

Kula World: soporte al razonamiento tridimensional

Jesús Rodríguez-Carretero Rodríguez

Resumen— El proyecto consiste en diseñar e implementar un videojuego de puzzles 3D educativo con el motor gráfico Unity, orientado para niños de primaria y secundaria, y que se centre en la resolución de puzzles de manera que los ayude a desarrollar y mejorar su razonamiento tridimensional y orientación. El videojuego consiste en una pelota, manejada por el niño, que debe completar una serie de niveles buscando las llaves que abrirán la plataforma de salida, pudiendo desplazarse por las diferentes caras del mapa. Se han diseñado diversos mapas, con diferentes niveles de dificultad, y un sistema de puntuación basado en los fallos y el tiempo utilizado en cada nivel. Se ha desarrollado en multiplataforma, para facilitar su ingreso en todo tipo de aulas.

Paraules clau—Juego, puzzle, cambio de gravedad, multiplataforma, educativo, orientación, nuevas tecnologías, 3D, Unity, 3DS Max, Photoshop.

Abstract— The project consists of designing and implementing an educational 3D puzzle videogame with the Unity graphic engine, focused on primary and high school children and based on the resolution of puzzles to help in the development and improvement of the three-dimensional reasoning and orientation. The videogame consists of a beach balloon, controlled by the child, that have to complete a set of levels searching the keys that will open the exit platform, being able to move around the different sides of the scenario. Ten maps were designed, with different levels of difficulty, and a score system based on the failures and the spended time on each level. The videogame was developed in multi platform, to facilitate its entry in all types of classrooms.

Index Terms— Game, puzzle, gravity change, multi platform, educational, orientation, new technologies, 3D, Unity, 3DS Max, Photoshop.



1 INTRODUCCIÓN

EN las últimas décadas, los videojuegos han pasado por una evolución exponencial, que les ha hecho transformarse, de un simple pasatiempo, a un fenómeno sociocultural que, además de disponer de uno de los mercados más potentes económicamente del mundo, ha despertado interés en su uso en la educación. [1]

Este proyecto trata de abarcar ese ámbito didáctico de los videojuegos, específicamente en alumnos de primaria y secundaria, para reforzar el razonamiento tridimensional y la capacidad de análisis. [2]

Para este proyecto, se ha propuesto el uso de un videojuego similar a Kula World [3], un juego de puzzle en tres dimensiones, desarrollado por Game Desgin Sweden AB para la plataforma PlayStation. El jugador conduce una pelota por un laberinto formado por plataformas 3D con forma cúbica, con la posibilidad de avanzar, girar sobre sí mismo y saltar. El objetivo es el de conseguir las llaves para abrir la puerta de salida y acceder así al siguiente nivel.

Más adelante, en este documento, podrá encontrar, en este orden, los objetivos a conseguir con la ejecución de este proyecto, la planificación seguida durante el desarrollo del proyecto, la metodología seguida, las herramientas utilizadas para el diseño y desarrollo de la aplicación, los

resultados de las pruebas realizadas, y las conclusiones extraídas de éstas.

2 OBJETIVOS

El objetivo principal de este proyecto es el de diseñar e implementar un juego de puzzle 3D como el explicado en el apartado anterior, orientado a mejorar la percepción tridimensional de los alumnos de primaria y secundaria.

Además, como objetivos secundarios, se debe:

- Dar soporte a los docentes en la mejora del sentido de la orientación espacial para alumnos de primaria y secundaria, dándoles un entorno en el que puedan desarrollarlo mientras interactúan con el videojuego.
- Permitir la accesibilidad de la aplicación, permitiendo su portabilidad tanto en dispositivos móviles o tabletas electrónicas (Android) como en ordenadores portátiles o de sobremesa (PC).
- Permitir generar mapas nuevos de una manera sencilla.

3 ESTADO DEL ARTE

Se han desarrollado muchos proyectos para utilizar como herramienta de aprendizaje un videojuego en los últimos años [4]. Como ejemplo por excelencia, podría nombrar el proyecto educativo de Minecraft [5], elaborado por Microsoft. En éste, se plantea enseñar diferentes materias en función de la edad del alumno, desde física hasta programación. Esto es posible gracias a su gran versatilidad, que sólo depende de la creatividad del organizador del taller o del alumno. Promueve el trabajo en equipo y, principalmente, el desarrollo de la creatividad.

También, y más cercano a KulaWorld, encontramos el videojuego independiente The Witness [6], que trata de explorar una isla abandonada, realizando diversos puzles. Promueve el desarrollo de la memoria y la percepción tanto auditiva como visual.

Además de éstos, podemos encontrar otros más específicos como Zoo Tycoon 2, para conocer mejor el mundo animal y introducirse en el mundo económico, gestionando un zoo; Just Dance 2018, para fortalecer la psicomotricidad, ideal para clases de Educación Física; o Sid Meier's Civilization IV, donde los alumnos conocerán mejor la historia detrás de diferentes civilizaciones desarrollando también su estrategia económico-militar.

