de la Computació*)
- Curs 2020/21

- En la sisena secció s'explica la metodologia utilitzada.
- En la setena es detalla tot el procés del desenvolupament.
- En la vuitena secció s'exposen els resultats obtinguts.
- En la novena secció hi ha les conclusions extretes en la finalització d'aquest treball.
- Finalment, hi ha els agraïments, la bibliografia i l'apèndix.

## 2 OBJECTIU

L'objectiu d'aquest TFG ha estat realitzar un videojoc per a ordinador aplicant els coneixements adquirits durant el grau i especialment en la menció d'Enginyeria del Software. El joc pertany al gènere de plataformes 2D on el jugador ha de controlar el moviment del personatge per anar superant nivells plens d'obstacles.

En totes les assignatures del grau s'han creat una gran quantitat de projectes, alguns d'ells han sigut petits videojocs, però aquests treballs sempre s'han fet en grup o d'un tema concret proposat pel professor de l'assignatura. La principal motivació per a realitzar el treball ha estat tenir la possibilitat de realitzar un projecte individualment i amb idees pròpies per tal d'obtenir un treball de qualitat i original. Una altra motivació ha sigut la de poder aplicar en un mateix joc la majoria dels conceptes apresos al llarg de tots els cursos i seguir coneixent amb més profunditat

les funcionalitats que ofereix Unity.

### 3 ESTAT DE L'ART

Actualment Unity és un dels motors més utilitzats en el desenvolupament de videojocs. Ofereix una gran quantitat de funcionalitats que permeten la creació i disseny del videojoc d'una manera ràpida i eficaç. És molt intuïtiu i de fàcil aprenentatge. Permet crear-los per a una gran quantitat de plataformes i la llicència és gratuïta per a usos no comercials. Té una gran base d'usuaris molt activa, així com de documentació i de tutorials. És per totes aquestes qualitats que ha estat el motor escollit per a realitzar aquest TFG. El llenguatge de programació utilitzat en el projecte és C#.

El gènere de les plataformes 2D consisteix en un tipus de joc on el jugador ha de controlar el personatge per moure'l per un escenari de dues dimensions. Generalment el personatge ha d'evitar diferents obstacles o enemics durant l'aventura utilitzant diferents habilitats i moviments fins arribar al final del nivell. Actualment, els jocs d'aquest gènere són desenvolupats majoritàriament per empreses de petit pressupost, havent perdut certa importància les creacions de major envergadura. Alguns dels jocs del gènere més populars estrenats recentment són *Celeste* [1] o *Ori and the Will of the Wisps* [2].

### 4 GLOSSARI

A continuació es defineixen els conceptes més importants del treball:

- **Agile:** metodologia de desenvolupament de software en forma de cicle que permet augmentar la flexibilitat, reduir els riscos i obtenir uns resultats de millor qualitat.
- **Bfxr:** programa utilitzat per a la creació d'efectes sonors del videojoc [3].
- **C#:** llenguatge de programació utilitzat per al desenvolupament del projecte.
- **Cinemàtica:** vídeo que es reproduïx en certs moments del joc per explicar la història al jugador.
- **Col·leccionable:** objectes repartits per tots els nivells que són difícils d'obtenir per a que el jugador els intenti aconseguir tots. En aquest joc els col·leccionables tenen forma de diamant i n'hi ha tres en cada nivell.
- **GitHub:** eina que ofereix un control de versions amb Git i un hosting del codi del projecte.
- **JSON:** format de fitxers que permet l'intercanvi de dades de manera senzilla [4].
- **Obstacle:** element que es troba repartit per tots els nivells per dificultar el pas del jugador.
- **PlantUML:** eina que permet la creació de diferents diagrames utilitzant el llenguatge UML, com el diagrama de casos d'ús [5].
- **Punt de control:** punt situat al mig dels nivells per si el jugador es derrotat no hagi de començar des del

principi i pugui continuar des d'aquest punt, en el joc tenen forma de bandera blava.

- **Sprite:** imatge que conté els objectes o personatges del joc. En aquest projecte es va fer servir l'editor d'imatges Photoshop per a crear tots els sprites del joc.
- **Test-driven development (TDD):** procés per a realitzar les proves del codi format per tres passos: Red, Green i Refactor.
- **Trello:** aplicació web de gestió de projectes que permet crear taulells, llistes i targetes amb els que organitzar d'una manera ràpida i senzilla les diferents tasques a realitzar del projecte.
- **UML:** llenguatge utilitzat per a la creació de diagrames en el desenvolupament de software.
- **Visual Studio:** entorn de desenvolupament integrat utilitzat per a crear el codi del joc.

### 5 EXPLICACIÓ DEL JOC

L'objectiu principal és el de superar tots els nivells del joc intentant completar-los el més ràpid possible i col·leccionant objectes repartits pels nivells. En el videojoc el jugador controla a un personatge per a que vagi superant els nivells evitant obstacles i enemics que es va trobant durant el recorregut, hi ha un total de set nivells diferents. Per a aconseguir-ho el jugador mou i utilitza els moviments i habilitats que el personatge té a la seva disposició. Els nivells són en dues dimensions, només es pot moure de manera horitzontal o vertical, és a dir, el videojoc és de plataformes en 2D i per a només un jugador.

