

# UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE PANDO

ÁREA DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS



## PROYECTO DE GRADO

**APLICACIÓN MOVIL EN ANDROID CON REALIDAD AUMENTADA PARA SALA DE MAMIFEROS DEL MUSEO DE HISTORIA NATURAL PEDRO VILLALOBOS DE LA UNIVERSIDAD AMAZONICA DE PANDO**

PROYECTO DE GRADO PRESENTADO PARA OBTENER EL TÍTULO ACADÉMICO DE LICENCIADO EN INGENIERÍA DE SISTEMAS

**Postulante:** Univ. Efrain Yapu Huanca  
**Tutor:** Ing. Juan Carlos Gallardo Jiménez  
**Asesor:** MSc. Ing. Alex Yanahuaya Arce

Cobija - Pando – Bolivia

2019

## **DEDICATORIA**

*El presente trabajo va dedicado especialmente a mis Padres quienes me dieron la vida, educación, apoyo y consejos. A mis maestro, docentes, hermanos y amigos fueron las personas que me brindaron su apoyo mis amigos, quienes sin su apoyo nunca hubiera podido dar un paso más en la vida. A todos ellos se los agradezco desde el fondo de corazón. Para ellos hago esta dedicatoria.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*Sobre todas las cosas añadidas, en primer lugar, quiero agradecer infinitamente a nuestro creador Dios todo poderoso por haberme permitido estar con vida hasta este momento, y sobre todo por darme la sabiduría e inteligencia para realizar el presente proyecto.*

*A mis padres Esteban, Miguelina Gloria y hermanos Orlando, Joel Omar, Iván Joel, Jhonny y Esther por su apoyo incondicional en todo este proceso de formación y para concluir mis estudios académicos.*

*A todos mis docentes de la carrera de Ingeniería de Sistemas por la paciencia y el compromiso en especial a mí: Tutor Ing. Juan Carlos Gallardo Jiménez, Asesor MSc. Ing. Alex Yanahuaya Arce, Revisores MSc. Ing. Samuel Fuentes Chambi y al Ing. Omar Cesar Calizaya Quiñones.*

## **RESUMEN**

En la actualidad es fácil percibir como crece el uso de la tecnología y desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles. La Realidad Aumentada nos permite juntar lo real con lo virtual ofrece una nueva forma de apoyar y mejorar la experiencia de aprendizaje de los visitantes en el museo presentando información multimedia, por medio de reconocimiento de marcadores de animales, en este caso del Jaguar, chancho de tropa, tatú quince kilos, huaso o venado, oso bandera y perezoso de tres dedos.

Se implementó una forma diferente de realizar visitas al museo haciendo uso de la tecnología de realidad aumentada y aprovechando que la mayoría de las personas cuentan con un dispositivo móvil inteligente, permitiendo que los visitantes tengan una mejor experiencia al realizar sus recorridos y tener información en tiempo real sobre los animales del lugar en base a marcadores de la sala de mamíferos del museo de Historia Natural Pedro Villalobos de la Universidad Amazónica de Pando.

La aplicación móvil es implementada con la Metodología Mobile-D, desarrollada en C# utilizando herramientas como: Unity 3D, Blender, Framework Vuforia.

**PALABRAS CLAVES:** Dispositivo móvil, Realidad Aumentada, taxidermia, modelo 3D, Museo

## **ABSTRACT**

At present it is easy to perceive how the use of technology and application development for mobile devices is growing. Augmented Reality allows us to combine the real with the virtual offers a new way to support and improve the learning experience of visitors in the museum presenting multimedia information, through recognition of animal markers, in this case of the Jaguar, pig Troop, tattoo fifteen kilos, huaso or deer, bear flag and lazy three fingers.

A different way of making visits to the museum was implemented using augmented reality technology and taking advantage of the fact that most people have an intelligent mobile device, allowing visitors to have a better experience when they travel and have information in time real on the animals of the place based on markers of the room of mammals of the museum of Natural History Pedro Villalobos of the Amazonian University of Pando.

The mobile application is implemented with the Mobile-D Methodology, developed in C # using tools such as: Unity 3D, Blender, Vuforia Framework.

**KEY WORDS:** Mobile device, Augmented Reality, taxidermy, 3D model, Museum.-

# ÍNDICE

1	MARCO INTRODUCTORIO .....	1
1.1	ANTECEDENTES .....	2
1.1.1	Trabajos similares.....	2
1.2	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.2.1	Planteamiento del problema principal: .....	4
1.3	OBJETIVOS .....	5
1.3.1	Objetivo General.....	5
1.3.2	Objetivos Específicos .....	5
1.4	JUSTIFICACIÓN .....	6
1.4.1	Justificación Económica.....	6
1.4.2	Justificación Social.....	6
1.4.3	Justificación Técnica .....	6
1.5	METODOLOGÍA Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS .....	7
1.5.1	Metodología Ágil Mobile –D.....	7
1.6	ALCANCES .....	9
1.7	APORTES.....	10
1.8	ORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO.....	11
2	MARCO TEÓRICO .....	12
2.1	MARCO INSTITUCIONAL .....	13
2.1.1	Elementos estratégicos de la dirección CIPA.....	13
2.1.2	Misión.....	13
2.1.3	Visión.....	13
2.1.4	Objetivo .....	14
2.2	MARCO LEGAL.....	15
2.2.1	Cobertura TIC en la educación.....	15
2.3	BASES CONCEPTUAL DE LA PROBLEMÁTICA.....	16
2.3.1	El proceso de enseñanza y de aprendizaje.....	16
2.3.2	Aplicación Móvil.....	18
2.3.3	Realidad Aumentada.....	18
2.3.4	Campos de aplicación de la realidad aumentada .....	20

