



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES

TEMA:

SISTEMA DE REALIDAD AUMENTADA CON TECNOLOGÍA MÓVIL E
INTERACCIÓN ELECTRÓNICA PARA LA PROMOCIÓN TURÍSTICA DE
AMBATO.

Trabajo de Graduación Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado previo la
obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones.

ÁREA: Comunicaciones

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Tecnologías de Comunicación.

AUTOR: Diego Fabricio Llamuca Culqui.

TUTOR: Ing. Geovanni Brito Moncayo, Mg.

Ambato – Ecuador

Agosto 2020

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del Trabajo de Titulación con el tema: “SISTEMA DE REALIDAD AUMENTADA CON TECNOLOGÍA MÓVIL E INTERACCIÓN ELECTRÓNICA PARA LA PROMOCIÓN TURÍSTICA DE AMBATO”, desarrollado bajo la modalidad Proyecto de Investigación, por el señor Diego Fabricio Llamuca Culqui, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, me permito indicar que el estudiante ha sido tutorado durante todo el desarrollo del trabajo hasta su conclusión, de acuerdo a lo dispuesto en el Artículo 15 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y el numeral 7.4 del respectivo instructivo.

Ambato, agosto del 2020



Firmado electrónicamente por:
**GEOVANNI DANILO
BRITO MONCAYO**

Ing. Geovanni Brito Moncayo, Mg.

EL TUTOR

AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado: SISTEMA DE REALIDAD AUMENTADA CON TECNOLOGÍA MÓVIL E INTERACCIÓN ELECTRÓNICA PARA LA PROMOCIÓN TURÍSTICA DE AMBATO, es absolutamente original, auténtico y personal. En tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, agosto del 2020



Diego Fabricio Llamuca Culqui

CC: 180338366-8

AUTOR

APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de par calificador del Informe Final del Trabajo de Titulación presentado por el señor Diego Fabricio Llamuca Culqui estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, bajo la Modalidad Proyecto de Investigación, titulado, SISTEMA DE REALIDAD AUMENTADA CON TECNOLOGÍA MÓVIL E INTERACCIÓN ELECTRÓNICA PARA LA PROMOCIÓN TURÍSTICA DE AMBATO, nos permitimos informar que el trabajo ha sido revisado y calificado de acuerdo al Artículo 17 del Reglamento para obtener el Título de Tercer Nivel, de Grado de la Universidad Técnica de Ambato, y al numeral 7.6 del respectivo instructivo. Para cuya constancia suscribimos, conjuntamente con la señora presidenta del Tribunal.

Ambato, agosto 2020.



Firmado electrónicamente por:
**ELSA PILAR
URRUTIA**

Ing. Patricia Urrutia Mg.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
**MARCO ANTONIO
JURADO LOZADA**

Ing. Marco Jurado Mg.

DOCENTE CALIFICADOR



Firmado electrónicamente por:
**EDGAR PATRICIO
CORDOVA CORDOVA**

Ing. Patricio Córdova Mg.


DOCENTE CALIFICADOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación en favor de la Universidad Técnica de Ambato, con fines de difusión pública. Además, autorizo su reproducción total o parcial dentro de las regulaciones de la institución.

Ambato, agosto 2020.



A handwritten signature in blue ink, reading "Diego Llamuca", is written over a horizontal line. The signature is stylized and includes a large loop at the end.

Diego Fabricio Llamuca Culqui

CC: 180338366-8

AUTOR

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mi familia, profesores, amigos por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida. A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.

Diego Llamuca

AGRADECIMIENTO

A mis padres Guido y Yolanda quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

Diego Llamuca

ÍNDICE

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	II
AUTORÍA.....	III
APROBACIÓN TRIBUNAL DE GRADO	IV
DERECHOS DE AUTOR	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
RESUMEN.....	1
GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ACRÓNIMOS.....	3
CAPÍTULO 1	5
MARCO TEÓRICO	5
1.1 Antecedentes investigativos.....	5
1.2 Objetivos	8
1.2.1 General:.....	8
1.2.2 Específicos	8
1.3 Fundamentación Teórica.....	8
1.3.1 Turismo	8
1.3.2 Tendencias en el uso de la tecnología en turismo	9
1.3.3 Unity.....	10
1.3.4 Unity Hub.....	11
1.3.5 Vuforia	12
1.3.6 Realidad Aumentada	13
1.3.7 La Realidad Aumentada: Una tecnología en espera de usuarios	14
1.3.8 Agentes relevantes en la provisión de servicios de realidad aumentada.....	15

1.3.9 Los fabricantes de dispositivos	16
1.3.10 Los desarrolladores del software de realidad aumentada.....	17
1.3.11 Mundo digital y digitalizado: las empresas proveedoras de contenidos y los usuarios como productores.....	17
1.3.12 Principales técnicas que permiten crear la realidad aumentada.	17
1.3.13 Diseño de elementos 3D.....	21
1.3.14 Tecnología móvil	22
1.3.15. SO Android	24
1.3.16. Interactividad Tecnológica.....	26
1.3.17. Sensación y percepción.....	32
1.3.18. Raspberry Pi.....	35
CAPÍTULO 2.....	40
METODOLOGÍA	40
2.1 Materiales	40
2.1.1 Arduino	42
2.1.2 Actuadores.....	45
2.1.3 Dispositivo Móvil	47
2.1.4 Modulo Bluetooth Hc-05	49
2.1.5 Interfaz de Unity Hub.....	51
2.1.6 Página Oficial, descarga de Unity 3D	52
2.4 Métodos.....	108
2.4.1 Investigación Aplicada.....	108
2.4.2 Investigación Bibliográfica	109
2.4.3 Investigación de Campo.....	109
2.4.4 Investigación Experimental.....	109
CAPÍTULO 3.....	110
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	110
3.1 Análisis y Discusión de los Resultados.....	110
3.1.1 Análisis de la plataforma de desarrollo de la realidad aumentada.	110
3.1.2 Análisis de los parámetros de realidad aumentada	111

3.1.3 Análisis de la configuración avanzada de Unity 3D	112
3.1.5 Análisis de la calibración de la distancia entre marcador y dispositivo móvil.	115
3.1.6 Análisis de la interacción electrónica, actuadores.....	116
3.1.4 Resultado final del proyecto.....	117
CAPÍTULO 4.....	120
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	120
4.1 Conclusiones	120
4.2 Recomendaciones.....	121
BIBLIOGRAFÍA.....	122
ANEXOS	126
Anexo A	126
Modelo De Encuesta Utilizado	126
Anexo B	128
Anexo C	133
Script De Programación En Arduino Ide	133
Script De Programación En Unity Archivo Modificado.Cs.....	141
Anexo F.....	145
Script De Programación En Unity Archivo Bt.Cs	145
Archivos Modificados Para La Conexión Bluetooth Entre Aplicativo Móvil Y La Placa De Arduino.....	145
Anexo G	154
Pruebas Del Prototipo De Realidad Aumentada, “Ambar”.	154

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Realidad Aumentada en el ámbito turístico.....	10
Figura 2 Inicio de interfaz de Unity.....	10
Figura 3 Entorno de trabajo Unity 3D.	11
Figura 4 Consola de Unity Hub.	12
Figura 5 Esquema del concepto de realidad aumentada	14
Figura 6 Elementos que componen la RA.	15
Figura 7 Agentes Relevantes en la RA.	16
Figura 8 Realidad aumentada mediante marcadores impresos.	18
Figura 9 Realidad Aumentada basada en reconocimiento facial.	19
Figura 10 Realidad Aumentada con Smart Terrain.	20
Figura 11 Tecnología Smart Terrain.....	20
Figura 12 Juego basado en geolocalización.	21
Figura 13 Modelado 3D en 3ds Max.	22
Figura 14 Sistemas operativos móviles.....	22
Figura 15 Tecnología WEB en dispositivos móviles.....	23
Figura 16 Estructura del SO.....	25
Figura 17 Futuro de la Pantalla táctil.	26
Figura 18 Gestos mediante lector de huellas.	27
Figura 19 Dispositivo Google Home	28
Figura 20 Interacción mediante gestos.....	28
Figura 21 Futuros dispositivos Móviles.....	29
Figura 22 Dispositivo móvil con pantalla flexible.....	29
Figura 23 Tecnología móvil según la ubicación.	30
Figura 24 Realidad Virtual.....	31
Figura 25 Humano con chip implantado en el cerebro.	32
Figura 26 Procesamientos, sensación, percepción.....	33
Figura 27 Relación entre estímulo absoluto y subliminal.....	34
Figura 28 ejemplos de percepción.	34
Figura 29 Partes de placa raspberry.	35
Figura 30 Placa Raspberry pi 4.....	36

Figura 31 Etapa de alimentación Raspberry.	36
Figura 32 Licencias disponibles Adobe Photoshop.	37
Figura 33 Aspecto del IDE de Arduino.	38
Figura 34 Compilación de sketch en Arduino IDE.....	39
Figura 35 Esquema del sistema RA e interacción electrónica. Elaborado por el investigador.....	41
Figura 36 Placa de Arduino Mega.	42
Figura 37 Placa Arduino UNO. Elaborado por el investigador.....	45
Figura 38 Actuadores conectados a una placa electrónica.....	46
Figura 39 Teléfono celular. Elaborado por el investigador.	47
Figura 40 Módulo Bluetooth HC-05. Elaborado por el investigador.	49
Figura 41 Herramienta Unity Hub Elaborado por el investigador basado en el software de Unity.....	51
Figura 42 Pagina web oficial Unity.	52
Figura 43 Diagrama de flujo de datos del SDK Vuforia en una aplicación.	54
Figura 44 Tripadvisor, Ambato.....	56
Figura 45 Modelador Catedral de Ambato.	57
Figura 46 Modelado de iglesia 3D.....	58
Figura 47 Modelo de iglesia 3D.....	58
Figura 48 Objetos 3D, complementos.	59
Figura 49 Humanoide 3D.....	59
Figura 50 Animaciones Mixamo.	60
Figura 51 Humanoides implementados.....	60
Figura 52 Archivos multimedia en Unity 3D	61
Figura 53 Archivos de audio en Unity 3D.	62
Figura 54 Ingreso a Unity 3D mediante email y contraseña.....	64
Figura 55 Nombre del proyecto y ubicación.....	65
Figura 56 Pantalla inicial de Unity 3D.....	66
Figura 57 Ventana de selección de plataforma.	67
Figura 58 Añadir Vuforia RA en Unity.	68
Figura 59 Añadir Cámara de Realidad Aumentada.	69

Figura 60 Generar Licencia para APK Vuforia.	70
Figura 61 Añadir Licencia para la ejecución del proyecto.	71
Figura 62 Diseño del marcador.	72
Figura 63 Marcadores almacenados en Vuforia.	73
Figura 64 Procesamiento digital de la imagen.	73
Figura 65 Descarga de Database, Unity Editor.	74
Figura 66 Carga de la base de datos en Unity 3D.	75
Figura 67 Selección de Database con su Image target.	76
Figura 68 Edición de los modelos 3D mediante Blender.	77
Figura 69 Inserción de los elementos 3D.	78
Figura 70 Video insertado en RA	79
Figura 71 Diagrama de flujo reproducción de Multimedia Unity.	80
Figura 72 Inserción de humanoide en aplicación.	81
Figura 73 Implementación de botones.	82
Figura 74 Plugin Arduino Bluetooth en Asset Store.	83
Figura 75 Búsqueda y conexión de dispositivos.	84
Figura 76 Envío de datos mediante dispositivo.	84
Figura 77 Diagrama de Flujo, Conexión Bluetooth.	85
Figura 78 Selección de dispositivo bluetooth “ambAR”.	86
Figura 79 Interfaz de conexión y envío de datos, modulo HC-05.	87
Figura 80 Diagrama de bloques recepción y procesamiento de datos.	88
Figura 81 Importar Plugin en Unity.	89
Figura 82 Interfaz de la aplicación de realidad aumentada.	90
Figura 83 Diagrama de flujo interacción de Paneles.	92
Figura 84 Configuraciones de desarrollo Apk.	93
Figura 85 Sistema de conexión prototipo RA.	95
Figura 86 Reflector.	96
Figura 87 Ventilador de 12V CD.	96
Figura 88 Bomba de agua 12V.	97
Figura 89 Luces Led 12V módulo 2835.	98
Figura 90 Modulo de reproducción de audio.	98

Figura 91 Placa de relés Arduino.....	99
Figura 92 Circuito de conexión, Arduino interacción electrónica.	99
Figura 93 Conexión de voltaje de alimentación y actuadores.	100
Figura 94 Pantalla inicial de la aplicación.	100
Figura 95 Botón de inicio realidad aumentada.	101
Figura 96 Marcador de Ambato.	101
Figura 97 Marcador de Pasa.....	102
Figura 98 Marcador de Quisapincha.	102
Figura 99 Esquema completo del Sistema de realidad aumenta con interacción electrónica en dispositivos móviles.....	103
Figura 100 Diagrama de conexión electrónica del prototipo final.....	103
Figura 101 Circuito final implementado del Prototipo.	104
Figura 102 Prueba de interacción electrónica panel Led.	104
Figura 103 Pruebas del prototipo final RA, marcador Ambato.	105
Figura 104 Pruebas de la reacción de los actuadores.	106
Figura 105 Reproducción del contenido multimedia.	107
Figura 106 Unity 2018.4.21 LTS.....	111
Figura 107 Marcador de RA,	111
Figura 108 Configuración de los SDK, NDK, JDK.....	112
Figura 109 Otras configuraciones por defecto Unity.....	113
Figura 110 Error de desarrollo de aplicación.....	114
Figura 111 Método de Construcción "Internal".	115
Figura 112 Calibrar distancia de AR cámara.	115
Figura 113 Implementación del Prototipo.	117
Figura 114 Prueba final del Prototipo RA.	119
Figura 115 Pregunta 1 de Encuesta.....	128
Figura 116 Pregunta 2 de Encuesta.....	129
Figura 117 Pregunta 3 de Encuesta.....	130
Figura 118 Pregunta 4 de Encuesta.....	131
Figura 119 Pregunta 5 de Encuesta.....	132
Figura 120 Prueba de la aplicación ambAR.....	154

Figura 121 Búsqueda de dispositivos en aplicación móvil.....	154
Figura 122 Realidad aumenta en dispositivo móvil.....	155
Figura 123 Reproducción de multimedia en dispositivo móvil.....	155
Figura 124 Actuadores implementados.....	156
Figura 125 Pruebas del Prototipo.....	156
Figura 126 Activar panel Led mediante el dispositivo móvil.....	157
Figura 127 Activación del reflector.....	157

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Comparativa Placa Arduino Uno vs. Raspberry Pi3	43
Tabla 2: Ranking Global de Smartphones	48
Tabla 3: Comparativa ESP8266 - Bluetooth HC-05	50
Tabla 4: SDK's disponibles para desarrollo de entornos RA	63
Tabla 5: Presupuesto total del proyecto de investigación.	107
Tabla 6: Análisis de voltajes y corrientes de los módulos utilizados.	116

RESUMEN

El presente proyecto de titulación expone una aplicación móvil con base a la realidad aumentada, utilizando tecnología móvil y la interacción electrónica enfocada en los ámbitos turísticos de la ciudad de Ambato.

La intención de esta propuesta es dar a conocer el bagaje cultural, que encierra el cantón Ambato, tanto en la zona urbana como rural; mediante el uso de tecnología de realidad aumentada, desarrollada para cualquier dispositivo móvil, con el propósito de facilitar el acceso y manejo de la aplicación; además de sostener una significativa dinámica con el usuario, que captará su interés y a la vez potencia la promoción turística del cantón.

El diseño de este sistema conto con el desarrollo en tres etapas, primero se definió los lugares turísticos que serán incluidos en la realidad aumentada planteando el uso de tres marcadores que permiten visualizar cada uno su lugar turístico, desarrollando la base para futuras investigaciones expandiendo lugares o contenido virtual según sea la necesidad, para esto se investigó los lugares con más atractivo turístico en la ciudad de Ambato, para la segunda etapa se requirió el uso de plataformas de modelado 3D que permitieron obtener los objetos virtuales que componen el entorno visual de la realidad aumentada, de igual manera la recolectó y desarrolló el contenido multimedia (audio, imágenes, videos) que forman parte de la base de datos visual proyectada en cada marcador, para esto se implementó el software de Unity 3D complementado con Vuforia que hace posible la realidad aumentada y Scripts que fueron necesarios para la interacción electrónica (Unity, Vuforia y Arduino), por último se realizó el proceso electrónico con el uso del hardware de Arduino, el módulo HC-05, módulos de relé para accionar los diferentes actuadores con el objetivo de crear un ambiente interactivo entre el usuario y el prototipo de realidad aumentada, permitiéndole controlar de manera inalámbrica (Bluetooth) todo desde la interfaz en su dispositivo móvil.

PALABRAS CLAVES: Realidad aumentada, Arduino, Bluetooth, Unity, Vuforia.

ABSTRACT

This degree project presents a mobile application based on augmented reality, using mobile technology and electronic interaction focused on the tourist controls of the city of Ambato.

The intention of this proposal is to publicize the cultural baggage, contained in a city, both in urban and rural areas; through the use of augmented reality technology, developed for any mobile device, in order to facilitate access and management of the application; in addition to supporting a significant dynamic with the user, it will capture their interest and at the same time boost the canton's tourism promotion.

The design of this system included the development in three stages, first the tourist places that will be included in augmented reality were defined, proposing the use of three markers that allow each one to visualize their tourist place, developing the basis for future research by expanding places or virtual content as needed, for this we investigated the places with the most tourist attraction in the city of Ambato, for the second stage the use of 3D modeling platforms was required, which allowed us to obtain the virtual objects that make up the visual environment of the augmented reality, in the same way it was collected and developed the multimedia content (audio, images, video) that are part of the visual database projected in each marker, for this the Unity 3D software was implemented, complemented by Vuforia that makes possible the augmented reality and scripts that were necessary for electronic interaction (Unity, Vuforia and Arduino), finally the electronic process was carried out with the use of the Arduino hardware, the HC-05 module, relay modules to drive the different actuators in order to create an interactive environment between the user and the augmented reality prototype, allowing them to control wireless (Bluetooth) all from the interface on your mobile device.

Keywords: Augmented reality, Arduino, Bluetooth, Unity, Vuforia.

GLOSARIO DE TÉRMINOS Y ACRÓNIMOS

Arduino: es una plataforma de desarrollo basada en una placa electrónica libre que implementa un microcontrolador re programable y una serie de pines hembra.

Android: Sistema operativo desarrollado para dispositivos basados en un núcleo Linux.

Blender: Blender es un software libre de 3D gratuito bajo la licencia desarrollado por muchas personas que contribuyen a su crecimiento bajo el mando del Blender Foundation.

C#: lenguaje desarrollando y estandarizado por Microsoft, lenguaje orientado a objetos.

Interacción: Acción y reacción mutua entre dos o más personas o cosas.

Interfaz: Dispositivo que permite procesar unas señales generadas por un apartado en señales entendibles por otro.

iOS: Sistema operativo desarrollado para dispositivos iPhone.

JavaScript: Lenguaje de programación, desarrollado por ECMAScript.

Licence Key: la llave de la licencia única que permite el acceso a las bases de datos de Vuforia.

Marcador: los marcadores son imágenes u objetos registrados, que hacen posible la generación de realidad aumentada.

Multisensorial: información a través de cosas como el tacto y el movimiento, se les conoce como elementos táctiles y cinestésicos, a través de estímulos y actividades.

Prefabs: Permite registrar un objeto (GameObject) para complementar los componentes y propiedades del desarrollo.

RA: JavaScript: Lenguaje de programación, desarrollado por ECMAScript.a.

SDK: SDK es el acrónimo de Kit de desarrollo de software. El SDK reúne un grupo de utilidades que permiten el desarrollo de aplicaciones en plataformas móviles.

Scripting: Es un lenguaje de programación generalmente interpretable.

Script: Archivo de raíz en Unity que contiene líneas de código útiles para el desarrollo.

Tracker: son paquetes que contienen muestras de audio que han sido modeladas, arregladas y secuenciadas programáticamente.

Tripadvisor: es la plataforma de consulta turística líder en el mundo.

Unity: es un motor de desarrollo para el desarrollo de juegos y contenidos 3D interactivos, con las características que es completamente integrado y que ofrece innumerables funcionalidades para facilitar el diseño de videojuegos.

Vuforia: Vuforia es un SDK que permite construir aplicaciones basadas en la Realidad Aumentada, una aplicación diseñada con Vuforia utiliza la pantalla del dispositivo como un lente en donde se entrelazan elementos del mundo real con elementos virtuales como letras, objetos 3D, imágenes, etc.).

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes investigativos

Para el proceso de investigación de sustento bibliográfico se recurrió al repositorio digital de la Universidad Técnica de Ambato, además de otras bases de datos académicas de diferentes Institutos de Educación Superior y bibliotecas nacionales e internacionales. En las cuales se encontraron los siguientes resultados:

En el trabajo de investigación de Caguana, Rocío (2015) desarrollado en la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato, con el tema: “Aplicación móvil con realidad aumentada como estrategia de marketing 2.0 para el menú del restaurante Chimichurri Moros & Menestras en la ciudad de Ambato”, describe una aplicación móvil con Realidad Aumentada desarrollada bajo la plataforma Android, la misma que promociona la carta-menú del restaurante de una manera interactiva con el comensal mediante la superposición virtual de un determinado plato del menú sobre la carta física existente. De tal forma, se logra una experiencia interactiva, innovadora y llamativa para los clientes; esta herramienta de marketing digital utiliza imágenes en 3D, las mismas que se visualizan al enfocar con la cámara del dispositivo móvil al marcador correspondiente y concluyen mencionando que se recomienda utilizar el portal web Vuforia con el Entorno de Desarrollo Unity3D, por sus características y requerimientos, se debe trabajar con la última versión y una conexión a internet para la correcta sincronización de los datos correspondientes a los marcadores. [1]

De la tesis de grado “Realidad Virtual Y Aumentada En El Sector Turístico” de Bravo, Abel (2016) de la Facultad de Turismo y Finanzas de la ciudad de Sevilla, se rescata información sobre el uso de plataformas móviles como Android y iOS con entornos de realidad aumentada, en este caso, desarrollados con Vuforia Developer. La visualización de los elementos virtuales se la hace por medio del mismo dispositivo móvil; sin embargo, también se pueden implementar gafas de RA-RV. Estas herramientas en el mundo turístico han despertado el interés de las grandes compañías

y de los gobiernos, los cuales apuestan por estas nuevas tecnologías como método de promoción de destinos turísticos. [2]

Ruiz, David (2015) en su investigación “La realidad aumentada: un nuevo recurso dentro de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para los museos del siglo XXI”, propone la implementación de un dispositivo portátil (UMPC - ultra Mobile PC o PC ultra móvil), conjuntamente con contenidos diseñados por historiadores expertos y personal adscrito al museo, mismos que ilustrarían la guía móvil: artista, atributos, obras relacionadas, literatura, música, etc. Desde el punto de vista tecnológico, la realidad aumentada no requiere que todos los gráficos de la aplicación se generen por computadora, sino que parte de ellos se encuentren conformados por la propia imagen real del entorno. Sin embargo, y frente a la realidad virtual, su mayor problemática consiste en la correcta superposición de los objetos virtuales en el espacio real, ya que de este factor va a depender un resultado óptimo y verosímil además concluye que con las posibilidades que ofrece frente a otras tecnologías especialmente en relación con la realidad virtual, son considerables, debido a su capacidad de combinar lo real con lo virtual sin que el usuario pierda el contacto con la realidad misma, por el contrario, recibe una imagen enriquecida de ésta y, por consiguiente, del objeto cultural. [3]

De la tesis de grado de Altamirano, Diana (2015), con el tema: “Pizarra Virtual usando Realidad Aumentada para el aprendizaje interactivo en la Unidad Educativa “Tirso de Molina”, desarrollado en la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, se menciona que para la implementación de una Pizarra Virtual se utilizó Realidad Aumentada, además de técnicas de reconocimiento de patrones, visión artificial y procesamiento de imágenes; como objeto para mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje, que además ofrece al usuario una interacción con elementos reales y virtuales en un mismo entorno por medio de un dispositivo móvil o gafas de RA. El lenguaje base de programación empleado para su desarrollo es C Sharp; la parte de captura y procesamiento de imágenes en movimiento se llevó a cabo con OpenCV y su envoltorio para .NET, EmguCV. [4]

Proaño, P. y Munckel, M. en el año 2016 presentaron su investigación: “Diagnóstico del sistema de información turística del cantón Ambato y su impacto en el desarrollo del sector productivo”, desarrollado en la Universidad Técnica de Ambato, en ella se

menciona el desarrollo de una aplicación para dispositivos móviles que compila varios ejes: En el primero de estos, se desarrolló un imagotipo que resalte los valores culturales y ancestrales del cantón Ambato, por medio de softwares como Tótem 3d y Autodesk 3D Studio Max. En el segundo eje se realizó un modelado 3D basados en animales autóctonos de la región para lo cual se apoyaron de Key Shot 5. El uso de realidad aumentada tiene la intención de llamar la atención del turista, la cual se activa al escanear tótems que sugieren colocar en lugares estratégicos de la ciudad. Para su promoción, se utilizó afiches impresos en Couche de 150 gr. Como recomendación mencionan que es necesario socializar estos proyectos con la comunidad Ambateña con la finalidad de realzar el turismo dentro de la misma ciudad. [5]

Cuzco, E., Anquisaca, P. y Peña, E. con el tema, “Análisis, Diseño e Implementación de una aplicación con realidad aumentada para teléfonos móviles orientada al turismo”, desarrollada en la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca, menciona la gran importancia del uso de la tecnología en la sociedad actual juntamente con aplicaciones móviles mucho más llamativas para la visualización de la realidad aumentada. Esta investigación se desarrolló por medio de Android SDK con el kit necesario para programar aplicaciones móviles, incluyendo APIs herramienta fundamental para desarrollar utilizando Java, además de los objetos en 3D mediante AR Toolkit Plus biblioteca que permite la creación de aplicaciones de RA, la visualización se da por medio de gafas de RA adaptables a un dispositivo móvil, de igual manera se sugiere añadir la reproducción de audio para una aplicación más atractiva entre los usuarios y la realidad aumentada. [6]

Tustón, Juan (2016) en su tesis de grado “Realidad aumentada con interacción electrónica aplicada a entornos expositivos y museísticos de Ambato (RACIE)”, menciona una innovadora aplicación móvil con Realidad Aumentada e Interacción Electrónica aplicada en entornos expositivos y museísticos la misma que proporciona al usuario una experiencia de inmersión multisensorial, a través de una aplicación móvil, la cual emplea comunicación bluetooth para hacer posible la integración con la placa Arduino. La implementación de RACIE en centros expositivos y museísticos tiene como objetivo aportar innovación tecnológica, este proyecto está desarrollado en Unity y Vuforia para el diseño de la realidad aumentada, además de una placa de

Arduino para la interacción de unos actuadores electrónicos que controlan varias reacciones físicas como son luces, chorros de agua, sonidos, etc. [7]

1.2 Objetivos

1.2.1 General:

Implementar un sistema de realidad aumentada con tecnología móvil e interacción electrónica para la promoción turística de Ambato.

1.2.2 Específicos

- Definir características relevantes en el ámbito turístico y cultural de cada parroquia.
- Elaborar un repositorio de objetos virtuales a utilizarse e integrarlos en una plataforma física.
- Diseñar el aplicativo móvil con interacción electrónica entre el usuario y los patrones de realidad aumentada.

1.3 Fundamentación Teórica

1.3.1 Turismo

El turismo es el desplazamiento de las personas de un sitio a otro de manera temporal y voluntaria. Dentro de este concepto deben ser incluidos las relaciones humanas que conllevan y la prestación de servicios. Si bien, los motivos del turismo son variados, suelen ser relacionados con el ocio. [8]

Actualmente nadie duda de la importancia de la tecnología en el turismo y de cómo influye en las decisiones que tomará el turista; desde elegir el destino turístico, hasta las actividades que realizará durante su estadía e incluso en la etapa posterior a la aventura.

Tal es así que, según un estudio de Google Travel, el 74 % de los viajeros de placer planean sus viajes por Internet, mientras que solo el 13% lo hace ya a través de agencias de viaje, la influencia de la tecnología en el turismo ha tomado mucha importancia a nivel global. [9]

1.3.2 Tendencias en el uso de la tecnología en turismo

Gracias a los visitantes como a sus demandas y necesidades, se ha creado competitividad en el turismo entre las empresas prestadoras de servicios, buscando solventar una serie de necesidades y tendencias que facilitan desde el proceso de selección de algún producto o servicio hasta el momento en que los turistas comienzan a disfrutar de él, y hacer de su estancia algo más placentero y cómodo que genere satisfacción.

Por estas razones para lograr la satisfacción de cliente a continuación se presenta las 5 principales tendencias tecnológicas en el turismo:

En primer lugar, se tiene a Big data u Open data, que básicamente es el almacenamiento masivo de datos estadísticos de los clientes por un tiempo determinado que permite arrojar datos sobre los mismos, como comentarios, referencias o patrones, que a cualquier prestador de servicios turísticos le sirve para mejorar o complementar su servicio.

El marketing digital ocupa el segundo lugar, el cual tiene como principal objetivo la publicidad digital, efectivo y económico, este medio ha cobrado auge por los resultados y efectividad que ha tenido, aunado a los bajos costos.

El entorno móvil ocupa el tercer lugar, básicamente se trata de llegar al cliente mediante dispositivos móviles inteligentes, actualmente la Situación Global Mobile 2020, hay 5.190 millones de usuarios únicos en dispositivos móviles, esto cubre el 67% de la población. Lo más interesante de esto es que hay más de 7.950 millones de números de teléfonos, esto cubre el 103% de la población, según un estudio de dos fuentes principales GSMA Intelligence DATA y Ericson Mobilitu Report Data.

En cuarto lugar, la innovación y diferenciación en la oferta de alojamiento el cual se enfoca en el cliente, que elegirá a quien le ofrezca algo mejor en el servicio o salga de lo común y quien satisfaga todas sus necesidades

La Adaptación, como el constante cambio de los turistas y la industria obliga al prestador de servicios a adaptarse al cambio, desde cubrir necesidades básicas, medidas de entretenimiento, diversidad de actividades, mejoramiento de instalaciones.

[9]

1.3.3 Unity

Unity es un software de desarrollo mediante un editor visual y programación vía scripting, herramienta que permite crear video juegos o entornos virtuales, multiplataforma, pudiendo conseguir resultados totalmente profesionales, creado por Unity Technologies que está disponible como plataforma de desarrollo para Microsoft Windows, OS X, Linux.

En la figura 1 se representa la realidad aumentada aplicada en el ámbito turístico:



Figura 1 Realidad Aumentada en el ámbito turístico. [10]

En la figura 2 se observa la interfaz de Unity3D, una interfaz muy interactiva que facilita la implementación de los objetos virtuales.

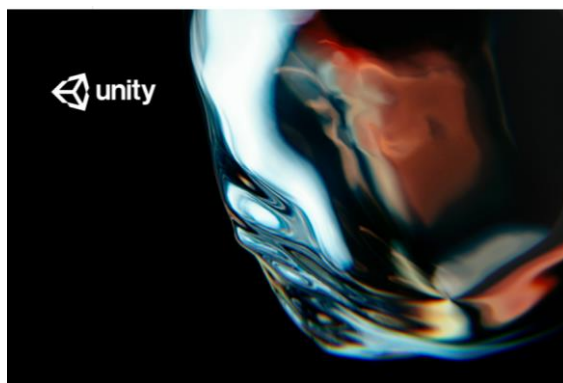


Figura 2 Inicio de interfaz de Unity.

Elaborado por el investigador basado en el Software de Unity.

En la figura 3 se muestra el entorno de trabajo inicial del software de Unity 3D.

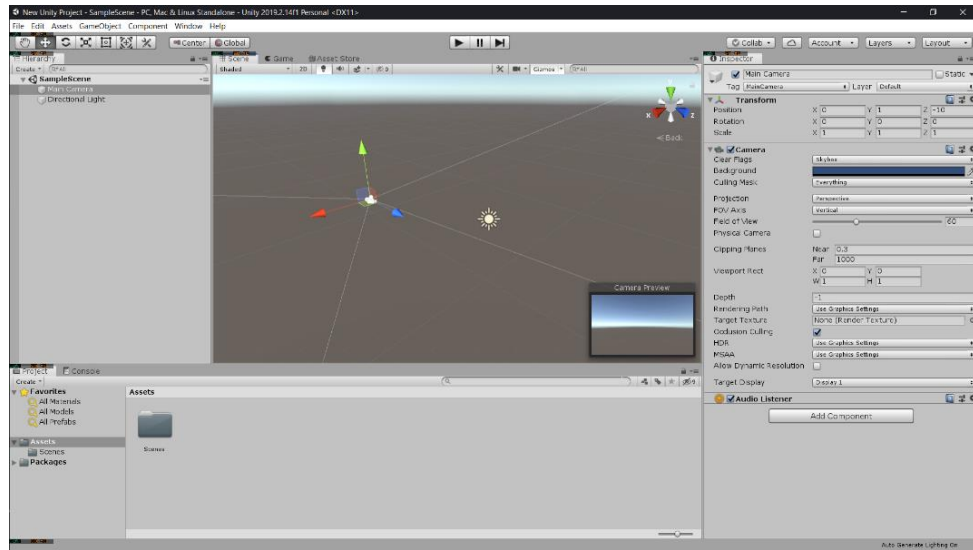


Figura 3 Entorno de trabajo Unity 3D.

Elaborado por el investigador.

La plataforma de desarrollo tiene soporte de compilación con diferentes tipos de plataformas. A partir de su versión 5.4.0 ya no soporta el desarrollo de contenido para navegador a través de su plugin web, en su lugar se utiliza WebGL. Unity tiene dos versiones: Unity Professional (pro) y Unity Personal.

Unity 3d se ha convertido en poco tiempo en uno de los motores de desarrollo de juegos más populares que existen en la actualidad. Su potencia, su versatilidad, el hecho de que sea multiplataforma, la cantidad de recursos y la disponibilidad de una versión gratuita, lo han convertido en uno de los preferidos de los desarrolladores de todo el mundo. Unity 3d totalmente práctico, permite crear un minijuego muy básico, pero con el que podrás aprender a usar las principales herramientas y recursos de este potente motor de juegos. En su nueva versión la 4.0, incorpora además un espectacular motor de animaciones llamada Mecanim. [11]

1.3.4 Unity Hub

Unity Hub permite registrar y descargar de manera ordenada las herramientas y complementos del software de Unity, es una nueva aplicación de escritorio diseñada para agilizar el flujo de trabajo. Brinda una ubicación centralizada para manejar los

proyectos de Unity y simplifica la manera de encontrar, descargar y manejar las instalaciones del Unity Editor. Además, ayuda a descubrir funciones que permiten iniciar el desarrollo de una manera más rápida, con la nueva función de Plantillas. [12]

En la figura 4 se observa la interfaz que despliega sub menús que permiten ordenar el desarrollo de aplicaciones en Unity 3D.

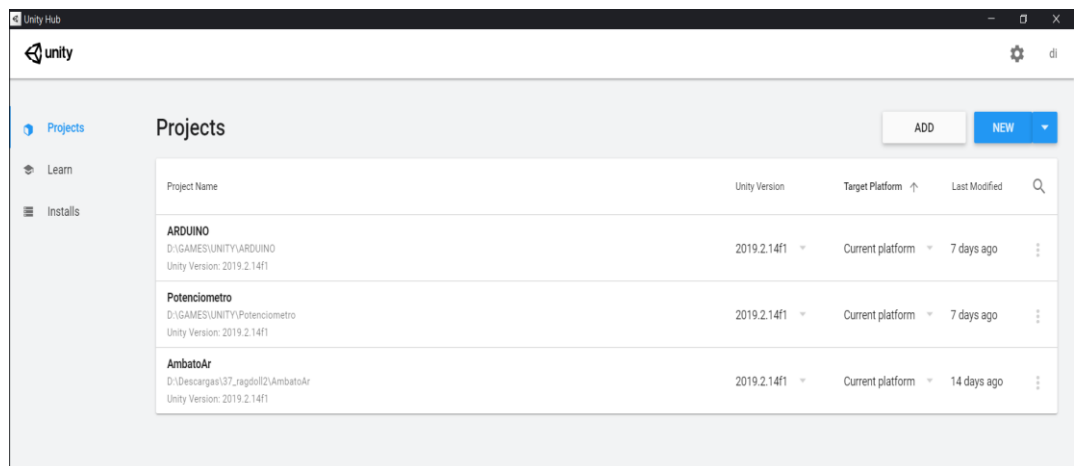


Figura 4 Consola de Unity Hub.

Elaborado por el investigador basado en el software de Unity.

1.3.5 Vuforia

Vuforia es un Kit de desarrollo de software (SDK), que permite construir aplicaciones basadas en la Realidad Aumentada; una aplicación desarrollada con Vuforia utiliza la pantalla del dispositivo como un "lente mágico" en donde se entrelazan elementos del mundo real con elementos virtuales (como letras, imágenes, etc.).

Una aplicación desarrollada con Vuforia ofrece la siguiente experiencia:

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

Una aplicación desarrollada con Vuforia está compuesta de los siguientes elementos:

- Cámara: La cámara asegura que la imagen sea captada y procesada por el Tracker.
- Base de datos: La base de datos del dispositivo es creada utilizando el Target Manage
- Target: Son utilizadas por el rastreador (Tracker) para reconocer un objeto del mundo real.