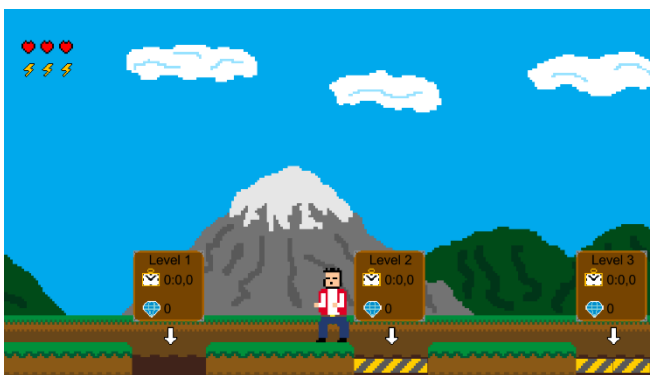


Fig. 1: Imatge de la pantalla principal

Quan el jugador comença o continua una partida es troba davant una pantalla principal en el que pot veure la llista de nivells del joc. El jugador només pot escollir l'últim nivell desbloquejat o repetir els que ja hagi completat anteriorment, cada cop que supera l'últim disponible se li desbloqueja un de nou. El personatge pot aprendre noves habilitats a l'arribar a certs punts del joc, les habilitats que té desbloquejades depenen del nivell que jugi. Només pot utilitzar les habilitats tres vegades, perdent un punt d'habilitat cada cop que en fa servir una. Des de la pantalla

principal també pot observar els millors temps i el nombre de col·leccions que ha obtingut en cada nivell. A l'iniciar el joc es mostra una petita cinemàtica o vídeo per explicar la història al jugador.

Un cop ha entrat dins un nivell, el jugador ja té control del personatge per moure'l per tota l'escena. El seu objectiu és desplaçar-se lateralment cap a la dreta fins a arribar a la meta. En el camí el personatge ha d'esquivar mitjançant els seus moviments a diferents obstacles, com per exemple: precipicis o plataformes en moviment. També es pot trobar a enemics controlats per la màquina que intentaran impedir que el jugador arribi a la meta. Al tocar els enemics el personatge perd un punt de vida, però poden ser derrotats saltant a sobre d'ells. Quan el personatge perd els seus tres punts de vida o cau per un precipici, reapareix al principi del nivell o al punt de control i recupera tots els punts de vida i habilitat. Una altra activitat que el jugador pot fer en els nivells és trobar col·leccions, n'hi ha tres a cada nivell.

Quan el jugador supera l'últim nivell disponible, el jugador ha completat el joc, tot i així pot seguir jugant tots els nivells tantes vegades com vulgui, intentant obtenir millors temps o aconseguir tots els col·leccions.

## 6 METODOLOGIA

Per a aquest projecte la metodologia Agile que s'ha seguit ha estat Scrum [6]. Aquesta metodologia aporta molts beneficis per al desenvolupament del software ajudant a completar la feina d'una manera ràpida i eficient. Al ser un desenvolupament iteratiu i incremental permet obtenir resultats des del principi i anar millorant contínuament. Les iteracions tenen una duració curta permetent una gran flexibilitat i minimitzant el risc que puguin sorgir.

Per a dur a terme el desenvolupament d'aquest projecte s'ha generat tota la documentació necessària per crear i dissenyar un videojoc de manera organitzada i eficaç, com per exemple els requisits o els casos d'ús que es mostraran més endavant en l'informe.

Les tasques del treball s'han dividit en un total de sis sprints. S'ha intentat mantenir un cert equilibri de la càrrega de treball en cada un d'ells i s'han prioritzat les tasques més importants per al funcionament del joc, la seva dependència amb les altres parts del treball i que el personatge pugui completar nivells des de les etapes inicials del desenvolupament. Cada sprint té una duració de dues setmanes, excepte l'últim que només dura una setmana. Les tasques assignades als sprints s'han hagut de completar abans de la seva data de finalització. Si alguna tasca no s'ha pogut acabar en el temps designat, s'ha continuat en el següent sprint.

Per a gestionar tots els sprints i les seves tasques s'ha utilitzat Trello. S'ha creat un tauler on les diferents tasques, representades per targetes, estan repartides en diferents llistes. Hi ha quatre tipus de llistes: "Icebox", "Ready for dev", "In progress" i "Done". En el primer tipus hi ha les tasques que encara no estan preparades per a ser desenvolupades, és a dir, quan encara no es té tota la informació o documentació necessària per a realitzar-les. En el segon s'hi troben les que ja estan preparades per a ser desenvolupades en qualsevol moment. En "In progress" hi són les que s'estan desenvolupant de l'sprint actual. Per acabar, a "Done" hi ha les tasques ja finalitzades. Al final d'un sprint la llista "Done" passa a tenir el nom de la versió i es crea una nova llista "Done" per al següent sprint.

Per a validar que s'han anat assolint els objectius s'ha mostrat una demo de l'estat actual del joc al stakeholder al finalitzar cada sprint. Al ser un TFG proposat per l'estudiant el tutor del treball ha actuat de stakeholder i ha validat que s'han anat complint les tasques satisfactòriament.