2.3.5	Realidad Aumentada en Dispositivos Móviles.....	27
2.3.6	Tecnologías Necesarias para la Ejecución de la Realidad Aumentada .....	28
2.3.7	Tareas Fundamentales para la Ejecución de la Realidad Aumentada .....	29
2.3.8	Tipos de Realidad Aumentada.....	30
2.3.9	Tipos de Marcadores para Realidad Aumentada.....	31
2.3.10	Herramientas para el Desarrollo de la Realidad Aumentada.....	32
2.3.11	Lenguaje Unificado de Modelado (UML).....	40
2.3.12	Diagrama de clases .....	41
2.4	MARCO METODOLÓGICO.....	42
2.4.1	Metodologías ágiles.....	42
2.4.2	Metodologías ágiles en el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles ....	42
2.4.3	Mobile-D .....	43
CAPITULO III .....		47
3	MARCO APLICATIVO .....	47
3.1	Metodología de desarrollo de Software .....	48
3.2	Fase de Exploración.....	48
3.2.1	Establecimiento de stakeholders (interesado): .....	48
3.2.2	Delimitación del proyecto: .....	49
3.2.3	Establecimiento del proyecto: .....	55
3.3	Fase de Inicialización.....	56
3.3.1	Diagrama de Caso de uso .....	56
3.3.2	Diagrama de Clases: .....	63
3.3.3	Diagrama de Secuencia .....	66
3.3.4	Diagrama de Actividades.....	67
3.3.5	Adquisición de Herramientas .....	69
3.3.6	Diseño de interfaces de usuario .....	72
3.4	Fase de producción .....	73
3.4.1	Diseño de Interfaz Menú Principal en Unity 3D .....	73
3.4.2	Diseño del modelo 3D y textura.....	74
3.4.3	Creación de animación de los modelos 3D en Blender .....	75
3.4.4	Creacion de Base de Datos .....	76
3.4.5	Configuración de Unity 3D con Vuforia .....	78

3.4.6	Conexión de Vuforia con Unity.....	79
3.4.7	Integración de la Realidad Aumentada.....	80
3.4.8	Clips de Animación (Animation Clips).....	80
3.4.9	Desarrollo de escenas .....	81
3.5	Fase de estabilización .....	82
3.5.1	Generación de APK.....	83
3.6	Fase de Prueba .....	84
3.6.1	Procedimientos para experimentar Realidad Aumentada.....	85
3.7	Evaluar el sistema aplicando la norma ISO/25010. ....	86
3.7.1	Eficiencia de desempeño .....	86
3.7.2	Compatibilidad .....	87
3.8	Usabilidad .....	87
3.9	Seguridad .....	90
3.10	Mantenibilidad.....	91
3.11	Portabilidad.....	92
CAPITULO IV .....		95
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	95
4.1	Conclusiones.....	96
4.2	Recomendaciones .....	97
5	Bibliografía.....	98
ANEXOS .....		102
6	ANEXOS.....	103
6.1	Árbol de Problema.....	103
6.2	Árbol de Objetivos.....	103
6.3	Matriz de Involucrados .....	104
6.4	Matriz de Marco Lógico .....	104
6.5	Manual de Usuario.....	106