Vuforia es un producto de Qualcomm Technologies, empresa fundada en por el Dr, Irwin M. Jacobs. Básicamente permite la creación de aplicaciones de realidad aumentada. Utiliza tecnología de visión artificial para rastrear imágenes planas y en sus últimas versiones, también reconoce objetos 3d simples y superficies. [13]

1.3.6 Realidad Aumentada

La realidad aumentada (RA) en inglés Augmented Reality o AR, es una tecnología que permite crear y proporcionar al usuario una experiencia de inmersión en dimensiones desarrolladas por dispositivos, la realidad aumentada asigna la interacción entre ambientes virtuales y el mundo físico, posibilitando que ambos se entremezclen a través de un dispositivo móvil tecnológico (IOS o Android), tabletas, entre otros.

Desde hace unos años se observa un proceso en el que las tecnologías de la información y las comunicaciones están cambiando la forma en la que se realiza la comunicación y relación entre las personas, la forma en la que accede a los contenidos (ya sean libros, noticias, música o películas) e incluso la forma de ver el mundo están transformándose.

Para explicar de manera sencilla en que consiste la realidad aumentada hay que hacer referencia los sentidos humanos a través de los cuales se percibe el mundo y lo que lo rodea, La realidad física es entendida a través de la vista, el oído, el olfato, el tacto y el gusto. La realidad aumentada viene a potenciar esos cinco sentidos con una nueva lente gracias a la cual la información del mundo real se complementa con la de la de la digital. Bajo el paraguas de realidad aumentada se agrupan así aquellas tecnologías que permite la superposición, en tiempo real, de imágenes, marcadores o información generados virtualmente, sobre imágenes del mundo real. Se crea de esta manera un entorno en el que la información y los objetos virtuales se fusionan con los objetos reales ofreciendo una experiencia tal para el usuario que puede llegar a pensar que

forma parte de su realidad cotidiana olvidando incluso la tecnología que le da soporte. [14]

En la figura 5, se representa el esquema general del concepto de realidad aumentada, el usuario que interactúa mediante un lente de realidad aumentada, con el objetivo de visualizar la RA.



Figura 5 Esquema del concepto de realidad aumentada [15]

1.3.7 La Realidad Aumentada: Una tecnología en espera de usuarios

Un sistema de realidad aumentada general inicia con el registro de las señales del mundo real (video y audio, aunque se continúan evaluando subsistemas para la síntesis de señales para los otros sentidos). Estas señales son procesadas por un sistema de realce de orillas de objetos para preparar la imagen para la segmentación o extracción de objetos y el reconociendo de patrones y marcas fiduciaras.

Este proceso permite determinar en dónde hay que remplazar un objeto real por uno virtual, cuál objeto virtual debe colocarse sobre el espacio real (el espacio de video) y en qué posición y perspectiva, para agilizar el proceso y permitir la interactividad, la cual requiere de gráficos en tiempo real.

Es conveniente que la correspondencia entre patrones, rasgos geométricos del entorno, y la posición tridimensional y la perspectiva de dibujado de los objetos virtuales, sea preparada con anticipación. Esto es: que se cree una base de datos y se entrene al sistema para evitar muchos cálculos en tiempo de ejecución. Algunos de estos cálculos

pueden ser preparados y dicha inteligencia artificial ser parte del sistema. Sin embargo, la síntesis de imágenes en su posición y perspectiva correctas, que permita lograr una correspondencia geométrica entre los mundos virtual y real (que el nuevo espacio se coherente para usuario), debe realizarse en tiempo real y de forma interactiva. [16]

Otras de la posibles aplicaciones a implementar con RA es el estímulo de la curiosidad en las aulas aunque es demasiado reciente los estudios que se realizan sobre los beneficios en los alumnos, lo que sí se puede notar es el aumento significativo de la curiosidad, directa o lateral, por ciertos temas, ya que los alumnos presentan mayor ánimo al momento de realizar una mayor busque de información y documentarse sobre ese tema. [17]

En la figura 6, se observa los elementos que componen el sistema de realidad aumentada, cámara del dispositivo, base de datos almacenados en el dispositivo móvil, target o marcador ubicado en la superficie física, considerando el dispositivo móvil como el elemento principal del sistema que permite visualizar la realidad.



Figura 6 Elementos que componen la RA. [17]

1.3.8 Agentes relevantes en la provisión de servicios de realidad aumentada

La realidad aumentada puede compararse con la disposición de unas lentes especiales que ayudan a ver el mundo de una forma más completa, por decirlo así y como su nombre indica. Para que estos servicios sean posibles son necesarios varios agentes: los fabricantes de los dispositivos, los desarrolladores del software de realidad

aumentada, los datos (y por lo tanto los proveedores de contenidos y los propios usuarios que los generan) y finalmente la red proporcionada por los operadores de telecomunicaciones.

En la figura 7 se muestran los agentes relevantes en la provisión de realidad aumentada, fabricantes de dispositivos, desarrolladores, Mundo digital y red.



Figura 7 Agentes Relevantes en la RA.

Elaborado por: El investigador

1.3.9 Los fabricantes de dispositivos

En el mundo de los dispositivos tecnológicos como los equipos de cómputo, con empresas como Dell, Toshiba, Asus, Lenovo, entre las más importantes, dispositivos móviles, con grandes fabricantes como Samsung, Apple, Sony, Huawei, empresas como Sony y Nintendo en la manufactura de consolas de video juego. Uno de los agentes más visibles para el usuario son precisamente los fabricantes del hardware, es decir, de los dispositivos sobre los que es posible acceder a este tipo de servicios. Fabricantes de smartphones, de PC, tablets y consolas y, en el caso de la realidad aumentada inmersiva, de los fabricantes de gafas especiales o cascos que incorporan pantallas, proyectores y en un futuro de las lentillas que permiten ver directamente la información digital superpuesta. [14]

1.3.10 Los desarrolladores del software de realidad aumentada

Se trata de los agentes que desarrollan las aplicaciones que dotan de vida a los datos que complementan la visión del entorno físico y gracias a las cuales es posible disponer de una forma aumentada de ver el mundo y así enriquecer los objetos de la vida real (personas, lugares o cosas) o realizar un seguimiento e interactuar con ellos de una manera radicalmente diferente.

Estos agentes son los encargados, por un lado, de ofrecer las herramientas adecuadas para, ejemplo, activar la realidad aumentada, por otro, de adaptar la información digital almacenada sobre el mundo de manera que pueda usarse por la lente de la realidad aumentada, así como de ofrecer la posibilidad a las personas de interactuar con el mundo desde diferentes dimensiones al mismo tiempo que se permite contribuir con datos propios a la construcción de este mundo digital paralelo que complementa la información del mundo real. [14]

1.3.11 Mundo digital y digitalizado: las empresas proveedoras de contenidos y los usuarios como productores

Un agente especialmente relevante se le puede considerar a los repositorios de datos, es decir, el mundo digital y el digitalizado. En los últimos años se ha capturado mucha información sobre el mundo real, por ejemplo, datos sobre la localización, descripciones, imágenes, etc.

Ejemplos concretos de esto podrían ser, Wikipedia, que recoge ingentes cantidades de información de diferentes temas constituyendo así la mayor enciclopedia del mundo, Google earth, que permite ver el mundo a través de imágenes satelitales, mapas, relieves o edificios 3D o las redes sociales Facebook o LinkedIn que albergan gran cantidad de información de sus usuarios. [14]

1.3.12 Principales técnicas que permiten crear la realidad aumentada.

Como se conoce la realidad aumentada es una tecnología que se basa en la integración de elementos virtuales diseñados digitalmente ubicados en nuestra realidad física, por lo tanto, para potenciar la realidad es necesario contar con un tipo de información que protagonice la experiencia en la RA.

Este contenido puede ser variado, imágenes, videos, animaciones 3D, textos, todos estos archivos son almacenados en forma digital para cuando se vea necesario se integran a la realidad dependiendo el medio y el tiempo que se haya establecido que lo hagan.

Existe cuatro tipos de Realidad Aumentada, y se diferencia en la manera en la que el contenido es integrado a la experiencia. Cada modo tiene sus características que lo hacen más o menos idóneas para cada propuesta de solución y su necesidad. [18]

a. Realidad Aumentada a base de marcadores

Los marcadores son símbolos o imágenes impresos en papel sobre las cuáles se superponen los elementos virtuales. Este contenido adicional aparece cuando la app de Realidad Aumentada asociada reconoce el marcador y activa la experiencia. Para que funcione correctamente, es necesario que el marcador se encuentre en una superficie plana y que el dispositivo mantenga una distancia adecuada. [18]

En la figura 8 se muestra la implementación de realidad aumentada mediante el uso de un marcador impreso, basta con solo sostener en la palma de la mano para que se proyecte la animación digital.



Figura 8 Realidad aumentada mediante marcadores impresos. [19]

b. Realidad Aumentada a través de objetos tangibles

La Realidad Aumentada a partir de formas físicas es la modalidad más atípica de los cuatro tipos de Realidad Aumentada. Este tipo de tecnología no es sensible

al entorno, sino que utiliza objetos concretos para activar y mostrar la información.

Para dicho modo no es necesario un marcador impreso, es suficiente con enfocar con la cámara del dispositivo el objeto, puede ser un libro, un cuadro de pintura, o como se puede observar en la figura 18, la realidad aumenta es funcional con el reconocimiento facial.

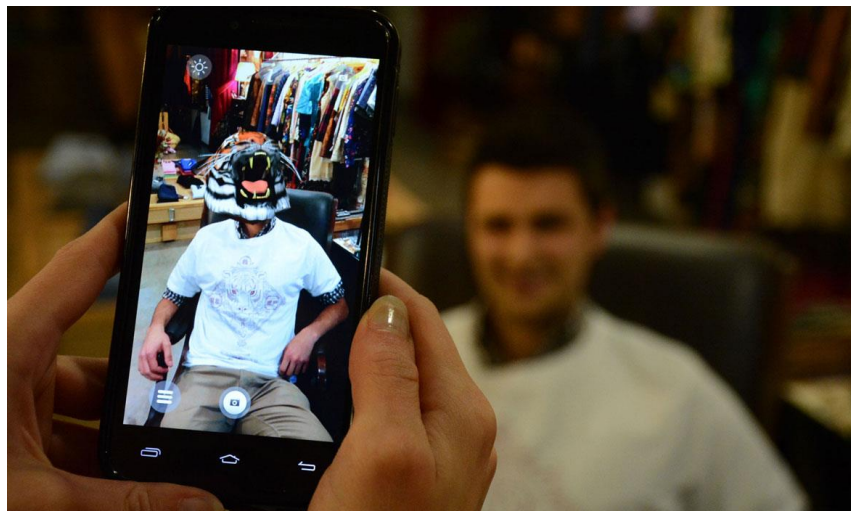


Figura 9 Realidad Aumentada basada en reconocimiento facial. [18]

c. **Smart Terrain**

En la actualidad, la interacción entre el entorno físico y los elementos virtuales sigue siendo uno de los objetos de estudio en los departamentos de las grandes compañías tecnológicas. El tercero de los tipos de Realidad Aumentada es un ejemplo de lo que puede llegar a ser la Realidad Aumentada sin marcadores. La función 'Smart Terrain', incluida en la plataforma de software Vuforia. Se trata de un motor que convierte a los objetos cotidianos una taza, un libro o el mando de la tv en el escenario perfecto de una experiencia de Realidad Aumentada o videojuego. [18]

En la figura 10 se puede observar un dispositivo móvil ejecutando un aplicativo RA que convierte a los objetos en base para la proyección.



Figura 10 Realidad Aumentada con Smart Terrain. [20]

En la figura 11 se muestra los dispositivos complementarios como cámaras especialmente diseñadas por Vuforia la cual puede ser conectada por cable a cualquier dispositivo, haciendo posible la tecnología Smart Terrain vinculada con la realidad aumentada.



Figura 11 Tecnología Smart Terrain [20]

d. Realidad Aumentada por geolocalización

El modo de realidad aumentada con el uso de geolocalización se ha convertido en un fenómeno mundial gracias al lanzamiento de Pokémon GO, juego desarrollado mediante el uso de puntos fijos en un mapa que son el motor para

el despliegue gráfico mediante el uso de un smartphone, en el juego se puede observar animaciones e interactuar con ellas. [21]

Gracias a este modo del juego el usuario recorre distancias entre puntos exactos del mapa fomentando el ejercicio físico. En la parte técnica esta aplicación utiliza geolocalización, modalidad en la que el dispositivo combina la información ofrecida por el GPS y los datos descargados desde Internet con un sin fin de combinaciones y dinámicas que abren el juego a cualquier parte del planeta. [18] En la figura 12 se puede observar la interfaz de bienvenida en el Juego Pokemon Go, desarrollado por Niantic.



Figura 12 Juego basado en geolocalización.

1.3.13 Diseño de elementos 3D

Al hablar de diseños de objetos en 3D también llamado modelado, se describe el proceso por el cual un objeto se crea en un plano tridimensional utilizando software de procesamiento digital de imágenes especialmente diseñado para esta función, una vez terminado la edición este objeto puede ser usado en un espacio virtual como es el caso de la realidad aumentada o para que esta sea impreso con la tecnología de impresión 3D. [22]

En la figura 13 se puede observar la edición de un objeto 3D, modificando las características como el color, tamaño, eliminando o añadiendo complementos en el software 3Ds Max



Figura 13 Modelado 3D en 3ds Max.

1.3.14 Tecnología móvil

La tecnología móvil en los últimos tiempos avanza rápidamente, los móviles de última generación se les conoce como Smartphone o dispositivos móviles que ya cuentan con varias características y complementos como por ejemplo: cámara, detector de huellas digitales, una gran capacidad de almacenamiento, sensores mucho más fiables como eficientes, y rapidez en el procesamiento lógico, de igual manera están estructurados por un sistema operativo, esto depende del fabricante entre los más representativos están Android, iOS, Symbian OS, Windows Mobile como se muestra en la figura 14.



Figura 14 Sistemas operativos móviles.

Una de las características más significativas de la tecnología móvil es la libertad de movilidad que brinda, a comparación con los equipos computacionales, los cuales son fijos, incluso en la actualidad los dispositivos móviles pueden superar el desempeño de un computador de mesa. Actualmente existen limitaciones como la velocidad de transmisión de datos baja 9,6Kbps, falta de un lenguaje común abierto para la compatibilidad entre los móviles, etc. Esto hace que actualmente el tráfico de datos sobre el total de flujo GSM sea del 2 al 3% y se centre en la emisión recepción de mensajes cortos (SMS) en el propio móvil o a la conexión al proveedor de servicios de internet desde un ordenador usualmente portátil a través del móvil. [25]

En la figura 15 se observa la relación de los teléfonos móviles y el acceso al gran mundo del servicio WEB que significa red, en el caso de los dispositivos móviles el acceso es de manera inalámbrica (WAP), protocolo de aplicación sin hilos, brindando así un gran número de oportunidades en un pequeño móvil.

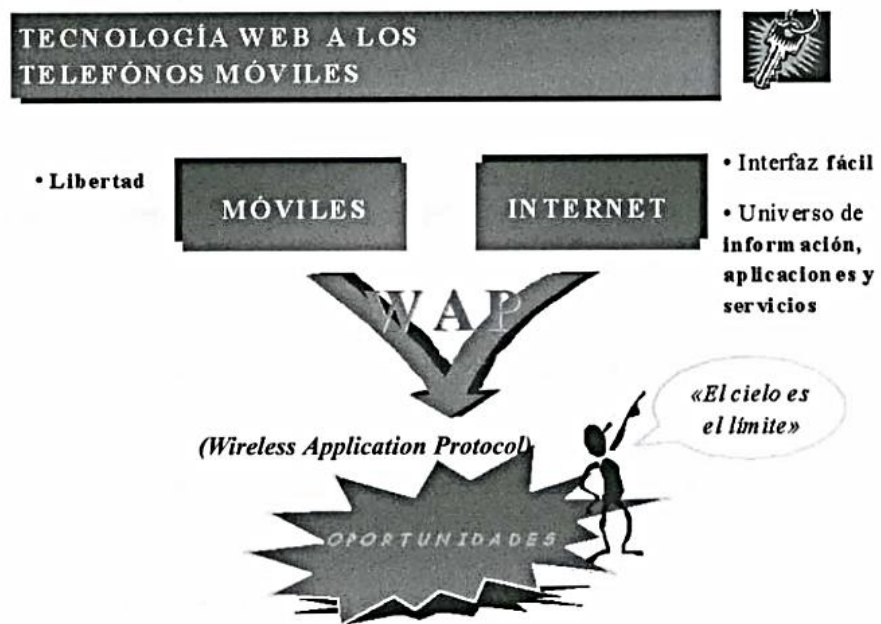


Figura 15 Tecnología WEB en dispositivos móviles. [25]

1.3.15. SO Android

Android es un sistema operativo al igual al igual que Windows, Linux, etc. Por lo tanto, tiene el control total del dispositivo que lo contiene, de tal manera que el desarrollo de una aplicación para este sistema permite controlar ciertos elementos y generar una experiencia más interesante y novedosa para el usuario si se lo utiliza de buena forma, caso contrario se podría generar una de las peores experiencias de usuarios y afectando el rendimiento del dispositivo.

Android en la actualidad pertenece a una de las compañías pilares del mundo de la tecnología, Google. Se sabe que los creadores fueron una pequeña empresa con el nombre de Android inc., que fue creada en el año 2003 y un par de años atrás Google la compro con la intención de adquirir el proyecto estrella de la compañía Android, que era un sistema operativo solo para dispositivos móviles. [26]

a. Versiones de Android

Los nombres de las versiones de Android siempre están en orden alfabético es decir que la primera versión inicio con la letra “A”, el segundo con la “B” y así sucesivamente, el nombre siempre hace referencia a un postre en el idioma inglés. Hasta el día de hoy estas son las versiones disponibles:

- A – Apple Pie. Versión 1.0
- B – Banana Bread. Versión V1.1
- C – Cupcake. Versión 1.5
- D – Donut. Versión 1.6
- E – Éclair. Versión 2.0
- F – Froyo. Versión 2.2
- G – Gingerbread. Versión V2.3
- H – Honeycomb. Versión V3.0
- I – Icecream Sandwich. Versión V4.0
- J – Jelly Bean. Versión V4.1
- K – KitKat. Versión V4.4
- L – Lollipop Versión V5.0
- M – Marshmallow. Versión V6.0
- N – Nougat. Versión V7.0

- O – Oreo. Versión V8.0
- P – Pie. Versión V9.0

b. Estructura del Sistema Operativo

En la figura 16 se puede observar las capas del sistema operativo de un dispositivo móvil:

Aplicaciones: las aplicaciones base almacenan un cliente de correo electrónico, programa de texto SMS, calendario, mapas, navegador de internet, contactos y otros. Todas las aplicaciones están escritas en lenguaje de programación Java.

Marco de trabajo de aplicaciones: los desarrolladores de software disponen de acceso completo a los complementos del entorno de trabajo usados por las aplicaciones base.

Bibliotecas: El sistema operativo Android incluye un conjunto de bibliotecas de C/C++ esenciales para el funcionamiento de varios componentes del sistema.

Runtime de Android: Android incluye un paquete de bibliotecas base que proporcionan gran parte de las funciones disponibles programadas en lenguaje Java.

Núcleo Linux: Android opera con Linux para los servicios básicos del sistema tales como seguridad, gestión de procesos, gestión de memoria, red y versión de controladores.

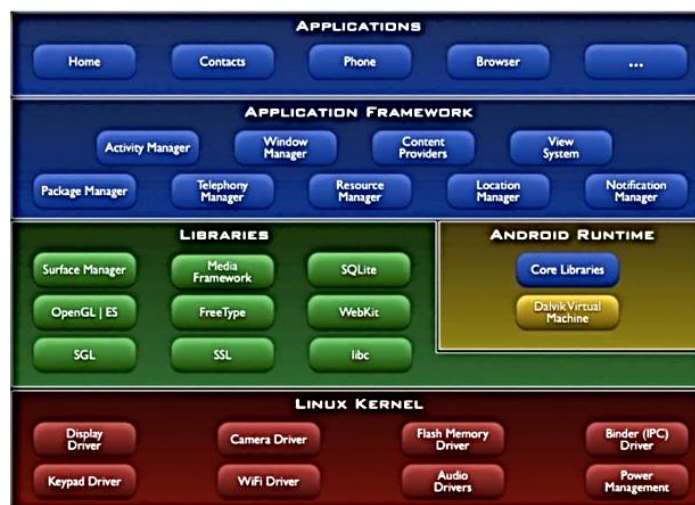


Figura 16 Estructura del SO. [26]

1.3.16. Interactividad Tecnológica

El término interactividad se utiliza para referirse a la relación de interacción entre los usuarios, sistemas informáticos, libros, archivos virtuales, etc.

La interactividad tecnológica es un proceso de comunicación entre computadoras y humanos, dispositivos inteligentes, en la actualidad las tecnologías avanzan muy rápido y nuestra forma de interactuar de igual manera.

a. Pantalla táctil

El modo de interacción mediante el uso de la pantalla táctil, en los últimos años se ha convertido en el principal canal de comunicación hombre – máquina. Se trata de una versión evolucionada del ratón que utilizaba una rueda mecánica que permitía mover un puntero en pantalla, en tiempos actuales el ratón aun funciona, con un lector óptico, pero para las pantallas es suficiente los dedos o un lápiz óptico para manipular una interfaz en pantalla, haciendo que se gane un éxito a pulso. Tecnologías como el Force Touch dan un pequeño giro a la idea de el efecto de realizar un pulso o un clic en un ratón genérico, efecto ahora emulado en una pantalla táctil, pero sigue siendo unidireccional. La misma empresa que diseño los mandos con vibración para videojuegos está trabajando en pantallas que son capaces de simular la rugosidad de distintas superficies, como se puede observar en la figura 17 la imagen de un molusco en una pantalla táctil futurista con la curiosa característica física, ya que se puede sentir un cascaron realista mejorando así la experticia del usuario. [27]



Figura 17 Futuro de la Pantalla táctil.

b. Lector de huellas

Es la interacción humana – maquina mediante el lector de huellas, cambiando así la forma de acceder o registrar información en la mayoría de los casos privada ya que una huella digital es única, gracias a este modo de acceso, mediante el lector de huellas llega a ser eficiente y rápido, por lo que ha pasado de ser una característica en dispositivos de gama alta y llegar a dispositivos muchos más económicos. Hasta ahora el sensor de huellas sirve para acceder a los dispositivos móviles, es decir como método de seguridad comprobando la identidad de su usuario, en la actualidad se encuentra en desarrollo nuevos usos, como se puede observar en la figura 18 el control por medio de gestos para ver, o deslizar la notificaciones en un dispositivo móvil, mediante el sensor de huellas. [27]

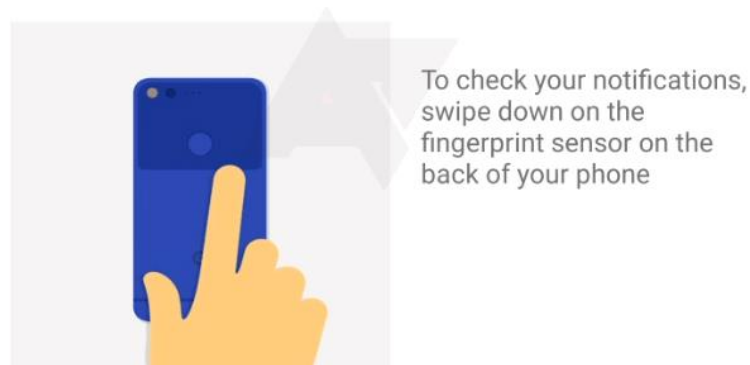


Figura 18 Gestos mediante lector de huellas.

c. Reconocimiento de Voz

Hoy en día el reconocimiento de voz ha mejorado mucho su precisión y capacidad para entender el lenguaje humano, hasta el punto que ya se ha convertido en el método mejor valorado para interactuar con algunos dispositivos como Google Home. Hoy es posible dar órdenes más o menos sencillas, pero los grandes avances en el terreno de la inteligencia artificial harán que cada vez se pueda pedir cosas más complejas, llegando al punto que probablemente no sea necesario manipular un teclado o la pantalla. [27] En la figura 19 se observa un dispositivo que realiza el procesamiento de reconociendo de voz, dispositivo diseñado por la compañía de Google.



Figura 19 Dispositivo Google Home.

d. Gestos

En la actualidad los gestos son una manera de controlar el teléfono que podría dar más comodidad al momento de controlar ciertas acciones o aplicaciones, por ejemplo, acceder a aplicaciones concretas al hacer un movimiento. [27]

En la figura 20 se representa el uso de un teléfono inteligente que cuenta con la interacción de gestos para encender o apagar el equipo, ya depende de la configuración que el usuario necesite.



Figura 20 Interacción mediante gestos.

e. Pantallas flexibles

Una pantalla flexible es una pequeña variación de los actuales paneles de imagen disponibles en la actualidad en dispositivos electrónicos, con la característica de poder ser dobladas, compactadas con el objetivo de obtener un dispositivo más portátil, los teléfonos móviles se encuentran en una etapa

de evolución en la parte de pantalla ya que se busca mejorar las prestaciones de la misma, tanto en la resistencia, gran apertura gráfica, los fabricantes de smartphones, tabletas, televisores y libros están optando por incluir pantallas flexibles buscando así que se popularice este tipo de tecnología, además notando una vibración que brindará una sensación de mayor realismo y mayor sensación de control, por no mencionar todas las aplicaciones que puede tener en el ámbito de los video juegos. [27]

En las figuras 21 y 22 se pueden apreciar el prototipo de pantalla en dispositivos móviles que permiten doblar y aumentar el tamaño del dispositivo ganando un extra de resolución en la pantalla.



Figura 21 Futuros dispositivos Móviles.



Figura 22 Dispositivo móvil con pantalla flexible.

f. Usar distintas partes de la mano

El gigante empresario Huawei ya incluye la opción de usar nuestros nudillos para realizar distintas acciones, mientras que Samsung permite hacer una

captura desplazando el costado de la mano sobre la pantalla. De momento esta tecnología es limitada, pero a medida que mejore el reconocimiento de la parte usada de la mano, por ejemplo, Se puede dar una doble pulsación con el índice para acceder al navegador, y con el pulgar para abrir WhatsApp. [27]

g. Según nuestra posición

La geolocalización ya es una de las tecnologías con los elementos más importantes de nuestro smartphone, pero gracias a las balizas y el acceso al internet de las cosas Iot, dependiendo el lugar en el que se encuentre como se representa en la figura 23 se puede programar una interacción específica, como por ejemplo acabar el aire acondicionado solo si el dispositivo móvil es localizado en el hogar, todo dependiendo la necesidad del usuario. De igual manera ya se puede configurar un dispositivo móvil para que muestre diferentes configuraciones dependiendo del lugar donde se ubique gracias al GPS que incluyen todos los dispositivos móviles o el uso de NFC, pero en un futuro no muy lejano el teléfono podría adaptarse mucho más rápido a al lugar geográfico donde este se encuentre sin la necesidad que el usuario realice complicadas configuraciones, accesos rápidos al correo a Netflix en casa o a aplicaciones de descuentos de un centro comercial. [27]

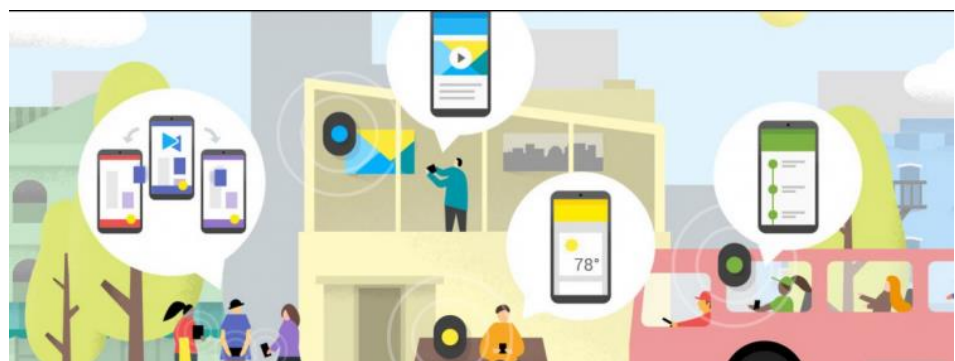


Figura 23 Tecnología móvil según la ubicación.

h. Realidad Virtual

La realidad virtual se basa en la interacción digitalizada, es decir una realidad totalmente programada en software para esto es indispensable el uso de gafas de realidad virtual las cuales permiten engañar al cerebro y separarlo de la realidad, como por ejemplo se puede viajar por simulación al polo norte, incluso engañar a los sentidos, llegando a sentir el frío del entorno, y todo sin salir de la habitación, la realidad virtual ha llevado muchos años, pero finalmente este tipo de tecnología ya se la puede implementar en varios ámbitos, con la potencia que está alcanzando los smartphones y lo estrechamente relacionados que están con la realidad virtual, no sería extraño que en un futuro bastase con llegar al trabajo y colocarse un equipo de realidad virtual. [27]

En la figura 24 se puede observar la interacción de un usuario mediante gafas de realidad virtual más el uso de guantes, los cuales permiten manipular el entorno virtual desarrollado en software.



Figura 24 Realidad Virtual.

i. Control con la Mente

El control mediante la mente es la capacidad de manipular con consciencia procesos, sistemas, elementos, dependiendo de la necesidad del usuario, todo esto mediante señales generadas por el cerebro creando una interfaz neuronal. Este modo de interacción se le puede considerar la cúspide de la evolución de la comunicación humano – máquina, ya que el control mental aun contiene ciertas incógnitas en el uso tecnológico, llegando a ser un tema de ciencia ficción, pero poco a poco se realizan investigaciones en personas con chips implantados en el cerebro, por lo que es muy posible que en un futuro se logre

controlar gadgets simplemente con el pensamiento. Aunque es posible que este camino solucione mucho más la interacción con la tecnología, que los gadgets quedaran ya sin uso, de cierta manera el usuario pasaría a ser un gadget. [27]

En la figura 25 se observa las pruebas con prototipos que se usan a manera de auriculares y el uso de chips implantados en el cerebro, buscando la reacción ante los pulsos neuronales con el objetivo de procesar dichas señales de información, que permitan desarrollar un control mediante la mente.

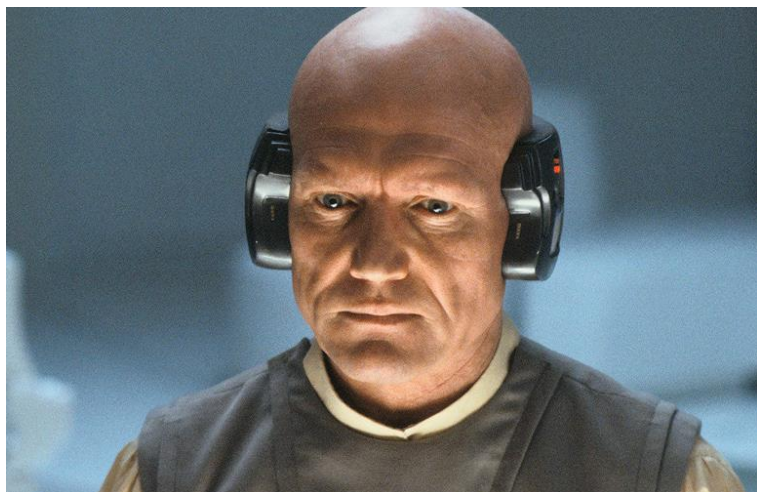


Figura 25 Humano con chip implantado en el cerebro.

1.3.17. Sensación y percepción

La sensación es la impresión que los estímulos externos producen en la conciencia y que es recogida por medio de alguno de los sentidos mientras que la percepción es el término que hace alusión a las impresiones que puede percibir un individuo de un objeto a través de los sentidos. La forma en la que un individuo representa el mundo en la mente es detectando la energía física del ambiente que lo rodea y codificarla en señales de tipo nervioso. A este proceso se lo denomina sensación.

La sensación es el procesamiento cerebral primario procedente de los sentidos principales, los cuales son:

- Vista
- Tacto

- Olfato
- Gusto
- Oído

Al hablar de sensación sin mencionar la percepción, es la representación mental del mundo que se consigue a través de los sentidos, pero, sin la capacidad para seleccionar, organizar e interpretar estas sensaciones. [28]

En la figura 26 se puede observar la diferencia entre la sensación con la percepción de una manera gráfica.

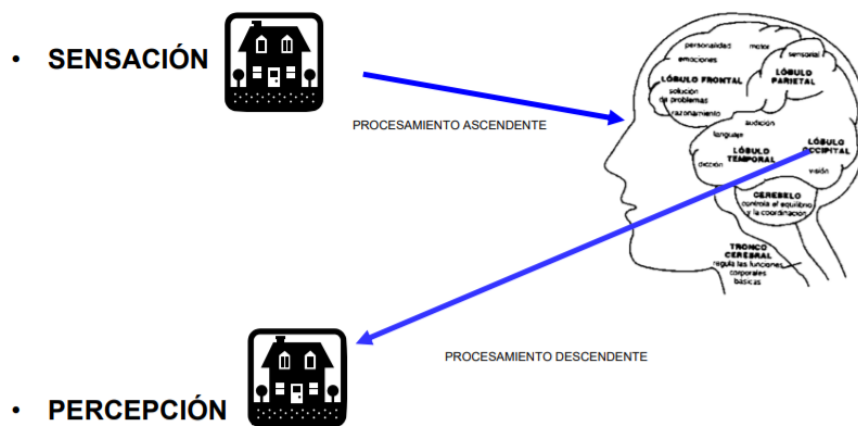


Figura 26 Procesamientos, sensación, percepción.

a) Estímulos Subliminales

Los estímulos subliminales son aquellos que se detectan en baja frecuencia por debajo del umbral absoluto. Su efecto se puede decir que es perceptible a corto plazo, todo lo que se percibe de manera inconsciente. Como se puede observar en la figura 27 los estímulos subliminales en publicidad se han utilizado sin obtener un concepto claro debido a los resultados muy variables y en la mayoría de los casos estos estímulos pasan desapercibidos por los usuarios haciendo que los resultados sean bajos. [28]

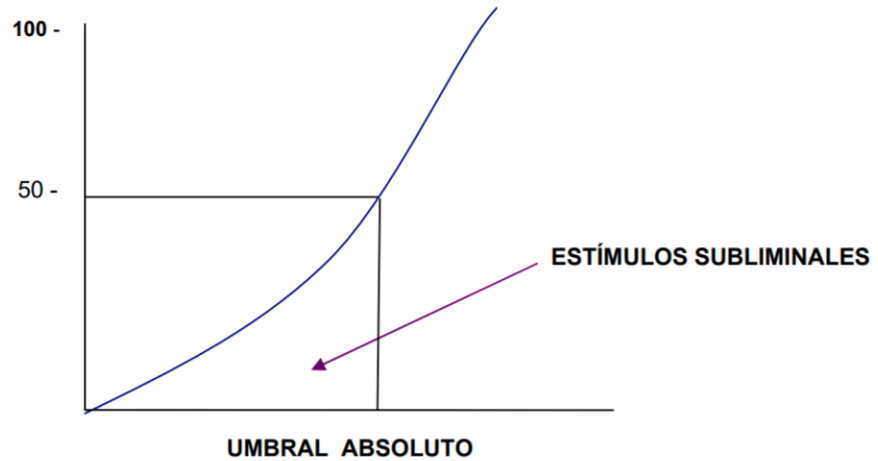


Figura 27 Relación entre estímulo absoluto y subliminal.

Resulta difícil hablar de sensación sin mencionar la percepción, definiéndola como la interpretación secundaria de las sensaciones teniendo en cuenta la experiencia y recuerdos adquiridos previamente.

Para explicar de una manera práctica en la figura 28, se representan ejemplos que permiten entender la percepción de la forma y la profundidad. [28]



Figura 28 ejemplos de percepción.

1.3.18. Raspberry Pi

El Raspberry Pi es un mini ordenador que a pesar de su placa reducida, su bajo coste y su sistema operativo de código abierto Raspbian, no deja de ser un ordenador adaptado a las necesidades de programación, los mini ordenadores son siempre una buena alternativa para implementarlos en algún tipo de proyecto con la ventaja de su tamaño compacto, estos se pueden utilizar como ordenadores personales conectados a un monitor, como reproductor de multimedia conectado con periféricos externos, o de igual manera con proyectos más avanzados, control de actuadores en la industria, ya dependiendo del propósito necesario, en la figura 29 se puede apreciar los componentes de una placa raspberry, su conector de video, uno de audio y uno de voltaje, para la carga de la programación dispone de un conector USB 2.0 más uno de ethernet, para su procesamiento dispone de un CPU de 512MB, sin olvidar mencionar que nuevos modelos ya cuentan con conector HDMI el cual permite vincular una pantalla. [29]

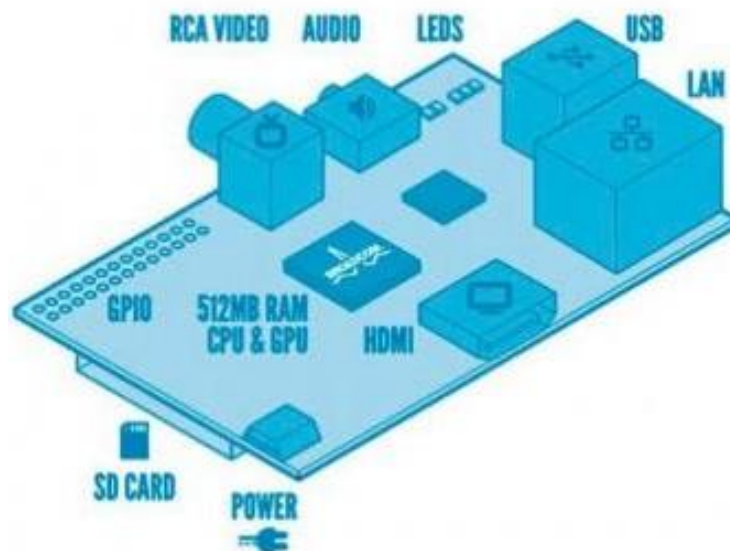


Figura 29 Partes de placa raspberry.