A diferencia de todos estos juegos, el desarrollado en este proyecto proporciona una herramienta educativa puntual, que no necesita mucho tiempo de juego.

4 METODOLOGÍA

Antes de diseñar la programación del proyecto, se ha tenido que elegir cómo se va a desarrollar éste. Se han barajado las tres metodologías siguientes [7].

4.1 Metodología Agile.

Proporciona la ventaja de tener retroalimentación constante del cliente, y hacerlo participe de los avances que se van realizando. También permite generar diferentes versiones básicas del software para comprobar si éste cumple los requisitos especificados por el cliente.

Se ha descartado porque está orientada a trabajar en grupo, en los que gastar un tiempo considerable en planificar y marcar una metodología de este tipo se equilibra con el trabajo que se ahorra más adelante. En un proyecto individual, no compensa.

4.2 Metodología Waterfall.

Genera una planificación más sencilla, además de un seguimiento y medición de los logros conseguidos. A diferencia de la metodología Agile, tiene dificultad para enfrentarse a cambios en los objetivos y requisitos.

No es la metodología escogida porque no genera productos básicos intermedios, hecho que provoca una dis-

torsión del impacto que tendrá en el usuario final (en este caso, los niños de primaria) y no permite cambios sencillos en la jugabilidad o en ciertos aspectos del producto en tiempo de desarrollo.

4.3 Metodología híbrida.

Será la escogida, ya que combina los aspectos que más interesan, en mi opinión, para este proyecto. Esta metodología proporciona productos intermedios (versiones) que se pueden hacer probar a los clientes finales, para captar información y nuevos cambios a realizar para, sobre todo, una mejora de la jugabilidad, aspecto muy importante en este videojuego.

5 HERRAMIENTAS UTILIZADAS

Para la realización del videojuego, se necesitarán ciertas herramientas para realizar cada una de las tareas, explicadas en el punto anterior, en las que se divide el proyecto.

5.1 Entorno de desarrollo

Se utilizará el motor gráfico Unity [8], junto con Microsoft Visual Studio 2017. Se ha decidido utilizar Unity, ya que hay interés en aprender a utilizarlo para futuros proyectos y nos facilita la portabilidad a multiplataforma. La elección de Microsoft Visual Studio 2017 es por comodidad y mejor organización del código, además de que se integra perfectamente al motor, permitiendo editar de una manera fácil y rápida los scripts.

El código del videojuego se realizará en el lenguaje de programación C#, puesto que se tienen más conocimientos sobre él que sobre la otra opción: JavaScript.

5.2 Diseño del personaje y entorno

Para esto, se debe buscar un programa de modelaje 3D, además de otro para diseñar las texturas utilizadas en dichos modelos.

En el caso del modelo 3D, se han comparado las siguientes posibilidades:

1. Sin programa especializado. Utilizar los objetos predeterminados de Unity (cubos, esferas, ...) y únicamente añadir las texturas a éstos.
2. Autodesk 3DS Max 2016. Dispone de licencia gratuita para estudiantes, además de disponer de numerosos tutoriales para aprender a utilizarlo. [9] Nos permite detallar mejor los modelos, tanto de la pelota como de las plataformas. Además, permite exportar los modelos en objetos OBJ y 3DMAX, que pueden ser importados fácilmente a Unity. Por lo tanto, ésta será la opción escogida.

En el ámbito del diseño de los materiales que se aplicarán en los modelos, se utilizará Adobe Photoshop CS6 para formar los mapas de bits, ya que dispongo de conocimientos para utilizarlo.

6 DESARROLLO DEL PROYECTO

Durante el proceso de diseño, implementación y testeo del software, se generan pequeñas alteraciones de la planificación establecida, que deben solventarse para permitir alcanzar los objetivos deseados.

En este apartado, se explicarán los avances en cada una de las tareas llevadas a cabo, comentando los problemas encontrados y sus soluciones, y las decisiones que se han tenido que tomar.

6.1. Lógica del juego

El videojuego consiste en desplazar una pelota a lo largo y ancho de un mapa, formado por plataformas cúbicas, pudiendo moverte por las diferentes caras de esos cubos, para resolver un puzle. Dicho puzle requiere para su resolución que el jugador recoja cuántas llaves haya y encuentre la plataforma de salida con la máxima puntuación posible.

6.1 Diseño de las plataformas

Las plataformas son la parte principal de este juego por motivos obvios: sin ellas no habría mapa al que jugar.

Dentro de la multitud de plataformas que existían en el juego original (normal, de pinchos, de hielo, resquebrajada, ...), únicamente se han escogido las dos primeras. El motivo se explicará en el apartado 7 "Resultados".

Con la combinación de estos objetos, se pueden desarrollar infinitos mapas, de dificultades muy variadas.