## ÍNDICE DE ILUSTRACION

Ilustración 1: Organigrama CIPA.....	13
Ilustración 2: El cono de aprendizaje de Edgar Dale.....	17
Ilustración 3: Esquema de elementos .....	19
Ilustración 4: Realidad Mixta .....	20
Ilustración 5: Realidad Aumentada en la Educación.....	21
Ilustración 6:La realidad aumentada en la medicina .....	23
Ilustración 7:Usos y aplicaciones de la realidad aumentada en publicidad.....	24
Ilustración 8:Realidad Aumentada para Proyectos de Arquitectura.....	25
Ilustración 9:Museo de Arte "Antonio Paredes Candía" .....	26
Ilustración 10:Teléfono de baquelita y telégrafo .....	27
Ilustración 11:Aplicacion de realidad aumentada para Empresas .....	28
Ilustración 12: Código QR.....	31
Ilustración 13: Imagen Target.....	32
Ilustración 14:Icono de cubo virtual.....	32
Ilustración 15:Interfaz de Photoshop.....	33
Ilustración 16:Interfaz de Blender .....	35
Ilustración 17: Interfaz de Unity 3D.....	36
Ilustración 18: Entorno Visual Studio .....	37
Ilustración 19: Sistema operativo Android .....	38
Ilustración 20: Vuforia SDK.....	39
Ilustración 21:Ciclo de desarrollo Mobile D .....	44
Ilustración 22: Arquitectura de la Aplicación.....	55
Ilustración 23:Proceso de Metodología Ágil Mobile-D .....	56
Ilustración 24:Diagrama Caso de Uso general .....	57
Ilustración 25: Casos de uso: Reconocimiento de ImageTarget.....	61
Ilustración 26: Visualización de Realidad Aumentada.....	62
Ilustración 27: Clase Vuforia.....	63
Ilustración 28: Clase TMP_TextEventHandler .....	66
Ilustración 29: Diagrama de Secuencia .....	67
Ilustración 30: Diagrama de Actividades .....	68
Ilustración 31:Sistemas operativos más usados o utilizados de septiembre 2018- septiembre 2019 .....	69
Ilustración 32: Página oficial de Blender .....	71
Ilustración 33:Página oficial de Vuforia Engine .....	71
Ilustración 34: Página oficial Unity creación de cuenta.....	72
Ilustración 35: Diseño de Interfaz .....	73
Ilustración 36:Diseño de Menú principal .....	74
Ilustración 37: Modelado 3D del Jaguar y diseño de textura .....	75
Ilustración 38: Animación de los modelos 3D en Blender.....	75
Ilustración 39: Calificaciones obtenidas por cada marcador .....	76

Ilustración 40:Puntos de reconocimiento de Imagen Target .....	77
Ilustración 41: Licencia creada en el portal de Vuforia Developer .....	77
Ilustración 42:Agregacion de Licencia de Vuforia en Unity 3D .....	78
Ilustración 43: Importación de base de datos de marcadores .....	79
Ilustración 44: modelo 3D en Unity .....	80
Ilustración 45: Animator Controlllers.....	81
Ilustración 46: Escenario de Modelo 3D .....	82
Ilustración 47:Script del menú de RA modelo 3D y multimedia .....	83
Ilustración 48: Generación de APK.....	84
Ilustración 49: Diseño de Interfaz de usuario General .....	85
Ilustración 50: Eficiencia de código .....	86
Ilustración 51:Prueba de Usabilidad.....	88
Ilustración 52:Grafica estadística facilidad de uso .....	88
Ilustración 53: Grafica estadística capacidad de uso .....	89
Ilustración 54: Grafica estadística facilidad de uso .....	89
Ilustración 55: Grafica estadística accesibilidad .....	90
Ilustración 56:Descripción de la arquitectura APK.....	91
Ilustración 57: Árbol de Problema.....	103
Ilustración 58: Árbol de Objetivos .....	103

## ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1:Metodología Mobile-D.....	8
Tabla 2: Establecimiento de Usuario.....	49
Tabla 3: Requerimiento Funcional .....	51
Tabla 4: Requerimiento no Funcional .....	52
Tabla 5: Diagrama de Gantt.....	54
Tabla 6: Descripción caso de uso- Eliminar Modelo 3D.....	59
Tabla 7: Descripción caso de uso- Generar APK.....	59
Tabla 8: Descripción caso de uso- Ejecutar Aplicación.....	60
Tabla 9: Descripción caso de uso- Diseñar Imagen Target .....	61
Tabla 10:Descripción caso de uso- Visualizar Imagen Target.....	62
Tabla 11 :Compatibilidad en dispositivos móviles.....	87
Tabla 12: Información requerida por el IMS.....	92
Tabla 13: Portabilidad de APK.....	94
Tabla 14: Matriz de Involucrados.....	104
Tabla 15: Matriz de Marco lógico .....	104

# **CAPÍTULO I**

## **1 MARCO INTRODUCTORIO**

### ***Resumen***

*El presente capítulo contribuye una visión general de la problemática que pretende abarcar. Introduce la temática de la educación y las nuevas tecnologías, bosqueja los antecedentes, se identifican los problemas y el reconocimiento de objetivos.*

## 1.1 ANTECEDENTES

El Museo de Historia Natural Pedro Villalobos (MHNPV) dependiente del Centro de Investigación y Producción para la Amazonia (CIPA) de la Universidad Amazónica de Pando (UAP). Fundado el 3 de octubre del año 2003, bajo resolución N° 54/2003 del Honorable Consejo Universitario durante la gestión del Rector magnífico Ing. Ronald Camargo Suzuki, el Museo de Historia Natural lleva el nombre de Pedro Villalobos en honor a este distinguido personaje por su interés de cultivar y forjar la preservación, cultura e historia del departamento. En sus inicios el Museo contaba solo con un ambiente donde se exhibían las muestras (Lafuente, 2016). En la actualidad el Museo cuenta con un ambiente de tradición Cultural de Goma y Castaña y seis salas de exhibición: Mamíferos, Anfibios, Reptiles, Invertebrados, Peces, Huesos y Fósiles. También cuenta con dos programas de recuperación como ser: Reubicación de fauna silvestre dentro del municipio de Cobija y el programa de entomología.

