



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR DE
INGENIEROS DE
TELECOMUNICACIÓN

APLICACIÓN MULTIPLATAFORMA DE REALIDAD AUMENTADA EN UNITY3D

Damián García Blanco

Tutor: Ximo Cerdà Boluda

Trabajo Fin de Grado presentado en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación de la Universitat Politècnica de València, para la obtención del Título de Graduado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación

Curso 2016-2017

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a la empresa No Spoon Tech Lab por la experiencia y en especial a Néstor Ferrando, por el tiempo dedicado ayudándome en todo momento.

A Ximo Cerdà por presentarme la oportunidad de poder vivir una experiencia laboral en el ámbito que buscaba.

RESUMEN

El siguiente trabajo presenta la descripción del desarrollo y funcionamiento de una aplicación para dispositivos móviles de realidad aumentada con la finalidad de crear juego de mesa donde se utilicen nuevas tecnologías como es la realidad aumentada y así hacer el uso de este tipo de juegos más atractivo para los usuarios.

La misión del proyecto es crear dicha aplicación para suplantar objetos reales por otros virtuales o simplemente crearlos para visualizarlos en el mundo real a través del dispositivo.

Se hará una demo técnica de la aplicación para presentarla a los potenciales inversores y que se puedan hacer una idea clara de las principales características de la aplicación.

El proyecto está dividido en cuatro partes, en la primera se analizan las tecnologías posibles de software a utilizar; otra parte donde se detalla la conectividad entre los diferentes dispositivos de los usuarios, otra donde se relata la creación de la funcionalidad de la realidad aumentada, quedando así la aplicación terminada y una última donde se evalúa el coste de la fabricación de todo el proyecto.

ABSTRACT

The following paper presents a description of development and operation of an application for mobile devices of augmented reality in order to create a board game where using new technologies such as augmented reality and thus make use of this type of games more attractive to users.

The Mission of the project is to create that application to change real objects by other virtual or simply create them to display them in the real world with the device.

It will be a technical demo of the application to present to potential investors and that can be a clear idea of the main features of the application.

The project is divided in four parts, in the first possible software technologies are analyzed to be used; elsewhere detailing the connectivity between the different devices of users, another which tells the creation of augmented reality functionality, thus leaving the completed application and a final where it evaluates the cost of making everything the project.

RESUM

El següent treball presenta la descripció del desenvolupament i funcionament d'una aplicació per a dispositius mòbils de realitat augmentada amb la finalitat de crear joc de taula on s'utilitzin noves tecnologies com és la realitat augmentada i així fer l'ús d'aquest tipus de jocs més atractiu per als usuaris.

La missió del projecte és crear aquesta aplicació per suplantar objectes reals per altres virtuals o simplement crear-los per visualitzar-los al món real a través del dispositiu.

Es farà una demo tècnica de l'aplicació per presentar-la als potencials inversors i que es puguin fer una idea clara de les principals característiques de l'aplicació.

El projecte està dividit en quatre parts, en la primera s'analitzen les tecnologies possibles de programari a utilitzar; una altra part on es detalla la connectivitat entre els diferents dispositius dels usuaris, una altra on es relata la creació de la funcionalitat de la realitat augmentada, quedant així l'aplicació acabada i una última on s'avalua el cost de la fabricació de tot el projecte.

ÍNDICE

ÍNDICE	6
1. Introducción	8
<i>1.1. Motivación</i>	8
<i>1.2. Objetivo</i>	8
2. Estado del arte	10
<i>2.1. Realidad aumentada</i>	<i>10</i>
2.1.1. Historia AR	10
2.1.2. Funcionamiento de AR	11
<i>2.2. Códigos QR</i>	<i>17</i>
<i>2.3. Bluetooth</i>	<i>19</i>
3. Motores de desarrollo	21
<i>3.1. Cocos2D</i>	<i>22</i>
<i>3.2. Corona SDK</i>	<i>22</i>
<i>3.3. Unity</i>	<i>23</i>
<i>3.4. Conclusión</i>	<i>24</i>
4. Elección de herramientas	25
<i>4.1. Asset bluetooth</i>	<i>25</i>
4.1.1. UbluetoothLE	25
4.1.2. Android Bluetooth Multiplayer	25
4.1.3. Prime 31 multipeer	25
4.1.4. NativeBT	25
4.1.5. Conclusión asset bluetooth	26
<i>4.2. Asset AR</i>	<i>27</i>
4.2.1. Vuforia	27
4.2.2. Wikitude	27
4.2.3. ARToolkit	28
4.2.4. Open CV	28
4.2.5. ARcore	28
4.2.6. Conclusión asset AR	29
<i>4.3. Asset QR</i>	<i>30</i>
4.3.1. QR code Barcode scanner and Generator	30
4.3.2. CodeScanner- multiplatform QR	30
4.3.3. Simple QR code-Scan & generate	30
4.3.4. Conclusión asset QR	31
5. Implementación	32
<i>5.1. Primera fase: Conectividad</i>	<i>32</i>
<i>5.2. Implementación segunda fase: AR</i>	<i>35</i>

5.3. <i>Gestión del proyecto</i>	39
6. Análisis de costes	42
6.1. <i>Costes directos</i>	42
6.1.1. Nóminas	42
6.1.2. Equipamiento	42
6.2. <i>Costes indirectos</i>	42
6.2.1. Instalaciones	42
6.2.2. Telecomunicaciones	43
6.3. <i>Costes totales</i>	43
7. Conclusiones y líneas futuras	44
7.1. <i>Conclusiones</i>	44
7.2. <i>Líneas futuras</i>	44
8. Bibliografía	46

1. Introducción

1.1. Motivación

NoSpoon Tech Lab es una empresa dedicada al desarrollo de software que realiza simultáneamente varios proyectos con diferentes tecnologías novedosas durante el año. Uno de estos proyectos en el que se está trabajando es un juego de mesa con realidad aumentada.

Para la búsqueda de capital y poder llevar a cabo el proyecto en su totalidad, se desarrollará una demo inicial mostrando las funciones básicas y propiedades que puede llegar a tener el juego final, aplicando la estrategia del producto mínimo viable. Con esa demo se pretende que los potenciales inversores puedan ver de lo que sería capaz de hacer la aplicación final y tener una mejor visión del producto.

Por todo el mundo es sabido que los juegos de mesa siempre han estado de moda pero con los avances tecnológicos, la gente cada vez utiliza menos entretenimientos de este tipo, por lo que la creación de un juego de mesa con tecnologías novedosas como es la realidad aumentada a través de *smartphones*, aumentaría su demanda, la cual cada vez está perdiendo más público de mediana edad, quedándose estancados en público más específico como los jugadores de juegos de rol o para un público infantil.

Actualmente todo el mundo tiene un dispositivo móvil a partir de edades cada vez más tempranas, por lo que no sería ningún problema el requerimiento de su uso para poder jugar.

La motivación personal para la elección de este proyecto ha sido principalmente, el interés por trabajar con tecnologías innovadoras y motores de desarrollo de alto nivel como *unity*.

El juego utilizará marcadores, para obtener la localización exacta donde implantar los objetos virtuales.

1.2. Objetivo

El objetivo principal del trabajo será la creación de una demo técnica del juego donde se vea claramente su correcto funcionamiento y sus principales características.

El prototipo será un juego para dos jugadores los cuales se conectarán entre ellos para comenzar la partida. Una vez la partida esté empezada ambos jugadores tendrán que tener colocadas unas cintas con marcadores en la frente, y apuntándose mutuamente con sus respectivos móviles, aparecerá en ellos la cabeza zombi de su contrincante, en lugar de su cara real, con su nivel de vida (indicada por un número finito de corazones) y el nombre del usuario.

Cada jugador podrá disparar al otro hasta acabar con sus vidas. Cada vez que un jugador dispare al otro la pantalla se pondrá en rojo y perderá un nivel de vida, desapareciendo un corazón de su pantalla.

El desarrollo de la aplicación se realizará en dos partes claramente diferenciadas. En la primera parte, el objetivo será la conectividad entre los dos dispositivos y en la segunda la captación de marcadores físicos y suplirlos por objetos virtuales.

Para la primera parte del prototipo, la conexión entre ambos jugadores, será necesario que la tecnología utilizada para la conexión sea multiplataforma para no discriminar a ningún usuario por tener diferente sistema operativo. Otro objetivo principal de la conexión es que los usuarios no tengan nada que configurar para poder jugar, por lo que la conexión debe ser automática. El juego deberá poder conectar tanto móviles con sistema operativo *android* con otros *android*, dispositivos IOS con otros IOS y *android* con IOS. La principal idea es utilizar *bluetooth* para que el juego pueda ser portable y pueda ser utilizado en lugares sin conexión a internet, para tampoco limitar el juego a lugares con red de internet.

La segunda parte, será el desarrollo de una aplicación de realidad aumentada para introducir en el juego. Es decir, una vez se encuentren los usuarios conectados, a través de la cámara del móvil, en lugar de aparecer la cara del jugador deberá aparecer la cara de un zombi, además de otros objetos creados virtualmente como el índice de vida.

Antes de comenzar con el desarrollo de la aplicación, se realizará una etapa de análisis sobre la tecnología *bluetooth* para la conectividad entre dispositivos, la realidad aumentada y los principales motores de desarrollo para implementar nuestra aplicación.

2. Estado del arte

2.1. Realidad aumentada

2.1.1. Historia AR

Realidad aumentada (AR) es el término que se utiliza para definir técnicas que, de forma directa o indirecta, combinan elementos del entorno físico (mundo real) con elementos virtuales para la creación de una realidad mixta en tiempo real.

La realidad aumentada y la realidad virtual han ido avanzando prácticamente de la mano.

En 1968 Ivan Sutherland construyó lo que sería considerado el primer visor de montaje en la cabeza o Head Mounted Display (HMD) para realidad virtual y aumentada. Este visor era tan pesado que tenía que ser suspendido en el techo y el usuario se colocaba en el sitio preciso, ya que el visor estaba fijo. El sistema era bastante primitivo en cuanto a interfaz de usuario y realismo.