La placa raspberry pi en su versión 4 ya cuenta con una CPU ARM Cortex-A72 con cuatro núcleos a 1,5Ghz que permite la decodificación de vídeo 4K a 60 fps, pero sin HDR. Su precio aún se mantiene fiel al de sus modelos predecesores con un costo de 35 dólares para la versión más básica de todas. [29]

En la figura 30 se observa una placa que cuenta ya con varios complementos como es el USB 3.0 y un conector USB tipo C.



Figura 30 Placa Raspberry pi 4.

Además de su potencia, un cambio notorio y a tener en cuenta en esta nueva versión Raspberry Pi 4 es la mejora de las conexiones. Raspberry Pi 4 implementa Bluetooth 5.0 y Wi-Fi 802.11ac para las conexiones inalámbricas. Se retiró el conector micro USB para alimentación y se optó por USB-C, como se puede observar en la figura 31, que suma 500 mA extra de energía llegando a un total de 1.2 A. [29]

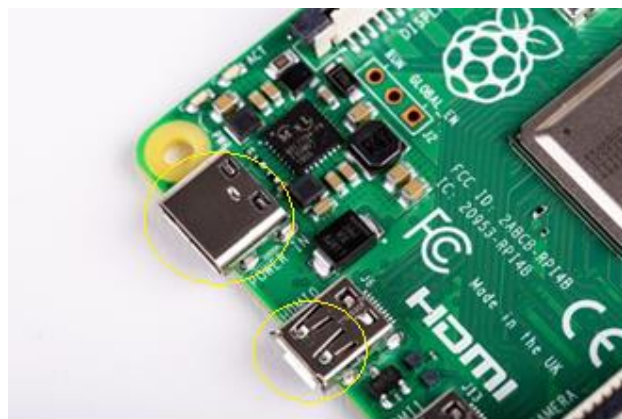


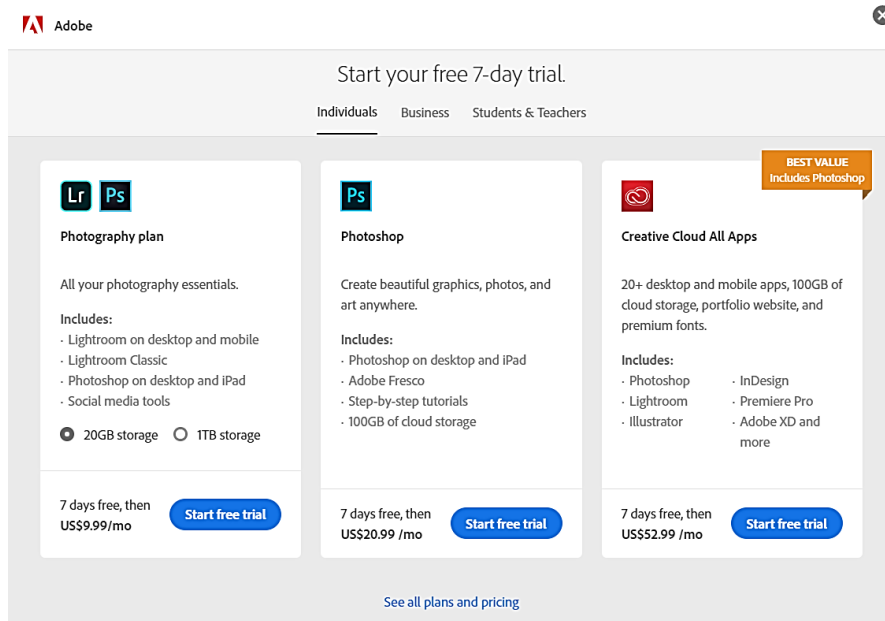
Figura 31 Etapa de alimentación Raspberry.

1.3.19 Adobe Photoshop

En los últimos años Adobe Photoshop se ha convertido en un poderoso software de edición fotográfica, pudiendo retocar fotos realizar montajes de manera profesional, aunque también accesible para diseñadores que llevan poca experiencia en el mundo de la edición.

Gracias al avance tecnológico de este software las empresas optan cada vez más por recurrir a este programa por su utilidad a la hora de editar imágenes ya sea para publicidad o diseño de la marca.

Desarrollado por la empresa Adobe Systems, uno de las desventajas de esta aplicación como se observa en la figura 32, es su licencia ya que es un software de pago, teniendo también una versión de código abierto, pero no ofrece todas facilidades segmentando a un usuario más amateur.



The screenshot displays the Adobe website's pricing section for a 7-day free trial. It features three main plan cards:

- Photography plan:** Includes Lightroom on desktop and mobile, Lightroom Classic, Photoshop on desktop and iPad, and Social media tools. Offers 20GB or 1TB storage. Price: 7 days free, then US\$9.99/mo.
- Photoshop:** Includes Photoshop on desktop and iPad, Adobe Fresco, Step-by-step tutorials, and 100GB of cloud storage. Price: 7 days free, then US\$20.99/mo.
- Creative Cloud All Apps:** Includes 20+ desktop and mobile apps, 100GB of cloud storage, portfolio website, and premium fonts. Includes Photoshop, Lightroom, Illustrator, InDesign, Premiere Pro, and Adobe XD. Price: 7 days free, then US\$52.99/mo. Marked as "BEST VALUE Includes Photoshop".

Each plan card has a "Start free trial" button. A "See all plans and pricing" link is located at the bottom of the pricing section.

Figura 32 Licencias disponibles Adobe Photoshop.

1.3.20 Hardware de Arduino IDE

Arduino es una comunidad tecnológica y compañía dedicada a la producción de hardware, Arduino tiene su propia plataforma de desarrollo llamado Arduino IDE (Integrated development environment), que es un software informático compuesto por un conjunto de herramientas de programación. Puede ser dedicado exclusivamente a un solo lenguaje de programación o para varios.

Como se observa en la figura 33, un IDE es una plataforma de programación que ha sido compilada para ser un editor de código, un compilador, un depurador o un constructor de interfaz gráfica, además contiene herramientas para cargar el programa desarrollado y compilado en la memoria flash del dispositivo de Arduino. [31]

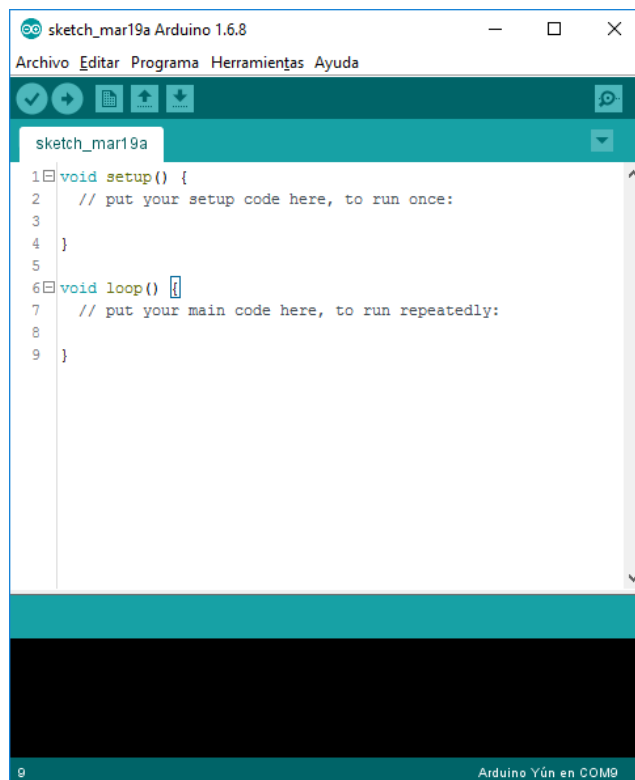


Figura 33 Aspecto del IDE de Arduino.

Novedades de la versión 1.6 del IDE:

- Soporte para Arduino multiplataforma.
- Plug and Play de la placa conectada.
- Memoria Flash y SRAM ocupada por un sketch o proyecto.
- Autoguardado al compilar o cargar sketch desarrollado.

- Carga de sketch vía wifi o ethernet para Arduino Yun.

En la figura 34 se describe el proceso de compilación de un sketch Arduino IDE, una consola de error y un área con menús disponibles para realizar las funciones más comunes como abrir sketch, compilar, guardar sketch. [31]

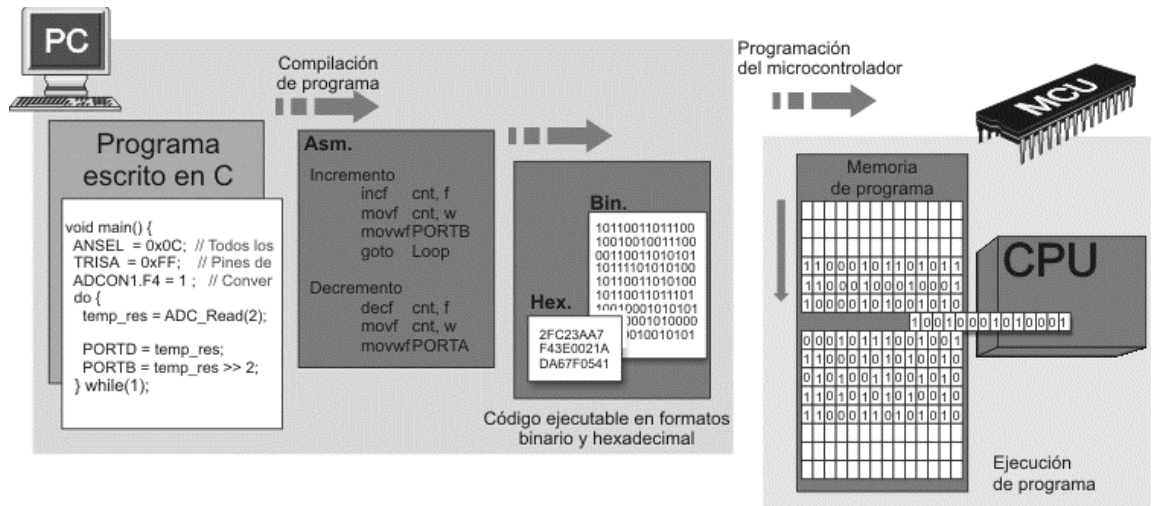


Figura 34 Compilación de sketch en Arduino IDE.

CAPÍTULO 2

METODOLOGÍA

2.1 Materiales

En la construcción del sistema, después de un análisis se optó por implementarlo con varios dispositivos y equipos, tanto como para el hardware del sistema, la parte de software se implementó con aplicaciones de software libre en su mayoría y software propio de los dispositivos utilizados.

Hardware

- Arduino
- Actuadores
- Dispositivo Móvil
- Módulo Bluetooth
- Módulo Relé.

Software

- Unity Hub
- Unity 3D
- Vuforia
- Adobe Photoshop
- Arduino IDE

En la figura 35 se presenta un esquema general de la estructura del sistema de almacenamiento, procesamiento y el método de comunicación entre las diferentes etapas de la topología, así como las aplicaciones que permitieron el desarrollo del sistema.

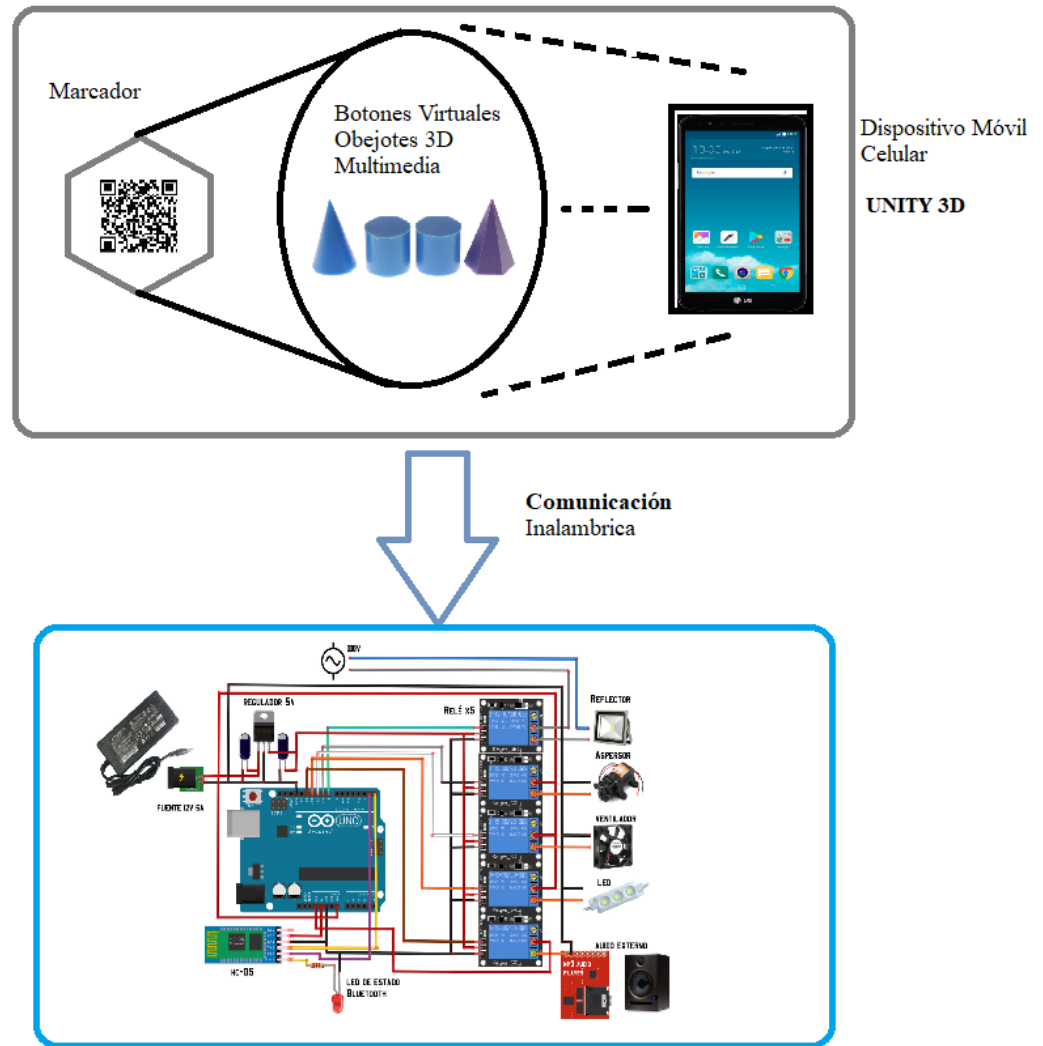


Figura 35 Esquema del sistema RA e interacción electrónica.

Elaborado por el investigador

Para el proyecto se requiere de la implementación del Software de Unity para el desarrollo de la ampliación para dispositivos móviles que cuenten con cámara, el uso de un marcador físico impreso, el diseño del contenido virtual, objetos 3D, multimedia. Mientras que, para la parte de procesamiento y comunicación electrónica, se requiere de la placa de Arduino más un módulo HC-05 que permite la conexión de forma inalámbrica, para el implementarlo los actuadores, (reflector, aspersor, ventilador, led, audio externo) físicos es necesario módulos de relé de potencia, sin olvidar una fuente de alimentación de 12V DC mínimo 2A para suministrar de energía a todo el sistema.

2.1.1 Arduino

Arduino es una plataforma de código libre, que cuenta con un hardware compacto y sencillo, una herramienta mucho más accesible para los desarrolladores, ya que se puede crear diferentes tipos de proyectos con una sola placa.

Una de las ventajas que sobresalen es que Arduino es basado en software libre, cuenta con un plataforma Arduino IDE, que es un entorno de programación que permite desarrollar cualquier tipo de aplicaciones desde las más simples educativas hasta las más avanzadas dedicadas a la industria o empresa, Arduino cuenta con una placa con todos los elementos necesarios para conectar periféricos a las entradas y salidas como un microcontrolador. [32]

En la figura 36 se muestra la placa de Arduino en su modelo MEGA la cual se diferencia por tener características más robustas que sus otras versiones, esto debido a su uso en un campo medio avanzado.



Figura 36 Placa de Arduino Mega.

Arduino cuenta con varios modelos o placas dependiendo la necesidad del desarrollador, ya sea por su hardware o software, entre los más usados se tiene:

- Arduino Yun.
- Arduino Due.
- Arduino Mega ADK.
- Arduino Ethernet.
- Arduino Robot.
- Arduino Leonardo.

- Arduino Esplora.
- Arduino Mini.
- Arduino FIO.
- Arduino Nano.
- LilyPad Arduino.
- Arduino GSM shield.
- Arduino Ethernet Shield.

Estas placas de Arduino son los más implementadas en proyectos ya dependiendo de la necesidad, tamaño, desempeño, características, costos. [32]

En la siguiente tabla 1 se muestra las características comparativas entre la placa de Arduino Uno y raspberry en su modelo PI3, las cuales ayudaran a seleccionar la placa óptima para el proyecto.

Tabla 1 Comparativa Placa Arduino Uno vs. Raspberry Pi3

	Arduino Uno	Raspberry Pi3
Precio	\$12	\$69
Tamaño	7,6 x1,9 x 6,4 cm	8,6cm x 5,4cm x1,7cm
Memoria RAM	96kb	1GB
Velocidad de Proceso		1,2Ghz 64bit
Conexión Red	No dispone	802.11n Wireless, Ethernet

Multitarea	No	Si
Voltaje de Entrada	7 to 12V	5V
Flash	32KB	SD Card de 2GB a 16GB
USB	Una, solo entrada	Cuatro
Sistema Operativo	Ninguno	Destituciones de Linux W10 iot

Elaborado por el investigador con base a las características técnicas del manual.

Para el presente proyecto se optó por implementar la etapa de procesamiento electrónico mediante el modelo Arduino Uno, debido a su bajo consumo energético 5V DC 0,5A, además de su diseño compacto y por contar con los pines tanto de entrada como de salida suficientes para el implemento del prototipo, dejando planteado la expansión para futuros proyectos, pero bajo una nueva investigación técnica y comparativas como las que se muestran en la tabla 1.

Arduino Uno cuenta con el microcontrolador ATmega328 con 14 entradas y salidas digitales, 6 pueden ser utilizadas como salidas PWM (modulación por ancho de pulsos) por otra parte tiene 6 entradas analógicas, además incluye un resonador cerámico de 16Mhz, un medio de conexión USB, estas características son fiables y eficientes para el prototipo de realidad aumentada e interacción electrónica

Dicha placa permite la conexión del módulo complementario bluetooth HC-05 por lo que implementar la placa de Arduino Uno será la mejor opción, más la prestación en software de desarrollo libre y su bajo consumo energético.

Comparado con la placa raspberry que en consumo energético supera los 2A 5V DC, además cuenta con conexión wifi, que para el prototipo no viene siendo necesario, tomando en cuenta el costo – beneficio.

Características técnicas de Arduino Uno

- Microcontrolador: ATmega328
- Voltaje: 5V
- Voltaje entrada: 7-12V
- Voltaje entrada 6-20V
- Digital I/O Pines: 14
- Entradas Analógicas: 6
- DC Corriente per I/O Pin: 40 mA
- DC Corriente parar 3.3V Pin: 50 mA
- Flash Memoria: 32 KB (ATmega328)
- SRAM: 2 KB (ATmega328)
- EEPROM: 1 KB (ATmega328)
- Velocidad del reloj: 16 MHz

En la figura 37 se puede observar la placa de Arduino Uno con la cual será implementada en el proyecto, con el fin de realizar el procesamiento de los datos recibidos desde el dispositivo móvil mediante el módulo bluetooth.



Figura 37 Placa Arduino UNO.

Elaborado por el investigador

2.1.2 Actuadores

Los actuadores son dispositivos que transforman energía neumática, eléctrica o hidráulica en algún tipo de respuesta o activación de un proceso con el objetivo de

generar un efecto con la finalidad de generar un efecto sobre un elemento externo, esta recepta la orden de un controlador como por ejemplo un Arduino y en función de ella se produce un efecto final como por ejemplo activar una válvula, una sirena, una luz, etc. [33]

En la figura 38 se muestra varios tipos de actuadores como: motores DC, servos motores. Micro motores, conectados a un driver de motor.

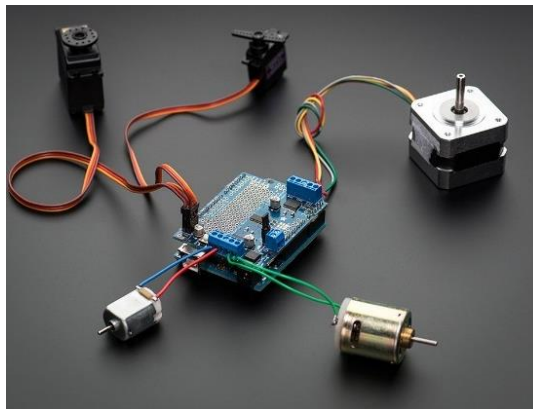


Figura 38 Actuadores conectados a una placa electrónica.

Elaborado por el investigador

Existen varios tipos de actuadores como son:

- Electrónicos
- Hidráulicos
- Neumáticos
- Eléctricos
- Motores
- Bombas

En algunas ocasiones, es necesario un driver o manejador para poder mandar ordenes desde Arduino.

Para el proyecto se optó por implementar actuadores electrónicos (aspersor, ventilador, bocina, led), eléctricos (reflector).

No hay que olvidar que los pines de Arduino solo pueden manipular un máximo de 40mA y se recomienda usar 20mA de forma continua, por lo que cada actuador debe

conectarse a una etapa de potencia (relés) de igual manera Arduino solo puede manipular un total de 200 mA de salida. Es decir que la corriente optima máxima Vcc y GND son 200 mA. [33]

2.1.3 Dispositivo Móvil

En el presente proyecto se implementa el sistema de visualización de realidad aumentada mediante un dispositivo móvil, en este caso un celular inteligente gracias a su portabilidad y por su gran evolución tecnológica que hacen que tengo un desempeño mejorado.

Se utilizó un teléfono celular que cuenta con un sistema operativo Android, como se observa en la figura 39, por su mayor aceptación entre los usuarios.



Figura 39 Teléfono celular.

Elaborado por el investigador.

La aplicación se desarrolló conociendo los diferentes modelos tanto en software y hardware existentes en la actualidad y su demanda, entre las principales compañías se encuentran: Android, iOS y Huawei, Nokia y Motorola.

En la table 2 se representa el ranking por año de mercado, crecimiento anual de cada empresa de manufactura en la línea de los smartphones.

Tabla 2: Ranking Global de Smartphones [34]

	2018	2019	Mercado	Crecimiento Anual
SAMSUNG	318,1	291,8	19%	-8%
APPLE	215,8	206,3	14%	-4%
HUAWEY	153,1	205,3	14%	34%
XIAOMI	96	121	8%	26%
OPPO	119,8	120,2	8%	0%
VIVO	100,2	102,8	7%	3%
LG	55,9	41,2	3%	-26%
LENOVO	49,9	38,3	3%	-23%
NOKIA	7,7	17,5	1%	126%
TECNO	13,1	17,4	1%	32%
OTROS	429,3	336,6	22%	-22%

Fuente: Elaborado por el Investigador basado en muestras de Ranking Global Smartphones

2.1.4 Módulo Bluetooth Hc-05

En este proyecto para la comunicación entre Arduino el dispositivo móvil se implementó un módulo Bluetooth HC-05 que permite conectar de forma inalámbrica, La transmisión se realiza en forma directa a los pines seriales de nuestro microcontrolador (tomando en cuenta los niveles de voltaje, el módulo se alimenta con 3.3V).

Todos los parámetros del dispositivo se pueden modificar mediante comandos AT. El módulo también incluye un regulador de 3.3V, que permite energizar con un voltaje entre 3.6V - 6V. Este módulo es el compatible y muy útil para proyectos de robótica, IoT y control remoto con Arduino, PIC, Raspberry PI, ESP8266, ESP32, STM32, etc. [35]

En la figura 40 se muestra el módulo Bluetooth HC-05 que será implementado para realizar la comunicación Arduino – Dispositivo móvil.

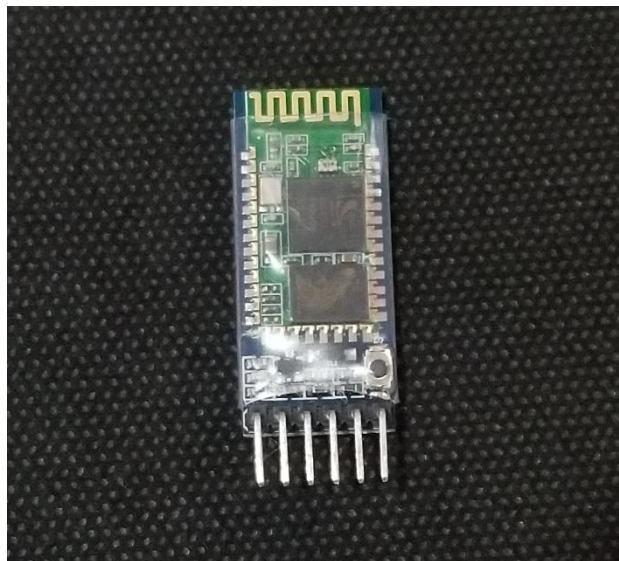


Figura 40 Módulo Bluetooth HC-05.

Elaborado por el investigador.

En este proyecto se investigó la fiabilidad de la conexión del dispositivo móvil mediante conexión WIFI con el módulo NodeMCU v3 - ESP8266 y con el módulo Bluetooth HC-05, teniendo en cuentas sus características técnicas.

En la tabla 3 se analiza las características técnicas de los dispositivos que permiten una comunicación inalámbrica, Wifi y red inalámbrica de área personal (bluetooth), las cuales permiten analizar y seleccionar la que solventa la necesidad de comunicación personal para el prototipo a diseñar, tomando en cuenta el costo, los beneficios y las características de los dispositivos se seleccionó el módulo bluetooth HC-05.

Tabla 3: Comparativa ESP8266 - Bluetooth HC-05

Características técnicas ESP8266	Características técnicas HC-05
Procesador: ESP8266 @ 80MHz (3.3V) (ESP-12E)	Funciona como dispositivo maestro y esclavo bluetooth
4MB de Memoria FLASH (32 MBit)	Configurable mediante comandos AT
WiFi 802.11 b/g/n	Bluetooth V2.0+EDR
Regulador 3.3V integrado (500mA)	Frecuencia de operación: 2.4 GHz Banda ISM
Convertor USB-Serial CH340G / CH340G	Modulación: GFSK
Función Auto-reset	Potencia de transmisión: $\leq 4\text{dBm}$
9 pines GPIO con I2C y SPI	Sensibilidad: $\leq -84\text{dBm}$ @ 0.1% BER
1 entrada analógica (1.0V máxima)	Seguridad: Autenticación y Encriptación
4 agujeros de montaje (3mm)	Perfiles Bluetooth: Puerto serie bluetooth.

Pulsador de RESET	Distancia de hasta 10 metros en condiciones óptimas del ambiente
Entrada alimentación externa VIN (20V máximo)	Voltaje de funcionamiento 3,3V

Fuente: Elaborado por el Investigador basado en las características de los dispositivos

2.1.5 Interfaz de Unity Hub

En este proyecto se utilizó una herramienta llamada Unity Hub, como se observa en la figura 41, es una nueva aplicación de escritorio pensada para ayudar a los desarrolladores ya que permite agilizar el flujo de los desarrollos virtuales, además de organizar todos los proyectos de Unity facilitando su búsqueda y manejo que cada uno de ellos, descargar versiones de Unity de acuerdo a la compatibilidad de los proyectos y utilidades extras necesarias para que no se presente ningún error de procesamiento del programa en desarrollo.

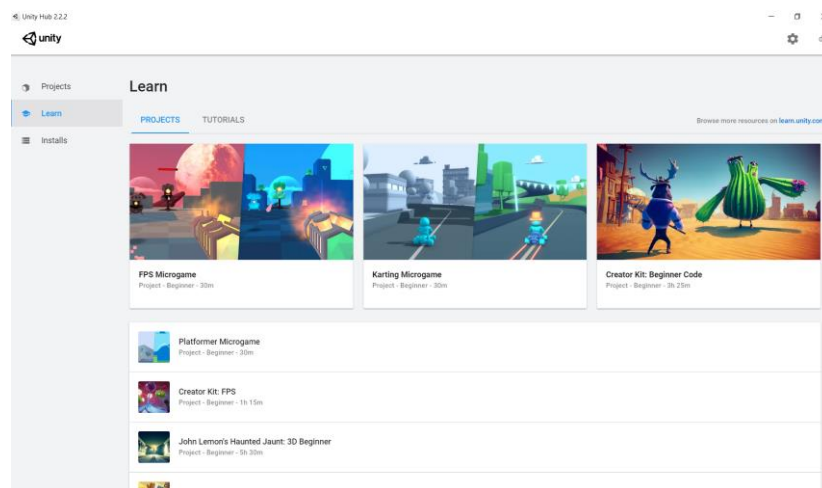


Figura 41 Herramienta Unity Hub

Elaborado por el investigador basado en el software de Unity.

2.1.6 Página Oficial, descarga de Unity 3D

El proceso de desarrollo del proyecto fue posible gracias al potente software de programación en tiempo real, el cual está disponible en la página oficial de Unity con un gran campo de aplicación para el diseño completo de plataforma de video juegos, en el sector automotriz, del transporte y la producción, películas, animación y cinemáticas, arquitectura, ingeniería y lo que es construcción, este software puede ser descargado desde su página web oficial unity.com, Unity cuenta con un versión pago dedicada a las industrias y una versión libre dedicada para el desarrollo educativo.

En la figura 42 se muestra la interfaz de inicio del repositorio oficial de Unity 3D, en el cual se puede descargar ya sea para su uso empresarial o libre.

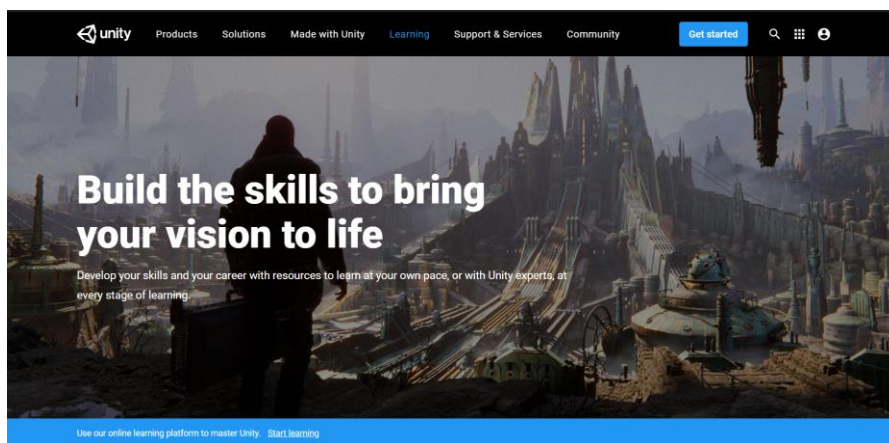


Figura 42 Pagina web oficial Unity.

2.1.7 Vuforia

Para este proyecto se implementó el SDK llamado Vuforia, el cual permite crear, desarrollar aplicaciones basadas en la realidad aumentada, una aplicación con Vuforia utiliza como medio de visualización la pantalla de un dispositivo móvil, el dispositivo pasa a ser un lente que permite ver el entrelazado del mundo real con el mundo digital virtual como puede ser letras, imágenes, videos, objetos 3D, etc. [36]

Vuforia ofrece:

- Reconocimiento de imágenes.
- Reconocimiento de texto.
- Rastreo con una buena estabilidad, esto quiere decir que el target fijado se perderá fácilmente incluso cuando el rastreador se mueva.
- Detección optimizada de los Targets.
- Permite realizar el rastreo de targets de manera simultánea.

Vuforia se utilizó para crear la base de datos del prototipo de realidad aumentada, cada una de las animaciones, almacenando Objetos virtuales 3D, multimedia, todo en cada marcador respectivo.

2.1.7.1 Arquitectura de Vuforia.

Cualquier tipo de aplicación desarrollada con Vuforia está compuesta con las siguientes arquitecturas:

- Cámara: la cámara permite capturar la imagen y que esta sea procesada por el tracker.
- Base de datos: la base de datos es creada mediante el target Manage ya sea de manera local en el mismo dispositivo o almacenamiento de datos en la nube.
- Target: esto permite que el tracker reconozca un objeto diferenciándolo del mundo real o a su vez como punto de origen del objeto de RA, algunos ejemplos pueden ser:
 - Image Targets: se basan en el reconocimiento de imágenes como pueden ser fotos, páginas de libros, cubiertas de alguna revista, tarjetas, etc.
 - Word Targets: se basan en elementos textuales como palabras simples o compuestas, estas pueden ser palabras completas o caracteres. [36]
- Tracker: su función es analizar la imagen de la cámara y procesar los objetos diferenciándoles del mundo real a través de los frames de la cámara con el propósito de comparas y encontrar similitud con la base de datos.

En la figura 43 se muestra cada una de las arquitecturas, Cámara, bases de datos, target o marcador, descritas previamente.

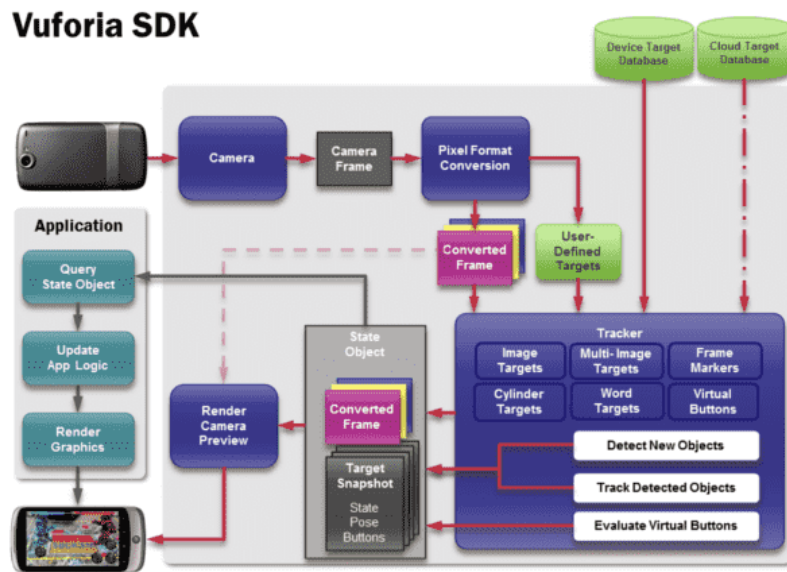


Figura 43 Diagrama de flujo de datos del SDK Vuforia en una aplicación.

- El dispositivo móvil capta un video en tiempo real, tomado mediante la cámara.
- La SDK de Vuforia reproduce un frame, una imagen principal dentro de una sucesión de imágenes de la escena capturada y la codifica a una diferente resolución facilitando el correcto procesamiento del tracker.
- Vuforia SDK analiza la toma a través de Tracker y busca alguna similitud en la base de datos tal y como son diseñados los targets.
- El siguiente proceso es renderizar el contenido virtual, modelos, imágenes, videos, todo esto en la pantalla del dispositivo móvil con el objetivo de crear los elementos virtuales sobre puesto en el mundo real, al fin de conseguir lo que se conoce como realidad aumentada. [36]

2.2 Diseño del sistema

El diseño del sistema de realidad aumentada con tecnología móvil e interacción electrónica para la promoción turística de Ambato se enfoca en tres características base: enlaza elementos reales del entorno con información virtual digital, interacción en tiempo real más el registro en 3D.

2.2.1 Definición de los lugares con mayor relevancia en la Ciudad de Ambato.

Como acción previa se realizó una pequeña encuesta con el propósito de conocer y medir el conocimiento e impacto del uso de realidad aumentada para la promoción turística de Ambato. Para lo cual se plantearon varias preguntas dirigidas a personas mayores de 12 años con un total de 21 encuestados.

Los resultados reflejaron que un gran porcentaje conoce la tecnología de realidad aumentada un 81% contra un 19% que no conoce sobre el tema. Un 95,2% considera útil el uso de Realidad Aumentada en el ámbito del aprendizaje, ya que ayudaría a un mejor entendimiento de manera entretenida y didáctica, un 4,8% considera que la realidad aumentada no ayudaría en ningún sentido. Consultado sobre si considera útil el empleo de aplicaciones de RA en el ámbito turístico como una herramienta vanguardista, con un 95,2% la gente expresa que, si es útil, contra un 4,8% que no conoce del tema. La gente que estaría dispuesta a instalar y probar una aplicación de RA en su dispositivo móvil, tiene un porcentaje del 95,2%. Por último, se consultó sobre si sería acertado recibir sugerencias turísticas mediante RA y los encuestados mostraron una gran aceptación. Con lo que se concluyó que la realidad aumentada en el ámbito turístico, llegara a tener una gran aceptación por los usuarios, la encuesta y los datos estadísticos se encuentra disponible (modelo de encuesta utilizado), en el anexo A.

Con el objetivo de despertar el interés de las personas de informarse de lugares de una forma novedosa e Interactiva, buscando resolver la necesidad de acercamiento y conocimiento de los principales sitios turísticos implementando Realidad Aumentada.

Este proyecto se ubica en la ciudad de Ambato capital de la provincia de Tungurahua, ciudad en donde se agrupa la mayoría de la población total, la cual está organizada en 9 parroquias urbanas y 18 parroquias rurales.

Para el desarrollo de la aplicación que será implementada con tres marcadores de realidad aumentada, un marcador para la ciudad de Ambato, un marcador para la parroquia de Pasa y otro para Quisapincha, cada lugar con sus características turísticas

más significativas. Sentando las bases para aumentar el número de marcadores, así como otros sitios de acuerdo a la necesidad a futuro en nuevas investigaciones.

Para la selección de los lugares turísticos que serán implementados en el proyecto de realidad aumentada se recolectó información de la plataforma www.tripadvisor.es, la cual brinda información de los lugares turísticos más frecuentados en la ciudad de Ambato. [37]

En la figura 44 se representa la búsqueda de Ambato en la plataforma TripAdvisor, la cual brinda información calificando según su concurrencia y comentarios de los usuarios.