Esta sala de mamíferos cuenta con 21 especies y dividido en 8 ordenes:

ORDEN	N° ESPECIE
<b>Carnívora</b>	3
<b>Artiodactyla</b>	2
<b>Marsupialia</b>	1
<b>Primates</b>	2
<b>Rodentia</b>	7
<b>Cingulata</b>	2
<b>Piolosa</b>	2
<b>Chiroptera</b>	2
<b>TOTAL</b>	<b>21</b>

En la sala de mamíferos del museo de Historia Natural Pedro Villalobos, las taxidermias son visualizadas en presencia física con escaso uso de nuevas tecnologías como ser afiches o data show.

### 1.1.1 Trabajos similares

Entre los trabajos que se revisaron con relación del tema de estudio están:

Proyecto de grado titulado “Aplicación Móvil con Realidad Aumentada para la Obtención Interactiva de Información al Visualizar las Muestras que Exhibe la Sala de Herpetología del (MHNPV) de la U.A.P.” Implementar una Aplicación Móvil que incorpore la tecnología de Realidad Aumentada, con la finalidad de proporcionar y ofrecer a los visitantes una herramienta interactiva que haga mejorar la experiencia, adaptándose a las necesidades de los usuarios permitiendo así visualizar la información con contenidos multimedia sobre las muestras como: Anaconda, Boa Constrictora, Peni, Peta de Tierra, Lagarto, Lora Arborícola y Pucarara. Basándose para el desarrollo de la Aplicación bajo la metodología MADAMDM que tiene fases y etapas de desarrollo para su optima ejecución del proyecto (Mujica, 2019).

Tesis de grado titulado “Realidad Aumentada y Reconocimiento de Imágenes en el Ámbito Educativo”. La investigación consiste en reforzar los procesos de enseñanza y aprendizaje del tema universo cósmico del texto escolar ciencias sociales en estudiantes de sexto de primaria, a través del uso de tecnologías, utilizando la realidad aumentada a través de reconocimientos de imagen del texto escolar por la visualización 3D y la realidad virtual como instrumento para la representación del universo UMSA (Mamani, 2015).

El proyecto de grado “Aplicación Móvil de Realidad Aumentada para mejorar la Experiencia de los Visitantes caso: museo de Arte Antonio Paredes Candía”. Se creó un nuevo concepto de visita, adaptándose a las necesidades de los visitantes, permitiéndoles apreciar mejor lo que estarán visualizando gracias a la interactividad e información multimedia que se tiene de las obras presentes en el Museo de Arte “Antonio Paredes Candía”. Se modelaron obras en 3D, entre las cuales están: esculturas, piezas arqueológicas, elementos costumbristas, los cuales se muestran de manera interactiva y en tiempo real, permitiendo así apreciar mejor los detalles técnicos de las obras, logrando mejorar la experiencia de los visitantes al momento de visualizar las obras. Además, que con esta aplicación se pretende promover la difusión del patrimonio cultural e histórico que posee el museo en cuestión, todo ello representa un gran aporte tecnológico para la sociedad UMSA (Laura, 2016).

El proyecto titulado “Visita Virtual de edificaciones arquitectónicas utilizando realidad virtual y realidad aumentada.”. El proyecto da a conocer las tecnologías de realidad virtual y realidad

aumentada como herramientas para la presentación de edificaciones arquitectónicas, para lo cual se realizara una aplicación móvil para la plataforma Android que permite mostrar el campus de la Universidad Técnica del Norte tanto en realidad aumentada como en realidad virtual; basado en los conceptos de las tecnologías que nos muestran los lineamientos para el desarrollo de la aplicación móvil así como la interacción del usuario con los objetos virtuales. (Bedon, 2018).

## **1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

En la actualidad, los visitantes de los museos, desean conocer, vivir, comprender, ver y tocar, aunque sea de forma simulada los animales en exhibición; en definitiva, pasarlo bien y aprender. Es necesario, si se desea lograr una comunicación efectiva, implicarlos, hacerles sentir partícipes.

La mayoría de los museos no tienen el espacio y los recursos requeridos para exhibir sus colecciones enteras. Además, la naturaleza y la fragilidad de algunas obras obligan al museo a no ponerlos a disposición del público. También, la interacción de los visitantes con las obras exhibidas es muy limitada, por ejemplo, no pueden mirar las obras desde todos los ángulos, comparar las obras o estudiarlos en diversos contextos. (Laura, 2016)

El museo de Historia Natural Pedro Villalobos de la Universidad Amazónica de Pando, es una institución sin fines de lucro, al servicio de la sociedad y abierta al público, que adquiere, conserva, estudia y difunde el patrimonio material de animales en exhibición con fines de estudio, educación y recreación. En la sala de mamíferos se realizan observaciones en presencia física, ausencia de guías en visitas masivas, poca visualización y apreciación de los detalles de taxidermias, por la limitación de uso de nuevas tecnologías hay poca difusión. Y como efecto los visitantes del museo no valoran los detalles, existen muchas preguntas sobre las taxidermias expuestas, desorientación en visitas masivas.