A finales de los 80 se popularizó el término de realidad virtual por Jaron Lanier, cuya compañía creó los primeros guantes y anteojos de realidad virtual, los cuales estaban dotados de un sistema de localización electromagnético para que el ordenador pudiera seguir la orientación y posición de la mano del usuario.

El término de realidad aumentada fue introducido por el investigador Tom Caudell en 1992. Caudell tuvo la idea de crear anteojos especiales y tableros virtuales sobre los reales para buscar una alternativa a los tableros de configuración de cables.

Ya en el siglo XXI la realidad aumentada ha entrado en un periodo de auge. Entre los años del 2006 y 2008, gracias al mundo de los videojuegos y la mejora de las capacidades computacionales de los ordenadores y tarjetas gráficas resultó posible confeccionar experiencias de realidad aumentada de gran calidad en ordenadores personales.

Más tarde con la revolución social y tecnológica provocada por los smartphones provocó un aumento en el desarrollo de la realidad aumentada, permitiendo a los usuarios disfrutar de la realidad aumentada de forma inmediata. Gran parte de este efecto lo tiene la aplicación Pokemon Go, que fue una de las primeras aplicaciones de realidad aumentada basada en la geolocalización para smartphones.

En la actualidad, las empresas tecnológicas más importantes están invirtiendo en este tipo de tecnología, donde ven el futuro de la tecnología y la sociedad. Ha desbancado ya a la realidad virtual, ya que está más limitada en el desarrollo de aplicaciones y no interactúa con el entorno, lo que puede llevar a las personas a un estado de aislamiento.

Con la realidad aumentada podemos agregar cualquier elemento virtual a una realidad existente, en la cual podemos ver, crear y hacer lo que queramos.

Otra rama por la que está avanzando este tipo de tecnología es el uso de gafas de realidad aumentada, donde genera imágenes virtuales directamente en el ojo. Ya hay varios modelos de

este tipo de tecnologías como las *google glass* o *Hololens*. Todo parece indicar que la apuesta tecnológica irá en esta vía. [1]

2.1.2. Funcionamiento de AR

La realidad aumentada incluye al conjunto de dispositivos que añaden información virtual a la información física ya existente, es decir, añaden una parte sintética virtual a lo real. Esta es la principal diferencia con la realidad virtual, puesto que no sustituye la realidad física, sino que incluye elementos virtuales en el mundo real.

Se puede hablar de realidad aumentada cuando se cumplen los siguientes requisitos:

1. Se combinan elementos reales y virtuales.
2. Es interactiva y responde en tiempo real.
3. Toda la información se gestiona en 3D.

Gracias a esta tecnología se puede añadir información visual a la realidad, y crear todo tipo de experiencias interactivas como catálogos de productos en 3D, probadores de ropa virtual, videojuegos...

Es una tecnología que actualmente depende de una conexión a internet para que sea posible. La realidad aumentada existe en formato 2D, 3D y geolocalización, pero los objetos tridimensionales digitales en este caso no son creados físicamente con luz, sino que su imagen es visualizada en el mundo físico a través de unos dispositivos descodificadores.

También existen diferentes niveles de realidad aumentada:

- **Nivel 0:** es el más básico. Consiste en añadir hiperenlaces en el mundo físico. Los activadores en este nivel son código QR que enlazan con sitios web donde está alojada la información virtual, que puede ser un video, un documento, una página web...



Figura 1. Ejemplo código QR

- **Nivel 1:** realidad aumentada basada en marcadores. En este nivel los activadores son marcadores (imágenes en blanco y negro, cuadrangulares y con dibujos esquemáticos) que cuando escaneamos aparecen sobre ellas imágenes u objetos 3D sobre ellas.

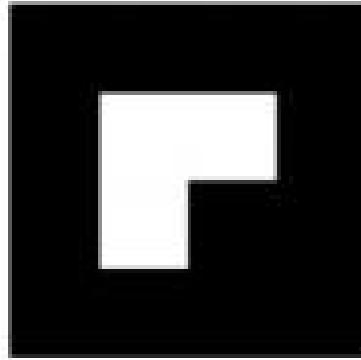


Figura 2. Ejemplo de marcador de realidad aumentada

- **Nivel 2:** realidad aumentada sin marcadores. Los activadores en este caso pueden ser imágenes, objetos, personas o localizaciones GPS. Mediante el uso del GPS se determina la localización y orientación del usuario y superponer “puntos de interés” sobre las imágenes del mundo real.



Figura 3. Ejemplo realidad aumentada sin marcadores

- **Nivel 3:** Visión aumentada. En este nivel utiliza dispositivos especiales como las Google glass, lentes de contacto de alta tecnología u otras tecnologías parecidas que proyectan las escenas de realidad aumentada en nuestros ojos.



Figura 4. Ejemplo visión aumentada

Los pilares fundamentales de la realidad aumentada y las principales características que hacen de este tipo de tecnología una tecnología útil y con un futuro prometedor en muchos campos de la vida cotidiana y del entretenimiento son:

- Reconocimiento de objetos.
- Seguimiento de objetos.
- Representación de contenidos.

Para la representación de elementos virtuales en una escena del mundo real, es necesario que el dispositivo a emplear reconozca el entorno que rodea al usuario y los elementos que lo componen para saber en qué ángulo de rotación y posición se debe colocar el objeto virtual. Por ejemplo, una aplicación que permita crear contenido virtual sobre el tablero de una mesa debe reconocer primero el perfil de la mesa para saber donde debe crear el contenido multimedia.

En el caso de que la colocación de un elemento virtual sea por la detección de un marcador, el dispositivo crea el objeto entorno a este. Al ser el marcador de 2 dimensiones, si en la imagen se requiere un ángulo de inclinación determinado, se necesitaran más de uno, para que el dispositivo reconozca la posición de un marcador respecto a otro.

El seguimiento de objetos es el proceso de localizar un objeto que se está moviendo en el espacio y en el tiempo. Esta etapa está muy relacionada con el reconocimiento de objetos, ya que al posicionar un objeto en cualquier instante, éste debe ser reconocido con anterioridad. A

parte del reconocimiento de imágenes para el seguimiento de objetos, una parte muy importante es la conversión de las coordenadas de la imagen a coordenadas globales pertenecientes al entorno real que ve el usuario. Esta relación entre coordenadas puede ser facilitada por marcadores cuya orientación y posición es conocida. Para esta conversión se pueden utilizar varios algoritmos:

- **Blob tracking:** Mediante este algoritmo se reconocen objetos usando la técnica de la detección de puntos o regiones más claras o más oscuras de una imagen. Hay dos clases de detectores de blob, métodos diferenciales, que se basan en derivadas de la función con respecto a la posición y métodos basados en los extremos locales, que se basan en encontrar los máximos y mínimos locales de la función.

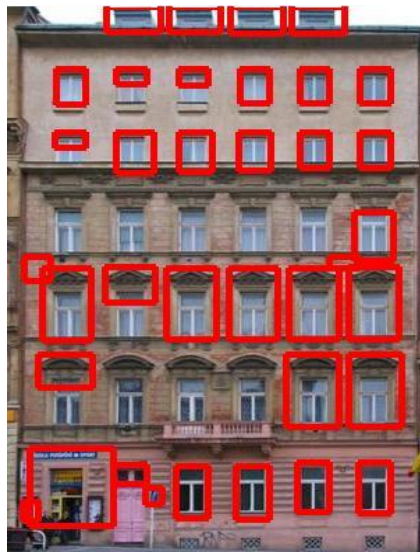


Figura 5. Detección de imágenes mediante blob tracking

- **Kernel-base:** Este algoritmo crea una función de densidad de probabilidad en la imagen que capta, asignando a cada pixel de la nueva imagen una cierta probabilidad. Probabilidad de que el color del pixel de la nueva imagen exista en la imagen del objeto de referencia. Entonces busca el pico de probabilidad cerca de la posición inicial del objeto.
- **Contour tracing:** Este algoritmo realiza una matriz con la imagen captada y estudia las pixeles de ésta para la detección del contorno o límites del objeto.



Figura 6. Detección de imagen mediante contour tracing

Cuando los objetos de una escena son identificados y examinados, es preciso introducir los elementos virtuales creados mediante software de representación gráfica. Sin embargo no es suficiente con generar los gráficos sino que se deben intentar adaptar a las condiciones del entorno, a fin de que la experiencia de Realidad Aumentada sea realista.

En muchas de las aplicaciones de seguimiento de objetos se utiliza la cámara que captura la escena, aunque también se puede realizar el seguimiento mediante sensores integrados en el dispositivo físico donde se utilice la aplicación.

Los sensores integrados en los dispositivos móviles actuales utilizados para el seguimiento de objetos más comunes son:

- **GPS (Global Positional System):** nos da la latitud y longitud en el sistema de coordenadas globales que pueden usarse para consultar un sistema de información geográfica (SIG). El GPS brinda los 3 grados de libertad de la traslación. Para mejorar la exactitud computa y transmite el error inducido, el cual es utilizado por el receptor GPS para corregir su posición. Para obtener los 6 grados de libertad se necesita combinarlo con otro dispositivo que brinde los 3 grados de la libertad de la rotación, como una brújula.
- **Brújula digital:** al igual que una brújula convencional brinda la orientación en un sistema global (3 grados de libertad). Las brújulas que se encuentran en los teléfonos móviles son denominadas brújulas de estado sólido, generalmente construidas mediante 21 sensores de campo magnético que envían señales a un microprocesador. Generalmente se combina con el GPS para obtener los 6 grados de libertad del movimiento del dispositivo. La ventaja con respecto al uso de sensores inerciales es que brindan un resultado con error constante, el cual puede pre calibrarse durante la instalación del sistema.
- **Sensores inerciales:** los acelerómetros y giroscopios permiten conocer aceleración y velocidad de rotación, a partir de las cuales puede conocerse los 6 grados de libertad de la posición. Las ventajas de este tipo de dispositivos radican en su rapidez y su buena respuesta a cambios bruscos. Sin embargo, su principal desventaja suele ser la acumulación de errores debido al ruido, y por esto cada cierto tiempo deben recalibrarse. Algunos modelos de teléfonos móviles de última generación poseen integrados acelerómetros y giroscopios con tecnología MEMS (MicroElectroMechanical Systems).

