



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE DISEÑO GRÁFICO

**“DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN DE REALIDAD VIRTUAL
INMERSIVA A TRAVÉS DE DISPOSITIVOS ANDROID PARA
TRANSPORTARSE A LA INAUGURACIÓN DEL PARQUE
MALDONADO EN 1927.”**

TRABAJO DE TITULACIÓN: PROYECTO TÉCNICO

Para optar el Grado Académico de:

INGENIERO EN DISEÑO GRÁFICO

AUTORES: ANDREA ALEXANDRA SALAZAR INCA

LUIS ALFREDO LOPEZ AUQUILLA

TUTORA: ING. DIANA OLMEDO, Ph.D

Riobamba – Ecuador

2018

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE DISEÑO GRÁFICO

El tribunal de Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo técnico: “DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN DE REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA A TRAVÉS DE DISPOSITIVOS ANDROID PARA TRANSPORTARSE A LA INAUGURACIÓN DEL PARQUE MALDONADO EN 1927.”, de responsabilidad de la señorita Andrea Alexandra Salazar Inca y el señor Luis Alfredo Lopez Auquilla, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

Nombre	Firma	Fecha
Dr. Julio Santillán Vicedecano de la Facultad Informática y Electrónica	_____	_____
Lic. Ramiro Santos Director de la Escuela de Diseño Gráfico	_____	_____
Ing. Diana Olmedo, Ph.D Directora del Trabajo de Titulación	_____	_____
Lic. Ramiro Santos Miembro del Trabajo de Titulación	_____	_____

DEDICATORIA

Mi dedicación y agradecimiento sin duda es para ti, un Dios de comienzo, de ánimo y confianza, porque has permitido que mi sueño llegue a la meta, siendo la imaginación mi transporte y la realidad mi punto de partida.

Dios mi perfecta definición de amor; insistir, persistir, resistir y nunca desistir fueron siempre tus respuestas en este camino laboral. Siempre serás el motor oficial de mis metas.

Andrea Salazar & Luis López

AGRADECIMIENTO

Tener un lugar a donde ir es un hogar, tener alguien a quien amar es una familia, tenerlos a los dos es una bendición, sin duda siempre viviré agradecida con aquellas personas que me dieron la oportunidad de vivir, mis grandiosos padres, quienes son los principales promotores de mis sueños; gracias por el amor y paciencia que tuvieron al preocuparse por cada avance y progreso de esta Tesis.

Andrea Salazar

Ella está vestida de fuerza, dignidad y valentía, invencible ante la vida, Gracias a ti madre por tomar mi mano cuando las cosas se pusieron duras, tu fe sin límites y tu amor infinito fueron la inspiración perfecta para alcanzar uno de mis más anhelados sueños.

Luis López

Nosotros, Andrea Alexandra Salazar Inca y Luis Alfredo López Auquilla somos responsables de las ideas, datos e información expuesta en esta investigación, siendo autores intelectuales del Trabajo de titulación que pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Andrea Alexandra Salazar Inca

Luis Alfredo López Auquilla

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xiv
ÍNDICE DE TABLAS	xv
RESUMEN	xvii
SUMMARY	xviii
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	
1. MARCO TEÓRICO.....	3
1.1 Realidad Virtual	3
<i>1.1.1 Qué es la realidad virtual (RV)</i>	<i>4</i>
<i>1.1.2 Las 3 características fundamentales que definen la RV</i>	<i>4</i>
<i>1.1.3 Inmersión</i>	<i>4</i>
<i>1.1.4 Clasificación de la realidad virtual</i>	<i>5</i>
<i>1.1.5 Usos de la RV.....</i>	<i>6</i>
<i>1.1.6 Problemas de la realidad virtual</i>	<i>6</i>
<i>1.1.7 Mundos virtuales</i>	<i>7</i>
<i>1.1.8 Dispositivos HMD para experimentar la realidad virtual</i>	<i>7</i>
1.1 Motores Gráficos para videojuegos	11
1.2.1 Componentes de los motores gráficos 3D	12
<i>1.2.1.1 Interfaz de Programación de Aplicaciones (API)</i>	<i>12</i>
<i>1.2.1.2 Espacio tridimensional</i>	<i>12</i>
<i>1.2.1.3 Assets</i>	<i>12</i>
<i>1.2.1.4 Objetos 3D</i>	<i>12</i>
<i>1.2.1.5 Culling</i>	<i>13</i>
<i>1.2.1.6 Iluminación</i>	<i>13</i>
<i>1.2.1.7 Sistemas de scripts</i>	<i>14</i>

1.2.1.8	<i>Sonido</i>	14
1.2.1.9	<i>Inteligencia artificial</i>	14
1.2.2	<i>Motores de videojuegos existentes</i>	15
1.2.2.1	<i>Unity 3D</i>	15
1.2.2.2	<i>UnReal Engine</i>	16
1.2.2.3	<i>CryEngine</i>	16
1.3	Gráficos 3D por computadora	17
1.3.1	Modelado	17
1.3.1.1	<i>Tipos de Modelos</i>	18
1.3.2	Texturizado	19
1.3.2.1	<i>Tipos de texturizado</i>	20
1.3.3	Composición de la escena	20
1.3.4	Renderizado	21
1.3.5	Software de modelado y animación 3D	21
1.3.5.1	<i>Autodesk 3DS Max</i>	22
1.3.5.2	<i>Autodesk Maya</i>	22
1.3.5.3	<i>Blender</i>	23
1.4	Dispositivos Móviles	23
1.4.1	Sistema operativo Android	25
1.4.1.1	<i>Características principales del sistema operativo Android</i>	25
1.4.1.2	<i>Historial de actualizaciones</i>	26
1.4.1.3	<i>Dispositivos Móviles compatibles con Google Cardboard</i>	27
1.4.1.4	<i>Sensores</i>	30
1.4.1.4.1	<i>Acelerómetro</i>	31
1.4.1.4.2	<i>Giroscopio</i>	31
1.4.1.4.3	<i>Magnetómetro</i>	31
1.4.1.5	<i>Aplicaciones</i>	31
1.5	Historia de Riobamba	32
1.5.1	Parque Maldonado	32
1.5.1.1	<i>Descripción general</i>	33
1.5.1.2	<i>Descripción del entorno:</i>	33
1.5.2	Inauguración por completo del parque Maldonado	34
1.5.3	Pedro Vicente Maldonado	34
1.5.3.1	<i>Biografía de Don Pedro Vicente Maldonado</i>	35
1.5.3.2	<i>Obras Cumbres</i>	35
1.5.3.3	<i>Títulos</i>	35

CAPITULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	37
2.1	Selección de herramientas	37
2.1.1	Motores Gráficos 3D	37
2.1.2	Software de modelado y animación 3D	39
2.1.3	Dispositivos HMD para experimentar la realidad virtual	40
2.1.4	Versión de Android	41
2.2	Metodología	42
2.2.1	Enfoque y método seguido	43
2.2.1.1	Fases del proceso metodológico	44
2.2.1.1.1	Fase Concepto	44
2.2.1.1.2	Fase Planificación	45
2.2.1.1.2.1	Planificación Administrativa	46
2.2.1.1.2.2	Especificación del videojuego	48
2.2.1.1.3	Fase Elaboración	48
2.2.1.1.3.1	Metodología para la creación de mundos virtuales	50
2.2.1.1.3.1.1	Información y reconocimiento de edificaciones y terrenos	50
2.2.1.1.3.1.1.1	Recopilación de planos	50
2.2.1.1.3.1.1.2	Capturas fotográficas de los ambientes	52
2.2.1.1.3.1.2	Modelado 3D	57
2.2.1.1.3.1.2.1	Modelado de personajes	58
2.2.1.1.3.1.2.2	Modelado del terreno	59
2.2.1.1.3.1.2.3	Modelado de edificaciones	61
2.2.1.1.3.1.3	Exportación	61
2.2.1.1.3.1.4	Implementación en el motor de videojuegos	63
2.2.1.1.4	Fase Beta	64
2.2.1.1.5	Fase Cierre	65
2.2.1.1.6	Gestión de riesgo	66
2.2.2	Diseño	67
2.2.2.1	Diagrama de actividad del sistema	67
2.2.2.2	Prototipo	68
2.2.2.2.1	Diseño icono de la aplicación	68
2.2.2.2.2	Diseño Splashscreen	68
2.2.2.2.1	Diseño pantalla principal	69
2.2.2.3	Prototipo alta fidelidad	69

2.2.2.3.1	<i>Diseño icono aplicación alta fidelidad</i>	69
2.2.2.3.1	<i>Diseño Splashscreen alta fidelidad</i>	70
2.2.2.3.1	<i>Diseño pantalla principal alta fidelidad</i>	70
CAPITULO III		
3.	DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA	71
3.1	Desarrollo de aplicaciones para Android en Unity	71
3.1.1	<i>Instalar JDK de java para desarrollar aplicaciones Android</i>	71
3.1.2	<i>Instalar Android Studio y el SDK para desarrollo de aplicaciones Android</i>	72
3.1.3	<i>Vinculación de los complementos instalados con Unity</i>	74
3.2	Creación de un proyecto de realidad virtual inmersiva con Google cardboard	77
3.3	Exportación del proyecto para visualizar en Android	85
3.4	Exportación del proyecto para visualizar en Oculus Rift	90
3.5	Visualizar la aplicación en las Oculus Rift	92
3.6	Evaluación de la Aplicación de Realidad Virtual	95
3.6.1	<i>Medición de la usabilidad de la aplicación de realidad virtual inmersiva</i>	95
3.6.1.1	<i>Análisis y resultados del test de usabilidad de la app de RVI</i>	96
3.6.1.1.1	<i>Encuestas</i>	96
3.6.1.1.2	<i>Resumen del test de usabilidad</i>	107
3.6.1.1.3	<i>Fichas de observación</i>	109
3.6.1.1.4	<i>Presentación del Proyecto de realidad virtual</i>	109
	CONCLUSIONES	110
	RECOMENDACIONES	112
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Realidad Virtual	3
Figura 2-1: Realidad virtual no inmersiva	5
Figura 3-1: Realidad virtual inmersiva	5
Figura 4-1: Recreación virtual para viajar a la Sevilla del pasado	6
Figura 5-1: Mundo virtual “Second Life”	7
Figura 6-1: Lentes de realidad virtual Oculus Rift	8
Figura 7-1: Lentes de realidad virtual HTC	8
Figura 8-1: Lentes de realidad virtual Morpheus	9
Figura 9-1: Lentes de realidad virtual Samsung	9
Figura 10-1: Lentes de realidad virtual Huawei VR	9
Figura 11-1: Lentes de realidad virtual Google Daydream View	10
Figura 12-1: Lentes de realidad virtual Google Cardboard	10
Figura 13-1: Lentes de realidad virtual VR Box	11
Figura 14-1: Implementación de motor gráfico de videojuegos	11
Figura 15-1: Interfaz Unity 3D	15
Figura 16-1: Interfaz Unreal Engine	16
Figura 17-1: Interfaz CryEngine	16
Figura 18-1: Modelado de malla poligonal	18
Figura 19-1: Modelado de sólidos	18
Figura 20-1: Modelado de superficies	19
Figura 21-1: Texturizado de una rueda de caucho.....	19
Figura 22-1: Composición escena	20
Figura 23-1: Render escena en 3D Max	21
Figura 24-1: Interfaz 3D Max	22
Figura 25-1: Interfaz Maya	22
Figura 26-1: Interfaz Blender	23
Figura 27-1: Sistema operativo Android	25
Figura 28-1: Captura de pantalla celular compatible con cardboard	29
Figura 29-1: Captura de pantalla celular no compatible con cardboard	29
Figura 30-1: Captura de pantalla celular compatible con cardboard (Sensor Box)	30
Figura 31-1: Captura de pantalla celular no compatible con cardboard (Sensor Box)	30
Figura 32-1: Monumento en honor al Sabio riobambeño don Pedro Vicente Maldonado...34	
Figura 1-2: Trazado del parque Maldonado en el mapa de Riobamba de 1921	51

Figura 2-2: Trazado del parque Maldonado con medidas tomadas en el año 2017	51
Figura 3-2: Fase 1 del parque Maldonado	52
Figura 4-2: Fase 2 del parque Maldonado	52
Figura 5-2: Fase 3 del parque Maldonado	53
Figura 6-2: Fase 4 del parque Maldonado	53
Figura 7-2: Calle Primera Constituyente y Eugenio Espejo	54
Figura 8-2: Pileta ubicada frente a la gobernación	54
Figura 9-2: Parque Maldonado Esquina 5 de junio y Veloz	55
Figura 10-2: Parque Maldonado entrada en una de sus esquinas	55
Figura 11-2: Monumento Parque Maldonado	56
Figura 12-2: Calle Veloz abierta para el tránsito	56
Figura 13-2: Calle primera Constituyente y Eugenio espejo	57
Figura 14-2: Calle Primera Constituyente y 5 de junio.....	57
Figura 15-2: Sr. Dr. Isidro Ayora	58
Figura 16-2: Sr. Dr. Isidro Ayora Modelado 3D	58
Figura 17-2: Sr. Ángel Mancheno	58
Figura 18-2: Sr. Ángel Mancheno Modelado 3D	58
Figura 19-2: Sr. G. Don Delfín B. Treviño	59
Figura 20-2: Sr. G. Don Delfín B. Treviño Modelado 3D	59
Figura 21-2: Trazado del parque en el software de modelado 3D	60
Figura 22-2: Trazado del parque con volumen	60
Figura 23-2: Modelado de edificaciones	61
Figura 24-2: Exportar modelos 3D	62
Figura 25-2: Elegir ubicación para exportar modelos 3D	62
Figura 26-2: Elegir que se debe incluir para exportar modelos 3D	63
Figura 27-2: Boceto del Icono de la aplicación	68
Figura 28-2: Boceto del SplashScreen de la aplicación	68
Figura 29-2: Boceto de la pantalla principal de la aplicación	69
Figura 30-2: Icono de la aplicación alta fidelidad	69
Figura 31-2: Pantalla Splash de la aplicación alta fidelidad	70
Figura 32-2: Pantalla principal de la aplicación alta fidelidad	70
Figura 1-3: Sitio web para descargar JDK de java	71
Figura 2-3: Sitio web para descargar Androi Studio	72
Figura 3-3: Pantalla principal de Android Studio	72
Figura 4-3: Sdk Manager de Android Studio	73
Figura 5-3: Pantalla instalación de versiones de Android	73

Figura 6-3: Pantalla principal de Unity 5.0	74
Figura 7-3: menú edit de unity	74
Figura 8-3: menú external tools de unity	75
Figura 9-3: ubicación donde se instaló el sdk de Android	75
Figura 10-3: menú files de unity	76
Figura 11-3: Pantalla Build Settings de unity	76
Figura 12-3: Sitio web para descargar sdk de Google cardboard	77
Figura 13-3: menú assets de unity	77
Figura 14-3: ubicación donde se descargó el sdk de Google cardboard	78
Figura 15-3: importando el sdk	78
Figura 16-3: interfaz de unity con el prefab de Google cardboard	79
Figura 17-3: ventanas para modificar el color en unity	79
Figura 18-3: modelados 3d en la escena de unity	80
Figura 19-3: escena armada en unity.....	80
Figura 20-3: objetos como colisionadores	81
Figura 21-3: CarboardMain no detecta colisiones	81
Figura 22-3: CarboardMain detecta colisiones	82
Figura 23-3: Ventana Animator de unity	82
Figura 24-3: Ventana Animation de unity	83
Figura 25-3: Ventana para riggear modelados 3D	83
Figura 26-3: agregando botones en unity	84
Figura 27-3: Configurar imagen para ser reconocida como boton	84
Figura 28-3: Agregar audio a la escena en unity	85
Figura 29-3: Pantalla build settings para exportar	86
Figura 30-3: Pantalla Player Settings para exportar	86
Figura 31-3: Opción Resolution and Presentation	87
Figura 32-3: Opción Icon	87
Figura 33-3: Opción Splash Image	88
Figura 34-3: Opción Other Settings	88
Figura 35-3: Opción Publish Settings	89
Figura 36-3: Compilar la aplicación	89
Figura 37-3: Barra de carga Building Player	90
Figura 38-3: Directorio donde se guardó el archivo APK después de Compilar	90
Figura 39-3: Configuración para exportar a pc	91
Figura 40-3: Exportar para PC	91
Figura 41-3: Exportar archivo ejecutable	92

Figura 42-3: Instalar runtime de Oculus	92
Figura 43-3: configurar Oculus	93
Figura 44-3: ubicación donde está la aplicación para PC	93
Figura 45-3: Ejecutar la aplicación en el Oculus	94
Figura 46-3: Probar la aplicación en el Oculus,,,,,,.....	94

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1: Características fundamentales que definen la RV	4
Gráfico 2-1: Personas que poseen teléfono inteligente en Ecuador	24
Gráfico 3-1: Sistemas operativos móviles más utilizados.....	24
Gráfico 1-2: Cantidad relativa de dispositivos que usan una versión determinada de la plataforma Android	42
Gráfico 2-2: Proceso de desarrollo de SUM	44
Gráfico 3-2: Definir concepto en la metodología SUM	45
Gráfico 4-2: Planificación en la metodología SUM	46
Gráfico 5-2: Planificación administrativa en la metodología SUM	46
Gráfico 6-2: Especificación del videojuego en la metodología SUM	48
Gráfico 7-2: Planificación de iteraciones en la metodología SUM	49
Gráfico 8-2: Metodología para la creación de mundos virtuales	50
Gráfico 9-2: Desarrollo versión beta en la metodología SUM	64
Gráfico 10-2: Flujo de actividad del sistema	67
Gráfico 1-3: Resultados pregunta 1.....	96
Gráfico 2-3: Resultados pregunta 2	97
Gráfico 3-3: Resultados pregunta 3	98
Gráfico 4-3: Resultados pregunta 4	99
Gráfico 5-3: Resultados pregunta 5	99
Gráfico 6-3: Resultados pregunta 6	100
Gráfico 7-3: Resultados pregunta 7	101
Gráfico 8-3: Resultados pregunta 8	102
Gráfico 9-3: Resultados pregunta 9	103
Gráfico 10-3: Resultados pregunta 10	104
Gráfico 11-3: Resultados pregunta 11	105
Gráfico 12-3: Resultados pregunta 12	106
Gráfico 13-3: Resultados pregunta 13	107
Gráfico 14-3: Resultados test de usabilidad	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Dispositivos de RV gama alta	8
Tabla 2-1: Dispositivos de RV gama media	9
Tabla 3-1: Dispositivos de RV gama baja	10
Tabla 4-1: Historial de actualizaciones Android SO	26
Tabla 5-1: Teléfonos móviles recomendados por Google cardboard	28
Tabla 6-1: Aplicación de Cardboard en distintos móviles	29
Tabla 7-1: Aplicación de Sensor Box en distintos móviles	30
Tabla 1-2: Motores Gráficos 3D	37
Tabla 2-2: Software de modelado y animación 3D	39
Tabla 3-2: Comparación de dispositivos HMD para experimentar la realidad virtual	40
Tabla 4-2: Cantidad relativa de dispositivos que usan una versión determinada de la plataforma Android	41
Tabla 5-2: Comparación metodología ágil y métodos clásicos	43
Tabla 6-2: Plantilla de las Historia de usuario	45
Tabla 7-2: Equipo de desarrollo de la aplicación	47
Tabla 8-2: Fases del parque Maldonado	52
Tabla 9-2: Fotografías Antiguas del Parque Maldonado y sus alrededores	54
Tabla 10-2: Personajes que resaltaron en la ceremonia de inauguración del parque Maldonado.....	58
Tabla 1-3: Tipo de camaras para realidad virtual	81
Tabla 2-3: Atributos y preguntas del test de usabilidad	95
Tabla 3-3: Resultados pregunta 1	96
Tabla 4-3: Resultados pregunta 2	97

Tabla 5-3: Resultados pregunta 3	98
Tabla 6-3: Resultados pregunta 4	98
Tabla 7-3: Resultados pregunta 5	99
Tabla 8-3: Resultados pregunta 6	100
Tabla 9-3: Resultados pregunta 7	101
Tabla 10-3: Resultados pregunta 8	102
Tabla 11-3: Resultados pregunta 9	102
Tabla 12-3: Resultados pregunta 10	103
Tabla 13-3: Resultados pregunta 11	104
Tabla 14-3: Resultados pregunta 12.....	105
Tabla 15-3: Resultados pregunta 13.....	106
Tabla 16-3: Resumen test de usabilidad	107

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo desarrollar una aplicación de realidad virtual inmersiva para transportarse a la inauguración del parque Maldonado en 1927. Mediante la metodología bibliográfica-documental se analizó la información recolectada de creación de mundos virtuales, y procesos para la realización de aplicaciones móviles de realidad virtual, así como de los personajes importantes que participaron en el evento de inauguración y los detalles compositivos del parque Maldonado, su trazado y entorno. Con la utilización de la metodología SUM y la de creación de mundos virtuales se realizó el modelado y animación 3D, de los elementos principales. Se hizo énfasis en la fase de elaboración de iteraciones de la aplicación. Para la creación de la aplicación de realidad virtual se determinó la utilización del kit de desarrollo de software (SDK) de Google Cardboard que es compatible con el motor de videojuego Unity 3D 5.0, el cual permitió convertir escenas normales de Unity 3D en escenas estereoscópicas de realidad virtual. Se desarrolló además un proceso paralelo para poder exportar y visualizar en dispositivos como Oculus Rift. Se realizó una presentación y un test de usabilidad de la aplicación, la misma que fue presentada a un focus group conformado por gestores culturales, para medir la satisfacción y usabilidad que tiene la aplicación. Se obtuvo un 90% de aceptación por parte de los usuarios, a través de lo cual se evidenció la facilidad de aprendizaje, eficiencia, memorabilidad y satisfacción al utilizar la aplicación. Se obtuvo un 83% en el grado de inmersión que los usuarios experimentaron al probar la aplicación. Se concluye que el uso del SDK de Google Cardboard da resultados aceptables para realizar aplicaciones móviles de realidad virtual. Se recomienda a los desarrolladores de aplicaciones de realidad virtual que aborden la metodología SUM como un punto de partida y la acoplen a sus necesidades.

PALABRAS CLAVE: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <DISEÑO GRÁFICO>, <PROGRAMACIÓN DE APLICACIONES WEB>, <REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA>, <KIT DE DESARROLLO DE SOFTWARE (SDK)>, <PERSONAJES HISTÓRICOS>, <ÉPOCA REPUBLICANA>, <RIOBAMBA (CANTÓN)>.

SUMMARY

The aim of the research was to develop an immersive virtual-reality application to be transported to the inauguration of the Maldonado Park in 1927. Through the bibliographic-documentary methodology, the information gathered on the creation of virtual worlds and the processes for the development of mobile virtual-reality applications was analysed; as well as the important characters who participated in the opening event and the compositional details of the Maldonado park, its layout and surroundings. With the use of the SUM and the creation of virtual-worlds methodologies, the modelling and the 3D animation of the main elements were carried out. Emphasis was placed on the elaboration phase of the application's interactions. For the creation of the virtual-reality application, it was determined the use of the software development kit (SDK) of Google Cardboard that is compatible with the game platform Unity 3D 5.0, which allowed to convert normal scenes of Unity 3D into stereoscopic scenes of virtual reality. A parallel process was also developed to have the possibility to export and visualize in devices such as Oculus Rift. A presentation and a usability test of the application was made, which was presented to a focus group constituted with cultural managers, to measure the satisfaction and usability of the application. A 90% acceptance, when using the application, was obtained from the users, through which the feasibility of learning, efficiency, memorability and satisfaction is demonstrated. An 83% was obtained in the degree of immersion that users experienced when using the application. It is concluded that the use of the Google Cardboard SDK provides acceptable results to perform mobile virtual-reality applications. It is recommended to the developers of the virtual-reality application to approach the SUM methodology as a starting point and adapt it to their needs.

KEYWORDS: <Technology and Engineering Sciences>, <Graphic Design>, <Web Applications Programming>, <Immersive Virtual Reality>, <Software Development Kit (SDK)>, <Historical Figures>, <Republican Era of Ecuador>, <Riobamba (Canton)>.

INTRODUCCIÓN

El viaje en el tiempo es un deseo que el hombre ha querido que se haga realidad, ya sea para ir al pasado o al futuro. Este deseo hace que las personas busquen crear métodos o herramientas para poder alcanzarla. Hasta el momento lo más parecido a un viaje en el tiempo es la realidad virtual inmersiva, ya que proporciona un grado de realismo y presencia en un ambiente creado por un ordenador. (Sacristán, 1990).

A la fecha existen muchos dispositivos móviles incluidos aquellos con sistema operativo Android, que complementados con dispositivos head mounted display (HMD) permiten sumergirse en la realidad virtual (RV). Este último puede ser utilizado para trasladarse virtualmente a lugares que fueron importantes en su momento como es el caso del parque Maldonado, que pasó a ser un lugar conmemorativo en honor al sabio riobambeño Pedro Vicente Maldonado, después de que en este lugar se levantara un monumento en memoria al mismo hombre. (Bravo, et. al, 1992).

Cabe recalcar que los diseñadores de estos mundos virtuales tienen una amplia gama de posibilidades por conocer métodos que agilitan el desarrollo de aplicaciones, además, pueden desatar toda su creatividad a la hora de crear o representar dichos ambientes. Y con el uso de estas tecnologías, las actuales y nuevas generaciones especialmente los jóvenes que están más relacionados con la tecnología podrán revivir épocas pasadas en tiempo real, de una manera interactiva e inmersiva. Y por consecuencia no se limitarán a observar estos hechos solo en aplicaciones multimedia (Pérez 2011)

Este proyecto busca presentar un proceso de creación de un mundo virtual, específicamente del parque Maldonado el día de su inauguración. Aprovechando los beneficios que la realidad virtual proporciona, se pretende sumergir al usuario en dicho parque y observar cómo fue este evento. De esta manera se podrá apreciar el entorno antes que el parque fuera sometido a cambios. Además, se presentarán distintas herramientas que ayudan a simplificar el proceso de creación, optimización y presentación de este proyecto en un dispositivo móvil con Android OS y la ayuda de dispositivos HMD. De esta forma, se busca lograr la inmersión e interacción en el mundo virtual creado.

OBJETIVO GENERAL

- Desarrollar una aplicación de realidad virtual inmersiva a través de dispositivos Android para transportarse a la inauguración del parque Maldonado en 1927 utilizando un motor gráfico 3D.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar acerca de la creación de mundos virtuales inmersivos y su implementación en dispositivos móviles con Android OS.
- Recopilar información del parque Maldonado desde su inauguración hasta el año 1965 y posteriormente reconstruir el evento en 3D.
- Armar la aplicación en un motor gráfico 3D.
- Exportar el prototipo de la aplicación para ser visualizado a través de dispositivos HMD como Google Cardboard y Oculus Rift utilizando dispositivos móviles con tecnología Android.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.2 Realidad Virtual

Una particularidad que tienen las personas de estos tiempos, es haber observado la aparición y expansión de la tecnología digital en las últimas décadas del siglo XX. Y la realidad virtual es uno de los avances tecnológicos que se han venido actualizando y ahora se la puede experimentar gracias a que es más asequible. (Prensky, 2001)

Estos avances tecnológicos permiten explorar mundos recreados a través del computador los cuales pueden ser representaciones de espacios reales o completamente imaginarios. Estos ambientes son una simulación 3D de un espacio físico, por lo que necesita de objetos 3D que lo compongan. (Villalba, 2012).

Y con los actuales desarrollos en el campo de la visualización de la RV, cada vez es más fácil y real la experiencia de interacción con estos ambientes virtuales, lo cual permite al usuario tener la sensación de estar realmente sumergidos en ellos. Esta característica es conocida con el nombre de “Inmersión” y actualmente es posible gracias a la incorporación de tecnologías que permiten la visualización 3D.

Los Head Mounted Display (HMD) son los más utilizados en esta incursión tecnológica y estos van desde los populares Oculus VR hasta los Cardboard de Google, sin dejar de lado a los grandes sistemas de inmersión total mediante el uso de varios tipos de dispositivos que permiten experimentar una total inmersión en el ambiente virtual. (Barabones, 2015; Carter, 2013).



Figura 1-1: Realidad Virtual

Fuente: <https://voltaico.lavozdegalicia.es/2017/05/realidad-virtual-futuro-videojuegos/>

1.1.1 Qué es la realidad virtual

La RV es una experiencia sintética mediante la cual se pretende que el usuario sustituya la realidad física por un entorno ficticio. Esta comprende la interface hombre-máquina que permite al usuario sumergirse en una simulación gráfica 3D generada por ordenador, y navegar e interactuar en ella en tiempo real, desde una perspectiva centrada en el usuario. (Pérez, 2011)

1.1.2 Las 3 características fundamentales que definen la RV

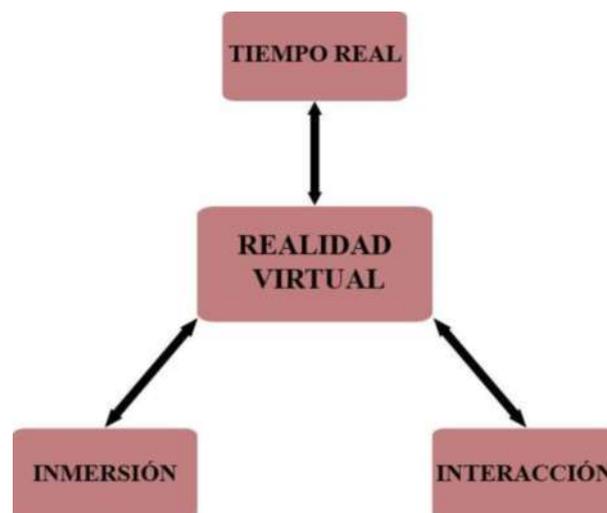


Gráfico 1-1: Características fundamentales que definen la RV

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

- **Tiempo real**, que permite elegir la dirección hacia dónde moverse en el interior del escenario virtual o hacia dónde dirigir la mirada (Pérez, 2011)
- **Inmersión**, se genera después de perder el contacto con la realidad exterior al percibir únicamente los estímulos del mundo virtual (Pérez, 2011)
- **Interacción**, con los elementos que lo conforman, permite interactuar con el mundo virtual a través de diversos dispositivos de entrada, como: joysticks, guantes de datos, etc. (Pérez, 2011)

1.1.3 Inmersión

Hay muchas formas de experimentar la inmersión por ejemplo una película, un libro, videojuegos, etc. pueden hacer que los usuarios de estos medios se desvinculen de la realidad y experimenten la inmersión mental en una realidad alternativa. (Franco, 2011, p. 189)

1.1.4 Clasificación de la realidad virtual

Dentro del campo de la realidad virtual existen dos tipos que hacen que la experiencia sea más realista según el grado de inmersión que el usuario experimente.