### **1.2.1 Planteamiento del problema principal:**

Escasa experiencia de aprendizaje de las taxidermias en exhibición de la sala de mamíferos del Museo de Historia Natural Pedro Villalobos de la Universidad Amazónica de Pando.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo General**

Desarrollar una aplicación Móvil en Android para mejorar la experiencia de aprendizaje de los visitantes al visualizar las taxidermias con realidad aumentada de la sala de mamíferos del museo de Historia Natural Pedro Villalobos de la Universidad Amazónica de Pando.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Analizar requisitos para identificar las especificaciones funcionales, no funcionales y técnicas del proyecto.
- Elaborar modelos de análisis y diseño con Lenguaje Modelado Unificado UML.
- Implementar la aplicación Android, utilizando Blender, Vuforia y Unity 3D con la metodología Mobile-D.
- Evaluar el sistema acorde a los requerimientos de todo el proceso de desarrollo aplicando ISO/25010.

## **1.4 JUSTIFICACIÓN**

### **1.4.1 Justificación Económica**

En la actualidad los dispositivos móviles con sistema operativo Android son herramientas de Realidad Aumentada y están al alcance de muchas personas. La presente aplicación móvil que se desarrolla pretende aprovechar la funcionalidad y capacidad de los dispositivos móviles. Reducirá gastos innecesarios, en la sala de mamíferos del Museo de Historia Natural Pedro Villalobos, ya que no se necesitará aparatos costosos, sino que los propios visitantes usarán sus dispositivos móviles al momento visitar el museo, instalando la Aplicación Móvil que estará disponible.

### **1.4.2 Justificación Social**

El uso de la Aplicación Móvil de Realidad Aumentada que se desarrolla beneficiará a los visitantes a la sala de mamíferos del museo de Historia Natural Pedro Villalobos que poseen un dispositivo móvil con sistema operativo Android, esto mejorará significativamente su experiencia al visualizar de diferentes ángulos la información actualizada de los animales existentes en la sala de mamíferos del museo sin necesidad de manipularlas de una forma sencilla e interactiva, logrando así un mayor aprecio de los detalle. Así también beneficiará a los guías como al personal, facilitándoles el trabajo al momento guiar e informar respecto a animales existentes, teniendo así una mayor cantidad de visitas, siendo esta Aplicación Móvil una gran ayuda para la difusión y promoción de la cultura e historia presente en la sala de Mamíferos del Museo de Historia Natural Pedro Villalobos de la Universidad Amazónica de Pando.

### **1.4.3 Justificación Técnica**

En la actualidad se ve que una gran cantidad de dispositivos móviles tienen cámaras y gran capacidad de procesamiento y almacenamiento, con las nuevas tecnologías es factible el desarrollo de Aplicaciones Móviles de Realidad Aumentada que favorezcan las diferentes áreas, como el caso de la cultura, el turismo, especialmente en los museos, por ello con la creación de la Aplicación Móvil de Realidad Aumentada que brindará al público en general un nuevo concepto de visita, mejorando así su experiencia al momento de visualizar los animales sin necesidad de manipularlas,

que mediante la Realidad Aumentada, los marcadores (símbolos impresos en papel), y la cámara de un dispositivo móvil, se podrán visualizar imágenes en 3D acompañadas del información multimedia, esto con el fin de que la experiencia al momento de visitar la sala de mamíferos para sala Museo de Historia Natural Pedro Villalobos sea única.

## **1.5 METODOLOGÍA Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS**

### **1.5.1 Metodología Ágil Mobile –D**

Mobile-D es una creación un tanto antigua, ya que se desarrolló como parte de un proyecto finlandés. La metodología se creó en un periodo de intenso crecimiento en el terreno de las aplicaciones móviles. Por tanto, en ese momento no existían demasiados principios de desarrollo a los que acudir. Los autores de Mobile-D apuntan a la necesidad de disponer de un ciclo de desarrollo muy rápido para equipos muy pequeños. De acuerdo con sus suposiciones, Mobile-D está pensado para grupos de no más de 10 desarrolladores colaborando en un mismo espacio físico. Mobile-D es una mezcla de muchas técnicas, se ha apoyado en muchas otras soluciones bien conocidas y consolidadas: eXtreme Programming (XP), Crystal methodologies y Rational Unified Process (RUP). Los principios de programación extrema se han reutilizado en lo que se refiere a las prácticas de desarrollo, las metodologías Crystal proporcionaron un input muy valiosos en términos de la escalabilidad de los métodos y el RUP es la base para el diseño completo del ciclo de vida (Paco Blanco, 2013).

Durante el desarrollo se trabajará con enfoque de Mobile-D se compone de 5 fases: Exploración, Inicialización, Producción, Estabilización, Pruebas del sistema. Cada una de estas fases tiene asociado etapas, tareas y prácticas, para su aplicación en el desarrollo, Vuforia SDK, Blender y Unity.