Para elaborar las plataformas, se ha necesitado el uso de dos softwares de diseño gráfico: 3DS Max y Photoshop CS6, para diseño del modelo tridimensional, y para elaborar la textura de la pieza, respectivamente.

6.1.1 Plataforma normal [véase Figura 1]

Esta plataforma es la más habitual dentro del juego. Se trata de un cubo de dos unidades de arista, por el que el jugador puede avanzar y saltar sin ningún problema.

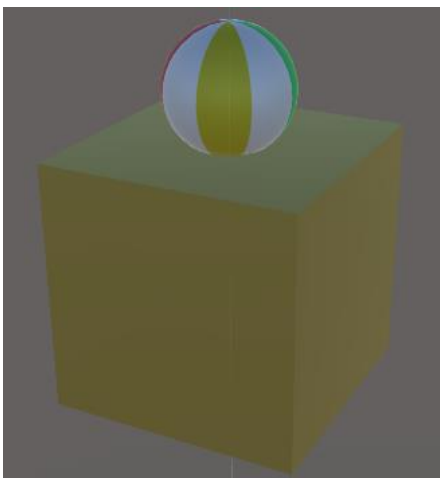


Figura 1. Plataforma normal o básica

6.2.2 Plataforma de pinchos [véase Figura 2]

La plataforma de pinchos es bastante similar físicamente a la normal. Se diferencia por la aparición de unos delgados pinchos verticales, que provocarán que el jugador pierda una vida y vuelva a empezar desde el punto de inicio. Para diferenciarlas bien de las normales, son un tanto más oscuras.

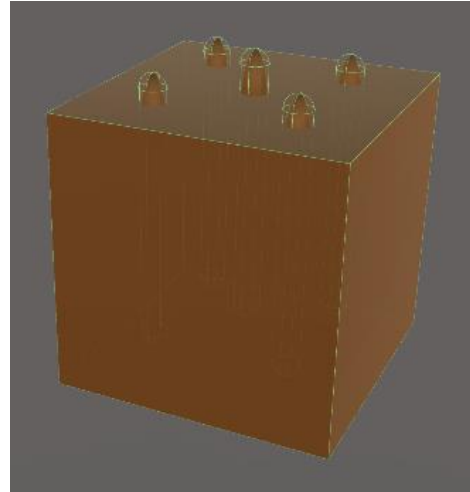


Figura 2. Plataforma de pinchos

6.2 Físicas básicas

El mayor atractivo de este videojuego, además de un hecho que permite aumentar la dificultad de éste, es cómo se mueve la pelota por las plataformas y cómo interactúa con la gravedad.

6.2.1 Movimiento hacia delante

La pelota puede moverse en la dirección de la cámara (véase ecuación 1), pulsando la flecha superior del teclado, girando mientras lo hace. Sólo podrá moverse hacia delante cuando exista una plataforma a la que avanzar delante. Esto es así para evitar que el alumno se caiga menos al vacío y se centre en resolver el puzle. Se ha utilizado la función MovePosition [10].

2.2. Giro de cámara [11]

Al presionar la flecha izquierda o derecha, la cámara girará 90 grados sobre el eje de salto de la pelota en sentido antihorario y horario respectivamente. La pelota no girará sobre sí misma. La cámara siempre seguirá al jugador, haga el movimiento que haga.

Siendo $P(t)$ y $G(t)$ la posición y orientación de la pelota respecto al origen de coordenadas, Q_{cam} el conjunto de tres vectores que representa la orientación local de la cámara:

$$P_t(x, y, z) = P_{t-1} + 2 \cdot Q_{cam_z} \quad (1)$$

6.2.3 Salto [Véase Figura 3]

Al presionar la tecla Espacio, la pelota se desplazará tres

unidades sobre la normal de la cara de la plataforma que está tocando, para luego caer por la acción de la gravedad.

En el caso de que se presione la flecha superior a la vez, la pelota avanzará con un movimiento parabólico hacia delante, moviéndose cuatro unidades (lo necesario para evitar un bloque).

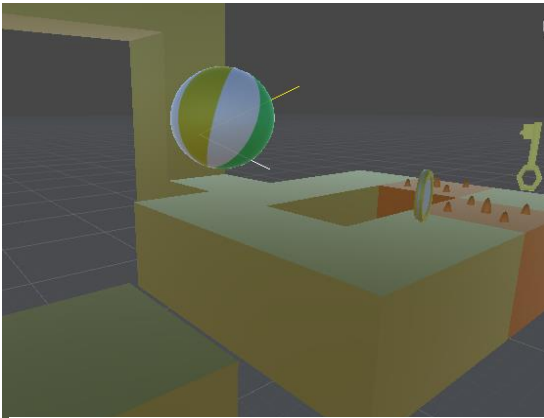


Figura 3. Pelota saltando hacia delante.

