



ARtour V2

Juan Felipe Cardona Osorio

Mateo Gil López

Santiago Vélez Molina

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE ORIENTE

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

2021

ARtour V2

Juan Felipe Cardona Osorio

Mateo Gil López

Santiago Vélez Molina

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero de Sistemas

**Asesores**

Wider Farid Sánchez Garzón

Juan Fernando Garzón Álvarez

Juan Camilo Acevedo

Universidad Católica de Oriente

Facultad de Ingenierías

Programa de Ingeniería de Sistemas

Rionegro (Antioquia)

2021

**Nota de aceptación:**

**Firma presidente del jurado:**

**Firma del jurado:**

**Firma del jurado:**

**Dedicatoria:**

Queremos dedicar este trabajo, en primer lugar, a nuestras familias por ser un apoyo incondicional, a nuestros compañeros, amigos y profesores, porque de cada uno, aprendimos valiosas lecciones que aportaron a nuestra formación profesional y personal; y a todas aquellas personas que hicieron parte de este proceso formativo, y que dejaron huella en cada uno de nosotros.

**Agradecimientos:**

Queremos agradecer a nuestras familias, por el esfuerzo y apoyo que nos brindaron. A la profesora Luz Mery Ríos Alzate, por toda su paciencia y ayuda, y sobre todo por su compromiso con el programa de Ingeniería de Sistemas. A nuestro profesor y asesor Wider Farid Sánchez Garzón, por todo lo enseñado, por sus consejos, correcciones y el tiempo dedicado a este proyecto. A los asesores Juan Camilo Acevedo y Juan Fernando Garzón, por confiar en nosotros para este proyecto, por su guía y sus observaciones durante el desarrollo del proyecto; al programa de becas de la gobernación de Antioquia, porque gracias a ellos pudimos empezar nuestros estudios de educación superior, así como también a la Universidad Católica de Oriente, por ser parte de este maravilloso programa, y por brindarnos un espacio propicio para formarnos como profesionales íntegros. También agradecer a los demás profesores, compañeros, tutores, y demás personas que hacen parte de la Universidad, porque también fueron partícipes de todo este proceso.

## Tabla de contenido

GLOSARIO.....	8
ANTECEDENTES.....	12
PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA.....	15
JUSTIFICACIÓN .....	17
OBJETIVOS.....	19
Objetivo general.....	19
Objetivos específicos .....	19
MARCO TEÓRICO .....	20
Historia de los videojuegos .....	20
Videojuegos como medio para entretener.....	21
Videojuegos como medio para educar .....	21
Realidad Aumentada (RA).....	22
Aplicación móvil.....	23
Vuforia.....	23
Acuaponía .....	24
Turismo .....	24
Agroturismo .....	25
DISEÑO METODOLÓGICO .....	26
Modelo ADDIE.....	26
Descripción del recurso.....	27
Análisis .....	28
Diseño .....	32
Desarrollo.....	35
Resultados.....	46
CONCLUSIONES.....	62
BIBLIOGRAFIA.....	63
ANEXOS .....	65

## Tabla de ilustraciones

Figura 1: Diagrama UML de Requisitos de usuario.....	30
Figura 2: Diagrama de Requisitos del sistema.....	31
Figura 3: Diagrama UML de Componentes.....	32
Figura 4: Diagrama UML de Despliegue.....	33
Figura 5: Diagrama UML del mapa de navegación.....	34
Figura 6: Escena "RegistroScene0".....	35
Figura 7: Escena "RegistroScene1".....	35
Figura 8: Escena "RegistroScene2".....	36
Figura 9: Escena "Artour_blender_import".....	36
Figura 10: Escena "menu1".....	37
Figura 11: Escena "menu1_info".....	37
Figura 12: Escena "Acuaponia1".....	38
Figura 13: Escena "mundos1".....	38
Figura 14: Escena para capturar el respectivo código QR de cada escena de RA.....	39
Figura 15: Escena "AcuaRA1".....	39
Figura 16: Escena "AcuaRA2".....	39
Figura 17: Escena "AcuaRA3".....	40
Figura 18: Escena "AcuaRA4".....	40
Figura 19: Escena "Eco1".....	40
Figura 20: Escena "Eco22".....	41
Figura 21: Escena "Eco33".....	41
Figura 22: Escena "Hidroponia1".....	41
Figura 23: Escena "HidroponiaRA2".....	42
Figura 24: Escena "Hidroponia3".....	42
Figura 25: Escena "Hidroponia4".....	42
Figura 26: Escena "Piscicultura1".....	43
Figura 27: Escena "Piscicultura2".....	43
Figura 28: Escena "Piscicultura3".....	43
Figura 29: Escena "Piscicultura4".....	44
Figura 30: Escena "Evaluacion".....	44
Figura 31: Escena "ahorcado_game".....	44
Figura 32: Escena "ahorcado_game", partida finalizada.....	45
Figura 33: Escena "puzzlets".....	45
Figura 34: Escena "Acuaponía1" antes del Asset Hunter.....	47
Figura 35: Escena "Acuaponía1" después del Asset Hunter.....	47
Figura 36: Escena "Artour_blender_import" antes del Asset Hunter.....	48
Figura 37: Escena "Artour_blender_import" después del Asset Hunter.....	48
Figura 38: Escena "menu1" antes del Asset Hunter.....	49
Figura 39: Escena "menu1" después del Asset Hunter.....	49
Figura 40: Escena "menu1_info" antes del Asset Hunter.....	50
Figura 41: Escena "menu1_info" después del Asset Hunter.....	50
Figura 42: Escena "menu1_sobreAR" antes del Asset Hunter.....	51

Figura 43: Escena “menu1_sobreAR” después del Asset Hunter. ....	51
Figura 44: Escena “mundos1” antes del Asset Hunter. ....	52
Figura 45: Escena “mundos1” después del Asset Hunter. ....	52
Figura 46: Análisis de código estático con Sonarqube. ....	53
Figura 48: Proyecto ARtour V2 después de aplicar Asset Hunter. ....	54
Figura 47: Proyecto ARtour antes de aplicar Asset Hunter. ....	54
Figura 49: Encuesta Satisfacción Aplicativo ARtour V2 en Google Forms. ....	55
Figura 50: Promedio de las respuestas a las preguntas 1 y 2 de la encuesta de satisfacción del aplicativo ARtour V2. ....	56
Figura 51: Promedio de las respuestas a las preguntas 3 y 4 de la encuesta de satisfacción del aplicativo ARtour V2. ....	57
Figura 52: Promedio de las respuestas a las preguntas 5 y 6 de la encuesta de satisfacción del aplicativo ARtour V2. ....	58
Figura 53: Promedio de las respuestas a las preguntas 7 y 8 de la encuesta de satisfacción del aplicativo ARtour V2. ....	59
Figura 54: Promedio de las respuestas a las preguntas 9 y 10 de la encuesta de satisfacción del aplicativo ARtour V2. ....	60

## GLOSARIO

**3D:** significa tridimensional, hace alusión a un objeto o espacio que tiene ancho, altura y profundidad (longitud).

**Acuaponía:** Es la actividad combinada del cultivo intensivo de peces con el cultivo hidropónico de vegetales, los cuales se mantienen unidos mediante un sistema de recirculación.

**Agroturismo:** Es un tipo de turismo rural, que se realiza dentro de las instalaciones de ranchos agrícolas, combinando la vida productiva del rancho agropecuario, con la recreación tradicional y participación directa o indirecta del turista, con el estilo de vida rural y sus tradiciones.

**Android:** Es un sistema operativo pensado para dispositivos móviles.

**Apk:** Es el formato utilizado para la instalación de software en Android.

**Asset:** Cualquier cosa que vaya dentro de un videojuego, sean personajes, objetos, efectos de sonido, mapas, entornos, etc.

El termino Asset hace referencia a los recursos que utiliza un videojuego y que forman parte de él en el momento de su creación. ¿Qué quiere decir esto exactamente? Que los assets de un videojuego son las animaciones, los paquetes de sonido, es decir, ¡Todo!

**Asset hunter:** Es una herramienta de limpieza de proyectos de Unity, que analiza las escenas, y enseña una descripción general de los assets sin utilizar en cada una de ellas, y permite eliminarlas para reducir el tamaño del proyecto.

**Asset Store (Tienda de activos):** Sitio web de Unity que permite descargar assets prefabricados, para ser usados en proyectos de desarrollo de juegos. Los desarrolladores de Unity también pueden publicar assets prefabricados allí, para que otros desarrolladores puedan descargarlos y usarlos.

**Bugs:** En términos informáticos se refiere a un error o defecto en el software que hace que un programa no funcione correctamente.

**C++:** es un lenguaje de programación que proviene de la extensión del lenguaje C para que pudiese manipular objetos. A pesar de ser un lenguaje con muchos años, su gran potencia lo convierte en uno de los lenguajes de programación más demandados

**C Sharp (C#):** Lenguaje de programación utilizado para crear scripts dentro de Unity. C# es principalmente responsable por la funcionalidad de un juego, yendo más allá de las limitaciones generales de las herramientas de desarrollo de juegos para ayudar a tejer y perfeccionar la jugabilidad.

**Code Smells:** Cualquier síntoma en el código fuente de un programa, que posiblemente indique un problema más profundo.

**Código QR:** Un código QR es un código de barras bidimensional cuadrada, que puede almacenar los datos codificados. La mayoría del tiempo, los datos apuntan a un enlace de un sitio web (URL).

**Escena (Unity):** Área entera editable, en la que un juego puede ser construido. Una escena puede estar conformada por entornos, obstáculos, funciones del menú y otros elementos.

**Esports:** Se refiere a los deportes electrónicos. También, se utiliza para nombrar las competiciones organizadas a nivel profesional. Son competiciones multijugador de diferentes disciplinas de videojuegos. Su funcionamiento es muy sencillo: cada esport tiene sus propias reglas, tienen acceso a diferentes dispositivos y plataformas de forma online u offline.

**Facebook Gaming:** Es una plataforma de video streaming en vídeo centrada en los esports. El objetivo de Facebook gaming, es competir a nivel tecnológico con los dos gigantes que acaparan la industria de este tipo de retransmisiones: Youtube y Twitch.

**Formato .apk:** Son paquetes ejecutables en el Sistema Android, los cuales contienen los datos o la información de una aplicación. Todas las apps que se descarguen en este Sistema Operativo poseen este tipo de formato.

**FPS (Frames per second o fotogramas por segundo):** Es una unidad que mide el rendimiento de un dispositivo de display. Consiste en el número de escaneos completos a la pantalla de display que ocurren cada segundo. Éste es el número de veces que la pantalla se refresca cada segundo, o la ratio al cual un dispositivo de imagen produce imágenes secuenciales únicas llamadas fotogramas.

**GameObject:** Personajes, accesorios (props) y partes del escenario en Unity.

**Hidroponía:** Es una modalidad en el manejo de plantas, que permite su cultivo sin suelo. Mediante esta técnica, se producen plantas principalmente de tipo herbáceo, aprovechando sitios o áreas no convencionales, sin perder de vista las necesidades de las plantas, como luz, temperatura, agua y nutrientes.

**Juego de realidad aumentada:** Experiencia que combina jugabilidad, con características de la realidad aumentada, sobrepuestas en una localización física. Algunos ejemplos de juegos de realidad aumentada son Pokémon Go y Jurassic World Alive.

**Juego educativo:** Tiene como propósito, educar a los jugadores en una habilidad o tema en particular.

**Mesh:** Una colección de vértices, bordes y caras que actúan como la base de un modelo en un videojuego.

**Modelo:** Un asset completamente 3D en un videojuego, que es creado agregando texturas y otras características a un mesh.

**Motor de juegos:** Software que ofrece una serie de herramientas y características para desarrolladores de videojuegos, de tal manera que puedan crear sus juegos de manera profesional y eficiente.

**Podcast:** Podcast es un contenido en audio, disponible a través de un archivo o streaming. La ventaja del podcast es que es un formato bajo demanda; el usuario lo escucha cuando desea hacerlo.

Puede oírse en diversos dispositivos y esto ha ayudado a aumentar su popularidad. Normalmente, el podcast aborda un asunto específico para construir una audiencia fiel.

**Polígono:** Por definición, en el modelado tridimensional, es una forma bidimensional compuesta de líneas rectas y conectadas –y consecuentemente, cerrada–. A la hora de modelar personajes para videojuegos, el tema que nos ocupa, la forma más común es el triángulo, por lo que la inmensa mayoría de personajes que vemos en los títulos "actuales" están realizados de polígonos triangulares.

**Prop:** En artes escénicas como cine o teatro, y de manera análoga en un videojuego, un prop es cualquier elemento del juego que forma parte del escenario, como una puerta, una mesa, un ordenador, etc.

**Puzzlet:** Es un tipo de rompecabezas que al deslizar las fichas y agruparlas de forma correcta muestra una imagen en concreto

**Realidad aumentada (RA):** Consiste en la integración de contenidos gráficos, sobre una vista del mundo real. Para ello, se utilizan dispositivos como teléfonos móviles o gafas, que añaden la información virtual a la realidad que ve el usuario.

**Renderizar:** Se aplica en informática en aquellos casos en los que el ordenador dibuja, pinta o representa algo en la pantalla.

**Textura:** Una envoltura visual puesta alrededor de los GameObjects, como, por ejemplo, la piel de un personaje.

**Twitch:** es una plataforma de streaming de vídeo, enfocado a los videojuegos, donde podemos encontrar partidas jugadas por los usuarios, transmisiones de eSports y otros eventos relacionados con los videojuegos. Pero, además, es una comunidad global, la red social para los amantes a los videojuegos.

**Sonarqube:** Es una herramienta que permite realizar un análisis estático de código. Identifica los puntos susceptibles de mejora, que facilitarán la obtención de métricas necesarias para la optimización del código.

**SQLite:** Es un sistema de gestión de base de datos relacional, contenida en una biblioteca muy pequeña, escrita en C.

**Streaming de video:** El concepto de streaming, se refiere a cualquier contenido de medios, sea en vivo o grabado, que se puede disfrutar en computadoras y aparatos móviles a través de Internet y en tiempo real. Los podcasts, las películas, los programas de televisión y los videos musicales son tipos comunes de contenido de streaming.

**Unreal Engine:** es uno de los motores de juego más populares y usados del momento, perteneciente a la compañía Epic Games. Su funcionamiento se basa en código C++ y su primera versión se creó en 1998, aunque hasta 2015 no estuvo disponible de forma gratuita y pública.

**UI/GUI:** Interfaz de usuario (user interface) / interfaz gráfica de usuario (graphical user interface). Menús, inventarios y otros sistemas interactivos no relacionados con el juego que se encuentren en pantalla.

La GUI es "interfaz gráfica de usuario" y la UI es solo "interfaz de usuario". GUI es un subconjunto de UI. La interfaz de usuario puede incluir interfaces no gráficas como lectores de pantalla o interfaces de línea de comandos que no se consideran GUI.

**Unity:** Es un motor de desarrollo para la creación de videojuegos, que ofrece multitud de funcionalidades para desarrolladores, que también se ha utilizado en realidad virtual, en proyectos de Arquitectura y Diseño, y además en la edición y previsualización de miniseries.

**Unity Profiler:** Es una herramienta, que se usa para obtener información del performance y rendimiento de una aplicación en Unity. Esta herramienta, se puede conectar a dispositivos en la red, o dispositivos conectados a la máquina, para testear cómo la aplicación se desempeña en diferentes plataformas. Además, se puede ejecutar en el editor de Unity, para ver cómo se desempeñan ciertos aspectos de la aplicación, mientras esta se desarrolla.

**URL:** Significa Uniform Resource Locator y es la dirección única y específica que se asigna a cada uno de los recursos disponibles de la World Wide Web para que puedan ser localizados por el navegador y visitados por los usuarios.