Tabla 1: Metodología Mobile-D

FASES	OBJETIVOS	TECNICAS HERAMIENTAS	PRODUCTO
Exploración	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis de requerimientos.</li> <li>Definir el proyecto.</li> </ul>	<b>Técnicas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Entrevistas.</li> <li>✓ Revisión de documento.</li> <li>✓ Sesión de fotos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Establecimiento de proyecto.</li> <li>✓ Catálogo de requerimientos</li> </ul>
		<b>Herramientas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Word, cámara, cuestionario.</li> </ul>	
Inicialización	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conseguir el éxito en las próximas fases del proyecto.</li> <li>Identificación de recursos necesarios.</li> </ul>	<b>Técnicas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Revisión de documentos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Especificación de requisitos de Software</li> <li>✓ Modelo de requerimiento</li> </ul>
		<b>Herramientas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cmaps Tools</li> <li>✓ Software Enterprise Architect</li> <li>✓ UML</li> </ul>	
Producción	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diseñar la arquitectura interna, externa y la interfaz de la aplicación.</li> <li>Diseño de modelo 3D</li> <li>Construir el Software a partir de los diagramas diseñados.</li> </ul>	<b>Técnicas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Métricas de calidad según estándares</li> <li>✓ Sesiones de trabajo</li> <li>✓ Pruebas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Diagramas</li> <li>✓ Modelos 3D realidad Aumentada</li> <li>✓ Código fuente</li> <li>✓ Documento de diseño de la aplicación.</li> <li>✓ Documento de estándares de interfaz gráfica.</li> </ul>
		<b>Herramientas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Kit de desarrollo de software (SDK) Vuforia.</li> <li>✓ Motor de desarrollo Unity 3D</li> </ul>	
Estabilización	<ul style="list-style-type: none"> <li>Integración para la aplicación completa funcione correctamente.</li> </ul>	<b>Técnicas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Capacitaciones.</li> <li>✓ Top Down.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Documentación de aceptación del producto de software</li> <li>✓ Documentación del soporte</li> </ul>
		<b>Herramientas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ SDK Vuforia</li> </ul>	

		<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Unity 3D</li> <li>✓ Microsoft office</li> </ul>	
<b>Prueba</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Test de la aplicación por parte de los visitantes.</li> </ul>	<b>Técnicas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Pruebas de usabilidad</li> <li>✓ Pruebas de la Aplicación</li> <li>✓ Capacitaciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Documentación de las pruebas realizadas a la aplicación</li> <li>✓ Manual de usuario</li> </ul>
		<b>Herramientas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Microsoft office</li> </ul>	

Fuente: Elaboración Propia

## 1.6 ALCANCES

La implementación del sistema contempla la entrega de:

- Diseño de marcadores (Imagen Target) para los modelos en 3D, necesarios para llevar a cabo el proceso de Realidad Aumentada.
- Módulo de Realidad Aumentada, que se encargará de realizar el proceso de Realidad Aumentada a partir del reconocimiento de los marcadores.
- Modulo principal, en donde se incluirá el menú principal y menús secundarios de la Aplicación.
- Información multimedia, donde se seleccionarán imágenes 2D que describan a los objetos que se modelan y se busca información adicional importante que posee el museo para mostrarse juntamente con la Realidad Aumentada.
- Manual de usuario, que permita la usabilidad de la aplicación.
- El diseño de marcadores y el modelado en 3D no se realizará para todas las salas del museo.
- En el siguiente proyecto no se pretende conseguir todas las funcionalidades con unas características muy sofisticadas.
- Visualizar la Aplicación Móvil de Realidad Aumentada será compatible para dispositivos móviles con sistema operativo Android para versiones 4.4.2 y superiores.

## **1.7 APORTES**

Para realizar la implementación de la Aplicación Móvil para Android de Realidad Aumentada para la sala de mamíferos del museo de Historia Natural Pedro Villalobos se hizo una búsqueda exhaustiva de metodologías de desarrollo ágil para aplicaciones móviles que se adapte al proceso de desarrollo del proyecto que se realizará, se optó por la metodología Mobile-D que es híbrido de varias metodologías de desarrollo ágil, para Aplicaciones Móviles de Realidad Aumentada. La combinación de estas dos metodologías que tienen un conjunto de pasos concretos y considerando aspectos primordiales para lograr una Aplicación Móvil de calidad, nos ayudará en el proceso de desarrollo del proyecto.