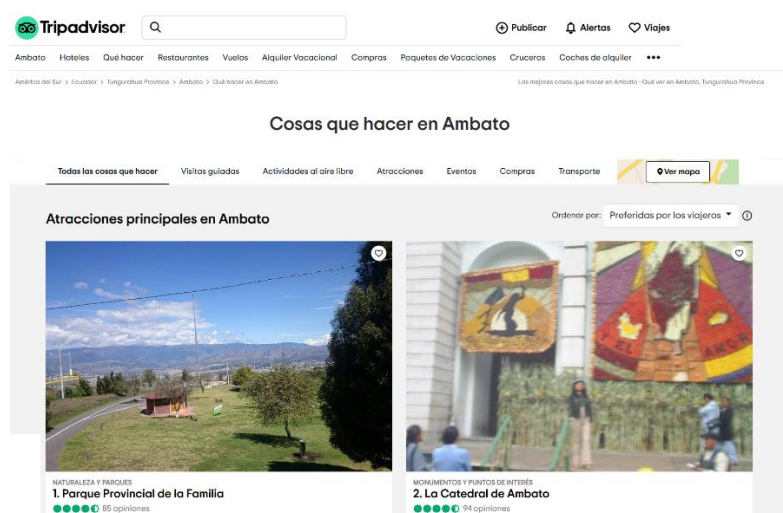


Figura 44 Tripadvisor, Ambato.

La aplicación de realidad aumentada contara con los lugares turísticos:

- Ambato: centro turístico de toda la provincia, que cuenta con la mayoría de opciones turísticas, museos, plazas culturales, su Iglesia central “La Catedral”, su gastronomía que agradan al turista.
- Parroquia de Quisapincha: con su Parque ecológico, (Parque de la Familia), comercio de cuero y ropa.
- Parroquia de Pasa: lugar con mucho atractivo histórico, cultural como su museo estocástico y un área verde muy extensa más su arquitectura clásica.

Cada marcador con su respectivo lugar turístico, tendrá objetos 3D, audios, imágenes, videos, animaciones, creando un ambiente virtual atractivo referente a cada sitio

turístico, con el objetivo de informar de manera novedosa a los usuarios de la aplicación.

Este proyecto dejara las bases para una futura expansión de los lugares y contenidos según se requiera la investigación o modificación del aplicativo planteado en este proyecto.

2.2.2 Recopilación de objetos virtuales que serán implementados en la aplicación.

Para el desarrollo de este prototipo después de una búsqueda en repositorios WEB, como, 3D WARE HOUSE, Sketchup, Turbosquid, se obtuvo cierto número de archivos, objetos modelados en 3D, teniendo en cuenta que el paquete de objetos tenga descarga libre sin costo, de esta manera modificar cada archivo digital de acuerdo a nuestros requerimientos, ya sea color, dimensiones, formato de desarrollo.

Estos objetos virtuales serán utilizados en la aplicación para posterior ser sobre puestos en una plataforma física mediante un marcador y la realidad aumentada. [38]

En la figura 45 se muestra el modelado utilizado para el marcador de Ambato.



Figura 45 Modelador Catedral de Ambato.

Para el objeto virtual en el marcador de Ambato, se puede utilizar el repositorio de modelos 3D, 3dwarehouse.sketchup.com, que permite descargar ciertos modelados de forma gratuita. [38]

En la figura 46 se observa el modelado de una iglesia para el marcador de Quisapincha.



Figura 46 Modelado de iglesia 3D.

Para el objeto virtual en el marcador de Quisapincha, está disponible de la página www.turbosquid.com, realizando una búsqueda de modelados 3D con la forma Iglesias, teniendo en cuenta la condición de descarga libre, para poder modificarla dependiendo del requerimiento. [39]

En la figura 47 se observa el modelado de una iglesia para el marcador de Pasa.



Figura 47 Modelo de iglesia 3D.

Para el modelado en el marcador de Pasa, de igual manera se encuentra disponible de la página www.turbosquid.com, teniendo en cuenta su condición de descarga libre, para poder modificarlo dependiendo el requerimiento del proyecto.

Los objetos virtuales complementarios como flores, superficies, animales, de igual manera están disponibles en la plataforma turbosquid, los cuales son cargados al proyecto de acuerdo al requerimiento con el objetivo de representar un entorno visual agradable para cada marcador seleccionado.

Las animaciones de objetos 3D fueron diseñadas mediante la plataforma Mixamo.com, la cual dispone de varios humanoides con archivos de animación los cuales se debe seleccionar de acuerdo a los requerimientos. [40]

En la figura 48 se muestra los objetos 3D extras en cada marcador

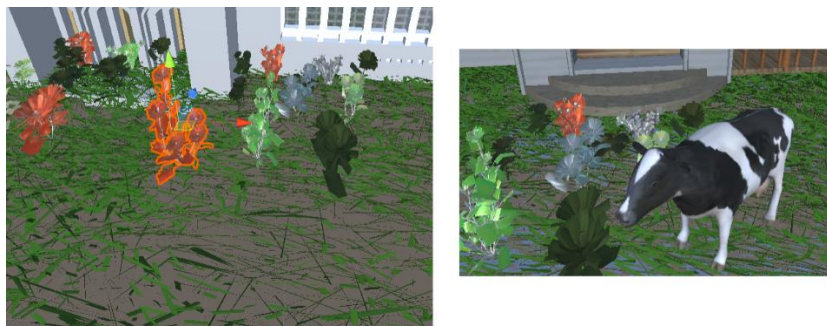


Figura 48 Objetos 3D, complementos.

Elaborado por el investigador basado en el software de Unity

En la figura 49 se representa el objeto virtual para el marcador de Ambato

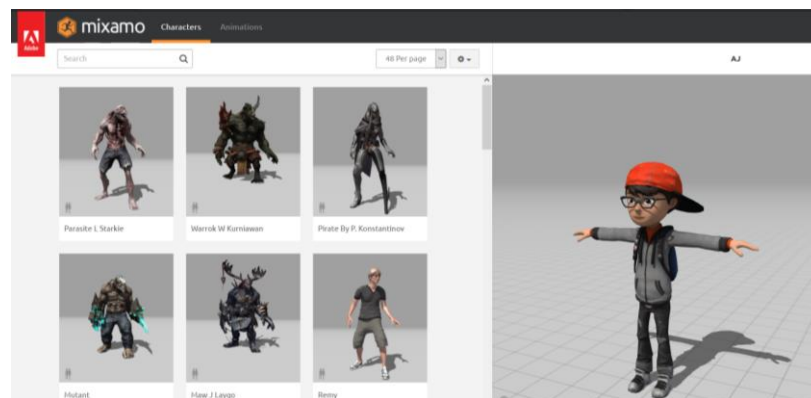


Figura 49 Humanoide 3D.

Mediante la plataforma Mixamo, en el apartado de animaciones es posible seleccionar la que sea necesaria bajo los requerimientos y características para el desarrollo del proyecto, las opciones de animación se muestran en la figura 50.

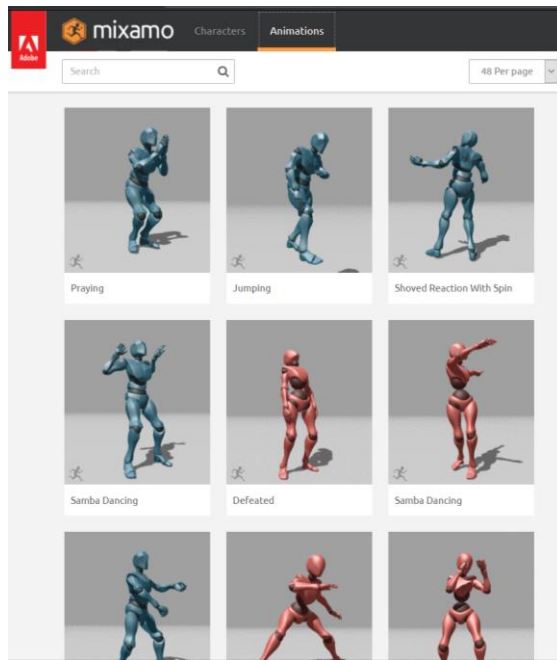


Figura 50 Animaciones Mixamo.

En la figura 51 se puede observar el humanoide para el marcador de Pasa y Quisapincha.



Figura 51 Humanoides implementados.

Todos los archivos, Objetos virtuales 3D, Audios y videos son agregados al repositorio de Unity 3D, como se muestra en la figura 52, los archivos de video deben ser cargados en Assets-Video para poder cargarlos en el marcador, para el caso de Ambato, de igual manera respectivamente con los otros marcadores, Pasa y Quisapincha según los

requerimientos de cada marcador buscando representar un cada una de las parroquias seleccionadas.

- Video: después de la investigación de los factores más relevante de las parroquias seleccionadas, teniendo en cuenta sus atractivos turísticos, reseñas, características que llaman la atención a los turistas, con el objetivo de desarrollar un archivo de video en formato .mp4 como se observa en la figura 52, con el objetivo de ser atractivo para el usuario, simultáneamente informativo.



Figura 52 Archivos multimedia en Unity 3D

Elaborado por el investigador basado en el software de Unity

- Audio: El archivo de audio se generó para la presentación de la aplicación y en forma de asistente virtual que permita describir las funciones de cada interfaz, los audios se grabaron con el grabador genérico de un teléfono celular en formato .mp3 a manera de prototipo sin modificaciones profesionales.

En la figura 53 se muestran los archivos .mp3 cargados al repositorio de Unity 3D, que pueden ser añadidos al marcador respectivamente, Ambato, Pasa, Quisapincha, creando una experiencia multimedia más entretenida para el usuario, en el software se puede modificar sus parámetros, como filtros, volumen, etc.



Figura 53 Archivos de audio en Unity 3D.

Elaborado por el investigador basado en el software de Unity

2.2.3 Plataforma de desarrollo para el entorno de realidad aumentada

Se optó por utilizar la plataforma de desarrollo Unity 3D debido a que: es un software multiplataforma, soporta múltiples scripts o códigos de programación, para el proyecto se planteó desarrollar y compilar la aplicación para la plataforma de Android, con la opción de desarrollo para otras plataformas móviles gracias a las características que tiene el Software de Unity multiplataforma, para el diseño se dispone de licencia gratuita Unity que permite desarrollar desde cero lo que es entornos virtuales especialmente video juegos sin ningún costo extra con acceso a todas las utilidades y herramientas facilitando así el diseño.

2.2.4 Herramientas necesarias (librerías, SDK's) en Unity 3D para entorno de realidad Aumentada.

Para el desarrollo de aplicaciones de RA es necesario varios SDK's disponibles para el software de Unity. Un kit de diseño de software, es un conjunto de herramientas o utilidades que permiten al desarrollador crear aplicaciones para una plataforma o sistema operativo en específico, el kit brinda las herramientas necesarias para el diseño de diferentes tipos de aplicaciones ya dependiendo la necesidad del usuario.

SDK's disponibles para el desarrollo del entorno RA

Para el desarrollo de entornos de realidad aumentada las herramientas o SDK's tienden a ser muy variadas. A continuación, se muestra en la Tabla 4 los diferentes tipos y características básicas de las herramientas para el desarrollo de cualquier aplicación móvil.

Tabla 4: SDK's disponibles para desarrollo de entornos RA.

SDK	Licencia	GPS	Gráficos	Plataforma compatible	Almacenamiento en la Nube
Ar Toolkit	\$2,500	no	Unity 3D, Alt	iOS, Android	No disponible
Qualcomm Vuforia	Free	Si	Unity 3D, Alt	iOS, Android	Si disponible
Metaio SDK	10,000	Si	Unity 3D, Alt	iOS, Android	Si disponible

Elaborado por el investigador basado en las características de los SDK.

Según las características brindadas por Vuforia, es considerada la mejor opción, por la razón que presenta la mayoría de las funcionalidades necesarias más la ventaja de ser de licencia gratuita. Puede realizar el tracking de diferentes tipos de targets (marcadores) como son objetos 3D, planos, imágenes de revistas, planos, textos, etc.

Vuforia tiene la capacidad de ser multiplataforma evitando problemas al desarrollador al elegir primero el sistema operativo en cual desea realizar el diseño del proyecto, ayudando al usuario estudiar la posibilidad de cambiar de plataforma y no tener conflictos de volver a realizar el diseño perdiendo así el tiempo.

2.2.5 Diseño del proyecto de RA en el software de Unity 3D

Para el desarrollo del proyecto se dispuso de la versión de uso personal de Unity 3D, la cual está disponible bajo descarga directa desde la plataforma oficial de Unity, el paso siguiente es descargar el Vuforia SDK que permite construir las aplicaciones de realidad aumentada para el proyecto en dispositivos móviles. El proceso siguiente es descargar todas las utilidades de Android SDK e instalarlos en el computador ya que sin estas herramientas se puede provocar problemas al estructurar la aplicación.

Para la elaboración de la aplicación de realidad aumentada mediante el uso de Unity 3D, consiste en las siguientes etapas expuestas a continuación:

a) Acceder a la plataforma con email y contraseña de registro

Para acceder al software de Unity 3D primero se debe abrir la herramienta de Unity Hub el cual permite el ingreso con email y contraseña como se observa en la figura 54, previamente registrado de manera gratuita, Unity Hub ofrece acceso mediante registro de Google o Facebook.

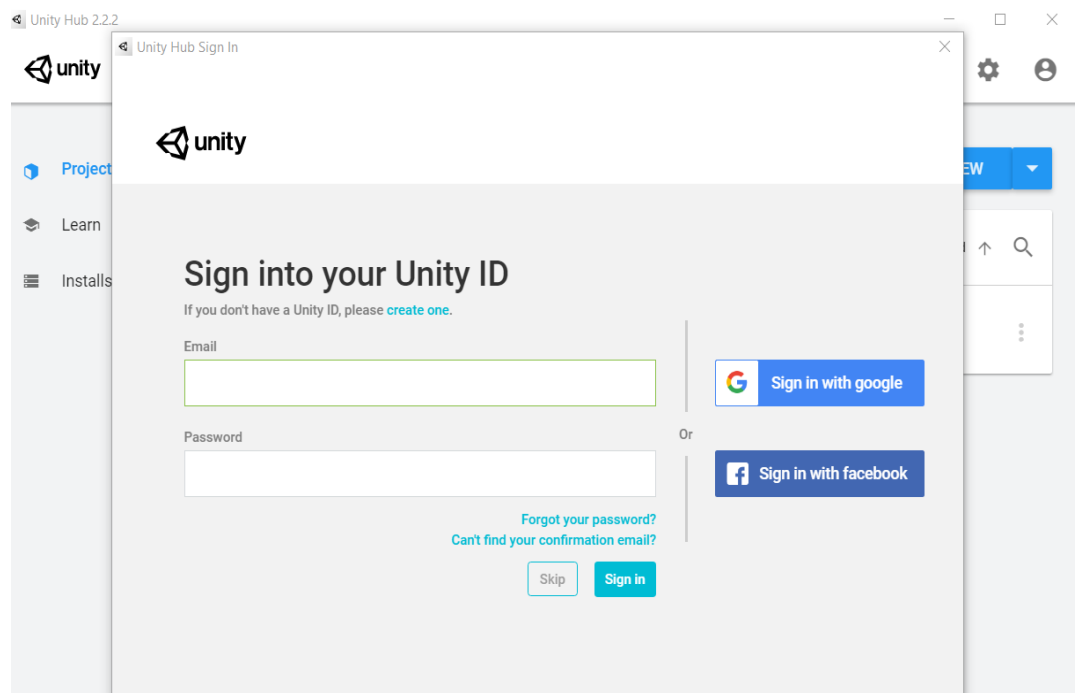


Figura 54 Ingreso a Unity 3D mediante email y contraseña.

Elaborador por el Investigador basado en el software de Unity.

Después del ingreso con la cuenta de Unity, el siguiente paso es seleccionar las características del proyecto, como el nombre, ubicación y el modelo 2D, 3D con extras como se muestra en la figura 55.

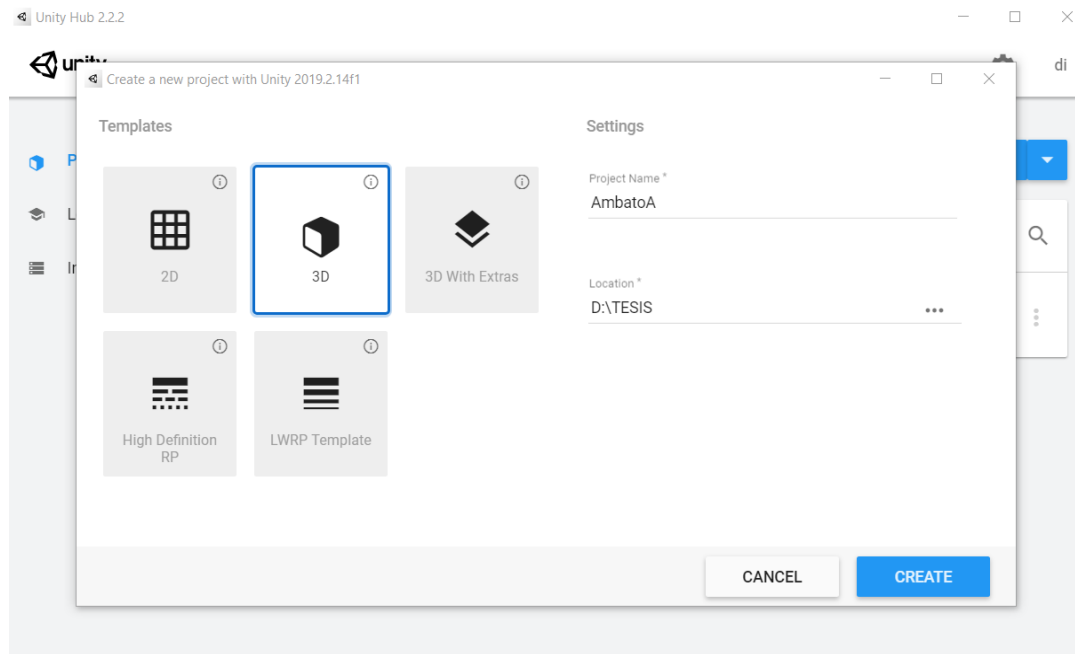


Figura 55 Nombre del proyecto y ubicación.

Elaborador por el Investigador basado en el software de Unity.

En la figura 56 se muestra la pantalla principal de Unity, para el desarrollo del proyecto se utilizó la versión Unity 2018.4.21f1 LTS, existen versiones posteriores, pero para evitar conflictos entre versiones se mantuvo el trabajo en la misma versión evitando ediciones actualizadas.

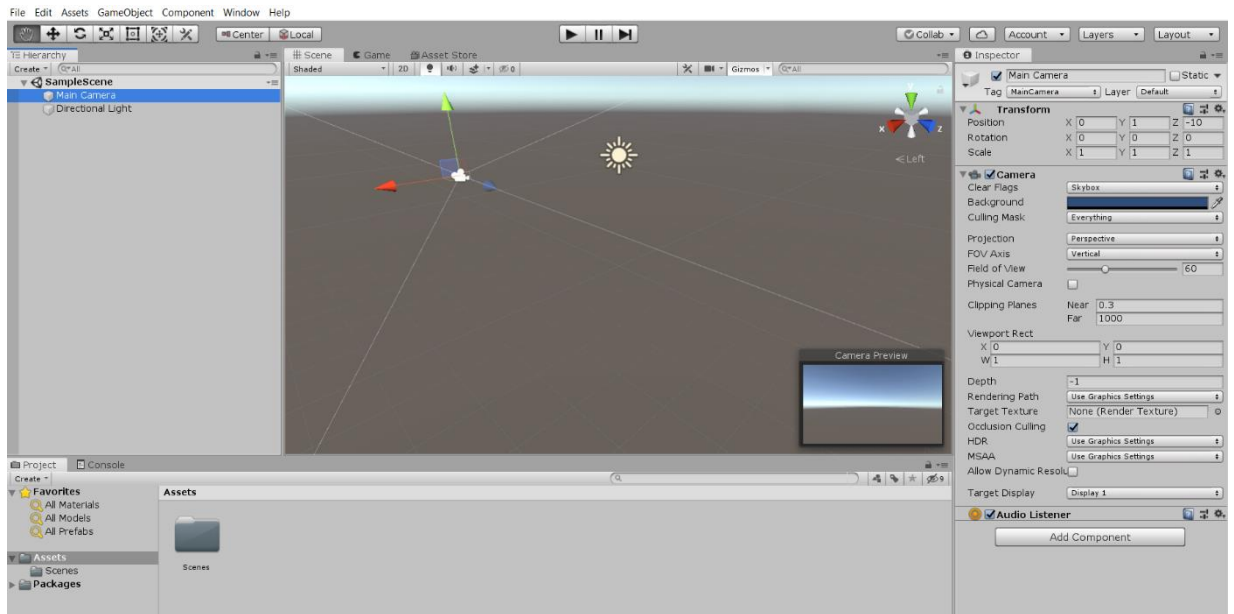


Figura 56 Pantalla inicial de Unity 3D.

Elaborador por el Investigador basado en el software de Unity.

b) Seleccionar plataforma para el desarrollo

En la figura 57 se puede observar las diferentes plataformas disponibles para el diseño de la aplicación de realidad aumentada, el proyecto se desarrollará en la plataforma de Android.

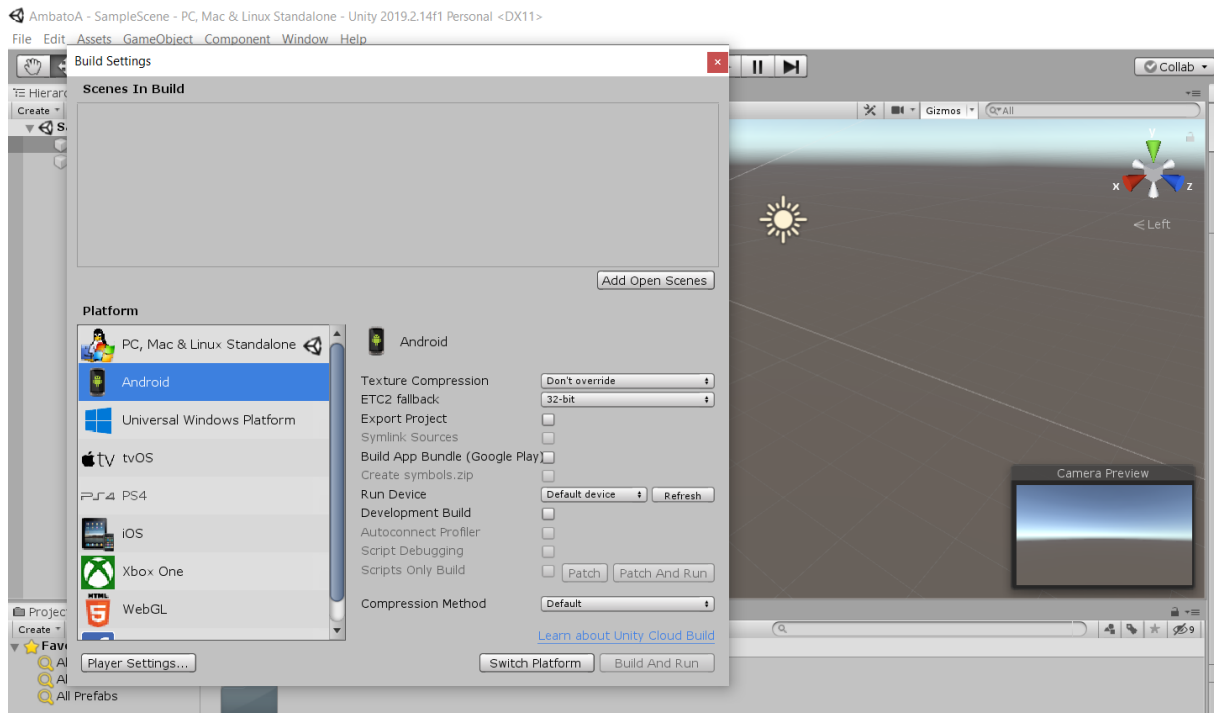


Figura 57 Ventana de selección de plataforma.

Elaborador por el Investigador basado en el software de Unity.

c) Activar el recurso de Soporte de Vuforia Realidad Aumentada.

Después de seleccionar la plataforma de trabajo se procede a añadir las herramientas para el trabajo con soporte de Vuforia con realidad aumentada mediante dispositivos móviles, para esto se debe ubicar el menú de Unity, File, Player Settings, buscar el menú XR settings y seleccionar Vuforia Augmented Reality Supported, como se observa en la figura 58.

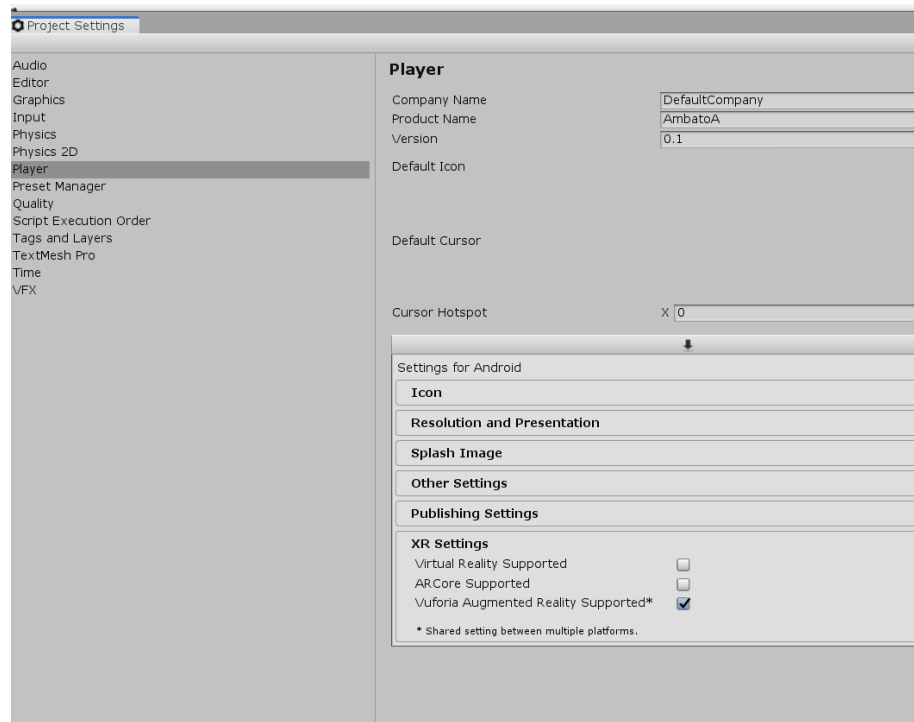


Figura 58 Añadir Vuforia RA en Unity.

Elaborador por el Investigador basado en el software de Unity.

En la figura 59 se muestra las herramientas que brinda Vuforia Engine, de esta manera se certifica que el SDK esta correctamente asociado a Unity, el paso siguiente es añadir la cámara de realidad aumentada, para esto se ubica el sub menú de Unity, GameObject, Vuforia Engine, AR Camera como se muestra en la figura 59.

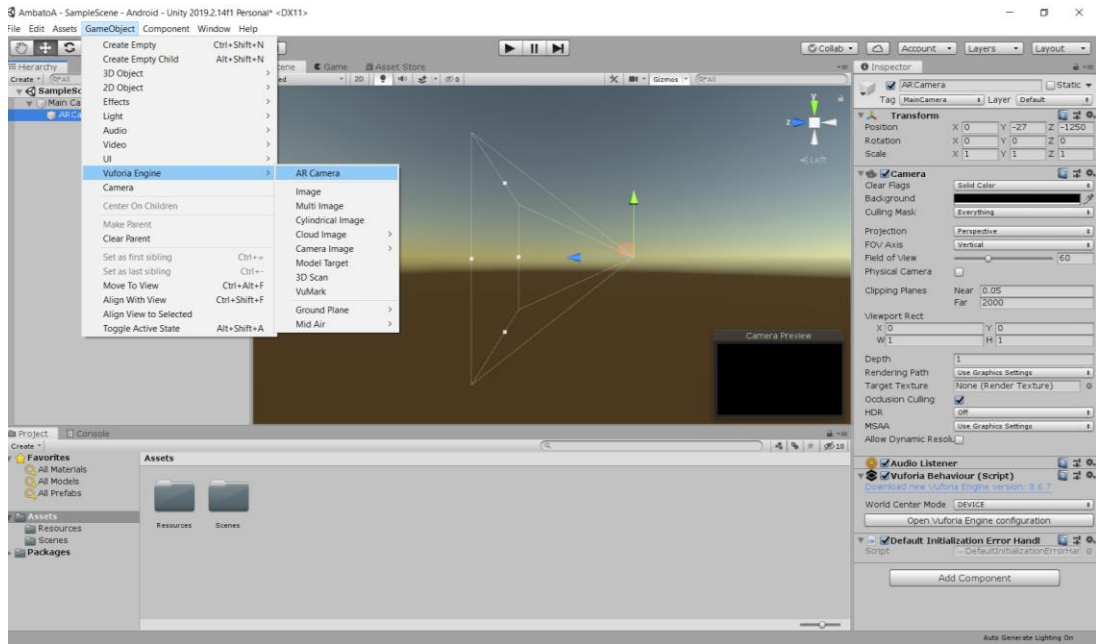


Figura 59 Añadir Cámara de Realidad Aumentada.

Elaborado por el investigador basado en el software de Unity.

d) Crear licencia de desarrollo para el APK

Para el proyecto se hace necesario crear una licencia para el desarrollo y ejecución del proyecto en el dispositivo móvil. El paso siguiente es visitar la página oficial de Vuforia; <https://developer.vuforia.com/vui/auth/login>, para esto se requiere un usuario y contraseña previamente registradas, se procede a el ingreso a la página de developer Vuforia, como se observa en la figura se debe ubicar el sub menú, Licence Manager, Add License Key, nombrar la licencia como se observa en la figura 60.

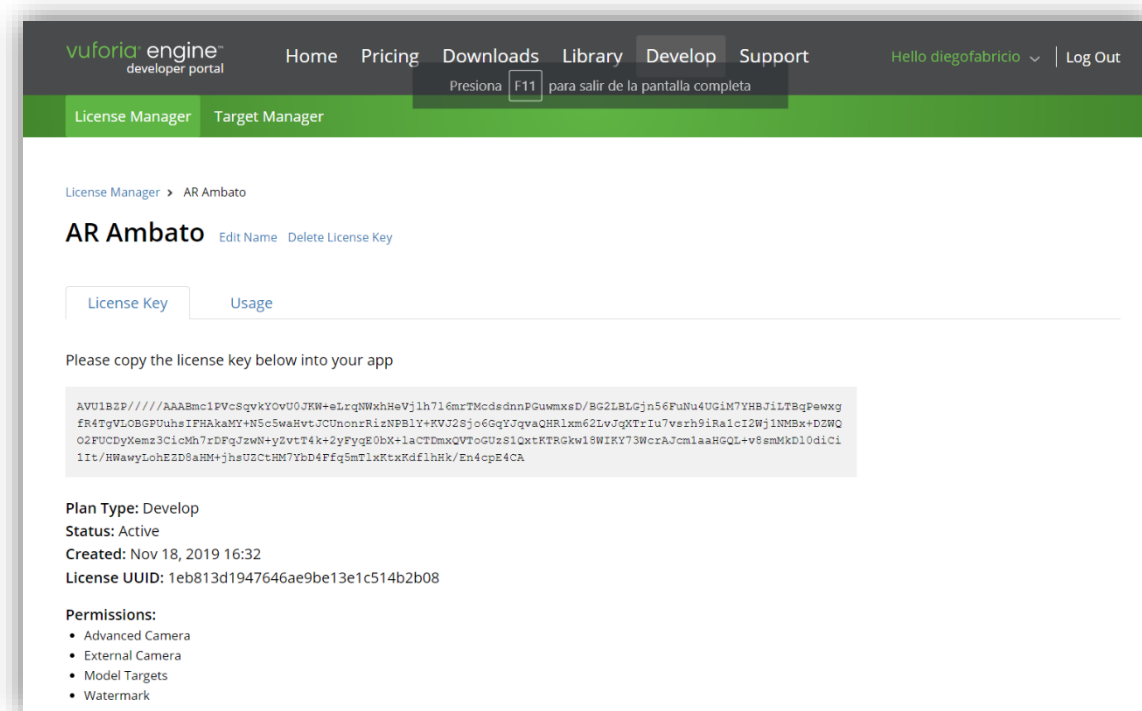


Figura 60 Generar Licencia para APK Vuforia.

Elaborado por el investigador basado en servidor WEB de Vuforia.

En la figura 61 se muestra el proceso para adjuntar la licencia al entorno de desarrollo de Unity 3D, para esto se debe ubicar el sub menú de AR Camera, Open Vuforia Engine Configuration, en la opción de App Licence Key se registra o se añade la licencia.

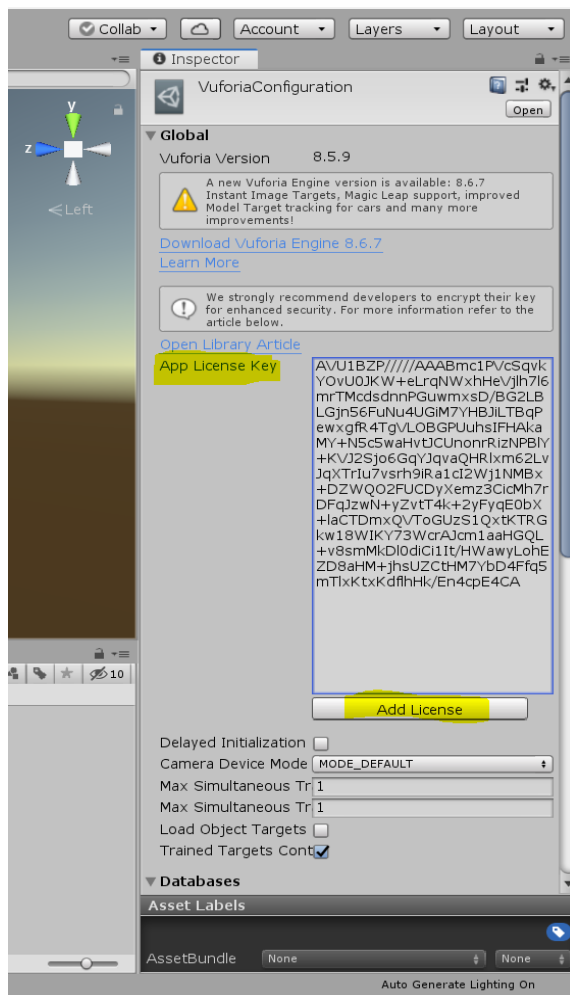


Figura 61 Añadir Licencia para la ejecución del proyecto.

Elaborado por el investigador basado en el software de Unity.

2.2.6 Diseño de la imagen (marcador) que reconocerá la cámara.

Para el diseño del marcador se dispone de muchas herramientas, software en la web o disponibles para descarga, para el proyecto se optó por diseñar el marcador desde cero mediante la herramienta de Photoshop como se muestra en la figura 62, la ventaja de diseñar el marcador es que se puede adaptar completamente al proyecto, añadiendo logos o figuras representativas a la aplicación, con el objetivo de que la cámara detecte el marcador de manera fiable y estable.

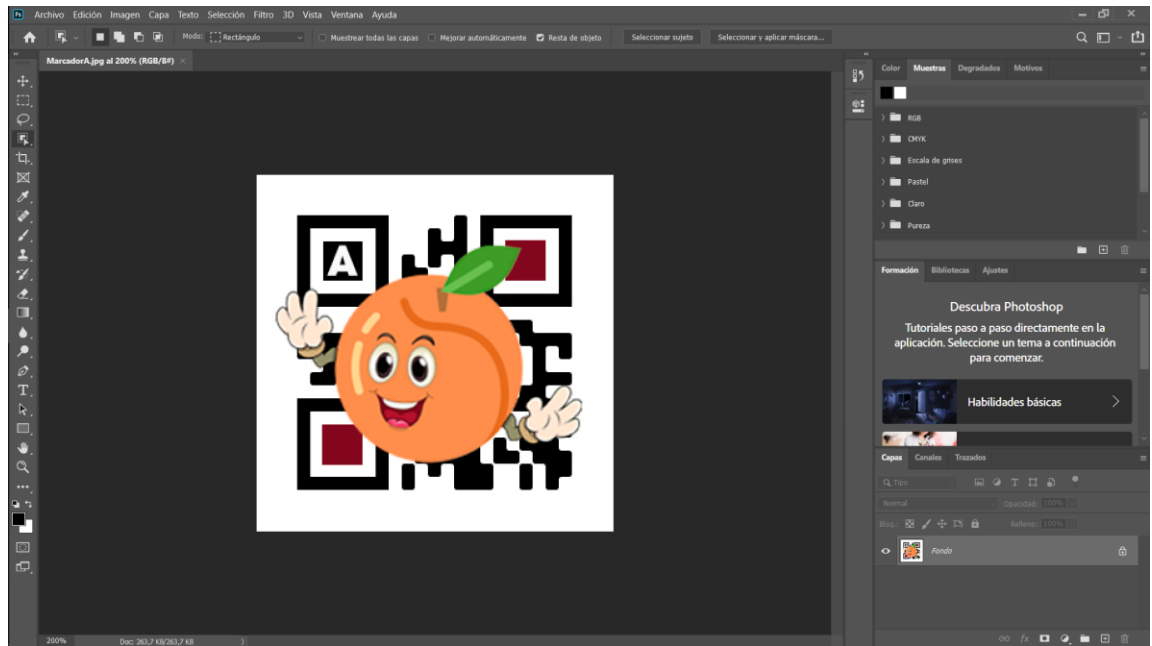


Figura 62 Diseño del marcador.

Elaborado por el investigador basado en el software de Photoshop.