**YouTube:** Es un portal de internet, que permite a sus usuarios subir y visualizar videos.

## ANTECEDENTES

La realidad aumentada (RA), es una tecnología que se ha venido desarrollando y potenciando desde su aparición, la cual es en esencia, una herramienta con un gran número de utilidades como lo son las aplicaciones móviles para añadir efectos a una foto o video, o incluso, para uso pedagógico como el acceso a contenidos multimedia y educativos, mediante la lectura de códigos QR.

Si bien son más notables los avances que se han realizado en la realidad aumentada en el campo del entretenimiento, es necesario recalcar que la realidad aumentada, cuenta también con un avance significativo no solo en el enfoque educativo, sino también, en otras áreas del conocimiento como se menciona en el artículo “*A survey of Augmented Reality*” (Azuma, 1997). Si bien, la información que se encuentra es solo la base sobre la cual se comenzaba a plantear el alcance de esta tecnología, podemos tomarla como referente para sustentar la aplicabilidad de estas tecnologías, fuera del ámbito del entretenimiento.

Teniendo en cuenta que este artículo se elaboró en el año 1997, debemos considerar el potencial que este tipo de tecnología tiene actualmente, y las facilidades que podemos encontrar para aplicarla a diferentes tipos de proyectos, en otras áreas del conocimiento.

Si se requiere una aplicación que no solamente enseñe al usuario el concepto de agroturismo, sino que también motive su deseo de aprender, es necesario tener en cuenta un modelo metodológico, que permita al usuario aprender y despertar el interés, sobre la temática que está estudiando.

Es muy probable que la RA (Realidad Aumentada), pueda hacer que los entornos educativos sean más productivos y agradables para el estudiante. La RA no solo tiene el poder de involucrar al alumno con diversas formas interactivas que anteriormente no se creían posibles, sino que también puede proporcionar a cada individuo, una ruta de descubrimiento única, con rico contenido de entornos y modelos tridimensionales, generados por computadora como se puntualiza en el artículo “*Augmented Reality in Education and Training*” (Lee, 2012).

Se debe también tener en cuenta que, el solo hecho de incluir en el aplicativo la tecnología de realidad aumentada, no supone que el estudiante o la persona que utilice la aplicación se vea inmediatamente interesada en lo que está estudiando, o que, por consiguiente, despertará un interés en ella. Para lograrlo, es necesario utilizar la información recopilada sobre los estudios de realidad aumentada en la educación, y desarrollar este tipo de metodologías en el aplicativo final.

También es necesario recalcar que, el tipo de aplicativo que se desarrolle, con este fin educativo, debe contar con buenas prácticas de programación y desarrollo, no sólo para que la aplicación funcione correctamente, si no también, que provea al usuario de una buena experiencia, donde resulte agradable utilizarla.

En el artículo “*ARtour: Augmented Reality-Based Game to Promote Agritourism*” (Garzón et al., 2018), encontramos un enfoque educativo y práctico de la realidad aumentada, a través de un aplicativo que enseña el concepto, y uso del agroturismo enfocado en la acuaponía. Sin embargo, la aplicación no es óptima, su rendimiento es bajo, y no provee un ambiente amigable, reduciendo significativamente el enfoque metodológico que se tenía como expectativa inicial.

Es de resaltar que, el enfoque metodológico de la aplicación original cuenta con escenarios de aprendizaje, desglosados en cuatro temas, que se convierten en el eje principal del agroturismo: Acuaponía, Eco educación, Hidroponía y Piscicultura. Adicionalmente, cuenta con un apartado gráfico llamativo para el usuario, y con una gran cantidad de elementos audio visuales, que complementan la experiencia, y generan un ambiente propicio para las temáticas tratadas dentro de esta. Por otro lado, como se mencionó anteriormente, el rendimiento de la aplicación se ve gravemente afectada por todos estos elementos audiovisuales, como también por temas relacionados con el código fuente base, a partir de la cual ha sido construida, ocasionando que el aplicativo, sólo se ejecute en dispositivos móviles de gama alta, al requerir más recursos para la ejecución y renderización de todo el contenido alojado en ella.

A su vez, podemos encontrar aplicaciones relacionadas con el agroturismo como lo son:

- “Ecotourist in Spain”: Es una aplicación multiplataforma, que soporta el idioma inglés y español, promovida por TUREBE (ente gestor del Club Ecoturismo en España), con la intención de dar a conocer el Ecoturismo en España y sus espacios protegidos, naturaleza, senderismo y entorno rural (Lacq, n.d.).
- “EscapadaRural”: Es una aplicación que tiene el mayor buscador de alojamiento rural en España y Portugal, donde sus guías pueden inspirar a viajeros, para descubrir nuevos destinos (EscapadaRural.com, n.d.).

Estas aplicaciones, solo proveen información de sitios donde las personas pueden practicar estas actividades de ecoturismo, como también, la opción de reservar y calificar los lugares que estas aplicaciones ofrecen. Más allá de este tipo de servicios, estas aplicaciones solo brindan información básica sobre el agroturismo, y no enseñan al público cómo pueden elaborar sistemas sostenibles, que sirvan para la producción de alimentos. En este caso, las aplicaciones solo abarcan superficialmente el tema del agroturismo, y principalmente, su parte turística, dejando de lado el concepto de acuaponía, al que se pretende enfocar. La aplicación ARtour V2, pretende innovar en

cuanto al enfoque del agroturismo en acuaponía, con el fin de mostrarle al usuario final, las ventajas que este tipo de sistemas trae consigo, y a su vez, enseñarle cómo el usuario final puede aplicar estos conocimientos que son obtenidos a través de la aplicación, y crear por su propia cuenta un sistema acuapónico. Además, se pretende que esta aplicación sea amigable con el usuario final, con rendimiento óptimo, con conceptos claros, y que sea accesible a toda persona que desee adquirir conocimientos en las temáticas enseñadas en la aplicación.

## PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

El agroturismo, es un enfoque que cada año va tomando más fuerza, debido a que las personas ganan conciencia sobre los efectos que causan los diferentes tipos de turismo en el medio ambiente, y de esta manera, buscan soluciones a estos mismos efectos, generando así un tipo de turismo con mayor sostenibilidad.

Tal como lo menciona el artículo “*Do Agritourism Visitors Care about Landscapes? An Examination with Producer-Level Data*” (Melstrom & Murphy, 2018), solo en los Estados Unidos, el número de granjas que utilizan el modelo de agroturismo, aumentaron en diez mil entre los años 2007 y 2012. Este auge, está asociado al tipo de producto que pueda ofrecer cada granja, como cierto tipo de cosechas, paisajes o comodidades para los usuarios. Sin embargo, la práctica del agroturismo no es una actividad que las personas realicen frecuentemente, provocando que las personas que visitan lugares ecológicos generen un impacto negativo, al no procesar correctamente los residuos, y no tener conciencia de la conservación del medio ambiente. Es necesario que las personas tomen conciencia de la importancia que tiene el agroturismo en la conservación del medio ambiente, y de los lugares que son usualmente frecuentados por turistas, con el fin de conocer espacios naturales.

A pesar de que el agroturismo es una actividad que ha tomado relevancia durante los últimos años, no cuenta con aplicaciones que promuevan el aprendizaje didáctico de ésta, como tampoco el aprendizaje sobre la acuaponía y los sistemas sostenibles, desaprovechando el potencial que una aplicación móvil puede generar, perdiendo de esta manera la posibilidad de incentivar a que las personas, se acojan a este tipo de prácticas amigables con el medio ambiente.

El problema radica en el poco interés y la baja motivación que tienen las personas acerca del agroturismo, más específicamente, en la acuaponía. Aunque se encuentre todo tipo de información referente a estos temas, las personas no se inclinan a acceder a este tipo de contenido, debido a varios factores, como la falta de metodologías y/o recursos didácticos para aprender más acerca de la acuaponía y el agroturismo.

Es por este motivo, que se decidió llevar a cabo la implementación de una aplicación educativa, que le permita al usuario el acceso a la información relacionada con hidroponía y acuaponía, todo, mediante un enfoque de agroturismo, con el fin de facilitar a las personas el aprendizaje sobre agricultura sostenible, para fines educativos o fines prácticos, que permitan preservar el medio ambiente.

Esta aplicación plantea el uso de la Realidad Aumentada (RA), aplicada a un videojuego como una herramienta para mejorar el aprendizaje experimentado por los usuarios que la utilizan. La integración de RA en sistemas educacionales provee múltiples beneficios que han sido identificados por diferentes estudios. Estos estudios han concluido que las ganancias en el aprendizaje y la motivación son las dos ventajas más reportadas de los sistemas de RA para la educación (J. Garzón et al., 2018).

La primera versión que se presentó de ARtour, contaba con una gran cantidad de assets y modelos de gran cantidad de polígonos.

## JUSTIFICACIÓN

La educación ambiental, hoy en día se ha convertido en una prioridad, debido a las consecuencias del calentamiento global. Precisamente, con este proyecto se busca instruir en este tipo de educación, a personas de diferentes edades y ámbitos socioculturales.

Cada día, más personas optan por cambiar su estilo de alimentación, y aumentan el consumo de productos de origen vegetal. La aplicación ARtour V2, brinda herramientas para facilitar el aprendizaje, sobre la creación de cultivos sostenibles, y permite que las personas hagan uso de ella, puedan aplicar estos conocimientos, obteniendo así el mayor beneficio posible de cada producto cultivado en un ambiente reducido y controlado.

Asimismo, es necesario generar conciencia sobre el cuidado del medio ambiente, y de los lugares ecológicos que poseemos y visitamos, para preservarlos y generar el menor impacto negativo sobre ellos.

Además de educar en conceptos como la acuaponía, la aplicación brinda nociones básicas de cómo hacer turismo responsable con el medio ambiente, para que el paso de las personas por los diferentes ecosistemas tenga la menor repercusión negativa posible.

El agroturismo, se presenta como una opción óptima, no solo para el incentivo de buenas prácticas medio ambientales y sostenibles, sino también como un modelo de negocio, que pueda proporcionar una fuente de ingresos, basados en el cultivo y el turismo responsable.

Acorde a lo mencionado en el artículo de “*Agrotourism, sustainable tourism and Ultraperipheral areas: The Case of Canary Islands*”, el agroturismo “ha cumplido una función esencial en el sentido de dar prestigio a la vida rural, generar empleo y diversificar la economía” (Parra et al., 2006).

“Además, el turismo rural ha contribuido de manera decisiva a preservar el patrimonio tanto cultural como natural en los entornos rurales, con especial atención a los productos agrícolas típicos” (Parra et al., 2006) .

Sin embargo, es importante aclarar que el turismo rural y el agroturismo, son conceptos diferentes, puesto que, el término de turismo rural se aplica para abarcar de manera general, los elementos que componen cualquier actividad turística, dentro de un espacio rural, mientras que el agroturismo, es un concepto más específico, referente a una forma de turismo rural, que abarca una serie de actividades enfocadas a la explotación agropecuaria.

Aunque el agroturismo surge como una alternativa de turismo sostenible y responsable, y a su vez, genera nuevas formas de empleo, no se puede comparar económicamente con el turismo comercial. Aun así, este modelo se muestra como una fuente alternativa de ingresos para una determinada región.

“Sin embargo, a pesar de los resultados prometedores, conviene recordar que el agroturismo plantea unas exigencias formativas y técnicas particulares, y necesitaría más incentivos para su eficaz promoción” (Parra et al., 2006).

Es por esto, que la aplicación ARtour surge como una solución a lo planteado anteriormente en términos de invitar a la población, a que recurra a este tipo de turismo sostenible. Adicionalmente, el aplicativo contaría con una basta recopilación de información, presentada al usuario de manera didáctica, para que acceda al mundo del agroturismo, de las prácticas y técnicas, que dentro de él se desarrollan, para la producción sostenible de alimentos y la conservación del medio ambiente.

Si bien, ya se cuenta con una primera versión del aplicativo ARtour, que adicionalmente fue puesto a prueba por un grupo de personas específico, y presentó buenos resultados como queda evidenciado en el artículo (Garzón et al., 2020), es necesario recalcar, que esa primera versión, sólo era posible utilizarla en dispositivos móviles de alta gama, que permitieran cargar todos los elementos visuales del aplicativo y así poder garantizar, su óptima ejecución. Es por esto, que fue necesario realizar una revisión del proyecto, con elementos visuales más simples y refactorizando todo el código del proyecto, corrigiendo errores e implementando buenas prácticas de programación, para conseguir una aplicación más ligera, que pudiera correr en dispositivos móviles de gama media, y así lograr llegar a un mayor número de personas que la puedan utilizar.

La decisión de usar un videojuego de RA como medio para educar en conceptos como el agroturismo, ecoturismo y demás, es debido a sus ventajas en ganancias de aprendizaje y motivación, pero además de estas, también existe una muy importante, y es que la integración de sistemas de RA fomenta el “aprendizaje móvil”, el cual permite que los procesos de aprendizaje sean llevados a entornos de aprendizaje al aire libre, y provee a los usuarios con diferentes estrategias para adquirir conocimientos (Garzón et al., 2018).

# **OBJETIVOS**

## **Objetivo general**

Desarrollar una aplicación educativa con el uso de la tecnología de realidad aumentada, que permita al usuario capacitarse en temas de agroturismo y agricultura sostenible, enfocado en la acuaponía.

## **Objetivos específicos**

- Analizar las temáticas específicas que se incluirán en la aplicación, como también las tecnologías que se utilizarán.
- Diseñar el esquema de la aplicación, teniendo en cuenta el enfoque metodológico que se pretende utilizar, para facilitar al usuario el aprendizaje sobre agroturismo y acuaponía.
- Implementar la aplicación de agroturismo y acuaponía, y testearla con usuarios finales para verificar su correcto funcionamiento y analizar los resultados.

## MARCO TEÓRICO

Desde hace varios años, se ha contemplado la idea de incluir la tecnología de RA en la educación. Incluso en ese entonces, se veía el potencial que tecnologías como estas, podían tener en el ámbito académico. Hoy, son muchos los avances que se han logrado con respecto a esta tecnología, al punto de que ya poseemos acceso a ella en los dispositivos que utilizamos a diario, como, por ejemplo, los dispositivos móviles. Sin embargo, no debemos desconocer que la inclusión de estas tecnologías en las aulas de clase presenta un desafío tanto para los docentes, como para los estudiantes, al tener que acoplar un nuevo enfoque de estudio, a las metodologías que se vienen usando en el país durante muchos años.

Aprovechando el fácil acceso a esta tecnología, y a que actualmente los motores de desarrollo de videojuegos cuentan con la compatibilidad para soportarla, es que se pensó en una aplicación que pudiera contar tanto con un enfoque metodológico práctico, para los docentes y estudiantes, y a su vez, que contara con esta herramienta, que posibilita el aprendizaje y la visualización de los contenidos que se pretenden enseñar a las personas que visiten destinos turísticos ecológicos, o que deseen aprender sobre turismo sostenible.

“Cuando se habla de sostenibilidad y su implicación en el plano del turismo, es necesario revisar la vinculación cultura turismo, binomio que propone una mirada global, y obliga a las sociedades modernas a no superar los límites de la naturaleza, cuando se intentan satisfacer las necesidades económicas de los individuos o de los pueblos. Si el desarrollo sostenible tiene como aspiración satisfacer las necesidades actuales de las presentes generaciones sin poner en peligro la capacidad de hacer frente a las necesidades de las futuras generaciones, es imprescindible reconocer la contribución que las personas y comunidades, con sus costumbres y estilos de vida aportan a la experiencia turística y a la perpetuidad de las formas y expresiones culturales “ (*El Agroturismo, Una Visión Desde El Desarrollo Sostenible*, 2021).