6.2.4 Cambio de gravedad [véase Figura 4]

En el caso de que no haya un bloque al que avanzar, no exista ninguno a la izquierda y/o derecha del jugador, y se encuentre una pared delante o una plataforma en el bloque colindante inferior al que la pelota está situada, al presionar la tecla de avanzar, el jugador subirá o descenderá por el bloque, pegándose a éste, siendo ahora el plano sobre el que se desplazará la pelota. Esto está definido de forma más clara en la Ecuación 2.

Para realizar esta tarea, se exploraron varias opciones:

1. **Girar la cámara 90° sobre el eje Z de la pelota [12].** De esta manera, nos asegurábamos que manteníamos la distancia entre cámara y pelota, ya que era un giro tomando el centro de la pelota como punto de referencia. Se programó utilizando la función *RotateAround*[13]. El inconveniente de este método es que dificultaba algunas veces el movimiento de la pelota, ya que modificaba los ejes, cambiándolos de sitio en algunas ocasiones como, por ejemplo, al rebasar la normal de la plataforma en la que se encontraba la pelota.
2. **Posicionar la cámara por su distancia respecto a la pelota.** Al iniciar un nuevo nivel, se guardaba la distancia entre la pelota y la cámara en un vector de tres dimensiones, a partir de ahora "offset". Al girar la cámara en cualquier dirección, sea al girar a izquierda o derecha, o inclinarse hacia arriba o hacia abajo para cambiar de plano de movimiento, se modificaba el offset. Esto se podía realizar gracias a que siempre el giro era de 90°, por lo que, para encontrar el nuevo offset, sólo debías buscar el vector perpendicu-

lar adecuado. El inconveniente era encontrar ese vector y la manera de provocar que ese cambio de orientación de la cámara sea fluido y no brusco. Para encontrar el vector perpendicular, se utilizó un "switch case" con todas las opciones posibles. La fluidez del giro era tarea más difícil, por una situación similar a la del caso anterior: los ejes que se tomaban como referencia cambiaban al superar ciertos límites.

3. **Girar todo el mapa, objetos incluidos.** Esta opción, utilizada como solución al problema, consistía en tomar como referencia el centro de la pelota y girar sobre su eje de giro (el eje sobre el cual la pelota rueda al desplazarse). La gravedad no debía ser modificada, ya que era el objeto que hace de suelo el que se gira para simular este cambio.

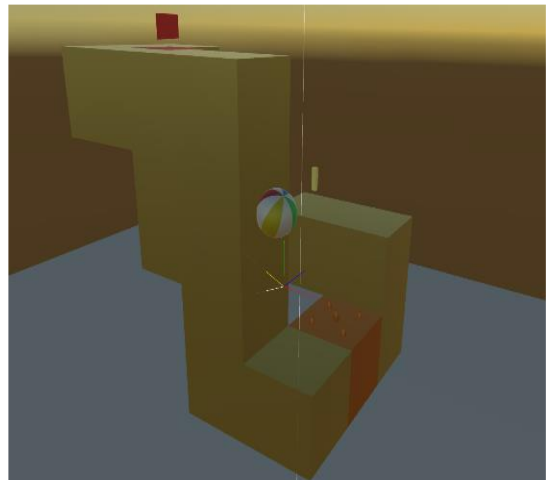


Figura 4. Captura con cámara externa del jugador subiendo por una plataforma vertical.

6.3 Sistema de puntuación

Se han añadido las llaves para desbloquear el acceso a la plataforma de meta en cada nivel, además de su funcionalidad. Se ha implementado un sistema de puntos por tiempo de finalización, además de un bonus por recoger diferentes objetos que hay a lo largo del mapa. Al finalizar un nivel, se mostrará la puntuación obtenida, además de un mensaje para avanzar al siguiente mapa (véase Ecuación 2).

$$\text{puntuacionTotal} = \sum_n (\text{ptoNivel}_n + n\text{Monedas} * 100 - n\text{Fallos}_n \cdot \text{ptoFallo}_n) \quad (2)$$

6.4 Diseño de mapas de prueba más complejos

Se han diseñado mapas con cambios de gravedad y diferentes alturas, para permitir la comprobación del correcto funcionamiento del videojuego y para ser aprovechados para la versión final de éste. Estos mapas están

formados por plataformas básicas y plataformas con pinchos, además de permitir al jugador recoger diferentes objetos para aumentar su puntuación final.

7 RESULTADOS

Se ha desarrollado una versión similar a la planificada. Con ella, se ha elaborado un ejercicio de test en dos aulas de una escuela infantil, a un total de cincuenta y seis niños de quinto de primaria, de entre diez y once años. El taller tenía una duración de una hora.

7.1 Diseño experimental

Los alumnos, colocados en parejas, tenían media hora para probar el videojuego desde cero, sin indicarle cómo controlar la pelota, más allá de que solo se debía utilizar el teclado del portátil, y que el objetivo era obtener la mayor puntuación y recoger la llave para, a continuación, llegar a la plataforma de salida para avanzar al siguiente nivel.