Para entrar un poco más en detalle en los sensores inerciales que puede llevar incorporado un dispositivo móvil se explicará de manera algo más detallada el funcionamiento de algunos de los más comunes.

El acelerómetro es una pequeña pieza de hardware que se encuentra ya en casi todos los teléfonos inteligentes y puede ser de dos clases: acelerómetro de dos dimensiones y de tres dimensiones. La diferencia entre éstos no solo radica en su estructura, sino en sus capacidades. El más robusto de ambos es el acelerómetro de 3 dimensiones y es el más ampliamente utilizado. Así, este sensor puede saber la posición del dispositivo fácilmente para, por ejemplo, cambiar la pantalla de posición horizontal a posición vertical dependiendo de cómo se coloque.

Otro sensor cada vez más común en los smartphones es el giroscopio. Este sensor se encarga de medir el giro de un dispositivo en dirección diagonal gracias a la aceleración angular, algo de lo que no es capaz por sí solo el acelerómetro. Juntos, el acelerómetro y el giroscopio pueden detectar los cambios en la posición del dispositivo en 6 ejes.

El sensor magnético conocido también como brújula funciona ubicando al equipo con respecto a los polos de la tierra. Además de indicar el norte, puede servir como detector de metales, sin embargo su implementación en los smartphones es un poco limitada. La aplicación de este sensor incrementa el coste del equipo, por lo que no todos los dispositivos lo llevan incorporado.

2.2. Códigos QR

Los códigos QR son un código de barras bidimensional que se componen de numerosos cuadraditos pequeños blancos y negros, con un tamaño mínimo de 21x21 y de 177x177 como máximo, donde está contenida la información.

Fueron creados en 1994 por Denso Wave, subsidiaria de Toyota, y su nombre viene del inglés *quick response*, ya que el objetivo de sus creadores era inventar un código que se leyese de manera rápida.

Con el fin de garantizar que puedan funcionar en cualquier móvil, estos códigos están sujetos a unas normas para su distribución mundial. Los códigos QR también poseen la capacidad de corregir errores en el escaneo. Mediante la agregación y eliminación de píxeles se pueden recuperar datos a causa de la falta de nitidez. En el momento que el lector detecta los cuadrados de posición y el de alineamiento, la extracción de la información es casi inmediata.

Los códigos QR se dividen en cinco partes para su correcta lectura: símbolos de posición, símbolos de alineamiento, líneas de dimensión, información variable y el cuerpo.

Mediante los símbolos de posición, el lector se ubica para determinar en la posición en el que está para poder seguir con el escaneo de datos.

Una vez posiciona el código, pasa a detectar las líneas de dimensión. Así puede saber el tamaño de los símbolos internos del cuerpo, que está dividido en bytes y en secciones de ocho cuadrados que simbolizan 1 y 0.

Ahora hay que saber datos como el indexado de la matriz de cuadrados, el nivel de corrección de errores elegido y la versión del código QR que se está leyendo.

Una vez que se saben estos datos, se puede proceder a la extracción de la información almacenada en el código QR habiendo superado su máscara de protección. Esta máscara se saca a partir de la información de formato y los bits contenidos entre el 10 y el 14. [7]

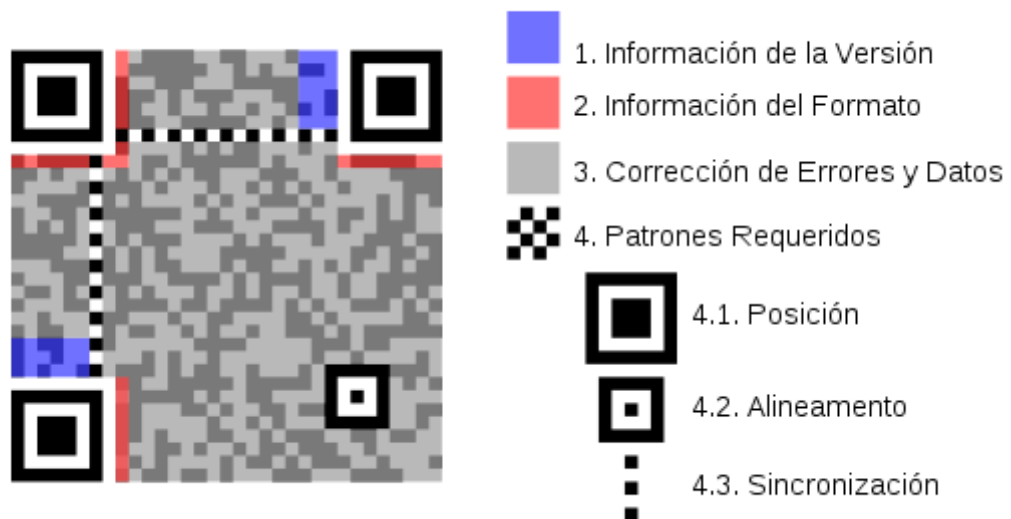


Figura 7. Información que tiene un código QR



Figura 8. Matriz del código QR

2.3. Bluetooth



La utilidad Bluetooth fue desarrollada en 1994 por Jaap Haartsen y Mattisson Sven, como reemplazo a las tecnologías que funcionan por cable. La utilidad se basa en la tecnología de saltos de frecuencia de amplio espectro.

Las prestaciones fueron publicadas por el Bluetooth Special Interest Group (SIG). El SIG las anunció formalmente el 20 de mayo de 1998. Hoy cuenta con una membrecía de más de 20.000 empresas en todo el mundo. Fue creado por Ericsson, IBM, Intel, Toshiba y Nokia, y posteriormente se sumaron muchas otras compañías. Todas las versiones de los estándares de Bluetooth están diseñadas para la retro compatibilidad, que permite que el último estándar cubra todas las versiones anteriores.

Las primeras versiones tuvieron muchos problemas, y los fabricantes tenían dificultades para hacer sus productos interoperables. Las versiones 1.0 y 1.0k incluían mediante hardware, de forma obligatoria, la dirección del dispositivo Bluetooth (BD_ADDR) en la transmisión, Por lo que el anonimato se hacía imposible a nivel de protocolo, lo que fue un gran revés para algunos servicios previstos.

Bluetooth es una especificación industrial para Redes Inalámbricas de Área Personal (WPAN) que posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace por radiofrecuencia en la banda ISM de los 2,4 GHz. Los principales objetivos que se pretenden conseguir con esta norma son:

- Facilitar las comunicaciones entre equipos móviles.
- Eliminar los cables y conectores entre éstos.
- Ofrecer la posibilidad de crear pequeñas redes inalámbricas y facilitar la sincronización de datos entre equipos personales.

El estándar Bluetooth está continuamente evolucionando hacia las versiones de nueva generación. La versión 3.0, obtenía un rendimiento de hasta 24Mbps, y la versión 4.2, incluía ya la funcionalidad Bluetooth Low Energy, que reduce significativamente el consumo de energía, obtiene hasta 32Mbps y un alcance de 10 metros. Esta funcionalidad de baja energía fue creada para las aplicaciones de internet de las cosas, ya que al reducir el consumo los dispositivos pueden estar conectados largos periodos de tiempos con una pequeña batería. La versión 3.0 previene de desconexiones breves y elimina el problema de la pérdida de enlace con los headsets. También soporta “conexión de datos unicast”, que simplifica el proceso de negociación entre dispositivos, reduciendo así el tiempo necesario para establecer una conexión y comenzar a usar el dispositivo. La última versión de bluetooth (bluetooth 5), multiplica por cuatro el alcance de la conexión y dobla la velocidad respecto a la versión 4.2, llegando a tener

un alcance de 40 metros y una velocidad que supera los 50Mbps. También aumenta el número de dispositivos conectados entre sí. Esta versión utiliza también el mismo perfil energético que la versión anterior donde ya se había reducido su consumo.

Por estas características que proporciona el bluetooth se planteó que los usuarios del juego se conectasen entre sí mediante dicha tecnología, ya que esto les permitiría jugar en cualquier lugar que se encuentren aunque no exista conexión a internet o cobertura. Tanto las características de alcance y velocidad cumplen los objetivos marcados.

Para realizar la investigación de la posible comunicación bluetooth entre los dispositivos se estudiaron los diferentes assets que pudieran servir para tener la base de la conectividad y empezar a trabajar sobre eso. [5]

3. Motores de desarrollo

Es indiscutible que la escena de videojuegos indie ha crecido de forma exponencial durante los últimos años. Cada vez son más las personas que se animan a crear su propio videojuego usando las infinitas herramientas y ayudas que se pueden encontrar en internet o creándolas ellos mismos.

Esto es debido principalmente por la facilidad que existe en estos momentos para encontrar todo el material necesario para empezar en el mundo del diseño y la programación de videojuegos. Desde programas que te ahorran el tedioso trabajo de crear el código hasta a motores gráficos de grandes compañías que se pueden encontrar de forma gratuita y sin ningún tipo de limitación a la hora de dejar volar nuestra imaginación.

Una de las maneras más rápidas de crear un videojuego es utilizando motores de desarrollo ya creados, en los que se incluyen muchas funcionalidades útiles que facilitan las tareas de diseño y programación.

Los motores de desarrollo son una serie de rutinas de programación que permiten el diseño, la creación y la representación de un videojuego o de una aplicación, ya que existen motores para desarrollar videojuegos en cualquier sistema operativo, no únicamente para consolas.

La funcionalidad básica de los motores de desarrollo es proveer al videojuego de un motor de renderizado para los gráficos, tanto si es 2D, como si es 3D y de características útiles como detector de colisiones, sonidos, animación, scripting o inteligencia artificial. Estas últimas funcionalidades, los lenguajes de programación admitidos son las principales diferencias entre los diferentes motores de desarrollo existentes.