### Historia de los videojuegos

La historia de los videojuegos está cercanamente relacionada a la evolución de la computadora, en los años 1950, computadoras gigantes, del tamaño de cuartos enteros, eran capaces de resolver problemas aritméticos relativamente simples. No se pensaba en la posibilidad de jugar en ellas. Aun así, en las universidades de los Estados Unidos, mentes creativas desarrollaron juegos de computadora simples. Sin embargo, estas invenciones no estaban pensadas para el entretenimiento, sino para demostrar cómo funcionaba la tecnología. *Tennis for Two*, que apareció en 1958. Fue el primer videojuego programado puramente para el entretenimiento. El juego, consistía en un monitor para una pieza de equipamiento, en el cual dos personas eran capaces de batear un punto de luz. Fue presentado en una exhibición de tres días. Adolescentes, hacían fila para mirar y probar el juego. Después de eso, *Tennis for Two* fue olvidado por 20 años, pero hoy en día, es considerado como el primer video juego de la historia (*The History of Video Games*, 2021).

Hoy en día, los videojuegos, se han establecido como una industria con un nivel de importancia similar o incluso superior al que tienen la industria del cine o la música, y que continúa creciendo constantemente. Anualmente los videojuegos generan ganancias de miles de millones de dólares y con crecimiento cada año, algunas de las empresas de más importantes del sector de la tecnológica han incursionado en este mundo, como por ejemplo, Microsoft y su consola Xbox o Google con Stadia.

### **Videojuegos como medio para entretener**

En un principio, los videojuegos fueron pensados como un medio de entretenimiento, posicionándose hoy, como uno de los mayores generadores de ingresos. Cada año, son publicados nuevos títulos, con avances tecnológicos o mecánicas de juego, que revolucionan a las publicadas el año anterior.

Se ha generado toda una cultura alrededor de los videojuegos: Ahora, una persona puede cargar videos jugando videojuegos a diferentes plataformas de videos como YouTube, Facebook Gaming o Twitch, y generar millones de visitas. También, la creación de los Esports, donde a través de competiciones oficiales de diferentes títulos, los participantes demuestran quién es el mejor en cada uno de ellos, considerando a los miembros de equipos de Esports como atletas, teniendo beneficios como patrocinios y contratos profesionales para jugar videojuegos.

A pesar de que aún hay muchas personas que consideran los videojuegos como una pérdida de tiempo, y que solo afectan negativamente a las personas, en los últimos años han empezado a ser más aceptados en la sociedad, debido a que se ha comprobado que, desde una edad temprana, ayudan a los niños a desarrollar habilidades como el razonamiento lógico, y a apoyarlos en el aprendizaje de aspectos relacionados con la toma de decisiones de manera más rápida, teniendo un impacto muy positivo en el desarrollo del niño

### **Videojuegos como medio para educar**

A pesar de que inicialmente los videojuegos fueron ideados con orientación al ocio y el entretenimiento, se ha demostrado que tienen varios beneficios para el desarrollo de las habilidades cognitivas de sus usuarios. Hay investigaciones que demuestran efectos positivos de los videojuegos con larga duración, en procesos mentales tales como: la percepción, la atención, la memoria y la toma de decisiones. La mayoría de las investigaciones, involucran a los efectos de video juegos de acción. Esto, porque son juegos que requieren que los jugadores, se muevan de manera rápida, llevar un registro de varios objetos a la misma vez, tener una buena cantidad de información en su mente y tener que tomar decisiones en muy poco tiempo. Muchas de estas habilidades mencionadas, son precisamente lo que los psicólogos consideran los componentes básicos de la inteligencia (*Sudbury Blog - Mountain Laurel Sudbury School, 2021*).

Además, no solo tienen beneficios en las habilidades cognitivas, sino que pueden ser grandes herramientas para educar a personas de diferentes edades, trasfondos y niveles de educación en diferentes temáticas.

Investigaciones, han descubierto que los videojuegos poseen componentes que permiten el desarrollo de individuos, al usar las teorías de la motivación y el aprendizaje. Por un lado, la teoría de la motivación tiene como pilar fundamental, que una tarea tenga suficiente atractivo o motivación para promover el aprendizaje, cosas que se dan en los videojuegos, al alcanzar el nivel máximo o al superar niveles. Por otro lado, la teoría del aprendizaje tiene como punto clave, que la capacidad humana de emplear símbolos permite representar los fenómenos, analizar su experiencia consciente, planear, imaginar y actuar de manera previsoramente. Esto se puede ver en algunos videojuegos, donde se plantean diferentes retos al jugador como puzzles, que exigen la interacción con diferentes partes del escenario, para ser resueltos y poder superar el nivel (Núñez-Barriopedro et al., 2020).

### **Realidad Aumentada (RA)**

La RA, integra objetos virtuales en 3D en el entorno real y en tiempo real. La RA, se acopla cada vez más a la sociedad actual, y tiene aplicaciones en diferentes medios como el entretenimiento, la medicina y el ámbito militar.

El término de RA es una variación del término de entorno virtual (EV), en el cual el usuario se sumerge completamente en el mundo virtual. A diferencia de esto, la RA suplementa la realidad, superponiendo objetos virtuales en ellas.

La RA, es una tecnología que complementa la percepción e interacción con el mundo real, y permite al usuario estar en un entorno real aumentado, con información adicional generada por el ordenador. Esta tecnología, está introduciéndose en nuevas áreas de aplicación, como son entre otras, la reconstrucción del patrimonio histórico, el entrenamiento de operarios de procesos industriales, marketing, el mundo del diseño interiorista y guías de museos. El mundo académico, no está al margen de estas iniciativas, y también ha empezado a introducir la tecnología de la RA en algunas de sus disciplinas. Sin embargo, el conocimiento y la aplicabilidad de esta tecnología en la docencia son mínimos; entre otros motivos, se debe a la propia naturaleza y estado de desarrollo de dicha tecnología, así como también a su escasa presencia en los ámbitos cotidianos de la sociedad. El desarrollo de iniciativas en la utilización de esta tecnología en la educación y su divulgación, contribuirán a su extensión en la comunidad docente.

Se podría definir la RA, como cualquier sistema que tiene las siguientes características:

- Combina lo real y lo virtual
- Es interactivo en tiempo real
- Está registrado en tres dimensiones

A hoy, la RA toma cada vez más fuerza, y se utiliza cada vez más, en diferentes tipos de aplicaciones. Algunos ejemplos de productos exitosos que han usado la RA son el videojuego de Pokémon GO, que la utiliza como una de sus mecánicas principales.

### **Aplicación móvil**

“Una aplicación móvil es un programa que usted puede descargar y al que puede acceder directamente desde su teléfono o desde algún otro aparato móvil – como por ejemplo una tablet o un reproductor MP3” (*Aplicaciones móviles: Qué son y cómo funcionan | FTC Información para consumidores*).

“Una aplicación móvil, o app (en inglés) es una aplicación informática diseñada para ser ejecutada en dispositivos móviles (Smartphone, Tablet, etc). Por lo general se encuentran disponibles a través de plataformas de distribución, operadas por las compañías propietarias de los sistemas operativos móviles como GooglePlayStore de Google para Android, APPStore de Apple para iOS, BlackBerry OS, WindowsStore de Microsoft para Windows Phone, entre otros. Existen aplicaciones móviles gratuitas y otras de pago” (Herazo, 2020).

Existen diferentes tipos de aplicaciones móviles:

- **Aplicaciones web:** Son aplicaciones de software que se comportan de manera similar a las aplicaciones móviles nativas funcionan en dispositivos móviles, con la diferencia que estas usan navegadores web para ejecutarse.
- **Aplicaciones nativas:** Son aquellas que están desarrolladas para sistemas operativos específicos, como, por ejemplo, Android. Su ventaja frente a las aplicaciones web es que estas suelen tener un mayor rendimiento debido a que son desarrolladas teniendo en mente las características del sistema operativo donde serán usadas.

### **Vuforia**

Es una plataforma para que los desarrolladores puedan integrar fácilmente tecnologías de RA a sus aplicaciones, de manera que cualquiera pueda hacer uso de ella y utilizarla para un propósito en específico.

“Vuforia es un kit de desarrollo (SDK) orientado a la RA para el motor de videojuegos Unity. Las aplicaciones que pueden desarrollarse entrelazan la realidad con un mundo virtual mediante el uso de un «lente mágico» (generalmente imágenes patrones). Vuforia ofrece las siguientes características:

- Reconocimiento de Texto
- Reconocimiento de Imágenes
- Rastreo robusto. (el objetivo fijado no se perderá tan fácilmente incluso cuando el dispositivo se mueva)
- Detección y rastreo simultáneo de Targets (Objetivos)

- Detección Rápida de los Targets (Objetivos)” (*Introducción a Vuforia (Realidad aumentada)* – Taban).

Así pues, Vuforia ofrece el tipo de elementos necesarios para el enfoque de este aplicativo, al permitir enfocar códigos QR para mostrar en pantalla elementos relacionados con la hidroponía, la acuaponía, ecoeducación y piscicultura, convirtiéndose en una herramienta clave para el aplicativo ARtour V2.

### **Acuaponía**

La acuaponía es un sistema de producción cerrado que integra la técnica de la acuicultura con la hidroponía, es decir, es una combinación de la producción de peces y la producción de hortalizas sin necesidad de un suelo (tierra) reemplazando este último solamente por agua.

“La acuaponía es un sistema sostenible de producción simultánea de plantas y peces que combina la acuicultura tradicional (cría de animales acuáticos) con el cultivo hidropónico (cultivo de plantas sin sustrato sino en agua con nutrientes disueltos) en un medioambiente simbiótico en el que las plantas se benefician de los peces y viceversa” (Díaz, 2020).

“En términos generales se trata de generar un sistema en el cual los desechos orgánicos producidos por algún organismo acuático (generalmente peces) son convertidos, a través de la acción bacteriana, en nitratos, que sirven como fuente de alimento para plantas” (Ramírez et al., 2017) .

### **Turismo**

Acorde a la Organización Mundial del Turismo (OMT), el turismo se define como: “un fenómeno social, cultural y económico, que supone el desplazamiento de personas a países o lugares fuera de su entorno habitual por motivos personales, profesionales o de negocios. Esas personas se denominan viajeros (que pueden ser o bien turistas o excursionistas; residentes o no residentes) y el turismo abarca sus actividades, algunas de las cuales suponen un gasto turístico” (*Glosario de Términos de Turismo | OMT, 2021*).

El turismo puede ser promotor de los aspectos históricos y culturales de una determinada región, así como también constituye una parte fundamental de la economía a nivel regional, departamental y nacional, como se expresa en el libro “Introducción al Turismo: el turismo se ha considerado generalmente como una exportación de una región o nación hacia el lugar de destino (país receptor, lugar de acogida), en el que se genera renta, se favorece la creación de empleo, se aportan divisas que ayudan a equilibrar la balanza de pagos, se aumentan los ingresos públicos y se fomenta la actividad empresarial” (Amparo Sancho COLABORAN Dimitrios Buhalis Javier Gallego Jaime Mata Susana Navarro Estefanía Osorio Aurora Pedro Sergio Ramos Paz Ruiz, 2021).

## **Agroturismo**

El agroturismo, es una de las modalidades del turismo en espacios rurales, en el que se incluyen el turismo rural, el ecoturismo y el turismo de aventura, entre otros. De acuerdo con la definición de la OMT, citada por Barrera (2006), el agroturismo es la actividad que se realiza en explotaciones agrarias (granjas o plantaciones), donde los actores complementan sus ingresos con alguna forma de turismo en la que, por lo general, facilitan alojamiento, comida y oportunidad de familiarización con trabajos agropecuarios (Riveros & Blanco, 2020).

## **DISEÑO METODOLÓGICO**

El desarrollo del proyecto se basará en las guías del modelo de diseño instruccional ADDIE. Este modelo, sugiere 5 etapas de trabajo que guían el desarrollo de cualquier recurso educativo digital de la siguiente manera:

- **Análisis**: En esta etapa, se define el público objetivo del recurso, sus necesidades especiales y los conocimientos previos necesarios para utilizar el recurso.
- **Diseño**: En esta etapa, se establecen los objetivos del recurso, que tipo de contenidos albergará y la estructura general.
- **Desarrollo**: En esta etapa, se realiza la construcción de los contenidos que albergará el recurso. Se traducen la estructura y los contenidos definidos, en lenguajes de programación que serán visualizados por los usuarios finales.
- **Implementación**: Esta etapa, hace referencia a la entrega oficial del recurso a los usuarios finales para su uso.
- **Evaluación**: Esta etapa, sirve para definir la validez del recurso desarrollado. Implica dos subetapas, la Evaluación Formativa, durante el proceso de creación, y la Evaluación Sumativa, al final del proceso de creación.

Durante el desarrollo de la aplicación. Se utilizarán las tecnologías de Unity y Vuforia anteriormente referenciadas. Estas, proveen un espacio de trabajo más óptimo, y brindan más herramientas que facilitan el desarrollo, y la resolución de problemas que se puedan presentar durante la codificación. Además Vuforia, suministra el componente de RA, que se requieren para la aplicación.

### **Modelo ADDIE**

El modelo ADDIE, es un modelo de Diseño Instruccional, que se representa como un flujo de procesos que se relacionan entre sí. Está compuesto por cinco etapas: Análisis, Diseño, Desarrollo Implementación y Evaluación, las cuales se explican a continuación:

- **Análisis**: Esta etapa consiste en identificar todas las variables que deben tenerse en cuenta al diseñar el software, tales como las características del alumno, el conocimiento previo de los alumnos, los recursos disponibles, etc.

En el análisis, se revisaron las diferentes herramientas que podían haber sido de utilidad para el desarrollo y mejoramiento de la aplicación, así como una identificación inicial de cuáles eran los principales aspectos para corregir, para que el rendimiento de esta fuera óptimo. Además, se hizo un modelado de los requisitos de usuario y requisitos del

sistema. El análisis se puede encontrar de manera más detallada posteriormente en el documento.

- **Diseño:** Esta etapa consiste en la identificación de los objetivos de aprendizaje para el software y cómo se crearán y diseñarán los materiales (por ejemplo, puede incluir la descripción de las áreas de contenido que se deben incluir, y el guion gráfico que defina qué contenidos se presentarán en formato de texto, audio y video y en qué orden), y decidir sobre la elección y el uso de la tecnología, como un LMS, video o medio social.

En el diseño, se definió el flujo de escenas que tendría el aplicativo, mediante un mapa de navegación, esquematizando cada escena, con su flujo y las acciones necesarias para avanzar o retroceder entre las mismas. Adicionalmente se definieron los componentes principales que integrarían el sistema y la manera en que el aplicativo sería desplegado dentro de los dispositivos móviles. El diseño se puede encontrar de manera más detallada posteriormente en el documento.

- **Desarrollo:** Esta etapa consiste en la creación de contenidos, que incluye la decisión de si será tercerizado, la tramitación de los derechos de autor para los materiales de terceros, la carga de contenido en un sitio web, etcétera.

En esta sección, se agregaron las gráficas de cada una de las escenas, con descripciones de las acciones que se pueden realizar en ellas. El desarrollo se puede encontrar de manera más detallada posteriormente en el documento.

- **Implementación:** En esta etapa se realiza la distribución del software, que incluye cualquier formación previa o capacitación del personal que brinda apoyo al estudiante, y evaluación de los alumnos. La implementación se puede encontrar de manera más detallada posteriormente en el documento en el apartado de evaluación.
- **Evaluación:** En esta etapa, se realiza la retroalimentación, los datos se analizan para identificar las áreas que requieren mejoras.