7.1.1 Aprender los controles del juego

El primer paso para integrarse en el videojuego es conocer cómo desplazarse por éste. Para ello, los alumnos sólo tenían la pista de que el periférico a utilizar era el teclado, nada de ratón.

La mayoría de niños aprendieron rápidamente cómo desplazarse y saltar, aunque algunos necesitaron de ayuda, posiblemente porque no estaban familiarizados con este tipo de videojuegos.

A parte de los controles básicos, una pareja de alumnos descubrió que, pulsando una tecla, podían tener una vista aérea de la pelota, teniendo acceso a más visibilidad de las plataformas a una altura inferior a la que estaba la pelota en ese momento.

7.1.2 Completar los niveles sencillos

Una vez conocidos los controles básicos, se les propuso a los alumnos resolver un conjunto de cinco puzzles en un cuarto de hora. Estos puzzles tenían las llaves y la meta a simple vista, por lo que únicamente debían averiguar cómo llegar a ellas.

En esta parte del taller, un 90% de los alumnos terminó en el tiempo acordado. Dentro de ese porcentaje, un 40% finalizaron varias veces los niveles, sin generarles ningún problema.

El caso de conflicto de resolución del nivel más recurrente fue el mostrado en la Figura 5. La llave se encuentra entre dos plataformas de pinchos, por lo que se debe saltar con cuidado para recoger la llave sin caerse del mapa o pincharse. Algunos alumnos pidieron ayuda a otros compañeros o a mí.

Otro problema que se repitió unas cuantas veces fue en un mapa separado en dos regiones, unidas por un puente vertical. La pelota aparecía en una región, estando la meta en la otra y la llave en el puente, véase Figura 6. Algunos alumnos no fueron capaces de finalizar este nivel sin ayuda, hasta que entendieron que podían utilizar el cambio de gravedad para utilizar la pared en forma de U

invertida como pasarela.



Figura 5. Caso más recurrente de fallo en los alumnos en los mapas simples

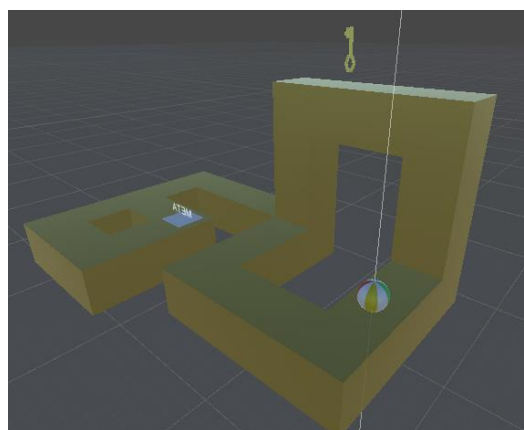


Figura 6. Mapa con dos regiones y pasarela vertical. El jugador no es capaz de alcanzar la llave sin utilizar el cambio de gravedad.

7.1.3 Completar los niveles complejos

Después de completar los niveles sencillos, los alumnos que no estaban acostumbrados a jugar a un videojuego en su tiempo de ocio, se hicieron con los controles de KulaWorld. Ahora era el turno de intentar resolver mapas más complejos, con plataformas cuya accesibilidad era más limitada y con una mayor cantidad de caminos, aunque de una dificultad más alta, y donde las llaves no se podían ver a simple vista.

El objetivo de estos puzzles era ver cuán desarrollada tenían su memoria, cómo exploraban a lo largo del mapa para encontrar los caminos que daban a la victoria y cómo buscaban la forma de realizarlos sobre el videojuego.

En esta parte final de la prueba con KulaWorld como herramienta, la mitad de los alumnos consiguió resolver todos los puzzles, aunque la mayoría con problemas y muchos intentos a la espalda. Un ejemplo de mapa de dificultad alta es el mostrado en la Figura 7.

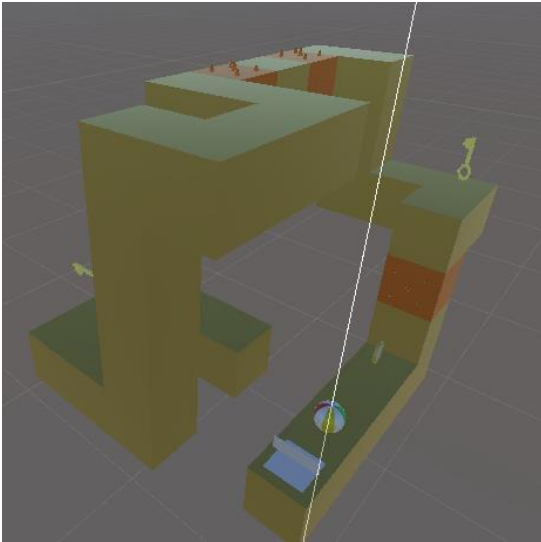


Figura 7. Ejemplo de mapa complejo. El niño no ve ninguna de las llaves desde su posición de inicio, por lo que debe explorar el mapa para encontrarlas, y recordar el camino de vuelta.