S'han realitzat un conjunt de proves unitàries seguint els tres passos que formen el procés de Test-driven development (TDD). A l'utilitzar TDD [7] s'ha aconseguit validar el comportament i assegurar que el codi que s'ha escrit tingués el menor nombre d'errors possibles, obtenint un millor disseny del projecte i un temps menor de desenvolupament. Per a les proves unitàries s'ha utilitzat un framework de Unity [8].

Els tres passos que componen el Test-driven development són els següents:

- **Red:** Primer es crea la prova per a validar el comportament d'una nova funcionalitat, el test falla ja que encara no està implementada.
- **Green:** Després s'escriu el mínim codi necessari per a passar aquella prova satisfactòriament.
- **Refactor:** Finalment, es refactoritza per millorar el codi eliminant la duplicació o canviant el disseny i es torna a comprovar que passa la prova.

Aquests tres passos s'han anat repetint en forma de cicle durant tot el desenvolupament. En cada funcionalitat afegida també s'ha hagut de comprovar que les antigues proves seguissin funcionant ja que els nous canvis podrien afectar a les anteriors proves.

Tot els documents, fitxers i codi del TFG s'han pujat a un repositori de GitHub. S'ha fet servir el seu sistema de control de versions Git per gestionar els canvis del projecte. Generalment, s'ha fet un commit a l'acabar la fase Green i un altre a l'acabar la fase Refactor. Al final de cada sprint s'ha creat una branca per a fer una nova release amb tot el codi desenvolupat fins a aquell moment, en el següent sprint s'han continuat fent els commits en la branca principal.

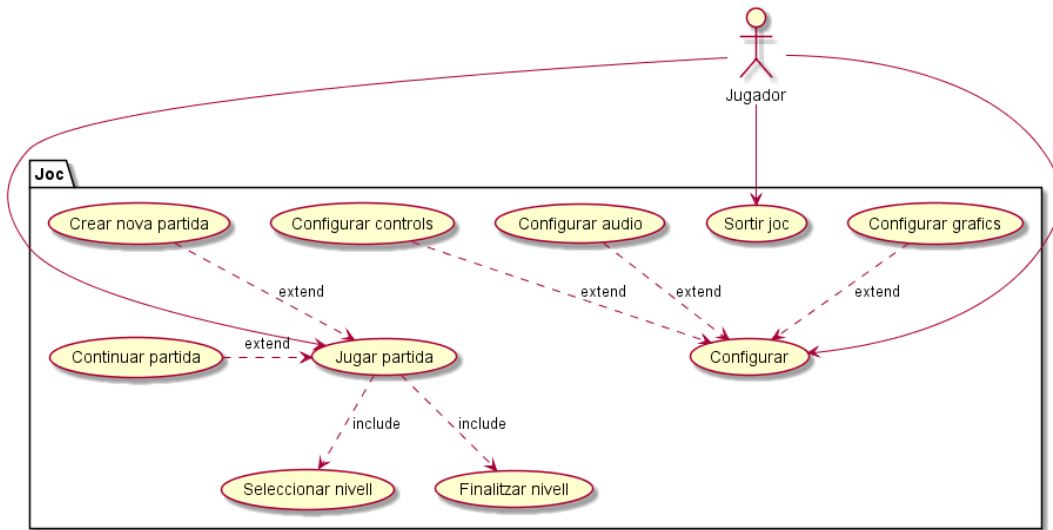


Fig. 2: Diagrama de casos d'ús

## 7 DESENVOLUPAMENT

### 7.1 Anàlisi i disseny

En la fase d'anàlisi i disseny, i abans de començar amb la programació del joc en Unity, s'han creat els següents diagrames i definit els requisits per a tenir una idea clara del disseny i comportament del joc.

Els requisits funcionals del joc són:

- Crear nova partida
- Guardar partida
- Carregar partida
- Sortir joc
- Gestionar nivell
- Comptar temps
- Obtenir objectes col·leccionables
- Punts de control
- Configurar joc
- Reproduir cinemàtica

En l'apèndix [A1] es troben els requisits funcionals i no funcionals amb més detalls.

Un cop s'han fixat els requisits ja s'ha pogut començar amb el disseny del joc. S'ha creat el diagrama UML de casos d'ús (Fig. 2) on es mostra les interaccions entre el jugador i el sistema. En l'apèndix [A2] també es pot observar la llista de casos d'ús.

Per a descriure els fluxos de control per als casos d'ús, s'han creat els diagrames d'activitats que es poden trobar alguns d'ells en l'apèndix [A3]. Tots els diagrames han estat creats amb PlantUML [9].

### 7.2 Implementació en Unity

En la Taula 1 es pot observar les tasques realitzades en cada un dels sprints. La taula mostra el resultat final de l'organització de les tasques, és a dir, s'ha anat modificant durant el desenvolupament del projecte. Al final de cada sprint s'han obtingut entregables de manera iterativa i incremental. En el primer sprint s'han prioritzat totes les tasques necessàries per aconseguir que el jugador pugui completar un nivell, permetent que el joc hagi estat jugable des del principi. En el segon s'han afegit els enemics, diferents obstacles i col·leccionables per afegir més varietat als nivells. El tercer s'ha centrat en el menú d'opcions, el quart en la pantalla principal i el cinquè en la pantalla inicial, un conjunt de tasques molt importants, però no tan essencials i amb tanta prioritat com poder jugar un nivell. Finalment, en el sisè s'han afegit nous obstacles, enemics i habilitats per afegir més varietat jugable.