La Aplicación Móvil de Realidad Aumentada que se desarrollara muestra taxidermias en exhibición de la sala de mamíferos del Museo de Historia Natural Pedro Villalobos en 3D entre los cuales están: Taxidermias mamíferas, los cuales se mostrarán de manera interactiva y en tiempo real, permitiendo entender mejor lo que se está observando, esto se logrará enfocando la cámara de un dispositivo móvil a los diferentes marcadores (símbolos impresos en papel) que estarán presentes en la sala de mamíferos del museo, además se incluirá información multimedia para una mayor interactividad, la aplicación podrá ser instalarla en los dispositivos móviles Android. El uso de las nuevas tecnologías móviles de última generación que se acomoden a las necesidades de los visitantes ayuda a tener una mejor experiencia al momento de visualizar las obras, esto contemplará un nuevo concepto de visitas, además mediante la Aplicación Móvil se promueve la difusión de información actualizada e histórico que posee la sala de mamíferos del museo en cuestión, todo ello representa un gran aporte tecnológico para los visitantes.

## 1.8 ORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO

- **Capítulo I:** Se describe la parte introductoria al Proyecto de Grado.
- **Capítulo II:** Se describe el marco teórico sobre el tema abordado en el presente proyecto.
- **Capítulo III:** En este capítulo (marco aplicativo) se describe todo el proceso del desarrollo de la Aplicación Móvil con Realidad Aumentada para la sala de Mamíferos del Museo como ser el análisis, diseño, desarrollo e implementación del mismo.
- **Capítulo IV:** Se detalla las conclusiones y recomendaciones del proyecto concluido.
- **Capítulo V:** En este capítulo (bibliografía) se lista todas las referencias utilizadas en el texto.
- **Capítulo VI:** Se detalla lo que se estime no indispensable para la comprensión del tema central.

# CAPÍTULO II

## 2 MARCO TEÓRICO

### *Resumen*

*El presente capítulo se describe los conceptos acordes al trabajo, los métodos efectivos en el aprendizaje según el cono de aprendizaje. Además, en este capítulo define los conceptos, tareas que ese lleva a cabo en el proceso de realidad aumentada. También se desglosa la metodología que se hará uso en el presente proyecto.*

## 2.1 MARCO INSTITUCIONAL

### 2.1.1 Elementos estratégicos de la dirección CIPA

La dirección del Centro de Investigación y Producción para la Amazonia está conformada por 4 unidades: Unidad de Documentación Producción y Difusión, Unidad Biológica Ambiental, Unidad Museo de Historia Natural Pedro Villalobos, Estación Biológica Tahuamanu y Coordinación de Proyecto “Implementación de Estrategias para propagación de castaña (Fona Bosque UAP)”.

El Museo de Historia Natural Pedro Villalobos está dirigido por el siguiente personal según se muestra el organigrama.

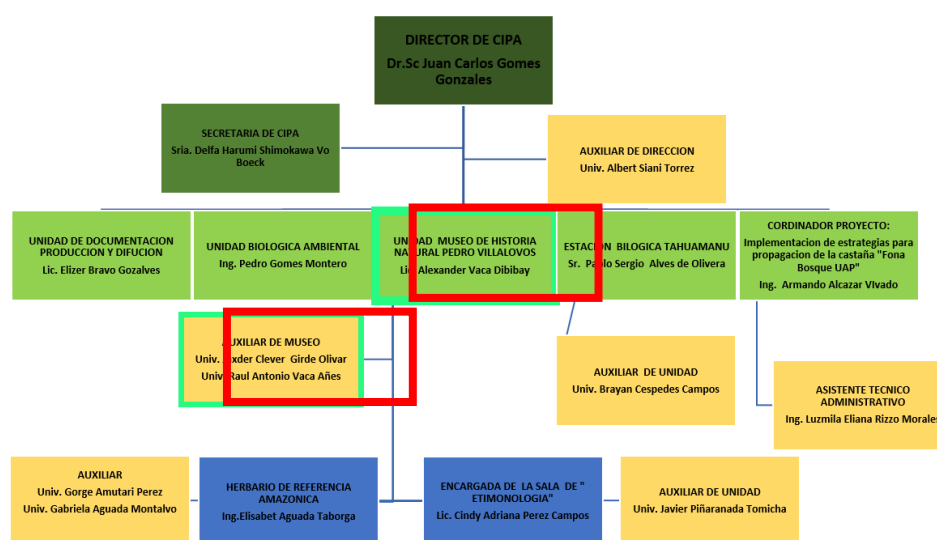


Ilustración 1: Organigrama CIPA

Fuente: Elaboración Propia

### 2.1.2 Misión

Generar conocimiento básico y aplicado, promoviendo, fomentando y fortaleciendo la comprensión de la sociedad sobre la fauna silvestre, la cultura de la región amazónica y todos sus recursos, buscando una relación armónica entre el ser humano y la naturaleza.

### 2.1.3 Visión

Servir a la sociedad aportando conocimiento sobre la importancia y conservación de la fauna silvestre amazónica, a través de investigaciones y acciones que contribuyan al desarrollo del departamento de Pando.

#### **2.1.4 Objetivo**

Investigar, documentar y exhibir la diversidad faunística del departamento de Pando, promoviendo la educación ambiental y cultural de la región.