En el apartado de resultados, se recogen tanto el ítem de implementación como el de evaluación. En este, se compara el rendimiento de cada una de las escenas entre la primera versión de ARTour V2 y la versión que se desarrolló en este trabajo de investigación, en las que se evidencian grandes mejoras, principalmente, en el aspecto de FPS. Adicionalmente, se incluyeron los resultados de una encuesta de satisfacción, en la cual se evalúan diferentes puntos, como la facilidad de uso de la aplicación, su aspecto y otros elementos.

### **Descripción del recurso**

ARTour V2, es un aplicativo educativo, enfocado en el agroturismo, que tiene como fin, promover el aprendizaje acerca de temas como lo son la acuaponía, hidroponía, eco educación y piscicultura que tiene como características:

- Motivar e incentivar al usuario, a adoptar un comportamiento de conservación ambiental responsable.
- Cuenta a su vez con un componente de RA, el cual, pretende ofrecer una experiencia más inmersiva al usuario, complementada con elementos didácticos, para reforzar el aprendizaje.
- Cuenta con un sistema de ingreso, para usuarios nuevos o usuarios que previamente han utilizado la aplicación.
- Cuenta con dos tipos de experiencias: La experiencia en campo y la experiencia en casa. Ambas cuentan con los mismos elementos, con la excepción de que, si se escoge la experiencia en casa, el aplicativo te mostrará un enlace, en el cual se encuentran alojados todos los códigos QR, necesarios para el uso de la RA.
- Cuenta con un menú de mundos, en el cual los usuarios pueden escoger la temática en la que quieran profundizar su experiencia, sea acuaponía, eco educación, hidroponía o piscicultura.
- Cada uno de los mundos, cuenta con información específica referente a su área, así como también de modelos 3D que ejemplifica el tema en cuestión, para complementar la experiencia del usuario.
- Finalmente, el aplicativo cuenta con una serie de actividades didácticas, enfocadas en impactar y reforzar el aprendizaje en el usuario. Estas actividades, están relacionadas con las temáticas tratadas en la aplicación, palabras y conceptos claves mostrados a lo largo de la aplicación.

### **Análisis**

Las principales alternativas que se consideraron en cuanto a la selección del motor de videojuegos para la aplicación eran Unity y Unreal Engine, cada uno de estos con ciertas ventajas frente al otro.

Algunas de las diferencias existentes entre Unity y Unreal Engine (UE) son:

- En cuánto el tema de los gráficos 3D, ambos motores los soportan, siendo UE un poco superior.
- Ambos motores tienen soporte para realidad aumentada, aunque, Unity tiene una mayor integración con esta, lo cual, permite más facilidad a la hora de implementarla en un proyecto.
- Es posible desarrollar aplicativos para dispositivos móviles en ambos motores, pero como se menciona en el primer punto, UE tiene una mayor calidad gráfica para videojuegos en 3D, esto conlleva un mayor consumo de recursos del dispositivo que se esté utilizando, por lo cual, Unity es más recomendado.
- Unity utiliza el lenguaje C# mientras que UE usa C++, en este caso es un tema de preferencia, debido a que ambos lenguajes cuentan con gran documentación.
- En cuanto al tema de coste de licencia, Unity ofrece de manera gratuita su licencia si las ganancias del proyecto son menores a 100.000 USD en el último año fiscal, mientras que

UE pide el 5% de las ganancias una vez estas hayan alcanzado 1.000.000 USD (*Frequently Asked Questions - Unreal Engine, 2021*).

Por algunas de las características mencionadas arriba se decidió optar por Unity para desarrollar la aplicación, algunas más que se tuvieron en cuenta son:

- Por su facilidad de uso, potencia y gran alcance debido a que puede exportar aplicaciones a múltiples plataformas para su uso.
- El lenguaje utilizado para llevar a cabo la construcción de los scripts es C#, el cual es un lenguaje de programación bastante utilizado y con bastante documentación disponible. El uso del motor es gratuito, bajo la condición de que los ingresos deben ser menores a 100.000 USD en el último año fiscal (*Activation - Personal - Unity, 2021*).
- Tiene una comunidad de usuarios bastante numerosa, lo cual permite encontrar con facilidad respuestas a problemáticas que se puedan encontrar durante el desarrollo
- Que el aplicativo a construir, funcionara en dispositivos de gama más baja.

Se realizó la revisión de la aplicación, para detectar cuales eran los principales factores que estaban afectando el rendimiento, lo que arrojó como resultado, que había gran cantidad de assets, que no eran necesarios, y otros con gran cantidad de polígonos, que, si bien eran muy bien logrados estéticamente, consumían muchos recursos en el dispositivo. Además, debido a que en el motor Unity es bastante común utilizar recursos creados por terceros que son obtenidos a través de la Asset Store, entre estos recursos pueden hallarse algunos que tengan scripts asociados, y puede que el código dentro no esté optimizado apropiadamente. Por eso, se decidió usar Sonarqube, el cual es una herramienta para evaluar el código, se analizaron los scripts, para corregirlos o acondicionarlos a las buenas prácticas de programación.

También, se utilizó Asset Hunter, para analizar las escenas construidas, e identificar fácilmente los elementos no utilizados, para posteriormente, eliminarlos, lo que disminuyó el tamaño del proyecto, esto queda evidenciado posteriormente en la sección de resultados.

Por último, se realizó el proceso de análisis, documentando en diagramas, los requisitos de usuario y los requisitos del sistema identificados. Cada requisito, cuenta en su interior con una descripción, están referenciados bajo un serial definido como “REQ-0###”, y cada uno representa las acciones y funciones que debe contener la aplicación. Toda esta información se puede ver en el archivo anexo de los diagramas del proyecto.

Requisitos de usuario

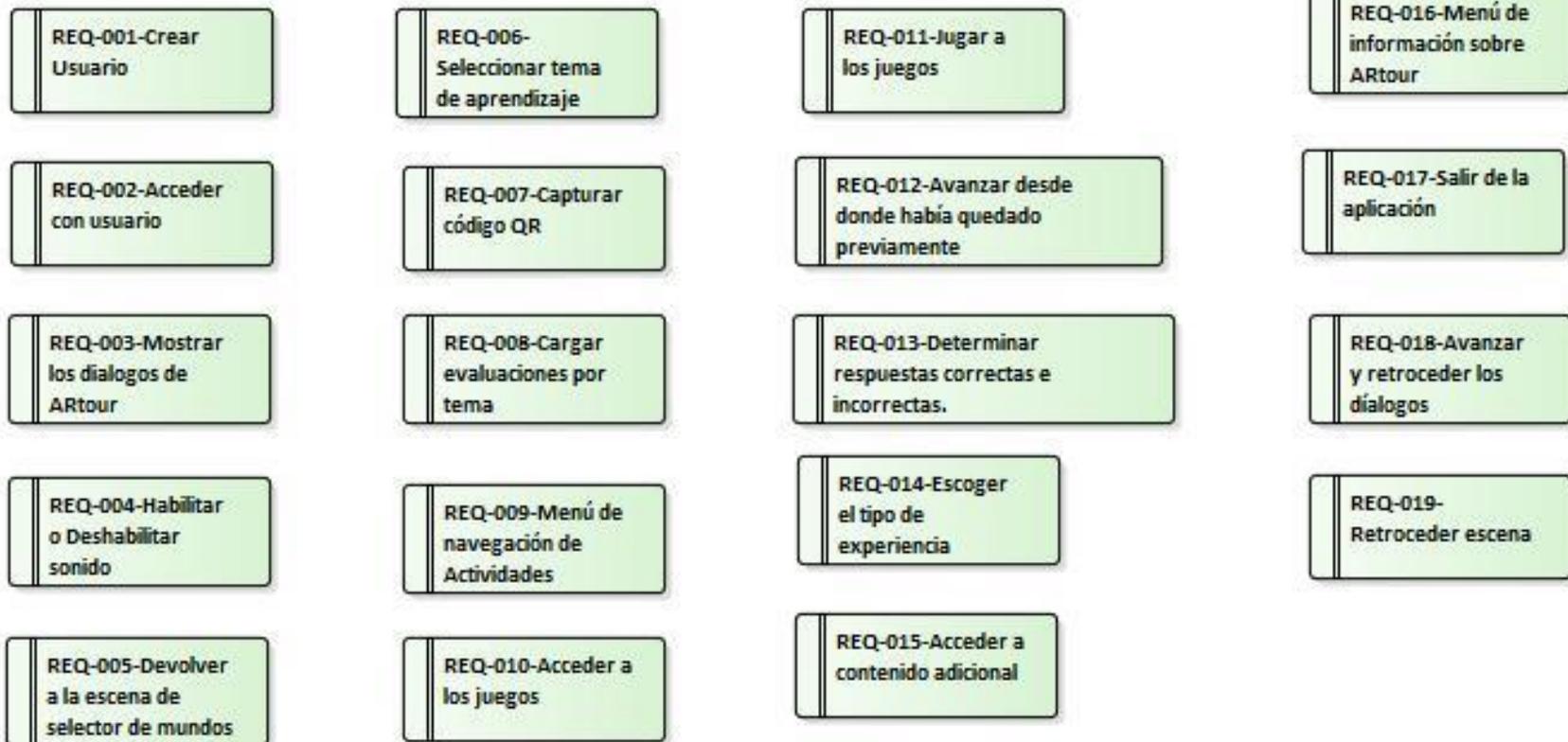


Figura 1: Diagrama UML de Requisitos de usuario.

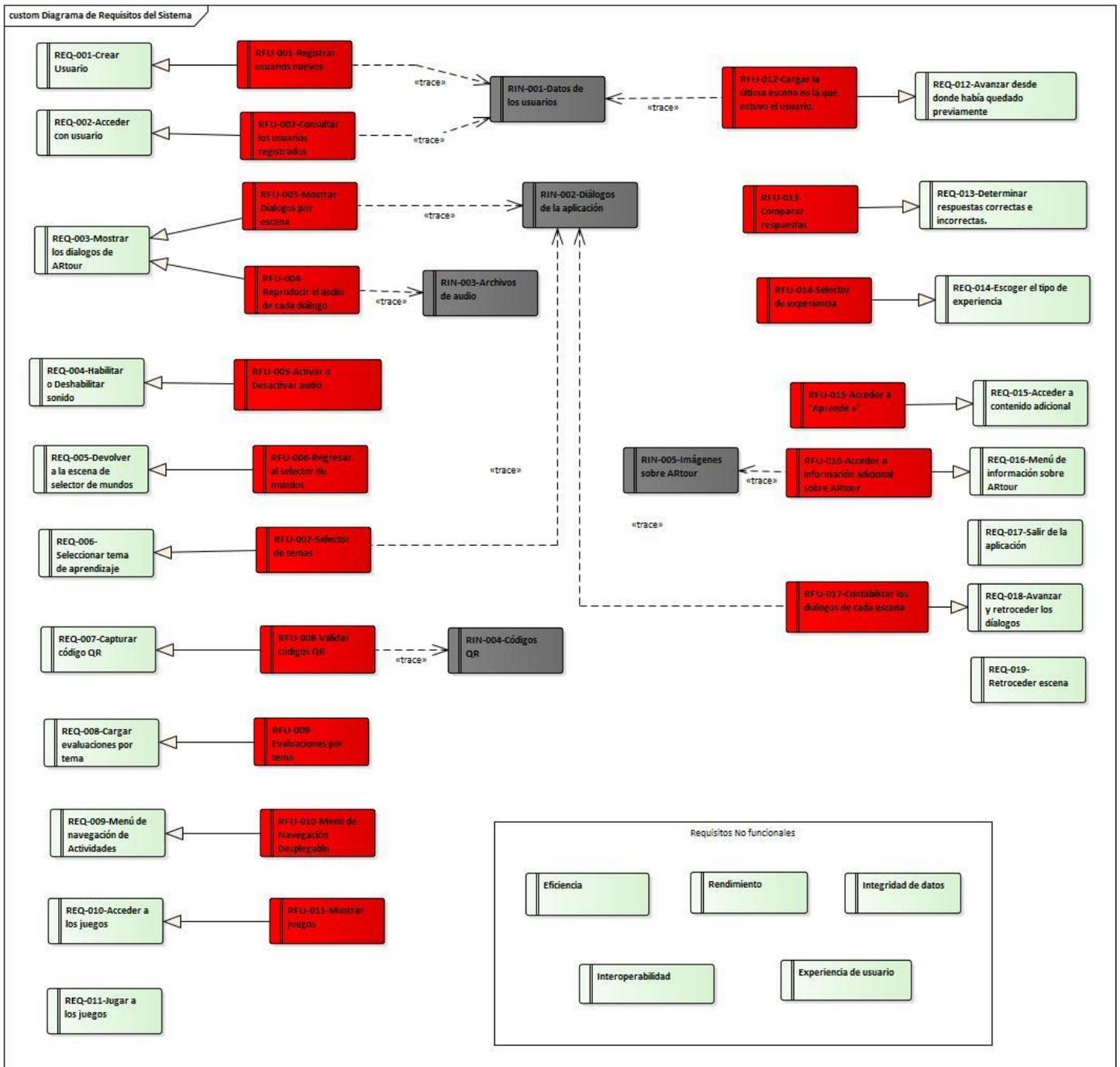


Figura 2: Diagrama de Requisitos del sistema.

## Diseño

El diseño del aplicativo está compuesto por la definición de los componentes de este, la estrategia de despliegue del aplicativo en los dispositivos móviles y el flujo de escenas que tendrá al momento de ejecutarse.

Inicialmente, se abordó el tema de los componentes del aplicativo. El aplicativo como tal, se encuentra representado como un archivo .apk, el cuál será ejecutado dentro del dispositivo móvil para instalar el aplicativo. Adicionalmente, se define la versión de Unity utilizada para el proyecto, la cual sostiene los elementos de la aplicación tanto visuales como funcionales, modelos 3D, audios, scripts y demás elementos que lo conforman. Finalmente, se define la versión de Vuforia, la cuál es una extensión del mismo Unity, encargada de manejar la realidad aumentada, la captura de los códigos QR y el uso de la cámara en el dispositivo móvil.

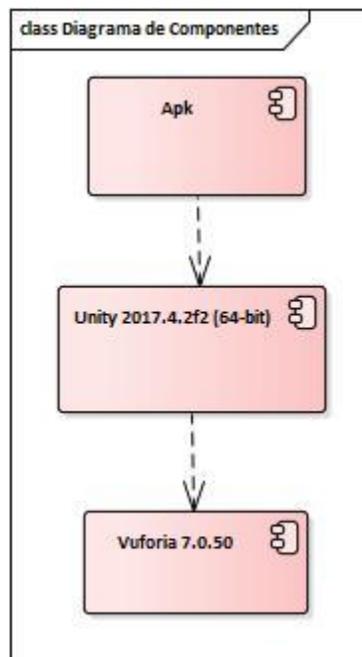


Figura 3: Diagrama UML de Componentes.

La estrategia de despliegue del aplicativo móvil se ve reflejada en el siguiente diagrama, que representa el dispositivo móvil del usuario final, con el archivo .apk y la base de datos local SQLite. De esta manera, queda definido el despliegue del aplicativo en los dispositivos móviles. El usuario final, tendrá dentro de su dispositivo móvil el archivo .apk, lo ejecutará para instalar el aplicativo y la base de datos, donde quedaran registrados los datos básicos que el usuario registrará al momento de ejecutar la aplicación.