- **Realidad virtual no inmersiva** se denomina también como realidad virtual de escritorio ya que se asemeja a la navegación entre sitios web, y que solo se utiliza el computador; dentro de esta están los videojuegos que permiten la participación de usuarios de forma activa.



Figura 2-1: Realidad virtual no inmersiva

Fuente: <https://www.madridiario.es/443350/primera-edicion-heroes-manga-madrid-ifema>

- **Realidad virtual inmersiva** esta permite que los usuarios se perciban dentro de los entornos virtuales por medio de diversos dispositivos como cascos, guantes, entre otros. (Pulido & Isaza 2013)



Figura 3-1: Realidad virtual inmersiva

Fuente: <http://www.informatica-hoy.com.ar/realidad-virtual/Caracteristicas-y-objetivos-de-la-Realidad-Virtual.php>

1.1.5 Usos de la RV

Existen muchos ámbitos dentro de las actividades del hombre, como los videojuegos, educación, etc. en los cuales se pueden aplicar métodos nuevos y novedosos para disfrutarlos, y en el tema del turismo la realidad virtual se ha vuelto una opción muy acogida por las empresas que se dedican a estas actividades, puesto que pueden ofrecer a un usuario la posibilidad de sumergirse en cualquier destino antes de decidir visitarlo. (Muy Interesante, 2016, p. 426)



Figura 4-1: Recreación virtual para viajar a la Sevilla del pasado

Fuente: http://elviajero.elpais.com/elviajero/2012/10/16/actualidad/1350378650_866671.html

1.1.6 Problemas de la Realidad Virtual

La realidad virtual ha evolucionado a través del tiempo y han sido muchos sus avances, pero hay quienes se pronuncian acerca de los efectos que pueden causar en los usuarios de esta tecnología y es el caso de un diario “El espectador” que en una de sus publicaciones online escribía acerca del tema y describía que dentro de la realidad virtual muchos son los sectores que desean obtener provecho de esta tecnología, sin embargo la pregunta de cómo afecta esta tecnología a nuestro cuerpo, aún tiene pocas respuestas.

Una de las respuestas la proporciona la empresa Oculus que desarrollan cascos de realidad virtual, que llevan el mismo nombre, esta empresa advierte en el mismo dispositivo los daños colaterales que van desde convulsiones, náuseas y mareos, hasta problemas de coordinación de mano-ojo en personas que pasan un largo tiempo usando el casco.

Dentro de los estudios realizados acerca de este tema las conclusiones no distan mucho de las proporcionadas por Oculus. (Redacción Salud-El Espectador, 2016)

1.1.7 Mundos virtuales

Mundos virtuales o meta-versos son capaces de recrear distintas maneras de presentar información optando por la flexibilidad de plantear diferentes escenarios virtuales los cuales se componen de objetos 3D situados en un espacio determinado. Cuando experimentamos estos mundos virtuales a través de un sistema que nos presenta estos objetos de manera físicamente inmersiva e interactiva, estaremos en un entorno de RV. (Otero & Flores, 2011, p. 189; Pérez, 2011; Prisco, 2006: 48).



Figura 5-1: Mundo virtual “Second Life”

<http://www.hypeness.com.br/2012/04/faca-compras-no-facebook-num-mundo-virtual-em-3d/>

1.1.8 Dispositivos HMD para experimentar la realidad virtual

Desde la aparición de la RV se han desarrollado dispositivos de realidad virtual tanto mecánicos como virtuales, un ejemplo es el dispositivo Head Mounted Display (HMD) apodado “La espada de Damocles” que contaba con pantallas estereoscópicas montadas sobre un casco, pero tenía la particularidad de que su peso era elevado y tenía que suspenderse desde el techo (Android magazine edición 48, 2016, p. 27-29).

Con los avances tecnológicos, utilizar fácilmente esta tecnología ahora es posible, gracias a distintas empresas que se dedican al desarrollo de equipos para realidad virtual, estas empresas ofrecen productos para todo tipo de público, por lo cual se distinguen tres gamas de equipos para este propósito.

- Los dispositivos de gama alta, que se caracterizan por incorporar el visor y sensores en un mismo mecanismo además de necesitar un procesador potente, en este caso una computadora.
- Los dispositivos de gama baja, se caracterizan por ser un armazón que precisan de un móvil que es el que hace las funciones de pantalla y cerebro.
- Los dispositivos de gama media, se caracterizan por incluir algunos sensores extra para mejorar la experiencia, pero que continúa requiriendo de un teléfono móvil para sacar un mayor partido.

A continuación, se describen algunas marcas que componen el universo de equipo para la realidad virtual.

Tabla 1-1: Dispositivos de RV gama alta

Marca	Dispositivo	Descripción
Oculus Rift	 <p>Figura 6-1: Lentes de realidad virtual Oculus Rift</p> <p>Fuente: http://www.t3.com/news/here-s-one-way-to-get-a-cheaper-oculus-rift</p>	<p>El equipo es un sistema de realidad virtual donde el casco es un sistema que se ajusta a la cabeza de los jugadores y funciona como un monitor y control. Los usuarios, al mover la cabeza, controlan al personaje que aparece en pantalla y pareciera como si estuvieran dentro del mundo virtual del juego. Oculus rift se conecta a un ordenador, en donde se genera la mayoría del procesamiento de las imágenes que aparecen frente a ellos. (Hernández, 2017)</p>
HTC Vive	 <p>Figura 7-1: Lentes de realidad virtual HTC</p> <p>Fuente: http://www.hobbyconsolas.com/reportajes/htc-vive-ya-hemos-probado-120498</p>	<p>HTC Vive es un sistema de periféricos que se conectan al ordenador vía USB y HDMI o Displayport. Para un correcto funcionamiento de HTC Vive, se recomienda un ordenador potente. (Maturana, 2017)</p>

<p>Project Morpheus</p>	 <p>Figura 8-1: Lentes de realidad virtual Morpheus</p> <p>Fuente: https://blog.es.playstation.com/2014/03/19/introducing-project-morpheus/</p>	<p>La empresa SONY no quería quedarse fuera del mundo de la realidad virtual por lo cual tras años de investigación y desarrollo, el resultado es PlayStation VR, un dispositivo periférico que se utiliza conjuntamente con la consola de videojuegos Play Station 4, brindando una capacidad especial al momento de jugar, ya que el usuario se percibe dentro del videojuego (Sony, 2017.)</p>
-------------------------	---	---

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López. 2017

Fuente: Propia

Tabla 2-1: Dispositivos de RV gama media

Marca	Dispositivo	Descripción
<p>Samsung Gear VR</p>	 <p>Figura 9-1: Lentes de realidad virtual Samsung Gear VR</p> <p>Fuente: http://www.t3.com/news/here-s-one-way-to-get-a-cheaper-oculus-rift</p>	<p>Las gafas de realidad virtual de Samsung mantienen su forma inicial, pero sus nuevas versiones tienen características más ergonómicas ya que su peso es más ligero y los botones de navegación están más al alcance de los usuarios. Para poder ofrecer la mayor calidad de inmersión, esta compañía desarrolla sus gafas y contenidos con la ayuda de la empresa Oculus. (Samsung, 2016)</p>
<p>Huawei VR</p>	 <p>Figura 10-1: Lentes de realidad virtual Huawei VR</p> <p>Fuente: http://computerhoy.com/noticias/zona-gaming/huawei-vr-nueva-competencia-samsung-gear-vr-43515</p>	<p>Las Huawei VR se introducen los dispositivos compatibles para conseguir la experiencia de realidad virtual. Hasta ahora los únicos dispositivos compatibles con las Huawei VR son los nuevos Huawei P9 y el Huawei Mate 8. La empresa asiática explica que la experiencia de visualización de las gafas de realidad virtual es equivalente a una televisión de 130 pulgadas visionada a 2 metros de distancia, y todo bajo una latencia de sólo 20 milisegundos. (Hernández, 2016)</p>

<p>Google Daydream View</p>	 <p>Figura 11-1: Lentes de realidad virtual Google Daydream View</p> <p>Fuente: https://andro4all.com/2016/10/google-daydream-vs-gear-vr-vs-oculus-vs-htc-vive</p>	<p>La compañía Google no conforme con el lanzamiento de las Google Cardboard desarrollo sus nuevos dispositivos de realidad virtual llamados Google Daydream View, este dispositivo llega para competir con algunos de los exponentes dentro de este mercado, gracias a sus características y calidad. La plataforma Daydream View será compatible con dispositivos que soporten la plataforma Daydream. (Collado, 2016)</p>
-------------------------------------	---	--

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López. 2017

Fuente: Propia

Tabla 3-1: Dispositivos de RV gama baja

Marca	Dispositivo	Descripción
<p>Google Cardboard</p>	 <p>Figura 12-1: Lentes de realidad virtual Google Cardboard</p> <p>Fuente: http://es.gizmodo.com/probamos-una-caja-de-carton-el-futuro-de-la-realidad-v-1596579223</p>	<p>Según Google, el hardware actual para este tipo de tecnología es demasiado caro, así que lo que proponen es una solución bastante casera y que aproveche el potencial de los teléfonos Android. En el caso del Cardboard "oficial", simplemente sigues las instrucciones y tendrás unas especies de gafas en las que la pantalla será tu móvil. Y si no tienes la versión "oficial", siempre puedes construirte la tuya propia. (Barabones, 2015)</p>

<p>VR Box</p>	 <p>Figura 13-1: Lentes de realidad virtual VR Box</p> <p>Fuente: http://www.lazada.com.ph/vr-box-3d-virtual-reality-glasses-for-smartphone-whiteblack-4350170.html</p>	<p>Las VR Box son una alternativa más trabajada que las Google cardboard pero que comparten el mismo principio de ser solo un contenedor de teléfonos móviles, como estas existen muchos tipos con diferentes modelos y materiales. (Barabones, 2015)</p>
---------------	--	---

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López. 2017

Fuente: Propia

1.3 Motores Gráficos para videojuegos



Figura 14-1: Implementación de motor gráfico de videojuegos

Fuente: <https://sites.google.com/site/losmotoresgraficosdejuego/>

Un motor gráfico es un software que hace posible crear composiciones con gráficos 2D o 3D. Permite detectar la colisión física de objetos y la respuesta a dicha colisión mediante el uso de scripts, además se puede agregar sonidos, música, animación, inteligencia artificial, gestión de memoria o soporte para localización. Generalmente son muy utilizados para la creación de videojuegos para posteriormente ser utilizados en consolas, dispositivos móviles, ordenadores, etc. (González et al. 2014)

1.2.1 Componentes de los motores gráficos 3D

1.2.1.1 Interfaz de Programación de Aplicaciones (API)

Una API tiene la cualidad de comunicarse entre elementos de software, mostrando a los programas del usuario un conjunto de funciones alcanzables de una forma controlada. Una buena API se encarga de especificar como cada componente de un software interactúa con los otros, y hace más fácil desarrollar un programa proporcionando todos los bloques del desarrollo del programa.

Entre los más importantes tenemos DirectX (de Microsoft) y el OpenGL (que trabaja con la mayoría de los sistemas operativos). (Velasco & Romero, 2014)

1.2.1.2 Espacio tridimensional

El espacio 3D es un espacio matemático virtual creado por el programa de diseño 3D. Este espacio está definido por un sistema cartesiano de tres ejes: X, Y, Z. El punto donde salen las líneas virtuales que definen los ejes se llama origen y sus coordenadas son (0, 0, 0). En este espacio virtual se crean, modifican y disponen los diferentes objetos tridimensionales que van a componer la escena. (Villalba, 2012)

1.2.1.3 Assets

Dentro del motor de videojuegos Unity se llama assets a cualquier tipo de archivo que se vaya a utilizar en las escenas de todo el proyecto, estos archivos pueden ser importados de otros programas como imágenes texturas, audios, modelos 3D, etc. Se debe tener en cuenta que los motores de video juegos pueden crear sus propios assets ya sean animaciones, scripts, materiales, etc. (Unity Technologies, 2016; Diaz, 2011)

1.2.1.4 Objetos 3D

Los diseños en 3D ofrecen una serie de ventajas difíciles de igualar, mediante técnicas que utilizan la potencia de los computadores, los dibujos se pueden replicar el número de veces necesario, las texturas y tipos de materiales se pueden intercambiar según convenga, los colores, son ilimitados,

y sobre todo, el juego de luces y sombras que se crean con esta técnica de dibujo, dan al objeto un realismo cercano al fotográfico.

Las ventajas son que se puede aplicar cualquier tipo de textura, material, color, y luces, iluminando al objeto solo variando la altura o dirección de la iluminación y de esta forma poder controlar las sombras para obtener resultados realistas. (Guemes, 2014)

1.2.1.5 Culling

Es una característica que desactiva el renderizado de objetos cuando actualmente no estén visibles por la cámara puesto que están oscurecidos (occluded) por otros objetos. Esto no sucede automáticamente en gráficas computacionales 3D ya que la mayoría de veces los objetos que están más lejos de la cámara son dibujados primero y los objetos más cercanos son dibujados encima de estos (esto se llama “overdraW”). (Unity Technologies, 2016)

1.2.1.6 Iluminación

La intensidad de la luz que se observa en cada superficie de un objeto depende del tipo de fuentes de luz situadas en la vecindad y de las características de la superficie del objeto. Algunos objetos tienen superficies brillantes y algunos tienen superficies opacas o mate.

Fuentes emisoras de luz existen muchas fuentes ya sean artificiales como focos, velas, o natural como la luz del sol y la luna; su iluminación varía en su intensidad y en el color que emiten y modifican el aspecto de los objetos donde se proyecta.

Fuentes reflectoras de luz son superficies iluminadas de otros objetos, como las paredes de un cuarto, que están próximas al objeto que se está observando. Una superficie que no está expuesta directamente a una fuente emisora de luz seguirá siendo visible si se iluminan los objetos circunvecinos. Las múltiples reflexiones de luz que proviene de estos objetos cercanos se combinan para producir una iluminación uniforme denominada luz ambiente o bien luz de fondo.

1.2.1.7 Sistemas de scripts

Los scripts son un conjunto de códigos que representan acciones, este tipo de archivo se representa en forma de texto y que son ejecutados en tiempo real por los motores de videojuegos, esto los distingue de los programas grandes previamente compilados, ya que estos no deben ser convertidos a un archivo binario ejecutable .exe por ejemplo. (Alegsa, 2014)

1.2.1.8 Sonido

Para la creación de sonidos en los videojuegos muchas empresas de desarrollo han optado por seguir el ejemplo de las productoras cinematográficas. Ya que se centran en la experiencia del usuario a la hora de jugar y ponerse en contacto con estos sonidos. (Isaza, 2010)

En el campo de la narrativa el sonido tiene mucha importancia ya que manipula de diversas formas lo que el usuario entiende, siente y como se desarrolla dentro de la aplicación.

Dentro del sonido se tiene distintos tipos los cuales en conjunto pueden crear grandes efectos, los más conocidos son:

Diseño de sonido -. Es la creación de todo el material sonoro no musical del juego. Por lo general se centra en la experiencia del usuario al hacer que este sienta la mejor experiencia a la hora de jugar

Foley - Lo mismo que en el cine, son las grabaciones de acciones humanas y objetos reales como interactúan en la realidad.

Diálogos - Diálogos del juego tanto in-game como en los cinematics.

Implementación y audio interactivo - Todo el proceso de programación y asignación de los sonidos al motor del juego. Aquí se trabaja toda la parte del motor de audio del juego. (Isaza, 2010)

1.2.1.9 Inteligencia artificial

La inteligencia artificial en los videojuegos se enfoca en establecer un código que permita a los personajes controlados por el programa, simular la toma de decisiones inteligentes cuando hay varias opciones dada una circunstancia, en consecuencia, obteniendo un modelo relevante, efectivo y útil. (Hernández, 2012)

1.2.2 Motores de videojuegos existentes

1.2.2.1 Unity 3D



Figura 15-1: Interfaz Unity 3D

Fuente: <http://techsorcerer.blogspot.com/2014/06/create-games-you-love-with-these-top-3.html>

Es un entorno de escritorio desarrollado en junio de 2010 por Canonical para Ubuntu. Su primer lanzamiento se pudo ver en la versión 10.10 de Ubuntu Netbook Remix, con el objetivo de optimizar el espacio de las pantallas de los netbooks. Después de esto, en octubre de ese mismo año, se anunció que Unity se utilizaría en la versión de Ubuntu para computadoras de escritorio.

La Interfaz de usuario en Unity está compuesta de los siguientes elementos:

- Lanzador: Ubicado al lado izquierdo de la pantalla, se utiliza para albergar accesos directos a las aplicaciones que se deseen, y también como función de lista de ventanas.
- Lugares: Se despliegan a pantalla completa para mostrar los archivos y aplicaciones del usuario, brinda un buscador y categorías de aplicaciones.
- Panel: Ubicado en la parte superior de la pantalla, se utiliza para desplegar los menús e indicadores.(Cardoso, 2016)

1.2.2.2 Unreal Engine



Figura 16-1: Interfaz Unreal Engine

Fuente: <http://www.iamag.co/features/UnrealEngine4-featdemo/>

Es una suite completa de herramientas de desarrollo realizados para cualquiera que trabaje con tecnología de tiempo real. A partir de las aplicaciones empresariales y experiencias cinematográficas a juegos de alta calidad a través de PC, consola, móvil, VR y AR, Unreal Engine 4 le da todo lo que necesita para empezar, crecer y destacarse de la multitud.

Los desarrolladores pueden incorporar en sus proyectos distintas herramientas y flujos de trabajo que son accesibles, además que pueden desarrollarlos sin tener un conocimiento amplio en programación. (Unreal Engine, 2017)

1.2.2.3 CryEngine

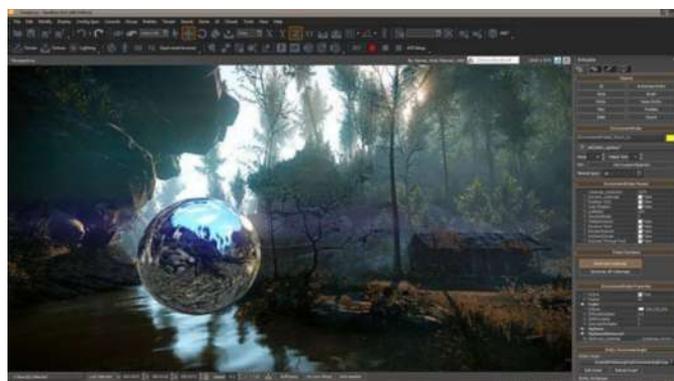


Figura 17-1: Interfaz CryEngine

Fuente: <http://www.technobyte.org/2015/08/which-game-engine-should-you-choose/>

CryEngine es un motor de videojuegos 2D y 3D que permite la creación de simulaciones y aplicaciones interactivas posee amplias características que la hacen destacar de la competencia,

entre ellas el manejo de la aplicación en tiempo real, característica que la ha hecho merecedora de algunos reconocimientos.

Al ser una herramienta de software propietario, permite crear aplicaciones extraordinarias, además que existe una versión completa que puede ser descargada y usada libremente mientras los productos que se desarrollen no tengan un fin comercial.

Los que opten por pagar una suma de dinero que crean oportuna tendrán la opción de destinar parte de su dinero a los proyectos indie más prometedores. El CryEngine V viene acompañado también por una tienda virtual para ayudar a la propia comunidad de Cryengine.

Además, desde Crytek quieren apostar fuerte por la realidad virtual y prometen que CryEngine V será una plataforma que desarrollará aplicaciones de realidad virtual más avanzadas y compatibles con PlayStation VR, OSVR, HTC Vive y Oculus Rift. (Cejas 2016)

1.3 Gráficos 3D por computadora

El término gráficos 3D por computadora se refiere a trabajos de arte gráfico que son creados con ayuda de computadoras y programas especiales. En general, el término puede referirse también al proceso de crear dichos gráficos. Este tipo de gráficos se originan mediante un proceso de cálculos matemáticos producidos en un ordenador, con el fin de conseguir una proyección del entorno tridimensional, para que se pueda visualizar en espacios 2D como pueden ser las pantallas de un computador o impresa directamente sobre un papel. (Villalba, 2012)

1.3.1 Modelado

El primer paso en la creación de una escena tridimensional es el modelado de los objetos que la van a componer, existen varias herramientas y técnicas para crear objetos. Para poder modelar un objeto en un espacio tridimensional, hay que entender primero cómo funciona éste. El soporte de la escena es un espacio infinito que contiene un plano universal, este plano es muy importante porque todas las coordenadas del universo se definirán a partir de éste. (Borja, 2008)

1.3.1.1 Tipos de Modelos

Modelado de mallas poligonales, es uno de los más extendidos dada la facilidad que se tiene a la hora de crearlos y editarlos, las mallas poligonales se crean a partir de superficies de tres vértices que se van uniendo a otros polígonos, los objetos creados con esta técnica son muy sencillos de editar moviendo los vértices de cada polígono, el problema radica en que el sistema sólo reconoce información de los vértices en los objetos, por lo que no se puede tener un control geométrico exacto de los objetos. (Borja, 2008)

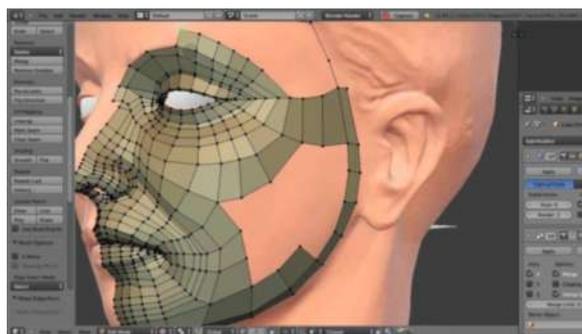


Figura 18-1: Modelado de malla poligonal

Fuente: <http://www.innatus.com.ar/cursos/mra/>

Modelado de sólidos, es el proceso en el que se utilizan objetos llenos, a partir de objetos simples como cubos y cilindros se van creando otros más complejos adicionando o substrayendo partes de dichos objetos. (Borja, 2008)

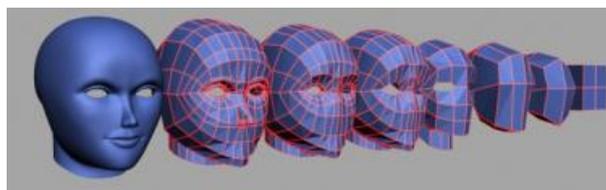


Figura 19-1: Modelado de solidos

Fuente: <https://3dmonks.wordpress.com/2014/10/14/pasos-para-modelar-en-3d/>

Modelado de superficies, se utiliza bastante en la creación de productos industriales; este modelado emplea una o más curvas para generar superficies, tiene la ventaja de controlar matemáticamente toda la superficie de los objetos. Las superficies permiten obtener objetos

curvos utilizando poca potencia del ordenador en relación a las mallas poligonales, que necesitan de muchos polígonos para lograr el mismo grado de suavidad en la curvatura de los objetos. (Borja, 2008)

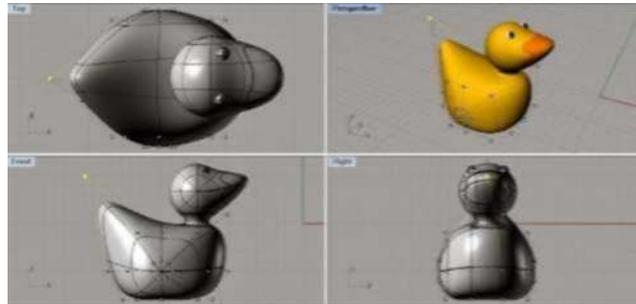


Figura 20-1: Modelado de superficies

Fuente: <http://sinescuadranicartabon.blogspot.com/2013/12/rhinoceros-3d-modelado-matematico-nurbs.html>

1.3.2 Texturizado



Figura 21-1: Texturizado de una rueda de caucho

Fuente: http://www.chrisalbeluhn.com/Normal_Map_Tutorial.html

El texturizado es tan importante como el modelado, sobre todo si lo que se busca es realismo. Fernández (2011) comenta que: El texturizado no sólo permite añadir color al modelo, sino que también permite representar diferentes materiales en objetos como si fueran verdaderos. (p. 16).

Las texturas se pueden generar directamente con algún tipo de software o bien se pueden utilizar fotografías del espacio real. El Grado de realismo que se ha alcanzado hace que sea difícil diferenciar cuándo son objetos reales fotografiados y cuándo son imágenes creadas por ordenador. (Fernández, 2011)

1.3.2.2 Tipos de texturizado

Materiales estándar son materiales que utilizan sombreadores o shaders, estos modifican el color, opacidad, iluminación entre otros. Algunos de los sombreadores más utilizados son: Phong, Blinn, Metal, Traslucido. El uso correcto de estos materiales puede simular la composición del objeto como si fuese real. (Fernández, 2011)

Mapas es una imagen bidimensional que se asocia a un material para aumentar su realismo. Algunos de los mapas más utilizados son: Bitmap, Cuadros, Degradado, Rampa de degradado. Los mapas son muy utilizados ya que pueden aportar otras características como rugosidad o el relieve, sin necesidad de alterar la geometría. (Fernández, 2011)

1.3.3 Composición de la escena

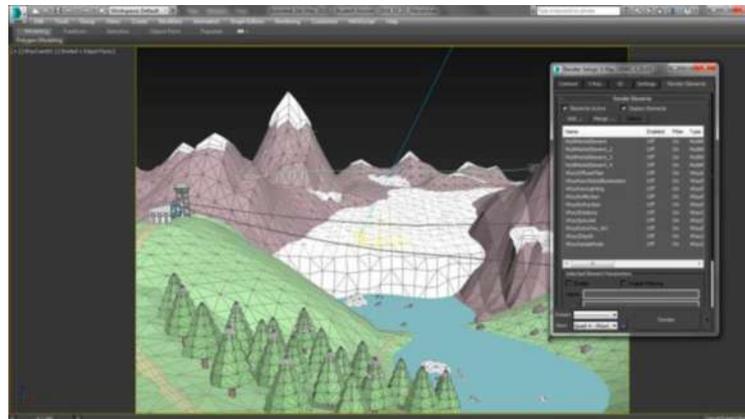


Figura 22-1: Composicion escena

Fuente: http://www.polygonallanding.com/2016_03_14_Glacier_compositing_in_NUKE_ES.html

Se entiende como la agrupación de distintos componentes como objetos 3D, sistemas de iluminación, cámaras y otros elementos que se desea presentar en una determinada escena. Por ejemplo, para representar el modelado de una habitación se debe ubicar todos los elementos para dar esa apariencia y el factor iluminación determina que tanto se va a ver iluminado creando efectos de día o noche, etc. (Velasco & Romero, 2014)

1.3.4 Renderizado



Figura 23-1: Reder escena en 3D Max

Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=pTLMNx2LYzc>

Se llama renderización al proceso final de generar la imagen 2D o animación a partir de la escena creada. Esto puede ser comparado a tomar una foto o en el caso de la animación, a filmar una escena de la vida real. Generalmente se buscan imágenes de calidad fotorrealista, y para este fin se han desarrollado muchos métodos especiales.

El proceso de rénder necesita una gran capacidad de cálculo, pues requiere simular gran cantidad de procesos físicos complejos. A través del tiempo ha evolucionado la forma de hacer renders y ahora hay la posibilidad de crearlos de una forma muy realista. (Villalba, 2012, p. 7)

1.3.5 Software de modelado y animación 3D

Un programa o software 3D se puede decir que es un sistema que engloba una variedad ilimitada de aplicaciones o plugin, se podría decir que es un multi-programa que permite la creación y manipulación de gráficos 2D-3D por ordenador (González et al., 2014; Araseo, 2015)

Para la creación de objetos 3D es muy común utilizar este tipo de software y en el mercado de software existen de muchos tipos, desde los que tienen licencia gratuita hasta los que se debe pagar por una licencia de uso

1.3.5.1 Autodesk 3DS Max

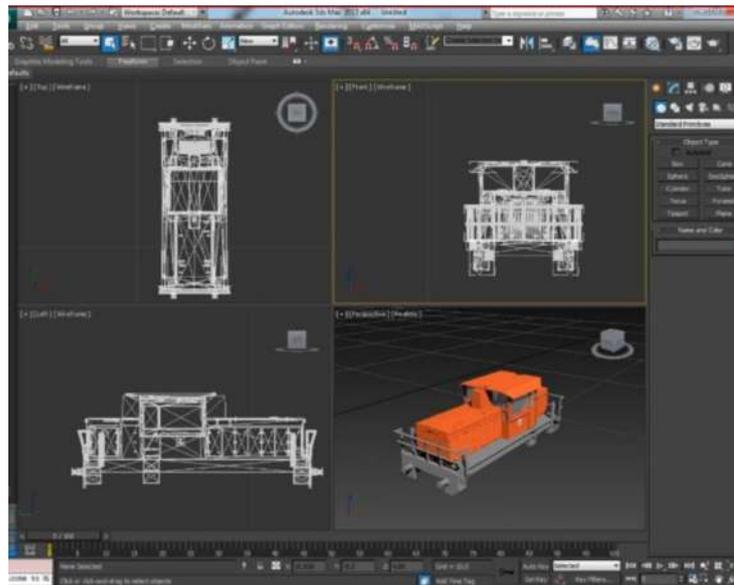


Figura 24-1: Interfaz 3D Max

Fuente: <http://3dgeneration.com/en/3d-service/3d-modeling/>

Autodesk 3D Studio Max es un programa de creación de gráficos y animación 3D. Es utilizado en mayor medida por los desarrolladores de videojuegos, aunque también en el desarrollo de proyectos de animación como películas o anuncios de televisión, efectos especiales y en arquitectura. (Autodesk 3D Max, 2017).

1.3.5.2 Autodesk Maya

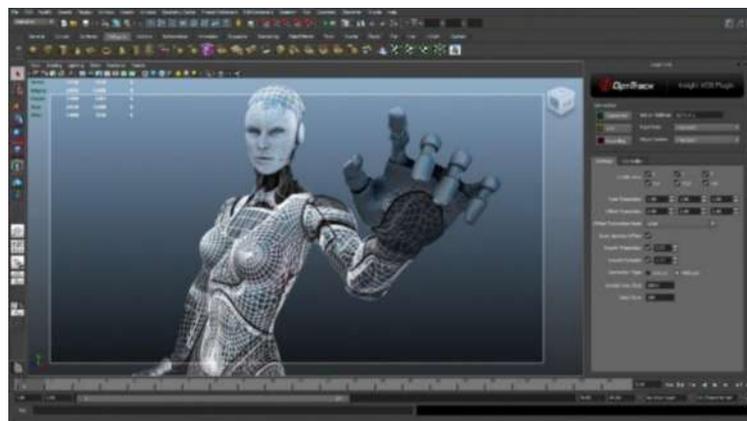


Figura 25-1: Interfaz Maya

Fuente: <http://blogs.ua.es/century/programas-de-animacion-y-modelado-3d/>

Maya es un software de modelado y animación 3D, cuyos fuertes son la facilidad de creación de efectos especiales y personajes. La animación de personajes en 3D de maya cuenta especialmente con deformaciones que se pueden agrupar, animar y reordenar.