Al finalitzar el **primer sprint** s'han dut a terme les funcionalitats més bàsiques per a poder completar un nivell. S'han creat els sprites del personatge i els necessaris per a dissenyar i fer el primer nivell. El jugador pot moure i fer saltar al personatge al llarg de tot el nivell evitant obstacles fins arribar a la bandera final, tornant al principi del nivell si el personatge cau per un precipici. També s'ha desenvolupat un comptador de temps que mesura el temps que necessita el jugador per completar el nivell, al finalitzar-lo s'atura el temps i es guarda en un fitxer JSON només en el cas que hagi reduït la seva anterior marca.

Sprint 1	Sprint 2	Sprint 3	Sprint 4	Sprint 5	Sprint 6
<ul style="list-style-type: none"> <li>-Crear sprites personatge i primer nivell</li> <li>-Crear primer nivell</li> <li>-Moure personatge</li> <li>-Saltar personatge</li> <li>-Reparèixer personatge</li> <li>-Comptador de temps</li> <li>-Guardar temps</li> <li>-Finalitzar nivell</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Crear enemic</li> <li>-Crear obstacle</li> <li>-Punts de vida</li> <li>-Col·leccionables</li> <li>-Guardar col·leccionables</li> <li>-Derrotar enemic</li> <li>-Crear animacions</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-UI menú d'opcions</li> <li>-Pausar nivell</li> <li>-Configurar gràfics</li> <li>-Configurar controls</li> <li>-Configurar àudio</li> <li>-Punts de control</li> <li>-Música</li> <li>-Sons</li> <li>-Habilitats</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Mostrar nivells desbloquejats en pantalla principal</li> <li>-Guardar nivells completats</li> <li>-Tornar a pantalla principal</li> <li>-Mostrar temps i col·leccionables en pantalla principal</li> <li>-Seleccionar i iniciar nivell</li> <li>-Crear segon nivell</li> <li>-Qüestionari a usuaris per feedback</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Nova partida</li> <li>-Continuar partida</li> <li>-Sortir joc</li> <li>-Cinemàtiques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Crear nou enemic</li> <li>-Crear nou obstacle</li> <li>-Crear nova habilitat</li> <li>-Proves joc</li> <li>-Crear nivells</li> </ul>

Taula 1: Tasques realitzades en cada un dels sprints

En el **segon sprint** s'ha creat el primer enemic al que el personatge pot derrotar i un sistema de punts de vida per si és atacat. El nivell disposa d'un nou tipus d'obstacle que afegeix més varietat a la jugabilitat. També s'han afegit els col·leccionables, uns objectes de difícil accés que estan repartits per tots els nivells i que el jugador ha d'intentar obtenir. Finalment, també s'han implementat les animacions del personatge.

Un cop finalitzat el segon sprint ja s'han completat la majoria de les principals tasques que permeten al jugador iniciar i completar un nivell ple d'obstacles i enemics, havent realitzat la part central i més important del joc.



Fig. 3: Imatge del primer nivell del joc

Al finalitzar el **tercer sprint** s'han completat totes les funcionalitats relacionades amb els nivells i el personatge, incloent el menú. S'ha creat el primer tipus d'habilitat, un conjunt de moviments que ofereixen una sèrie de facilitats per a superar el nivell, però només poden ser utilitzades un nombre limitat de vegades. El personatge pot fer servir l'habilitat "dash" que permet fer un salt horitzontal per arribar a zones on no s'arribaria amb només el salt normal. També s'ha creat un menú on el jugador pot configurar les

opcions gràfiques, d'àudio o els controls. Una altra novetat ha sigut la incorporació dels punts de control. Si el personatge arriba a un punt de control, reapareixerà allà en comptes de tornar al principi del nivell. Per últim, s'ha afegit música al joc [10] i petits efectes sonors que es reproduïen quan el personatge realitza certes accions.



Fig. 4: Imatge del personatge utilitzant l'habilitat "dash"

El **quart sprint** s'ha centrat en el desenvolupament de la pantalla principal des d'on el jugador pot seleccionar i iniciar el nivell que vol jugar. Només es pot iniciar un nivell si ha estat desbloquejat, és a dir, que s'han superat al menys una vegada tots els nivells anteriors a aquest, un cop desbloquejat es pot jugar totes les vegades que es vulguin. Des d'aquesta pantalla també es pot observar el millor temps i el major nombre de col·leccionables obtinguts de cada un dels nivells. També s'ha afegit una nova funcionalitat al menú d'opcions que permet tornar a la pantalla principal des de qualsevol dels nivells. Finalment, s'ha deixat provar una petita demo del joc a potencials usuaris i han respost un qüestionari on han valorat l'estat actual del joc i explicat què canviarien o afegirien per millorar el joc. De les respostes del qüestionari s'ha identificat que el joc necessitava més varietat d'enemics, obstacles i habilitats.