Con todas las ventajas que ofrecen los motores de desarrollo, es fácil comprender porque la mayoría de las grandes empresas no crea sus propios motores. Para entender esto mejor definiremos el concepto de “time to market”.

El time to market es la longitud de tiempo que transcurre desde que un producto es concebido hasta que sea disponible para la venta. La principal ventaja que proporciona este concepto es saber cuando un producto está preparado para ser sacado al mercado, cuanto mayor es el time to market, más tardará un producto en salir al mercado, por lo que la probabilidad de que la competencia se adelante al lanzamiento del producto aumenta. Por este motivo, en lugar de crear un motor nuevo y propio para la empresa, lo más útil es utilizar un motor ya creado y contrastado con las características que las aplicaciones requieran. Al no dedicar tiempo al desarrollo de un motor propio, el time to market será mínimo, puesto que únicamente el tiempo será el del desarrollo del videojuego en sí.

Otro motivo para no crear un motor propio, es el coste de la creación del mismo, ya que uno de los mayores costes que tiene una empresa de desarrollo de software son los salarios de los trabajadores, (que varía en función del tiempo dedicado a cada producto) y el tiempo de dedicación de los trabajadores supera con creces el precio que se puede pagar por los motores más caros del momento.

Por último, hay que mencionar otro de los puntos fuertes de utilizar un motor con popularidad, y es la gran comunidad que tiene detrás de él, donde los diferentes usuarios, aparte de resolver dudas que se puedan plantear acerca del software, crean multitud de pluggins que permiten a los desarrolladores utilizar assets de terceros con un coste menor que si los tuvieran que desarrollar por ellos mismos.

A continuación analizaremos algunos de los motores de desarrollo más populares del momento.

3.1. Cocos2D



Cocos2d es un framework, basado en (pyglet), escrito en python para crear juegos en 2d, y presentaciones gráficas. Actualmente existen Cocos2d para varias plataformas o lenguajes de desarrollo:

- Cocos2d: para soporte de Python
- Cocos2d-X : para soporte de C++
- Cocos2d-Js: Para soporte de Javascript
- Cocos2d-XNA: para soporte de XNA en C#
- Cocos2D-Swift: para soporte de Objective-C

Cocos2d-x es un motor de juegos de código abierto bajo licencia MIT. Se puede utilizar para crear juegos, aplicaciones y otros programas interactivos multiplataformas basados en GUI. Este motor permite a los desarrolladores utilizar diferentes lenguajes como C++, Lua y Javascript para la implementación de aplicaciones multiplataforma en iOS, Android, Windows Phone, Mac OS X, Windows Desktop y Linux.

Hoy en día, muchos de los juegos de Cocos2d-x dominan los Top Gráficos de la AppStore y Google Play, especialmente en China, Corea del Sur y Japón.

Una de las principales desventajas de este motor es que tiene una curva de aprendizaje larga y pronunciada respecto a los motores de desarrollo que se presentarán más adelante. [2]

3.2. Corona SDK



Corona es un marco libre y multiplataforma ideal para crear juegos y aplicaciones de dos dimensiones para dispositivos móviles. Se basa en el lenguaje de secuencias de comandos Lua. Una de las características más destacadas es que se pueden monitorear proyectos instantáneamente en varios dispositivos. También tiene una interesante propiedad relacionada con su simulador interactivo, el cual, responderá a tus cambios de código al instante, proporcionando una vista previa en tiempo real de cómo se verá tu aplicación y cómo se comportará en dispositivos reales.

Corona, es un motor multiplataforma, pudiendo publicar en las diferentes plataformas principales desde una sola base de código, incluyendo iPhone y iPad de Apple, teléfonos y tabletas Android, Amazon Fire, Mac Desktop, Windows Desktop e incluso televisores conectados como Apple TV, Fire TV y Android TV.

Corona, tenía una versión gratuita (Corona SDK) y otra versión de pago (Corona Enterprise), la cual te permitía usar las mejores características de su motor, como la de usar librerías nativas en

las aplicaciones. Pero a partir de marzo de 2017, Corona Labs fue adquirida por Appodeal, y tomó la decisión de permitir la descarga de este motor completamente gratis. [3]

3.3. Unity



Unity3D es uno de los motores para videojuegos más populares de la actualidad. Para la programación de scripts permite utilizar Javascript3, Boo y C#, y dispone de un editor que agiliza el desarrollo del videojuego.

Unity cuenta con un completo conjunto de herramientas que permiten flujos de trabajo ágiles para crear contenido interactivo tanto en 3D como en 2D. Además cuenta con ventajas como la publicación de aplicaciones multiplataforma, multitud de assets¹ disponibles en la Asset Store, que permiten un gran ahorro de tiempo y dinero, y una amplia comunidad de desarrolladores.

Unity3D cuenta con un editor propio en el que se pueden crear y gestionar escenas complejas de manera rápida y cómoda. Otra importante característica es que Unity no solo permite la creación de videojuegos en 3D, sino que también está pensando para poder realizar desarrollos 2D sin ningún tipo de problema.

El número de formatos que Unity3D acepta a la hora de importar recursos es muy extenso, aparte de que integra ciertos aspectos para facilitar aún más si cabe este proceso. En el apartado de plataformas compatibles, Unity es probablemente el motor que cuenta con un mayor número de plataformas compatibles, brinda soporte actualmente a las plataformas: PS3, PS4, Xbox360, WiiU, iOS, Android, Blackberry, Windows Phone 8, Windows 8, Linux, Mac y navegadores web. El proceso de exportación es bastante simple, basta con seleccionar la plataforma deseada y darle a build and run. Además podemos utilizar la vista de juego integrada para visualizar rápidamente los cambios que vamos realizando durante el desarrollo sin necesidad de exportar la aplicación a ningún otro dispositivo.

Si a todo lo mencionado anteriormente sumamos la cantidad de plugins que se pueden encontrar en la tienda que integra Unity, tenemos una de las herramientas más potentes y versátiles para el desarrollo de videojuegos de todo tipo. Además con una curva de aprendizaje bastante suave y con multitud de documentación y de soporte por parte de la comunidad de desarrolladores.

Por último mencionar que Unity cuenta con tres versiones de descarga. Una versión gratuita, que está algo limitada a la publicación de aplicaciones, otra versión plus para pequeños desarrolladores con muchas funcionalidades, con límites basados en el número de usuarios a los que van dirigidas las aplicaciones. Esta versión tiene un precio de 35\$/mes. Por último, Unity consta de una versión profesional sin limitaciones, con un precio de 125\$/mes. [4]

¹ Un asset es una representación de cualquier item que puede ser importado y utilizado en un proyecto. Un asset puede ser un tanto un archivo creado fuera de Unity, como un modelo 3D, un archivo de audio o una imagen, como desde el propio motor.

Motor de desarrollo	Plataformas compatibles	Lenguajes permitidos	Desarrollo en 3D	Tienda de pluggins propia	Coste
Cocos2D	Solo para plataformas móviles y pc	C++, javascript y LUA	NO	NO	Gratis
Corona SDK	Plataformas móviles, pc y smart tv's	LUA	NO	SI	Gratis
Unity 3D	Todas plataformas	C#, javascript y boo	SI	SI	30€/mes

Tabla 1. Comparación motores de desarrollo

3.4. Conclusión

Con lo desarrollado anteriormente de cada uno de los motores que se estudiaron, se decidió trabajar con Unity3D.

No se tuvieron dudas al respecto, porque aun que era el único motor de los tres analizadas que hay que pagar por su uso, todas las demás ventajas eran incomparables. Es el único motor para crear juegos en 3D, cosa imprescindible para el desarrollo de nuestro juego, uno de los lenguajes que permite (C#) es muy potente y con más facilidades en comparación con el resto. Para finalizar la extensa comunidad y tienda de asset fueron otras características que hicieron decantar la elección a su favor.

4. Elección de herramientas

4.1. Asset bluetooth

4.1.1. UbluetoothLE

UbluetoothLe es un asset de comunicación BLE (bluetooth de baja energía) creada por un único desarrollador independiente. Esta herramienta permite comunicar un dispositivo IOS o android a un controlador para que éste reciba sus mensajes. No admite la comunicación entre dos dispositivos, ya que solo sirve para establecer una comunicación simple por puerto serie. Esto es un punto muy negativo ya que en el prototipo se deben comunicar todos los usuarios entre sí. Este asset tiene un coste de 75\$. [6]

4.1.2. Android Bluetooth Multiplayer

Este plugin ofrece una comunicación bluetooth entre dispositivos. Las características de esta herramienta te permiten conectar varios dispositivos entre sí. El inconveniente de este plugin es que solo es válido para una única plataforma, android. El coste de este asset es de 90\$. [6]

4.1.3. Prime 31 multipeer

Este asset ofrece la conectividad bluetooth low energy entre varios dispositivos tanto móviles como tablets. Tiene la capacidad para conectar 16 dispositivos al mismo tiempo entre ellos, pero solo con sistema operativo IOS, por lo que no cumple nuestro principal objetivo, que sea multiplataforma.

Está creada por Prime31 una compañía que se dedica al desarrollo de aplicaciones móviles tanto para IOS como para android y tiene un coste de 65\$. [6]

4.1.4. NativeBT

NativeBT es un plugin para la conectividad bluetooth que soporta el sistema operativo android actualmente y el desarrollador especifica que está trabajando para que el asset se a multiplataforma. El plugin ofrece por el momento, una conexión android to android y un programa desarrollada con eventos como enviar y recibir mensajes, descubrimiento de dispositivos o aviso de conexión fallida.