Además de las herramientas para creación de personajes también cuenta con otras para la realización de efectos especiales, como la caída de agua sobre un molino o la simulación de la colisión de dos galaxias (Autodesk Maya, 2017).

1.3.5.3 Blender

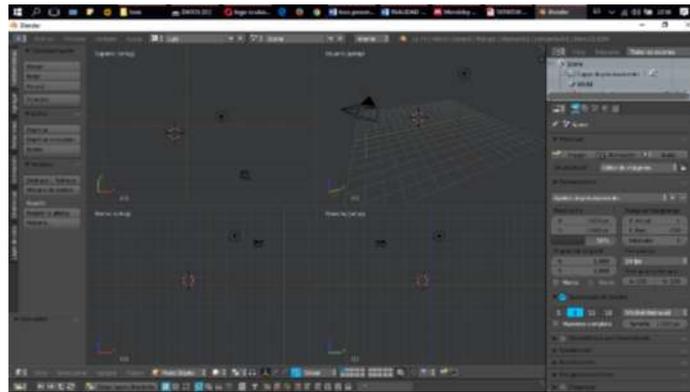


Figura 26-1: Interfaz Blender

Fuente: Andrea Salazar y Luis López, 2017

Blender es un programa informático multiplataforma, dedicado especialmente al modelado, animación y creación de gráficos tridimensionales. El programa fue inicialmente distribuido de forma gratuita, pero sin el código fuente, con un manual disponible para la venta, aunque posteriormente pasó a ser software libre.

Originalmente, el programa fue desarrollado como una aplicación propia por el estudio de animación holandés NeoGeo pero después se lo paso a ofrecer de manera gratuita (Blender, 2016).

1.4 Dispositivos Móviles

Según la última encuesta Nacional de Empleo, Deseempleo y Subempleo ENEMDU (2011-2013) realizada por el INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos) a nivel nacional el 51,3% de la población ecuatoriana de 5 años y más posee un celular, el 37,4% de personas en la provincia de Chimborazo tienen un celular activado como se muestra en la figura 1-1, a nivel nacional el 16,9% de personas poseen un smarphone con 4,7% más en relación al 2012 que posee un 12,2% (INEC, 2013, pp: 19-24) como se muestra en la figura 2-1.

Porcentaje de personas que tienen teléfono inteligente (SMARTPHONE) a nivel nacional

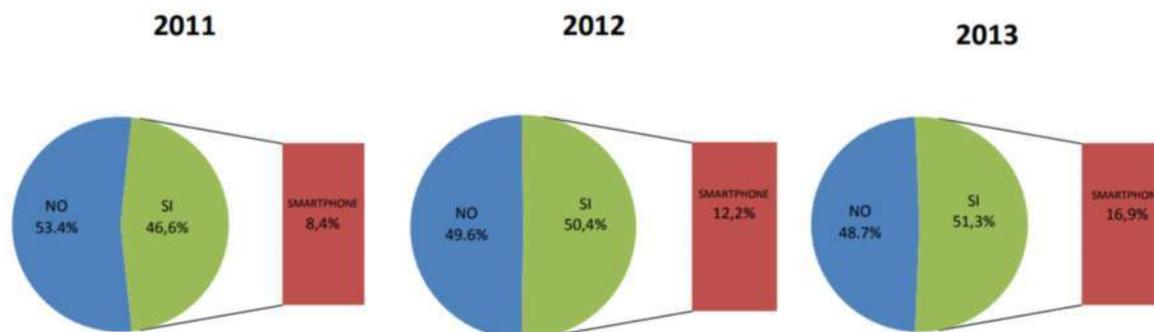


Gráfico 2-1: Personas que poseen teléfono inteligente en Ecuador

Fuente: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Sociales/TIC/Resultados_principales_140515.Tic.pdf

Según StatCounter GlobalStats en su análisis de la cuota de mercado de sistemas operativos móviles en el Ecuador, realizados desde octubre de 2016 a octubre de 2017, detallan que los sistemas operativos móviles más utilizados en el Ecuador son: Android con 86.03%, iOS con un 8.97%, Windows con 1.91%; por esta razón se decidió utilizar Android para el desarrollo de este proyecto.

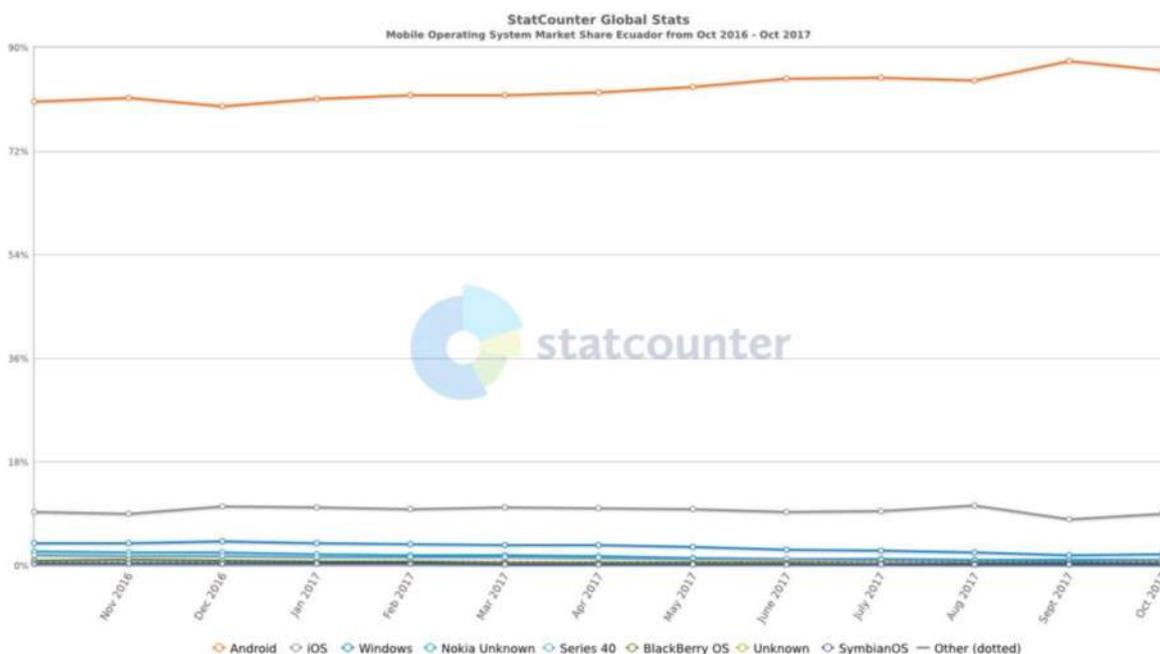


Gráfico 3-1: Sistemas operativos móviles más utilizados

Fuente: <http://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/ecuador>

1.4.1 Sistema operativo Android



Figura 27-1: Sistema operativo Android

Fuente: https://www.android.com/intl/es_es/

Hace poco tiempo, el sistema Android sólo estaba presente en smartphones. En la actualidad, este sistema operativo es usado en otros productos como televisores, tabletas, etc. Muchos son los motivos de este éxito, uno de ellos es la amplia oferta de aplicaciones disponibles para su descarga (más de un millón en enero de 2014), que permiten a cualquier persona personalizar su dispositivo Android (Hébuterne & Pérochon, 2014, p.16)

1.4.1.1 Características principales del sistema operativo Android

Existen muchas plataformas para dispositivos móviles (iPhone, Symbian, Windows Phone, BlackBerry, Palm, Java Mobile Edition, Linux Mobile (LiMo), etc.); sin embargo, Android presenta una serie de características que lo hacen diferente. Gironés, (2012) describe las siguientes:

- Es una plataforma de desarrollo libre basada en Linux y de código abierto.
- Las aplicaciones finales son desarrolladas en Java, lo que nos asegura que podrán ser ejecutadas en una gran variedad de dispositivos, tanto presentes como futuros.
- Filosofía de dispositivo siempre conectado a Internet.
- Gran cantidad de servicios incorporados. Por ejemplo, localización basada tanto en GPS como en redes, bases de datos con SQL, reconocimiento y síntesis de voz, navegador, multimedia, etc.
- Aceptable nivel de seguridad.

- Optimizado para baja potencia y poca memoria
- Alta calidad de gráficos y sonido. Incorpora los codees estándar más comunes de audio y video, incluyendo H.264 (AVC), MP3, AAC, etc.”

1.4.1.2 Historial de actualizaciones

Para poder crear aplicaciones que tengan un desenvolvimiento optimo en un equipo móvil se debe tener en cuenta para que versión se va a desarrollar dichas aplicaciones, para eso Google Play Developer Console proporciona estadísticas detalladas sobre los dispositivos de los usuarios. Estas estadísticas pueden ayudar a priorizar los perfiles de dispositivos para los cuales se optimizan las apps. (Castillo, 2015)

Tabla 4-1: Historial de actualizaciones Android SO

Icono	Versión Android SO	Nombre Comercial	Nivel de API
	Android 1.0	Apple Pie	1
	Android 1.1	Banana Bread	2
	Android 1.5	Cupcake	3
	Android 1.6	Donut	4
	Android 2.0/2.1	Eclair	5-7
	Android 2.2	Froyo	8
	Android 2.3	Gingerbread	9-10
	Android 3.0	Honeycomb	11-13

	Android 4.0	Ice Cream Sandwich	14-15
	Android 4.1/4.2/4.3	Jelly Bean	16-18
	Android 4.4	KitKat	19-20
	Android 5.0	Lollipop	21-22
	Android 6.0	Marshmallow	23
	Android 7.1	Nougat	24-25

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López. 2017

Fuente: (Castillo 2015; Gironés 2012)

El sistema Android asegura a las aplicaciones una compatibilidad ascendente. Esto significa que una aplicación pensada para funcionar sobre una versión mínima de Android 1.6 (API 4) funcionará automáticamente sobre todas las versiones de Android 1.6 (API 4) y superiores, y, por tanto, por ejemplo, sobre la versión 4.0.1 (API 14). (Hébuterne & Pérochon, 2014)

1.4.1.3 Dispositivos Móviles compatibles con Google Cardboard

Para disfrutar de la realidad virtual a través de un smartphone no siempre se requiere uno de última generación, pero para utilizar Google Cardboard se requiere que el dispositivo a utilizarse tenga ciertos componentes mínimos para que este funcione. Los modelos que recomienda Google son:

Tabla 5-1: Teléfonos móviles recomendados por Google cardboard

Marcas	Modelos
Apple iPhone	4 4S 5 5C 5S 6 7 8
HTC	Eco 3D One (Mini, S, X, X+) Sensation Sensation XE Velocity 4G
Huawei	Ascend G 615 P10
LG	G2 Optimus 3D Max (P720) Optimus 4X HD (P880) Optimus G (E975) Optimus G Pro P940 Prada 3
Samsung	Aktiv S Galaxy Beam Galaxy S2 Galaxy S3 Galaxy S3 Mini Galaxy S4 Galaxy S4 Active Galaxy S4 Mini Galaxy S5 Galaxy S6 Galaxy S7 Galaxy S8 Galaxy Nexus
Sony	Xperia S Xperia SP Xperia T Xperia Z1
Motorola	Moto X

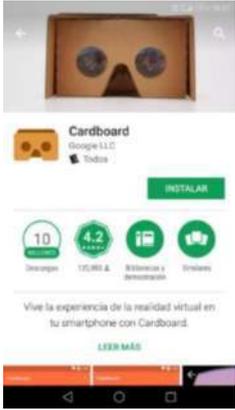
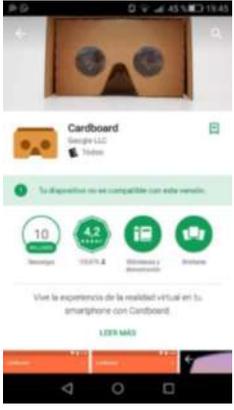
Realizado por: Andrea Salazar y Luis López. 2017

Fuente: (Castillo 2015; Gironés 2012)

¿Cómo saber si un teléfono que no está en la lista es compatible con Google Cardboard?

Una manera de determinar la compatibilidad de un teléfono con Google Cardboard es descargando la aplicación oficial de Cardboard en el teléfono. Google Play Store indicarán si el teléfono es compatible o no.

Tabla 6-1: Aplicación de Cardboard en distintos móviles

CELULAR COMPATIBLE CON CARDBOARD	CELULAR NO COMPATIBLE CON CARDBOARD
 <p>Figura 28-1: Captura de pantalla celular compatible con cardboard</p> <p>Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018</p>	 <p>Figura 29-1: Captura de pantalla celular no compatible con cardboard</p> <p>Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018</p>

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López. 2017

Fuente: Propia

Además de Cardboard existen distintas aplicaciones que sirven para mostrar los sensores que posee un teléfono móvil, como es el caso de Sensor Box que está disponible en la Play Store, con esta aplicación se puede verificar si el teléfono tiene los sensores de Gyroscope, Acelerometer y Magnetic, que son los necesarios para experimentar la realidad virtual con Google Cardboard.

Tabla 7-1: Aplicación de Sensor Box en distintos móviles

CELULAR COMPATIBLE CON CARDBOARD	CELULAR NO COMPATIBLE CON CARDBOARD
 <p>Figura 30-1: Captura de pantalla celular compatible con cardboard (Sensor Box)</p> <p>Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018</p>	 <p>Figura 31-1: Captura de pantalla celular no compatible con cardboard (Sensor Box)</p> <p>Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018</p>

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López. 2017

Fuente: Propia

1.4.1.4 Sensores

Bajo la denominación de sensores se engloba un conjunto de dispositivos con los que se puede obtener información del mundo exterior. Android permite acceder a los sensores internos del dispositivo a través de las clases `Sensor`, `SensorEvent`, `SensorManager` y la interfaz `SensorEventListener`, del paquete Android. (Gironés, 2012, p.22)

La clase `Sensor` acepta ocho tipos de sensores. Aunque, los sensores disponibles varían en función del dispositivo utilizado: Acelerómetro, Giroscopio, Sensor de luz, Brújula, Sensor de orientación, Sensor de presión, Sensor de proximidad, Sensor de temperatura. (Gironés, 2012, p. 176)

1.4.1.4.1 Acelerómetro

Es el encargado de conocer la orientación del dispositivo. Con este sensor el dispositivo móvil puede tener la información del espacio tridimensional en sus tres ejes X, Y, Z, para brindar un posicionamiento a la hora utilizarlo, el uso muy común de este sensor es para detectar si el dispositivo está en posición vertical u horizontal. (López, 2015)

1.4.1.4.2 Giroscopio

Al igual que el acelerómetro el giroscopio lee la posición del dispositivo, pero por su mayor exactitud al obtener información más completa del posicionamiento es usado en complemento con el acelerómetro. (López, 2015)

1.4.1.4.3 Magnetómetro

El sensor de magnetómetro mide la fuerza magnética o señal magnética que este próximo al dispositivo, es muy utilizado como brújula, pero su uso es más evidente en las llamadas fundas inteligentes. Ya que pueden hacer que el móvil se bloquee cuando siente que se cierra la tapa. (López, 2015)

1.4.1.5 Aplicaciones

Estas aplicaciones son las que se incluyen por defecto, tales como la aplicación de inicio (llamada a menudo escritorio), la aplicación que permite ejecutar otras aplicaciones, el navegador web, la aplicación de telefonía... Pero también son las aplicaciones específicas creadas por desarrolladores. (Hébuterne & Pérochon, 2014, p.16)

Normalmente, las aplicaciones Android están escritas en Java. Para desarrollar aplicaciones en Java podemos utilizar el Android SDK. Existe otra opción consistente en desarrollar las aplicaciones utilizando C/C++. Para esta opción se puede utilizar el Android NDK (Native Development Kit). (Gironés, 2012)

1.5 Historia de Riobamba

San Pedro de Riobamba es una urbe llena de historia y cultura, fue la primera ciudad fundada por los españoles en Ecuador donde empezó la República, razón por la cual es llamada como “la cuna de la nacionalidad ecuatoriana”.

La ciudad de Riobamba se fundó el 15 de agosto de 1534 por Diego de Almagro, en la antigua Ciudad de Liribamba (milenaria capital de los Puruhaes) lo que hoy es Villa La Unión en el Cantón Colta.

(Torres, 2017)

Riobamba cuenta con una arquitectura muy variada, desde el estilo neoclásico del palacio municipal hasta el arte barroco construido con piedra calcárea de la catedral. La ciudad ofrece al visitante todos los encantos de una urbe austera y sobre todo un paisaje espectacular, ya que se encuentra rodeada por majestuosos volcanes como el Chimborazo, el Tungurahua y el Altar.

(Torres, 2017)

La sultana de los andes San Pedro de Riobamba, conlleva una historia llena de hechos y hombres que han marcado el desarrollo y gloria social de su pueblo. Los monumentos y parques evocan y son el reflejo de la historia local y provincial, además que denotan sus variaciones y rasgos históricos culturales. (La Prensa, 2002)

1.5.1 Parque Maldonado

Dentro de todos los parques de la ciudad, resalta uno en particular y es aquel parque que lleva el nombre en Honor al Sabio Riobambeño Don Pedro Vicente Maldonado, antes conocido como La Plaza Mayor de acuerdo a la costumbre de la época es la primera que trazaron los gestores de construcción de la nueva ciudad. Es el punto donde se encuentran, según la costumbre colonial, el poder político, religioso y aristocrático, pues en sus costados se encuentran la Catedral, el Palacio Municipal, la Gobernación y las viviendas de las familias más importantes de aquel tiempo.

El Municipio firmó con el arquitecto Durini la erección del monumento al sabio riobambeño Pedro Vicente Maldonado, el científico hispano más destacado de la Colonia. (Bravo, et.al 1992)

En 1920 se Inauguró el Parque Maldonado sin contar con la presencia del Monumento, ya que, por consecuencias de la Segunda Guerra Mundial, se demoró su construcción, y fuera años más tarde presentado por separado. (Córdova, 2013)

1.5.1.1 Descripción general

Al parque Pedro Vicente Maldonado posee 6 accesos con zonas de circulación dura recubiertas con gress. En su centro se implanta el monumento dedicado a este ilustre riobambeño. El monumento se erige sobre una base ochavada y se encuentra conformada por tres cuerpos: en el primer cuerpo recubierto con placas de mármol se aprecian placas recordatorias en bronce de las visitas realizadas por Pedro Vicente Maldonado a España 1747, Londres 1748, Paría 1749.

En el segundo cuerpo el fuste de la columna ochavada acanalada, remata con capiteles jónicos, sobre los cuales se asienta una base que sostiene cuatro atlantes en diferentes posiciones que sostienen el globo terráqueo, sobre el que se levanta el monumento al científico Pedro Vicente Maldonado, quien porta en su mano izquierda un pergamino y en la derecha un compás. A sus pies se encuentra un cóndor con las alas desplegadas.

El área de jardines se encuentra enmarcada por gress ubicados en forma vertical. Vegetación: Los principales elementos que intervienen en la composición son árboles: de Cumbi (*Parajoubea cócora*), álamo (*Populus nigra*), araucaria (*araucaria angustifolia*). Se puede apreciar también áreas encespadas con vegetación baja de diferentes tipos: Mobiliario: Bancas de hierro, de hormigón ubicada frente a La Catedral. Basureros: metálicos Iluminación: Hito: en forma piramidal elaborado en hormigón armado asentado sobre una base cuadrangular con la siguiente inscripción: SGM. Servicio Geográfico Militar del Ecuador. 2754,062 m sobre el nivel del mar. 1928. (Instituto Nacional de Patrimonio Cultural, 2007)

1.5.1.2 Descripción del entorno:

El entorno se mantiene con construcciones de gran valor, se destaca como elemento principal La Catedral, El I. Municipio de Riobamba junto al mismo se ubica la Gobernación, El Museo de la ciudad, la edificación donde funciona el SRI, la Cooperativa de Educadores de Chimborazo. A nivel de fachadas las edificaciones presentan armonía en alturas, uso de materiales de construcción, pese a que en su interior ha sido intervenidas. (Instituto Nacional de Patrimonio Cultural, 2007)

1.5.2 Inauguración por completo del parque Maldonado

En junio de 1927 se inauguró por completo la obra con una gran fiesta, en la cual estuvo presente el presidente provisional de la Republica Dr. Isidro Ayora, el escultor de la estatua, Carlos Mayer, Señor Ángel Mancheno, Señor Delfín Treviño, entre otros personajes importantes. (Bravo et.al, 1992)

En este evento se presenció el acto de presentación del monumento al ser descorrido el velo que lo cubría y ser presentado al público por parte del Dr. Isidro Ayora al son del himno a Maldonado, además que fueron los señores Ángel Mancheno y Delfín Treviño los que pronunciaron sus discursos en honor al sabio riobambeño, el regimiento Quito hizo su acto de presencia al entonar el himno nacional. (La Razon, 1927)

1.5.3 Pedro Vicente Maldonado



Figura 32-1: Monumento en honor al Sabio riobambeño don Pedro Vicente Maldonado.

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

1.5.3.1 Biografía de Don Pedro Vicente Maldonado

Nació en la villa de Riobamba el 24 de noviembre de 1704, miembro de una de las más distinguidas familias de la Colonia; respetado y considerado por ser modelo de virtudes. De entre hermanos, fue el mayor quien le inculcó la afición por el estudio de las Ciencias Exactas y Ciencias Naturales, llegando a convertirse más tarde por propio esfuerzo en Físico-Matemático, Astrónomo, Geodesta y Geógrafo.

Su preparación intelectual y su amor al estudio fueron el incentivo para culminar con éxito todas las aventuras que emprendió.

Murió prematuramente en Londres, el 17 de noviembre de 1748, sus restos fueron enterrados en el templo de St. James dejando un vacío grande en todos los medios científicos. (Sociedad Pedro Vicente Maldonado, 2006)

1.5.3.2 Obras Cumbres

Autor del primer mapa geográfico de la provincia de Quito y sus adyacentes.

Autor del primer proyecto de ingeniería civil para la construcción del camino de Quito a Esmeraldas.

Autor de la Gran Memoria Científica que incluiría Física, Astronomía, Geografía y Botánica del Reino de Quito. (Sociedad Pedro Vicente Maldonado, 2006)

1.5.3.3 Títulos

En España fue: Caballero de la Llave de Oro, Gentil Hombre de la Cámara, Teniente de Capitán General.

En Francia fue: Primer miembro correspondiente de la Real Sociedad de Londres por América Latina el 24 de marzo de 1747.

En la Real Audiencia de Quito: fue Gobernador de Esmeraldas, alcalde de Riobamba, autor de la primera Carta de la provincia de Quito, promotor constructor del camino Quito Esmeraldas.

En esta titánica obra dejó lo mejor de su Juventud, no solo por las preocupaciones propias de una gran empresa, sino porque trabajó personalmente con pico y pala y con pie desnudo junto a sus peones. Además, empleó gran cantidad de dinero, producto de la venta de sus propiedades.

Su aporte a la ciencia Universal con la Misión Geodésica Francesa, en la mediación del cuadrante del meridiano en nuestro país, que está en el centro de la Tierra, fue fundamental para conocer la verdadera forma de nuestro planeta y su gloria al ser declarado miembro de la Academia de Ciencias de París, constituye el mayor orgullo para todos los ecuatorianos.

Fue así como conocieron a Pedro Vicente Maldonado, un hombre de extraordinario talento, patriota y entusiasta por el progreso de su tierra natal.

Por todo lo dicho es Pedro Vicente Maldonado, la figura insigne de este gran acontecimiento científico ocurrido en el siglo XVIII. (Sociedad Pedro Vicente Maldonado, 2006)

CAPITULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1 Selección de herramientas

Para el desarrollo de cualquier proyecto existen diferentes herramientas que ayudan a la culminación del mismo, por lo cual surge la interrogante de cuál es el mejor para cada tarea que se debe realizar, entonces es conveniente comparar las ventajas y desventajas de cada uno de ellos.

A continuación, se comparará y escogerá las herramientas para cada tarea que se desarrollara a lo largo de este proyecto.

2.1.1 Motores Gráficos 3D

Tabla 1-2: Motores Gráficos 3D

	 Unity	 Unreal Engine	 CryEngine
Sistema operativo	Windows y Mac	Windows	Windows
Uso principal	Unity tiene una pestaña llamada Proyecto en el editor, que ayuda a tener todo organizado y funciona como cualquier explorador del sistema de los que se acostumbra a usar. Permite también el uso de etiquetas sobre los objetos para buscarlos y organizarlos más fácil.	UDK tiene un Buscador de Contenido que es muy eficiente y que permite una organización optima de assets a pesar de ser diferente a los usados en exploradores comunes	CryEngine cuenta con el Sandbox que posee un explorador para el manejo de assets
Importar archivos	Unity puede importar casi todos los formatos de archivos 3D, texturas, mapas, archivos de audio y video.	UDK no soporta la mayor parte de archivos comunes, y necesita que se importen en un paquete upk.	Hay que usar plugins especiales para los programas de diseño, modelado y animación para que exporten en formatos

	<p>El tipo de archivo FBX es el mejor para trabajar con animaciones en Unity.</p> <p>El proceso de importar un archivo es muy fácil, solamente se arrastra y suelta como si fuera un explorador normal del sistema en la pestaña, cuando se realizan cambios a los archivos importados con herramientas externas Unity los actualizará automáticamente</p>	<p>Los assets no se actualizan automáticamente y tampoco es posible verlos desde algún explorador común</p>	<p>propios del CryEngine, lo cual limita bastante los programas que se pueda usar para la creación de modelos, animaciones y texturas</p>
<p>Facilidad de uso</p>	<p>Unity es muy fácil e intuitivo para su aprendizaje y su uso. Su interfaz es muy simple de fácil y rápida adaptación lo que permite usarlo con tan solo ver unos tutoriales de inicio.</p> <p>Unity cuenta con answers.unity3d. que es una comunidad de apoyo muy útil, existen además varios sitios que se dedican a ayudar al proyecto o publicar tutoriales que pueden encontrarlos por ejemplo en YouTube o iTunes.</p>	<p>UDK puede ser un poco difícil al inicio al menos para personas que no estén familiarizados con el mundo de Gráficos por Computadora, pero con el uso frecuente se vuelve fácil de usar.</p> <p>UDK tiene muy buenos tutoriales en la Web, pero estos no suelen ser gratis, un lugar en el que se los encuentra es eat3d.com. La documentación está muy bien escrita y tiene un foro propio.</p>	<p>CryEngine cuenta con muy poca información pública y gratuita, para conseguir información existen buenos tutoriales que deben comprarse. CryEngine gracias a su Sandbox permite la fácil creación de niveles en mundos abiertos, en espacios interiores se vuelve complejo</p>
<p>Plataformas soportadas</p>	<p>Unity3D puede publicar con un solo click para: Adobe Flash, iOS, Android, Windows, Mac, Linux, Windows Phone, Windows Store, Blackberry, Nintendo Wii, Nintendo Wii U, PS3, PS4, y XBOX 360; así como para la Web</p>	<p>UDK puede publicar para: Adobe Flash, iOS, XBOX 360, PS3, PS4, PS Vita, Windows, Android y Mac</p>	<p>Se puede exportar para PC, Xbox 360, Xbox One, PS3, PS4, Wii U, Android y iOS, para cada una de estas se necesita una licencia diferente.</p>

Scripting	Para escribir código se usa MonoDevelop que permite codificar en JavaScript (UnityScript), C#,o Boo. También hay soluciones visuales para scripting en el Asset Store, y muchas de estas son gratis.	En UDK, se puede hacer un scripteo básico con el sistema visual llamado Kismet. Para todo lo complejo se debe usar yScript y C++ pero esto solo se activa en la versión pagada.	Tiene soporte para Lua y C++, además de tener un sistema visual de scripteo
Precio	cuenta con licencia gratuita para estudiantes	Gratis	Gratis

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López. 2017

Fuente: (Unity Technologies 2016; Unreal Engine 2017; Cejas 2016)

Las herramientas aquí expuestas para la creación de mundos virtuales son muy optimas, tienen características similares y pueden ofrecer el mismo resultado en este o cualquier proyecto, pero en esta ocasión se optó por Unity 3D, puesto que en el entorno educacional se manejó Unity y se quiere aprovechar los conocimientos adquiridos para desarrollar este proyecto.

2.1.2 Software de modelado y animación 3D

Tabla 2-2: Software de modelado y animación 3D

	 3D MAX	 MAYA	 BLENDER
Sistema operativo	Windows	Windows, Mac OS, Linux	Windows, Mac OS, Linux
Uso principal	Modelado Animación Video Juegos Iluminación Renderizado	Modelado Animación (Vídeo) Iluminación Renderizado Efectos visuales 3D	Animación Iluminación Modelado Renderizado Efectos visuales 3D Sculpting
Características de modelado	Primitives Polygons Subdivision Surfaces Soft Selection NURBS Sculpting Brush Bezier Curves	Primitives Polygons Subdivision Surfaces Soft Selection NURBS Sculpting Brush Bezier Curves	Primitives Polygons Subdivision Surfaces Soft Selection NURBS Sculpting Brush Bezier Curves
Facilidad de uso	90%	80%	80%

	Interfaz de usuario personalizable	Interfaz de usuario personalizable Menús extraíbles	Interfaz de usuario personalizable
Límite de polígonos	1,000,000	1,000,000	1,000,000
Precio	185.00 1,470.00 Y cuenta con licencia gratuita para estudiantes	185.00 1,470.00 Y cuenta con licencia gratuita para estudiantes	Gratis

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López. 2017

Fuente: (Velasco & Romero 2014)

En este caso se presenta una situación similar a la de los motores gráficos, los softwares existentes tienen características similares, pero se optó por 3DS MAX para aprovechar los conocimientos adquiridos en el entorno educacional.