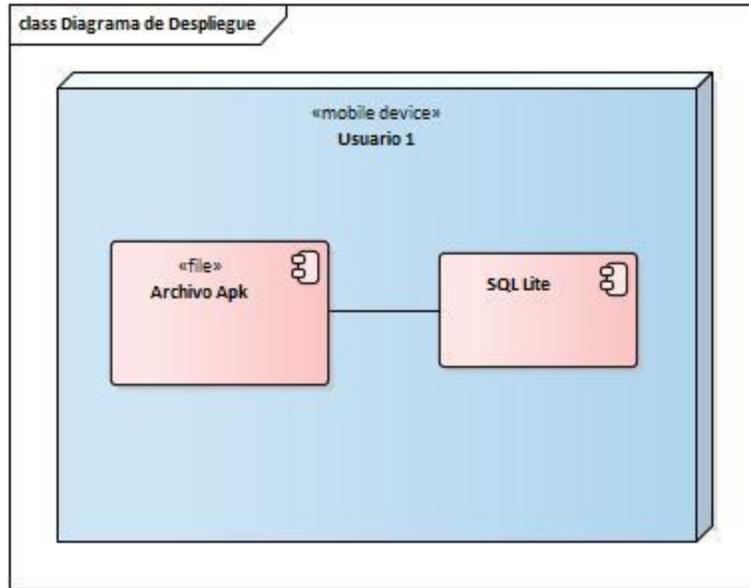


Figura 4: Diagrama UML de Despliegue.

El mapa de navegación diseñado para el aplicativo ARtour V2, muestra cada una de las escenas contenidas dentro del aplicativo, así como también los flujos que tendrá, y las acciones necesarias para navegar entre escenas.



## Desarrollo

A continuación, se mostrarán las escenas desarrolladas para el aplicativo ARtour V2, mostrando los elementos que contienen, los nombres de cada escena y el orden respectivo de las mismas dentro del aplicativo:



Figura 6: Escena "RegistroScene0".



Figura 7: Escena "RegistroScene1".

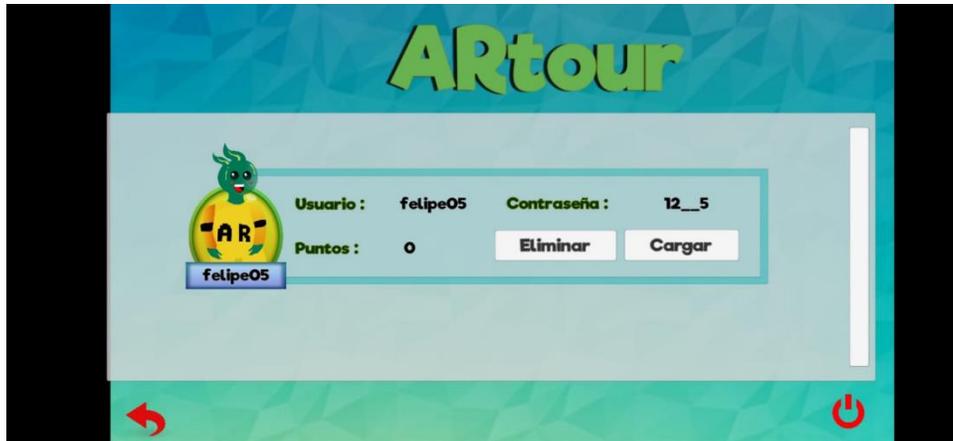


Figura 8: Escena "RegistroScene2".

El aplicativo, cuenta con tres escenas, dedicadas al ingreso del usuario, en las cuales él podrá crear un nuevo usuario, o acceder con alguno que ya haya creado con antelación.



Figura 9: Escena "Artour\_blender\_import".

Cuando el usuario ingresa el usuario y contraseña, continuará a una escena donde el personaje ARTour dará una breve introducción de la aplicación.



Figura 10: Escena "menu1".

A continuación, se presenta un menú, el cual dispone de dos opciones: experiencia en casa y experiencia en campo. Ambas opciones tienen enfoques diferentes, dependiendo de la experiencia que el usuario seleccione.

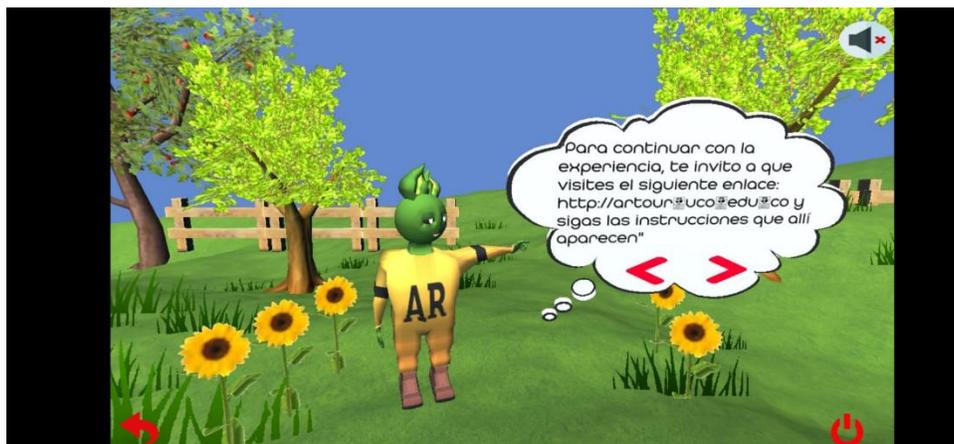


Figura 11: Escena "menu1\_info".

La diferencia crucial entre ambas opciones radica en que la experiencia en casa contiene una escena extra, la cual contiene un enlace, que redirigirá al usuario a una página web que incluye los códigos QR necesarios para que el usuario continúe la experiencia en el aplicativo.



Figura 12: Escena "Acuaponia1".

La siguiente escena, muestra un modelo ejemplificador de acuaponía e hidroponía, además de información extra de interés que sirve como introducción a los temas que se van a tratar.



Figura 13: Escena "mundos1".

A continuación, el usuario pasará a una escena que contiene cuatro opciones, las cuales contienen información específica de cada elemento que abarca el proyecto ArTour V2: Piscicultura, Acuaponía, Hidroponía y Eco educación.

Cada sección, utiliza la tecnología de Vuforia, para hacer más amigable el aplicativo para los usuarios, de tal manera que puedan usar la RA, para enfocar los códigos QR y acceder a la información y modelos 3D de los elementos respectivos de la opción que él escogió.

A continuación, se muestran las escenas de cada una las opciones:

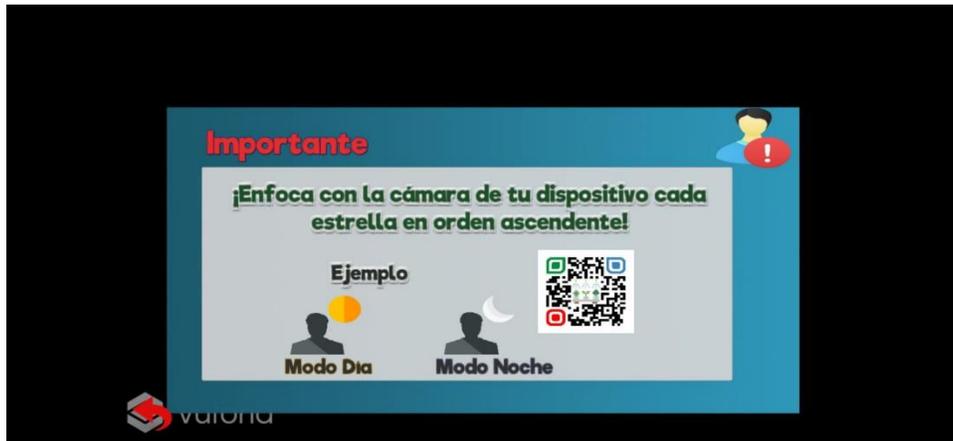


Figura 14: Escena para capturar el respectivo código QR de cada escena de RA.



Figura 15: Escena "AcuaRA1".



Figura 16: Escena "AcuaRA2".



Figura 17: Escena "AcuaRA3".



Figura 18: Escena "AcuaRA4".



Figura 19: Escena "Eco1".



Figura 20: Escena "Eco22".



Figura 21: Escena "Eco33".



Figura 22: Escena "Hidroponia1".



Figura 23: Escena "HidroponiaRA2".



Figura 24: Escena "Hidroponia3".



Figura 25: Escena "Hidroponia4".



Figura 26: Escena "Piscicultura1".



Figura 27: Escena "Piscicultura2".



Figura 28: Escena "Piscicultura3".



Figura 29: Escena "Piscicultura4".



Figura 30: Escena "Evaluacion".



Figura 31: Escena "ahorcado\_game".



Figura 32: Escena "ahorcado\_game", partida finalizada.



Figura 33: Escena "puzzlets".

Después de cada uno de los módulos de RA, es posible acceder a nuevas escenas que contienen diferentes actividades para probar los conocimientos adquiridos con cada uno de los módulos. Hay una actividad de evaluación con preguntas de selección múltiple, un juego de "Ahorcado" con palabras claves respectivas al módulo estudiado y otra actividad de "Puzzlet", donde se deben ordenar piezas para formar una imagen.

## Resultados

Luego de realizar el proceso de análisis, diseño y desarrollo, se procedió a recopilar, comparar y analizar el funcionamiento del aplicativo ARtour V2 con su versión anterior, con el fin de evidenciar la mejoría en su rendimiento y performance en dispositivos móviles de gama baja y media.

Haciendo uso del Unity Profiler, se comparó la primera versión del proyecto junto con la versión final resultado de este trabajo de investigación, y con todos los cambios en pro del rendimiento realizados. Inicialmente, se identificó que el principal problema que tenía la primera versión era el rendimiento al renderizar cada una de las escenas que componen la aplicación, por lo cual el principal foco de atención fue mejorar este aspecto, pero sin dejar de lado otros elementos a optimizar como el código.

Para corregir el problema de rendimiento relacionado al renderizado, la primera acción que se tomó fue reducir la resolución de muchas de las texturas principales de la aplicación, pero lo que aumentó realmente el rendimiento, fue la remoción de algunos assets en las escenas con peor rendimiento, ya que éstos al ser muchos y algunos con un conteo de polígonos muy alto, repercutían de gran manera en el rendimiento en dispositivos móviles de menor gama.

También se puede ver evidenciada una mejora en la aplicación en cuanto al tamaño que ocupa (reducción de aproximadamente 61.5%), tanto el proyecto en Unity, como su respectiva Apk, los cuales tuvieron una significativa reducción de tamaño, al reducir los elementos, assets y texturas que se utilizaron en su versión original.

Adicionalmente, al finalizar el desarrollo, se realizó una encuesta de satisfacción en cuanto al rendimiento de la aplicación y el contenido que la misma muestra a 10 usuarios, a los cuales se les brindó una introducción de la aplicación y los elementos que la misma contiene. Los datos se recopilaron a través de un Google Form, y se promediaron.

## Escena: Acuaponía 1 antes y después

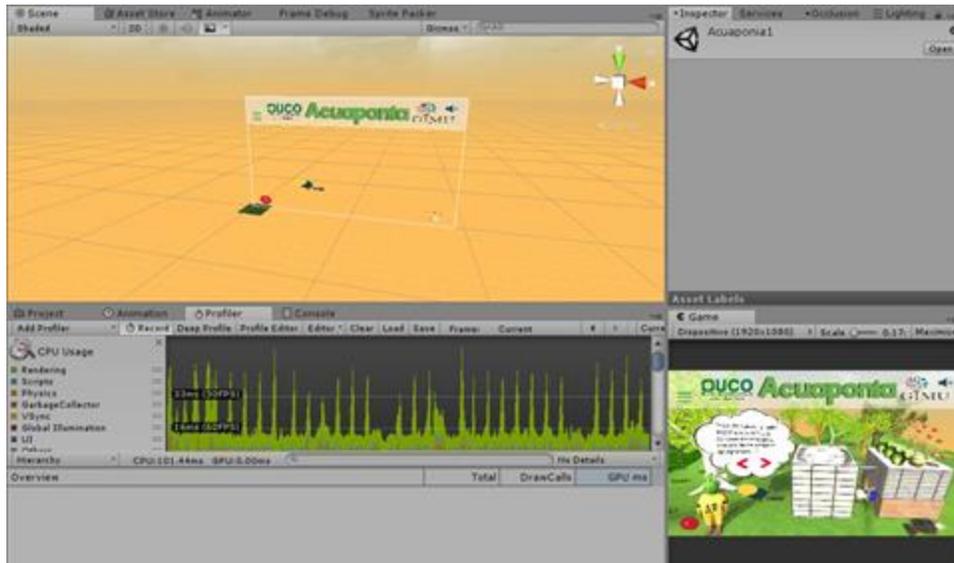


Figura 34: Escena "Acuaponía1" antes del Asset Hunter

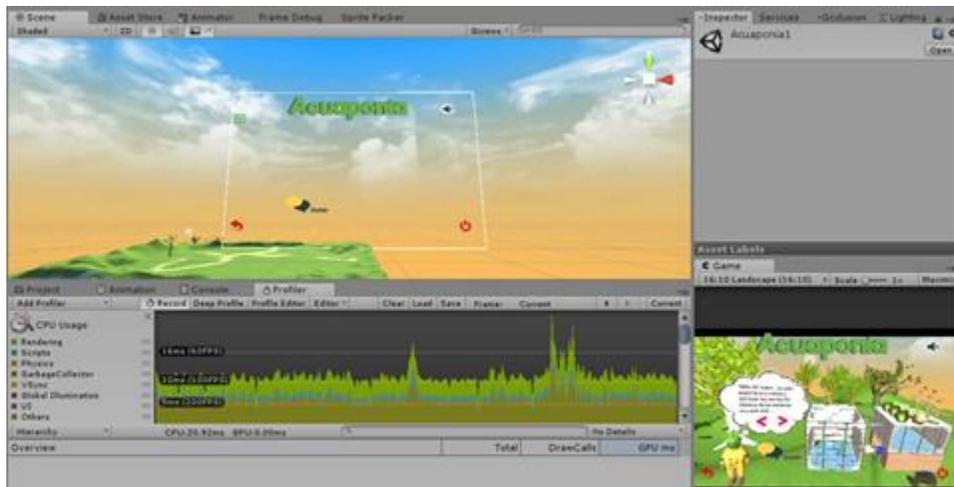


Figura 35: Escena "Acuaponía1" después del Asset Hunter.

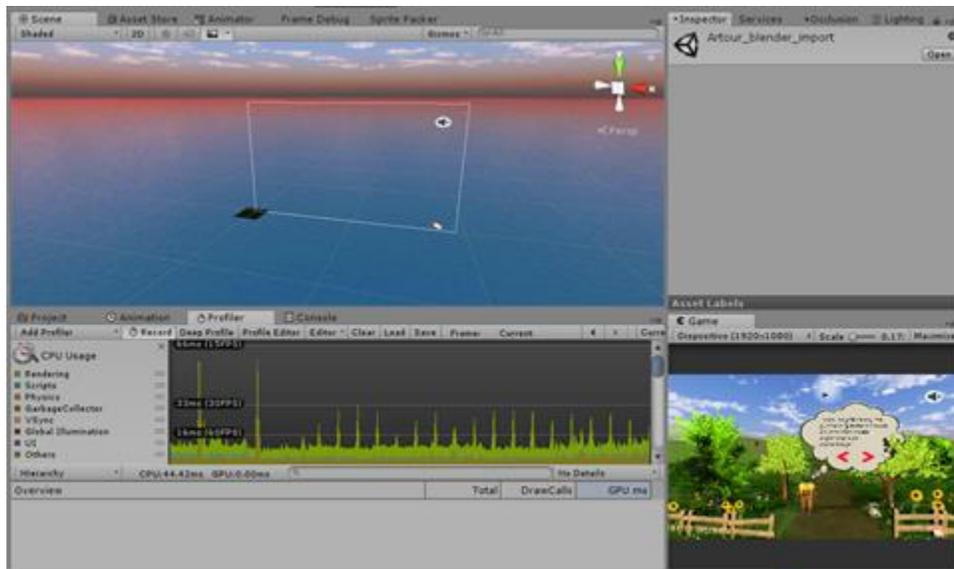


Figura 36: Escena "Artour\_blender\_import" antes del Asset Hunter.