Els usuaris també han ajudat donant idees per a crear aquests nous enemics, obstacles, habilitats i per a noves localitzacions per als nivells. Aquests canvis s'han implementat en els següents sprints per obtenir un videojoc que proporcioni una major satisfacció als potencials usuaris.

En el **cinquè sprint** s'ha creat la pantalla inicial on el jugador pot crear una nova partida per començar a jugar o per sobreescriure la seva partida anterior, també pot continuar la partida només en el cas que ja hagi jugat anteriorment i la tercera opció de la pantalla inicial permet sortir del joc. S'ha afegit una nova funcionalitat que permet reproduir cinemàtiques o vídeos que expliquen la història del joc.

En el **sisè sprint** s'han creat nous tipus d'enemics, obstacles i habilitats per afegir més varietat jugable i aconseguir una major satisfacció dels potencials usuaris basada en les conclusions extretes del qüestionari. L'habilitat nova "heal" permet al jugador recuperar un punt de vida quan tingui menys de tres punts de vida. L'enemic nou es mou verticalment i l'obstacle és una plataforma punxant que treu un punt de vida si el personatge la toca. També s'han realitzat un conjunt de proves per comprovar el funcionament de certs elements del joc que no han pogut ser testejats amb les proves unitàries com les animacions, música o les físiques del joc.

## 8 RESULTATS

Els resultats que s'han obtingut han estat satisfactoris al complir l'objectiu del TFG de desenvolupar un videojoc 2D de plataformes per ordinador en Unity. Totes les funcionalitats planificades del joc han sigut completades correctament i dintre dels temps esperats.

La creació dels diagrames d'activitats, de casos d'ús, els requisits i la utilització de la metodologia Agile han ajudat a aconseguir un desenvolupament del projecte eficient, organitzat i mantenint una idea clara de la feina a realitzar. Al planificar les diferents tasques a desenvolupar s'ha facilitat la identificació de les tasques a realitzar en cada sprint, a gestionar millor el temps invertit i en tenir una millor idea de l'estat del desenvolupament. Les diferents eines utilitzades també han estat molt útils per al treball. Trello ha permès gestionar de manera senzilla les tasques en els diferents sprints i encara que alguns sprints han necessitat una mica més de temps que el planificat, s'ha aconseguit completar el conjunt de sprints en el temps esperat. El repositori de GitHub ha ajudat a organitzar tots els fitxers del projecte i mantenir un control de versions.

Al finalitzar totes les funcionalitats desenvolupades el jugador pot iniciar una partida i superar el joc. També pot moure, fer saltar al personatge i utilitzar habilitats per superar diferents obstacles i enemics fins a arribar al final del nivell. El jugador té la possibilitat d'aconseguir col·leccionables i intentar completar en el menor temps possible cada nivell.

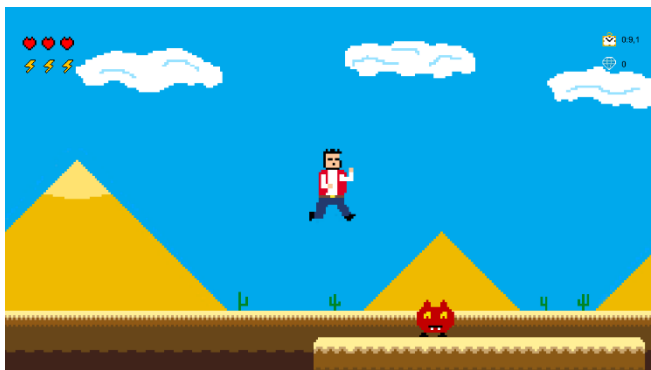


Fig. 5: Imatge del personatge preparant-se per saltar a sobre un enemic

En la pantalla principal el jugador pot seleccionar el nivell desbloquejat que vol jugar. A l'arribar a la bandera del final del nivell torna automàticament a la pantalla principal.



Fig. 6: A la imatge de l'esquerra arriba a la bandera del final del nivell. A la imatge de la dreta el jugador torna a la pantalla principal

El menú d'opcions permet configurar opcions gràfiques com la resolució del joc o si es vol jugar en pantalla completa, també dona la possibilitat d'augmentar o disminuir el volum de la música i dels efectes sonors del joc. Finalment, pot configurar els controls del joc triant el moviment del personatge i les tecles per a utilitzar les habilitats, només es permeten assignar tecles alfanumèriques i que no estiguin assignades a altres accions per assegurar el correcte funcionament del joc.