7.2 Formulario postdemo

Al finalizar la prueba física de KulaWorld, se le proporcionó a cada alumno un cuestionario a través de la plataforma de Google Forms [14]. Éste servía para obtener nuevos requisitos para futuras actualizaciones del videojuego, además de para verificar qué conocimientos y sensaciones habían tenido al resolver los puzzles. El cuestionario estaba formado por las siguientes preguntas.

¿Cómo describirías la dificultad media del videojuego?

Se trataba de una pregunta tipo test, con la posibilidad de escoger una respuesta diferente en el caso de que ninguna se ajustase a su experiencia. Esto también permitía recoger información más precisa.

Tal y como se puede observar en la Figura 8, alrededor de un 60% de los niños afirman que les costó finalizar algún que otro nivel, confirmándose lo observado en el taller. Uno de cada cinco alumnos no ha podido finalizar algún nivel concreto, que encaja también con la cantidad de alumnos que me pidieron ayuda. El resto se trata de niños que creen que el videojuego tiene una dificultad correcta y que no han tenido muchas dificultades para

¿Cómo describirías la dificultad media del videojuego?

54 respuestas

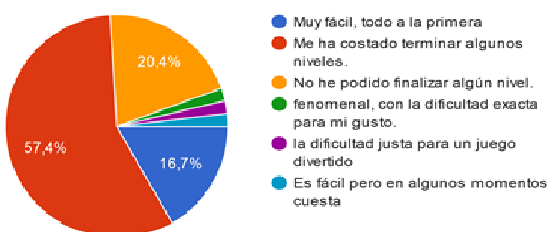


Figura 8. ¿Cómo describirías la dificultad media de KulaWorld?

finalizar los niveles.

¿Qué piensas que da más dificultad al juego?

En esta pregunta, véase Figura 9, una amplia mayoría de los alumnos (más de un 80%) afirma que lo que añade más complejidad a la resolución de los puzzles es el hecho de que la pelota pueda moverse por las diferentes caras de las plataformas. Esta respuesta nos confirma cuál iba a ser el punto fuerte de KulaWorld, tal y como se comentó en apartados anteriores.

Otros alumnos apuntaron a los objetos no visibles por el punto de vista de la cámara, o la propia complejidad del mapa como las mayores dificultades del videojuego.

¿Qué piensas que le da más dificultad al juego?

54 respuestas



Figura 9. ¿Qué piensas que le da dificultad al juego?

¿Te parece que los videojuegos deberían aparecer más en las aulas?

A pesar de que la respuesta esperada era una amplia mayoría de alumnos que aprobasen jugar en las aulas a diferentes videojuegos como base de su aprendizaje, sólo un 58% respondió algo similar a esto, véase Figura 10. Un 36% de los alumnos ve un videojuego como, únicamente, una herramienta para satisfacer su aburrimiento en su tiempo de ocio y desconocen o desprecian su lado educativo. El resto (un 6%) no es partidario de los videojuegos, por lo que añadirlos a las aulas no aportaría esa pizca de diversión que debe añadir a ciertas escenas educativas.

¿Te parece que los videojuegos deberían aparecer más en las aulas?

54 respuestas



Figura 10. ¿Te parece que los videojuegos deberían aparecer más en las aulas?

¿Qué te gustaría quitar del juego?

En esta pregunta, se dejaba al alumno escribir un párrafo explicando qué cree él que se debería quitar del videojuego para hacerlo más divertido, o regular su dificultad a sus habilidades.

Alrededor de la mitad de los niños especificaban que eliminarían las trampas de pinchos, ya que dificultan demasiado finalizar el puzle. Algunos también comentaban el hecho de tener que cambiar la gravedad para completar un nivel.

Se ha observado que los alumnos buscan reducir el nivel de dificultad, aunque se deberían hacer más pruebas en otros entornos para comprobar si es por comodidad o por un verdadero alto nivel de dificultad.

¿Qué te gustaría añadir al juego?

Igual que la anterior, la pregunta era de redactar. Las respuestas fueron muy variadas, aunque las más repetidas fueron las siguientes:

- Añadir nuevos personajes que poder controlar.
- Añadir oponentes para aumentar la dificultad del videojuego.
- Variar las texturas de los mapas para no hacerlo tan repetitivo.

¿Este mapa tiene solución?

En esta pregunta, algo más práctica, se les proporcionaba a los alumnos una foto de un mapa de ejemplo (véase Figura 11) al cual ellos no habían jugado, y debían decidir si tenía o no solución. Una vez todos hubieran acabado el cuestionario, esta pregunta se guardaría para ser puesta en común y utilizarla como objeto para la siguiente y última parte del taller: la construcción física del mapa.