2.1.3 Dispositivos HMD para experimentar la realidad virtual

Tabla 3-2: Comparación de dispositivos HMD para experimentar la realidad virtual

	 Cardboard	 oculus
Precio	15€.	600€.
Procesador	Teléfono móvil	Pc
Renderizado en API	90 grados FOV	110 FOV diagonal
Sonido	Estéreo lado a lado	Estéreo lado a lado
Seguimiento de la cabeza Velocidad	200hz frecuencia de actualización	1000hz frecuencia de actualización
Seguimiento de la cabeza sensores	Móvil usa sensores incorporados para la orientación	Utiliza sensores externos montados en la cámara o en la pared para el seguimiento de posición
Desarrollo	Unity SDK	Unity SDK

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López. 2017

Fuente: (Parisi 2015)

De todos los dispositivos que existen en el mercado la asequibilidad es un factor que siempre se toma en cuenta, por lo tanto, el precio es una característica que las Google Cardboard tienen a su favor ya que solo necesitan de un teléfono móvil y una plantilla que se la puede imprimir y armar

en cartón para brindar una experiencia virtual aceptable, por lo tanto, se prefirió este sistema ya que está al alcance de la mayoría de personas que posean un móvil con Android SO. Además se tratara de utilizar las Oculus Rift para ver si hay como utilizar este proyecto en ambas plataformas.

2.1.4 Versión de Android

Tabla 4-2: Cantidad relativa de dispositivos que usan una versión determinada de la plataforma Android

Version	Codename	API	Distribution
2.2	Froyo	8	0.1%
2.3.3 - 2.3.7	Gingerbread	10	1.7%
4.0.3 - 4.0.4	Ice Cream Sandwich	15	1.6%
4.1.x	Jelly Bean	16	6.0%
4.2.x		17	8.3%
4.3		18	2.4%
4.4	KitKat	19	29.2%
5.0	Lollipop	21	14.1%
5.1		22	21.4%
6.0	Marshmallow	23	15.2%

Realizado por: (Google Play Developer Console 2016)

Fuente: (Google Play Developer Console 2016)

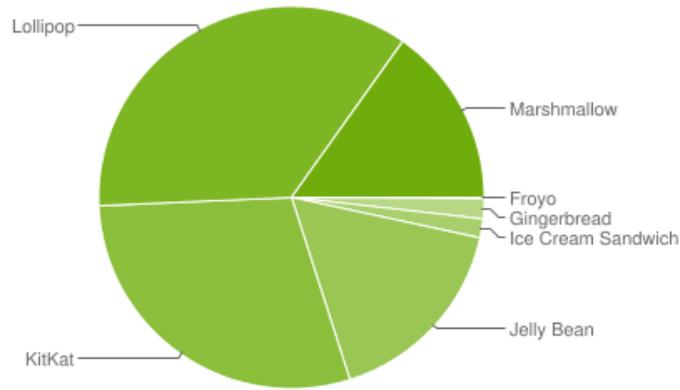


Gráfico 1-2: Cantidad relativa de dispositivos que usan una versión determinada de la plataforma Android
Fuente: (Google Play Developer Console 2016)

Datos recopilados durante un período de 7 días hasta el 1 de agosto de 2016.

No se muestran versiones con una distribución inferior al 0,1%.

Para desarrollar la aplicación para una versión de Android en particular se tomó en cuenta los datos propuestos por Google Play Developer Console, cuyos resultados definen a la versión Lollipop 5.1 con 21.4% y KitKat 4.4 con 29.2% como las versiones más utilizadas en los dispositivos móviles con Android SO, por lo tanto, se escogió la versión de KitKat 4.4 por ser la de mayor porcentaje de uso, además se debe tomar en cuenta que por versatilidad del sistema operativo cualquier aplicación que se desarrolle en cualquier versión funciona sin problemas en versiones superiores.

2.2 Metodología

Es una guía que se plantea para seguir un orden específico con el fin de tener una idea clara de cómo proceder o actuar frente a la resolución de un problema, dentro de las etapas que conforman el mismo, se describen técnicas para llevar a cabo la metodología.

En el mundo del desarrollo de software existen muchos métodos de desarrollo, cada uno con sus puntos fuertes y sus puntos débiles. En el caso del desarrollo de aplicaciones móviles sucede lo mismo, y al momento de elegir un método se debe saber escoger en función de las necesidades existentes.

Tabla 5-2: Comparación metodología ágil y métodos clásicos

Área	Metodología Ágil	Métodos Clásicos
Desarrolladores	Colaborativos, unidos, ágiles y entendidos	Orientados al plan con una mezcla de habilidades
Clientes	Son representativos y se les entrega poder	Mezcla de niveles de aptitud
Confianza	Conocimiento tácito interpersonal	Conocimiento explícito documentado
Requerimientos	En gran parte emergentes y con rápidos cambios	Conocibles templadamente y bastante estables
Arquitectura	Diseñada para los requerimientos actuales	Diseñada para los requerimientos actuales y los del futuro próximo
Refactorización	Económica	Costosa
Tamaño	Productos y equipos pequeños	Productos y equipos más grandes
Premium	Valor rápido	Alta seguridad

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López. 2017

Fuente: Haro, 2016

Según la tabla comparativa entre metodología ágil y métodos clásicos, la metodología ágil es el método que más se acopla a este proyecto por lo cual se determinó utilizarla para el desarrollo del mismo.

2.2.1 Enfoque y método seguido

Dentro de la metodología ágil existen varias propuestas, pero para este caso en particular se ha decidido utilizar una metodología ágil llamada SUM para videojuegos, que es una adaptación de SCRUM

La metodología SUM es el punto de partida para abordar este proyecto, puesto que es fácil de implementar y da resultados rápidos simplificando la forma de trabajar en equipo, además permite mostrar resultados tangibles y mejorar progresivamente iteración a iteración permitiendo una retroalimentación continua.(Eclipse, 2008)

En concreto la adaptación de la metodología SUM fue utilizada ya que la aplicación a desarrollar es una de realidad virtual y se deben cubrir características del proyecto y el equipo de trabajo adicionales que SCRUM no detalla.

El proceso de desarrollo de SUM se divide en cinco fases iterativas e incrementales que se ejecutan en forma secuencial con excepción de la fase de gestión de riesgos que se realiza durante todo el proyecto. Las cinco fases secuenciales son: concepto, planificación, elaboración, beta y cierre. (Eclipse, 2008)

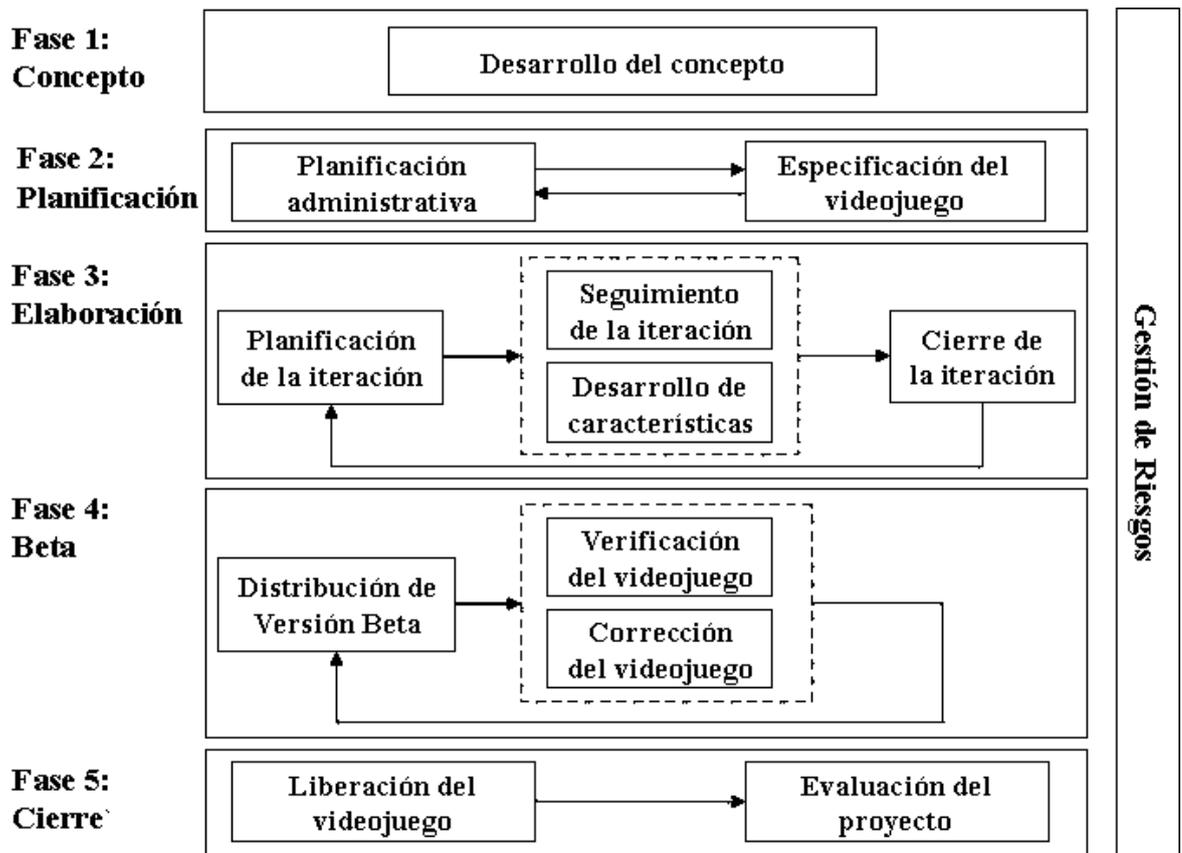


Gráfico 2-2: Proceso de desarrollo de SUM
Fuente: (Eclipse, 2008)

2.2.1.1 Fases del proceso metodológico

2.2.1.1.1 Fase Concepto: (Esta fase no existe en metodología SCRUM).

El desarrollo del concepto de la aplicación se lo realiza a modo de informe en el cual se especifican aspectos relevantes como visión del juego, características, historia, etc....

También se puede usar las herramientas de la metodología SCRUM como por ejemplo las historias del usuario, esta herramienta permite saber las descripciones directas acerca del uso y composición de la aplicación. (Ramirez 2015)

En el (Anexo A) se puede observar el documento de concepto para la creación de esta aplicación de realidad virtual inmersiva.

Tabla 6-2: Plantilla de las Historia de usuario

HISTORIA DE USUARIO	
Número: 1	Nombre de la Historia: Interfaz de usuario
Usuario: Cliente	Sprint Asignado: 1
Fecha Inicio: 02-12-2017	Fecha Fin: 05-12-2017
Descripción: Como usuario de la aplicación requiero que la misma cuente con una pantalla principal y un splashscreen con su respectivo logo.	
Pruebas de Aceptación: Validación de diseño.	

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López. 2017

Fuente: (Haro, 2016)

Después de obtener las historias del usuario se dividen por área como se muestra a continuación



Gráfico 3-2: Definir concepto en la metodología SUM

Fuente: (Eclipse, 2008)

2.2.1.1.2 Fase Planificación

Esta fase tiene dos objetivos principales, uno es planificar el resto de las fases y el otro especificar las características a implementar del videojuego. La planificación que se obtiene en esta fase es flexible ya que en cada iteración se puede modificar para adaptarse.

En esta fase se determina la parte administrativa como técnica del proyecto como se muestra a continuación:

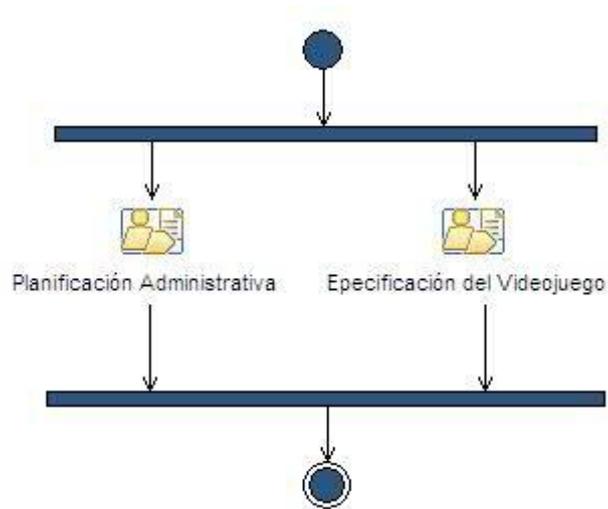


Gráfico 4-2: Planificación en la metodología SUM
Fuente: (Eclipse, 2008)

2.2.1.1.2.1 Planificación Administrativa

En esta etapa se describe el equipo que pondrá en marcha el proyecto, así como los tiempos de cada tarea y el costo de los mismos.

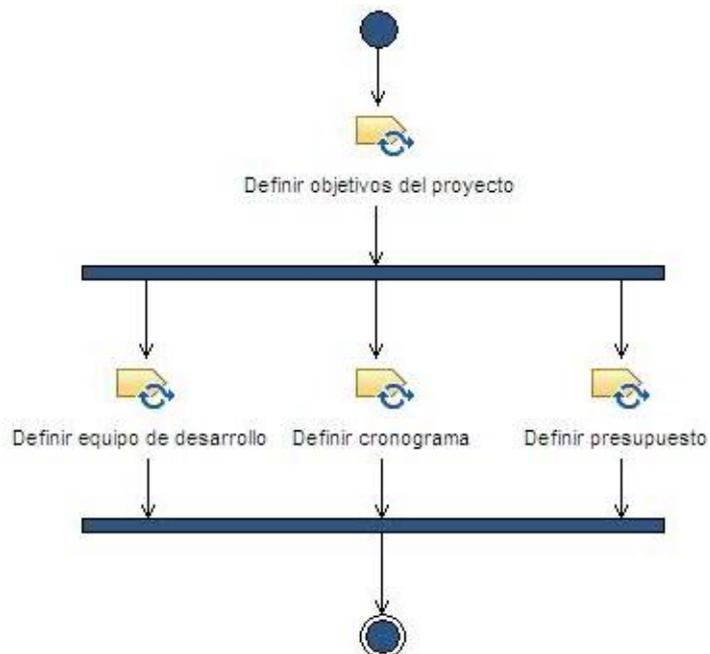


Gráfico 5-2: Planificación administrativa en la metodología SUM
Fuente: (Eclipse, 2008)

Para este proyecto se estableció roles dentro del proyecto que definen el trabajo que deben realizar los involucrados.

Tabla 7-2: Equipo de desarrollo de la aplicación

ROL	RESPONSABLE	DESCRIPCIÓN
Diseñadores del juego	Andrea Salazar Luis López	El diseñador del juego diseña el gameplay, historia, ambientación, personajes, niveles y todos los elementos que hacen a la experiencia del jugador. Todos estos factores determinarán que tan divertido es el juego. Para asegurar la diversión debe mantener balanceada la dificultad del juego y el aprendizaje del jugador. (Eclipse 2008)
Programadores	Andrea Salazar Luis López	El programador tiene como principal responsabilidad implementar el software que compone al juego. Además, deberá realizar el diseño de software necesario para poder realizar el desarrollo y posteriormente verificarlo. Por lo tanto, el desarrollador de videojuegos debe tener conocimientos de diseño de software, implementación y verificación. (Eclipse 2008)
Artistas Sonoros	Andrea Salazar Luis López	Los artistas sonoros deben tener buen oído para poder mezclar sonidos y hacer que suene bien. Los efectos de sonido deben ser diseñados de forma que se correspondan con lo que el jugador está viendo. El sonido da vida a la escena y complementa la experiencia del jugador. (Eclipse 2008)
Artistas Gráficos	Andrea Salazar Luis López	El arte y la animación son gran parte del trabajo requerido para el desarrollo del videojuego. Las habilidades necesarias para un artista varían según los requerimientos del juego en particular. De cualquier forma, requieren conocimientos sobre las últimas herramientas gráficas, creatividad, talento y técnica. Los artistas deben trabajar de cerca con los diseñadores para hacer visibles sus ideas. También deben colaborar con los programadores ya que son los que integrarán los gráficos en el juego. Además, los sonidistas también se relacionan con su trabajo ya que los efectos de sonido deben estar sincronizados con las animaciones. (Eclipse 2008)

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López. 2017

Fuente: Propia

2.2.1.1.2.2 Especificación del videojuego

Se detalla las características del videojuego, así como su funcionalidad y jugabilidad, etc.



Gráfico 6-2: Especificación del videojuego en la metodología SUM
Fuente: (Eclipse, 2008)

CARACTERÍSTICAS DE LA APLICACIÓN

- La aplicación debe mostrar el evento de inauguración del parque Maldonado
- La aplicación debe permitir movilizarse dentro del escenario y no limitarse a observar en 360°
- La aplicación debe mostrar una interfaz de usuario antes de inicializar la visualización del evento
- La aplicación debe servir en versiones de Android de la 4.4
- La aplicación debe contar con botones de salir, empezar, regresar

2.2.1.1.3 Fase Elaboración:

En esta fase se implementa el videojuego. Se trabaja de forma iterativa para obtener una versión ejecutable al final de cada iteración. Esto permite evaluar el avance del proyecto, realizar cambios y tomar decisiones.(Eclipse 2008)

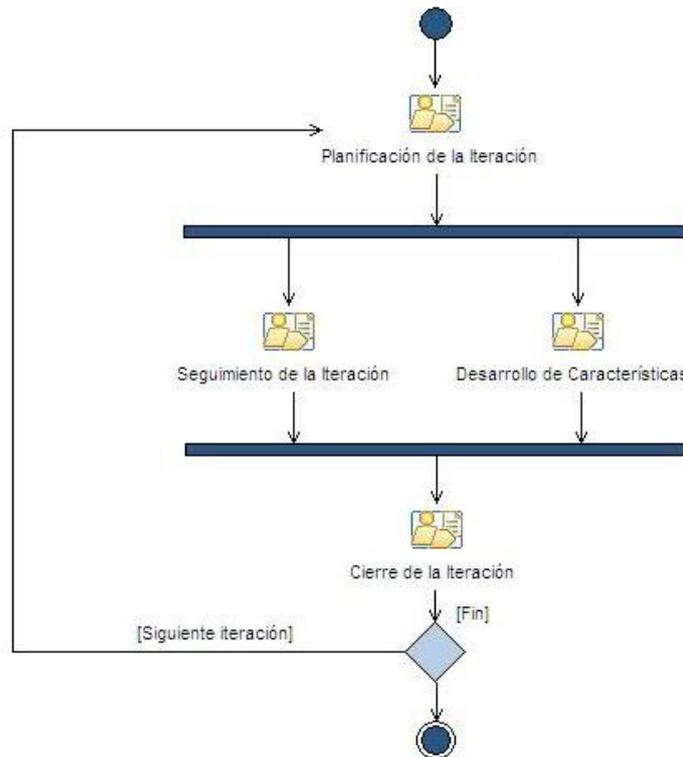


Gráfico 7-2: Planificación de iteraciones en la metodología SUM
 Fuente: (Eclipse, 2008)

Esta parte de la implementación del juego se dividió en dos interacciones.

Iteración 1:

De acuerdo con el desarrollo de las historias del usuario se tiene que desarrollar diferentes elementos como: diseño de interfaz gráfica, Modelado de personajes, escenarios, terrenos, etc. que ayudan a la creación de una primera versión del juego que se presentará al cliente para la validación, corrección y mejoras que pueda tener.

Para el desarrollo de la primera iteración hay que tener en cuenta que es una aplicación de realidad virtual, por lo que se adiciono una metodología en particular que es para la creación de mundos virtuales, la cual nos permite seguir un proceso para desarrollar el escenario virtual de la aplicación.

2.2.1.1.3.1 Metodología para la creación de mundos virtuales

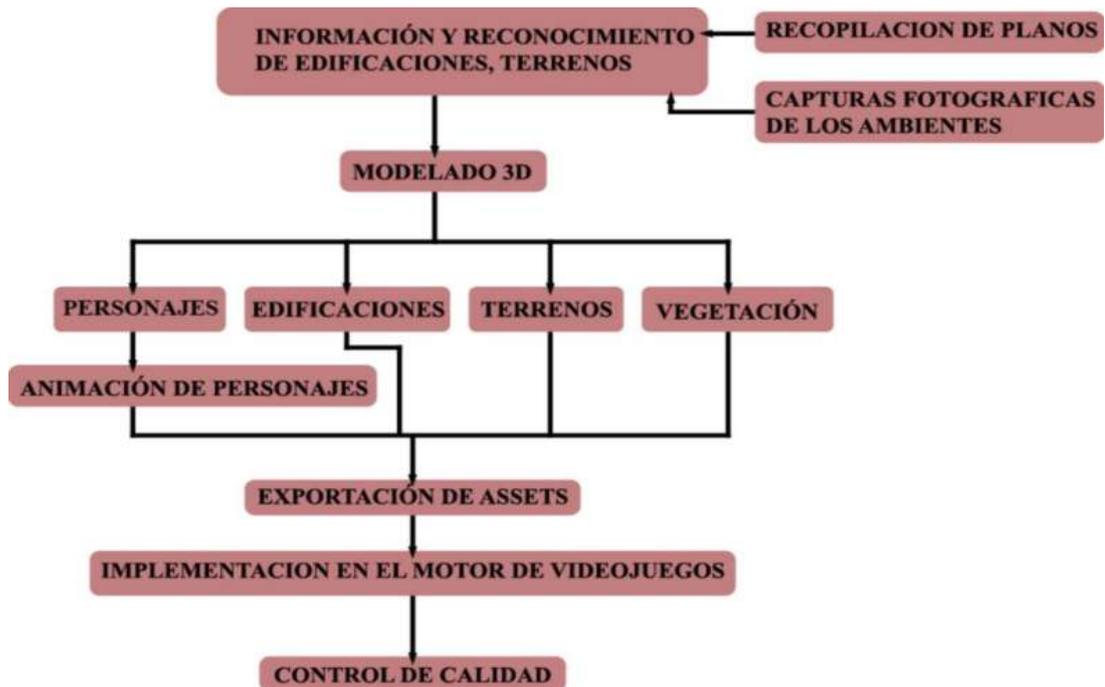


Gráfico 8-2: Metodología para la creación de mundos virtuales
Fuente: (Velasco & Romero, 2014)

2.2.1.1.3.1.1 información y reconocimiento de edificaciones y terrenos

2.2.1.1.3.1.1.1 Recopilación de planos

Una de las fuentes que proporcionó información acerca del trazado de la ciudad es el departamento de Planificación del I. M. Riobamba, el cual cuenta con un mapa de la ciudad realizado en el año de 1921 ver figura 1-2, en dicho mapa se encuentra el trazado del parque en sus inicios. Esta información se convirtió en el punto de partida para el modelado del parque Maldonado.

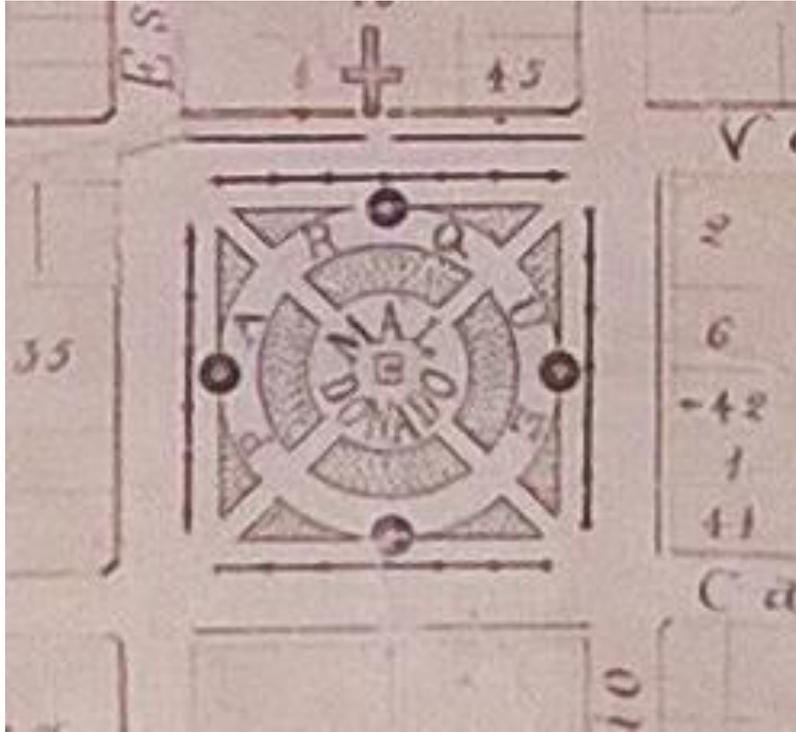


Figura 1-2: Trazado del parque Maldonado en el mapa de Riobamba de 1921
 Fuente: Departamento de Planificación del I. M. Riobamba

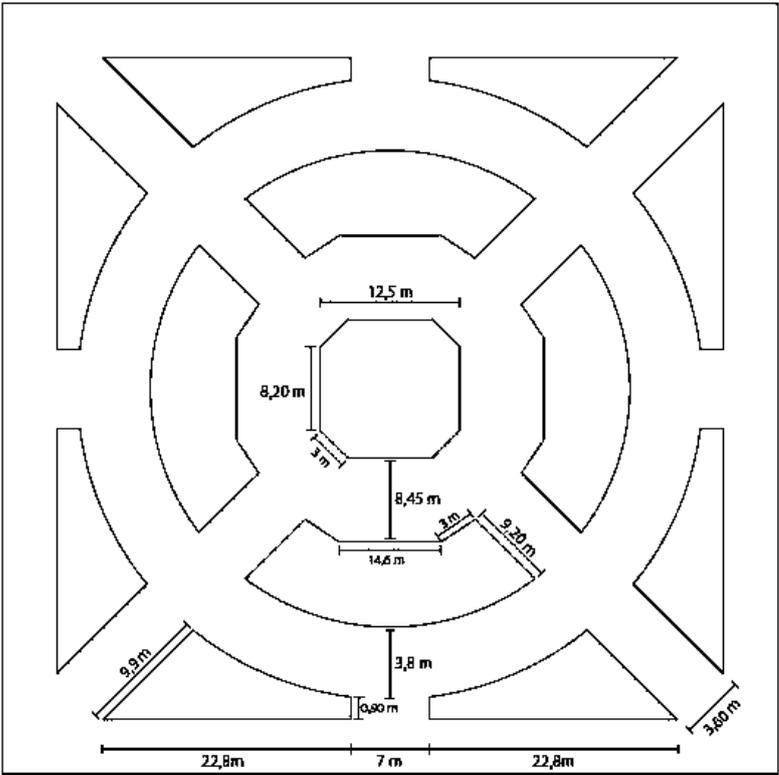
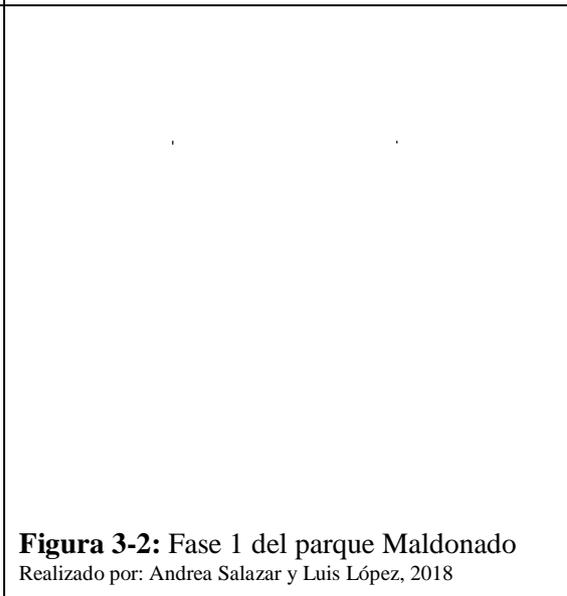
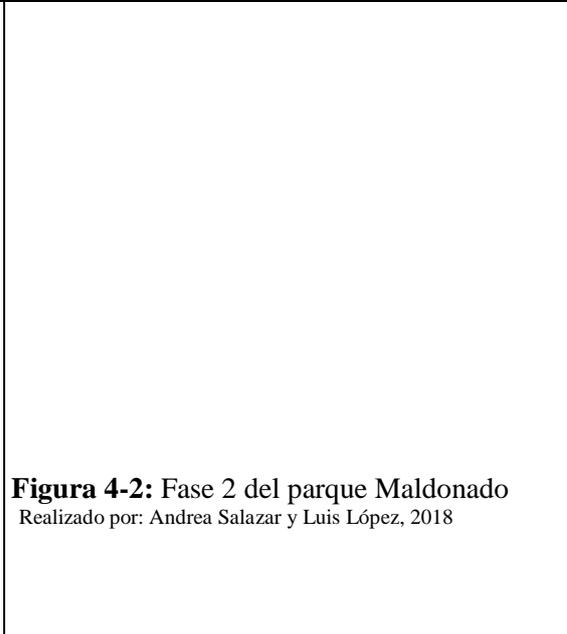


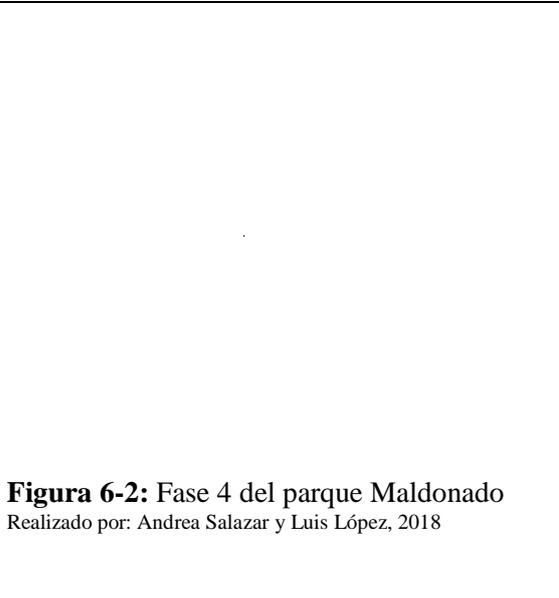
Figura 2-2: Trazado del parque Maldonado con medidas tomadas en el año 2017
 Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

2.2.1.1.3.1.1.2 Capturas fotográficas de los ambientes

Para tener una idea precisa del entorno del parque Maldonado en los años en que se realizó el evento, se partió de la recolección de fotografías del parque en años anteriores, esta etapa nos permitió recrear edificaciones, texturas, detalles importantes, etc. Además, con la recolección de fotografías actuales se hizo una comparativa y se determinó los elementos que se debían crear, modificar o eliminar.