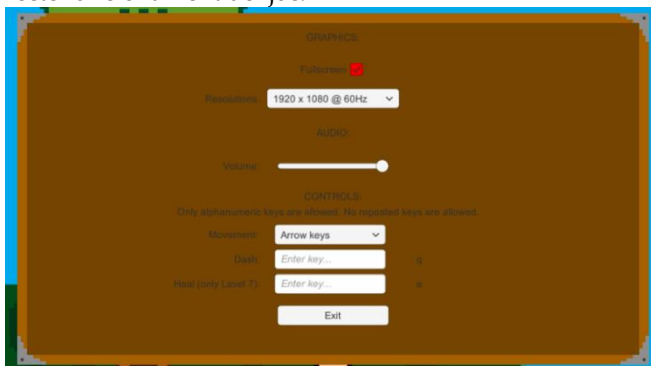


Fig. 7: Imatge del jugador configurant les opcions

En el sisè sprint s'han realitzat diferents millores al joc per afegir més diversitat en la jugabilitat a l'incloure nous tipus

d'enemics, obstacles i habilitats. Inicialment, en les millores estava previst la creació d'un major nombre de nivells, però després d'entrevistar als potencials usuaris s'ha conclòs que era millor afegir més varietat al joc per aconseguir un joc més entretingut i satisfer als usuaris.

Totes les proves realitzades han passat satisfactòriament. Com s'havia planejat inicialment per fer les proves s'ha seguit el procés TDD. Gràcies a les proves s'ha creat un millor disseny del joc i s'ha necessitat un menor temps de desenvolupament. S'ha validat el comportament i assegurat que el codi tingués el menor nombre d'errors possibles, també ha ajudat a que a l'afegir noves funcionalitats no es creessin nous errors en antigues proves.

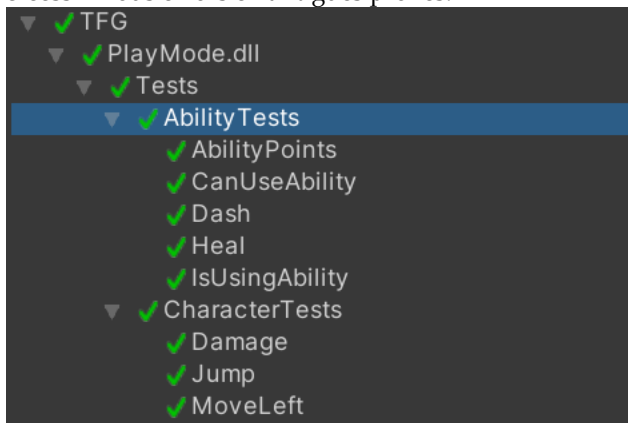


Fig. 8: Imatge de les proves

Els coneixements que es van adquirir durant el grau han permès obtenir els resultats esperats i fer-los assolibles per a un enginyer informàtic. Han sigut especialment útils els coneixements de les assignatures de la menció d'Enginyeria del Software. Algunes de les més importants per dur a terme el treball han estat: Test i Qualitat del Software per a realitzar les proves seguint el procés TDD, Laboratori de Programació pels conceptes de programació, Requisits del Software per la gestió dels requisits del projecte, Gestió del Desenvolupament de Software per la utilització de Git, Laboratori Integrat de Software pel coneixement per al desenvolupament de projectes de software i Gestió de Projectes pel desenvolupament general del TFG.

S'han après nous conceptes de Unity que s'han aplicat per desenvolupar una gran quantitat de funcionalitats per al joc, com per exemple: guardar la partida en un fitxer JSON, crear i gestionar les diferents animacions, fer proves unitàries en Unity, crear la interfície d'usuari, configurar els controls, les opcions gràfiques i d'àudio.

Tenint en compte aquests resultats, en un futur el videojoc es podria millorar en diversos aspectes. Augmentant el nombre de nivells, enemics i obstacles disponibles s'aportaria més varietat a la jugabilitat i entreteniment al jugador. També es podria millorar l'aspecte gràfic del joc i les seves animacions. En l'apartat de l'àudio es podrien afegir nous efectes sonors o fins i tot crear una música pròpia, sense

utilitzar cançons de tercers. En definitiva, unes característiques que donarien més varietat i diversió al joc, sense la necessitat d'invertir un gran nombre d'hores ja que el joc ja té una base totalment desenvolupada i només necessitaria petites addicions per a millorar-lo.

## 9 CONCLUSIONS

En les etapes finals del desenvolupament del projecte les conclusions que s'han extret han sigut que s'ha complert l'objectiu del desenvolupament del videojoc en Unity i que s'ha pogut desenvolupar totes les funcionalitats planejades inicialment per al joc dins dels temps assignats.

El fet d'utilitzar una metodologia Agile ha permès desenvolupar el projecte d'una manera eficient, obtenint una gran flexibilitat i minimitzant els riscos. També s'han aconseguit resultats des de les primeres etapes del projecte que han estat millorats en les següents iteracions.

Trello ha ajudat a gestionar la feina a desenvolupar en cada sprint i controlar els temps del desenvolupament. Tot i que alguns sprints han necessitat més temps que l'inicialment previst a causa de la necessitat d'invertir més hores de treball en adquirir més coneixements d'Unity, s'ha pogut recuperar en altres sprints i no ha acabat afectant negativament al resultat final del projecte.

Al seguir el procés de Test-driven development s'ha aconseguit validar el comportament del joc, crear un millor disseny i reduir el temps invertit en el projecte. Tot i els grans beneficis que ha aportat al projecte, al principi del desenvolupament es va necessitar més temps del previst en realitzar les proves.

El repositori de GitHub també ha ajudat a mantenir un control de versions i organitzar els fitxers del videojoc de manera eficient.