El marcador se caracteriza por sus figuras y elementos en este caso una fruta “Guaytambo”, tomando en cuentas las dimensiones ideales para el reconocimiento del marcador.

2.2.7 Diseño de la base de datos con el procesamiento digital de la imagen (marcador).

Este proceso se realiza en la página de desarrollo de Vuforia, para esto se debe ubicar el menú de Vuforia, el sub menú Target Manager, Add Database, nombrar la base de datos, Add Target, el siguiente paso es a cargar o añadir los marcadores necesarios para el proyecto, cada marcador debe presentar un estatus de activado como se observa en la figura 63.

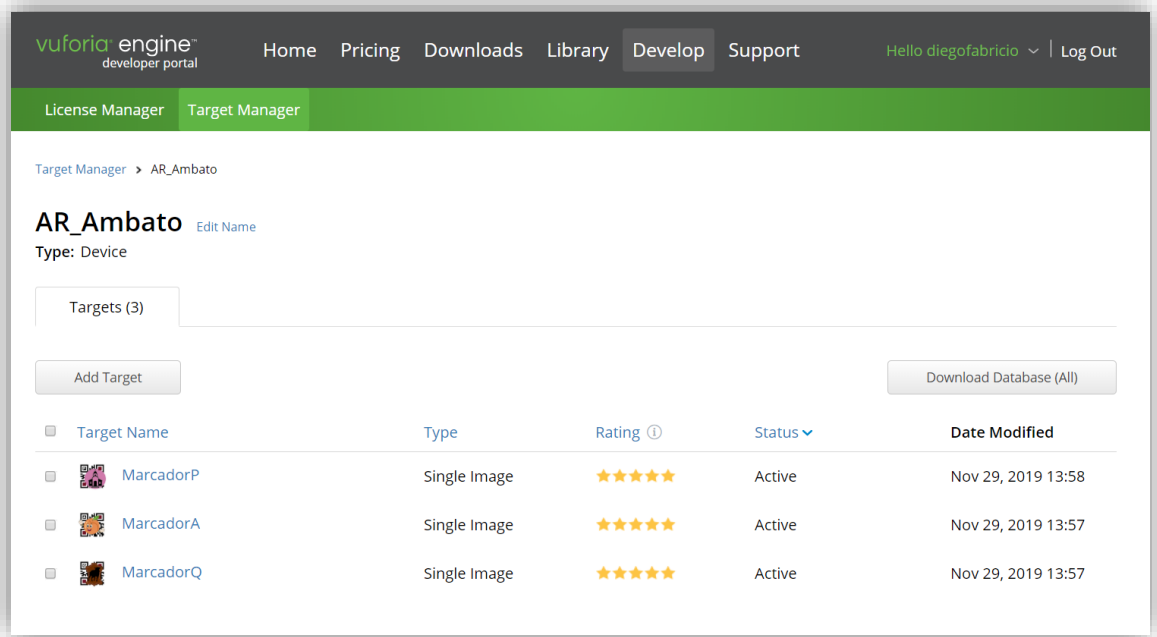


Figura 63 Marcadores almacenados en Vuforia.

Elaborado por el investigador basado en el servidor WEB de Vuforia.

Después de añadir los marcadores estos pasan por un procesamiento digital de señales, reconociendo la mayor cantidad de puntos como se observa en la figura 64, con el objetivo de que la cámara del dispositivo móvil reconozca de manera óptima y fluida sin errores.



Figura 64 Procesamiento digital de la imagen.

Elaborado por el investigador basado en el servidor WEB de Vuforia.

El proceso siguiente es descargar la base de datos desde Vuforia que contiene toda la información del procesamiento digital de señales con sus respectivos paquetes necesarios para interactuar con las imágenes o marcadores, tener en cuenta la plataforma a la cual se va añadir la base de datos en el proyecto Unity Editor, como se muestra en la figura 65.

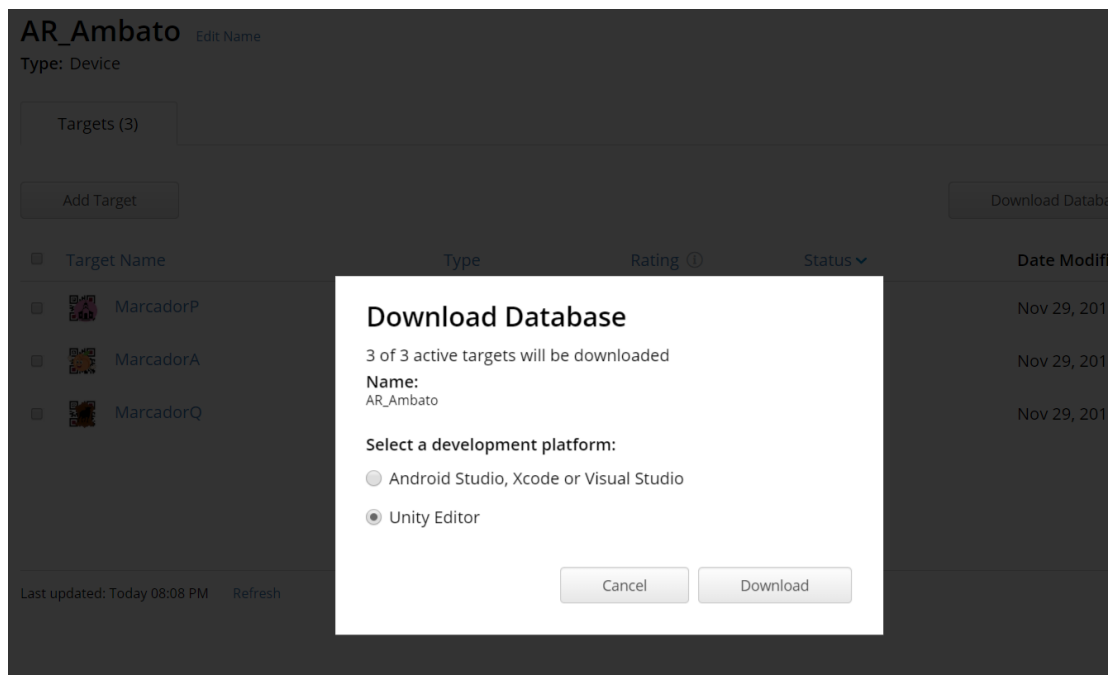


Figura 65 Descarga de Database, Unity Editor.

Elaborado por el investigador basado en el software de Unity.

Con el archivo descargado se procede a importar la base de datos en Unity 3D, mediante Vuforia en el inspector de AR Camera, se deber comprobar que los archivos fueron cargados de manera correcto como se observa en la figura 66.

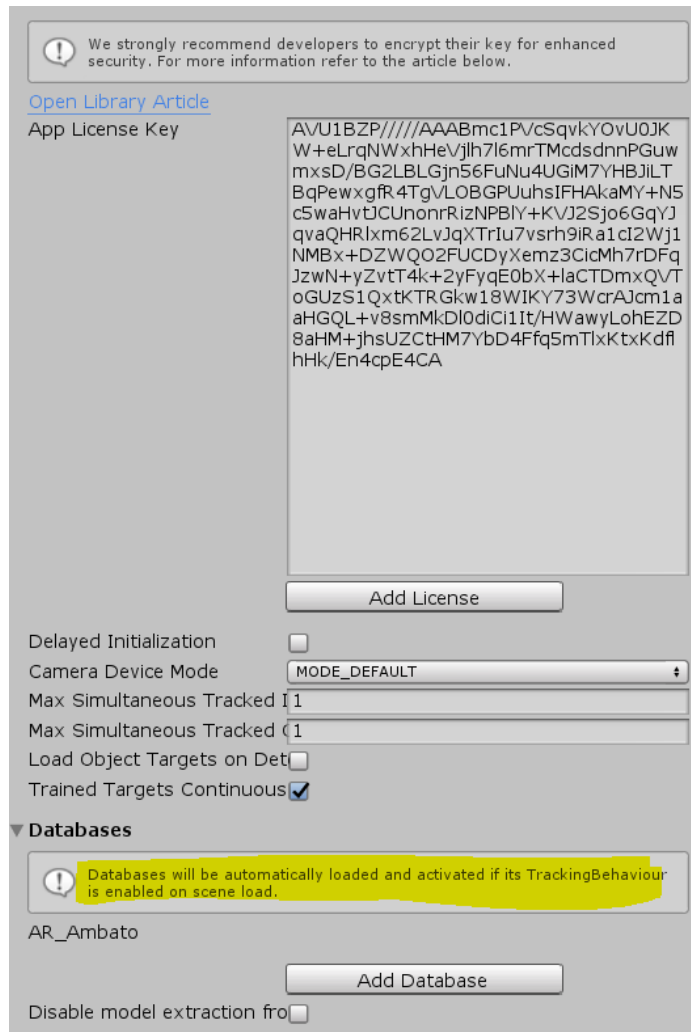


Figura 66 Carga de la base de datos en Unity 3D.

Elaborado por el investigador basado en el software de Unity.

Como se observa en la figura 67, con la herramienta Image Target, seleccionar la base de datos dependiendo del marcador correspondiente.

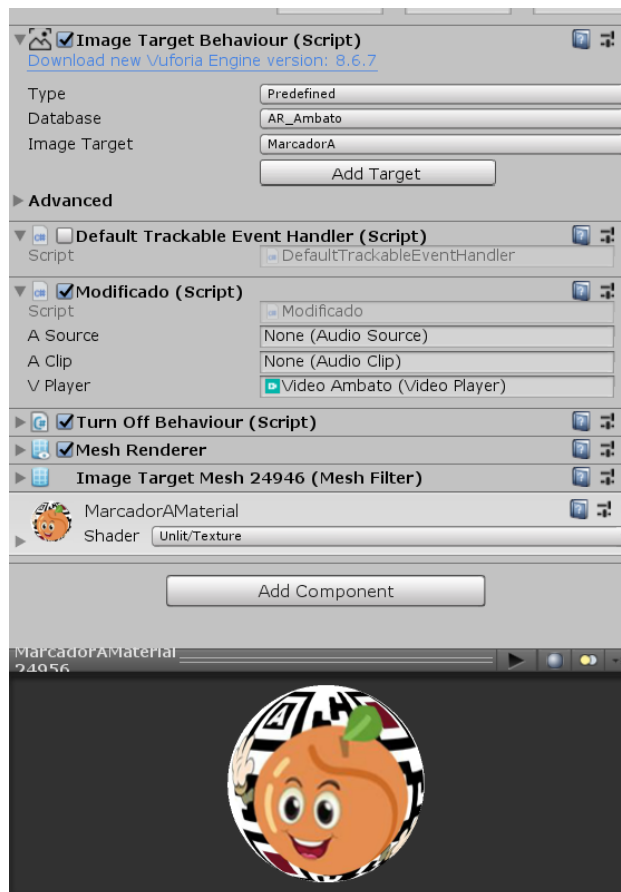


Figura 67 Selección de Database con su Image target.

Elaborado por el investigador basado en el software de Unity.

Diseño e inserción de los objetos virtuales

Para el desarrollo de los objetos que componen el proyecto del entorno de realidad aumentada se modifica lo elementos 3D pre elaborados o descargados, debido a la gran necesidad de conocimiento previo de manejo de software que permiten diseñar objetos desde cero, para la modificación de los elementos se debe ayudar del software Blender que permite editar el color tamaño calidad del gráfico, Blender gracias a su licencia libre permite utilizar la mayoría de las herramientas.



Figura 68 Edición de los modelos 3D mediante Blender.

Elaborado por el investigador basado en el software de Unity.

Una vez elegido los elementos que van a formar parte del entorno de realidad aumentada se procede a importar cada uno de los objetos dependiendo el marcador a cuál corresponda nuestro diseño, los elementos son agregados de manera que se pueda formar un entorno gráfico.

En la figura 69 se muestra los entornos creados en Unity, para el target o marcador de Ambato se adjuntó el modelo 3D representativo de “La Basílica catedral de Nuestra Señora de la Elevación”, uno de los lugares emblemáticos de la ciudad de Ambato, más un humanoide en una superficie genérica, el sólido para la visualización de los archivos multimedia. Para el marcador de la parroquia Pasa se añadió el modelo 3D de la Iglesia Parroquial de Pasa, un humanoide y el sólido para la visualización de multimedia, para la parroquia de Quisapincha de igual manera un modelado 3D de iglesia similar a la de su parque central, el humanoide y un avatar (vaca) buscando representar ciertas características propias de la parroquia, por último, el sólido para visualizar el contenido multimedia.

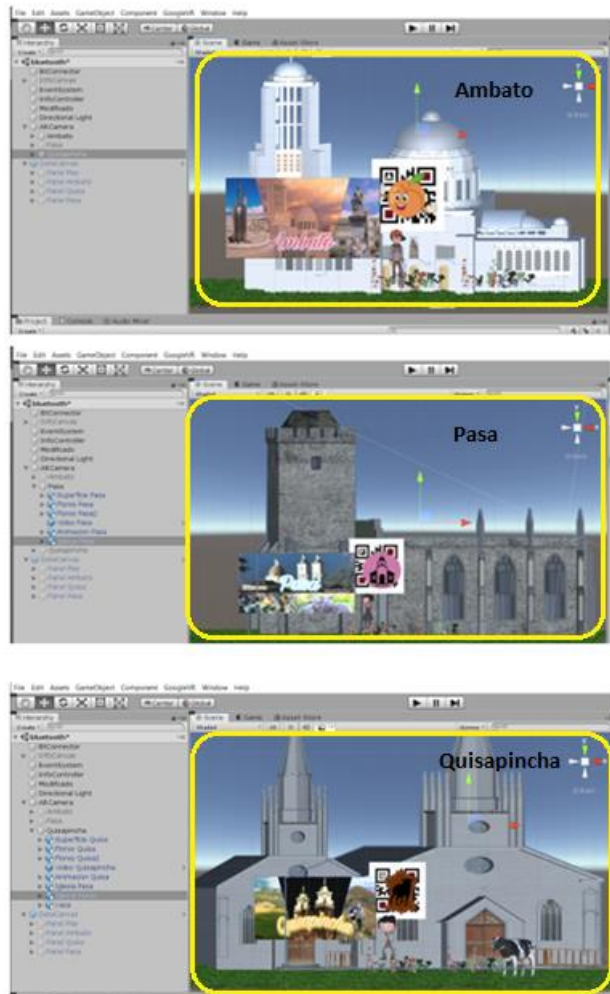


Figura 69 Inserción de los elementos 3D.

Elaborado por el investigador basado en el software de Unity.

En este proceso la aplicación ya es capaz de reconocer la imagen (marcador) mediante el uso de la cámara del dispositivo móvil, proyectando la realidad aumentada sobre un plano del mundo real.

Para mejorar la experiencia de la realidad aumentada se optó por añadir contenido multimedia, imágenes, video, audio, que permitan explorar de una manera más novedosa el mundo de la realidad aumentada.

Para esto se procese a crear scripts que permitan reproducir contenido multimedia en este caso video como se muestra en la figura 70.

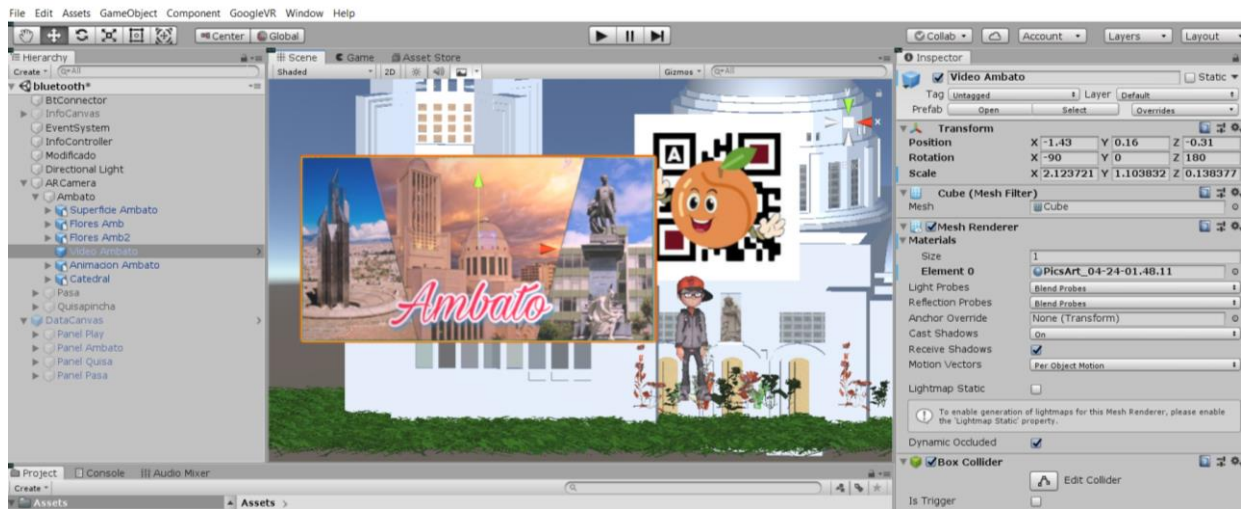


Figura 70 Video insertado en RA

Elaborado por el investigador basado en el software de Unity.

Para añadir contenido multimedia en este caso video se desarrolló un Script para controlar los eventos del mismo, el video puede ser controlado en base a la necesidad y programación, ya sea de forma inmediata al reconocer el marcador o mediante un botón, en la figura 71 se muestra el diagrama de flujo del Script, y su código (archivo MODIFICADO.cs) disponible en Anexo E.

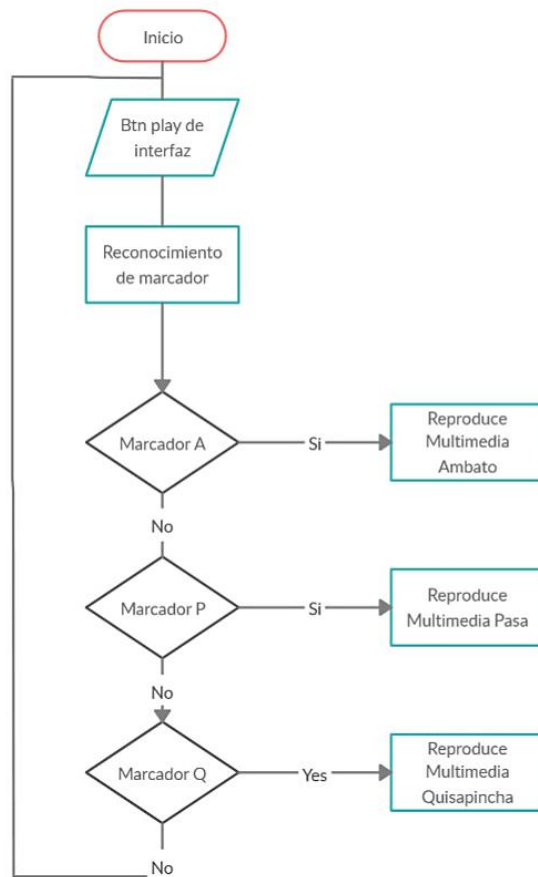


Figura 71 Diagrama de flujo reproducción de Multimedia Unity.

Elaborador por el Investigador.

Para aumentar el contenido visual, Unity permite añadir objetos 3D ya sea estáticos o animados, la calidad de procesamiento dependerá de la cantidad de información que estos objetos contengan, para este proyecto se añadió una un objeto animado humanoide como se muestra en la figura 72, como también objetos estáticos teniendo en cuenta la calidad de visualización y velocidad de procesamiento por parte del motor gráfico para buscar así un buen funcionamiento en la aplicación.



Figura 72 Inserción de humanoide en aplicación.

Elaborado por el investigador basado en el software de Unity.

Para este paso la aplicación ya puede procesar digitalmente el marcador respectivo mediante la cámara del dispositivo móvil que permite sobreponer capas de información visual sobre el mundo real en este caso sobre el marcador almaceno en Vuforia.

Unity además permite tener el control en tiempo real de todos los sucesos ya sea mediante el implemento de botones en el dispositivo móvil o interacciones genéricas por defecto, para el proyecto se implementó botones visualizados en pantalla para el control de reproducción multimedia como imágenes, video, información del clima emulando lluvia, soleado y ventoso, otro para el control de una luz ambiental para iluminar el marcador en caso de ser necesario, para implementarlos se deben ubicarlos en componentes de Vuforia, disponibles en el sub menú, UI -> Button como se muestra en la figura 73.

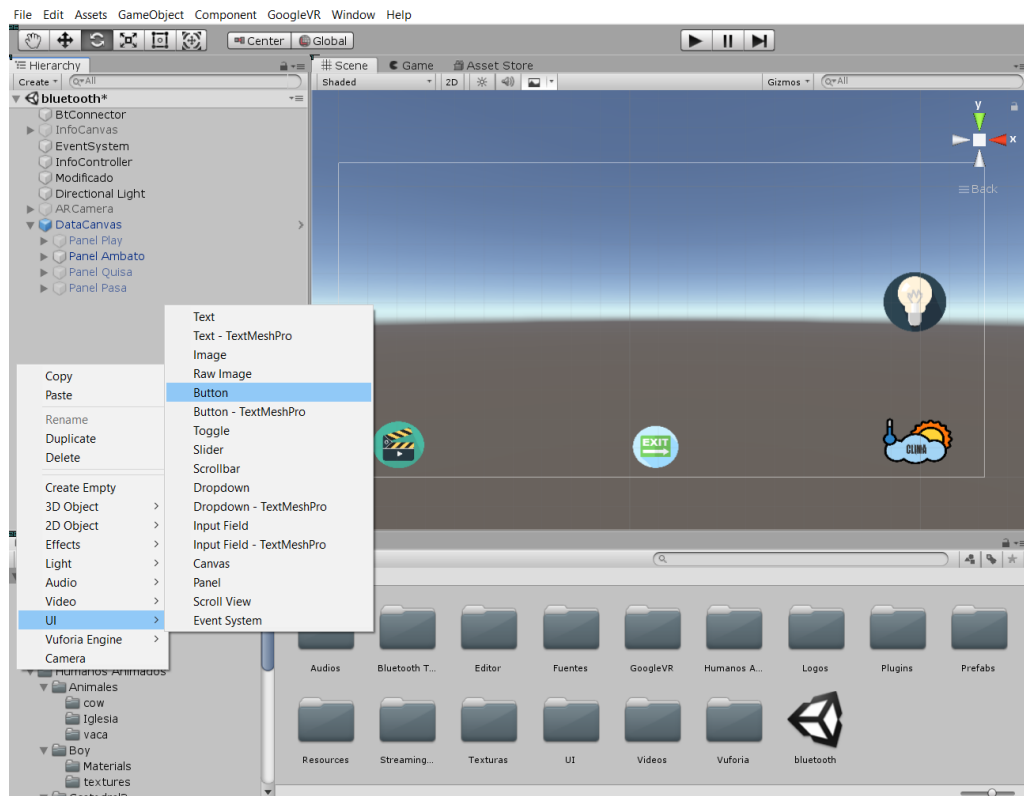


Figura 73 Implementación de botones.

Elaborado por el investigador basado en el software de Unity.

El siguiente proceso es buscar la interacción entre la realidad aumentada con el dispositivo físico, placa electrónica que facilite este proceso.

2.2.8 Interacción de Unity con Arduino.

Plugin para conectar dispositivos bluetooth

Una vez seleccionado el medio de comunicación inalámbrica se procede a cargar el plugin necesario para la comunicación bluetooth, dicho paquete contiene Scripts que permite agregar funciones, aumentando la eficiencia de la aplicación principal, de igual manera permite la compatibilidad con Vuforia, para esto se debe modificar según las características del proyecto para realizar el proceso de comunicación, el paso siguiente es modificar el plugin llamado Arduino Bluetooth Plugin, el cual se muestra en la figura 74, dicho plugin disponible en el Asset Store de Unity.

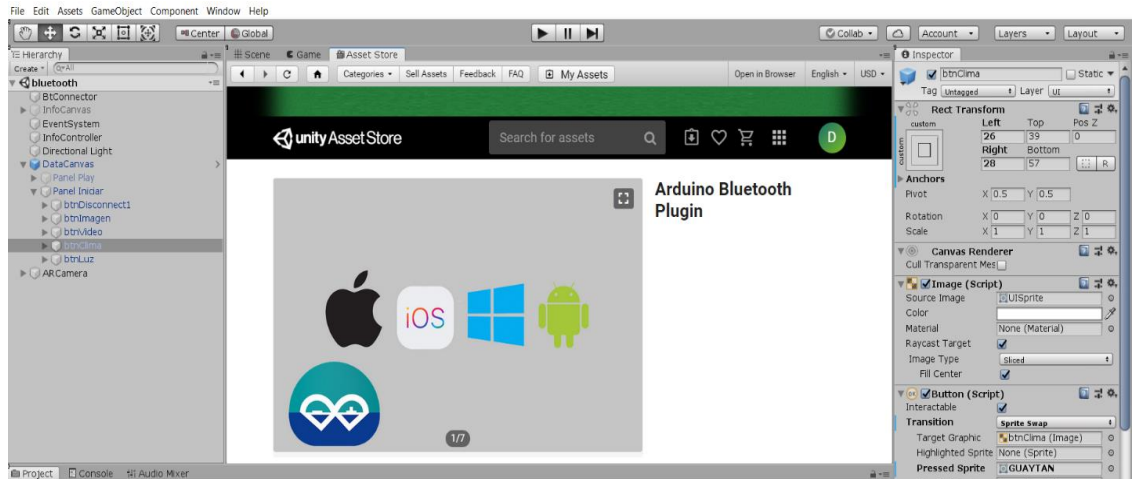


Figura 74 Plugin Arduino Bluetooth en Asset Store.

Elaborado por el investigador basado en el software de Unity.

Modificación del plugin Arduino Bluetooth

Se procederá a utilizar el archivo base descargado desde la Asset store de Unity, añadiendo las funciones necesarias para el proyecto y modificando acciones por defecto, de igual manera las utilidades que no sean necesarias se procederán a borrar para optimizar el procesamiento de dicho script, para luego compilar y exportar para así implementarlo en el proyecto de realidad aumentada desarrollado en Unity. El plugin modificado permitirá buscar los dispositivos bluetooth activados cercanos, así como vincularse a ellos, esto gracias a los scripts modificados: Bluetooth Device, Bt, Info, todos en formato (.cs).

En la figura 75 se muestra la interfaz gráfica que se mostrará una vez que inicie la aplicación permitiendo la búsqueda del dispositivo HC-05, una vez conectado se despliega la interfaz de envío de datos entre el dispositivo y la placa de Arduino Uno.

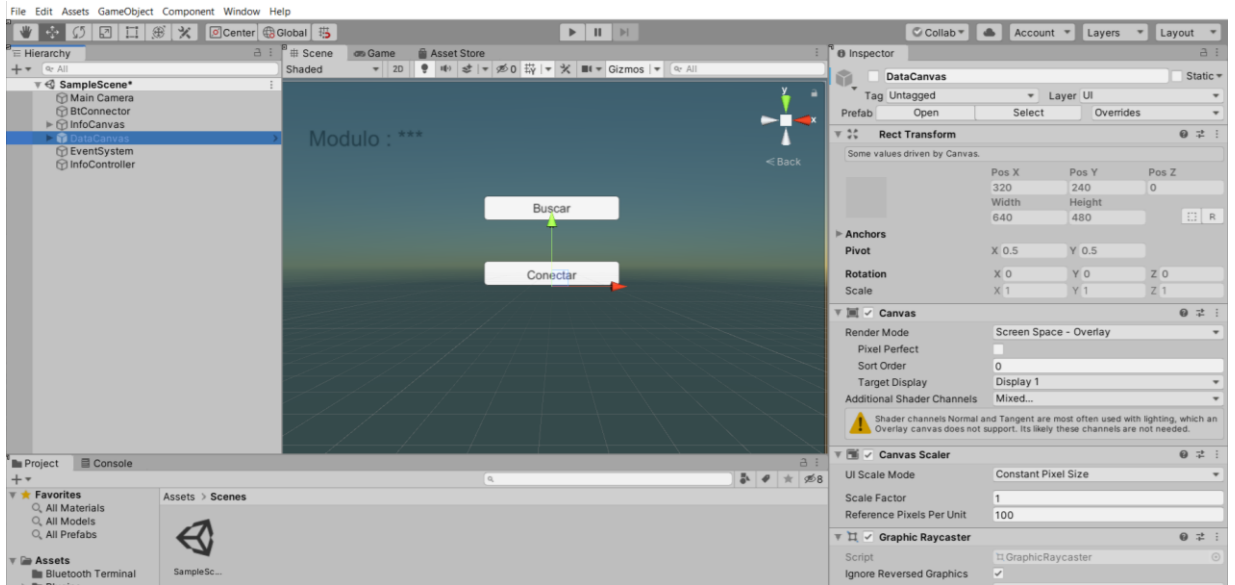


Figura 75 Búsqueda y conexión de dispositivos.

Elaborado por el investigador basado en el software de Unity.

En la figura 76 se muestra el panel o interfaz que permite comprobar la comunicación entre los dispositivos más un botón que ayuda a desconectar o terminar con la comunicación.

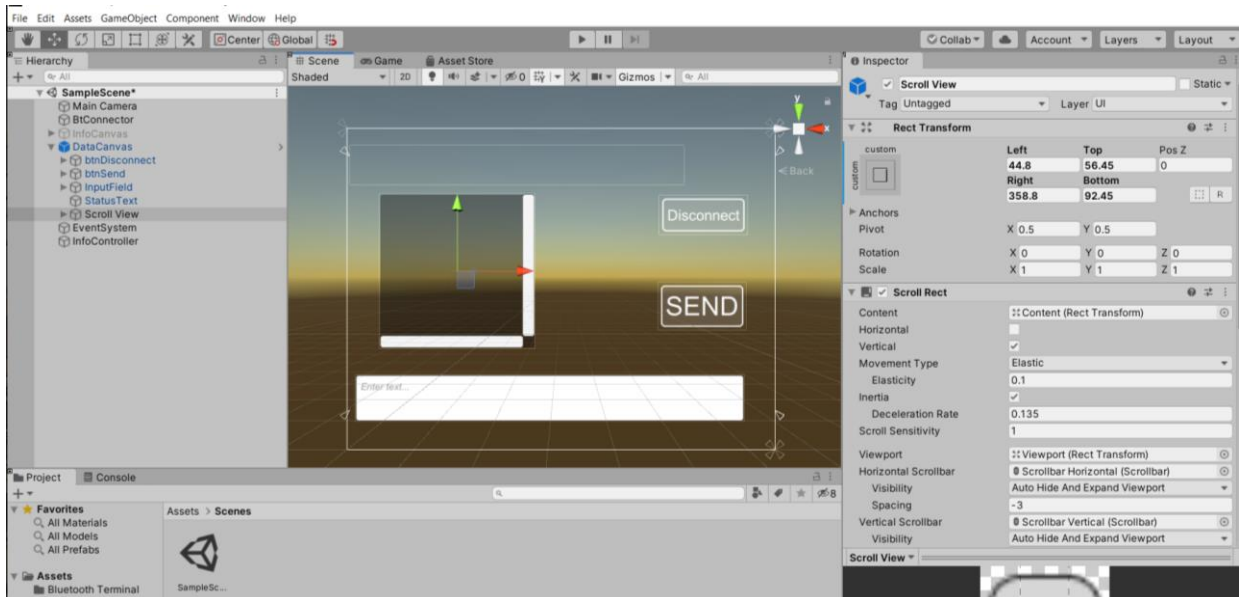


Figura 76 Envío de datos mediante dispositivo.

Elaborado por el investigador basado en el software de Unity.

Antes de compilar el plugin se debe realizar conexiones a manera de pruebas para corroborar que las modificaciones realizadas funcionan de manera adecuada con requerimientos del proyecto, para esto se debe ensamblar el código disponible en el Anexo F (SCRIPT BT.CS), función (using TechTweaking.BtCore.BtBridge;) línea de código (namespace TechTweaking.Bluetooth), el paso siguientes es crear la aplicación para plataformas Android, instalar y ejecutar en el dispositivo móvil para verificar, hacer pruebas del funcionamiento de la comunicación.

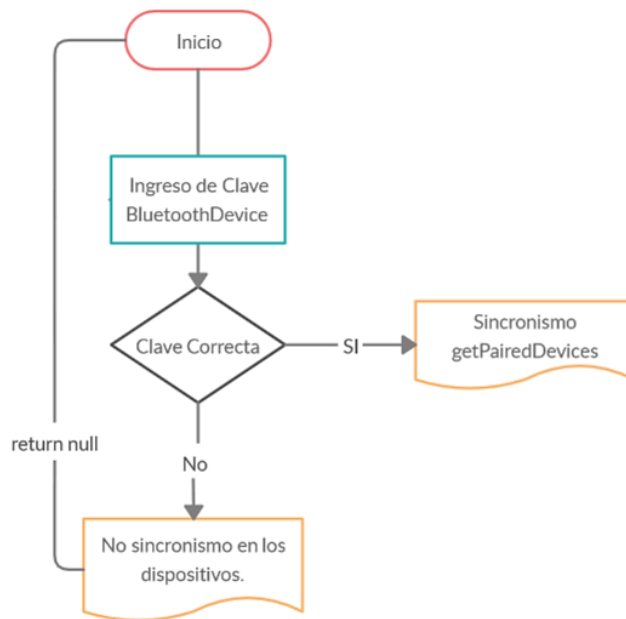


Figura 77 Diagrama de Flujo, Conexión Bluetooth.

Elaborado por el investigador

Mediante el IDE de Arduino realizar un programa que permita leer los datos enviados por el dispositivo móvil como Tx, y recibiendo dicha información en el módulo HC-05, renombrando como “ambAR”, dicho modulo Rx será el encargado de receptar los datos.

En la figura 78 se muestra el proceso de búsqueda y reconocimiento del dispositivo bluetooth, nombrado “ambAR”, el cual seleccionar.

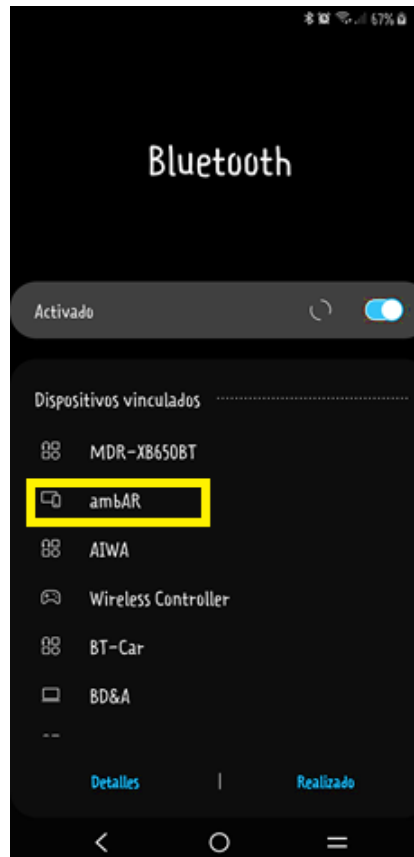


Figura 78 Selección de dispositivo bluetooth “ambAR”.

Elaborador por el Investigador basado en Android móvil.

Ya conectado se despliega la interfaz de envío de información, la cual permite enviar caracteres al dispositivo móvil conectado “ambAR”, el paso siguiente es comprobar el funcionamiento del botón desconectar conexión, de esta manera se comprueba el correcto funcionamiento como se observa en la figura 79.

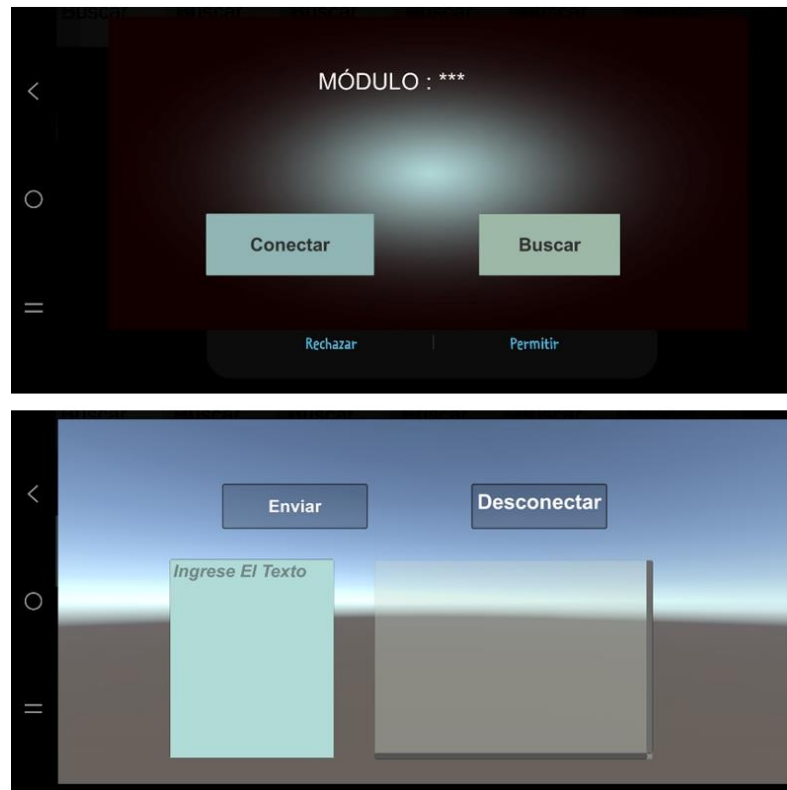


Figura 79 Interfaz de conexión y envío de datos, modulo HC-05.

Elaborador por el Investigador basado en aplicativo móvil.

El proceso de interacción electrónica es procesado por la placa Arduino Uno, la cual está programada para realizar la recepción de datos enviados desde el dispositivo móvil, receptada mediante el módulo bluetooth HC-05, código nombrado (script de programación en Arduino Ide) disponible en el Anexo C.