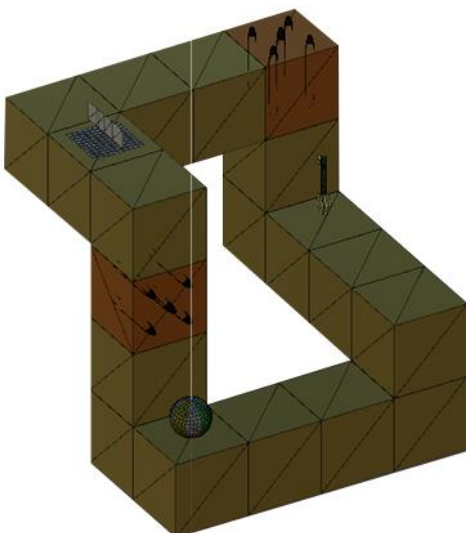


Figura 11. Mapa de prueba para cuestionario.

7.3 Construcción del mapa

Una vez realizado el cuestionario, se proponía formar un mapa (véase Figura 7) con unas piezas de construcción. Esta fase tiene la finalidad de comprobar si los niños forman la imagen mental del nivel cuando juegan o se mueven “al azar” hasta encontrar el camino.

Además, este mapa se preguntó si tenía solución o no en el formulario anterior, siendo por mayoría la respuesta un sí (87%). Véase la figura 12. Una vez hecho el mapa físicamente, y puesto en común, los niños que respondieron que no entendieron el por qué.

¿Crees que el mapa de abajo tiene solución?
54 respuestas

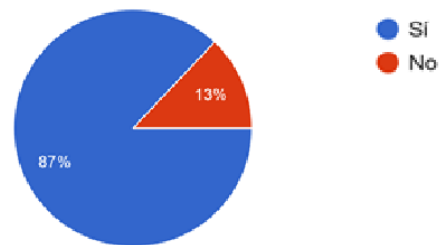


Figura 12. La mayoría de niños creen que el mapa tiene solución.

Al finalizar la construcción física de los mapas, se procedió a realizar fotografías de éstos y a preguntar qué camino debía recorrer la pelota para solucionar el puzle. Un 92% del alumnado encuestado supo decir correctamente qué camino seguir. El 8% restante sabía que el mapa tenía solución, pero no cuál era ésta.

Tal y como se puede observar en las Figuras 13-14, los alumnos no sabían realizar correctamente el mapa, por lo que, bajo mi punto de vista, al no tener la posibilidad de desplazarse el mapa y verlo en tres dimensiones, les cuesta proyectarlo en una estructura tridimensional.

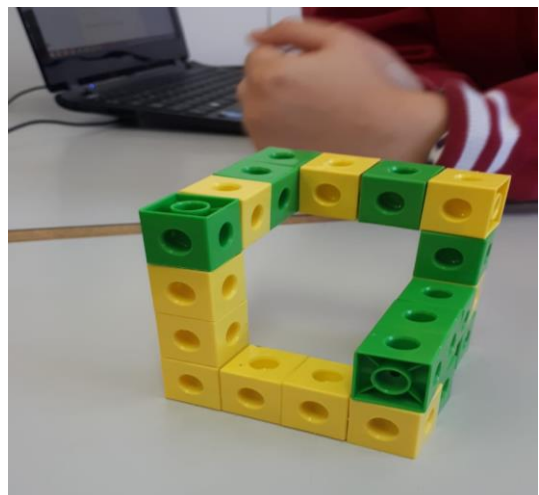


Figura 13. Un ejemplo de mapa.

En la Figura 13, se puede observar que el alumno se ha olvidado de colocar el bloque donde está situada la pelota en un inicio. Por otro lado, el resto de la estructura es correcta.

En la Figura 14, el alumno no parece haber comprendido el concepto de profundidad en la fotografía proporcionada, por lo que ha añadido más bloques de los pertinentes, quedándole un mapa más alargado de lo que debería.



Figura 14. Otro ejemplo de mapa.

Solucionar esto es uno de los objetivos principales de KulaWorld, así que vamos por buen camino detectando este problema de primera mano.

Para más ejemplos, véase Anexo A1. Si se desea más información, contacte al correo electrónico disponible en el pie de la página 2.

8 CONCLUSIÓN

A lo largo del diseño e implementación de la versión 2.0 del videojuego, se han obtenido las siguientes conclusiones.

8.1 Aportaciones

Esta aplicación proporcionará al profesorado de primaria y secundaria una herramienta para mejorar la orientación tridimensional, la concepción del espacio y la habilidad para resolver puzzles a sus alumnos. Todo esto de una manera lúdica, y rompiendo con la común rutina de estudio.