NativeBT está creada por un desarrollador independiente con un coste de 10\$. Se contactó con él para conseguir información sobre la actualización del asset para que fuera multiplataforma y se pudiera utilizar también con dispositivos IOS. Por el momento está teniendo problemas para su implementación y no se actualizará en un corto plazo. Por lo que tampoco resulta satisfactorio para el proyecto. [6]

4.1.5. Conclusión asset bluetooth

Una vez realizado el estudio de los assets de conectividad bluetooth más destacados se llegó a la conclusión de que no se podía utilizar esta tecnología para conectar los diferentes usuarios por el momento.

La razón más importante es que ningún asset es multiplataforma por lo que no se podrían conectar personas que tuvieran dispositivos con distintos sistemas operativos, cosa inviable en la creación del juego, ya que se perdería un amplio sector de usuarios al elegir únicamente uno de los sistemas operativos. Otro punto negativo de estos plugins es que están creados por desarrolladores pequeños y no da mucha confianza el soporte técnico que puedan tener. También se vio que el desarrollo de assets multiplataforma que realizasen la conectividad bluetooth estaba muy parado y era complicado su desarrollo, por lo que no se esperaba ningún plugin que sirviera para el juego a corto plazo.

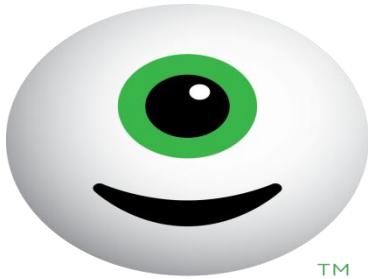
Se barajó hacer desde cero una librería que realizase la función de conectar los dispositivos mediante bluetooth pero era inviable en términos de coste para la realización del juego, por lo que se tuvo que buscar otro tipo de tecnología para realizar la conectividad.

Asset	Multiplataforma	Desarrollador independiente	Coste
UbluetoothLE	NO (Solo Android)	SI	75\$
Android Bluetooth Multiplayer	NO (Solo Android)	SI	90\$
Prime31 multiplayer	NO (solo IOS)	NO	65\$
NativeBT	NO (Solo Android)	SI	10\$

Tabla 2. Comparación asset de tecnología bluetooth

4.2. Asset AR

4.2.1. Vuforia



Qualcomm®
vuforia

Vuforia es un kit de desarrollo de software que permite la creación de aplicaciones de realidad aumentada para dispositivos móviles. Utiliza la tecnología “computer visión” para reconocer imágenes y objetos 3D en tiempo real. Esto permite posicionar objetos virtuales en relación con las imágenes del mundo real cuando estos se ven a través de la cámara de un dispositivo.

Vuforia es un kit multiplataforma, es decir admite tanto android como IOS, tiene la capacidad de un reconocimiento de marcadores avanzados, posicionamiento de objetos 3D simples, GPS y buscador visual.

Este plugin es bastante completo y con un gran número de usuarios por lo que en un principio trabajamos con él en la versión gratuita de desarrollo. Al hacer un prototipo inicial para el reconocimiento de marcadores apareció un problema, ya que a media distancia no reconocía bien los marcadores, cosa elemental para nuestro juego, ya que los jugadores no estarán tan juntos como la aplicación permitía para el reconocimiento de los marcadores, por lo que tuvimos que desechar la idea de utilizar este asset. [8]

4.2.2. Wikitude




Wikitude es un software realidad aumentada desarrollado por la empresa austríaca Wikitude GmbH. Muestra

información acerca de los alrededores del usuario desde la cámara móvil, incluyendo el reconocimiento de imágenes y modelado 3D.

Esta aplicación también es multiplataforma, un punto muy importante para el desarrollo de nuestro juego. Esta aplicación tiene casi las mismas características que Vuforia, añadiendo el reconocimiento de caras.

Al tener las mismas características que vuforia la única diferencia importante que vimos fue el número de usuarios, que en esta es menor, y el precio, el cual es más elevado en wikitude por lo que decidimos por utilizar vuforia. [9]

4.2.3. ARToolkit



ARToolkit 6

A DAQRI OPEN SOURCE PROJECT

ARToolkit es otra herramienta de desarrollo de AR pero en este caso es Open Source, es decir, su descarga es gratuita y de código libre.

En comparación con los otros plugins ARToolkit tiene menos funciones, cosa normal, ya que es gratuita. La principal característica que necesitábamos la tiene, que es que fuera multiplataforma y que detectase marcadores básicos a media distancia.

Por el contrario este plugin no tiene ni reconocimiento de imágenes, localización GPS, ni 3D object tracking. Pero al no necesitar tantas funcionalidades para nuestro juego nos decantamos por utilizar esta herramienta, ya que es gratuita y el reconocimiento de marcadores a media distancia es óptimo. [10]

4.2.4. Open CV



Open CV es otra herramienta para el desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada. Cumple la principal característica que queremos que sea multiplataforma. Tiene detección de imágenes y soporta tanto realidad aumentada como realidad virtual, por lo que se podría utilizar para hardwares como HoloLens, Oculus Rift o kinect, por ejemplo. En este caso no tiene localización GPS, como si lo tienen Vuforia o Wikitude. No tiene versión de desarrollo gratuita para probar su funcionalidad, por lo que al ser menos completa y no tener versión gratuita la descartamos. [11]

4.2.5. ARCore

ARCore



la cámara del dispositivo:

Cabe destacar esta herramienta de realidad aumentada desarrollada por google. Es una herramienta creada recientemente y de momento solo está disponible para android, pero tiene un gran potencial para el desarrollo de aplicaciones de realidad aumentada. Esta plataforma utiliza tres tecnologías para la integración del contenido virtual en el mundo real a través de

- El seguimiento del movimiento, que permite al teléfono entender y seguir su posición respecto al mundo.
- La comprensión ambiental, que permite al dispositivo que detecte el tamaño y la localización de superficies horizontales planas como el suelo o una mesa.

- La estimación de luz, que permite al teléfono estimar las condiciones de iluminación actual del entorno.

Esta tecnología usa tanto la cámara del dispositivo como los sensores inerciales del mismo para determinar la posición y la orientación del teléfono a medida que se mueve.

De momento es una herramienta que no nos sirve por no ser multiplataforma, pero es una herramienta a estudiar y a seguir su desarrollo, ya que es una herramienta muy reciente y se ha instaurado en el mercado con mucho interés, por el buen comportamiento de las funcionalidades que tiene hasta el momento y por tener como impulso a una empresa importante.[14]

Asset	Multiplataforma	Reconocimiento de imágenes	Marcadores	GPS	3D Object Tracking
Vuforia	SI	SI	Basicos	NO	NO
Wikitude	SI	SI	Avanzados	SI	SI
ARToolkit	SI	NO	Avanzados	SI	SI
Open CV	SI	SI	Avanzados	NO	SI

Tabla 3. Comparación asset realidad aumentada

4.2.6. Conclusión asset AR

Una vez terminado el estudio se decidió realizar un prototipo con la versión gratuita de vuforia, ya que en un principio parecía la aplicación más completa y testeada por los usuarios.

Una vez desarrollado el prototipo inicial para el reconocimiento de marcadores se detectó que para una distancia relativamente cercana a la que los usuarios podrían estar jugando, la aplicación no identificaba los marcadores, por lo que se descartó utilizarla y comprar su versión profesional.

La segunda opción que se barajó, una vez descartado vuforia, fue probar con ARToolkit, que no era la más completa, ya que no tenía tantas características como las demás, pero tenía las básicas para realizar la detección de marcadores básicos e implantar una imagen sobre ellos, que era principalmente lo necesario para la aplicación y además era gratuita.

El prototipo realizado con ARToolkit funcionaba perfectamente a distancias cercanas a dos metros, margen suficiente para desarrollar el juego, ya que los usuarios de ésta no deberían llegar a estar tan separados para un correcto uso del mismo.

Por estas razones se optó por utilizar la herramienta ARToolkit para la creación de la aplicación de realidad aumentada.

4.3. Asset QR

Una vez descartada la conexión mediante bluetooth, la única manera útil para la conectividad era la conexión mediante Wifi o datos móviles, pero el vínculo mediante estas tecnologías presenta un problema para la identificación de las partidas. Si la conectividad fuera por datos se necesitaría un servidor externo al que se conectarían los jugadores y en el caso de que hubiera muchos jugadores que se estuvieran conectando a la vez para jugar, el servidor podría tener problemas al identificar los jugadores de la misma partida y se podría equivocar y añadir a la partida usuarios que no se encontrasen en el mismo lugar, ya que no sabría reconocer a que partida unir a cada jugador.

Para solucionar este problema se decidió utilizar códigos QR. El código QR llevará la identificación de la partida y la dirección ip del otro dispositivo. Cuando los demás jugadores lean dicho código se conectarán directamente a la misma partida sin tener problemas para la identificación, ya que no haría falta el uso de ningún servidor externo para unir cada partida.

4.3.1. QR code Barcode scanner and Generator

QR code /barcode Scanner and Generator es un asset para escanear y generar códigos QR. Es un asset multiplataforma que te permite leer el código en cualquier posición, aunque esté rotado o girado, útil para facilitar su lectura. Esta herramienta también te permite generar códigos QR, característica muy útil para el juego, ya que no se necesitaría otro asset para generarlos. El coste de este plugin es de pago único y un precio de 29\$. Otro punto a favor es que es el asset de lectura de códigos QR con mayor número de usuarios. [6]

4.3.2. CodeScanner- multiplatform QR

Este asset te ofrece la lectura de códigos QR multiplataforma, pero también otros tipos de códigos como Code 39, Code 93, Aztec y muchos más. Tiene un coste de 10\$ de pago único. El punto negativo de este asset es que no genera códigos QR y se tendría que comprar otro asset para generar únicamente dichos códigos. [6]

4.3.3. Simple QR code-Scan & generate

Simple QR code-Scan & generate es un asset creado por un desarrollador independiente que te permite escanear y generar códigos QR multiplataforma. Permite leer los códigos aunque estén invertidos, rotados o con poca resolución. También soporta otros tipos de códigos y tiene un coste de pago único de 25\$. El punto negativo de este asset es que el desarrollador no tiene la tiene actualizada y el soporte técnico puede ser nulo. [6]

Asset	Multiplataforma	Escáner en cualquier posición	Genera códigos QR	Precio
QR code Barcode scanner and generator	SI	SI	SI	29\$
CodeScanner- multiplatform QR	SI	SI	NO(solo lectura)	10\$
Simple QR code-Scan & generate	SI	SI	SI	25\$

Tabla 4. Comparación asset tecnología códigos QR

4.3.4. Conclusión asset QR

Con el estudio de los diferentes assets se dudó entre QR code Barcode scanner and Generator y CodeScanner- multiplatform QR. Se decidió comprar el QR code Barcode scanner and generator, ya que es un asset multiplataforma, tiene la característica de leer los códigos en cualquier posición y, al contrario que el otro el desarrollador en este caso lo mantiene actualizado, y el número de usuarios es mayor, lo que da mayor confianza.