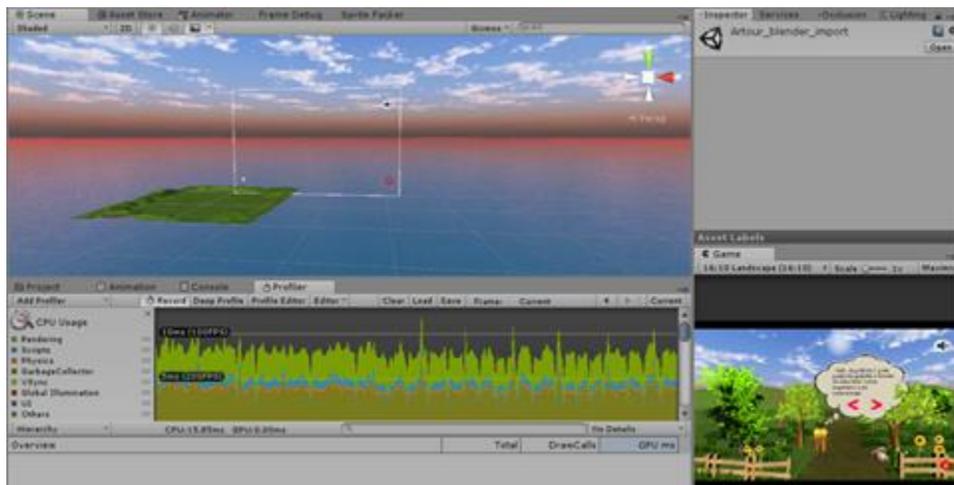


Figura 37: Escena "Artour\_blender\_import" después del Asset Hunter.

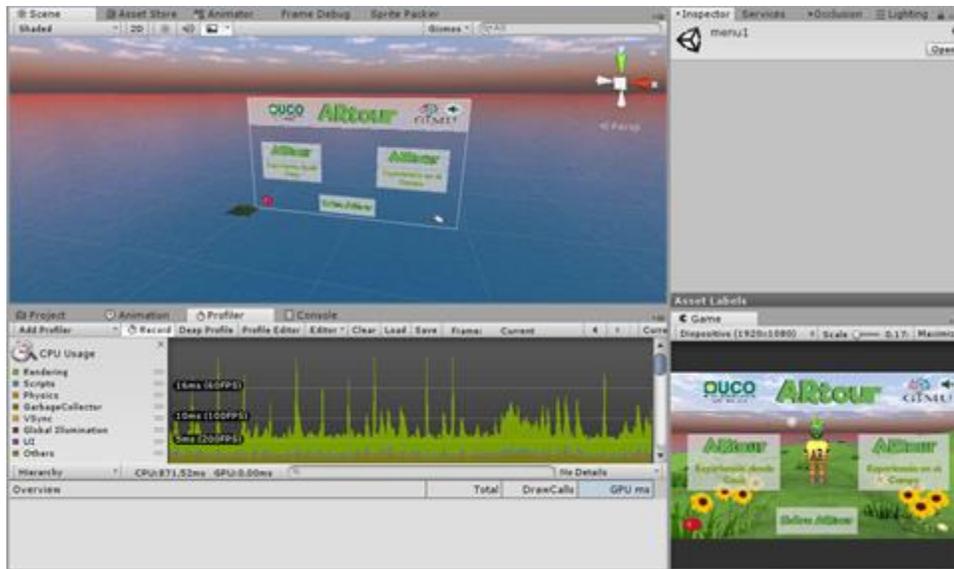


Figura 38: Escena "menu1" antes del Asset Hunter.

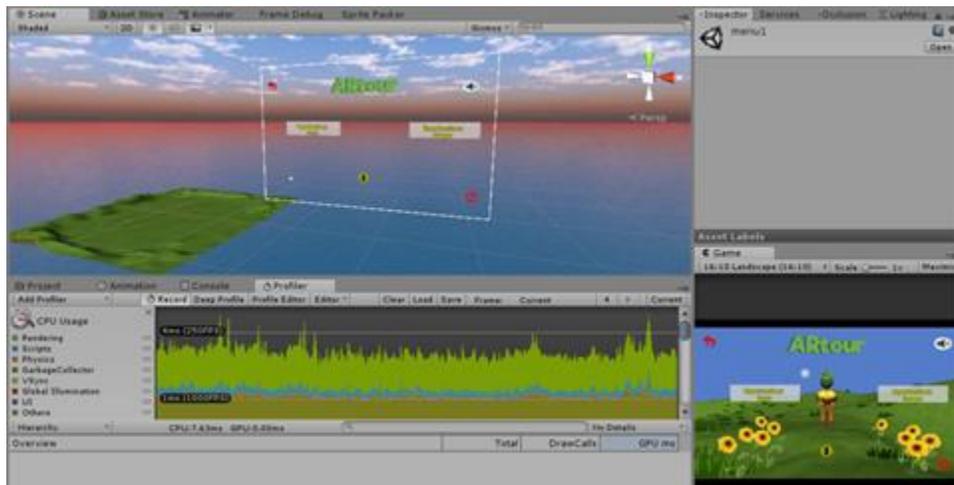


Figura 39: Escena "menu1" después del Asset Hunter.

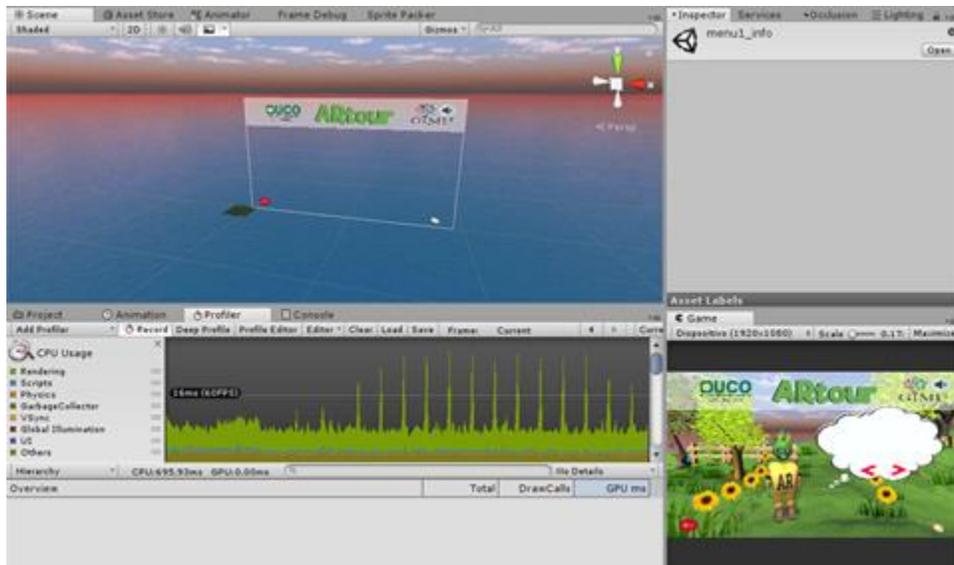


Figura 40: Escena "menu1\_info" antes del Asset Hunter.

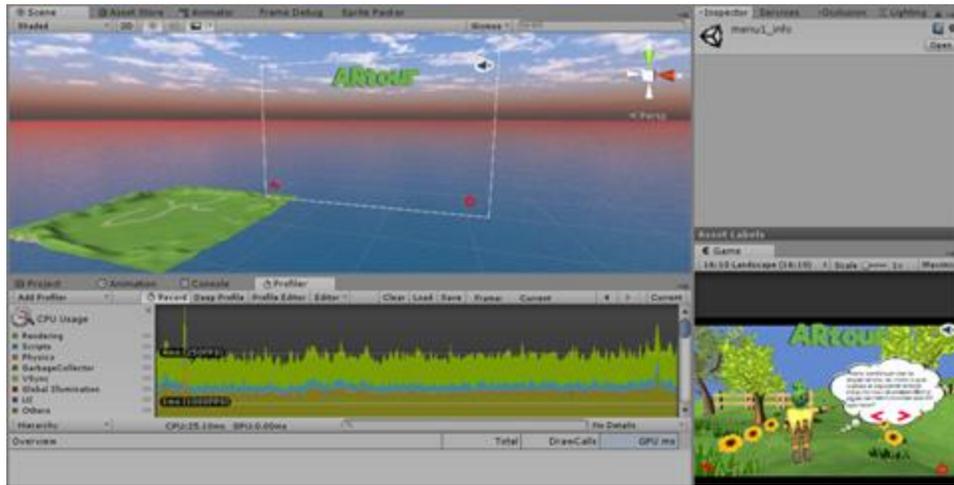


Figura 41: Escena "menu1\_info" después del Asset Hunter.

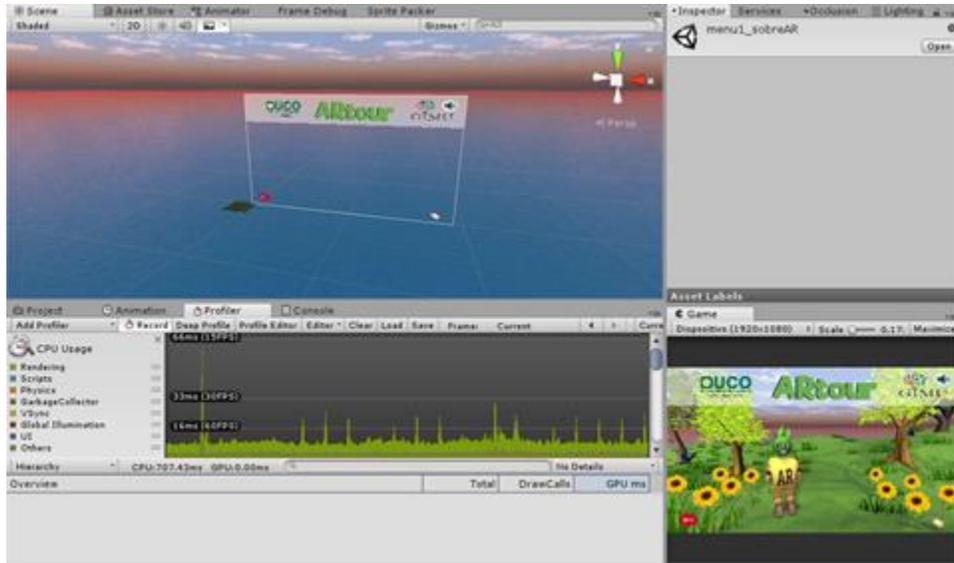


Figura 42: Escena "menu1\_sobreAR" antes del Asset Hunter.

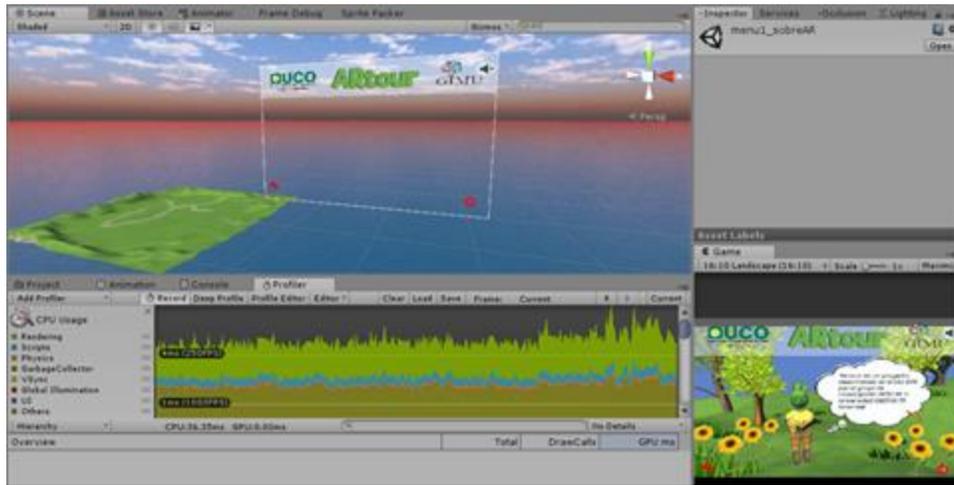


Figura 43: Escena "menu1\_sobreAR" después del Asset Hunter.

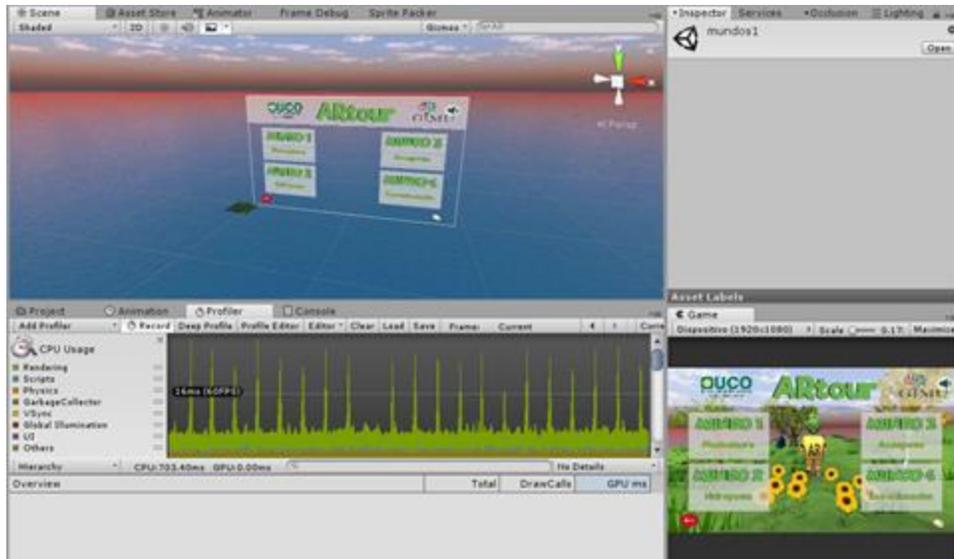


Figura 44: Escena "mundos1" antes del Asset Hunter.

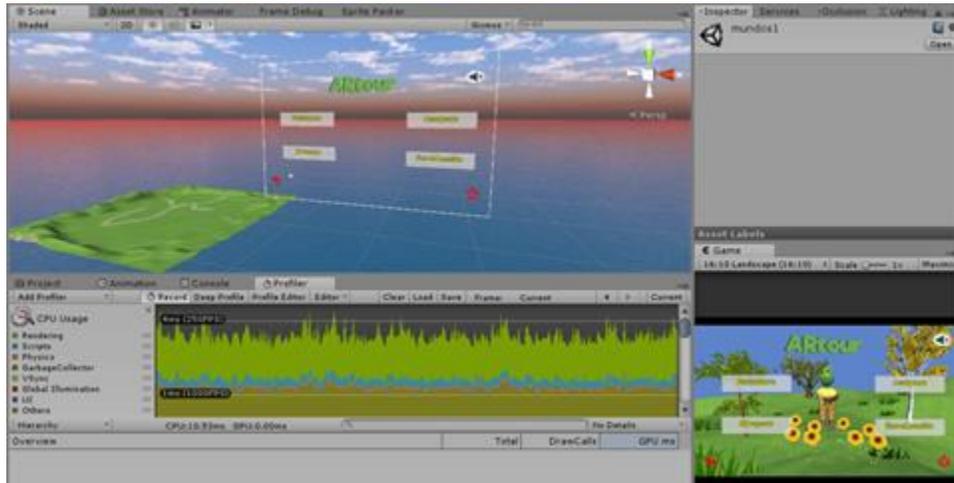


Figura 45: Escena "mundos1" después del Asset Hunter.