Tabla 8-2: Fases del parque Maldonado

AÑO TENTATIVO	CROQUIS	DESCRIPCIÓN
1900-1912	 <p data-bbox="432 1265 949 1332">Figura 3-2: Fase 1 del parque Maldonado Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018</p>	Plaza Mayor se encuentra unido con la catedral y es solo de tierra, no presenta ningún trazado.
1913-1919	 <p data-bbox="432 1809 941 1877">Figura 4-2: Fase 2 del parque Maldonado Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018</p>	La Plaza Mayor con presencia de las piletas instaladas para celebrar que la ciudad cuenta con agua potable

1920-1965		<p>El parque Maldonado se encuentra rodeado por verjas y existía una calle que dividía al parque con la catedral. Y la barrera que se encontraba frente a la catedral fue removida.</p>
1966-2017		<p>Las verjas del parque Maldonado fueron retiradas y trasladadas al cementerio Central de Riobamba, la calle que dividía la catedral con el parque desapareció para ser un solo espacio. Y la barrera que se había retirado fue colocada nuevamente, pero con la ausencia de los pilares que se ubicaba a la entrada principal de la catedral.</p>

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López. 2017

Fuente: Propia

Tabla 9-2: Fotografías Antiguas del Parque Maldonado y sus alrededores

Fotografías	Descripción
 <p data-bbox="277 875 979 931">Figura 7-2: Calle Primera Constituyente y Eugenio Espejo Fuente: Archivo Histórico Nacional, Ministerio de Cultura y Patrimonio</p>	<p data-bbox="1139 376 1394 689">Calle Primera Constituyente entre 5 de junio y Espejo. En la esquina cerca a la calle 5 de junio se observa la casa de Heliodoro Castro. 1900-1925</p>
 <p data-bbox="277 1541 900 1597">Figura 8-2: Pileta ubicada frente a la gobernación Fuente: Archivo Histórico Nacional, Ministerio de Cultura y Patrimonio</p>	<p data-bbox="1139 987 1394 1178">Riobambeños posando junto a una de las piletas las cuales se mantienen hasta el día de hoy en su lugar.</p>



Parte del parque que muestra las verjas que lo rodeaban y al fondo se observa la casa de gobierno ubicadas en la calle 5 de junio. Años diez

Figura 9-2: Parque Maldonado Esquina 5 de junio y Veloz

Fuente: Archivo Histórico Nacional, Ministerio de Cultura y Patrimonio



Pórtico del parque Maldonado y monumento al sabio riobambeño.

Figura 10-2: Parque Maldonado entrada en una de sus esquinas

Fuente: Archivo Histórico Nacional, Ministerio de Cultura y Patrimonio



Monumento de Pedro
Vicente Maldonado

Figura 11-2: Monumento Parque Maldonado

Fuente: Archivo Histórico Nacional, Ministerio de Cultura y Patrimonio



Calle veloz habilitada al
tránsito, se puede
observar a un lado la
Catedral. Años cuarenta

Figura 12-2: Calle Veloz abierta para el tránsito.

Fuente: Archivo Histórico Nacional, Ministerio de Cultura y Patrimonio

 <p>Figura 13-2: Calle primera Constituyente y Eugenio espejo Fuente: Archivo Histórico Nacional, Ministerio de Cultura y Patrimonio</p>	<p>Calle Primera Constituyente, muestra diagonal al parque el palacio episcopal. Años cuarenta</p>
 <p>Figura 14-2: Calle Primera Constituyente y 5 de junio Fuente: Archivo Histórico Nacional, Ministerio de Cultura y Patrimonio</p>	<p>Calle Primera Constituyente, al fondo en la calle espejo se muestra la edificación que en la actualidad funciona el SRI.</p>

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López. 2017

Fuente: Propia

2.2.1.1.3.1.2 Modelado 3D

Para el modelado de los elementos que compondrán la aplicación móvil del parque Maldonado en su inauguración, se los realizará bajo la técnica de modelado low-poly, teniendo en cuenta que se lo visualizará a través de un dispositivo móvil y la optimización de modelos y texturas es lo más importante para darle un óptimo funcionamiento a la aplicación.(Velasco & Romero 2014)

2.2.1.1.3.1.2.1 Modelado de personajes

Para el día de la inauguración mucha fue la gente que acudió, y de toda la multitud hubo personajes que destacaron en su presencia por ser parte organizativa del evento, estos personajes fueron los encargados de entregar la obra a los ciudadanos de la ciudad de Riobamba.

Para el modelado de personajes se tomó como punto de partida las fotografías recolectadas de los personajes principales que participaron en el evento, para poder representar a cada uno de ellos con sus respectivos rasgos fisonómicos.

Tabla 10-2: Personajes que resaltaron en la ceremonia de inauguración del parque Maldonado.

Fotografía real	Modelado 3D
 <p>Figura 15-2: Sr. Dr. Isidro Ayora Fuente: http://cinematecaecuador.com/</p>	 <p>Figura 16-2: Sr. Dr. Isidro Ayora Modelado 3D Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018</p>
 <p>Figura 17-2: Sr. Ángel Mancheno Fuente: www.myheritage.com/FP/genealogy-search-ppc.php</p>	 <p>Figura 18-2: Sr. Ángel Mancheno Modelado 3D Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018</p>



Figura 19-2: Sr. G. Don Delfín B. Treviño

Fuente:<http://cinematecaecuador.com/>



Figura 20-2: Sr. G. Don Delfín B. Treviño
Modelado 3D

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2017

Fuente: Propia

2.2.1.1.3.1.2.2 Modelado del terreno

Para el modelado del parque se utilizó el fragmento del mapa de Riobamba de 1921, específicamente del trazado del parque que ahí se expone; al no poseer un plano que detalle escala ni dimensiones se procedió a medir en escala real el trazado actual del parque, y de esta forma tener una guía de proporciones reales; al obtener estas proporciones se utilizó herramientas de diseño y modelado 3D para crearlo.

Con un software de diseño, en este caso Adobe Illustrator se importó el mapa con el trazado del parque y se lo dibuja hasta que se obtuvo trazos que representen el parque. Una vez que se tuvo los trazos del parque se exportó en un formato que el software de modelado 3D reconozca como es el caso del formato .dwg.

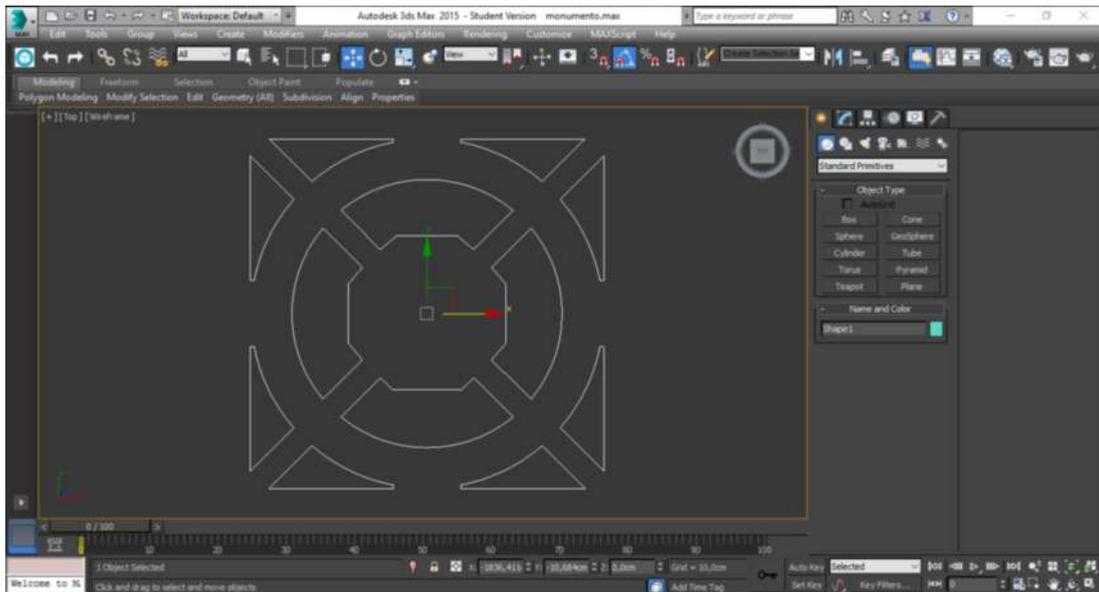


Figura 21-2: Trazado del parque en el software de modelado 3D
 Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

En el software de modelado 3ds Max se importó el archivo que contenía los trazos del parque.

Con el trazo del parque en escena se pasó a modificar su dimensión tomando como referencia el tamaño que se tomó de uno de los caminos diagonales. Ver figura 22-2

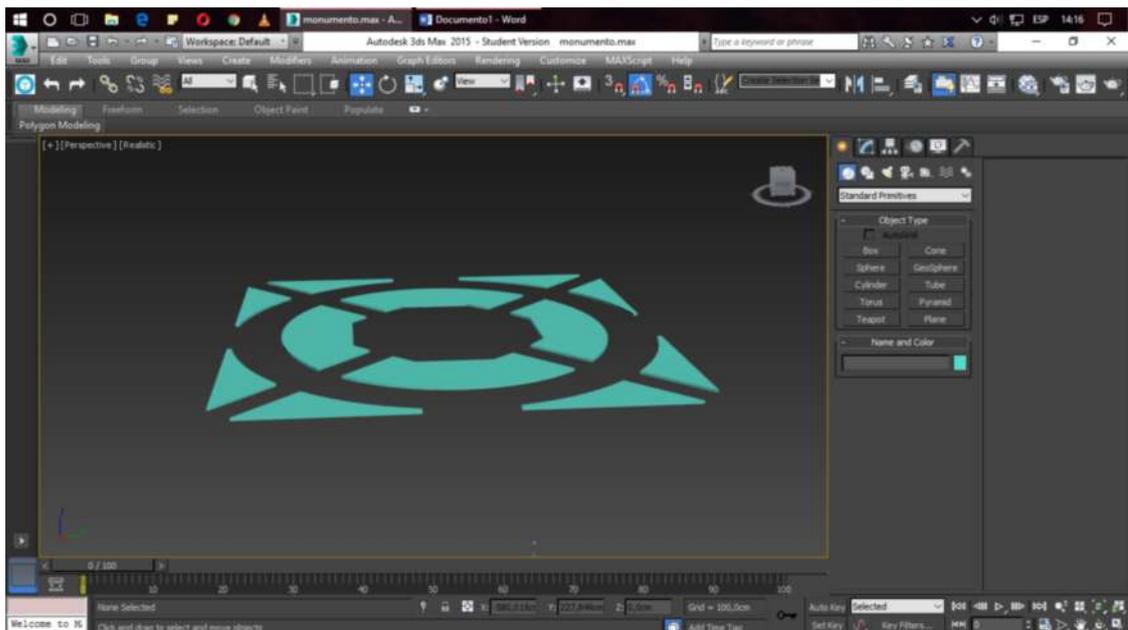


Figura 22-2: Trazado del parque con volumen
 Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

De esta forma se obtiene el trazado principal del parque que define los caminos por los cuales se puede desplazar el usuario del mismo.

2.2.1.1.3.1.2.3 Modelado de edificaciones

Para las edificaciones se tomó como referencia fotografías de la época en la cual se desempeñó la inauguración del parque.

El evento por ser realizado dentro del parque se optó por realizar las edificaciones de los alrededores del parque a nivel de fachada para tener una mayor optimización de recursos.

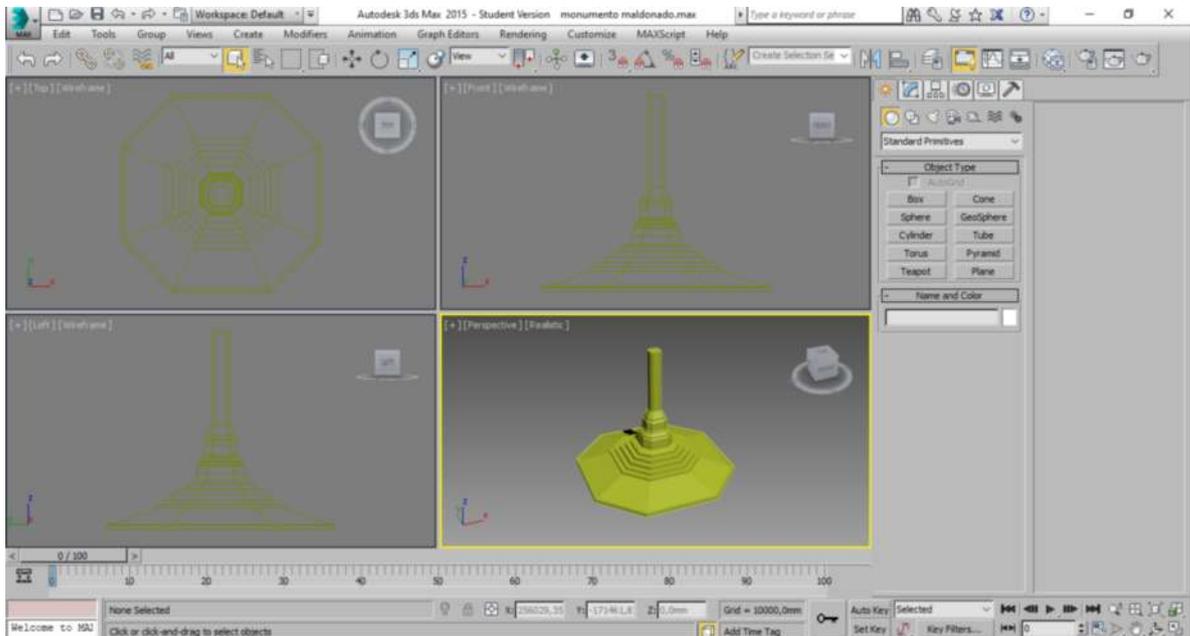


Figura 23-2: Modelado de edificaciones
Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

2.2.1.1.3.1.3 Exportación

Para exportar cualquier elemento que vaya a ser utilizado en el mundo virtual se lo debe realizar en un formato que el motor de videojuegos reconozca. Por lo general el formato más utilizado y el que Unity recomienda el formato. fbx

Para exportar los elementos se debe dar en la opción exportar

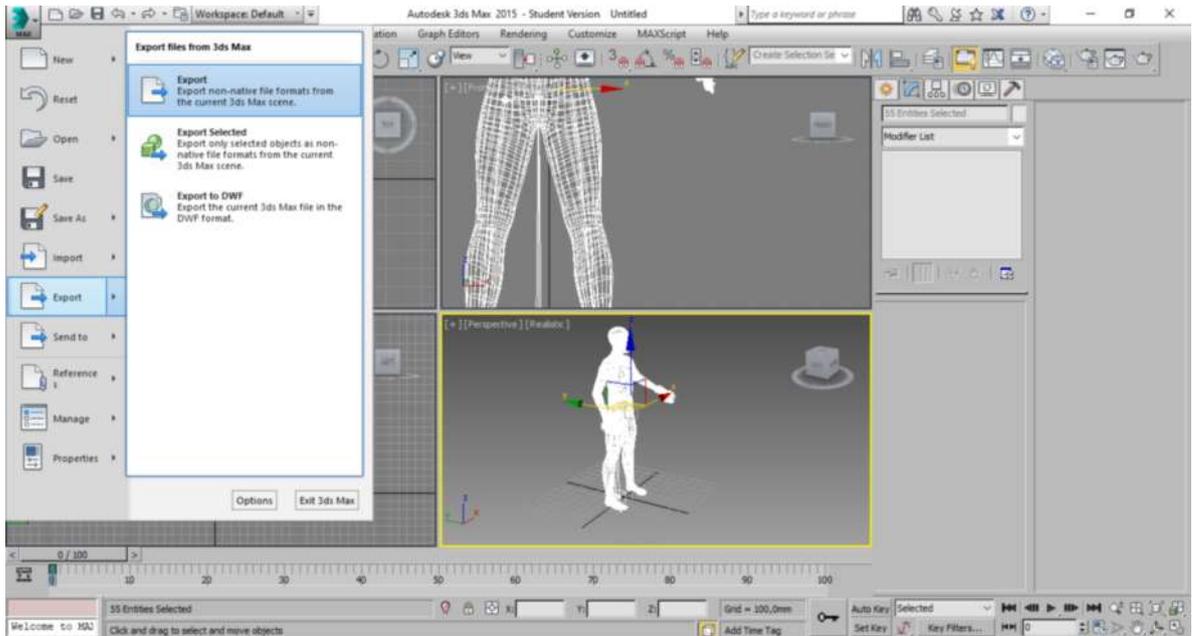


Figura 24-2: Exportar modelos 3D
 Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Elige una carpeta de destino para guardar el nuevo archivo y se elige el formato Autodesk fbx
 Se da clic en guardar

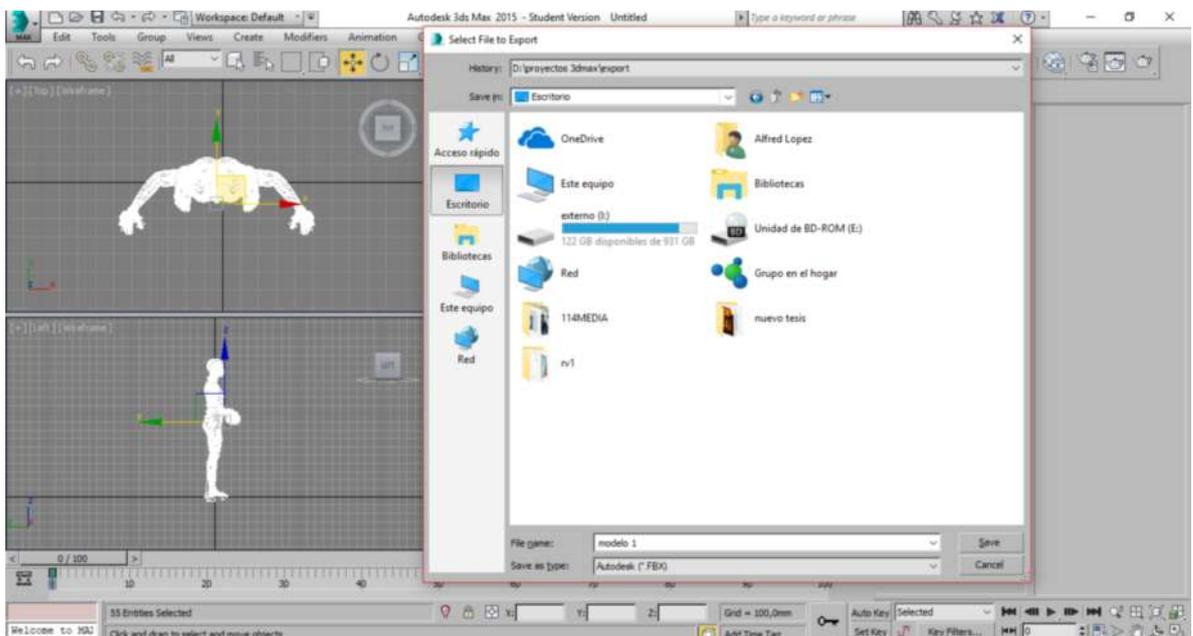


Figura 25-2: Elegir ubicación para exportar modelos 3D
 Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Se elige que desea incluir al exportar como, por ejemplo: luces, cámaras, etc. Y luego dar clic en OK

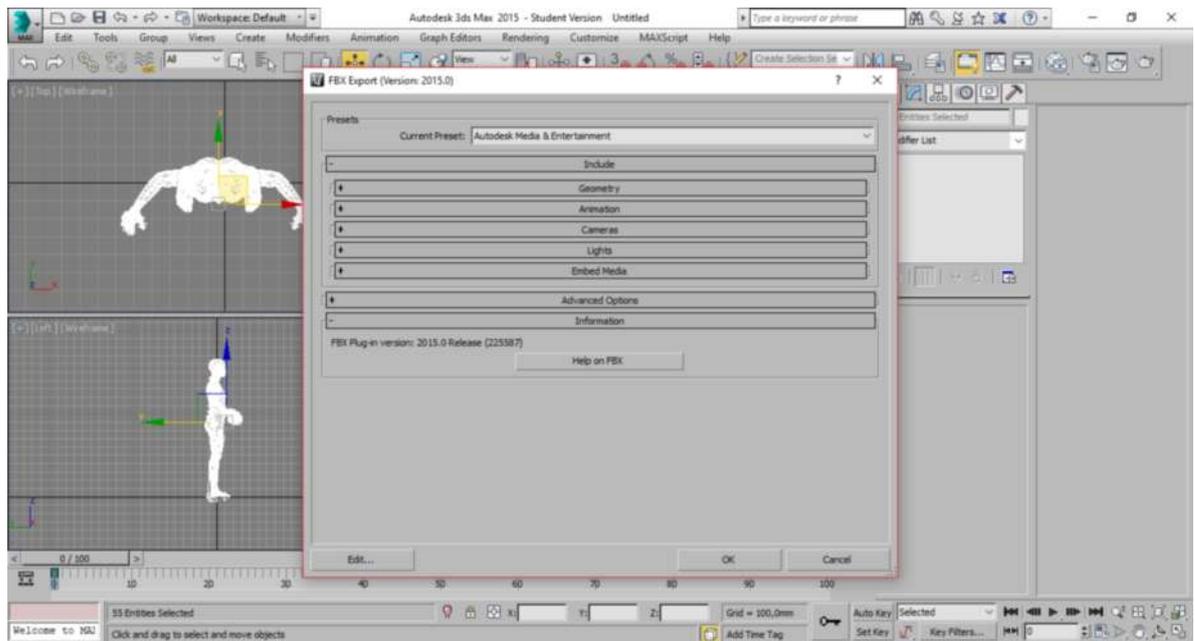


Figura 26-2: Elegir que se debe incluir para exportar modelos 3D
Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

2.2.1.1.3.1.4 Implementación en el motor de videojuegos

Para importar los archivos del mundo virtual al motor gráfico se lo puede hacer de distintas formas una es con el menú importar assets o con el método de arrastrar y soltar.

Iteración 2:

En esta parte se pone a prueba la aplicación y se hace mejoras a la versión obtenida en cada iteración, las veces que sean necesarias hasta tener la aplicación en su versión beta.

2.2.1.1.4 Fase Beta

Esta fase se utilizará para últimos ciclos de testeo del software, para su refinamiento, corrección de errores y últimos retoques antes de la entrega como producto final.

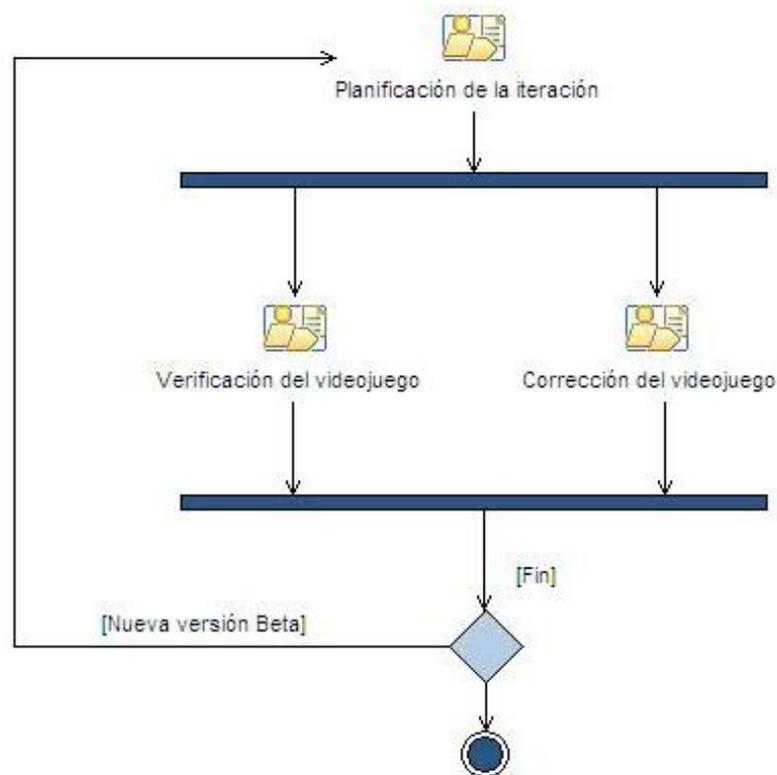


Gráfico 9-2: Desarrollo versión beta en la metodología SUM
Fuente: (Eclipse, 2008)

Para esta fase se utilizará una técnica llamada DOGFOODING: “COMIENDO TU PROPIA COMIDA” que es nada más que una forma fácil y rápida de probar el software de producción propia, ya que es tan simple como usar la aplicación en la que se ha estado trabajando para compenetrarse con ella. (Cuello & Vittone, 2013)

Aunque es una práctica tan simple que puede llevarse a cabo en el lugar de trabajo y con los compañeros de equipo, usar la app que se está diseñando es una herramienta que no reemplaza el test con usuarios, pero sí sirve para probarla y demostrar confianza en lo que uno mismo hace y produce. (Cuello & Vittone, 2013)

2.2.1.1.5 Fase Cierre:

Generación del producto final, con instaladores y documentación (manual del usuario, Anexo G).

Comienzo de la memoria y creación de la video-presentación del proyecto.

Una vez terminado el proyecto se debe realizar el testeo para verificar la usabilidad de la aplicación, para lo cual se define quienes probaran la aplicación y que método se empleara para recolectar estos datos.

Existen varias técnicas, pero para este proyecto se utilizará los test guerrilla, que son una alternativa ágil y económica a los test de usabilidad tradicionales que requieren, entre otras cosas, profesionales especializados, gran cantidad de usuarios y espacios de trabajo que incrementan los costes. Este tipo de test, con un formato más informal y menos usuarios, puede ser también eficaz y es especialmente útil cuando la fecha límite para terminar el proyecto está cerca. (Cuello & Vittone, 2013)

Para llevar a cabo el test, hace falta designar a una persona del equipo que será responsable de liderar la prueba. No obstante, es ideal que junto con el responsable participe al menos otra persona como observador. Su trabajo se limitará a tomar nota de los problemas de usabilidad que puedan aparecer, sin tener una participación activa. (Cuello & Vittone, 2013)

El desarrollo completo del test se divide en tres etapas bien diferenciadas: preparación, ejecución y análisis.

Preparación

En esta etapa se sientan las bases del test antes de la reunión con los usuarios. Aquí se establece el objetivo como probar toda la app o solo algunas partes y se definen las pautas necesarias para sacar el máximo provecho.

También en esta etapa del proceso se elige a los participantes. Lo ideal es contar con un número de voluntarios que oscile entre cinco y ocho, pues con esta cantidad de personas se puede detectar casi la totalidad de problemas de usabilidad más comunes. Incrementar el número de participantes no garantiza que la cantidad de problemas encontrada sea mayor. (Cuello & Vittone 2013)

Ejecución

El test de usabilidad se realiza con un voluntario a la vez. Antes de comenzar la prueba es necesario hacer una pequeña introducción, para explicarle en qué consistirá el test y cuánto tiempo durará. Es importante que el participante sienta que sus opiniones son valiosas, de gran utilidad para el proyecto y que de ninguna forma afectarán los sentimientos del equipo.

Durante el desarrollo del test, el moderador tiene que estar más atento al comportamiento del usuario que a lo que dice. Esto debe ser así, porque es normal que a veces los participantes mientan sin intención o intenten complacer al responsable para quedar bien. (Cuello & Vittone, 2013)

Análisis

En esta etapa se seleccionan los problemas que serán resueltos e inmediatamente se comienzan a plantear las posibles soluciones. Cuando los problemas se hayan corregido, puede realizarse otra prueba para verificar que las soluciones propuestas sean realmente efectivas o determinar si han aparecido nuevas situaciones conflictivas (Cuello & Vittone, 2013)

2.2.1.1.6 Gestión de riesgos:

Se realiza durante todo el proyecto debido a que los problemas pueden aparecer en cualquier fase.

2.2.2 Diseño

Para muchos usuarios el diseño es un factor determinante, puesto que cuando el usuario entra por primera vez a la aplicación lo primero en que se fija es el diseño ya sea de la interfaz, animaciones, flujo, todos los elementos que pueden afectar su experiencia. Es por esto por lo que se tiene que elegir correctamente el diseño de la aplicación. (Pérez, 2016).

Una aplicación es, una herramienta de comunicación con el usuario que la está usando. Por eso es importante desarrollar una identidad única. Y esto se consigue mediante las diferentes pantallas de la aplicación, los colores utilizados en el diseño, las tipografías y los fondos actúan como elementos diferenciadores. (Estorach, 2015).

2.2.2.1 Diagrama de actividad del sistema

El flujo de actividad nos permite evitar muchos errores a la hora de prestar funcionalidad a la aplicación y de esta forma el usuario tendrá una mejor experiencia.

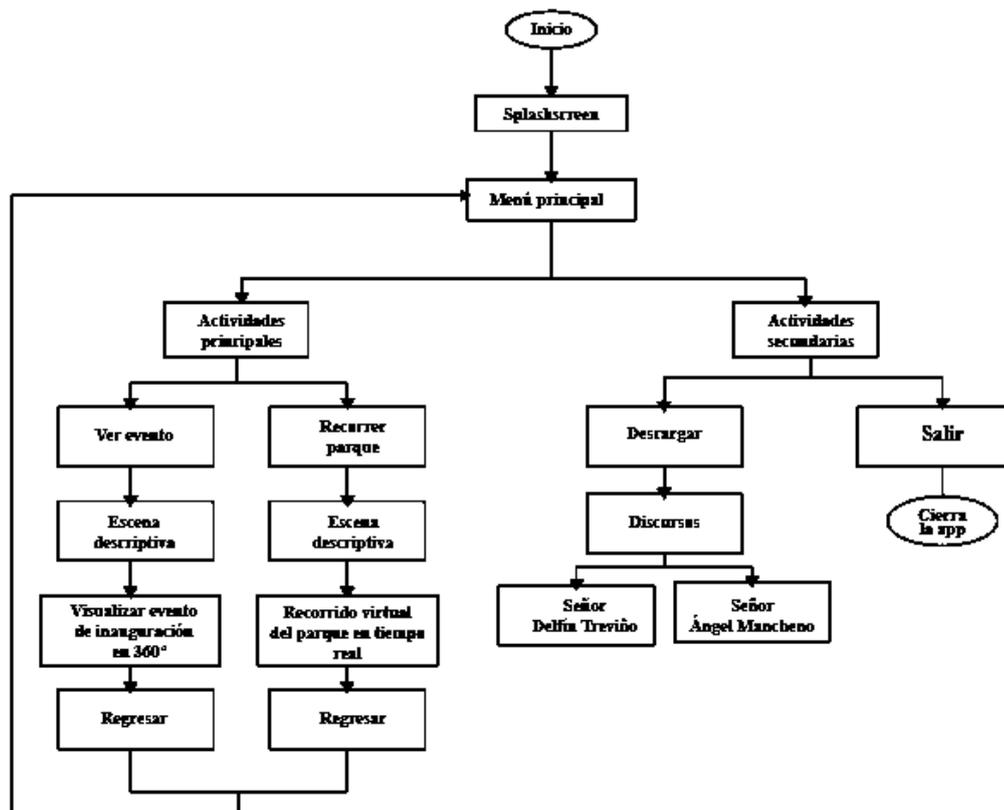


Gráfico 10-2: Flujo de actividad del sistema

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

2.2.2.2 Prototipo

Para el diseño de la aplicación específicamente en la interfaz de usuario se tomó en cuenta algunas características propias de Unity como los tamaños de iconos, etc. y el diseño en general de la aplicación.