5. Implementación

5.1. Primera fase: Conectividad

El primer paso para la realización del proyecto será hacer una demo técnica con un juego multijugador simple para observar el funcionamiento de la conectividad y comunicación entre los jugadores. Una vez se tenga la comunicación entre los usuarios funcionando correctamente se podrá avanzar a la etapa de la aplicación de realidad aumentada.

Este juego debe ser muy simple, ya que lo importante de este prototipo inicial es la conexión y comunicación entre los jugadores, no la complejidad y jugabilidad de la demo en sí.

El juego elegido para desarrollar en el prototipo fue el clásico tres en raya, ya que cumple los objetivos principales que se buscan para esta demo, siendo un juego simple pero para poder jugar los usuarios deben estar conectados entre sí previamente y es necesario mantener la comunicación durante toda la partida para saber donde ha colocado cada uno de los jugadores sus fichas, a que casilla las ha movido o si alguno de los jugadores ha llegado a conseguir tres en raya.

Este tipo de comunicación se realizará mediante una arquitectura cliente/servidor, donde uno de los jugadores tendrá que hacer la función de cliente y el otro, por tanto, de servidor.

Las reglas básicas del juego son:

- Cada jugador podrá poner una ficha en cada turno, hasta llegar a tener tres fichas simultáneamente en el tablero.
- Una vez que ambos jugadores tienen tres fichas colocadas en el tablero, deberán eliminar una ficha antes de poder poner otra, ya que no se pueden tener más de tres fichas en el tablero simultáneamente.
- No existe límite ni de tiempo, ni de movimientos de fichas, por lo que los jugadores podrán jugar ilimitadamente hasta que alguno de los jugadores consiga hacer tres en raya.

La conexión entre los jugadores se realizará mediante la misma red wifi en un primer prototipo, llegando en un futuro a conectar los móviles mediante red de datos, descartando la conexión vía bluetooth por las conclusiones a las que se llegaron anteriormente.

Una de las líneas que se decidieron seguir para la realización de este proyecto es que el usuario tenga que hacer las mínimas operaciones posibles, ya que está demostrado que una aplicación, cuanto menos cueste acceder a ella y más automatizada esté mayor atractivo tiene para el cliente. Por estos motivos, mediante códigos QR, se identificarán las direcciones IP de ambos dispositivos para realizar la conexión automáticamente, sin que ninguno de los dos usuarios tenga que modificar ni introducir manualmente información adicional, simplemente leyendo uno de los códigos.

Una vez se definieron las reglas del juego, como debía ser la conexión y las tecnologías que se debían usar, se empezó a desarrollar el juego.

En primer lugar se debía realizar un programa donde dos dispositivos únicamente se conectasen entre sí.

Esta aplicación conectaba ambos dispositivos pero cada una de ellos tenía que elegir si quería ser cliente o servidor, que el servidor encontrase al otro dispositivo y a partir de ese momento, ya se podían conectar entre sí. Este proceso es tedioso a nivel de usuario, y como se ha dicho, la principal filosofía del proyecto era que para el acceso a la aplicación los usuarios deban hacer los mínimos pasos posibles, por lo que en este momento se planteó el uso de los códigos QR y los assets que proporciona unity en su asset store, para la eliminación de las opciones que tenían que elegir los jugadores y que a partir de ellos la conexión fuera automática.

Con el asset QR code Barcode scanner and generator, se pueden leer y escanear códigos QR. Se estudió su funcionamiento y se desarrolló un programa para generar un código QR con la dirección IP del dispositivo en el que estuviera instalado. En el mismo programa se introdujo la funcionalidad de leer este tipo de códigos, dado que uno de los dos dispositivos debía escanear el código para establecer la conexión cliente/servidor.

En la página principal del programa aparecerá un código QR en cada dispositivo indicando su dirección IP propia.



Figura 9. Página principal conectividad

Uno de los dispositivos leerá el código del otro. El dispositivo que lee, hará la función de servidor y el otro la de cliente.

Una vez que los dispositivos hayan detectado que se ha leído el código QR, desaparece de ambos móviles la pantalla inicial y aparece un tablero de tres en raya clásico.

A partir de aquí los jugadores colocan una ficha por turno, hasta que uno de ellos gane la partida consiguiendo que las tres fichas estén en línea.

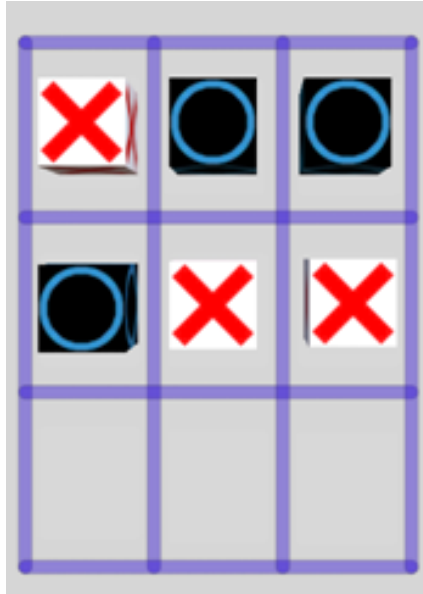


Figura 10. Tablero juego tres en raya

Una vez terminado este simple juego que sirvió para demostrar el correcto funcionamiento de los assets que utilizamos y la conectividad mediante códigos QR vía wifi, se empezó a trabajar en la aplicación de realidad aumentada para la visualización de objetos virtuales a partir de unos marcadores.

5.2. Implementación segunda fase: AR

Como se vio en el anterior análisis de las aplicaciones de realidad aumentada, con la aplicación de ARToolkit, se podían visualizar objetos virtuales a partir de patrones realizados en marcadores físicos.

En este punto se tuvieron diversos problemas con el diseño de estos, ya que los marcadores debían ser lo más pequeños posible para que su uso no fuera incómodo para los jugadores, puesto que dichos marcadores se deben colocar en la frente, pero a la vez al menor tamaño de los marcadores se encontraban más dificultades para su detección. Este fue el mayor problema, ya que cuanto más pequeño se hiciera el marcador, la distancia de detección por el dispositivo móvil era menor. En base a esta restricción, se estableció una distancia aproximada máxima para el uso del juego para determinar el menor tamaño posible del marcador.

Se estableció la distancia máxima de juego en dos metros, ya que el futuro juego final está pensado para jugar sobre un tablero (también virtual) y los jugadores deberán estar a su alrededor, por lo que no tiene sentido que los jugadores estén a más de dos metros de distancia entre sí. Con esta distancia se determinó el tamaño de los marcadores en un cuadrado de 5,5cm de lado, teniendo el propio patrón un tamaño de 4cm². El margen de 1,5cm alrededor del patrón es para la mejora de la detección de este, ya que dejando un borde blanco a cada lado, los dispositivos los detectan más fácilmente.

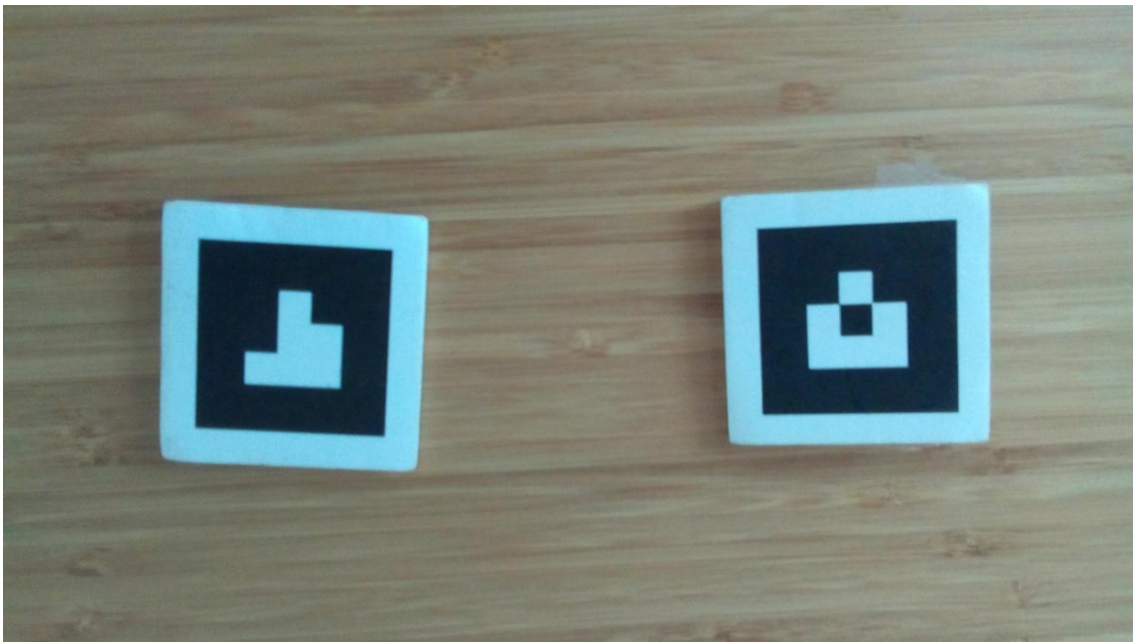


Figura 11. Marcadores de realidad aumentada del juego

También es destacable comentar que las medidas de la detección de marcadores son aproximadas, ya que su detección dependerá también de la resolución de la cámara del dispositivo que se use o de la iluminación de la sala.