En general, la metodologia seguida i les diferents eines utilitzades han resultat ser molt efectives pel desenvolupament d'aquest projecte aconseguint complir l'objectiu del TFG.

## AGRAÏMENTS

Agraïco al meu tutor Oriol Jaumandreu per tota l'ajuda i consells que he rebut, així com pel temps invertit en el projecte. També agraïco tot el suport que m'han donat els meus familiars i amics durant el desenvolupament del videojoc.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Celeste game, "Celeste", <http://www.celestegame.com/>
- [2] Ori the game, "Ori | The Will of the Wisps", <https://www.ori-thegame.com/>
- [3] Bfxr, "Make sound effects for your games.", <https://www.bfxr.net/>
- [4] Unity, "Manual: Serialización JSON", <https://docs.unity3d.com/es/530/Manual/JSONSerialization.html>
- [5] PlantUML, "Diagrama de Casos de Uso", <https://plantuml.com/es/use-case-diagram>
- [6] Encarna Abellán, "Scrum: qué es y cómo funciona esta metodología", <https://www.wearemarketing.com/es/blog/metodologia-scrum-que-es-y-como-funciona.html>
- [7] Dmitry Chekalin, "Why Use Test Driven Development: 6 Benefits for Your Project", <https://www.codica.com/blog/test-driven-development-benefits/>
- [8] Unity, "About Unity Test Framework", <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.test-framework@1.1/manual/index.html>
- [9] PlantUML, "Diagrama de Actividades", <https://plantuml.com/es/activity-diagram-legacy>
- [10] Andrea Baroni, "The 8-bit Jukebox Lite", <https://assets-ore.unity.com/packages/audio/music/electronic/the-8-bit-jukebox-lite-music-pack-70436>

## APÈNDIX

### A1. REQUISITS

#### Requisits funcionals:

Requisits Partida: Requisits que gestionen la partida del jugador podent crear una nova partida, continuar una partida anterior o sortir del joc.

Prioritat: ordre d'importància del requisit a complir.

Risc: Mesura l'impacte que pot tenir en el sistema el fet de no complir un requisit. Pot ser de 4 tipus:

- Crític (C): el sistema perd la seva funcionalitat principal i impedeix ser utilitzat.
- Alt (A): el sistema es veu afectat en la seva funcionalitat principal, però pot ser utilitzat amb certes limitacions.
- Mitjà (M): el sistema perd alguna funcionalitat, però no de les principals.
- Baix (B): el sistema es pot utilitzar sense perdre funcions utilitzant solucions alternatives.

<b>Títol</b>	Crear nova partida	<b>ID</b>	RF.01.01
<b>Prioritat</b>	1	<b>Risc</b>	C
<b>Descripció</b>	El sistema ha de permetre crear una nova partida.		

<b>Títol</b>	Guardar partida	<b>ID</b>	RF.01.02
<b>Prioritat</b>	1	<b>Risc</b>	C
<b>Descripció</b>	El sistema ha de permetre guardar la partida al superar un nivell.		

<b>Títol</b>	Carregar partida	<b>ID</b>	RF.01.03
<b>Prioritat</b>	1	<b>Risc</b>	C
<b>Descripció</b>	El sistema ha de permetre continuar amb la partida guardada anteriorment.		

<b>Títol</b>	Sortir joc	<b>ID</b>	RF.01.04
<b>Prioritat</b>	1	<b>Risc</b>	C
<b>Descripció</b>	El sistema ha de permetre sortir del joc des de la pantalla inicial.		

Requisits Nivell: Requisits encarregats de seleccionar o completar nivells i de les diferents funcionalitats que tenen.

<b>Títol</b>	Gestionar nivell	<b>ID</b>	RF.02.01
<b>Prioritat</b>	1	<b>Risc</b>	C
<b>Descripció</b>	El sistema ha de permetre elegir i jugar el nivell que es vol superar.		

<b>Títol</b>	Comptar temps	<b>ID</b>	RF.02.02
<b>Prioritat</b>	2	<b>Risc</b>	A
<b>Descripció</b>	El sistema ha de permetre comptar el temps en què es completa un nivell.		

<b>Títol</b>	Obtenir objectes col·leccionables	<b>ID</b>	RF.02.03
<b>Prioritat</b>	2	<b>Risc</b>	A
<b>Descripció</b>	El sistema ha de permetre obtenir objectes col·leccionables en els nivells.		

<b>Títol</b>	Punts de control	<b>ID</b>	RF.02.04
<b>Prioritat</b>	2	<b>Risc</b>	A
<b>Descripció</b>	El sistema ha de permetre en cada nivell tenir punts de control on el personatge pugui reapareixer.		

Requisit Configuracions: Requisit encarregat de modificar diferents característiques del joc segons la preferència del jugador.

<b>Títol</b>	Configurar joc	<b>ID</b>	RF.03.01
<b>Prioritat</b>	3	<b>Risc</b>	M
<b>Descripció</b>	El sistema ha de permetre configurar l'àudio, els gràfics i els controls des del menú d'opcions.		

Requisit Cinemàtiques: Requisit que permet reproduir cinemàtiques en certs punts de la història del joc.