Como se puede observar, en cada una de las imágenes adjuntas, es bastante notoria la diferencia de rendimiento entre el antes y después. Algo que se puede evidenciar, es que los assets animados son los que más inflúan en el rendimiento de las escenas de aplicación, y al remover éstos, se ve reflejada la mejora en cada escena. Unity Profiler, muestra que los FPS luego de remover los assets, aumentan, y, además, tienen una mayor estabilidad. Esto se traduce en fluidez del juego.

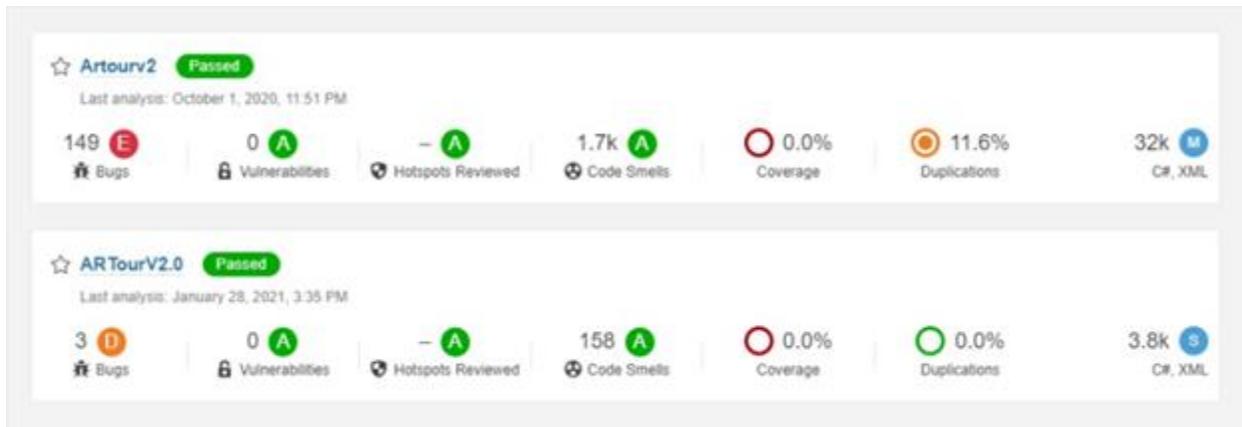


Figura 46: Análisis de código estático con Sonarqube.

Analizando la figura 46 la comparación entre los datos arrojados por el Sonarqube, el proceso realizado basado en el análisis estático de código muestra una significativa mejoría en el rendimiento y buena estructuración del código del proyecto, pasando de 149 bugs a solamente 3, reduciéndolos en un ~ 98%, y adicionalmente, se disminuyó el apartado denominado “Code Smells”, pasando de 1.700 a solamente 158, reduciéndolo en un ~91%, lo cual se traduce como una mejoría en las debilidades en diseño del código fuente. Este tipo de debilidades pueden afectar significativamente el desempeño del proyecto y pueden provocar errores graves al momento de ejecutarse y problemas a futuro al momento de mantener el código.

Los bugs y los code smells restantes fueron marcados como falsos positivos, y no afectaban la integridad o funcionamiento del código, por lo cual fueron obviados.

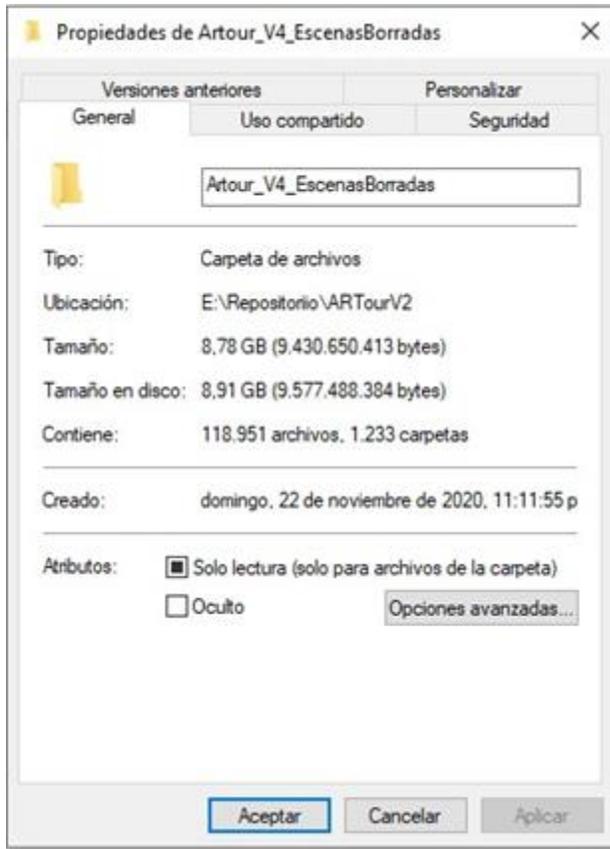


Figura 487: Proyecto ARtour antes de aplicar Asset Hunter

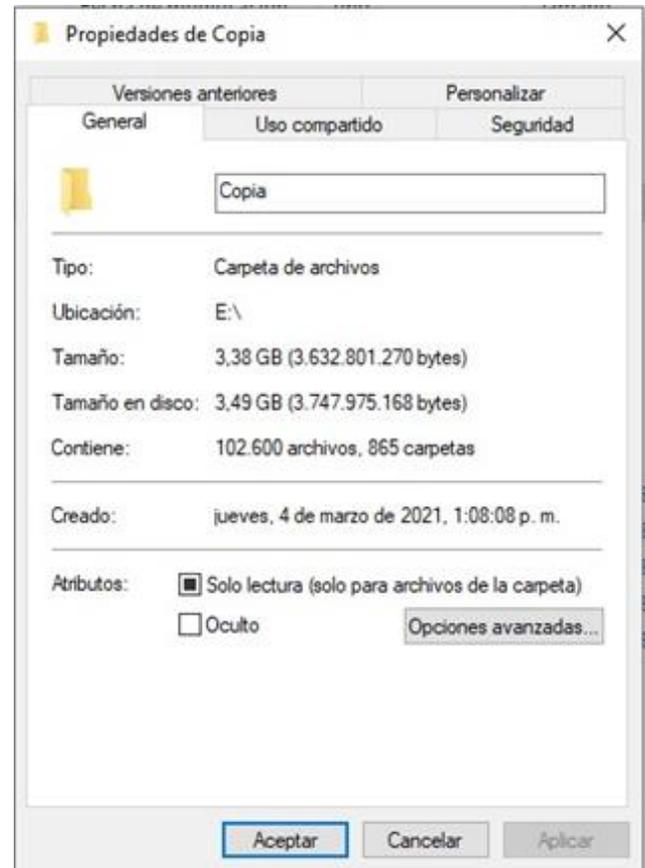


Figura 478: Proyecto ARtour V2 después de aplicar Asset Hunter

Por otro lado, como se muestra en las figuras 47 y 48, luego del proceso realizado con el análisis estático de código y Asset Hunter, se evidencia una reducción notable en el tamaño del proyecto, pasando de un tamaño de 8.78 GB a 3.38 GB, es decir, tuvo una reducción en tamaño del 61.5%.

A continuación, se mostrará la encuesta realizada a 10 personas sobre el uso del aplicativo ARtour V2, con los respectivos promedios de cada respuesta:

**Encuesta Satisfacción Aplicativo ARtour V2**

En la siguiente encuesta, se le realizarán 10 preguntas, relacionadas con la experiencia que usted tuvo como usuario, al utilizar la aplicación ARtour V2.

**\*Obligatorio**

Me sentí cómodo/a usando el aplicativo ARtour V2. \*

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Nada cómodo           Altamente cómodo

Es fácil navegar en la aplicación ARtour V2. \*

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Nada fácil           Altamente fácil

La información mostrada es precisa \*

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Nada precisa           Altamente precisa

La aplicación ARtour V2 me ha dado una impresión positiva acerca de Acuaponía, Escudulación, Hidroponía y Biocultivos. \*

Figura 49: Encuesta Satisfacción Aplicativo ARtour V2 en Google Forms.

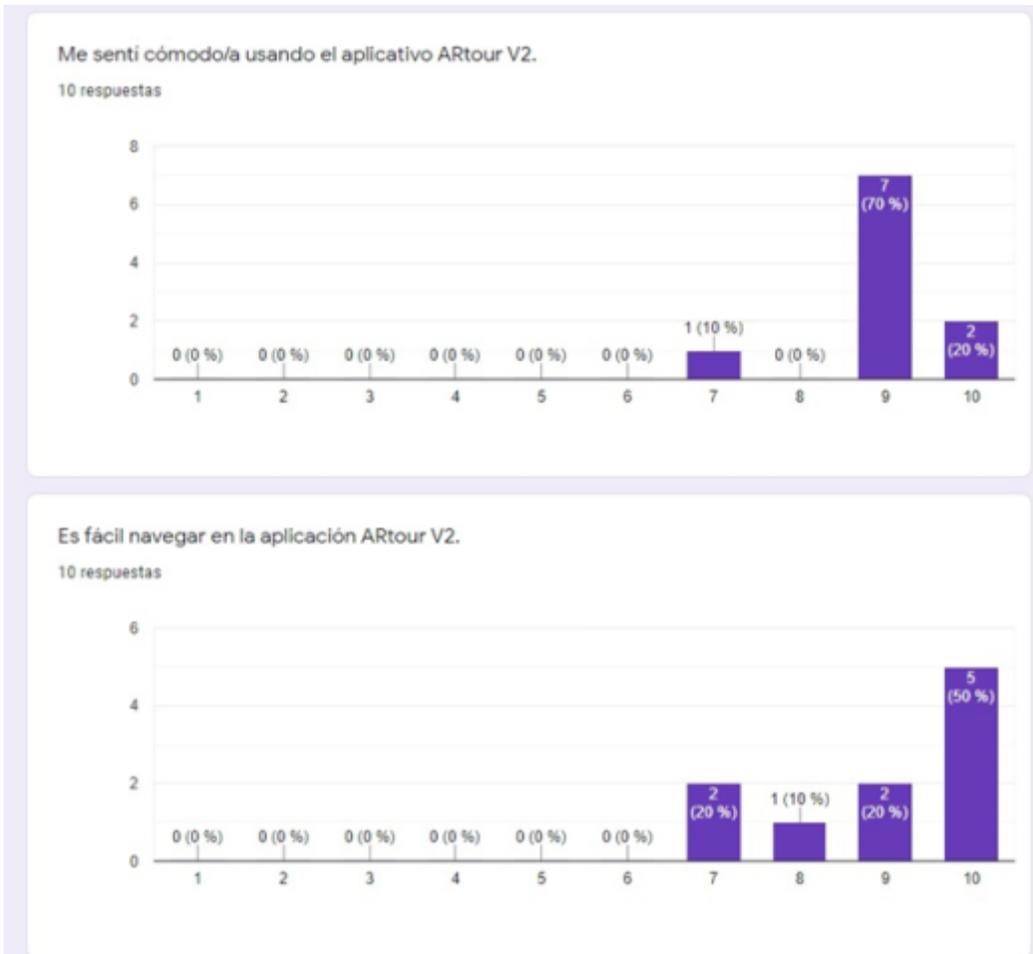


Figura 50: Promedio de las respuestas a las preguntas 1 y 2 de la encuesta de satisfacción del aplicativo ARtour V2.

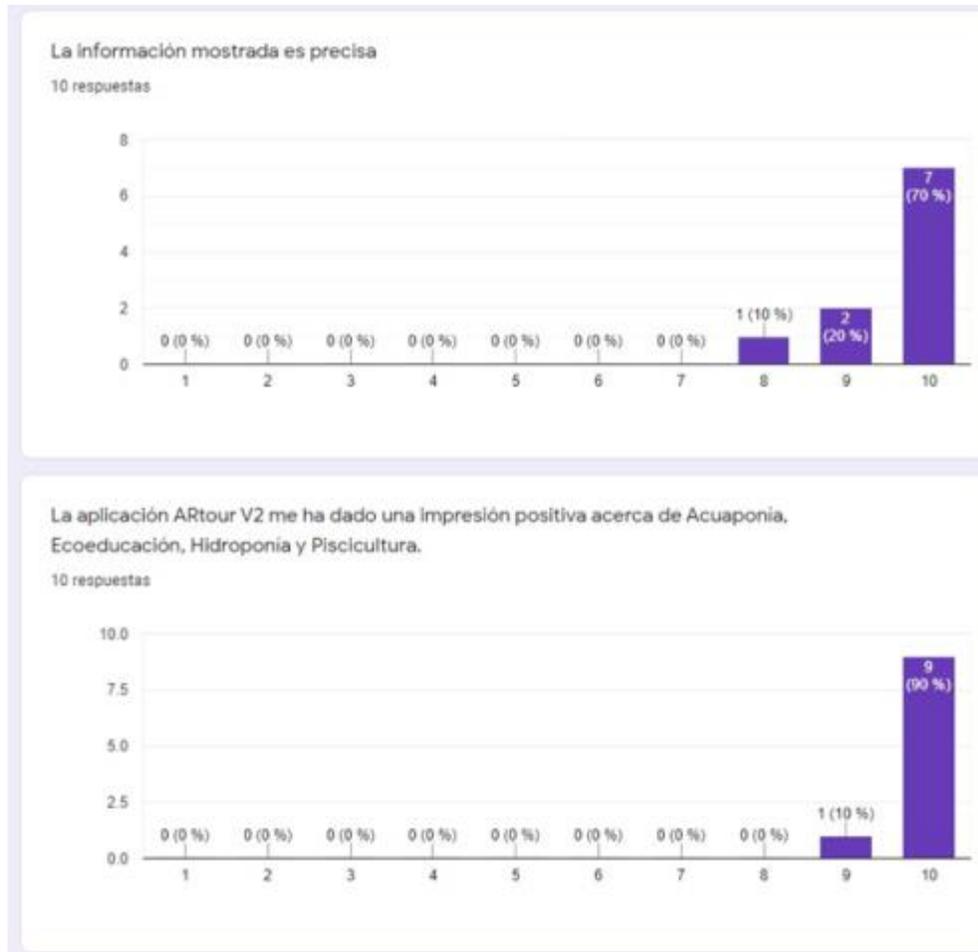


Figura 51: Promedio de las respuestas a las preguntas 3 y 4 de la encuesta de satisfacción del aplicativo ARtour V2.