Una vez se determinó la forma final de los marcadores que se iban a utilizar en nuestra app, se comenzó a trabajar sobre la imagen que suplantaría al marcador. El diseño tanto de la cabeza de zombi normal, como de la cabeza de zombi al recibir un disparo, que aparecerá al apuntar al marcador, fueron creados por un experto diseñador grafico de NO Spoon Tech Lab.

Una vez se obtuvieron por separado todo los elementos para realizar el prototipo del juego en sí, el primer paso que se dio fue modificar el código del plugin ARToolkit para visualizar la cabeza de zombi utilizando el marcador. Cuando se consiguió obtener con la calidad esperada la imagen de la cabeza zombi superpuesta en el marcador, se empezó a programar el prototipo del juego. En la pantalla del dispositivo debería aparecer siempre la vida propia del jugador, y, cuando se detectara un marcador, el zombi, el nombre del jugador al que representa y la vida de este.



Figura 12. Cabeza de zombi de realidad aumentada del juego

El objetivo de este prototipo es, principalmente, conseguir un buen funcionamiento de la comunicación entre los dispositivos, implementar el principio de la posible interfaz gráfica que se podría conseguir para el juego final e inventar unas reglas básicas para poder realizar una pequeña prueba inicial de una partida real.

La definición de las reglas fueron sencillas:

- Cada jugador tendrá una cabeza de zombi diferente para poder distinguirlos unos de otros con facilidad.
- Al inicio del juego cada zombi tendrá cuatro vidas y cada vez que un jugador es disparado perderá una de ellas.
- Para que un jugador pueda ser disparado, el oponente deberá ver en pantalla la cabeza de su adversario y tocar sobre ella. Si el disparo es certero desaparecerá un corazón de la pantalla del jugador que ha recibido el disparo y otro de la cabeza que ve el oponente, indicando las vidas restantes.

- Si uno de los zombis pierde todas sus vidas en la pantalla del jugador que ha perdido aparecerá una pantalla indicando que ha muerto y ha perdido la partida. A su vez, también se muestra un botón para poder revivir y empezar de nuevo con todas las vidas. Hasta que el jugador que ha perdido no le da al botón de “revivir”, la partida queda suspendida.

Una vez se terminó el prototipo que presentaba una idea de lo que podría ser el juego final, habría que combinar las dos aplicaciones, la que lograba conectar los dispositivos entre sí, únicamente leyendo un código QR mostrado en la pantalla del otro móvil y la del juego en sí.

El prototipo final muestra, al iniciar la aplicación, un código QR en ambos dispositivos. Uno de los usuarios deberá leer el código QR que aparece en el otro móvil. Una vez se realiza dicha operación los dispositivos se conectan instantáneamente y aparece un texto donde dice que ya ha comenzado el juego, también se muestran tus vidas en la esquina superior derecha. A partir de este momento los jugadores ya pueden apuntar a su oponente e intentar quitarle todas sus vidas.

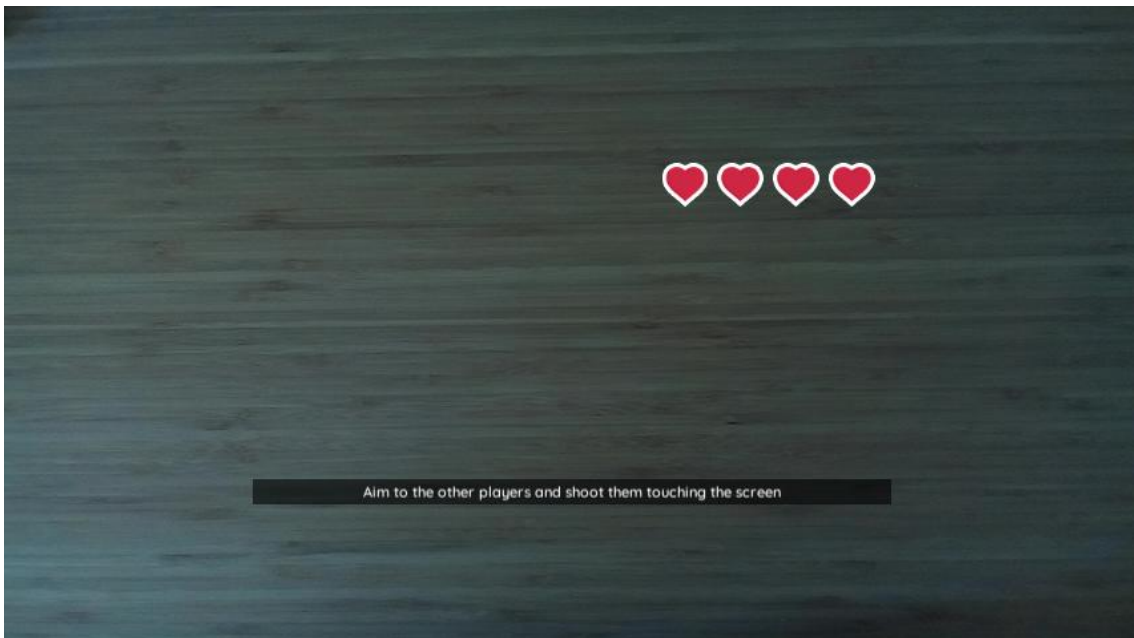


Figura 13. Pantalla del juego sin marcadores



Figura 14. Cabeza de zombi al recibir un disparo

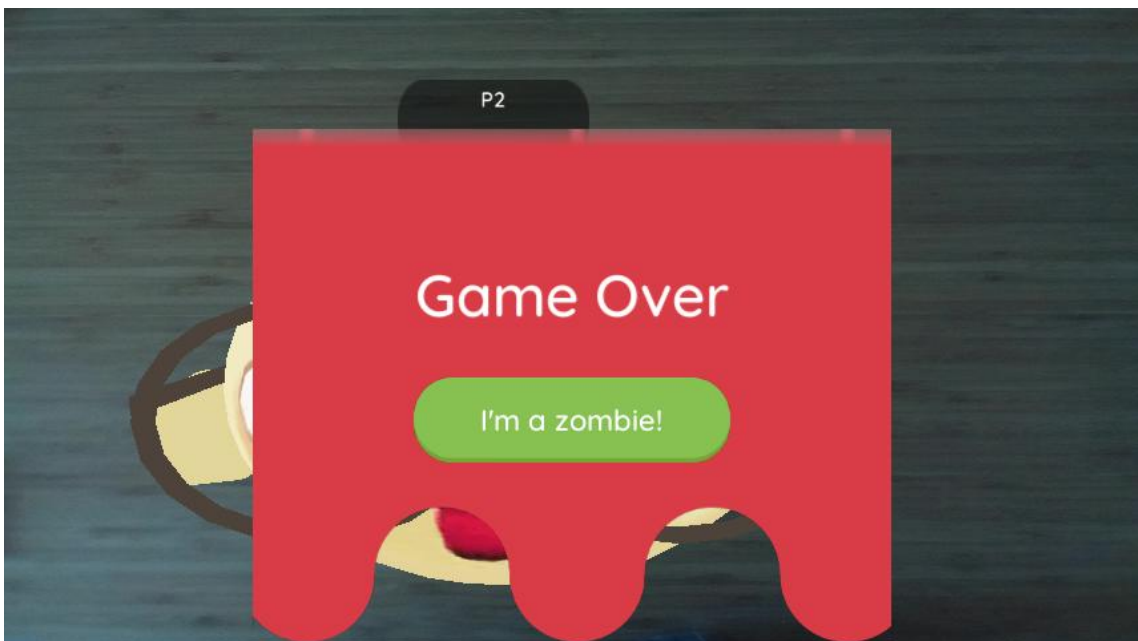


Figura 15. Pantalla al perder todas las vidas

5.3. Gestión del proyecto

Una tarea principal para el buen desarrollo de cualquier proyecto es la gestión del mismo. La principal función de la gestión de proyectos es la definición de un proceso metodológico para tener en todo momento un objetivo claro de trabajo.

En este apartado se comentarán las herramientas que se utilizaron para planear el desarrollo a seguir, conociendo en todo momento los siguientes pasos a realizar al terminar una fase y tener en mente una fecha para el objetivo final.

Al inicio del proyecto se analizaron las fases que debería tener el proyecto y cualquier proyecto tecnológico en general. La primera fase es saber cómo se debe realizar la gestión de un proyecto, estudiando los recursos necesarios para su desarrollo, en este caso los trabajadores y los softwares necesarios, y por otro lado el seguimiento de la elaboración del proyecto, adaptando nuevos recursos al proceso de este si fueran necesarios.

La siguiente etapa trata sobre el diseño y la planificación del proyecto, donde se deben especificar las características del proyecto y las tecnologías a utilizar.

Una vez están planteadas y analizadas las dos etapas anteriores, el siguiente paso a estudiar es la implementación del mismo.

Por último, y, una vez planificado todo el trabajo, llega la hora de la validación del proyecto donde se deben elegir pruebas críticas para analizar las funciones del proyecto. [12]

Cuando está todo el trabajo estructurado, es momento de tomar la decisión de cuando tiempo se debe dedicar en un principio a cada una de las tareas. Es una decisión complicada pero estudiando los problemas que puedan conllevar cada tarea se puede planificar la duración de cada una.