2.2.2.2.1 Diseño icono de la aplicación



Figura 27-2: Boceto del Icono de la aplicación

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

2.2.2.2.2 Diseño Splashscreen



Figura 28-2: Boceto del SplashScreen de la aplicación

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

2.2.2.2.1 Diseño pantalla principal

Por ser esta pantalla principal para una aplicación de realidad virtual se optó por mantener un diseño de forma que los botones se mantengan en la parte central, para evitar que se distorsione con los movimientos de la cámara.



Figura 29-2: Boceto de la pantalla principal de la aplicación

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

2.2.2.3 Prototipo alta fidelidad

2.2.2.3.1 Diseño icono aplicación alta fidelidad



Figura 30-2: Icono de la aplicación alta fidelidad

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

2.2.2.3.1 Diseño Splashscreen alta fidelidad



Figura 31-2: Pantalla Splash de la aplicación alta fidelidad

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

2.2.2.3.1 Diseño pantalla principal alta fidelidad

La pantalla principal es una de las primeras escenas con la que el usuario tiene contacto por lo que esta debe captar la atención antes de sumergirse en el interior de la aplicación.

La pantalla principal lleva un fondo que permita relacionar un viaje al pasado

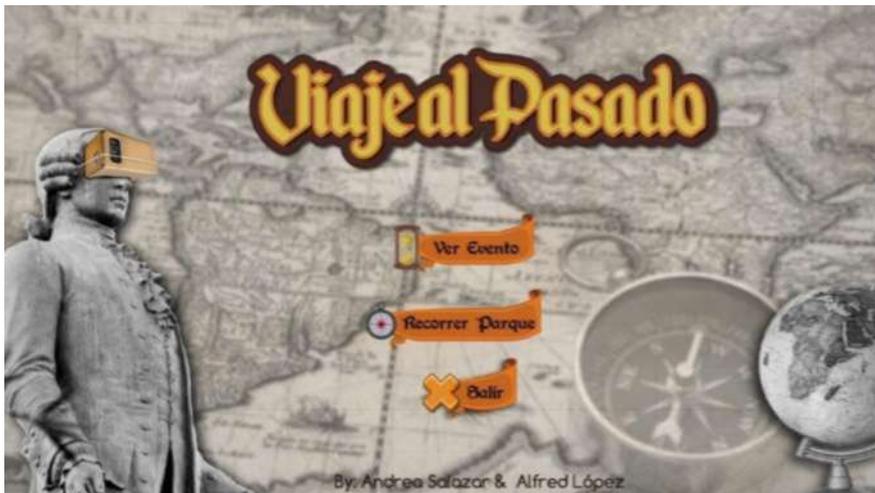


Figura 32-2: Pantalla principal de la aplicación alta fidelidad

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

CAPITULO III

3 DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN DE REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA

3.1 Desarrollo de aplicaciones para Android en Unity

Para poder desarrollar aplicaciones para dispositivos Android desde Unity se deben descargar complementos que serán vinculados al mismo. Los principales son SDK de Android y JDK de Java.

3.1.1 Instalar JDK de java para desarrollar aplicaciones Android

Para instalar el JDK de Java se debe visitar la página oficial de Oracle donde se encuentra dicho software que se debe instalar antes que el SDK de Android, para evitar errores en la instalación de Android Studio.

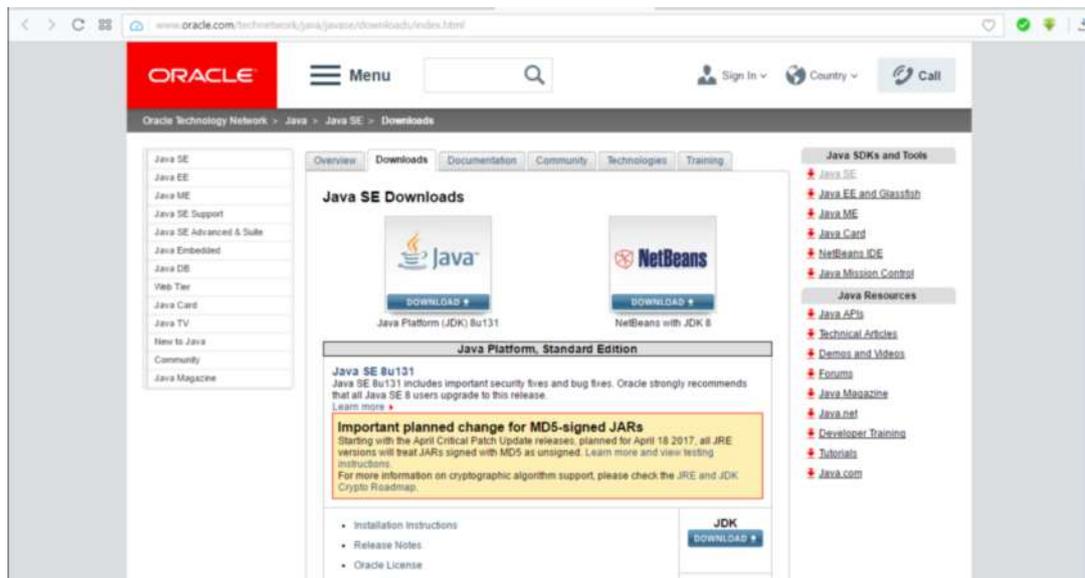


Figura 1-3: Sitio web para descargar JDK de java

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

3.1.2 Instalar Android Studio y el SDK para desarrollo de aplicaciones Android

Para instalar el SDK de Android se debe visitar la página oficial de Android donde se descarga Android Studio, software que contiene el SDK que se vinculara a Unity.



Figura 2-3: Sitio web para descargar Android Studio

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Una vez instalado Android Studio se da clic en Configure y seleccionamos SDK Manager

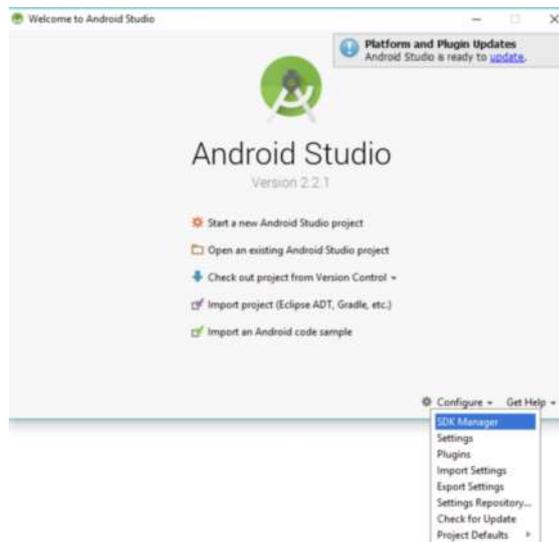


Figura 3-3: Pantalla principal de Android Studio

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Dentro del SDK Manager se debe elegir la versión de Android que se desea para desarrollar la aplicación y se da ok.

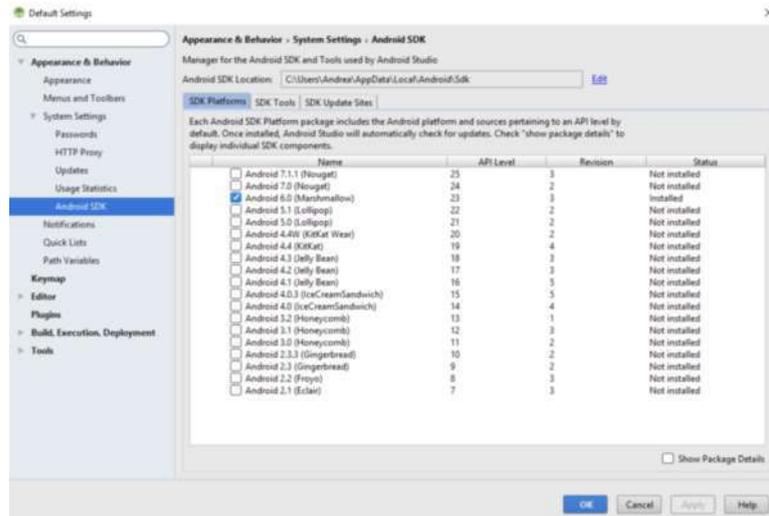


Figura 4-3: Sdk Manager de Android Studio

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Luego de pulsar ok se descargarán todas las herramientas que requiere cada versión y posteriormente permitirán desarrollar aplicaciones para dichas versiones.

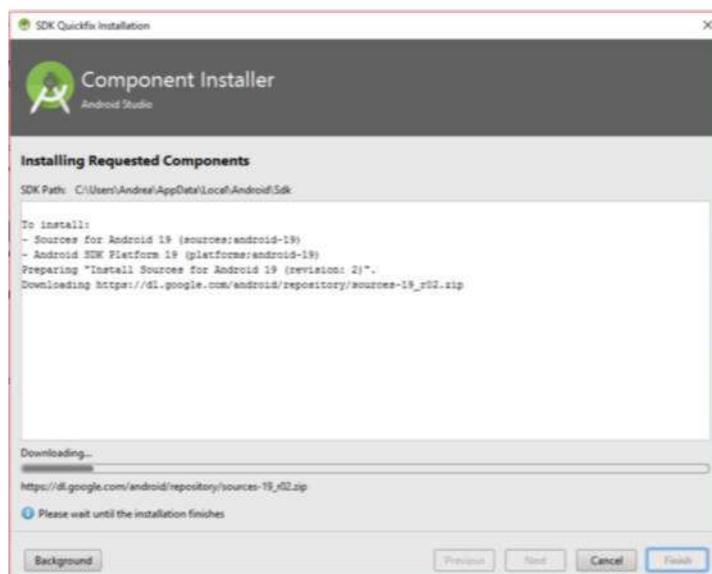


Figura 5-3: Pantalla instalación de versiones de Android

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

3.1.3 Vinculación de los complementos instalados con Unity

Para poder vincular los softwares complementarios a Unity se debe crear un nuevo proyecto en Unity, en este caso es la versión 5.0.

Se debe asignar un nombre y elegir la ruta de destino donde se desea guardar dicho proyecto.

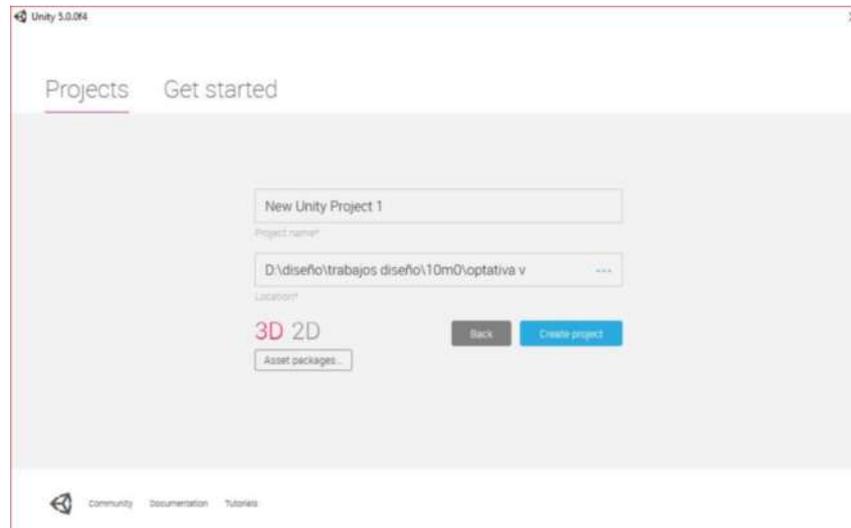


Figura 6-3: Pantalla principal de Unity 5.0

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Una vez creado el proyecto, para poder vincular a unity y el sdk que permite exportar aplicaciones para Android, se debe dirigir a la barra de menú edit y se selecciona preferences.

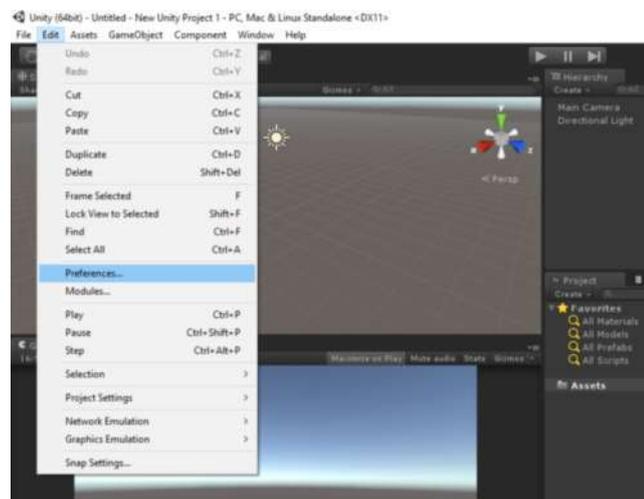


Figura 7-3: menú edit de unity

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Dentro de la opción preferences, seleccionar external tools y dar clic en la ruta donde se encuentra el SDK de Android

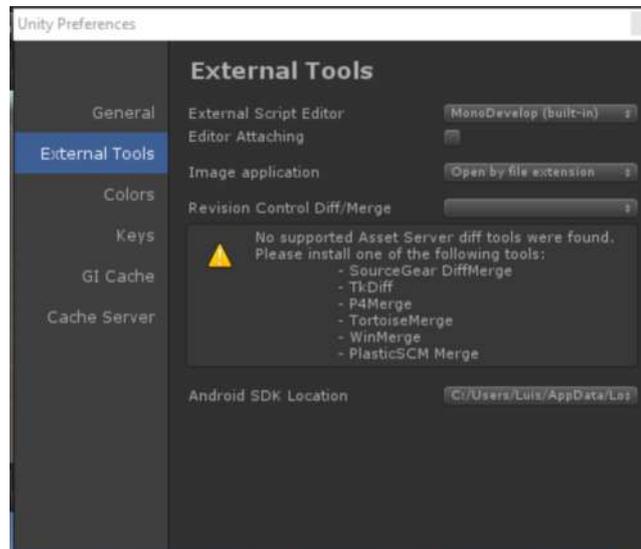


Figura 8-3: menú external tools de unity

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Luego de dar clic en la ruta del SDK de Android se debe elegir la carpeta donde se instaló el SDK

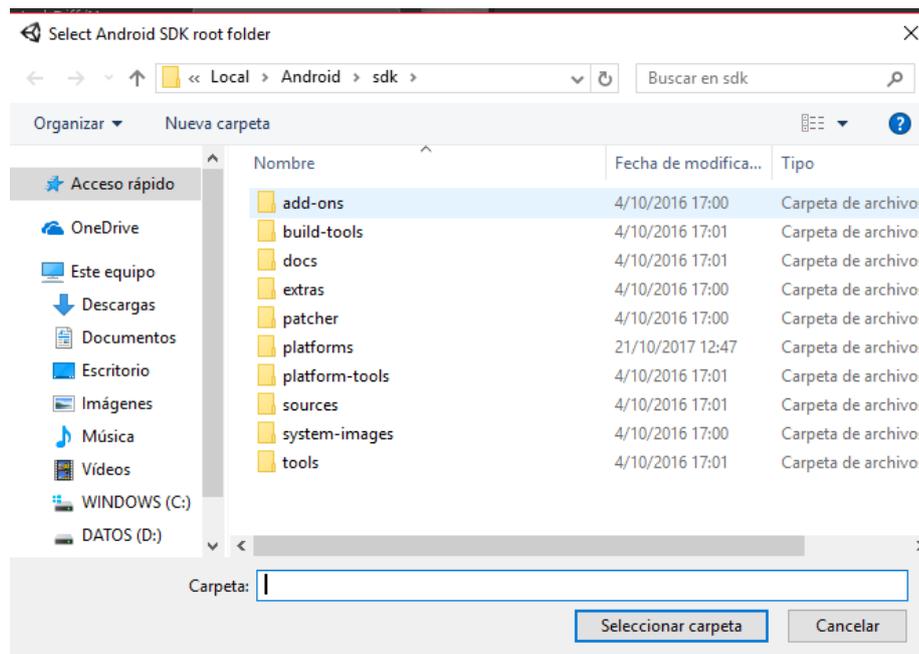


Figura 9-3: ubicación donde se instaló el sdk de Android

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Después de haber vinculado el SDK, en la barra de menú file se elige Build Settings

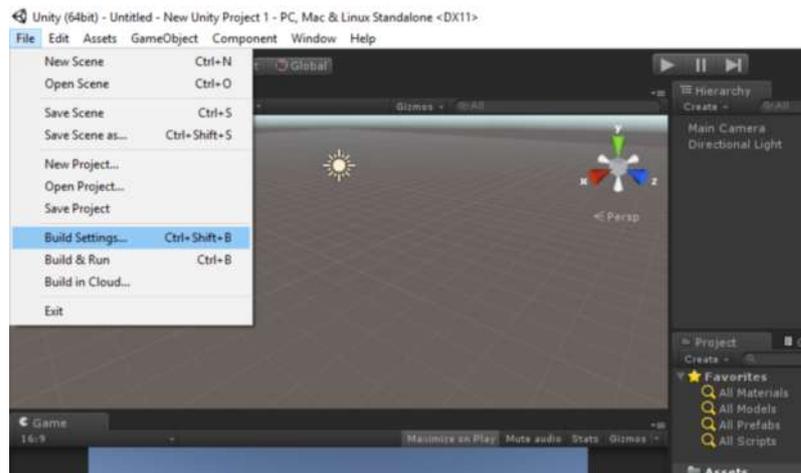


Figura 10-3: menú files de unity

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Dentro de Build Settings se elige la Plataforma Android y posteriormente se da clic en Switch Platform, para cambiar las configuraciones de Unity.

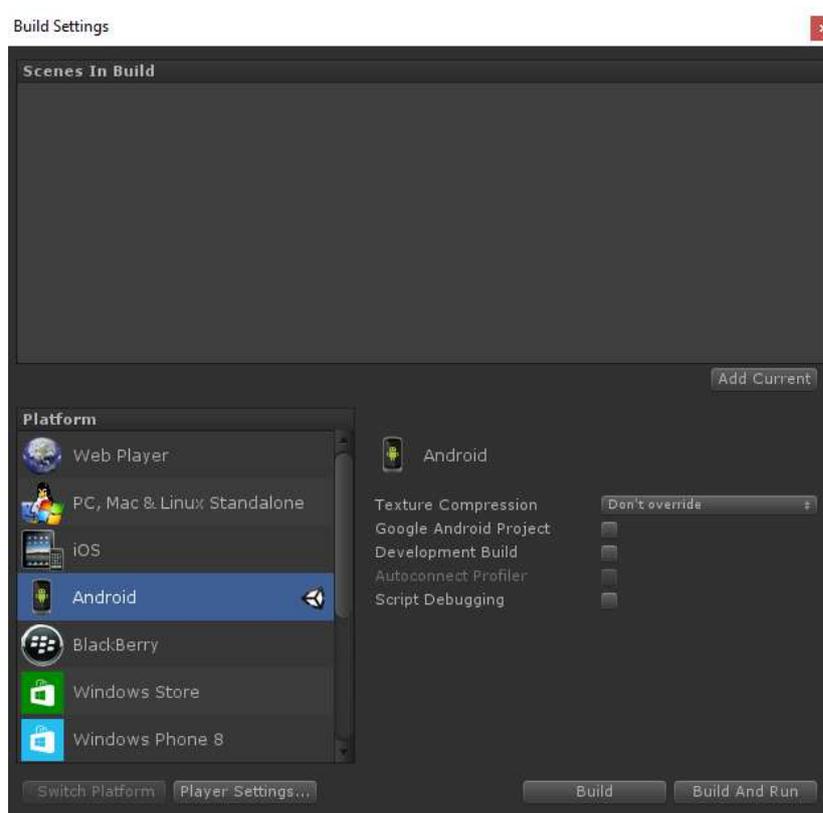


Figura 11-3: Pantalla Build Settings de unity

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

3.2 Creación de un proyecto de realidad virtual inmersiva con Google cardboard

Para cambiar de un proyecto normal a uno de realidad virtual utilizando Google Cardboard se debe descargar el kit de desarrollo desde la página oficial de Google VR en la cual se debe elegir Download the Cardboard SDK for Unity

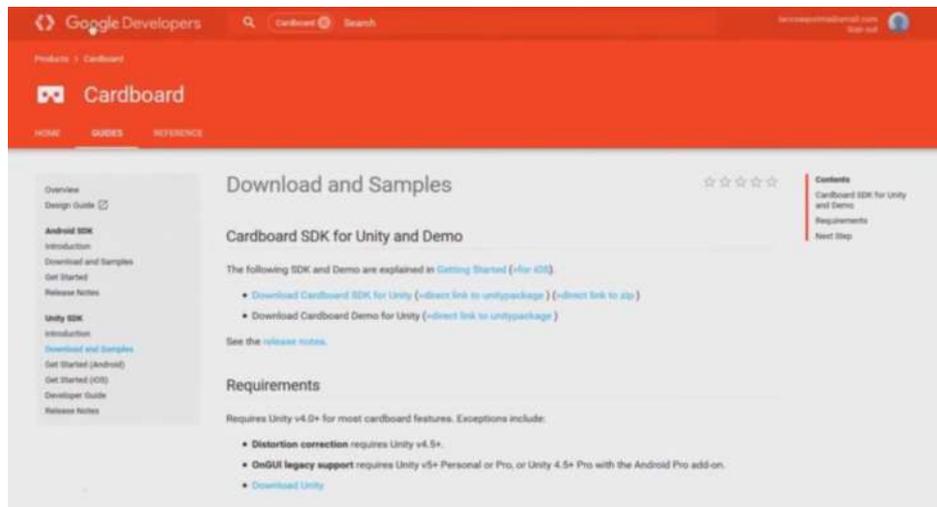


Figura 12-3: Sitio web para descargar sdk de Google cardboard
Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Despues de haber descargado el pack de desarrollo se lo importa a unity desde la barra de menú Assets, elegir import Package y dar click en Custom Package.

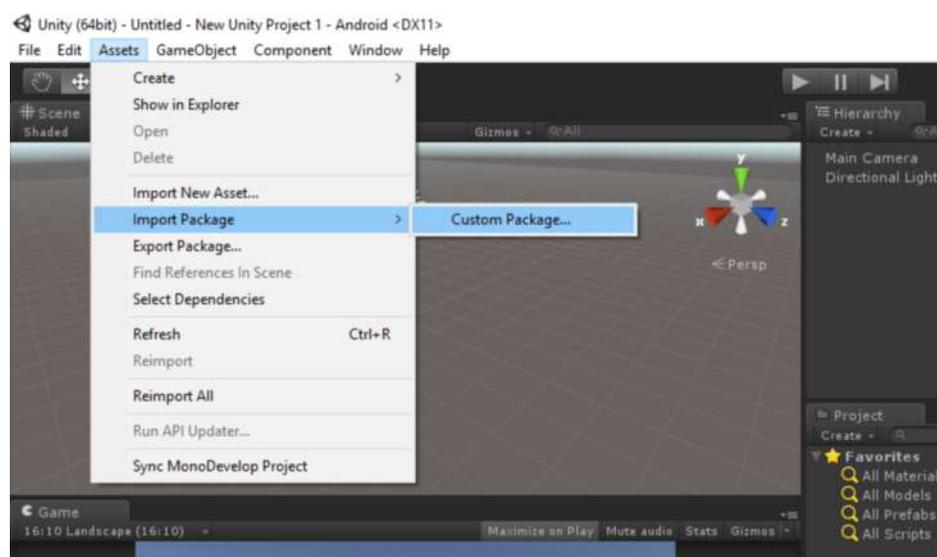


Figura 13-3: menú assets de unity
Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Luego de dar clic en Custom Package, buscar la carpeta donde se descargó el pack de desarrollo de Cardboard, seleccionar el archivo y dar clic en abrir.

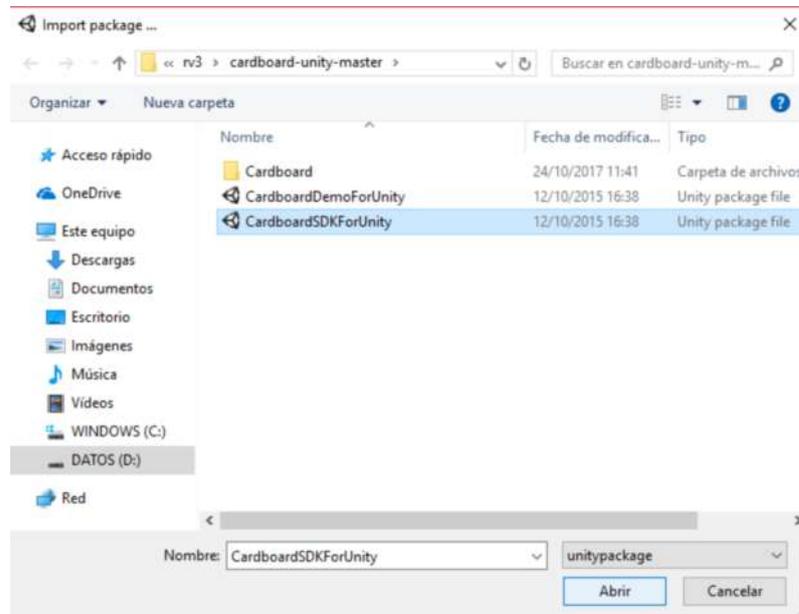


Figura 14-3: ubicación donde se descargó el sdk de Google cardboard

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Al pulsar abrir se muestran todas las herramientas con las que cuenta este pack, seleccionar todas las opciones y dar clic en import

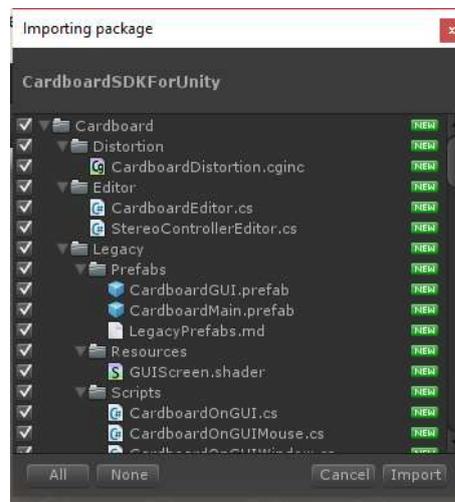


Figura 15-3: importando el sdk

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Para crear una escena de realidad virtual se debe utilizar el prefab CarboardMain, el cual permite convertir automáticamente la escena.



Figura 16-3: interfaz de unity con el prefab de Google cardboard

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Para crear un ambiente en sepia se debe modificar algunos aspectos como el lighting, skybox, texturas, etc.

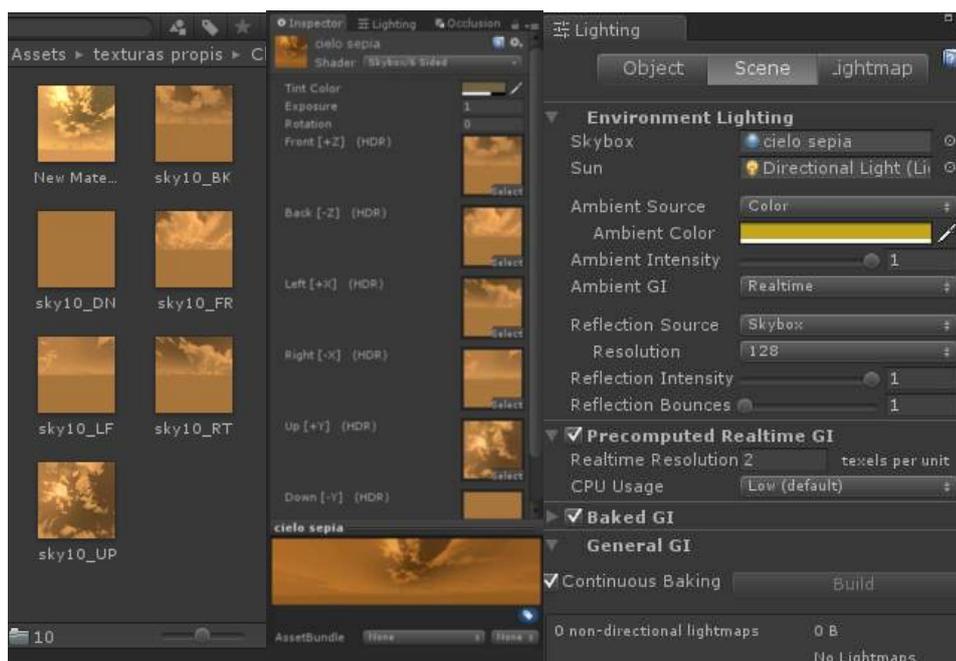


Figura 17-3: ventanas para modificar el color en unity

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Para armar la escena se debe importar todos los elementos que la compondrán uno por uno y colocar en su posición.

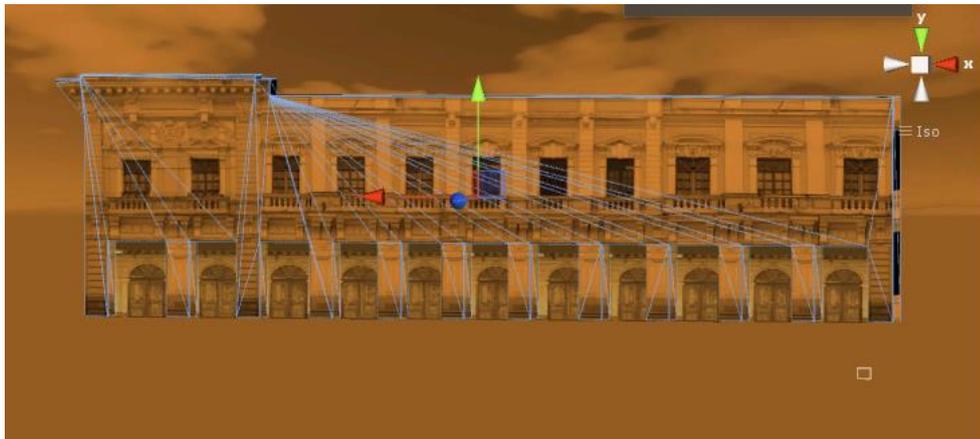


Figura 18-3: modelados 3d en la escena de unity

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018



Figura 19-3: escena armada en unity

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Para crear la zona que se podrá recorrer dentro de la escena, se debe utilizar colisionadores que mantengan al usuario dentro de esta zona.