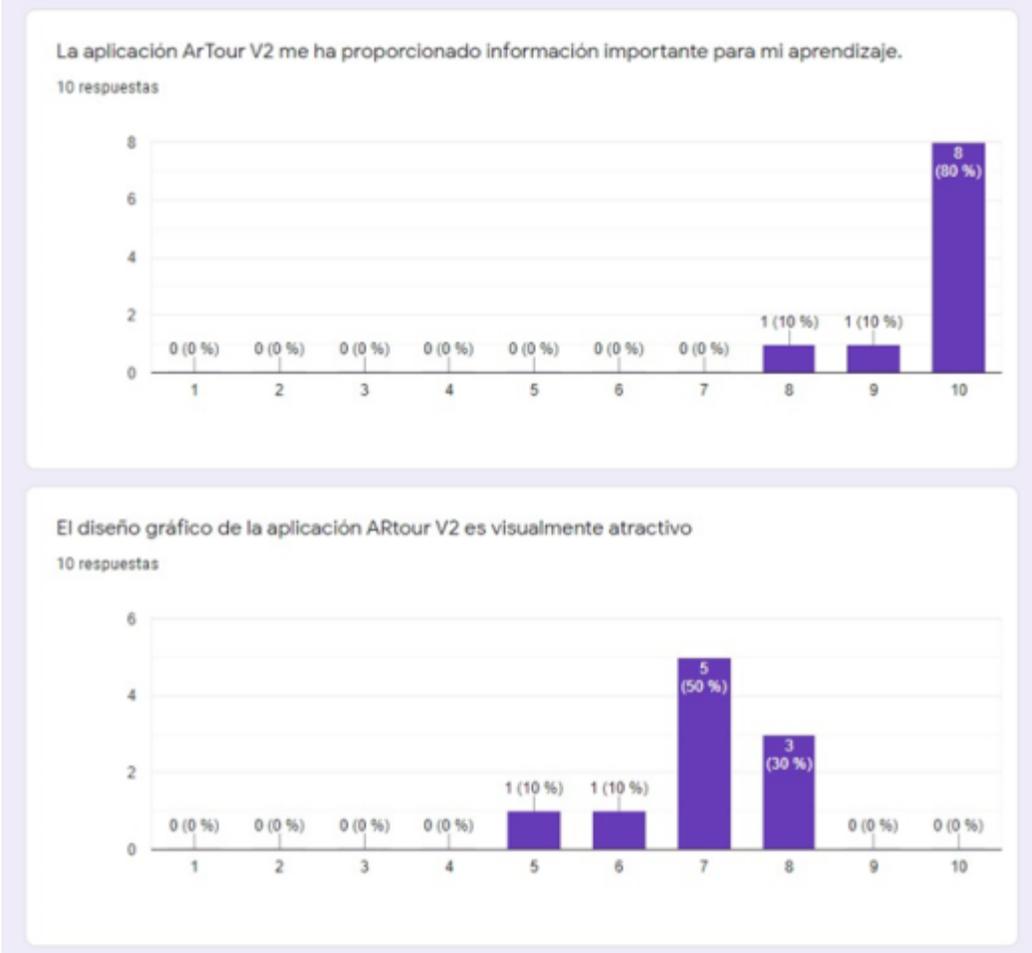


Figura 52: Promedio de las respuestas a las preguntas 5 y 6 de la encuesta de satisfacción del aplicativo ARtour V2.

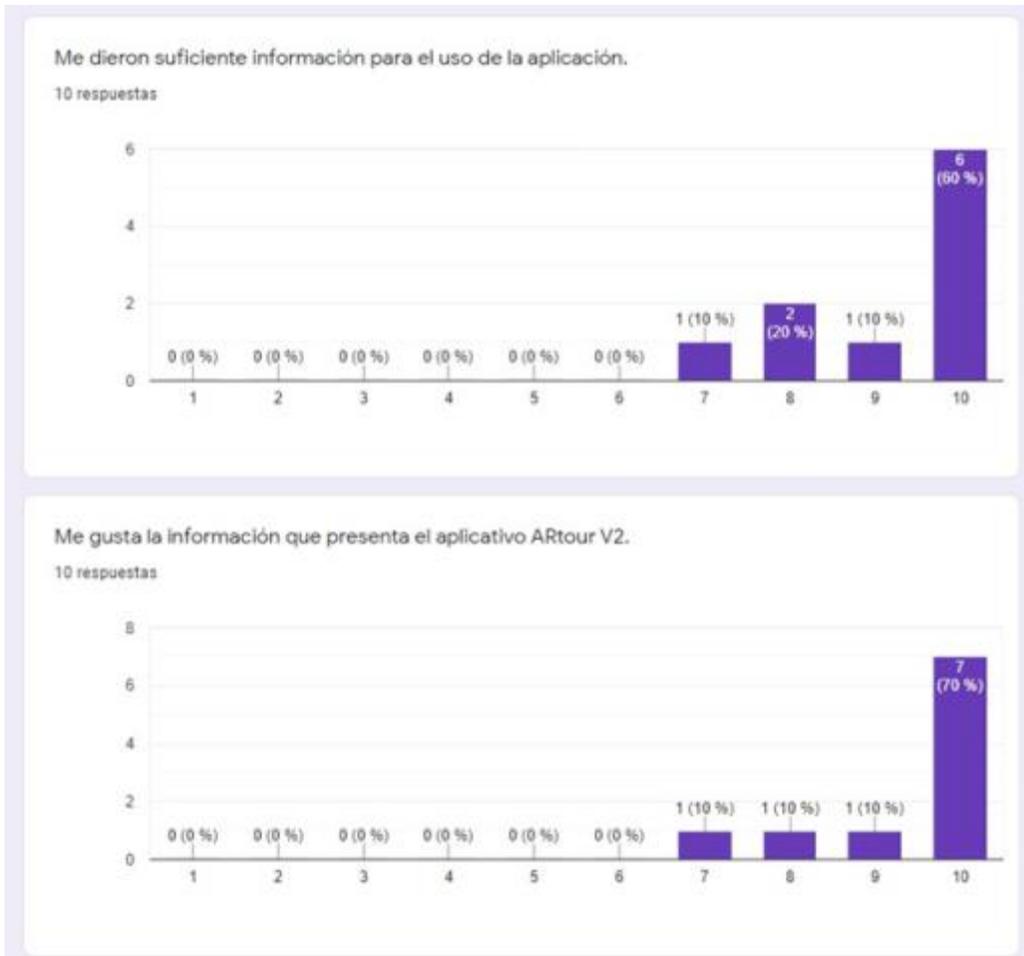


Figura 53: Promedio de las respuestas a las preguntas 7 y 8 de la encuesta de satisfacción del aplicativo ARtour V2.

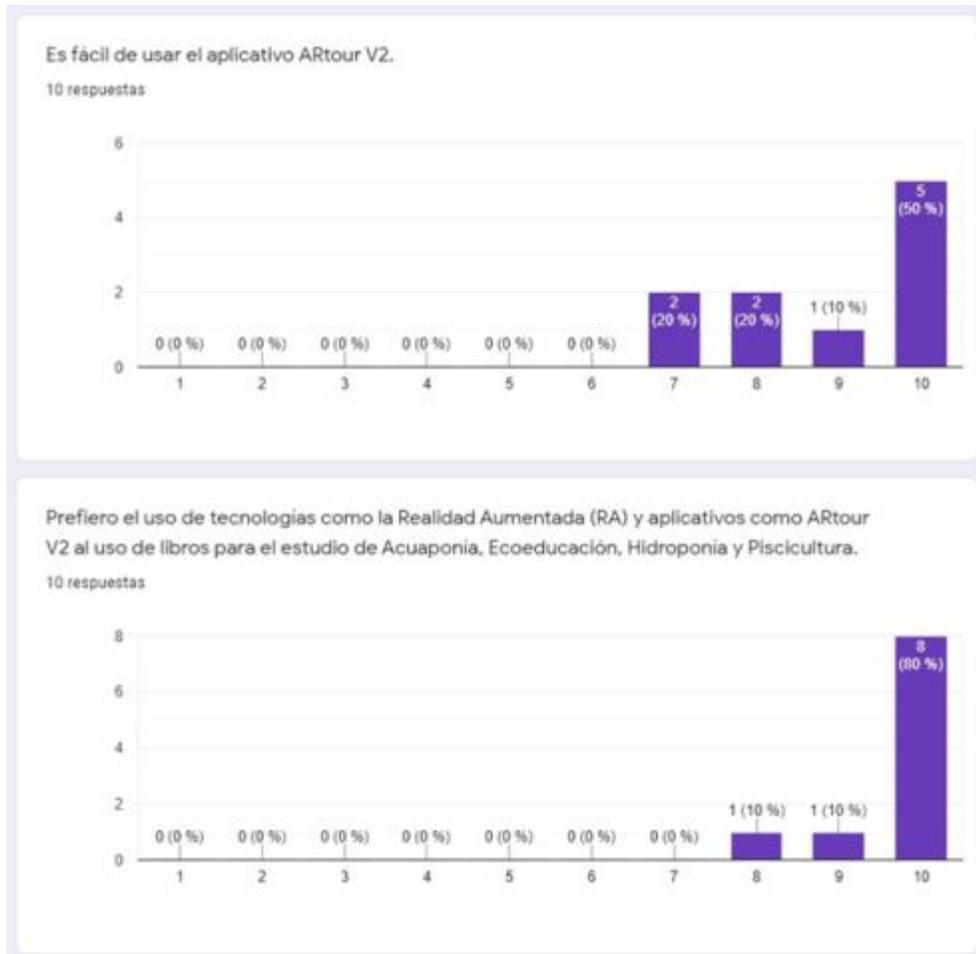


Figura 54: Promedio de las respuestas a las preguntas 9 y 10 de la encuesta de satisfacción del aplicativo ARtour V2.

Las 10 personas que realizaron la encuesta utilizaron dispositivos de gama media, y como se puede evidenciar en los resultados, en su gran mayoría, se sintieron cómodas tanto con la información presentada, como con el rendimiento y el funcionamiento de la aplicación.

Adicionalmente, se les preguntó a las personas seleccionadas, si preferirían el uso de tecnologías como la RA y aplicativos como ARtour V2 al uso de libros para el estudio de temáticas como en este caso lo son la acuaponía, eco educación, hidroponía y piscicultura. Como se evidencia en los resultados, las personas se ven mayormente inclinadas a este tipo de tecnologías, comprobando de esta manera, que el uso de RA cuenta con un factor motivante al momento de enseñar algún tipo de temática de manera didáctica. Esto y los demás elementos añadidos a la aplicación, como el uso de juegos, evaluaciones, modelos 3D, sonidos y grabaciones de audio para los diálogos, componen un producto completo que le aporta al usuario una experiencia satisfactoria, a la par que emocionante y motivante para abordar temas educativos.



## CONCLUSIONES

Haciendo una revisión minuciosa del proyecto, se pudieron encontrar las causas del mal rendimiento de la aplicación, en consecuencia, se debió reestructurar el plan de trabajo, y cambiar el enfoque de este, para abordar específicamente los elementos que se debían eliminar, cambiar o modificar en el proyecto. Todo esto deja claro que un análisis profundo antes de desarrollar aporta de manera significativa al proyecto, al momento de definir tareas y metas en su desarrollo.

Se usaron diferentes herramientas y métodos como AssetHunter (para remover assets innecesarios de la aplicación) o reducción de resolución de las texturas para corregir estas causas. Adicionalmente se utilizó la herramienta Sonarqube para realizar un análisis estático de código y revisar las falencias que contenía la primera versión del aplicativo en cuanto a código. El uso de este tipo de herramientas simplifica la detección de problemas y elementos que puedan afectar el aplicativo en su rendimiento y desempeño, brindándole al programador una visión más clara del proyecto y de los elementos que debe abordar para alcanzar los objetivos propuestos.

Luego de un proceso en el cual se identificaron los elementos a abordar, se procedió a eliminar una cantidad significativa de assets, a reducir los elementos en las escenas, como también a reducir la resolución en la renderización de los elementos en 3D de las escenas. Con todo esto, se pudo optimizar de manera significativa la ejecución de la aplicación, como también se realizó una mejora en los menús y escenas, lo cual se traduce en una mejor experiencia para el usuario. Al finalizar este proceso, queda claro que, si dentro del aplicativo existen assets que no se están utilizando, estos pueden afectar el desempeño y rendimiento de este, pues el aplicativo carga todos los elementos que tenga, y esto se traduce en un mayor consumo de recursos del dispositivo.

Durante el desarrollo del proyecto, se pudo notar que la versión de Unity usada (2017.4.2f2), está obsoleta, debido a que su última actualización con soporte corresponde al 30 de abril de 2018. Por esta razón el software no cuenta con muchas herramientas que existen en versiones posteriores que hubiesen facilitado parte del trabajo realizado. Para futuros desarrollos, adiciones o revisiones, se recomienda el uso de la versión más reciente de Unity que exista en el momento, o en su defecto el uso de una versión que cuente con soporte.

Al momento de proporcionar el aplicativo al usuario final, y recibir una retroalimentación por medio de una encuesta, se puede concluir, basándonos en los resultados expuestos anteriormente, que el aplicativo cumple con su objetivo, de ser un aplicativo que permita al usuario capacitarse en temas de agroturismo, y adicionalmente se muestra como una herramienta capaz de motivar al usuario a aprender y experimentar todo lo que el agroturismo abarca.

## BIBLIOGRAFIA

- ¿Qué es el renderizado (rendering) o representación gráfica de la página? - Human Level. (n.d.). Retrieved August 8, 2021, from <https://www.humanlevel.com/diccionario-marketing-online/renderizado-rendering-o-representacion-grafica-de-la-pagina>
- ¿Qué es streaming? - Definición, significado y explicación | Verizon Fios. (n.d.). Retrieved August 9, 2021, from <https://espanol.verizon.com/info/definitions/streaming/>
- ¿Qué es un código QR? - Unitag. (n.d.). Retrieved August 8, 2021, from <https://www.unitag.io/es/qrcode/what-is-a-qrcode>
- ¿Qué son los eSports? La actualidad de este deporte electrónico. (n.d.). Retrieved August 9, 2021, from <https://www.iebschool.com/blog/que-es-esports-marketing-digital/>
- Activation - Personal - Unity.* (2021). <https://unity3d.com/unity/activation/personal>
- Amparo Sancho COLABORAN Dimitrios Buhalis Javier Gallego Jaume Mata Susana Navarro Estefanía Osorio Aurora Pedro Sergio Ramos Paz Ruiz, D. (2021). *Introducción al Turismo OMT Organización Mundial del Turismo.*
- El Agroturismo, una visión desde el desarrollo sostenible.* (2021). [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0253-57852019000100062&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0253-57852019000100062&script=sci_arttext&tlng=pt)
- Frequently Asked Questions - Unreal Engine.* (2021). <https://www.unrealengine.com/en-US/faq?sessionInvalidated=true>
- Garzón, J., Acevedo, J., Pavón, J., & Baldiris, S. (2018). ARtour: Augmented reality-based game to promote agritourism. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics): Vol. 10850 LNCS.* [https://doi.org/10.1007/978-3-319-95270-3\\_35](https://doi.org/10.1007/978-3-319-95270-3_35)
- Garzón, Juan, Acevedo, J., Pavón, J., & Baldiris, S. (2020). Promoting eco-agritourism using an augmented reality-based educational resource: a case study of aquaponics. *Interactive Learning Environments, 0(0)*, 1–15. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1712429>
- Glosario de términos de turismo | OMT.* (2021). <https://www.unwto.org/es/glosario-terminos-turisticos>
- Herazo, L. (2020). ¿Qué Es Una Aplicación Móvil? *Tecnología*, 1. <https://anincubator.com/que-es-una-aplicacion-movil/>
- Núñez-Barriopedro, E., Sanz-Gómez, Y., Ravina-Ripoll, R., & Núñez-Barriopedro. (2020). Videogames in Education: Benefits and Harms. *Revista Electrónica Educare, 24(2)*, 240–257. <https://doi.org/10.15359/REE.24-2.12>
- Parra, E., Javier, F., & García, C. (2006). *Nº 1 págs. 4*, 85–97. <https://doi.org/10.25145/j.pasos.2006.04.006>
- Ramirez, D., Sabogal, D., Jiménez, P., & Hurtado Giraldo, H. (2017). La Acuaponía: una alternativa orientada al desarrollo sostenible. *Revista Facultad de Ciencias Básicas, 4(1–2)*, 32–51. <https://doi.org/10.18359/rfcb.2230>
- Riveros, H., & Blanco, M. (2020). *El agroturismo como diversificación de la actividad*

*agropecuaria y agroindustrial.*

*Sudbury Blog - Mountain Laurel Sudbury School.* (2021).

<https://www.mountainlaurelsudbury.org/blog/archives/02-2015.html>

*The history of video games.* (2021). <https://blog.nationalmuseum.ch/en/2020/01/the-history-of-video-games/>

## **ANEXOS**

- Carta de aprobación por parte del profesor Juan Fernando Garzón
- APK del Proyecto ARtour V2
- Archivo de Enterprise Architect con los diagramas realizados
- Proyecto de Unity