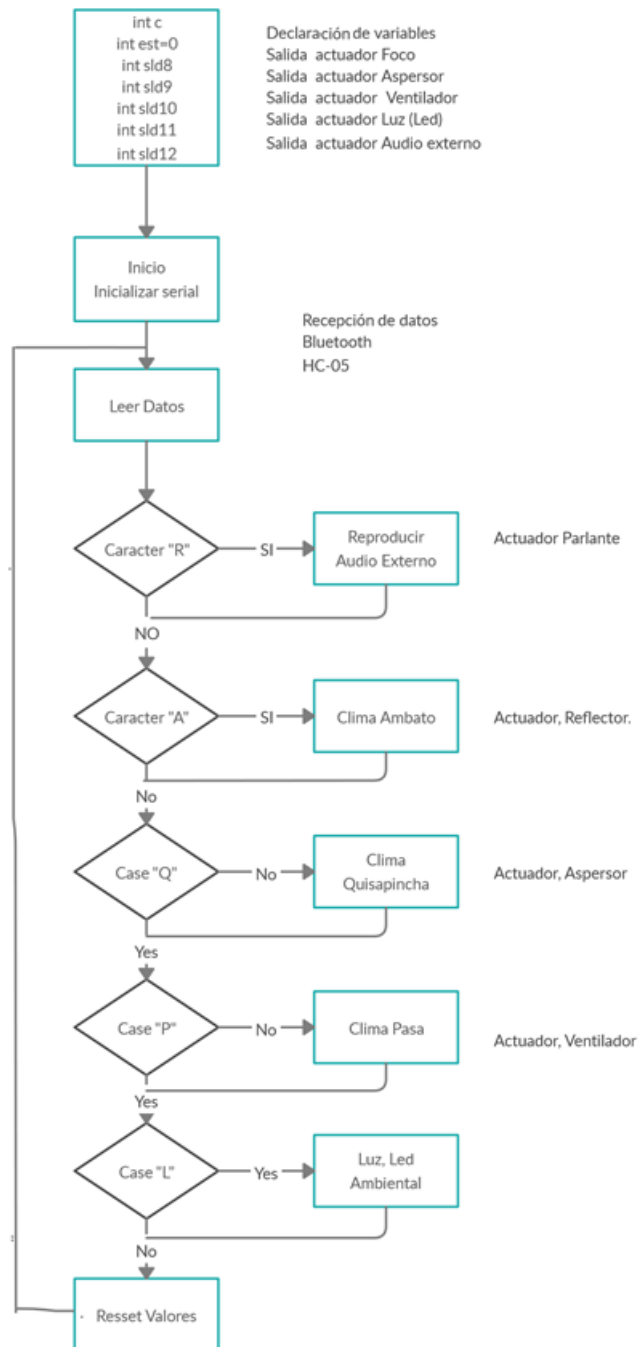


Figura 80 Diagrama de bloques recepción y procesamiento de datos.

Elaborador por el Investigador.

Importar plugin Arduino Bluetooth al proyecto

Para importar un plugin de Unity, se debe ubicar el sub menú de Unity, Assets -> Import Package -> Custom Package, como se muestra en la figura 81, el paso siguiente

es seleccionar el plugin modificado y de esta manera implementar al proyecto de manera correcta sin errores de script.

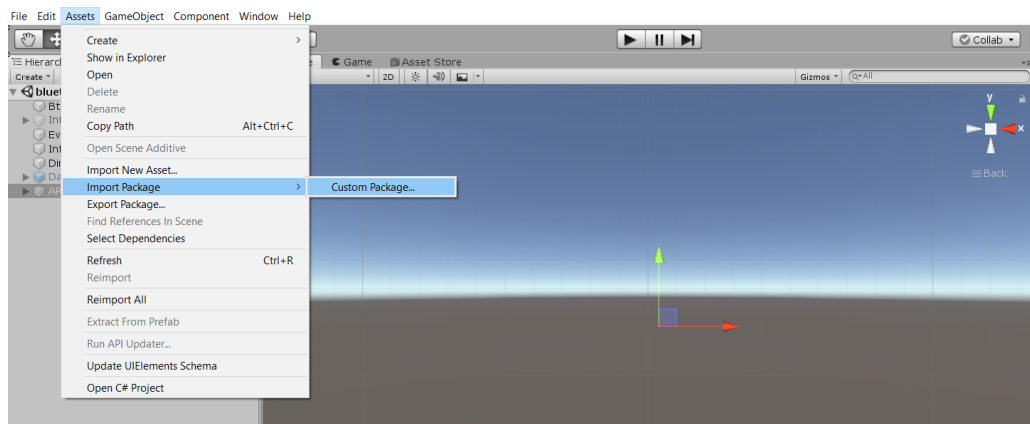


Figura 81 Importar Plugin en Unity.

Elaborado por el investigador basado en el software de Unity.

La aplicación constará de tres paneles, la primera interfaz será la encargada de realizar la búsqueda y conexión con el módulo HC-05, la segunda interfaz permitirá desplegar un botón para iniciar la interacción, el tercer panel o interfaz activará la cámara del dispositivo y mostrará la realidad aumentada dependiendo el marcador y su correcto procesamiento digital de imagen además de los botones visualizados en pantalla para su interacción visual interna con Unity, Vuforia y externa electrónica mediante Arduino.

En la figura 82 se muestra la interfaz de inicio de la aplicación “ambAR”, en la cual se observa dos botones uno para la búsqueda del dispositivo bluetooth, un segundo botón para realizar la conexión, la segunda interfaz se despliega solo si la conexión se realizó correctamente, en esta interfaz se observará un panel de botones con los cuales se podrá interactuar con la realidad aumentada.

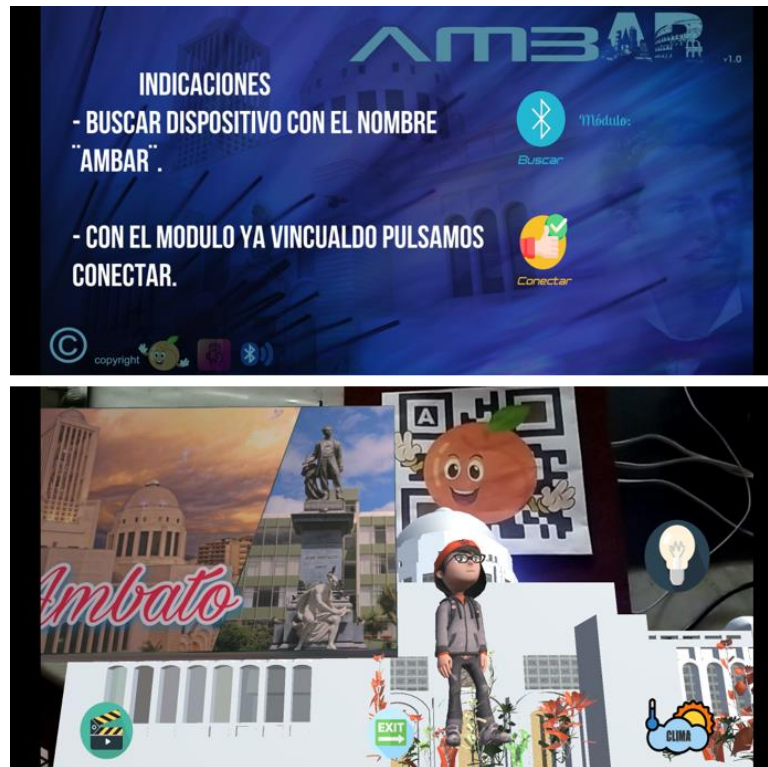


Figura 82 Interfaz de la aplicación de realidad aumentada.

Elaborado por el investigador basado en el aplicativo móvil ambAR.

Con el procesamiento correcto del marcador, el paso siguiente es programar el comportamiento de los elementos, animaciones, contenido multimedia dentro de la aplicación, para esto se vincula cada botón con cada interacción tanto interno en el entorno grafico de Unity Vuforia, como la interacción electrónica externa mediante Arduino dependiendo de la acción deseada, mediante código se estableció las interacciones siguientes:

- Al activar el botón de “video” visualizado en el dispositivo se desplegará una acción interna en la aplicación que reproducirá un archivo de video promocional del atractivo turístico según su localidad.
- Al interactuar con el botón de “clima” visualizado en el dispositivo se desplegará una acción externa que emulará la condición climática común en el atractivo turístico de la localidad, ya sea lluvioso, soleado, esta acción tendrá efecto al enviar un carácter “C” a la placa de Arduino el cual permite esta acción mediante el uso de actuadores electrónicos.

- Por último, al presionar el botón llamado “luz” se envía el carácter “L” para que Arduino identifique que debe activar una salida permita encender una luz ambiental.

Para terminar con el proceso se implementará un botón de “Salir”, las interacciones externas serán procesados por la placa de Arduino, funcionando de acuerdo a la programación en IDE de Arduino en un archivo Ambar_v1.ino, permitiendo activar los actuadores y completando la interacción electrónica.

Para el reconocimiento del proceso a realizar dependiendo de cada marcador, se añadió paneles de control individuales para cada animación correspondiente, con el objetivo de interactuar con el contenido en específico y evitar conflictos en la interacción electrónica, ya que cada marcador contiene una interacción característica con el contenido virtual de cada lugar turístico.

Los paneles tienen reaccionan con cada interacción en la interfaz, los cuales fueron nombrados PanelAmbato, PanelPasa, PanelQuisa, de igual manera los botones de la interacción electrónica respectivos, btnvideo, btnclima, btnLuz, como se muestra en el código (archivo INFO.cs) disponible en Anexo D.

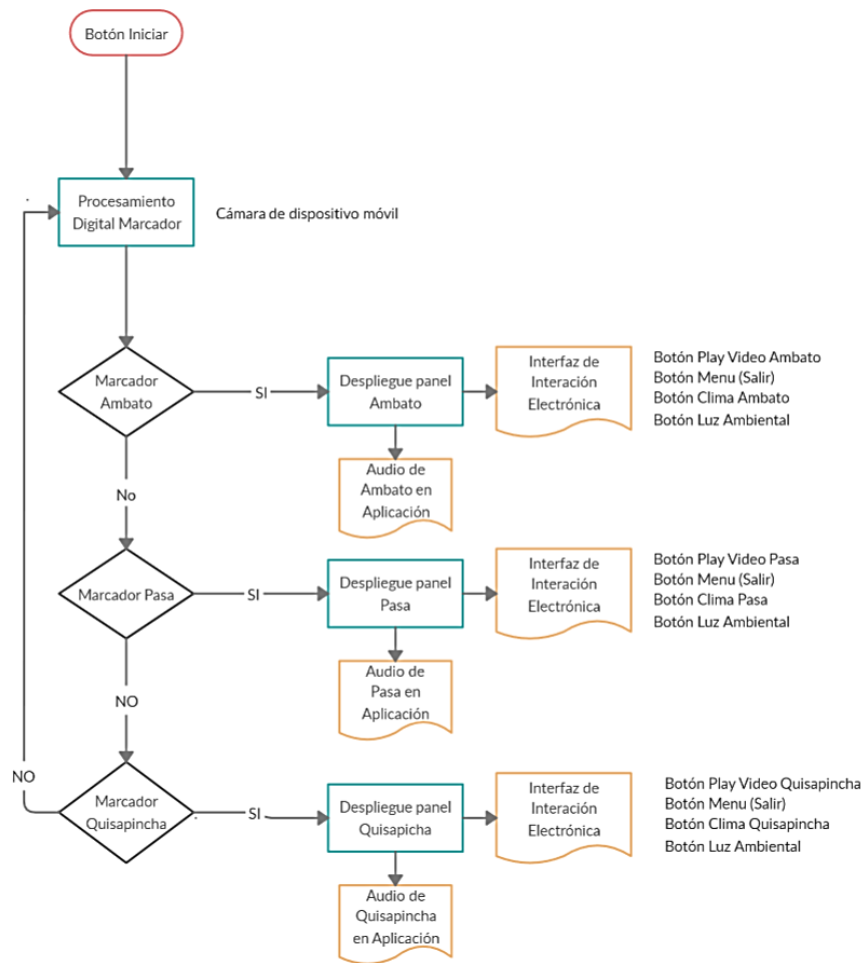


Figura 83 Diagrama de flujo interacción de Paneles.

Elaborado por el investigador

2.2.9 Compilación y construcción de la aplicación.

Después de diseñar la parte grafica de la realidad aumentada con todos sus animaciones, componentes e interacciones se procede a guardar la escena del proyecto para posterior construir la ampliación ensamblada con todos sus scripts sin errores, dicha aplicación será compilada de acuerdo las configuraciones establecidas por el desarrollador, en este proyecto se ensamblará un archivo con extensión (.apk) que se ejecutará en sistemas operativos Android para dispositivos móviles, para desarrollar la aplicación, dirigirse a File->Build Settings, interactuar con el interfaz seleccionando la plataforma de construcción, Android, seleccionar Player Settings para configurar y modificar parámetros de la aplicación, nombre de aplicación, nombre del

desarrollador, versión de la aplicación, mínimos niveles de ejecución API, icono del Apk, como se muestra en la figura 84.

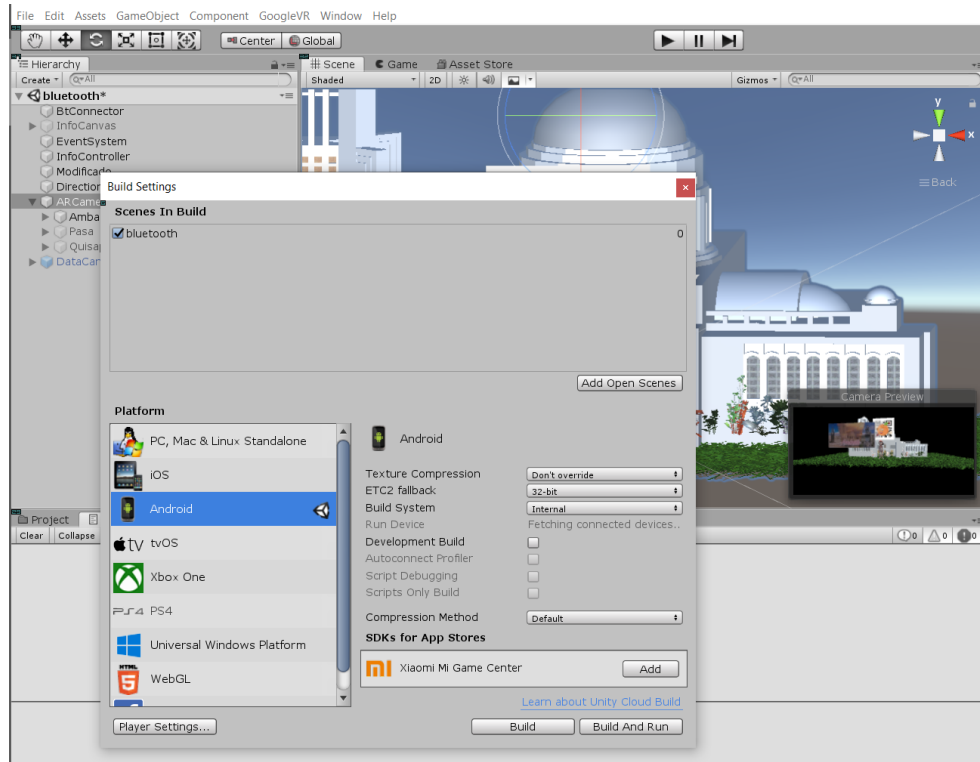


Figura 84 Configuraciones de desarrollo Apk.

Elaborado por el investigador basado en el software de Unity.

Con todos los parámetros configurados se genera la aplicación pulsando la opción de Build, Unity procederá a buscar un repositorio para el archivo final generado, en el proceso de construcción de archivo, el motor de procesamiento y ensamblaje de Unity mostrará un mensaje de advertencia por la falta de alguna herramienta o incompatibilidad con las mismas, por lo que se deberá tener todos los API's de desarrollo de Android instalados en la máquina, caso contrario no se terminará el proceso hasta resolver las advertencias.

2.2.10 Interacción electrónica (hardware) con la realidad aumentada.

2.2.10.1 Desarrollo del programa en IDE de Arduino.

El control de los eventos externos como sonido, emulación de clima ventoso con un ventilador, clima lluvioso con aspersor, una luz ambiental todos estos elementos controlados desde la aplicación y sus botones que al ser activados envían una señal que debe ser receptada por el módulo HC-05 para posteriormente ser procesado por la placa de Arduino, para ejecutar los procesos respectivos se realiza la programación respectiva para cada evento así como sus condicionales, el desarrollo del programa se lo realizo en el IDE de Arduino archivo nombrado como Ambar_v1.ino.

Los comandos que se envían al Arduino son:

- “R” cuando se presiona el botón “Iniciar”, activando un audio externo (parlante) mediante Arduino y módulo de audio.
- “A” cuando se presiona el botón en la aplicación, indicando el tipo de clima para “Ambato”, activando el actuador dependiendo estrictamente del marcador.
- “P” cuando se presiona el botón en la aplicación, indicando el tipo de clima para “Pasa”, activando el actuador dependiendo estrictamente del marcador.
- “Q” cuando se presiona el botón en la aplicación, indicando el tipo de clima para “Quisapincha”, activando el actuador dependiendo estrictamente del marcador.
- “L” cuando se presiona el botón en la aplicación, activando una luz ambiental mediante Arduino y actuador (reflector).
- “S” cuando se detiene el proceso de envío de datos, deteniendo la aplicación mostrando panel inicial.

Dado que la información puede ser enviada de manera simultánea cuando la secuencia en Arduino se sigue ejecutando, los datos no serán receptados ni procesados, por lo que se debe leer constantemente los datos recibidos en el puerto serial de Arduino, mediante la modificación del código se establecerá la lectura constante de información por el dispositivo bluetooth HC-05, en caso de recibir datos el proceso se sigue

ejecutando de forma indefinida, código disponible en Anexo C archivo (Ambar_v1.ino).

2.2.10.2 Diagrama de conexión Arduino Uno

El sistema que hace posible la comunicación como se observa en la figura 85, está compuesto por la Placa de Arduino como unidad de procesamiento, el módulo bluetooth HC-05 como medio de recepción de datos, la etapa de potencia encargada de conectar los actuadores independientemente del voltaje de funcionamiento.

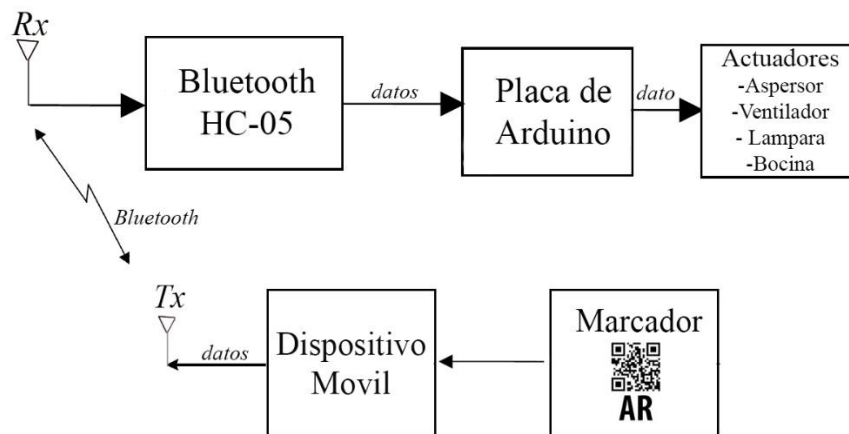


Figura 85 Sistema de conexión prototipo RA.

Elaborador por el Investigador.

2.2.10.3 Funcionamiento de Actuadores

Para este proyecto se implementaron varios actuadores que permiten la interacción electrónica con la realidad aumentada con el objetivo de aumentar la estimulación sensorial, los cuales están descritos a continuación:

a) **Clima Soleado**

Para emular el clima soleado se necesita emitir gran cantidad de luz emulando los rayos del sol, este efecto no fue cubierto por una bombilla genérica debido

a su débil irradiación lumínica, por tal razón se implementó un reflector como el que se puede observar en la figura 86, de alta potencia y corriente alterna.



Figura 86 Reflector.

Elaborado por el investigador.

b) Clima Ventoso

Para emular el clima ventoso se optó implementar un ventilador como el que se puede observar en la figura 87, de tamaño medio para emular ventisca, el ventilador se activa con un voltaje de 12V de corriente directa.



Figura 87 Ventilador de 12V CD.

Elaborado por el investigador.

c) **Clima Lluvioso**

Para emular el clima lluvioso es necesario la implementación de un aspersor de agua como el que se muestra en la figura 88, para lo cual se necesita componentes como el atomizador y la bomba de agua.

▪ **Bomba de agua**

La bomba de agua funcionará como fuente de presión para el fluido, en este caso agua, esta acción será controlada de manera electrónica, la bomba de agua trabaja a 12V de corriente continua.



Figura 88 Bomba de agua 12V.

Elaborado por el investigador.

d) **Luz ambiental**

La luz ambiental tiene como objetivo iluminar el panel de visualización de los marcadores, para lo que se utilizará luces led como las que se muestra en la figura 89, que funcionan a 12V de corriente continua.



Figura 89 Luces Led 12V módulo 2835.

Elaborado por el investigador.

e) Módulo de audio externo

Para la reproducción de audio externa se utilizará un módulo de audio micro SD como el que se puede observar en la figura 90, con un voltaje de funcionamiento de 3,3V de corriente continua, el módulo dispone de un puerto de salida de audio que permite conectar cualquier altavoz o auriculares.



Figura 90 Modulo de reproducción de audio.

Elaborado por el Investigador.

f) Funcionamiento de actuadores

Para hacer posible la activación de los actuadores se es necesario una etapa de potencia, debido a que la placa electrónica (Arduino uno) dispone de salidas de 5V. Para esto se implementará placas de relés Arduino como las que se puede apreciar en la figura 91, con voltaje de activación de 5V y control de salida de 250VAC – 125VAC 10A.



Figura 91 Placa de relés Arduino.

Elaborado por el investigador.

En la figura 92 se muestra el diagrama de la de interacción electrónica, la cual comprende la etapa de procesamiento (Arduino), la etapa de recepción de datos por medio inalámbrico (módulo HC-05), etapa de potencia (relés x5), actuadores.

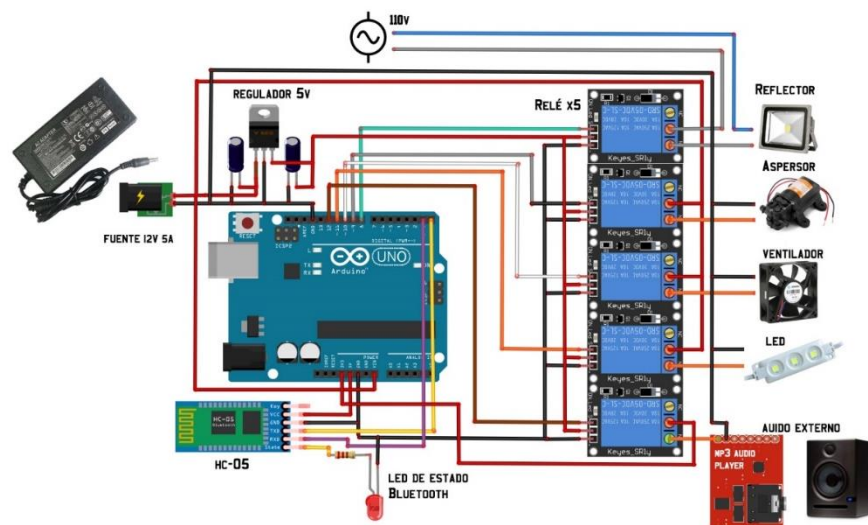


Figura 92 Circuito de conexión, Arduino interacción electrónica.

Elaborado por el investigador.

2.2.11 Pruebas de funcionamiento del Prototipo.

Con el prototipo ya ensamblado ya es posible conectar el voltaje de alimentación y cada uno de los actuadores que emularan la experiencia con la Realidad aumentada. En la figura 93 se muestra la conexión electrónica de las etapas de alimentación 12v 5A, la etapa de potencia con relés de Arduino, la placa de Arduino que se encarga del procesamiento electrónico, el módulo de audio, modulo bluetooth para la conexión con el dispositivo móvil.

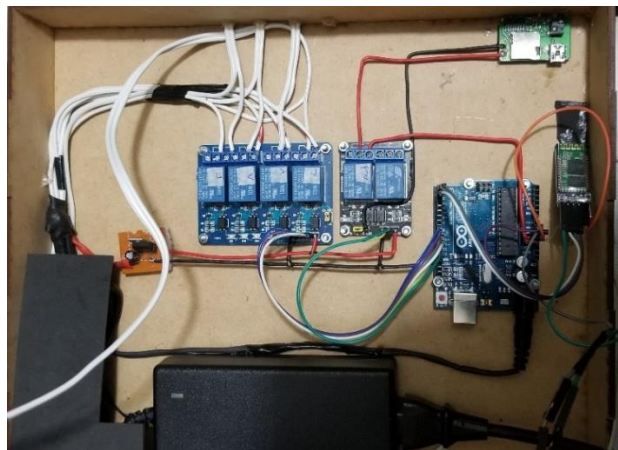


Figura 93 Conexión de voltaje de alimentación y actuadores.

Elaborado por el investigador.

Con el dispositivo móvil y la aplicación previamente instalada se procede a ejecutarla, en la interfaz inicial como se observa en la figura 94, se busca y empareja el dispositivo bluetooth que lleva como nombre “ambAR” el cual permitirá comunicar el dispositivo móvil con la placa de Arduino.



Figura 94 Pantalla inicial de la aplicación.

Elaborado por el investigador basado en el aplicativo ambAR.

Con el dispositivo conectado se despliega la segunda interfaz como señal de que la conexión se ha realizado correctamente como se observa en la figura 95, mediante el pulso en el botón “Iniciar” se activa el primer actuador que en este caso es el audio externo (bocina) que da la bienvenida a la aplicación de realidad aumentada.



Figura 95 Botón de inicio realidad aumentada.

Elaborador por el Investigador basado en el aplicativo móvil ambAR.

Después de la presentación se despliega el visor de realidad aumentada en este caso la cámara del dispositivo móvil, la realidad aumentada se puede mirar solo con el dispositivo móvil o con otro aditamento (gafas de realidad aumentada), y se procede a enfocar el marcador para hacer posible sobreposición de la RA en cualquier superficie donde se ubique el marcador.

En la figura 96 se observa la realidad aumenta almacenada en el marcador de Ambato.

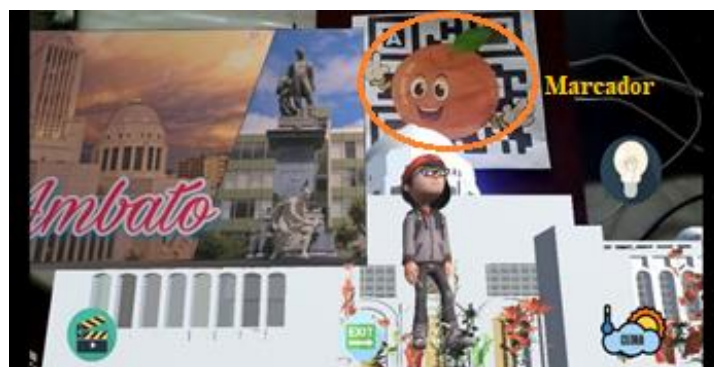


Figura 96 Marcador de Ambato.

Elaborador por el Investigador basado en el aplicativo móvil ambAR.

En la figura 97 se observa la realidad aumentada almacenada en el marcador de Pasa.

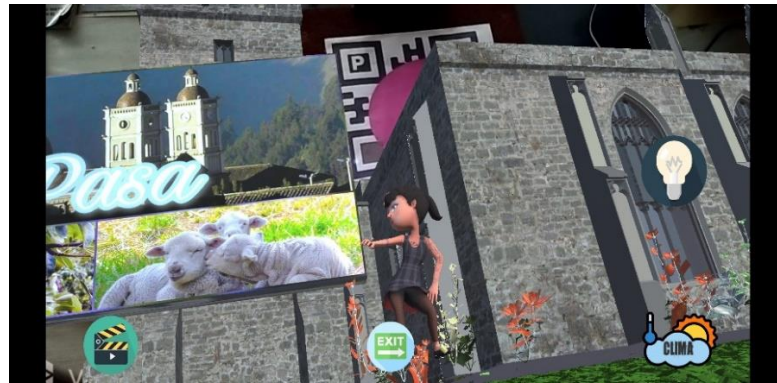


Figura 97 Marcador de Pasa.

Elaborador por el Investigador basado en el aplicativo móvil ambAR.

En la figura 98 se muestra la realidad aumentada almacenada en el marcador de Quisapincha.



Figura 98 Marcador de Quisapincha.

Elaborador por el Investigador basado en el aplicativo móvil ambAR.

En la figura 99 se muestra el esquema final del sistema de realidad aumentada en un dispositivo móvil e interacción electrónica, el procesamiento digital de la cámara al enfocar el marcador, el procesamiento de los datos enviados desde la aplicación desarrollada en Unity y Vuforia, estos recibidos mediante una conexión Bluetooth para luego ser procesados por la placa de Arduino que acciona los actuadores, reflector, aspersor, ventilador, led, módulo de audio y bocina.

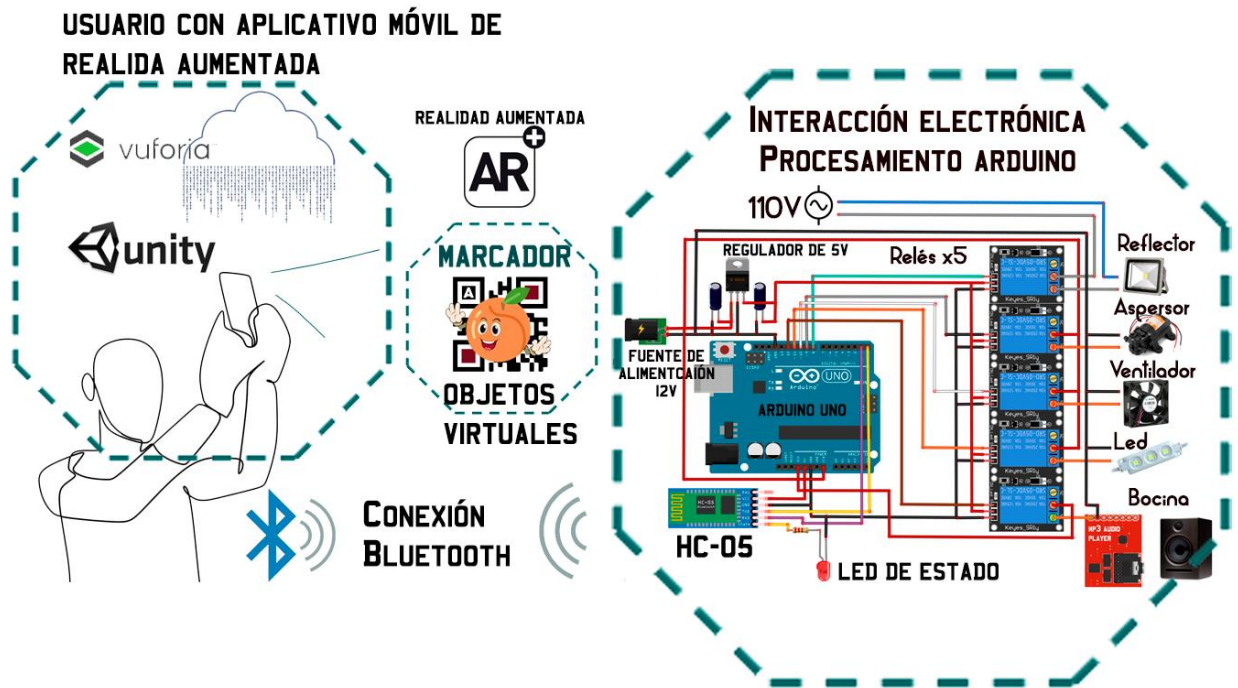


Figura 99 Esquema completo del Sistema de realidad aumenta con interacción electrónica en dispositivos móviles.

Elaborado por el investigador

En la figura 100 se muestra el diagrama del prototipo final del sistema de la interacción electrónica,

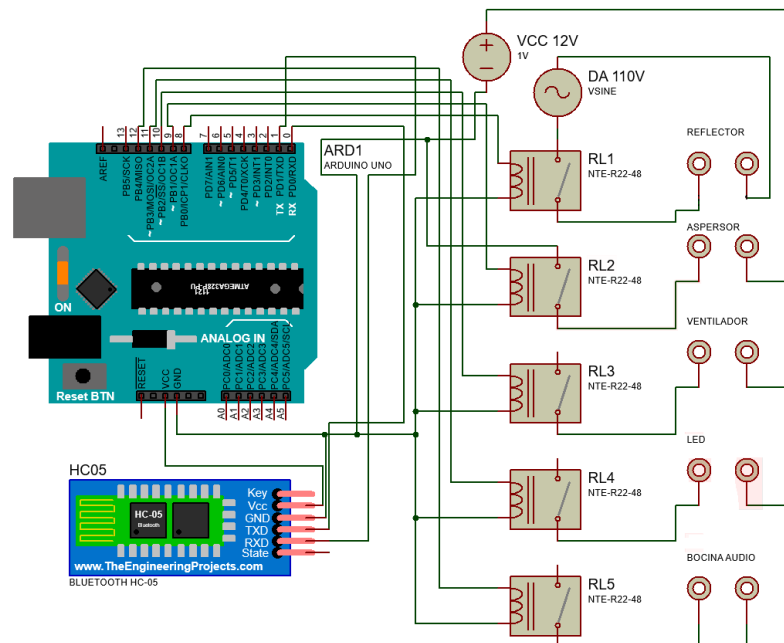


Figura 100 Diagrama de conexión electrónica del prototipo final.

Elaborado por el investigador basado en software Proteus.

En la figura 101 se muestra el circuito del prototipo final del sistema de realidad aumentada en un dispositivo móvil e interacción electrónica,

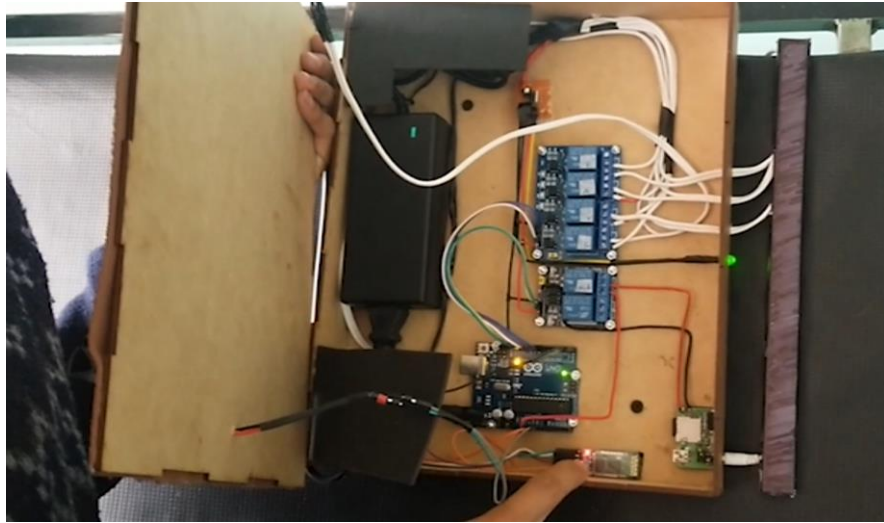


Figura 101 Circuito final implementado del Prototipo.

Elaborado por el investigador

En la figura 102 se muestra el correcto funcionamiento del aplicativo móvil y la interacción electrónica activando el panel Led



Figura 102 Prueba de interacción electrónica panel Led.

Elaborado por el investigador

En la figura 103 se muestra el funcionamiento del aplicativo móvil y la interacción electrónica mediante el marcador de Ambato, que muestra toda la animación y desarrollo visual de manera correcta.



Figura 103 Pruebas del prototipo final RA, marcador Ambato.

Elaborado por el investigador

En la figura 104 se muestra el funcionamiento de los actuadores, bocina audio, reflector, ventilador, led, aspersor de agua, reaccionando de acuerdo al marcador respectivo y la realidad aumentada.



Figura 104 Pruebas de la reacción de los actuadores.

Elaborado por el investigador

En la figura 105 se muestra el funcionamiento del contenido multimedia, video promocional de la parroquia de Quisapincha, reaccionando a su marcador respectivo.

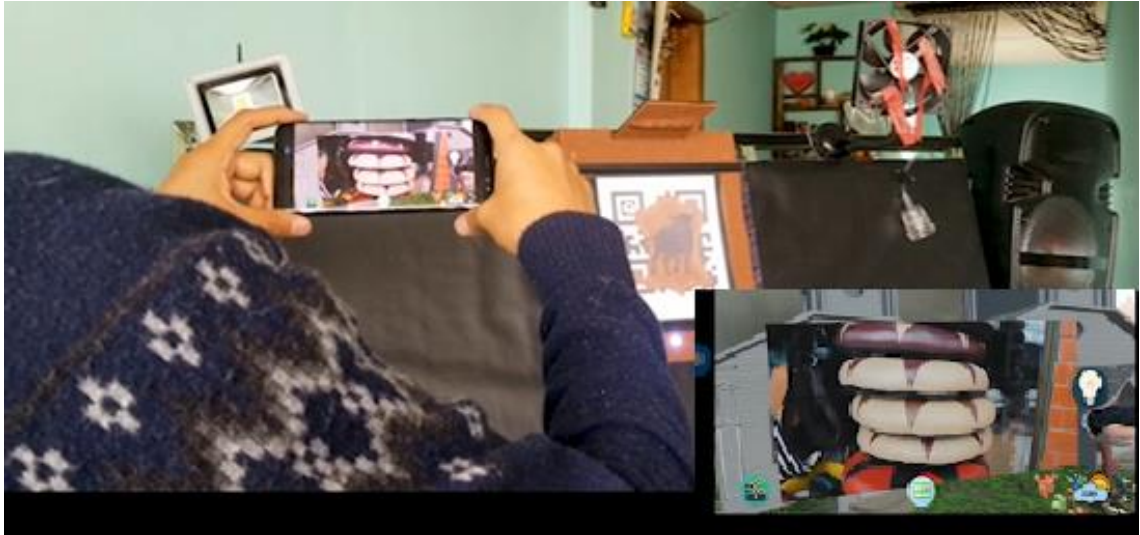


Figura 105 Reproducción del contenido multimedia.