Figura 20-3: objetos como colisionadores

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Se debe tener en cuenta que el prefab CarboardMain no detecta colisiones, si sedesea hacer que las detecte, se debe usar en completeto con un First Person Controler

Tabla 1-3: Tipo de camaras para realidad virtual

CarboardMain no detecta colisiones
A screenshot of a Unity 3D scene showing a character inside a collision zone. The scene is rendered in a brownish, flat environment. On the right side, the Unity Hierarchy panel is visible, showing a tree structure: 'CardboardMain' (expanded), 'Head' (expanded), 'Gaze Pointer', 'Main Camera', and 'Stereo Render'. The character is positioned within a green wireframe octagonal structure, similar to the one in Figure 20-3.
Figura 21-3: CarboardMain no detecta colisiones
Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

CarboardMain detecta colisiones

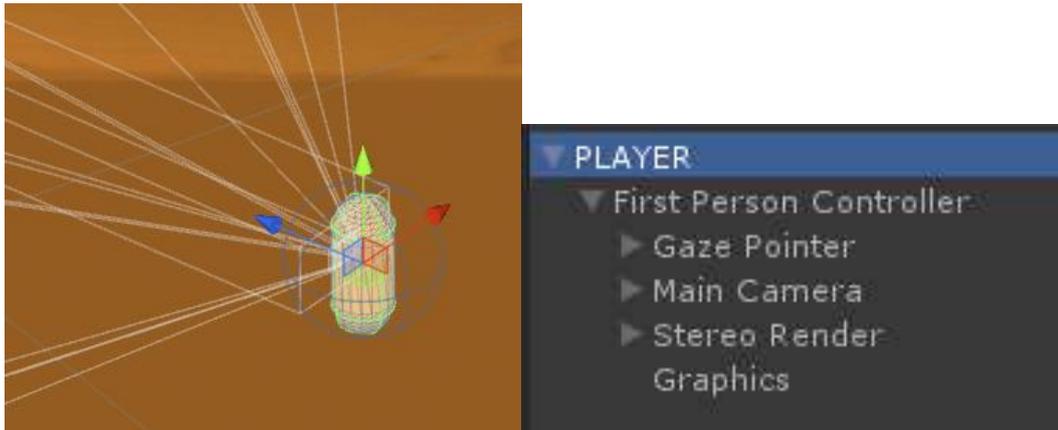


Figura 22-3: CarboardMain detecta colisiones

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2017

Fuente: Propia

Para crear animaciones se puede utilizar el Animator en el cual se puede vincular distintas animaciones, este es perfecto para la inteligencia artificial de los personajes, también se puede usar el Animation en el cual se pueden crear animaciones a cualquier elemento dentro de Unity.

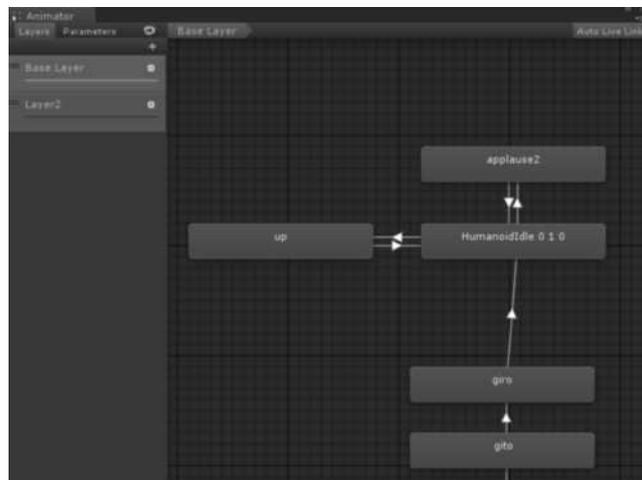


Figura 23-3: Ventana Animator de unity

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

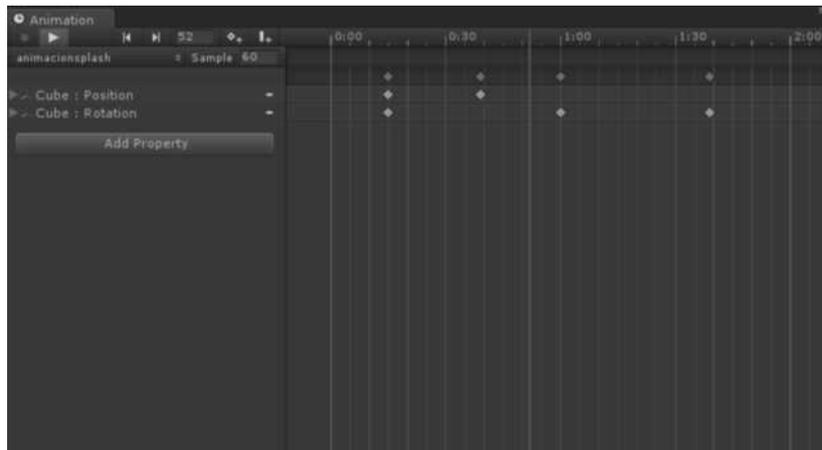


Figura 24-3: Ventana Animation de unity

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Para incorporar animaciones a un personaje se debe riggear el modelo con el fin de detectar su estructura ósea y de esta forma pueda realizar las animaciones.



Figura 25-3: Ventana para riggear modelados 3D

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Para crear un menú principal se debe hacer uso de canvas, el cual permite la interacción con los botones presentados en escena.



Figura 26-3: agregando botones en unity

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Para que una imagen sea reconocida como botón, esta debe ser transformada a Sprite 2D and UI

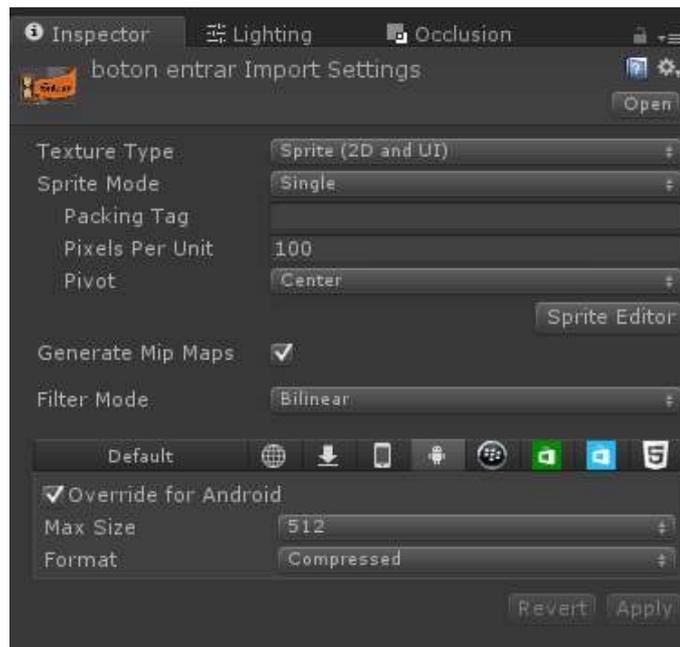


Figura 27-3: Configurar imagen para ser reconocida como boton

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Para poner audios a la escena se debe incorporar el componente Audio Source en la cual se puede definir el AudioClip que se escuchará, así como también se puede modificar el volumen, efecto 3D, tipo de reproducción, etc.



Figura 28-3: Agregar audio a la escena en unity

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

3.3 Exportación del proyecto para visualizar en Android

Para poder exportar el archivo APK que se instalará en el celular se debe dar clic en la barra de menú File y elegir Build Settings, dentro de esta pantalla se deben agregar todas las escenas que deben ser compiladas, y a continuación se da clic en el botón Player Settings, para poder configurar como se exportará la aplicación.

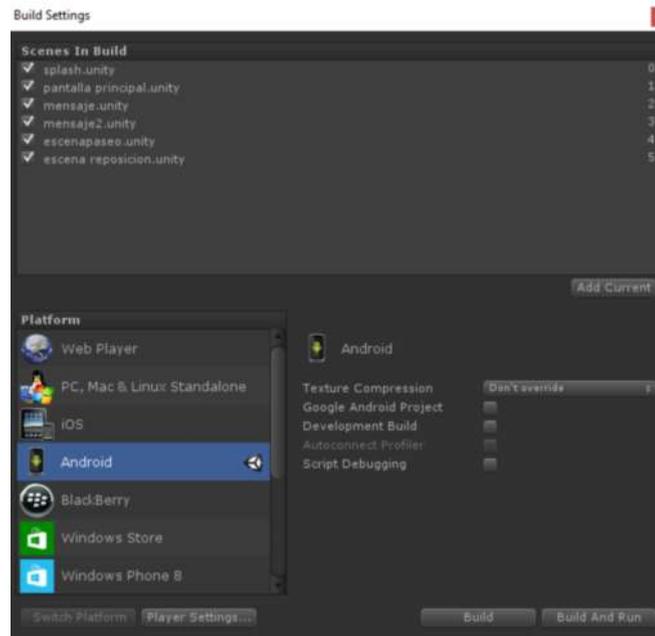


Figura 29-3 Pantalla build settings para exportar

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

En el player settings se debe llenar los campos de Company Name y Product Name, estos datos deben ser ingresados en otra pestaña de la misma forma que se redactaron aquí, además se puede agregar el icono desde esta pantalla o introducirlo más adelante.

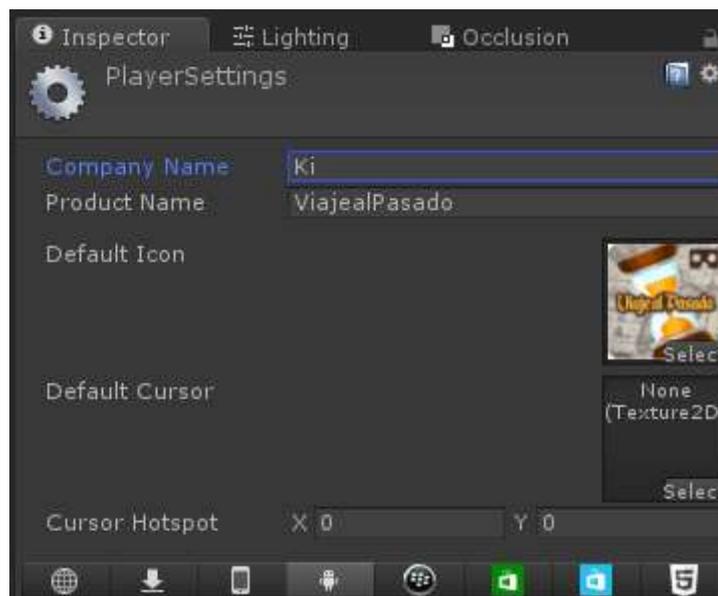


Figura 30-3: Pantalla Player Settings para exportar

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Dentro de la opción Resolution and Presentation se configura la orientación por defecto que va a tener la aplicación, para el caso de la aplicación de realidad virtual se debe trabajar en orientación Landscape Left para que la orientación sea horizontal con los botones de sistema ubicados a la derecha

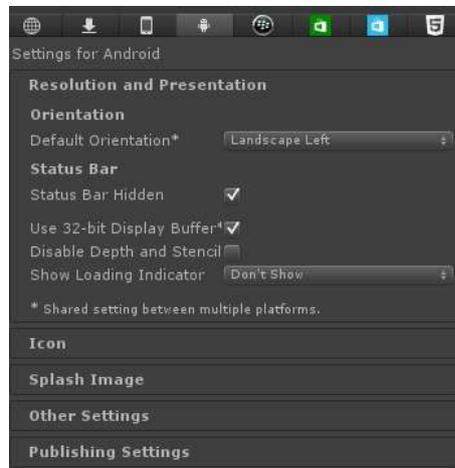


Figura 31-3: Opción Resolution and Presentation

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Para el icono se debe crear en un formato cuadrado, se lo puede crear del tamaño que muestra Unity que es 192 x 192 pixeles y de ahí unity escalará para los siguientes tamaños.

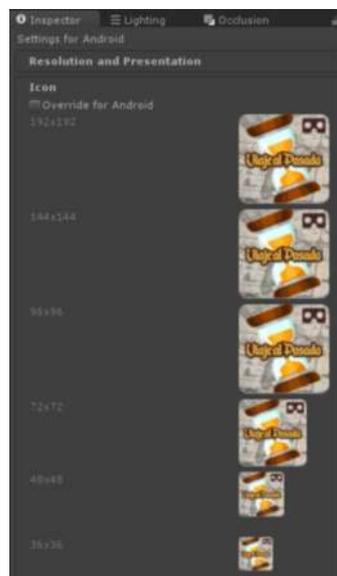


Figura 32-3: Opción Icon

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

En la opción Splash Image se puede cambiar la imagen que viene por defecto que es el logo de Unity, para esto la versión de Unity debe ser PRO.

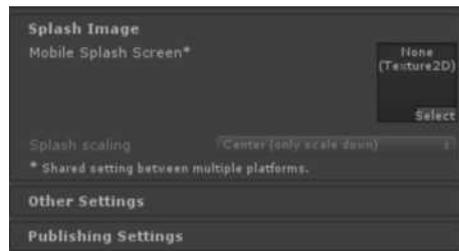


Figura 33-3: Opción Splash Image

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

La opción Other settings es la más importante, puesto que aquí se detallan la versión de la aplicación desarrollada, versión de Android / API level, etc. Además aquí se debe ingresar los mismos datos que se detalló en la primera opción, por ejemplo “com.ki.ViajealPasado”, si no se escribe correctamente esta aplicación no se compilará.



Figura 34-3: Opción Other Settings

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

En la opción Publish Settings se puede crear una contraseña para que al momento de compilar esta aplicación esté protegido y así evitar plagios de la app.



Figura 35-3: Opción Publish Settings

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Una vez introducidos los valores en el Player settings, se procede a dar clic en build que se encuentra en la ventana de build settings, a continuación, se debe elegir el directorio donde se guardará el archivo APK.

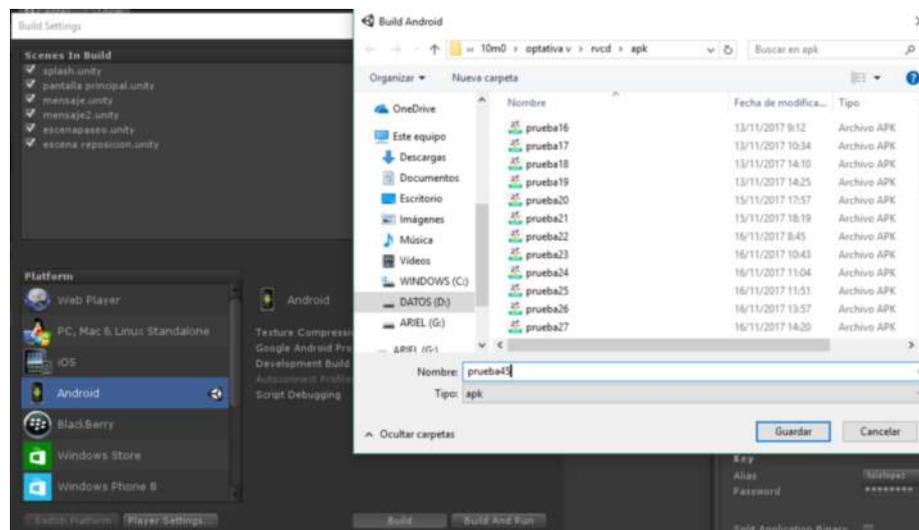


Figura 36-3: Compilar la aplicación

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Una vez elegido donde se guardará el archivo se debe esperar que Unity compile todos los archivos



Figura 37-3: Barra de carga Building Player

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Cuando termine de compilar se abrirá la carpeta que se eligió con anterioridad, en la cual se encontrará la aplicación en formato APK lista para ser instalada en un teléfono.

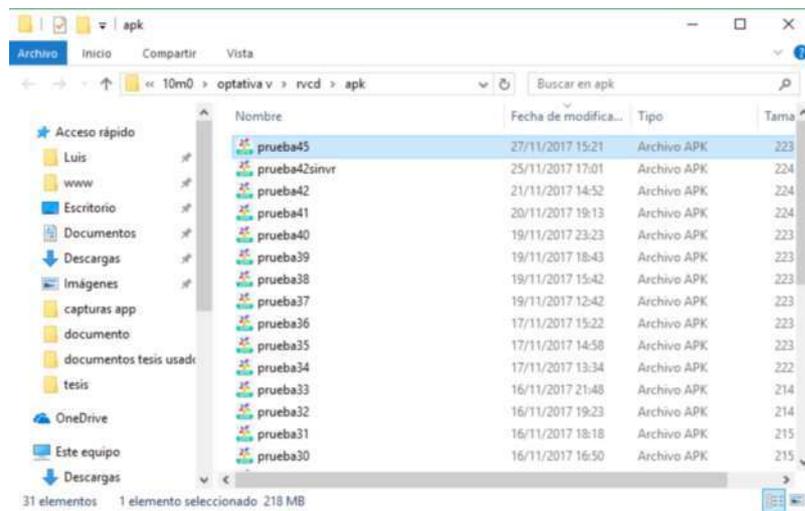


Figura 38-3: Directorio donde se guardó el archivo APK después de Compilar

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

3.4 Exportación del proyecto para visualizar en Oculus Rift

Para poder exportar el proyecto para ser visualizado en las Oculus Rift se deben hacer algunos cambios en la composición de la escena como: además del visor de Cardboard incorporar un First Person Controller, desactivar el modo VR del CardboardMain y modificar la configuración de los botones de la interfaz.



Figura 39-3: Configuración para exportar a pc

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Para exportar el proyecto se debe cambiar la plataforma para usar las Oculus dentro de Build Settings se elige PC y se da clic en Switch Platform

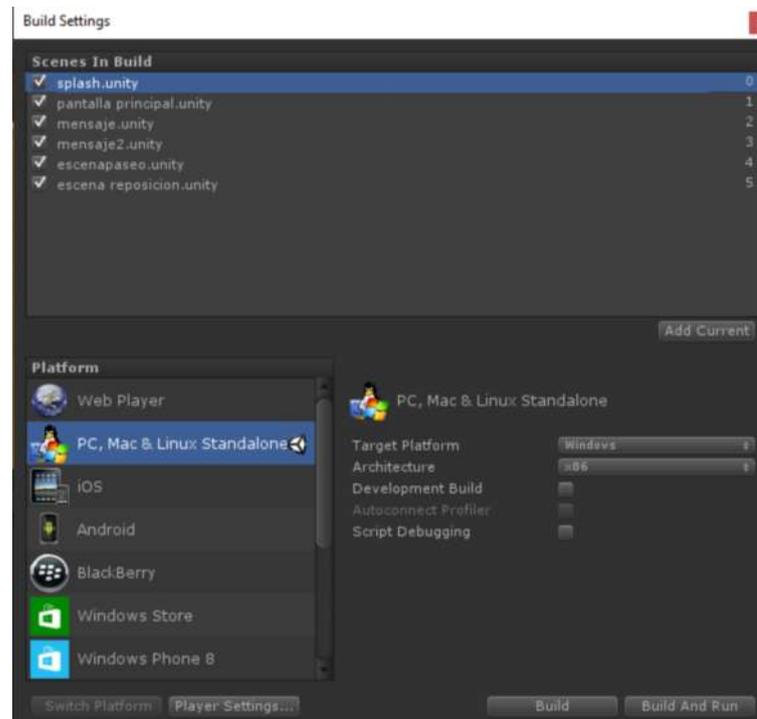


Figura 40-3: Exportar para PC

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Una vez cambiada la plataforma se debe elegir donde se guardará el archivo ejecutable de la aplicación.

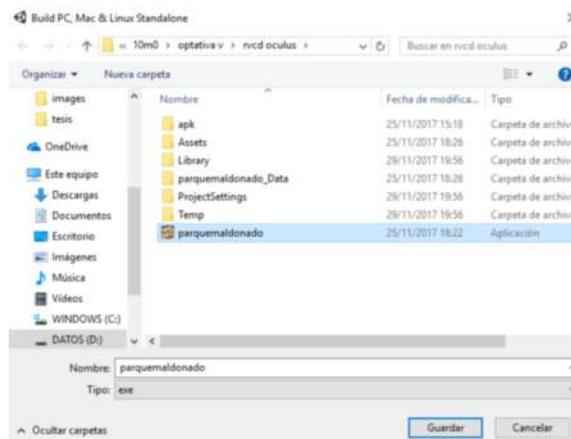


Figura 41-3: Exportar archivo ejecutable

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

3.5 Visualizar la aplicación en las Oculus Rift

Para utilizar las Oculus Rift, específicamente las DK2, debemos tener en cuenta los siguientes parámetros además de las que la propia empresa nombra.

Utilizar Windows 7 e instalar el driver de una versión anterior a la actualmente publicada.

Una vez que tenemos estos requisitos podemos instalar el driver(runtime) el cual se instala como cualquier programa, la versión que mejor se complementa con el pc es la 0.6.0.1

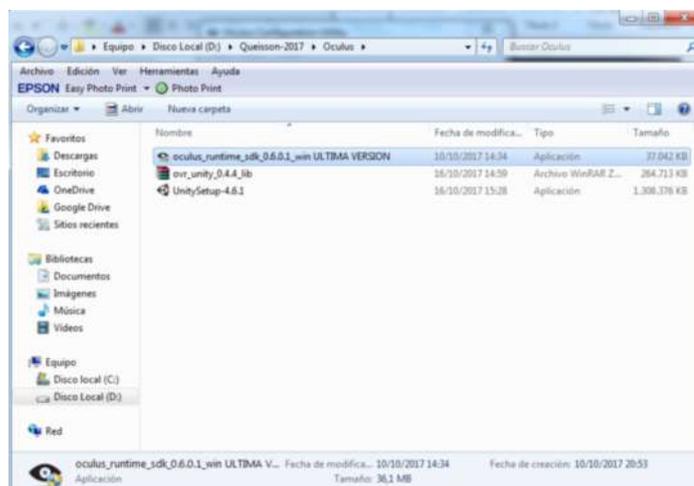


Figura 42-3: Instalar runtime de Oculus

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Después de instalar el runtime se configura el Oculus como extender escritorio de esta manera se podrá utilizar para visualizar cualquier tipo de contenido del PC



Figura 43-3: configurar Oculus

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Una vez configurado el Oculus nos dirigimos donde tengamos la aplicación, en este caso se encuentra en el escritorio, se debe tener en cuenta que si se va a mover la aplicación del lugar donde se exporto se debe mover el ejecutable junto a su carpeta data, caso contrario la aplicación no servirá.

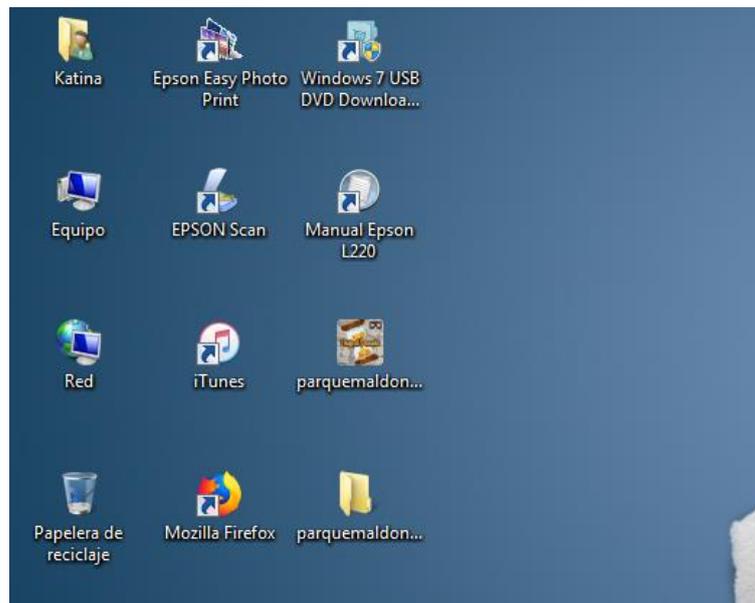


Figura 44-3: ubicación donde está la aplicación para PC

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Al ejecutar la aplicación aparecerá una ventana donde se debe seleccionar el monitor donde se ejecutará, esta opción solo aparece cuando hay más de un monitor conectado al PC, en este caso el Oculus ocupa el monitor 2, dar clic en play para empezar a visualizar la aplicación en el Oculus Rift.

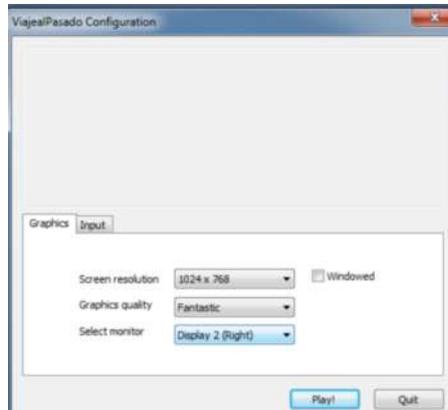


Figura 45-3: Ejecutar la aplicación en el Oculus

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018



Figura 46-3: Probar la aplicación en el Oculus Rift DK2

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

3.6 Evaluación de la Aplicación de Realidad Virtual

3.6.1 Medición de la usabilidad de la aplicación de realidad virtual inmersiva

Se acordó realizar un test de usabilidad con una demostración (ver en anexos B) a un focus group dentro del cual se encuentran promotores culturales que laboran en la Dirección de Cultura, área perteneciente al GAD Municipal de Riobamba, posteriormente brindaron su opinión acerca de la usabilidad de la aplicación de realidad virtual observada, así como juzgaron el contenido que fue mostrado, para lo cual se usó una encuesta (ver en anexos C) que dará los resultados de las opiniones de los encuestados.

Además, se utilizó una ficha de observación (Ver en Anexo D) para conocer de mejor manera como actúa el espectador ante los efectos y animaciones presentados en la aplicación de realidad virtual inmersiva.

El objetivo de este test es de mejorar la usabilidad del producto con la utilización de la norma ISO 9241-11 donde se describe a la usabilidad como el grado con el que el producto puede ser usado por usuarios específicos en los que se mide la efectividad, eficiencia y satisfacción en un contexto específico (ISO, 1998) a través de los cinco atributos definidos por Jacob Nielsen que son:

- Facilidad de aprendizaje
- Eficacia
- Memorabilidad
- Errores
- Satisfacción

Tabla 2-3: Atributos y preguntas del test de usabilidad

ATRIBUTOS A MEDIR	PREGUNTAS RELACIONADAS
Facilidad de aprendizaje	¿Encuentra la aplicación de realidad virtual fácil de usar? ¿Desde cualquier parte de la escena puede salir de la aplicación de realidad virtual?
Eficacia	¿Las opciones del menú de la aplicación de realidad virtual le hacen llegar directamente al lugar que usted quiere? Técnica de observación en la que se mostrará los siguientes puntos: <ul style="list-style-type: none">▪ Facilidad de empleo de la aplicación por parte del usuario.▪ Errores cometidos al usar por primera vez la aplicación.▪ Facilidad para la movilización dentro de la escena con el movimiento de la cabeza.▪ Desplazamiento dentro de la escena▪ Atención al evento.
Memorabilidad	¿Encuentra que el manual de uso es fácil de entender? ¿Encuentra que la información que se halla en las recomendaciones es de utilidad?

Errores	Si existieron errores técnicos en la aplicación de realidad virtual, ¿Puede describirlos?
Satisfacción	¿Considera usted que la aplicación tiene sustento histórico? ¿Considera que la experiencia de la realidad virtual inmersiva a través de un dispositivo móvil es aceptable para visualizar hechos históricos? ¿Del 1 al 5 cuál fue su grado de inmersión dentro de la escena presentada? ¿El uso de la tonalidad sepia de la escena le ayudó a sentirse como que está en una época pasada? ¿Considera usted que la aplicación de realidad virtual presentada es didáctica? ¿Considera usted que el evento presentado en la escena es de relevancia para ser compartido?

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López. 2017

Fuente: (Haro, 2016)

3.6.1.1 Análisis y resultados del test de usabilidad de la app de RVI

3.6.1.1.1 Encuestas

Luego de obtener las opiniones del focus group, se analiza cada una de sus respuestas ante la presentación de la aplicación de realidad virtual inmersiva.

Tabla 3-3: Resultados pregunta 1

PREGUNTA 1	SI	NO	TOTAL	SI	NO
¿Encuentra la aplicación de realidad virtual fácil de usar?	8	0	8	100%	0%

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López. 2017

Fuente: Propia

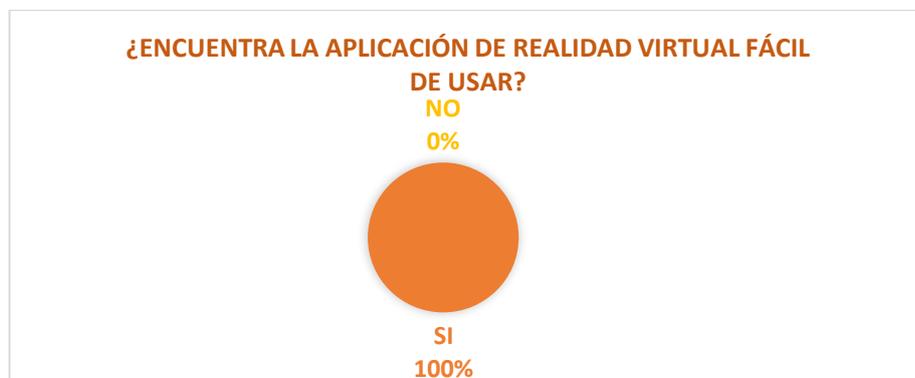


Gráfico 1-3: Resultados pregunta 1

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Interpretación: El 100% de las personas que respondieron la encuesta, respondieron que sí a la pregunta 1.

Análisis: Todas las personas afirmaron que la aplicación de realidad virtual es fácil de usar.