Elementos no tratados

Debido a los diferentes problemas encontrados en la implementación de los movimientos de la pelota (tanto la mejora de la fluidez como el cambio de gravedad), y su prologada resolución, se ha pospuesto el diseño de los modelos 3D de los diferentes objetos, anteponiendo su funcionalidad a éste.

Líneas futuras

Debido al gran entusiasmo que tengo por este mundo

(el de los videojuegos), me gustaría seguir experimentando con este proyecto posteriormente a su presentación, añadiendo las funcionalidades siguientes:

- Implementación de obstáculos móviles, que el jugador deba esquivar para llegar a la meta.
- Diseño de animaciones y efectos visuales para las diferentes funcionalidades ya existentes (saltos, recolección de objetos, ...)
- Introducción de las frutas, existentes en el juego original. Estas, al recogerse una cantidad concreta, desbloquean un mapa de bonus, en el cual el jugador tiene el único objetivo de obtener los máximos puntos posibles en el tiempo proporcionado.

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer a Debora Gil por su tutoría durante estos meses de proyecto; a Aura Hernández, por presentarme la idea y proporcionarme documentación sobre ésta; a Agnès Borrás, por resolver mis dudas en la parte de los movimientos dentro del motor Unity; y a la Escuela Infantil *Les Neus* por permitirme realizar la fase final de pruebas en su centro.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] C. Raventós, "El videojuego como herramienta educativa. Posibilidades y problemáticas acerca de los serious games", Udgvirtual.udg.mx, 2019. <http://www.udgvirtual.udg.mx/apertura/index.php/apertura/article/view/825>. Último acceso: 6 de marzo de 2019
- [2] Razonamiento tridimensional promovido por un videojuego. Lluís Albarracín, Aura Hernández, Núria Gorgorió. Uno. Núm 83. enero 2019. Último acceso: 12 de marzo 2019. https://www.researchgate.net/publication/330968113_Razonamiento_tridimensional_promovido_por_un_videojuego
- [3] Kula World. Wikipedia. Último acceso: 17:23h del 5 de marzo de 2019. https://es.wikipedia.org/wiki/Kula_World.
- [4] "Los 21 mejores videojuegos educativos para el aula", EDUCACIÓN 3.0, 2019. [Online]. <https://www.educaciontrespuntocero.com/recursos/los-mejores-videojuegos-educativos/18160.html>. Último acceso: 12 Junio 2019.
- [5] "Homepage | Minecraft: Education Edition", Minecraft: Education Edition, 2019. [Online]. <https://education.minecraft.net/>. Último acceso: 12 de junio 2019.
- [6] A. Coimbre, O. Spanyol y J. Blow, "The Witness - Explore an abandoned island.", The-witness.net, 2019. <http://the-witness.net/news/>. Último acceso: 12 de junio 2019.
- [7] Metodología Waterfall vs Agile. Deloitte. Último acceso: 19:05h del 6 de marzo de 2019. <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/technology/articles/waterfall-vs-agile.html>.
- [8] U. Technologies, "Unity - Unity", Unity, 2019. [Online]. <https://unity.com/es>. Último acceso: 14:23 del 7 de abril de 2019.
- [9] Autodesk 3ds Max Learning Channel. Último acceso: 00:28 del 8 de marzo de 2019. <https://www.youtube.com/user/3dsMaxHowTos>.
- [10] U. Technologies, "Unity - Scripting API: Rigidbody.MovePosition", Docs.unity3d.com, 2019. Último acceso: 12:30 del 5 de abril de 2019. [Online]. <https://docs.unity3d.com/ScriptReference/Rigidbody.MovePosition.html>
- [11] I. Zamojc, "Unity3D: Third-Person Cameras", Code Envato Tuts+, 2019. Último acceso: 6 de abril de 2019. [Online]

- <https://code.tutsplus.com/tutorials/unity3d-third-person-cameras--mobile-11230>
- [12] "Creating a Custom 3rd-Person Character and Camera System with C# - Simple Character System - 12 - TP_Camera High-Level Overview - 3DBuzz", 3dbuzz.com, 2019. [Online]. <https://www.3dbuzz.com/training/view/3rd-person-character-system/simple-character-system/12-tpcamera-highlevel-overview>. Último acceso: 20 de mayo 2019.
- [13] U. Technologies, "Unity - Scripting API: Transform.RotateAround", *Docs.unity3d.com*, 2019. [Online]. <https://docs.unity3d.com/ScriptReference/Transform.RotateAround.html>. Último acceso: 05 Junio 2019.
- [14] J. Rodríguez-Carretero, "Kula World: Soporte al razonamiento tridimensional", Google Docs, 2019. [Online]. https://docs.google.com/forms/d/1DWl6Uc531-vfQX_BcIzUr9BW8Y7UrfqhC0--p-9L2jM. Último acceso: 14 de junio 2019

APÉNDICE

A1. Ejemplos de construcción del mapa