Elaborado por el investigador

2.3 Presupuesto del Prototipo

Es de suma importancia el presupuesto del proyecto, ya que para el desarrollo del prototipo se necesitó de software con licencias educativas y hardware con plataformas de programación libre, dispositivos y materiales de uso comercial, gracias a la investigación y experiencias técnicas se pudo realizar el prototipo con un costo final bajo, y con una gran aceptación del usuario final gracias a la interacción visual y fácil acceso.

En la tabla 5 se presenta el presupuesto final de los equipos necesarios para el funcionamiento del prototipo de realidad aumentada con interacción electrónica enfocada en el turismo de Ambato.

Tabla 5: Presupuesto total del proyecto de investigación.

ITEM	CANT	DESCRIPCION	P. UNITARIO	P. TOTAL
EQUIPOS				
1	1	Placa De Arduino Uno	\$8,00	\$8,00
2	1	Modulo Bluetooth HC-05	\$3,80	\$3,80
3	2	Placa de 2 relés, Arduino	\$4,75	\$9,50

4	500	Impresiones color y B/N	\$0,02	\$10,00
5	1000	Copias blanco y negro.	\$0,05	\$50,00
6	1	Aspersor de agua 12v DC	\$5,75	\$5,75
7	1	Ventilador DC 12v	\$4,30	\$4,30
8	1	Modulo reproductor mp3 de audio (modificado)	\$3,90	\$3,90
9	1	Lámpara Led 110 AC	\$6,75	\$6,75
10	1	Fuente de voltaje 12v DC	\$10,50	\$10,50
11	1	Luces led x3 2835 12V DC	\$2,50	\$2,50
12	1	Chasis de madera (mdf)	\$10,00	\$10,00
13	6	Internet	\$20,00	\$120,00
14	48	Trasporte Urbano	\$0,30	\$14,40
15	48	Trasporte Interprovincial	\$1,50	\$72,00
16	1	Carpeta plástica	\$10,00	\$10,00
17	1	Cuaderno Universitario 100h	\$20,00	\$20,00
18	24	Almuerzo	\$2,50	\$60,00
19	2	Lápiz porta minas	\$0,50	\$1,00
20	2	Esfero color azul	\$0,30	\$0,60
			SUBTOTAL	\$423,00
			IVA 12%	\$50,76
			TOTAL	\$473,76

Elaborado por el investigador basado en costos actuales.

2.4 Métodos

La modalidad del proyecto para Sistema de Realidad Aumentada con Tecnología Móvil e Interacción Electrónica para la Promoción Turística De Ambato, se realizó mediante las siguientes técnicas.

2.4.1 Investigación Aplicada

Debido al enfoque del proyecto se realizó una investigación aplicada en la cual se analizó los diferentes proyectos relacionados al tema ya planteados y en funcionamiento.

2.4.2 Investigación Bibliográfica

Se realizó de igual manera estudios bibliográficos para la obtención de datos históricos y actuales a través de páginas de Internet y prensa escrita, las cuales serán mencionadas a lo largo del proyecto.

2.4.3 Investigación de Campo

Una investigación de campo, en la que se recolectó información de todos los elementos que se pueden controlar y gestionar, tanto en el interior como en el exterior de la misma, a la vez proporcionar información que fue utilizada para complementar la investigación y el cumplimiento de los objetivos planteados.

2.4.4 Investigación Experimental

Es experimental porque conociendo el problema se plantea la toma de medidas, la experimentación, la formulación de pruebas y la modificación de hipótesis, siendo fundamentales para recopilar los datos que se extraen de un grupo experimental.

CAPÍTULO 3

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Análisis y Discusión de los Resultados

Este capítulo detalla los resultados obtenidos durante la investigación para el desarrollo del prototipo, se realizó un análisis de las herramientas para el desarrollo de la aplicación de realidad aumentada, la investigación del dispositivo o placa electrónicas compatible para la comunicación entre hardware y software (Unity, Vuforia, Arduino) más adecuados en relación costo beneficio, tomando en cuentas las características de los dispositivos móviles, elaborando una aplicación optimizada para para su accesibilidad y fiabilidad ante cualquier usuario, de igual manera permitiendo así la ejecución del prototipo en la mayoría de dispositivos con sistemas operativo Android.

3.1.1 Análisis de la plataforma de desarrollo de la realidad aumentada.

Para el desarrollo de la aplicación de utilizó la plataforma Unity 3D en su versión 2018.4.21f1 Personal en su modo LTS (Long Term Support) como se muestra en la figura 106, esto quiere decir con una terminal de desarrollo con soporte a largo tiempo, ya que en el proceso de desarrollo de la aplicación en versiones actuales como 2019.4.21f1, se presentaron problemas de importación de paquetes o scripts por la restricción de la plataforma de Arduino, las nuevas versiones de Unity fueron modificadas para trabajar en un entorno más visual, restringiendo así la comunicación entre otras plataformas externas, por esta razón se optó por desarrollar el proyecto en una versión LTS de Unity.

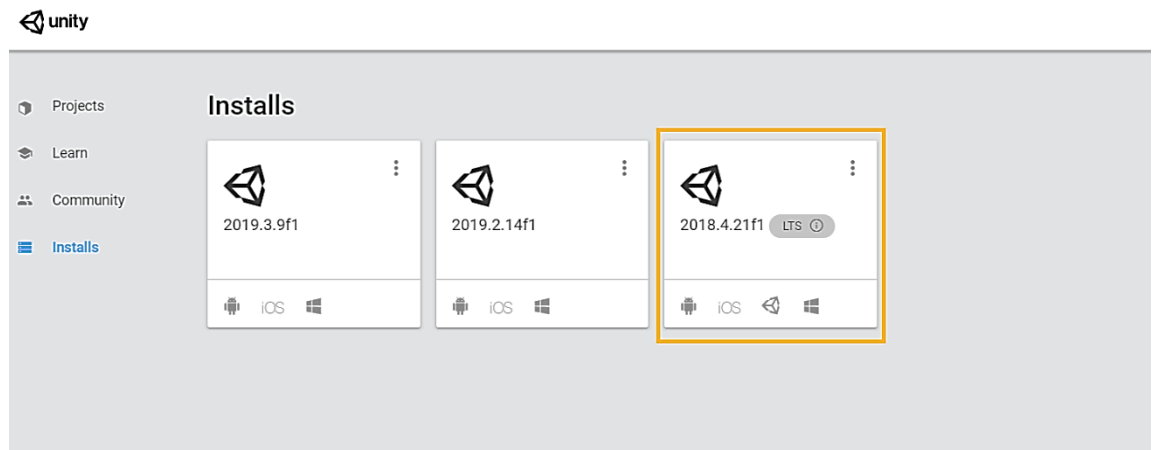


Figura 106 Unity 2018.4.21 LTS

Elaborado por el investigador basado en el software de Unity.

3.1.2 Análisis de los parámetros de realidad aumentada

En el desarrollo de la aplicación se debe considerar ciertos parámetros que hacen posible la realidad aumentada. Uno de los más importantes elementos es el “target” o marcador en nuestro proyecto se diseñó desde cero y con características más sobresalientes a diferencia de marcadores genéricos o por defecto como se muestra en la figura 107.



Figura 107 Marcador de RA,

Elaborado por el investigador.

Para optimizar el procesamiento digital del marcador y reconocimiento de la base de datos a la cual pertenece, se diseña un logo representativo a color para mejorar el

reconocimiento, diferenciando así de los marcadores genéricos diseñados a blanco y negro con detalles visuales básicos, el objetivo del diseño es buscar un procesamiento más significativo y en cierto caso único para la aplicación, pudiendo así evitar la sobreposición no deseada en la realidad aumentada.

3.1.3 Análisis de la configuración avanzada de Unity 3D

Para hacer posible el desarrollo de la aplicación en Unity versión 2018.4.21f1 LTS se investigó la configuración adecuada y compatible con Android Device plugin (modificado), Vuforia Engine.

En la figura 108 se muestra el sub menú de Unity, preferencias que permite modificar o incluir las herramientas SDK, NDK, JDK, necesarias para el desarrollo en plataformas móviles, estas se pueden cambiar o utilizar por defecto las que contiene Unity.

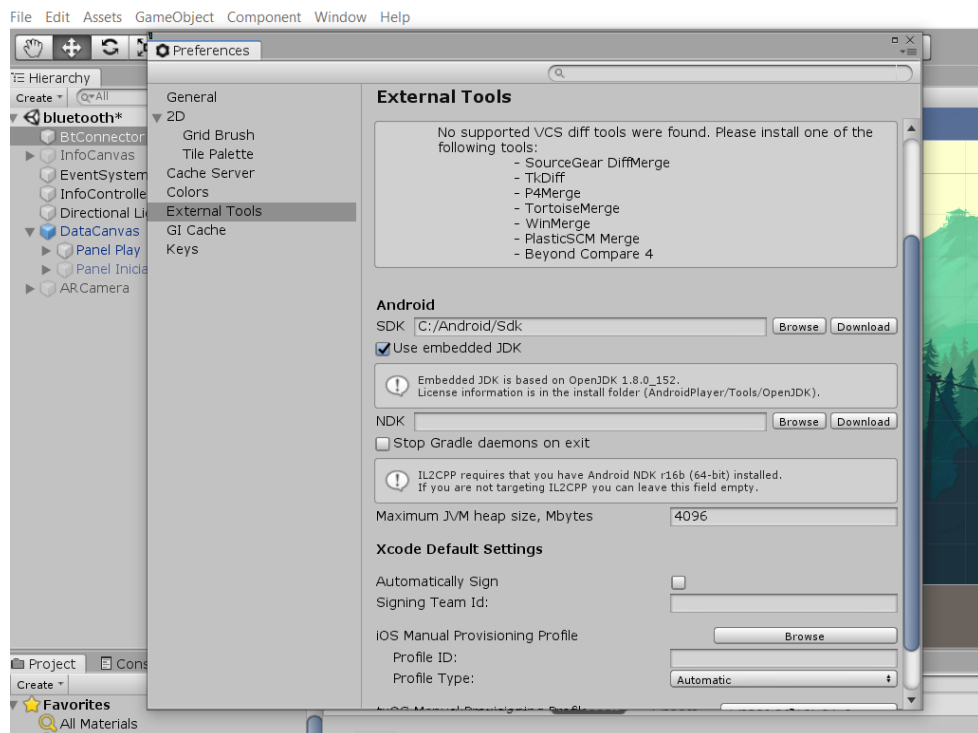


Figura 108 Configuración de los SDK, NDK, JDK.

Elaborado por el investigador basado en el software de Unity.

Las herramientas externas de Unity como los SDK, NDK, JDK se cargan de manera manual debido a que las herramientas por defecto provocan incompatibilidad en el script bluetooth de conexión de Unity y Arduino.

En la figura 109 se muestra las configuraciones adecuadas para el proyecto, que hace posible la realidad aumentada y la comunicación por bluetooth cualquier modificación a estas características provocan un error al momento de compilar la aplicación.

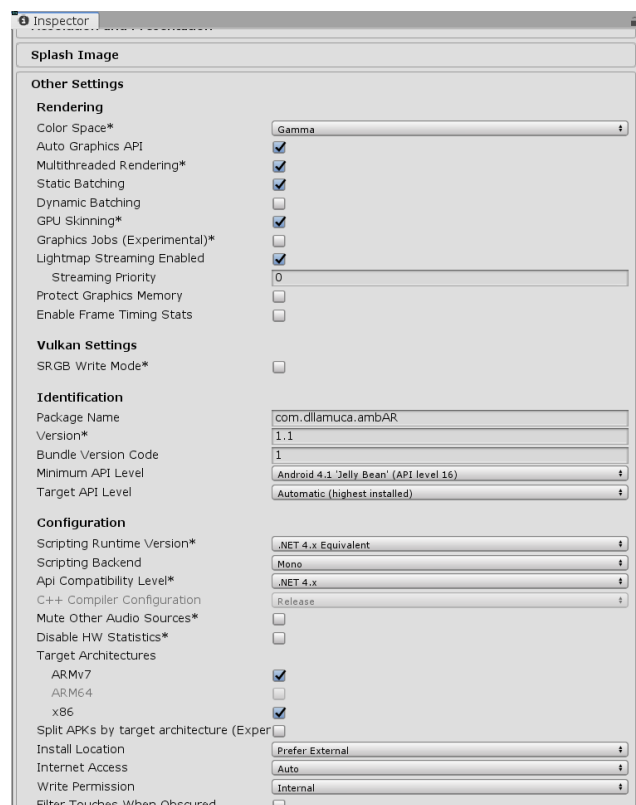


Figura 109 Otras configuraciones por defecto Unity.

Elaborado por el investigador basado en el software de Unity.

En las configuraciones de construcción después de varias pruebas fallidas en el desarrollo de la aplicación, como se puede observar en la figura 110, se debe modificar las configuraciones por defecto, API Compatibility Level, esta opción es muy importante al modificarla para habilitar el desarrollo en .NET 4.x o superiores, para que la aplicación pueda desarrollarse sin problema.

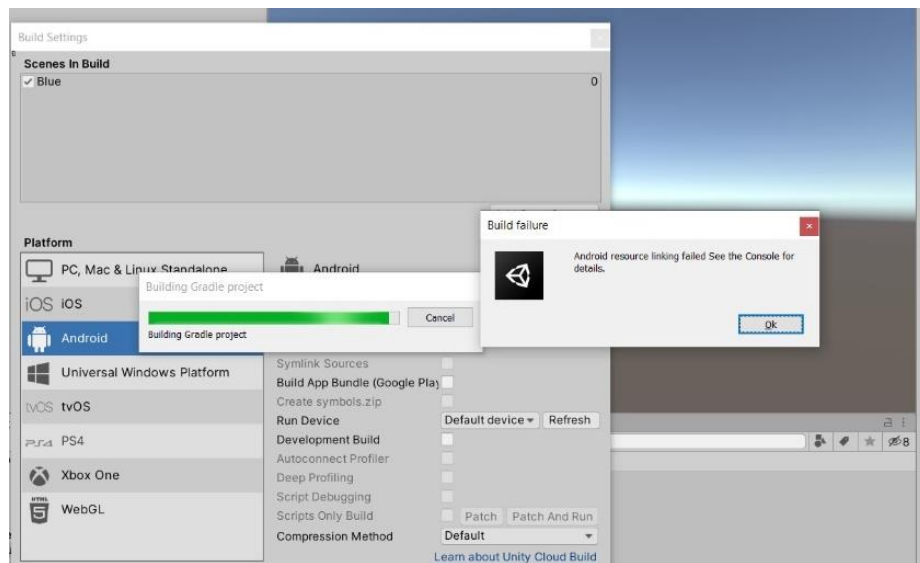


Figura 110 Error de desarrollo de aplicación.

Elaborado por el investigador basado en el software de Unity.

Para evitar errores por el uso de herramientas de desarrollo externas se debe tomar muy en cuenta, modificar la opción de “Build System”, seleccionado “Internal” como se muestra en la figura 111, con esto la aplicación podrá incorporar los Scripts modificados, trabajando a la par con vuforia y compilando el archivo .apk sin ninguna secuencia perdida.

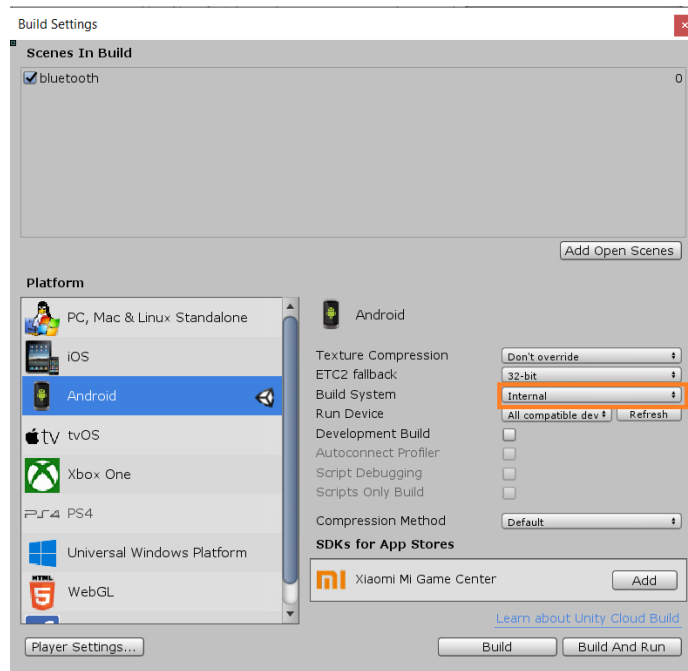


Figura 111 Método de Construcción "Internal".

Elaborado por el investigador basado en el software de Unity.

3.1.5 Análisis de la calibración de la distancia entre marcador y dispositivo móvil.

Para un amplio campo de visualización de la realidad aumentada se debe calibrar la distancia a la cual el usuario se debe ubica con relación al marcador, como se muestra en la figura 112.

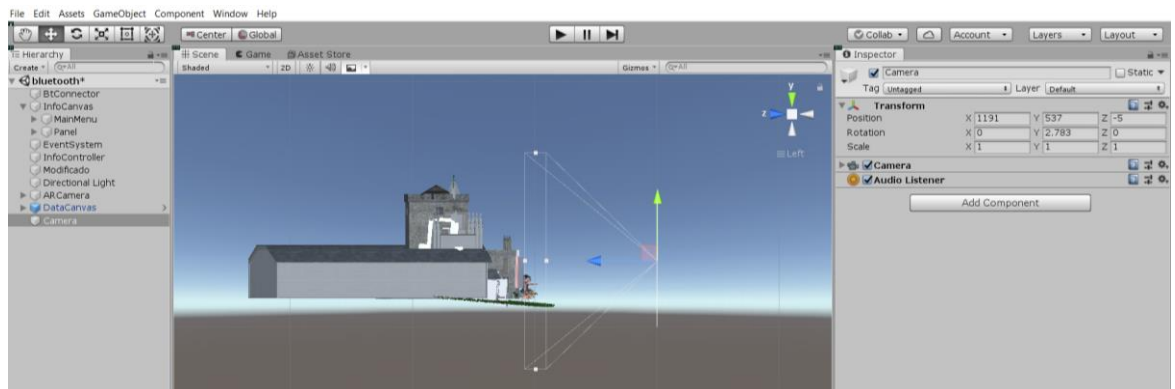


Figura 112 Calibrar distancia de AR cámara.

Elaborado por el investigador basado en el software de Unity.

En el mundo físico se consideró una distancia ideal de 1,5m entre el dispositivo móvil y la superficie donde se ubica el marcador, con estos parámetros se calibra la cámara en la consola de desarrollo de Unity 3D.

3.1.6 Análisis de la interacción electrónica, actuadores.

Para el correcto funcionamiento de la interacción electrónica entre la placa de Arduino, realidad aumenta y los actuadores, se debe considerar que la corriente administrada por la fuente de voltaje sea suficiente para que permita encender todos los componentes del prototipo.

En la tabla 6 se presenta el análisis de los voltajes que requieren cada uno de los circuitos que se implementaron en el prototipo.

Tabla 6: Análisis de voltajes y corrientes de los módulos utilizados.

Componente	Voltaje	Corriente
Placa de Arduino Uno	7 – 12V	Corriente por Pin de E/S: 20 mA DC Corriente para Pin de 3.3V, 50 mA CC.
Módulo de relés	5v por relé	Corriente por Pin 20 mA
Módulo de audio	3,3V	20mA

Elaborado por el investigador basado en las características técnicas de cada dispositivo.

Para el funcionamiento de la placa de relés es necesario 5V, pero debido al alto consumo de corriente el Arduino presentó recalentamiento lo que provoca un mal funcionamiento, provocando así que la placa se quemara por el prolongado tiempo de operación.

Para esto se optó por implementar una placa reguladora de voltaje fijo de 5V para la etapa de potencia evitando así la sobrecarga de la placa de Arduino teniendo así el suministro de voltaje y corriente de la misma fuente principal para cada uno de los módulos, hecho esto para mejorar la operación del prototipo.

El prototipo fue diseñado para su implementación en cualquier superficie buscando siempre la correcta ubicación de la plataforma que contiene los marcadores que hacen posible visualizar la realidad aumentada, para su funcionamiento se requiere de una fuente de corriente alterna (110v), el requerimiento adicional de los actuadores dependerá de las características funcionales del mismo.

En la figura 113 se presenta la instalación del prototipo en un tablero para factores demostrativos y funcionales, pudiendo este ser instalado en cualquier superficie considerando parámetros ambientales, físicos y tecnológicos.



Figura 113 Implementación del Prototipo.

Elaborado por el investigador.

El prototipo se puso a prueba con varios usuarios registrando en fotografías la interacción, las cuales están disponibles en el Anexo G.

3.1.4 Resultado final del proyecto

En las pruebas realizadas en el Prototipo de realidad aumentada resultaron satisfactorias al momento de ejecutar tanto de la aplicación en el dispositivo móvil sin errores visuales ni funcionales, mientras que la placa de Arduino se desempeña de manera estable en todo el proceso de información tanto de recepción como ejecución de los actuadores, de igual manera realidad aumentada se ejecuta de manera fluida respondiendo a los botones creados en la aplicación como se puede observar en la figura 114.

El contenido desarrollado para el marcador RA para la ciudad de Ambato funciona de manera adecuada conjuntamente con la interacción electrónica, la cual después del proceso de vinculación bluetooth en la interfaz de inicio RA, pulsando el botón de inicio se reproduce el audio pregrabado que da la bienvenida a la aplicación “ambAR”, y describe todas las funciones disponibles en la aplicación (panel de control).

Marcador de Ambato: Una vez enfocado el marcador de la ciudad de Ambato se despliega instantáneamente la realidad aumentada la cual contiene un humanoide animado en un entorno virtual en el cual resalta La Basílica Catedral de Nuestra Señora de la Elevación más un sólido donde es proyectado el video promocional turístico que menciona lugares como el Monumento Primera imprenta, Catedral, su gastronomía su máxima expresión la Fiesta de las frutas y flores, todo esto controlado por los botones visuales (Video, Menú, Clima, Iluminación, Salir) en el panel de control el cual contiene las interacciones únicas para cada marcador con el objetivo de emular la condición climática.

Marcador de Pasa: una vez que la cámara detecta el marcador correspondiente a la parroquia de Pasa, se despliega la realidad aumentada la cual contiene elementos como: el audio inicial que explica al usuario las funciones de cada botón que se visualiza en la pantalla del móvil, los objetos virtuales en la RA corresponden a las características locales de Pasa, en el cual se muestra la iglesia parroquial de Pasa, la cual constituye otra de las joyas arquitectónicas de Tungurahua que se conservan en el cantón Ambato. Fue construida desde 1938 hasta 1949 después del terremoto ocurrido en ese año. Forma parte importante del Patrimonio Cultural de la provincia de Tungurahua y el país, mencionando de igual manera su producción de camisetas que la convierten en su factor comercial junto al museo etnográfico son el icono del turismo.

Marcador de Quisapincha: se observó la realidad aumentada correspondiente al marcador de Quisapincha, que contiene elementos similares que los demás marcadores, con la característica única de la parroquia de Quisapincha, se puede observar el modelado virtual de la iglesia céntrica del parque de Quisapincha, en el contenido visual se menciona su ruta turística del cuero, la elaboración de productos de calidad en cuero como zapatos, chompas, carteras y sombreros. En la comunidad de Ayacuro en los páramos de Quisapincha, 25 familias se dedican al cultivo de truchas y alivines (crías recién nacidas de peces y de pequeño tamaño, especialmente utilizados para repoblar

estanques y ríos)., el desarrollo económico con la venta de lana, y la crianza de borregos.

Las interacciones electrónicas funcionaron de manera correcta: El audio se reproduce por medio de un parlante que da la bienvenida al aplicativo, Reflector para la respuesta electrónica del clima soleado en Ambato, Ventilador para emular el clima ventoso de Quisapincha, Aspersor con el objetivo de emular la condición climática en Pasa, el panel led funciona de manera independiente con el objetivo de iluminar el marcador cuando las condiciones de luminosidad no sean adecuadas para el enfoque de la cámara del dispositivo móvil, las imágenes de las pruebas están disponibles en el anexo G (Pruebas del prototipo de realidad aumentada “ambAR”), el control de estos efectos físicos dependen básicamente de la manipulación del usuario, ya que el fin del proyecto es crear un informativo interactivo que informe y al mismo tiempo cautive al turista.



Figura 114 Prueba final del Prototipo RA.

Elaborado por el investigador.

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

Al finalizar el presente proyecto de titulación se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Para la selección de los lugares turísticos, Ambato, Pasa y Quisapincha se realizó una investigación de acuerdo a los lugares más frecuentados por los turistas en la ciudad de Ambato, definiendo tres marcadores para demostrar el funcionamiento del prototipo, desarrollando las bases para futuras investigaciones y haciendo posible aumentar el número de marcadores y lugares turísticos según se requiera.
- Para el desarrollo virtual de la aplicación se investigó varias plataformas de modelado 3D de objetos virtuales, buscando implementar bancos de datos con descarga gratuita y formatos de archivos modificables para los requerimientos del prototipo y los lugares planteados, el software de Unity 3D, permite desarrollar el entorno visual de la aplicación con implementación de herramientas: Vuforia Engine SDK, Script Modulo Bluetooth y los datos que contienen los marcadores, importando, configurando sus requerimientos del archivo raíz, AndroidManifest.xml con sus permisos de desarrollo en Android.
- La implementación de recursos tecnológicos modernos en el ámbito turístico favorece a la promoción de atractivos turísticos con un toque diferente a los medios genéricos, logrando así llamar la atención del turista, percibida mediante los sentidos,

con la visualización de un marcador teniendo en cuenta la distancia y la zona de cobertura del lente focal del dispositivo móvil.

- La aplicación “ambAR” es un sistema de realidad aumentada desarrollada con interacción electrónica para promocionar el turismo en la ciudad de Ambato, mejorando la representación de la información mediante una aplicación desarrollada para dispositivos móviles Android, interactuando de forma inalámbrica con una placa de Arduino que permite al usuario final interactuar con actuadores previamente ubicados en el entorno de presentación.

4.2 Recomendaciones

- Para elegir los sitios turísticos que formaran parte del proyecto se puede considerar otro tipo de criterio, seleccionando los lugares poco conocidos, no muy frecuentados con el objetivo de promocionar e informar al turista de otras opciones para visitar.
- Tener en cuenta que los archivos u objetos virtuales 3D tengan un formato editable con el fin de adecuar según los requerimientos del proyecto y la compatibilidad con el software Unity 3D. No olvidarse de, (AndroidManifest.xml) un archivo raíz para el desarrollo en sistemas Android, el cual contiene parámetros de configuración y funcionamiento del sistema, teniendo que compilar un archivo único para todo el diseño de la aplicación, cualquier modificación puede acarrear errores en cadena al momento de ensamblar el script.
- Para repotenciar el proyecto de RA con interacción electrónica, al cual se puede añadir otros tipos de accesorios tecnológicos, como cámaras especiales, visualización de entornos más realistas utilizando implementos especialmente diseñados para el ámbito del diseño gráfico, virtual y multimedia con un direccionamiento profesional en lo visual. Tener en cuenta la configuración de la cámara de RA en el entorno de desarrollo Unity 3D, considerando las dimensiones de los objetos visuales, delimitando la sobreposición de los archivos de realidad aumentada.
- La interacción entre el usuario y la aplicación mejorará mediante el uso de varios modelos de actuadores que ayuden a la generación de una experiencia multisensorial como la reacción ante los cambios de temperatura, la percepción del olor, vibraciones, etc. Tener en cuenta la ubicación estratégica del prototipo RA

para que el turista tenga acceso de manera libre y sin complicaciones y así disfrutar de innovaciones en la realidad aumentada enfocada al turismo en la ciudad de Ambato, interactuando con el gran mundo de la electrónica.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] D. A. Aldás Clay, Aplicación móvil con realidad aumentada como estrategia de marketing 2.0 para el menú del restaurante Chimichurri Moros & Menestras en la ciudad de Ambato, Ambato, 2017.
- [2] A. B. Román, Realidad Virtual Y Aumentada En El Sector Turístico, Sevilla, 2016.
- [3] D. R. Torres, La realidad aumentada: un nuevo recurso dentro de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para los museos del siglo XXI, México, 2015.
- [4] D. Altamirano, Pizarra Virtual usando Realidad Aumentada para el aprendizaje interactivo en la Unidad Educativa “Tirso de Molina”, de la Ciudad de Ambato, Ambato, 2015.
- [5] M. Munckel, Diagnóstico del sistema de información turística del cantón Ambato y su impacto en el desarrollo del sector productivo., Ambato, 2016.
- [6] E. Cuzco, Analisis, diseño e implementacion de una aplicación con realidad aumentada para telefonos moviles orientada al turismo., Cuenca, 2015.
- [7] J. J. T. Quiroga, Realidad aumentada con interacción electrónica aplicada a entornos expositivos y museísticos de Ambato, Ambato, 2017.
- [8] E. Raffino, «Concepto.de.» 09 diciembre 2019. [En línea]. Available: <https://concepto.de/turismo/>. [Último acceso: 14 12 2019].
- [9] J. A. T. Soto, «Tendencias tecnológicas en el turismo,» *Entorno Turístico*, Vols. %1 de %2Disponible: <https://www.entornoturistico.com/10-tendencias-tecnologicas-en-el-turismo/>, 2019.
- [10] S. Group, «<http://smartechgroup.es/la-realidad-aumentada-en-el-sector-turistico-ra/>,» Smartech, 13 Septiembre 2017. [En línea]. Available: <http://smartechgroup.es/la-realidad-aumentada-en-el-sector-turistico-ra/>. [Último acceso: 19 Diciembre 2019].
- [11] G. Nieto, Unity 4x Tutorial de iniciación a la programación de videojuegos, 2017.
- [12] U. 3D, «Unity,» Diciembre 2019. [En línea]. Available: <https://unity3d.com/es/unity/beta>. [Último acceso: 2019].
- [13] A. M. Fernando Navarro, Realidad virtual y Realidad Aumenta, Madrid: RA-MA , 2018.
- [14] A. Fundación Telefónica, Realidad Aumentada: una nueva lente para ver el mundo, España, 2011.

- [15] F. Telefónica, Realidad Aumentada: una nueva lente para ver el mundo, Madrid: Ariel, 2011.
- [16] J. L. V. Lizbeth Heras, La Realidad Aumentada: Una Tecnología En Espera De Usuarios, Revista Digital Universitaria, 2015.
- [17] R. A. Learning, «5 razones para integrar realidad aumentada en tus clases,» Diciembre 2017. [En línea]. Available: <https://www.realinfluencers.es/2017/01/05/5-razones-integrar-realidad-aumentada-clase/>.
- [18] I. Team, «Imascono,» Imascono, 19 Junio 2017. [En línea]. Available: <https://imascono.com/es/magazine/realidad-aumentada-segun-utilizacion>. [Último acceso: 19 Diciembre 2019].
- [19] Amaproadmin, «Amapro,» Amapro, 9 Enero 2017. [En línea]. Available: <https://www.amapro.com.mx/realidad-aumentada-implementada-al-marketing/>. [Último acceso: 19 Diciembre 2019].
- [20] J. Pastor, «xataka.com,» xataka, 11 Octubre 2013. [En línea]. Available: <https://www.xataka.com/tablets/qualcomm-sigue-mejorando-su-plataforma-de-realidad-aumentada-vuforia>. [Último acceso: 19 Diciembre 2019].
- [21] Niantic, «pokemongolive.com,» Nintendo, 2019. [En línea]. Available: <https://pokemongolive.com/es/post/holiday2019/>. [Último acceso: 19 Diciembre 2019].
- [22] Infaimon, «Infaimon,» 16 Enero 2018. [En línea]. Available: <https://blog.infaimon.com/modelar-3d/>. [Último acceso: 19 Diciembre 2019].
- [23] all3dp, «All3dp,» 19 Diciembre 2019. [En línea]. Available: <https://all3dp.com/>. [Último acceso: 19 Diciembre 2019].
- [24] L. R. Castellanos, Sistemas Operativos Móviles, España, 2016.
- [25] J. D. y. P. D. d. I. H. S. Ángel Ibea Portilla, Nuevas Tecnologías de la Información, Valencia.
- [26] J. D. L. Castillo, Desarrollo de aplicaciones android con Android Studio, 2016.
- [27] J. Elío, Formas de interactuar con la tecnología, <https://elandroidelibre.espanol.com/2016/09/formas-de-interactuar-con-la-tecnologia.html>, 2016.
- [28] D. E. Papalia, Psicología, https://Rua.Ua.Es/Dspace/Bitstream/10045/3834/27/Tema%203_Procesos%20psicol%C3%93gicos%20basicos.Pdf, 1994.
- [29] C. H. Alberto Castro, ¿Qué es Raspberry Pi, dónde comprarla y cómo usarla?, <https://computerhoy.com/noticias/hardware/que-es-raspberry-pi-donde-comprarla-como-usarla-8614>, 2014.
- [30] Adobe, Adobe Photoshop, Disponible: <https://www.adobe.com/la/products/photoshop/free-trial-download.html#>, 2020.
- [31] B. d. WordPress.com, Aprendiendo Arduino, Disponible: <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/12/11/ide-arduino/>, 2017.
- [32] X. Yúbal FM, Qué es Arduino, cómo funciona y qué puedes hacer con uno, <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>, 2018.

- [33] Wordpress, Aprendiendo Arduino, <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/category/sensores/>, 2017.
- [34] C. Research, Marcas de teléfonos móviles que más se venden en el mundo, <https://www.larepublica.co/internet-economy/samsung-apple-y-huawei-las-marcas-de-celulares-mas-vendidas-2822540>, 2019.
- [35] N. Mechatronics, Módulo Bluetooth HC05, <https://naylampmechatronics.com/inalambrico/43-modulo-bluetooth-hc05.html>.
- [36] A. C. e. Udemy, Realidad Aumentada con Vuforia, <https://Www.Desarrollolibre.Net/Blog/Android/Realidad-Aumentada-Con-Vuforia#.Xiyv98gzbbu>, 2014.
- [37] TripAdvisor, Cosas que hacer en Ambato, Ambato: Fuente: https://www.tripadvisor.es/Attractions-g677335-Activities-Ambato_Tungurahua_Province.html, 2019.
- [38] F. L., Catedral de Ambato, Ambato: <https://3dwarehouse.sketchup.com/model/u4fb37503-9bef-4e46-884f-93aec690fae5/Catedral-de-Ambato?hl=es>, 2015.
- [39] T. Nikopol_c4d, St. Marien Kirche, <https://www.turbosquid.com/es/3d-models/st-marien-c4d-free/347169>, 2007.
- [40] Mixamo, Mixamo Characters, <https://www.mixamo.com/#/?page=1&type=Motion%2CMotionPack>, 2019.
- [41] E. Ministerio de Turismo, «Sistema Nacional de Información,» 2019. [En línea]. Available: <http://sni.gob.ec>.
- [42] M. De Prada, A. Gray, P. Marcé y E. y Nieto, « Manual para la preparación del Certificado de Superior de Español del TurismoT,» de *emas de Turismo.*, Madrid, Edinumen, 2008.
- [43] D. M. Cortada., Turismo, cultura y desarrollo., OEI - Organización de los Estados Americanos, 2016.
- [44] M. E. Raffino, «concepto.de,» Raffino, María Estela, 2019. [En línea]. Available: <https://concepto.de/turismo/>. [Último acceso: 24 Octubre 2019].
- [45] C. E. Colombia, Blender 3D, Colombia: Disponible: <http://www.cgstudioscolombia.com/blender/index.php/que-es-blender>, 2015.
- [46] estudioalfa.com, Top 5 Herramientas para Crear Apps de Realidad Aumentada, Disponible: <https://estudioalfa.com/top-herramientas-crear-apps-realidad-aumentada>, 2017.

INDICE ANEXOS

Anexo A	¡Error! Marcador no definido.
Modelo De Encuesta Utilizado	¡Error! Marcador no definido.
Anexo B	¡Error! Marcador no definido.
Anexo C	¡Error! Marcador no definido.
Script De Programación En Arduino Ide	¡Error! Marcador no definido.
Script De Programación En Unity Archivo Modificado.Cs.....	¡Error! Marcador no definido.
Anexo F.....	¡Error! Marcador no definido.
Script De Programación En Unity Archivo Bt.Cs	¡Error! Marcador no definido.
Anexo G	¡Error! Marcador no definido.
Pruebas Del Prototipo De Realidad Aumentada, “Ambar”.	¡Error! Marcador no definido.

ANEXOS

ANEXO A

MODELO DE ENCUESTA UTILIZADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES

Esta encuesta como parte de la investigación del proyecto de titulación “SISTEMA DE REALIDAD AUMENTADA CON TECNOLOGÍA MÓVIL E INTERACCIÓN ELECTRÓNICA PARA LA PROMOCIÓN TURÍSTICA DE AMBATO” está dirigida a cualquier usuario que disponga un dispositivo Android en la ciudad de Ambato.

Objetivo: Esta encuesta tiene como finalidad medir el conocimiento e impacto del uso de realidad aumentada para la promoción turística de Ambato.

Por favor, encierre en un círculo su respuesta.

Edad

- 12-17
- 18-25
- 26 en adelante.

Genero

- Masculino
- Femenino

Cuestionario

1. Conoce cómo funciona la Realidad Aumentada.

- Si
- No

2. Usted considera útil el uso de Realidad Aumentada en el ámbito del aprendizaje.

- Si
- No

3. Considera que el empleo de aplicaciones que implementen Realidad Aumentada en el ámbito turístico es un aporte vanguardista.