<b>Títol</b>	Reproduir cinemàtica	<b>ID</b>	RF.04.01
<b>Prioritat</b>	2	<b>Risc</b>	A
<b>Descripció</b>	El sistema ha de permetre la visualització de cinemàtiques en certs moments del joc.		

#### Requisits no funcionals:

Requisits Usabilitat: Requisits que garanteixen la facilitat en la utilització del videojoc.

<b>Títol</b>	Facilitat en els controls	<b>ID</b>	RNF.05.01
<b>Prioritat</b>	2	<b>Risc</b>	A
<b>Descripció</b>	El joc ha d'explicar de manera fàcil i intuïtiva els controls.		

<b>Títol</b>	Textos en anglès	<b>ID</b>	RNF.05.02
<b>Prioritat</b>	2	<b>Risc</b>	A
<b>Descripció</b>	Tots els textos del joc han d'estar en anglès.		

<b>Títol</b>	Dificultat progressiva	<b>ID</b>	RNF.05.03
<b>Prioritat</b>	2	<b>Risc</b>	A
<b>Descripció</b>	La dificultat del joc ha d'anar augmentant progressivament per permetre que el jugador millori a mesura que supera nivells i tingui un inici de joc assequible.		

Requisit Compatibilitat: Requisit que garanteix el funcionament del joc en determinats sistemes.

<b>Títol</b>	Compatibilitat amb Windows 10	<b>ID</b>	RNF.06.01
<b>Prioritat</b>	1	<b>Risc</b>	C
<b>Descripció</b>	El joc ha de permetre ser executat en Windows 10.		

Requisit Rendiment: Requisit que garanteix el bon rendiment del joc.

<b>Títol</b>	Arribar a 60 FPS	<b>ID</b>	RNF.07.01
<b>Prioritat</b>	3	<b>Risc</b>	B
<b>Descripció</b>	El joc ha de permetre arribar a 60 FPS sense la necessitat d'un ordinador d'alt rendiment.		

## A2. CASOS D'ÚS

<b>Títol</b>	Crear nova partida	<b>ID</b>	CU.01
<b>Descripció</b>	El jugador crea una partida nova i es mostra la pantalla principal.		
<b>Requisit</b>	RF.01.01		

<b>Títol</b>	Continuar partida	<b>ID</b>	CU.02
<b>Descripció</b>	El jugador carrega la partida anteriorment guardada per continuar amb el seu progrés en el joc i va a la pantalla principal.		
<b>Requisit</b>	RF.01.03		

<b>Títol</b>	Seleccionar nivell	<b>ID</b>	CU.03
<b>Descripció</b>	El jugador selecciona el nivell que vol jugar, només pot jugar a nivells ja desbloquejats.		
<b>Requisit</b>	RF.02.01		

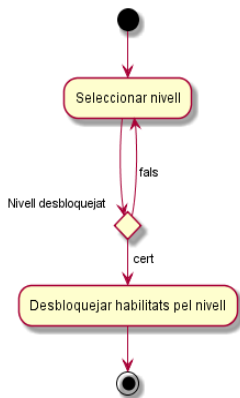
<b>Títol</b>	Jugar partida	<b>ID</b>	CU.04
<b>Descripció</b>	El jugador juga la partida en el nivell seleccionat i controla el personatge fins a finalitzar la partida.		
<b>Requisit</b>	RF.02.01, RF.02.02, RF.02.03, RF.02.04, RNF.05.01		

<b>Títol</b>	Configurar opcions	<b>ID</b>	CU.05
<b>Descripció</b>	El jugador configura les opcions gràfiques, d'àudio o els controls del joc.		
<b>Requisit</b>	RF.03.01		

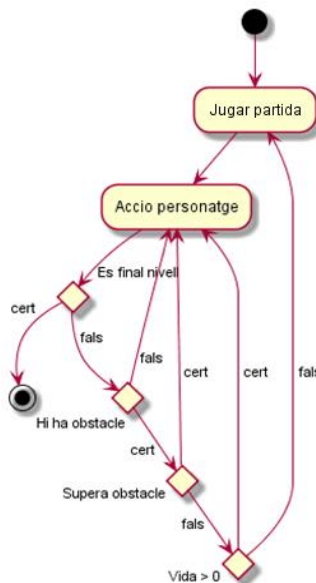
<b>Títol</b>	Finalitzar nivell	<b>ID</b>	CU.06
<b>Descripció</b>	El jugador torna a la pantalla principal després d'haver finalitzat el nivell.		
<b>Requisit</b>	RF.01.02		

### A3. DIAGRAMES D'ACTIVITATS

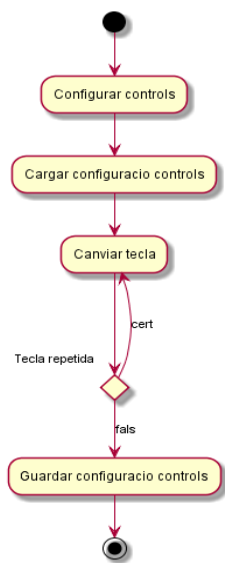
Seleccionar nivell (ID: CU.03):



Jugar partida (ID: CU.04):



Configurar opcions: controls (ID: CU.05):



Finalitzar nivell (ID: CU.06)