Uno de los principales recursos de análisis de gestión del tiempo es el diagrama de Gantt. El diagrama de Gantt, es una herramienta que sirve exactamente para la tarea descrita anteriormente, para planificar y programar tareas a lo largo de un periodo determinado. Gracias a una fácil y cómoda visualización de las acciones previstas, permite realizar el seguimiento y control del progreso de cada una de las etapas de un proyecto, además de reproducir gráficamente las tareas, su duración y secuencia. [13]

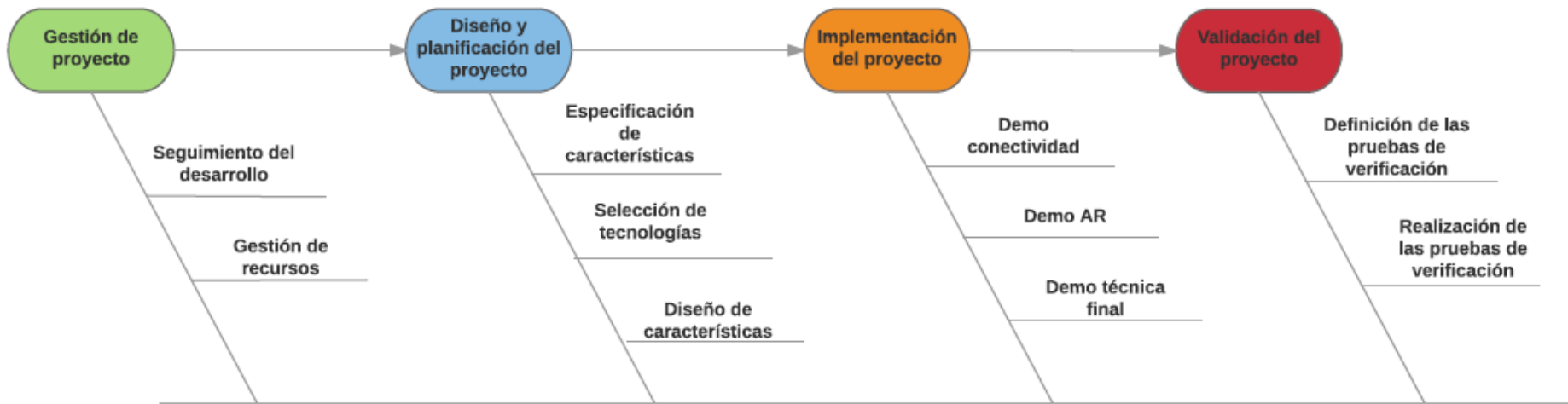


Figura 16. Desarrollo de la planificación del proyecto

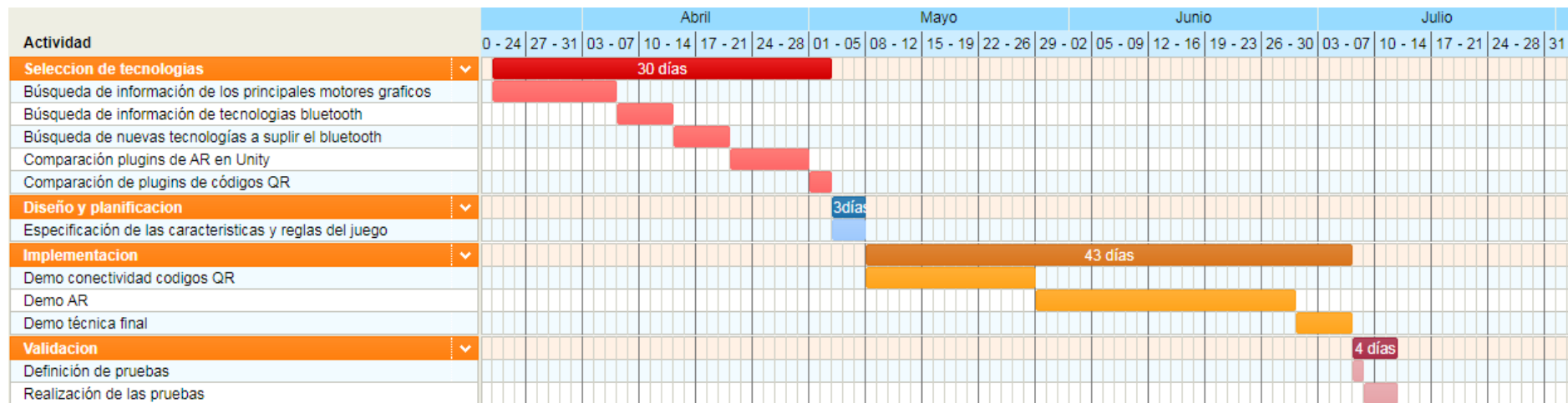


Figura 17. Diagrama de Pert con el tiempo dedicado a cada tarea

6. Análisis de costes

A continuación se exponen los costes del desarrollo del proyecto. En algunos casos, como en el coste de ordenadores de desarrollo o algunas licencias de software, se han realizado mediante estimaciones, puesto que son bienes que ya están adquiridos por la empresa.

6.1. Costes directos

6.1.1. Nóminas

En este caso, el proyecto ha sido realizado por un único programador con una dedicación de 13 semanas.

Cargo	Tiempo dedicado	Coste
Programador	13 semanas	400€/semana
Total		5200€

Tabla 5. Coste de los trabajadores involucrados

6.1.2. Equipamiento

Concepto	Cantidad	Coste
Hardware		
PC para desarrollo	1	1200€
Móvil para validación	2	200€/u
Software		
Licencia Unity 3D plus	3 meses	30€/mes
Asset lector códigos QR	1	25€
Asset AR	1	Gratis
Total		1715€

Tabla 6. Coste de los equipos utilizados para el proyecto

6.2. Costes indirectos

6.2.1. Instalaciones

Concepto	Cantidad	Coste
Alquiler de oficina	3 meses	650€/mes
Gastos generales	3 meses	200€/mes
Total		2550€

Tabla 7. Costes de las instalaciones utilizadas

6.2.2. Telecomunicaciones

Concepto	Cantidad	Coste
Conexión de internet	3 meses	60€/mes
Total		180€

Tabla 8. Costes por los servicios de telecomunicaciones utilizados

6.3. Costes totales

Concepto	Coste
Costes Directos	6915€
Costes Indirectos	2730€
Total	9645€

Tabla 9. Costes totales del proyecto

7. Conclusiones y líneas futuras

7.1. Conclusiones

A la vista de los resultados obtenidos se puede decir que en líneas generales se han cumplido los objetivos marcados.

La principal idea que se tenía era la utilización de la tecnología bluetooth para la conexión entre dispositivos para que dicha aplicación se pudiera utilizar en cualquier lugar y situación posible, aun sin tener conexión a internet. Este punto del proyecto no se pudo conseguir, debido a la falta de assets en unity y los altos costes de crear una librería desde el principio, explicado en apartados anteriores.

Una vez descartado el bluetooth se optó por utilizar red de datos y wifi para la conectividad entre dispositivos.

Otro de los puntos claves del proyecto era que debería ser multiplataforma, cosa que se cumplió con la elección de assets que funcionan en los diversos sistemas operativos y programando la app final con la misma funcionalidad.

La facilidad de la app para empezar a jugar de cara al usuario, era un objetivo importante para la aplicación, y se logró conseguir una interfaz donde el usuario no tuviera que configurar nada antes de empezar a jugar.

En cuanto a las funcionalidades técnicas de la demo de la app, cumple con los objetivos que se marcaron obteniendo una buena detección de los marcadores, una buena implantación de imágenes virtuales entorno a ellos y con buen seguimiento de imágenes. Las funcionalidades de disparar al oponente, que aparezcan las vidas restantes y al perder todas las vidas que aparezca una animación donde lo indique, han sido conseguidas sin problemas.

7.2. Líneas futuras

Como se ha ido mencionando a lo largo de la memoria, el objetivo final de este proyecto era realizar la demo de un posible juego para la demostración de lo que este sería capaz de hacer y poder buscar financiación para la realización del juego completo. Por lo que las mejoras posibles son claras, terminar el prototipo con una partida para cuatro o más jugadores o crear un tablero virtual a través de otro marcador más grande situado en el centro. En este tablero se podría visualizar una casa abandonada (temática zombi) y poder adentrarse dentro de ella con el fin de buscar algún objeto o alguna información que podría usarse en el juego para obtener mejoras en tu personaje o incluso ganar la partida.

También cabría la mejora de la creación de nuevos personajes con diferentes roles en la partida, como la creación de un médico, cuya misión fuera curar a los personajes zombis, una persona humana, donde la función de este podría ser eliminar a los zombis sin ser capturados por ellos.

Otro aspecto a mejorar sería la creación de unas reglas con una mayor complicación, haciendo el juego más atractivo para los usuarios o incluso hacer juegos con la misma base pero con otra temática, como por ejemplo un juego donde te suplantarán la cara por la de un famoso y los contrincantes deberían intentar obtener fotos tuyas.



Figura 18. Posible carátula del juego de mesa final

8. Bibliografía

- [1] Nubernia, “Niveles de la realidad aumentada” <https://www.nubemia.com/realidad-aumentada-en-la-educacion/>
- [2] Página oficial de Cocos2D, <http://www.cocos2d-x.org/wiki>
- [3] Página oficial de Corona Labs, <https://coronalabs.com/product/>
- [4] Página oficial de Unity3D, <https://unity3d.com/es>
- [5] Página oficial de bluetooth, <https://www.bluetooth.com>
- [6] Asset Store de Unity3D, <https://www.assetstore.unity3d.com/en/>
- [7] El androide libre, “Como funciona un código QR”, <https://elandroidelibre.elespanol.com/2016/03/como-funciona-un-codigo-qr.html>
- [8] Página oficial de Vuforia, <https://www.vuforia.com/>
- [9] Página oficial Wikitude, “SDK features”, <https://www.wikitude.com/products/wikitude-sdk-features/>
- [10] SocialCompare, “ARToolkit” <http://socialcompare.com/en/review/artoolkit-1eehz9s>
- [11] Página oficial OpenCV, <http://opencv.org/>
- [12] Escuela de organización industrial, <http://www.eoi.es/blogs/embacon/2014/04/29/las-5-fases-en-gestion-de-proyectos/>
- [13] OBS business School, <http://www.obs-edu.com/es/blog-project-management/diagramas-de-gantt/que-es-un-diagrama-de-gantt-y-para-que-sirve>
- [14] Página oficial “ARcore”, <https://developers.google.com/ar/>