- Si
- No

4. Estaría dispuesto a instalar y probar una aplicación de Realidad Aumentada en su dispositivo móvil.

- Si
- No

5. Estaría dispuesto a observar sugerencias turísticas mediante Realidad Aumentada.

- Si
- No

ANEXO B

Tabulación de la información obtenida mediante encuestas con un total de 21 encuestados, de los cuales 5 fueron de sexo femenino y 16 masculinos. El rango de edad de los encuestados de 12 a 17 años un total de 3, de 18 a 25 años con un total de 6, con una edad de 26 años en adelante con un total de 12. A continuación se presenta la tabulación de las preguntas propuestas:

Pregunta 1

1. Conoce cómo funciona la Realidad Aumentada.

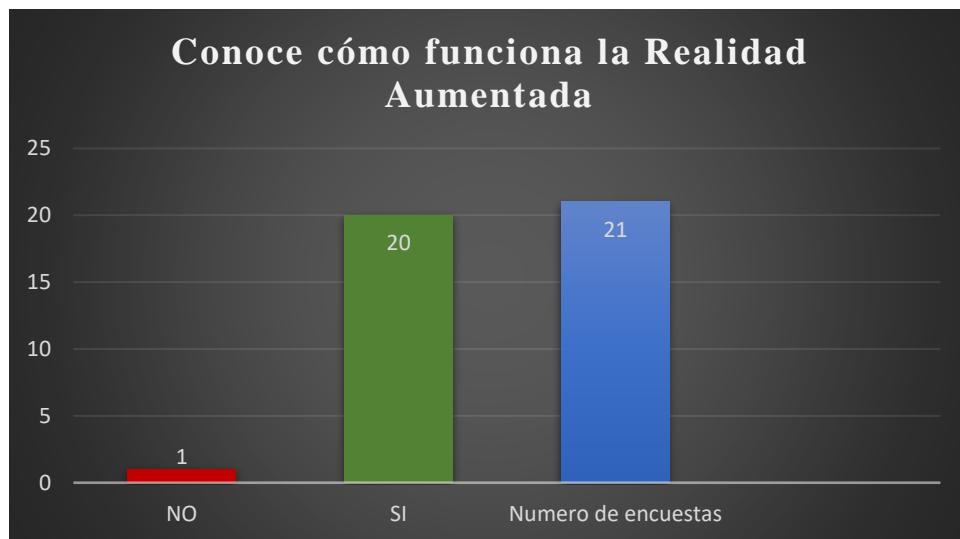


Figura 115 Pregunta 1 de Encuesta.

Elaborado por el investigador

Análisis

Con este resultado se puede concluir que de las 21 personas encuestadas 4 no conocen sobre la tecnología RA, contra 17 personas que conocen sobre el tema, por lo que se concluye que existe un conocimiento mayoritario sobre la realidad aumentada.

2. Usted considera útil el uso de Realidad Aumentada en el ámbito del aprendizaje.

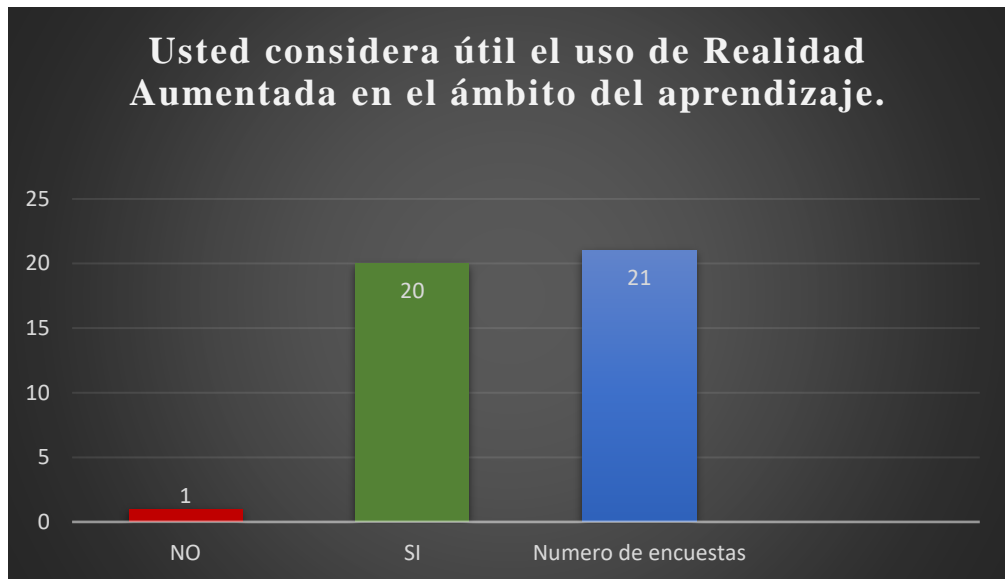


Figura 116 Pregunta 2 de Encuesta.

Elaborado por el investigador

Análisis

Con este resultado se puede concluir que de las 21 personas encuestadas 2 consideran que no es útil el uso de la tecnología RA en el ámbito del aprendizaje, contra 19 personas que aprueba el uso de RA en el ámbito educativo.

3. Considera que el empleo de aplicaciones que implementen Realidad Aumentada en el ámbito turístico es un aporte vanguardista.



Figura 117 Pregunta 3 de Encuesta.

Elaborado por el investigador

Análisis

De las 21 personas encuestadas solo 1 menciona que no considera útil la realidad aumentada un aporte vanguardista en el ámbito turístico en la ciudad de Ambato, contra 20 personas que ven a la RA una buena aplicación para promover el turismo.

4. Estaría dispuesto a instalar y probar una aplicación de Realidad Aumentada en su dispositivo móvil.

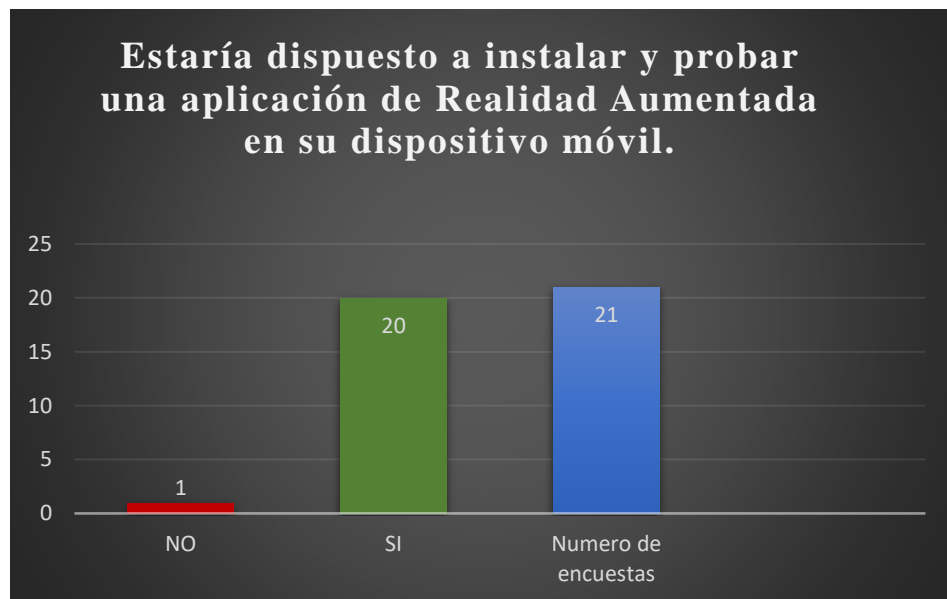


Figura 118 Pregunta 4 de Encuesta.

Elaborado por investigador.

Análisis

Esta pregunta ayudó a concluir que 20 de los 21 encuestados estarían dispuestos a instalar una aplicación de realidad aumentada en su dispositivo móvil, contra una sola persona que no conoce sobre el tema.

5. Estaría dispuesto a observar sugerencias turísticas mediante Realidad Aumentada.



Figura 119 Pregunta 5 de Encuesta.

Elaborado por el investigador.

Análisis

Mediante la pregunta se estableció que la mayoría de usuarios en total 20 si optarían por observar sugerencias turísticas mediante realidad aumentada, contra 1 que considera que no ayudaría en el ámbito turístico, del total de 21 encuestados.

ANEXO C

SCRIPT DE PROGRAMACIÓN EN ARDUINO IDE

Recepción de datos enviados desde la aplicación instalada en el dispositivo móvil mediante tecnología Bluetooth

```
#define RELAY_ON 0
#define RELAY_OFF 1
int c; // Declaración variable
int est=0;
int sld8 = 8; //Salida para el Foco
int sld9 = 9; //Salida para el aspensor
int sld10 = 10; //Salida para el ventilador
int sld11 = 11; //Salida para la Luz
int sld12 = 12; //Salida para el Audio

void setup()
{
  // put your setup code here, to run once:
  Serial.begin(9600);
  pinMode(sld8,OUTPUT);
  pinMode(sld9,OUTPUT);
  pinMode(sld10,OUTPUT);
  pinMode(sld11,OUTPUT);
  pinMode(sld12,OUTPUT);
  digitalWrite(sld8, RELAY_OFF); // Off salida Foco
  digitalWrite(sld9,RELAY_OFF); // Off salida Aspensor
  digitalWrite(sld10,RELAY_OFF); // Off salida Ventilador
  digitalWrite(sld11,RELAY_OFF); // Off salida Luz
  digitalWrite(sld12,RELAY_OFF); // Off salida Audio
}

void loop()
{
  if(Serial.available()) // Verificar si el puerto serial esta activo
  {
    LeerDatos(); // Seleccionar acción
  }
}

void LeerDatos()
{
  c=Serial.read(); // Leer el puerto Serial
```

```

Serial.println(c);
delay(50);
switch(c)
{
  case 'R':
    Serial.println("Reproducción de Audio");
    Audio();
    break;
  case 'A':
    Serial.println("CLIMA AMBATO");
    Ambato();
    break;
  case 'Q':
    Serial.println("CLIMA QUISAPINCHA");
    Quisa();
    break;
  case 'P':
    Serial.println("CLIMA PASA");
    Pasa();
    break;
  case 'L':
    Serial.println("LUZ");
    Luz();
    break;
}
}

void Audio()
{
  digitalWrite(sld8, RELAY_OFF); // Off salida Foco
  digitalWrite(sld9,RELAY_OFF); // Off salida Aspensor
  digitalWrite(sld10,RELAY_OFF); // Off salida Ventilador
  //digitalWrite(sld11,RELAY_OFF); // Off salida Luz
  digitalWrite(sld12,RELAY_OFF); // Off salida Audio
  delay(50); // Pausa
  digitalWrite(sld12,RELAY_ON); // On salida Audio
  delay (2000); // Iniciar Audio
  delay (10000); // Reproducir Audio
  digitalWrite(sld12,RELAY_OFF); // Off salida Audio
}

void Luz()
{
  digitalWrite(sld8, RELAY_OFF); // Off salida Foco
  digitalWrite(sld9,RELAY_OFF); // Off salida Aspensor

```

```

digitalWrite(sld10,RELAY_OFF); // Off salida Ventilador
//digitalWrite(sld11,RELAY_OFF); // Off salida Luz
digitalWrite(sld12,RELAY_OFF); // Off salida Audio
delay(50); // Pausa
switch(est)
{
case 0:
    digitalWrite(sld11,RELAY_ON); // Off salida Luz
    delay (200); // Pausa
    est=1;
    break;
case 1:
    digitalWrite(sld11,RELAY_OFF); // Off salida Luz
    delay (200); // Pausa
    est=0;
    break;
}
}

void Pasa()
{
    digitalWrite(sld8, RELAY_OFF); // Off salida Foco
    digitalWrite(sld9,RELAY_OFF); // Off salida Aspensor
    digitalWrite(sld10,RELAY_OFF); // Off salida Ventilador
    //digitalWrite(sld11,RELAY_OFF); // Off salida Luz
    digitalWrite(sld12,RELAY_OFF); // Off salida Audio
    delay(50); // Pausa
    digitalWrite(sld10,RELAY_ON); // On salida Ventilador
    delay (10000); // Iniciar Ventilador
    digitalWrite(sld10,RELAY_OFF); // Off salida Ventilador
}

void Quisa()
{
    digitalWrite(sld8, RELAY_OFF); // Off salida Foco
    digitalWrite(sld9,RELAY_OFF); // Off salida Aspensor
    digitalWrite(sld10,RELAY_OFF); // Off salida Ventilador
    //digitalWrite(sld11,RELAY_OFF); // Off salida Luz
    digitalWrite(sld12,RELAY_OFF); // Off salida Audio
    delay(50); // Pausa
    digitalWrite(sld9,RELAY_ON); // On salida Aspensor
    delay (10000); // Iniciar Aspensor
    digitalWrite(sld9,RELAY_OFF); // Off salida Aspensor
}

```

```
void Ambato()
{
    digitalWrite(sld8, RELAY_OFF); // Off salida Foco
    digitalWrite(sld9,RELAY_OFF); // Off salida Aspersor
    digitalWrite(sld10,RELAY_OFF); // Off salida Ventilador
    //digitalWrite(sld11,RELAY_OFF); // Off salida Luz
    digitalWrite(sld12,RELAY_OFF); // Off salida Audio
    delay(50); // Pausa
    digitalWrite(sld8,RELAY_ON); // On salida Foco
    delay (10000); // Iniciar Foco
    digitalWrite(sld8,RELAY_OFF); // Off salida Foco
}
```


ANEXO D

SCRIPT DE PROGRAMACIÓN EN UNITY ARCHIVO INFO.CS

Implementación de paneles para cada marcador respectivamente.

```
using UnityEngine;
using System.Collections;
using TechTweaking.Bluetooth;
using UnityEngine.UI;
using System.Threading;

public class Info : MonoBehaviour
{
    private const string UUID = "8ce255c0-200a-11e0-ac64-
0800200c9a66";//This is a random UUID, use it to connect with other Android
devices
    private const string SERIAL_UUID = "00001101-0000-1000-8000-
00805F9B34FB";//USE it to connect with Bluetooth peripherals like HC-05 [SPP]

    public Text devicNameText;
    public Button connectButton;

    public GameObject InfoCanvas;
    public GameObject DataCanvas;
    public GameObject PanelPlay;
    public GameObject PanelAmbato;
    public GameObject PanelQuisa;
    public GameObject PanelPasa;

    public BluetoothDevice device;
    public BluetoothDevice serverRemoteDevice;

    //public Text dataToSend ;

    void Start ()
    {
        Bt.askEnableBluetooth();//Ask user to enable Bluetooth

        Bt.OnDevicePicked += HandleOnDevicePicked; //To get what device
the user picked out of the devices list
    }
}
```

```

public void showDevices ()
{
    Bt.showDevices ();//show a list of all devices//any picked device will
be sent to this.HandleOnDevicePicked()
}

public void connect ()//Connect to the public global variable "device" if it's
not null.
{
    device.send(System.Text.Encoding.ASCII.GetBytes("P")); //
Terminar comunicaci3n
    Thread.Sleep (2000); // pausa 2 seg
    if (device != null){
        device.connect ();
    }
}

public void disconnect ()//Disconnect the public global variable "device" if
it's not null.
{
    if (device != null)
        device.close ();
}

/*public void send ()
{
    if (device != null && !string.IsNullOrEmpty(dataToSend.text))
        device.send ( System.Text.Encoding.ASCII.GetBytes
(dataToSend.text));
}*/

public void btnplay()
{
    device.send(System.Text.Encoding.ASCII.GetBytes("R"));
    PanelPlay.SetActive(false);
}

public void mpanelambato()
{
    PanelAmbato.SetActive(true);
    PanelQuisa.SetActive(false);
    PanelPasa.SetActive(false);
}
public void mpanelquisa()
{
    PanelAmbato.SetActive(false);
    PanelQuisa.SetActive(true);
    PanelPasa.SetActive(false);
}

```

```

public void mpanelpasa()
{
    PanelAmbato.SetActive(false);
    PanelQuisa.SetActive(false);
    PanelPasa.SetActive(true);
}

public void btnvideo()
{
    device.send(System.Text.Encoding.ASCII.GetBytes("V"));
}
public void btnclimaA()
{
    device.send(System.Text.Encoding.ASCII.GetBytes("A"));
}
public void btnclimaP()
{
    device.send(System.Text.Encoding.ASCII.GetBytes("P"));
}
public void btnclimaQ()
{
    device.send(System.Text.Encoding.ASCII.GetBytes("Q"));
}
public void btnluz()
{
    device.send(System.Text.Encoding.ASCII.GetBytes("L"));
}
public void initServer ()
{
    Bt.OnClientRequest += HandleOnClientRequest;//listen to client
    Bt.startServer(UUID);
}

```

```

void HandleOnClientRequest (BluetoothDevice device)
{
    this.device = device;

    this.device.ReadingCoroutine = ManageConnection;

    this.device.connect();
}

```

```

void HandleOnDevicePicked (BluetoothDevice device)//Called when device
is Picked by user
{

```

```

        this.device = device;//save a global reference to the device

        device.UUID = SERIAL_UUID;

        device.ReadingCoroutine = ManageConnection;

        devicNameText.text = device.Name;
    }

    ##### Reading Data #####

    IEnumerator ManageConnection (BluetoothDevice device)
    { //Manage Reading Coroutine

        //Switch to Terminal View
        InfoCanvas.SetActive (false);
        DataCanvas.SetActive (true);
        while (device.IsConnected && device.IsReading)
        {
            yield return null;
        }
        //Switch to Menue View after reading stoped
        DataCanvas.SetActive (false);
        InfoCanvas.SetActive (true);
    }
}

```

ANEXO E

SCRIPT DE PROGRAMACIÓN EN UNITY ARCHIVO MODIFICADO.CS

Reproducción de contenido multimedia

```
using UnityEngine;
using Vuforia;
using UnityEngine.Video;
using System.Threading;
/// <summary>
/// A custom handler that implements the ITrackableEventHandler interface.
///
/// Changes made to this file could be overwritten when upgrading the Vuforia
version.
/// When implementing custom event handler behavior, consider inheriting from this
class instead.
/// </summary>
public class Modificado : MonoBehaviour, ITrackableEventHandler
{

    #region PROTECTED_MEMBER_VARIABLES
    Info mScript; //Asignar variable info script
    protected TrackableBehaviour mTrackableBehaviour;
    protected TrackableBehaviour.Status m_PreviousStatus;
    protected TrackableBehaviour.Status m_NewStatus;

    public AudioSource aSource;
    public AudioClip aClip;
    public VideoPlayer vPlayer;

    #endregion // PROTECTED_MEMBER_VARIABLES

    #region UNITY_MONOBEHAVIOUR_METHODS

    protected virtual void Start()
    {
        mScript = GameObject.Find("InfoController").GetComponent<Info>();
        mTrackableBehaviour = GetComponent<TrackableBehaviour>();
        if (mTrackableBehaviour)
            mTrackableBehaviour.RegisterTrackableEventHandler(this);
    }

    protected virtual void OnDestroy()
    {
        if (mTrackableBehaviour)
            mTrackableBehaviour.UnregisterTrackableEventHandler(this);
    }

    #endregion // UNITY_MONOBEHAVIOUR_METHODS
```

```

#region PUBLIC_METHODS

/// <summary>
/// Implementation of the ITrackableEventHandler function called when the
/// tracking state changes.
/// </summary>
public void OnTrackableStateChanged(
    TrackableBehaviour.Status previousStatus,
    TrackableBehaviour.Status newStatus)
{
    m_PreviousStatus = previousStatus;
    m_NewStatus = newStatus;

    Debug.Log("Trackable " + mTrackableBehaviour.TrackableName +
        " " + mTrackableBehaviour.CurrentStatus +
        " -- " + mTrackableBehaviour.CurrentStatusInfo);

    if (newStatus == TrackableBehaviour.Status.DETECTED ||
        newStatus == TrackableBehaviour.Status.TRACKED ||
        newStatus == TrackableBehaviour.Status.EXTENDED_TRACKED)
    {
        OnTrackingFound();

        //Reproducir video y Audio
        if (mTrackableBehaviour.TrackableName == "MarcadorA")
        {
            //vPlayer.Play();
            mScript.mpanelambato();
        }
        if (mTrackableBehaviour.TrackableName == "MarcadorP")
        {
            //vPlayer.Play();
            mScript.mpanelpasa();
        }
        if (mTrackableBehaviour.TrackableName == "MarcadorQ")
        {
            //vPlayer.Play();
            mScript.mpanelquisa();
        }
    }
    else if (previousStatus == TrackableBehaviour.Status.TRACKED &&
        newStatus == TrackableBehaviour.Status.NO_POSE)
    {
        OnTrackingLost();

        if (mTrackableBehaviour.TrackableName == "MarcadorA")
        {
            vPlayer.Pause();
        }
    }
}

```

```

        if (mTrackableBehaviour.TrackableName == "MarcadorP")
        {
            vPlayer.Pause();
        }
        if (mTrackableBehaviour.TrackableName == "MarcadorQ")
        {
            vPlayer.Pause();
        }
    }
    else
    {

        OnTrackingLost();
    }
}

#endregion // PUBLIC_METHODS

#region PROTECTED_METHODS

protected virtual void OnTrackingFound()
{
    if (mTrackableBehaviour)
    {

        var rendererComponents =
mTrackableBehaviour.GetComponentsInChildren<Renderer>(true);
        var colliderComponents =
mTrackableBehaviour.GetComponentsInChildren<Collider>(true);
        var canvasComponents =
mTrackableBehaviour.GetComponentsInChildren<Canvas>(true);

        // Enable rendering:
        foreach (var component in rendererComponents)
            component.enabled = true;

        // Enable colliders:
        foreach (var component in colliderComponents)
            component.enabled = true;

        // Enable canvas':
        foreach (var component in canvasComponents)
            component.enabled = true;
    }
}

protected virtual void OnTrackingLost()
{
    if (mTrackableBehaviour)

```

```

{

    var rendererComponents =
mTrackableBehaviour.GetComponentsInChildren<Renderer>(true);
    var colliderComponents =
mTrackableBehaviour.GetComponentsInChildren<Collider>(true);
    var canvasComponents =
mTrackableBehaviour.GetComponentsInChildren<Canvas>(true);

    // Disable rendering:
    foreach (var component in rendererComponents)
        component.enabled = false;

    // Disable colliders:
    foreach (var component in colliderComponents)
        component.enabled = false;

    // Disable canvas':
    foreach (var component in canvasComponents)
        component.enabled = false;
}
}

#endregion // PROTECTED_METHODS

}

```


ANEXO F

SCRIPT DE PROGRAMACIÓN EN UNITY ARCHIVO BT.CS

Archivos modificados para la conexión bluetooth entre aplicativo móvil y la placa de arduino

```
using System;
using UnityEngine;

using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using TechTweaking.BtCore.BtBridge;

namespace TechTweaking.Bluetooth{

    public class Bt : MonoBehaviour
    {

        /// <summary>
        /// Occurs when a BluetoothDevice instance get connected, and pass
its reference.
        /// </summary>
        public static event Action<BluetoothDevice> OnConnected;
        /// <summary>
        /// Occurs when a BluetoothDevice instance get disconnected, and
pass its reference.
        /// </summary>
        public static event Action<BluetoothDevice> OnDisconnected;
        /// <summary>
        /// Occurs when a BluetoothDevice instance can't be found as a near
by Device, and pass its reference.
        /// </summary>
        public static event Action<BluetoothDevice> OnDeviceNotFound;

        /// <summary>
        /// Occurs when a BluetoothDevice instance has been found but failed
to connect to it, and pass its reference.
        /// </summary>
        public static event Action<BluetoothDevice> OnDeviceOFF;

        /// <summary>
        /// Occurs when on sending error. Passes the BluetoothDevice
reference that has the error.
        /// </summary>
        public static event Action<BluetoothDevice> OnSendingError;
        /// <summary>
        /// Occurs when on reading error. Passes the BluetoothDevice
reference that has the error.
        /// </summary>
```

```

        public static event Action<BluetoothDevice> OnReadingError;
        /// <summary>
        /// Occurs when on a device picked by user from the default Android
%Bluetooth devices list.
        /// </summary>
        /// <description>Passes the BluetoothDevice instance which the user
picked</description>
        /// <remarks>You can show the list using showDevices()</remarks>
        public static event Action<BluetoothDevice> OnDevicePicked;
        /// <summary>
        /// Occurs when a client remote device request to connect to your
server.
        /// </summary>
        /// <description>After calling one of the startServer(string) methods,
you can listen
        /// to client requesting to connect using this event.</description>
        /// <remarks> The Event Passes a BluetoothDevice reference of the
remote client device that is trying to connect</remarks>
        public static event Action<BluetoothDevice> OnClientRequest;
        /// <summary>
        /// Occurs when on reading starts for a BluetoothDevice insance and
Passes its reference.
        /// </summary>
        public static event Action<BluetoothDevice> OnReadingStarted;
        /// <summary>
        /// Occurs when on reading stops for a BluetoothDevice insance and
Passes its reference.
        /// </summary>
        public static event Action<BluetoothDevice> OnReadingStoped;
        /// <summary>
        /// Occurs when this Android device changes its Bluetoth Adapter
state to <c>ON</c>.
        /// </summary>
        /// <description>You need to call listenToBluetoothState() inorder to
rescieve this event.
        /// Call stopListenToBluetoothState() to stop rescieving this
event.</description>
        public static event Action OnBluetoothON;
        /// <summary>
        /// Occurs when this Android device changes its Bluetoth Adapter
state to <c>OFF</c>.
        /// </summary>
        /// <description>You need to call listenToBluetoothState() inorder to
rescieve this event.
        /// Call stopListenToBluetoothState() to stop rescieving this
event.</description>
        public static event Action OnBluetoothOFF;

        /// <summary>
        /// Display the default Android %Bluetooth devices list.

```

```

        /// </summary>
        ///
        /// <description>Subscribe to <see cref="OnDevicePicked"/> Event in
order to get a reference of the picked device.</description>
        public static void showDevices (){
            BtBridge.Instance.showDevices();
        }
        /// <summary>
        /// the %Bluetooth adapter state.
        /// </summary>
        /// <returns><c>>true</c>, if %Bluetooth was enabled, <c>>false</c>
otherwise.</returns>
        public static bool isBluetoothEnabled(){
            return BtBridge.Instance.isBluetoothEnabled();
        }
        /// <summary>
        /// Force Enabling the bluetooth, without asking the user.
        /// </summary>
        /// <returns><c>>true</c>, if %Bluetooth enabling process started,
<c>>false</c> otherwise.</returns>
        public static bool enableBluetooth (){
            return BtBridge.Instance.enableBluetooth();
        }

        /// <summary>
        /// Disables the bluetooth.
        /// </summary>
        /// <returns><c>>true</c>, if %Bluetooth disabling process was started,
<c>>false</c> otherwise.</returns>
        public static bool disableBluetooth (){
            return BtBridge.Instance.disableBluetooth();
        }
        /// <summary>
        /// Asks the user to enable bluetooth.
        /// </summary>
        /// <description> A yes/no dialog box will appear to the user asking
him to turn %Bluetooth ON</description>
        public static void askEnableBluetooth () {
            BtBridge.Instance.askEnableBluetooth();
        }
        /// <summary>
        /// Starts the server.
        /// </summary>
        /// <description>Listen to the Event <see cref="OnClientRequest"/>
in order to get a refrence of
        /// the remote device that is trying to connect</description>
        /// <remarks>This server will run for 100 seconds, and will close after
the first client requests a connection
        /// which means after the first <see cref="OnClientRequest"/> event
Broadcasted </remarks>

```

```

        /// <param name="UUID">a Unique identifier that other devices will
use to connect and identefy your server</param>
        public static void startServer (string UUID){
            BtBridge.Instance.startServer(UUID,100,true);
        }
        /// <summary>
        /// Starts the server.
        /// </summary>
        /// <description>Listen to the Event <see cref="OnClientRequest"/>
in order to get a refrence of
        /// the remote device that is trying to connect</description>
        /// <remarks>This server will close after the first client requests a
connection
        /// which means after the first <see cref="OnClientRequest"/> event
Broadcasted </remarks>
        /// <param name="UUID">a Unique identifier that other devices will
use to connect and identefy your server</param>
        /// <param name="time">how long the server will be running in
seconds</param>
        public static void startServer (string UUID ,int time){
            BtBridge.Instance.startServer(UUID,time,true);
        }
        /// <summary>
        /// Starts the server.
        /// </summary>
        /// <description>Listen to the Event <see cref="OnClientRequest"/>
in order to get a refrence of
        /// the remote devices which are trying to connect</description>
        /// <param name="UUID">a Unique identifier that other devices will
use to connect and identefy your server</param>
        /// <param name="time">how long the server will be running in
seconds</param>
        /// <param name="connectOneDevice">If set to <c>true</c> it will
close after the first client requests a connection
        /// which means <see cref="OnClientRequest"/> will be broadcasted
once.<br>
        /// If set to <c>>false</c> it will stay running and accepting connection
attempts
        /// for the whole time period of a <c>time</c> number of
seconds</param>
        public static void startServer (string UUID,int time,bool
connectOneDevice){
            BtBridge.Instance.startServer(UUID,time,connectOneDevice);
        }

        /// <summary>
        /// Listens the state of the %Bluetooth adapter of this device.
        /// </summary>
        /// <description>After calling this method register for <see
cref="OnBluetoothOFF"/> or <see cref="OnBluetoothON"/>,

```

```

        /// they won't be broadcasted unless you called this
methods</description>
        public static void listenToBluetoothState (){
            BtBridge.Instance.registerStateReceiver();
        }
        /// <summary>
        /// Stop listening to the state of the %Bluetooth adapter of this device.
        /// </summary>
        /// <description>After calling this method unregister for <see
cref="OnBluetoothOFF"/> and <see cref="OnBluetoothON"/> events,
        /// because they won't be broadcasted after calling this
method</description>
        public static void stopListenToBluetoothState (){
            BtBridge.Instance.deRegisterStateReceiver();
        }

        //events
        private static void handleEvents (string stringMessage,
Action<BluetoothDevice> OnEvent)
        {

            int deviceID;
            if (!int.TryParse (stringMessage, out deviceID)) {
                return;
            }
            BluetoothDevice device =
BluetoothDevice.GET_DEVICE_OF_ID(deviceID);
            if (device != null)
            if (OnEvent != null)
                OnEvent (device);
        }

        /// <summary>
        /// Gets the paired devices.
        /// </summary>
        /// <returns><c>BluetoothDevice</c> array of the paired devices on
your Android.</returns>
        public static BluetoothDevice[] getPairedDevices (){
            AndroidJavaObject[] paired =
BtBridge.Instance.getPairedDevices();
            if(paired == null || paired.Length == 0) return null;

            BluetoothDevice[] devices = new
BluetoothDevice[paired.Length];
            for(int i=0;i<paired.Length;i++){
                devices[i] = new BluetoothDevice(paired[i]);
            }
            return devices;
        }
    }

```

```

private void TrDisconnect (string m)
{
    int deviceID;
    if (!int.TryParse (m, out deviceID)) {
        return;
    }
    BluetoothDevice device =
BluetoothDevice.GET_DEVICE_OF_ID(deviceID) ;

    //making sure that OnDisconnected called once
    if (device != null)
    if (device.IsConnected) {
        device.IsConnected = false;
        if (OnDisconnected != null)
            OnDisconnected (device );
    }
    if (device.IsReading) {
        TrReadingStopped(m);
    }
}

private void TrConnect (string m)
{
    int deviceID;
    if (!int.TryParse (m, out deviceID)) {
        return;
    }
    BluetoothDevice device =
BluetoothDevice.GET_DEVICE_OF_ID(deviceID);

    //making sure that OnConnected called once
    if (device != null)
    if (!device.IsConnected) {
        device.IsConnected = true;
        if (OnConnected != null) {
            OnConnected (device);
        }
    }
}

}

private void TrModuleNotFound (string m)
{
    handleEvents (m, OnDeviceNotFound);
}

```

```

private void TrModuleOFF (string m)
{
    handleEvents (m, OnDeviceOFF);
}

private void TrSendingError (string m)
{
    handleEvents (m, OnSendingError);
}

private void TrReadingError (string m)
{
    handleEvents (m, OnReadingError);
}

private void TrDataAvailable (string m)
{
    int deviceID;
    if (!int.TryParse (m, out deviceID)) {
        return;
    }

    BluetoothDevice device =
BluetoothDevice.GET_DEVICE_OF_ID(deviceID);

    if (device != null){
        device.IsDataAvailable = true;
    }
}

private void TrEmptiedData (string m)
{
    int deviceID;
    if (!int.TryParse (m, out deviceID)) {
        return;
    }
    BluetoothDevice device =
BluetoothDevice.GET_DEVICE_OF_ID(deviceID);

    if (device != null)
        device.IsDataAvailable = false;
}

private void TrReadingStopped (string m)

```

```

    {
        int deviceID;
        if (!int.TryParse(m, out deviceID))
        {
            return;
        }

        BluetoothDevice device =
BluetoothDevice.GET_DEVICE_OF_ID(deviceID);

        if (device != null) {
            device.IsReading = false;
            if (OnReadingStoped != null){
                OnReadingStoped(device);
            }
        }
    }

    private void TrReadingStarted(string m)
    {
        int deviceID;
        if (!int.TryParse(m, out deviceID))
        {
            return;
        }

        BluetoothDevice device =
BluetoothDevice.GET_DEVICE_OF_ID(deviceID);

        if (device != null)
        {
            device.IsReading = true;
        }

        if (device.ReadingCoroutine != null && device.WillRead)
        {
            if (OnReadingStarted != null){
                OnReadingStarted(device);
            }
            StartCoroutine(device.ReadingCoroutine(device));
        }
    }

    private void TriggerPicked (string u)
    {
        getPickedDevice ();
    }

    private void TrServerDiscoveredDevice (string u)
    {
        getDiscoveredDevice ();
    }

```



```

    }

    private void TrBluetoothOFF(string u){
        if (OnBluetoothOFF != null)
            OnBluetoothOFF ();
    }

    private void TrBluetoothON (string u){
        if (OnBluetoothON != null)
            OnBluetoothON ();
    }

    private void getPickedDevice ()
    {
        // make ID GENRATOR
        BluetoothDevice bt = new BluetoothDevice (true);

        bt.JavaBtConnection = BtBridge.Instance.getPickedDevice
(bt.Id);

        if (bt.JavaBtConnection != null && OnDevicePicked != null)
        {
            //must change this check

            OnDevicePicked (bt);
        }
    }

    private void getDiscoveredDevice ()
    {
        // make ID GENRATOR
        BluetoothDevice bt = new BluetoothDevice (true);

        bt.JavaBtConnection = BtBridge.Instance.getDiscoveredDevice (bt.Id);

        if (bt.JavaBtConnection != null) {
            //must change this check

            OnClientRequest (bt);
        }
    }

    void OnDestroy() {
        BtBridge.Instance.OnDestroy ();
    }

}

}

```

ANEXO G

PRUEBAS DEL PROTOTIPO DE REALIDAD AUMENTADA, “ambAR”.

En la figura 120 se muestra al usuario con el dispositivo móvil ejecutando la aplicación RA, por primera vez.



Figura 120 Prueba de la aplicación ambAR.

Elaborado por el investigador.

En la figura 121 se muestra al usuario con el dispositivo ejecutando la búsqueda de el dispositivo bluetooth que hace posible la comunicación móvil-prototipo electrónico.



Figura 121 Búsqueda de dispositivos en aplicación móvil.

Elaborado por el investigador

En la figura 122 se muestra al usuario con el dispositivo móvil, visualizando la aplicación RA, tomando la distancia adecuada entre el dispositivo y el tablero que contiene el marcador, para un correcto funcionamiento de la realidad aumentada.

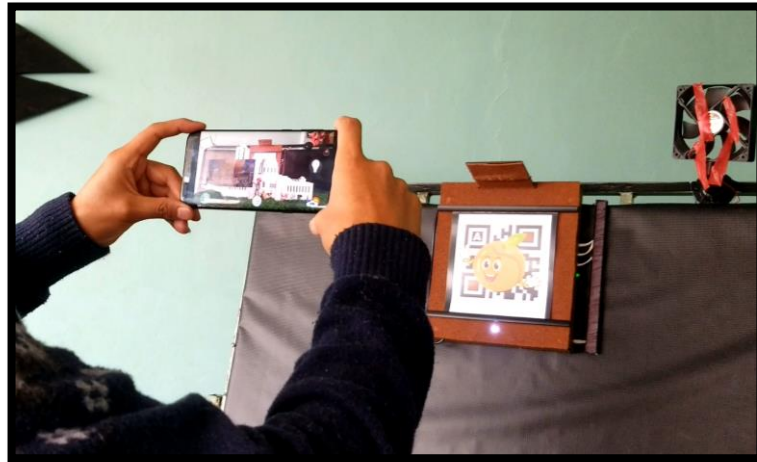


Figura 122 Realidad aumenta en dispositivo móvil.

Elaborado por el investigador

En la figura 123 se muestra la realidad aumentada en el dispositivo móvil, sin ningun error de procesamiento y un optimo funcionamiento con fluides más su contenido multimedia correcto.



Figura 123 Reproducción de multimedia en dispositivo móvil.

Elaborado por el investigador

En la figura 124 se muestran los actuadores utilizados, reflector, ventilador, aspersor.



Figura 124 Actuadores implementados.

Elaborado por el investigador

En la figura 125 se muestra a otro usuario utilizando la aplicación de RA, el desempeño del proyecto resultó ser estable.



Figura 125 Pruebas del Prototipo.

Elaborado por el investigador

En la figura 126 se muestran la activación del panel Led mediante el dispositivo móvil cuando el usuario lo requiere.



Figura 126 Activar panel Led mediante el dispositivo móvil.

Elaborado por el investigador

En la figura 127 se muestran la activación del reflector mediante el dispositivo móvil y la interacción con la realidad aumenta.



Figura 127 Activación del reflector.

Elaborado por el investigador