Tabla 4-3: Resultados pregunta 2

PREGUNTA 2	SI	NO	TOTAL	SI	NO
¿Las opciones del menú de la aplicación de realidad virtual le hacen llegar directamente a la escena a la cual usted desea ingresar?	8	0	8	100%	0%

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López. 2017

Fuente: Propia

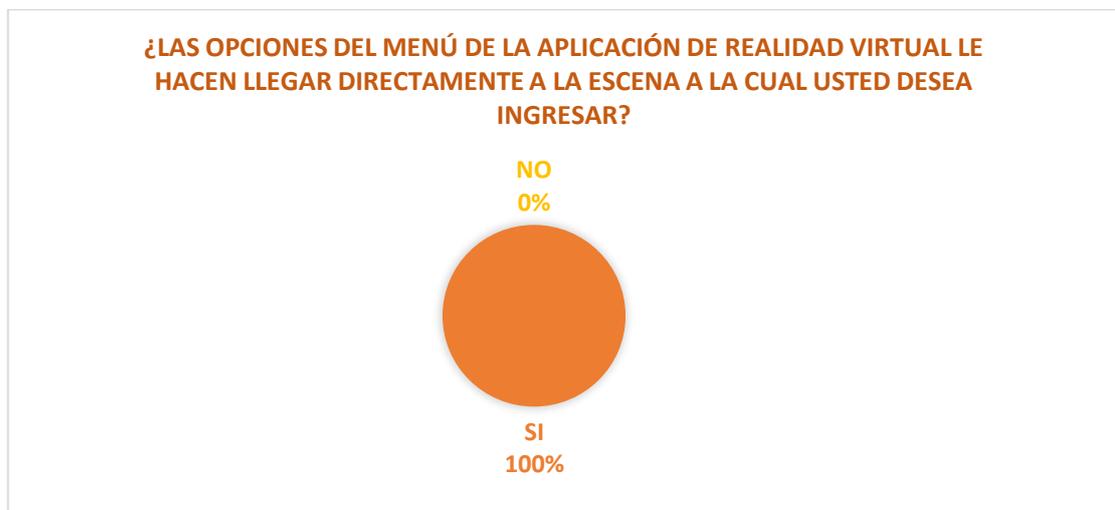


Gráfico 2-3: Resultados pregunta 2

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Interpretación: El 100% de las personas que respondieron la encuesta, respondieron que sí a la pregunta 2.

Análisis: Todas las personas afirmaron que el menú de la aplicación de realidad virtual los lleva directamente a donde ellos desean.

Tabla 5-3: Resultados pregunta 3

PREGUNTA 3	SI	NO	TOTAL	SI	NO
¿Desde cualquier parte de la escena puede regresar a las opciones de menú de la aplicación de realidad virtual?	7	1	8	88%	12%

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López. 2017

Fuente: Propia



Gráfico 3-3: Resultados pregunta 3

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Interpretación: El 88% de las personas que respondieron la encuesta, respondieron que sí a la pregunta 3, mientras que el 12% respondieron que no.

Análisis: La mayoría de personas afirmaron que pueden regresar al menú de la aplicación de realidad virtual, desde cualquier parte de la escena.

Tabla 6-3: Resultados pregunta 4

PREGUNTA 4	SI	NO	TOTAL	SI	NO
¿Encuentra que el manual de uso es fácil de entender?	5	3	8	64%	36%

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López. 2017

Fuente: Propia



Gráfico 4-3: Resultados pregunta 4

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Interpretación: El 64% de las personas que respondieron la encuesta, respondieron que sí a la pregunta 4, mientras que el otro 36% respondieron que no.

Análisis: La mayor parte de encuestados encuentran el manual de usuario fácil de entender.

Tabla 7-3: Resultados pregunta 5

PREGUNTA 5	SI	NO	TOTAL	SI	NO
¿Encuentra que la información que se detalla en el manual de uso es de utilidad?	7	1	8	88%	12%

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López. 2017

Fuente: Propia



Gráfico 5-3: Resultados pregunta 5

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Interpretación: El 88% de las personas que respondieron la encuesta, respondieron que sí a la pregunta 5, mientras que el 12% respondieron que no.

Análisis: La mayoría de personas afirmaron que la información que se detalla en el manual es de utilidad.

Tabla 8-3: Resultados pregunta 6

PREGUNTA 6		CANTIDAD
Marque si se presentó uno o varios de estos errores técnicos en la aplicación de realidad virtual.	Demora al entrar a la aplicación	2
	Los botones no cumplen su función	0
	Demora al cargar la escena	1
	La aplicación se cuelga	0
	Los audios no se reproducen	0
	Desface en las animaciones y audios	0

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López. 2017

Fuente: Propia

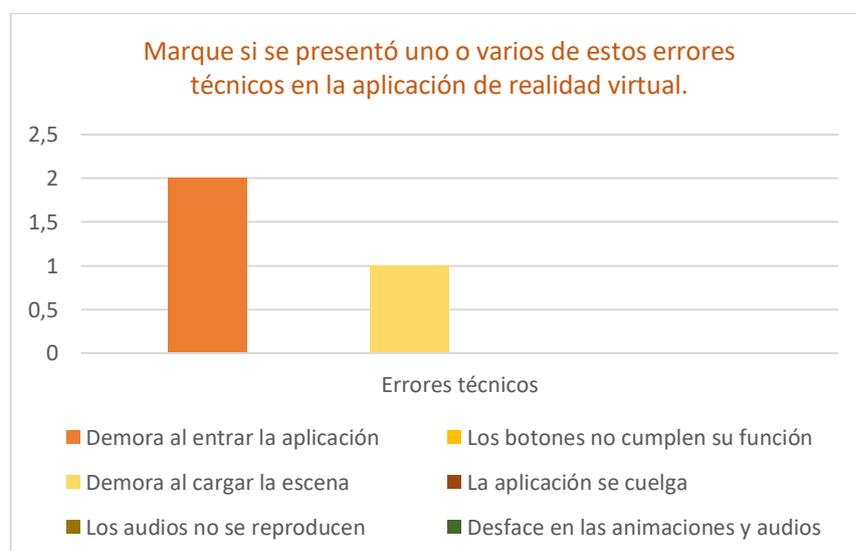


Gráfico 6-3: Resultados pregunta 6

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Interpretación: Del total de personas encuestadas se obtuvo 2 errores, siendo la demora al entrar a la aplicación percibida en dos ocasiones y demora cargar la escena percibida en una ocasión.

Análisis: La mayoría de personas afirman que no percibieron ningún tipo de error.

Tabla 9-3: Resultados pregunta 7

PREGUNTA 7	SI	NO	TOTAL	SI	NO
¿Considera usted que la aplicación evidencia un correcto sustento histórico?	8	0	8	100%	0%

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López. 2017

Fuente: Propia



Gráfico 7-3: Resultados pregunta 7

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Interpretación: El 100% de las personas que respondieron la encuesta, respondieron que sí a la pregunta 7.

Análisis: Todas las personas afirmaron que la aplicación si evidencia un correcto sustento histórico, además que coinciden que los datos presentados si se basan en hechos históricos.

Tabla 10-3: Resultados pregunta 8

PREGUNTA 8	SI	NO	TOTAL	SI	NO
¿Considera que la experiencia de la realidad virtual inmersiva a través de un dispositivo móvil es aceptable para visualizar hechos históricos?	8	0	8	100%	0%

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López. 2017

Fuente: Propia



Gráfico 8-3: Resultados pregunta 8

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Interpretación: El 100% de las personas que respondieron la encuesta, respondieron que sí a la pregunta 8.

Análisis: Todas las personas afirmaron que la experiencia de la realidad virtual inmersiva a través de un dispositivo móvil es aceptable para visualizar hechos históricos.

Tabla 11-3: Resultados pregunta 9

PREGUNTA 9	CANTIDAD		
Del 1 al 5 cuál fue su grado de inmersión dentro de la escena presentada, donde 1 es poco inmersivo y 5 muy inmersivo.	1	0	0%
	2	0	0%
	3	1	13%
	4	2	25%

	5	5	62%
TOTAL		8	

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López. 2017

Fuente: Propia

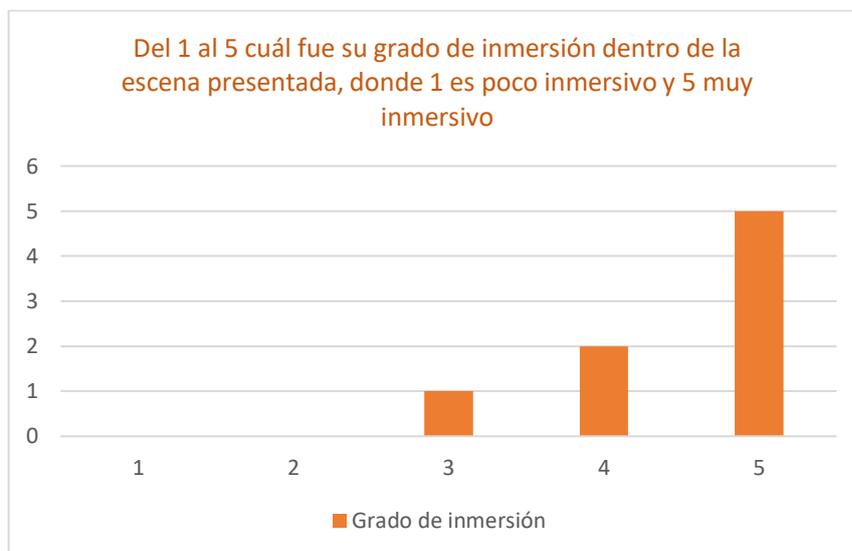


Gráfico 9-3: Resultados pregunta 9

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Interpretación: Del total de personas una experimentó un grado de inmersión de nivel tres, dos personas experimentaron un grado de inmersión de nivel 4 y cinco personas experimentaron un grado de inmersión de nivel 5.

Análisis: Todas las personas tuvieron una experiencia de inmersión, siendo la mayoría la que obtuvo un nivel de experiencia mayor que la media.

Tabla 12-3: Resultados pregunta 10

PREGUNTA 10	SI	NO	TOTAL	SI	NO
¿El uso de la tonalidad sepia (gama de tonalidades marrones que dan la apariencia de antigüedad) de la escena, generó en usted la sensación de estar en una época pasada?	7	1	8	87%	13%

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López. 2017

Fuente: Propia



Gráfico 10-3: Resultados pregunta 10

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Interpretación: El 83% de las personas que respondieron la encuesta, respondieron que sí a la pregunta 10, mientras que el 17% respondieron que no.

Análisis: La mayoría de personas afirmaron que el uso de la tonalidad sepia de la escena, generó la sensación de estar en una época pasada.

Tabla 13-3: Resultados pregunta 11

PREGUNTA 11	SI	NO	TOTAL	SI	NO
¿Tenía conocimientos previos acerca de lo que ocurrió en el evento de inauguración?	1	7	8	12%	88%

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López. 2017

Fuente: Propia

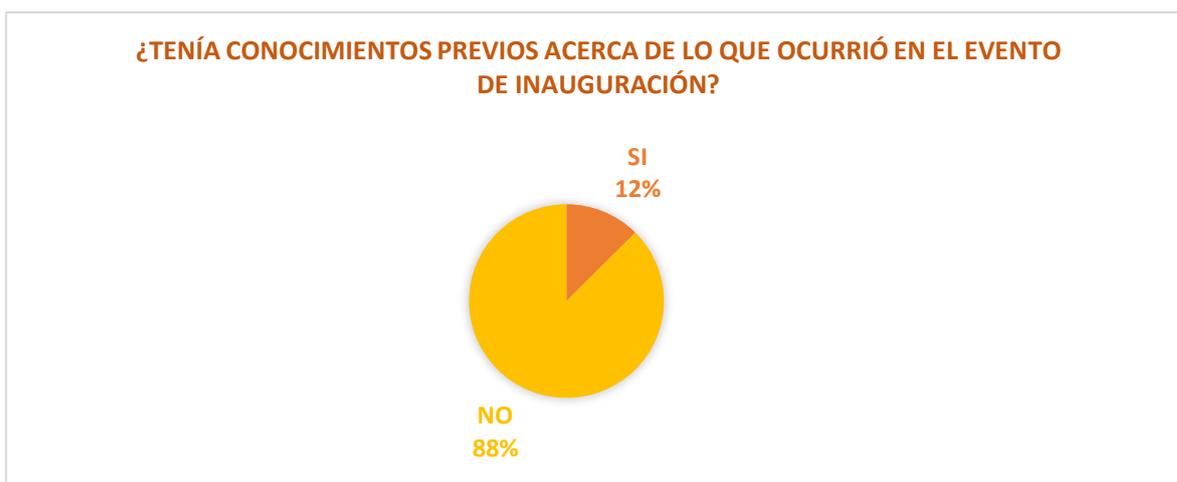


Gráfico 11-3: Resultados pregunta 11

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Interpretación: El 12% de las personas que respondieron la encuesta, respondieron que sí a la pregunta 11, mientras que el 88% respondieron que no.

Análisis: La mayoría de personas no tenían conocimientos previos acerca de lo que ocurrió en el evento de inauguración.

Tabla 14-3: Resultados pregunta 12

PREGUNTA 12	SI	NO	TOTAL	SI	NO
¿Considera usted que el evento presentado en la escena es de relevancia para ser recordado?	8	0	8	100%	0%

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López. 2017

Fuente: Propia



Gráfico 12-3: Resultados pregunta 12

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Interpretación: El 100% de las personas que respondieron la encuesta, respondieron que sí a la pregunta 12.

Análisis: Todas las personas afirmaron que el evento presentado en la escena es de relevancia para ser recordado.

Tabla 15-3: Resultados pregunta 13

PREGUNTA 13		CANTIDAD	
¿En el tiempo que uso de la aplicación de realidad virtual inmersiva le provocó algún tipo de molestia?	Nauseas	0	0%
	Vómito	0	0%
	Mareo	0	0%
	Ninguno	8	100%
TOTAL		8	

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López. 2017

Fuente: Propia

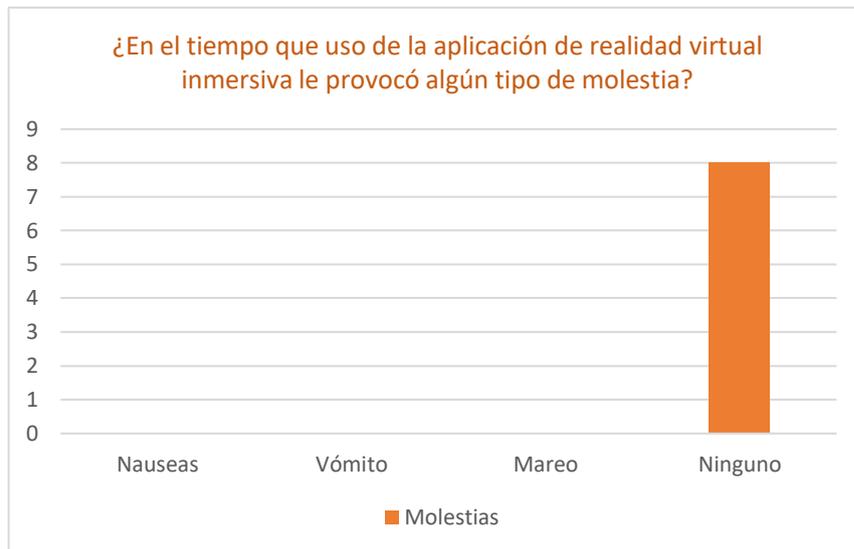


Gráfico 13-3: Resultados pregunta 13

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Interpretación: El 100% de las personas que respondieron la encuesta, respondieron que no a la pregunta 13.

Análisis: Ninguna de las personas sintieron ningún tipo de molestias al utilizar la aplicación de realidad virtual.

3.6.1.1.2 Resumen del test de usabilidad

Tabla 16-3: Resumen test de usabilidad

Resultados del Test de Usabilidad	Positivo	Negativo
Facilidad de Aprendizaje	94%	6%
Eficacia	100%	0%
Memorabilidad	75,5%	24,5%
Errores	87%	13%
Satisfacción	94,85%	5,15%
Total	90,27%	9,73%

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López. 2017

Fuente: Propia



Gráfico 14-3: Resultados test de usabilidad

Realizado por: Andrea Salazar y Luis López, 2018

Análisis: Como se muestra en la Tabla 16-3 el resultado de los atributos evaluados en el test de usabilidad se tiene un 90% de aceptación por parte de los usuarios, en el cual se evidencia la facilidad de aprendizaje, eficiencia, Memorabilidad, errores y satisfacción al utilizar la aplicación.

3.6.1.1.3 Fichas de observación

A través de la utilización de un controlador remoto en este caso TeamViewer observación (Ver en Anexo E), desde una computadora, se pudo observar directamente lo mismo que el usuario estaba viendo en el celular de manera remota, con el fin de poder detallar como el usuario interactuaba con la aplicación.

A través de las fichas de observación se pudo recolectar, que la mayoría de observadores leyeron con atención el manual de usuario, pero aun así cometieron algunos errores, por ser la primera vez que usaban la aplicación, pero estos fueron superados en el transcurso que la utilizaban, se evidencio también que la mayoría de usuarios permaneció más tiempo en la pantalla del menú principal observando el diseño y probando cómo funcionaban los botones.

La decisión de que escena observar primero, varió según el usuario, pero fue la escena “Recorrer parque” la que fue elegida en primer lugar por la mayor parte usuarios que probaron la aplicación, en esta escena se pudo evidenciar el grado de inmersión que experimentaban los usuarios, puesto que tendían a caminar al mismo tiempo que se movilizaban en la aplicación, necesitando más espacio para probarla, además se notó el interés de parte de los usuarios por desplazarse más allá de los límites, aun sabiendo que solo se podía transitar por alrededor del monumento.

En la escena “Ver evento” el mayor número de usuarios permaneció por completo observando y escuchando todo el evento hasta que la aplicación les llevara automáticamente al menú principal, se notó un poco de impaciencia por el tiempo que duró el evento.

3.6.1.1.4 Presentación del Proyecto de realidad virtual

Este proyecto fue expuesto en el teatrino de la casa museo (ver Anexo F), con el fin de que algunos directores de distintas áreas del municipio y la ciudadanía en general, observen la importancia que tiene la realidad virtual para ser aplicada a proyectos de turismo, puesto que actualmente carecen de este tipo de aplicaciones como medio de turismo.

CONCLUSIONES

Con la implementación de la metodología SUM para desarrollo de videojuegos móviles y al complementarla en la fase de desarrollo con la metodología de creación de mundos virtuales, se logró definir los métodos necesarios para llevar a cabo el desarrollo de la aplicación de realidad virtual inmersiva.

A través de la investigación, recopilación de datos, imágenes y las entrevistas a profesionales acerca del parque (estructura, cambios, elementos) así como también lo que ocurrió en el evento de inauguración del monumento a Maldonado se pudo desarrollar todos los elementos en 3D para su posterior utilización en un motor de gráficos 3D.

Para el desarrollo de la aplicación de realidad virtual inmersiva se debe utilizar un motor de gráficos 3D, en este caso se eligió Unity 3D que es un motor de videojuegos, este permite crear mundos virtuales, al ser capaz de incluir modelados 3D, animaciones, audios, etc. siempre y cuando estos archivos sean compatibles con el motor. Una particularidad de este motor de videojuegos es que se puede complementar con el SDK de Google Cardboard, lo cual permite transformar una escena común en una escena de realidad virtual inmersiva, ahorrando el tiempo de programar los distintos componentes necesarios y facilita el poder desarrollar aplicaciones móviles de realidad virtual inmersiva.

Otra particularidad que tiene Unity es que gracias a su soporte multiplataforma se puede exportar aplicaciones compatibles con dispositivos móviles que posean Android OS, permitiendo escoger para que versión de Android se pretende exportar; para este proyecto se tomó en cuenta los datos que comparte la Empresa Google a través de “Google Play Developer Console” los cuales mencionan cuales son las versiones de Android más utilizadas, por lo cual se exportó la aplicación de realidad virtual inmersiva para versiones de Android 4.4 o superior; la aplicación exportada debe ser utilizada complementariamente con un dispositivo adicional como son las gafas de realidad virtual cardboard u otras que permitan incorporar el dispositivo móvil, además que se podrá exportar la aplicación para ser visualizada a través de los Oculus Rift DK2.

Se implementó la aplicación móvil de realidad virtual inmersiva, luego de haber utilizado la aplicación y realizando el test de usabilidad mediante un cuestionario y por las fichas de

observación, se obtuvo un 90% de aceptación por parte de los usuarios, brindando una aplicación de realidad virtual inmersiva aceptable para transportarse al evento de inauguración del Parque Maldonado. Además, se obtuvo un 83% en el grado de inmersión que los usuarios experimentaron al probar la aplicación.

La principal dificultad en el desarrollo de la aplicación de realidad virtual con Google Cardboard, fue la falta de documentación que existe en español y además que Google presento nuevas formas de desarrollar realidad virtual como las Google VR o Google Daydream, y ya no hay mucho soporte técnico para cardboard.

RECOMENDACIONES

Para el desarrollo de este tipo de proyectos de realidad virtual a través de dispositivos móviles no siempre se encuentra una metodología concreta, por lo cual se recomienda buscar metodologías que abarquen la mayor parte de su problema y sea más fácil adaptarlas a sus necesidades.

Si se va a aplicar este proceso para la creación de cualquier proyecto de realidad virtual, se deberá seguir paso a paso la presente metodología para obtener buenos resultados, además se recomienda profundizar en aspectos como optimización tanto de recursos gráficos y códigos de programación, para mejorar el rendimiento de la aplicación.

Tomar esta investigación y seguir incrementando recursos que ayuden a realizar un mejor manejo de esta técnica por parte de cualquier persona con el objetivo de que la haga propia, experimente y la mejore, o también podría buscar otras técnicas para realizar realidad virtual inmersiva como puede ser Google VR, DayDream o abordar campos más complejos como las Oculus Rift.

Experimentar el desarrollo de la aplicación de realidad virtual para otras versiones de Android, con el fin de mejorar el desempeño de la misma, u optar por otra plataforma como puede ser IOS que es la plataforma que se encuentra en segundo lugar en comercialización por debajo de Android.

Si bien si se puede exportar este proyecto para ser visualizado con Oculus Rift se recomienda empezar el proyecto enfocado a esta, ya que así se podrá aprovechar de mejor manera todas sus características.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ALEGSA, L.**, Definición de script. [En línea]. [Consulta: 19 de mayo del 2017]. Disponible en: <http://www.alegsa.com.ar/Dic/script.php>
2. **BORJA, S.**, *Las Maquetas Imposibles* (2008).
3. **CARDOSO, H.**, *Unity*. [En línea]. [Consulta: 18 de mayo del 2017]. Disponible en: <https://www.ecured.cu/Unity>.
4. **CASTILLO, A.**, *La historia de Android: todas sus versiones*. [En línea]. [Consulta: 22 de mayo del 2017]. Disponible en: <http://www.poderpda.com/editorial/la-historia-de-android-todas-sus-versiones/>
5. **CEJAS, S.**, *Cryengine*. [En línea]. [Consulta: 19 de mayo del 2017]. Disponible en: <https://www.vidaextra.com/industria/crytek-anuncia-su-motor-grafico-cryengine-v-y-te-permite-usarlo-pagando-lo-que-quieras-por-el-gdc-2016>
6. **COLLADO, C.**, *Google Daydream View*. [En línea]. [Consulta: 18 de mayo del 2017]. Disponible en: <https://andro4all.com/2016/10/google-daydream-vs-gear-vr-vs-oculus-vs-htc-vive>.
7. **CUELLO, J. & VITTONI, J.**, *Diseñando Apps para móviles*. 1ª ed. Madrid-España: C. D. Giraldo, 2013.
8. **ECLIPSE**, *Metodología sum*. [En línea]. [Consulta: 18 de mayo del 2017]. Disponible en: <http://www.gemserk.com/sum/>.
9. **ESTORACH, V.**, *Best Practices para mejorar el Onboarding en aplicaciones móviles*. [En línea]. [Consulta: 18 de mayo del 2017]. Disponible en: <https://www.yeeply.com/blog/best-practices-para-mejorar-el-onboarding-en-aplicaciones-moviles/>.
10. **FERNÁNDEZ, M.**, *Modelado , texturizado y ajuste de malla*. [En línea] (Tesis). Universidad Carlos III de Madrid, España. 2016. pp.29. [Consulta: 20 de mayo del 2017]. Disponible en: <http://e->

archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/12936/modelado_fernandez_2011_pp.pdf?sequence=1.

11. **GIRONÉS, J.**, *El gran libro de Android* 2nd ed., Mexico: AlfaOmega (2012).
12. **González, C. Et al.**, 2014. *Análisis: Motores gráficos y su aplicación en la industria*. [En línea] Instituto Tecnológico de Aragón, 2014. pp.16. [Consulta: 18 de mayo del 2017].
Disponible en:
[http://www.aragon.es/estaticos/GobiernoAragon/Departamentos/InvestigacionInnovacionUniversidad/Areas/Sociedad_Informacion/Documentos/Estado del arte GameEngines y su impacto en la industria.pdf](http://www.aragon.es/estaticos/GobiernoAragon/Departamentos/InvestigacionInnovacionUniversidad/Areas/Sociedad_Informacion/Documentos/Estado%20del%20arte%20GameEngines%20y%20su%20impacto%20en%20la%20industria.pdf).
13. **GOOGLE PLAY DEVELOPER CONSOLE**, *Estadísticas de instalación de Google Play*. [En línea]. [Consulta: 18 de mayo del 2017]. Disponible en:
<https://developer.android.com/about/android.html>
14. **GUEMES, F.**, *Objetos 3D* Mexico: Opra, 2014.
15. **HARO, M.B.**, 2016. *Desarrollo e implementación de una aplicación móvil para controlar el uso de agroquímicos en los cultivos de las comunidades del cantón Guamote, provincia de Chimborazo, Ecuador*. [En Línea] (Tesis). ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO [Consulta: 18 de mayo del 2017]. Disponible en:
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6284>.
16. **HÉBUTERNE, S. & PÉROCHON, S.**, *Android: Guía de desarrollo de aplicaciones para smartphones y tabletas* 2nd ed., España: 2014.
17. **HERNÁNDEZ, D.**, *Huawei vr descripción*. [En línea]. [Consulta: 18 de mayo del 2017].
Disponible en: <http://computerhoy.com/noticias/zona-gaming/huawei-vr-nueva-competencia-samsung-gear-vr-43515>.
18. **HERNÁNDEZ, J.**, *¿Qué es Oculus Rift?* [En línea]. [Consulta: 18 de mayo del 2017].
Disponible en: <http://www.areatecnologia.com/aparatos-electronicos/oculus-rift.html>.
19. **HERNÁNDEZ, J.**, *Inteligencia Artificial* .España: Febres, 2012.

- 20. ISAZA, M.,** *El sonido en los videojuegos*. [En línea]. [Consulta: 18 de mayo del 2017].
Disponible en: <https://www.hispasonic.com/blogs/sonido-videojuegos-1ra-parte-jugador-musica-dialogos/36600>
- 21. LÓPEZ, J.,** *Para qué sirve cada uno de los sensores que tiene tu móvil*. [En línea].
[Consulta: 22 de agosto del 2017]. Disponible en:
https://cincodias.elpais.com/cincodias/2015/05/11/lifestyle/1431341623_109997.html
- 22. MATURANA, J.,** *HTC Vive, análisis: esto sí que es realidad virtual interactiva*. [En línea].
[Consulta: 18 de mayo del 2017]. Disponible en: <https://www.xataka.com/analisis/htc-vive-analisis-esto-si-que-es-realidad-virtual-interactiva>.
- 23. MUY INTERESANTE, R.,** *Vive la realidad virtual*. 426, España: 2016. pp.28–34.
- 24. OTERO, A. & FLORES, J.,** *REALIDAD VIRTUAL : UN MEDIO DE Aplicación como herramienta educativa y factores de diseño e implantación en museos y espacios públicos*. España: Resumen. ,2011. pp.185–211.
- 25. PARISI, T.,** *Learning Virtual Reality*, O'Reilly Media, Inc. [En línea]. [Consulta: 18 de mayo del 2017]. Disponible en: <https://www.safaribooksonline.com/library/view/learning-virtual-reality/9781491922828/>.
- 26. PÉREZ, F.,** *Diseño de apps, su importancia para el usuario y los mejores ejemplos*. [En línea]. [Consulta: 18 de mayo del 2017]. Disponible en:
<https://www.yeeply.com/blog/disenio-de-apps-ejemplos/>.
- 27. PÉREZ, F.,** *Presente y Futuro de la Tecnología de la Realidad Virtual*. 16, España: 2016. pp.1–39. [En línea]. [Consulta: 18 de mayo del 2017]. Disponible en:
[http://creatividadsociedad.com/articulos/16/4-Realidad Virtual.pdf](http://creatividadsociedad.com/articulos/16/4-Realidad%20Virtual.pdf).
- 28. PRENSKY, M.,** *Digital Natives, Digital Immigrants*. Estados Unidos: On the Horizon, 2011.
- 29. PULIDO, S. & ISAZA, I.,** *Realidad virtual*. España: 2013.

- 30. RAMIREZ, A.,** *Diseño e implementación de un juego para plataforma Android: Jim Adventure*. Universitat Oberta de Catalunya. 2015.
- 31. LA RAZON,** *La razon 09 julio 1927*. Riobamba: Ecuador, 1927.
- 32. SAMSUNG, 2016.** *Nuevas gafas Gear VR compatibles con más smartphones*. [En línea]. [Consulta: 18 de mayo del 2017]. Disponible en: <http://www.samsung.com/es/a-fondo/wearables/nuevas-gafas-realidad-virtual-samsung-gear-vr/>.
- 33. SOCIEDAD PEDRO VICENTE MALDONADO,** *Memorias del tricentenario de nacimiento de Pedro Vicente Maldonado*. Riobamba; Ecuador, 2006.
- 34. SONY,** *¿En qué consiste el casco de PlayStation VR?* [En línea]. [Consulta: 18 de mayo del 2017]. Disponible en: <http://www.gafasoculus.com/playstation-vr/>.
- 35. TORRES, D.,** *Historia de Riobamba*. [En línea]. [Consulta: 18 de mayo del 2017]. Disponible en: <https://www.riobamba.co/historia-riobamba-r-i-b-m-b/>
- 36. UNITY TECHNOLOGIES,** *Assets*. [En línea]. [Consulta: 18 de mayo del 2017]. Disponible en: <https://docs.unity3d.com/es/current/Manual/AssetWorkflow.html>
- 37. UNREAL ENGINE,** *Unreal Engine*. [En línea]. [Consulta: 18 de mayo del 2017]. Disponible en: <https://www.unrealengine.com/unreal-engine-4>
- 38. VELASCO, X. & ROMERO, P.,** 2014. *Integración de un motor 3D con una herramienta de modelado y animación para crear mundos virtuales interactivos*. [En línea] (Tesis). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2014 [Consulta: 18 de mayo del 2017]. Disponible en: Available at: <http://dspace.espech.edu.ec/handle/123456789/3327>.
- 39. VILLALBA, L.E.,** *El Mundo En 3d Es El Real Tridimensional (3D)*. [En línea] (Tesis) Universidad Nacional de Canindeyú. 2014, [Consulta: 18 de mayo del 2017]. Disponible en: <http://facitec.edu.py/investigacion/files/original/8b1ab247f1fc62a7b6920f6051be47fe.pdf>.