El Museo de Historia Natural Pedro Villalobos (MHNPV) dependiente del Centro de Investigación y Producción para la Amazonia (CIPA) de la Universidad Amazónica de Pando (UAP), es una Unidad encargada de promover la conservación y preservación de los recursos naturales, mediante la implementación de proyectos de investigación básica y aplicada a fin de generar conocimiento científico e impartirlo a la sociedad. Se encarga también de coleccionar, investigar y exhibir organismos y muestras representativas del departamento de Pando en lo referente a la Fauna silvestre y Gea. Los especímenes de cada muestra se estudian, conservan y custodian en el Museo, formando más de 300 muestras de exhibición, además de publicaciones y actividades al servicio de la sociedad.

## **2.2 MARCO LEGAL**

### **2.2.1 Cobertura TIC en la educación**

En los últimos 30 años se ha podido atestiguar un cambio mayor en las formas de interrelacionamiento humano. El desarrollo contemporáneo de las TIC ha modificado sustancialmente las formas de experiencia social al acelerar las comunicaciones de un modo que no tiene precedentes. La columna vertebral de todo esto, sin duda, es el desarrollo de Internet, que ha abierto un abanico de oportunidades en términos de intercambio de información.

El 12 de mayo de 2004 se publicó un documento de la “Cumbre Mundial Sobre la Sociedad de la Información (CMSI), ”<sup>29</sup> en el que se proyectan objetivos y líneas de acción para moldear una sociedad de la información -que de todos modos está en sus inicios- modulando y apaciguando sus efectos más desiguales e injustos. El propósito fue tener una agenda de tareas que puedan ser realizadas por los distintos gobiernos en ámbitos de función estratégica. Uno de ellos es, justamente, el educativo.

En el punto sexto del documento se habla del empleo de las TIC para conectar instituciones educativas desde los niveles más básicos hasta la enseñanza superior, además de conectar este entramado educativo con centros de investigación, bibliotecas, museos y archivos. No se trata solamente de favorecer la conexión entre los distintos nodos de una red, sino de un cambio de los currículos escolares para que estén adaptadas a los nuevos recursos y a las emergentes dinámicas de enseñanza y aprendizaje. El documento tiene la buena intención de aminorar las brechas entre los distintos grupos, sectores y regiones de la sociedad global, involucrando como participantes a Estados, sociedad civil, empresa privada y organismos internacionales (AGETIC, 2018, pág. 210).

## **2.3 BASES CONCEPTUAL DE LA PROBLEMÁTICA**

### **2.3.1 El proceso de enseñanza y de aprendizaje**

La enseñanza y aprendizaje no tiene límites tampoco hay edades, en la actualidad existen: Educación presencial, educación semipresencial y educación virtual. En los últimos años se implementa paralelamente muchas técnicas, métodos y herramientas, de acuerdo a los avances tecnológicos en el siglo XXI.

Según Gózales (2019) Las teorías pedagógicas que centran su estudio en una educación para la vida, donde la afectividad del estudiante tiene un papel relevante, fundamentan el interés por la educación emocional. Desde el enfoque sociocultural, los procesos educativos se conciben en última instancia, como procesos de carácter emocional. Esta perspectiva científica para el estudio de la educación emocional se sustenta en las siguientes consideraciones:

- Concebir las emociones como un proceso que no es exclusivamente individual e interno, sino un proceso relacional.
- Las emociones están mediadas por recursos culturales de naturaleza simbólica, que son provistas por los contextos sociales. Estos recursos son claves para construir la individualidad (autoestima, estilo afectivo, etcétera).
- Los sentimientos tienen un horizonte moral, es decir, suponen indicadores de la relación que se establece con los contextos, en tanto estos encarnan unos determinados valores culturales (Sánchez González, 2019).

Según Dale (2007) enseñanza y aprendizaje forman parte de un único proceso que tiene como fin la formación del estudiante. En el proceso de enseñanza-aprendizaje el maestro, entre otras funciones, debe presentarse como el organizador y coordinador; por lo que debe crear las condiciones para que los alumnos, de forma racional y productiva aprenden y aplican los conocimientos, hábitos y habilidades impartidos, así como, tengan la posibilidad de formarse una actitud ante la vida, desarrollando sentimientos de cordialidad a todo lo que les rodea y además

tengan la posibilidad de formarse juicios propios mediante la valoración del contenido que se les imparte.

El desarrolló un modelo que explica cuáles son los métodos más y menos efectivos para el aprendizaje. El mencionado modelo, llamado “El cono del aprendizaje” está basado en un estudio de campo muy profundo y extenso sobre el tema, tal vez, uno de los más exhaustivos que se hayan realizado. Si se observa cuidadosamente el esquema se obtiene información muy relevante. Los métodos menos efectivos para el aprendizaje (la lectura, las clases verbales de un profesor y los dibujos en la pizarra) son los que se encuentran más ampliamente difundidos y utilizados y son los que ocupan los máximos porcentajes del tiempo educativo en nuestras escuelas. En cambio, los procedimientos que han demostrado ser más efectivos (los debates, las simulaciones, el hacer las cosas realmente, el ver películas, etc.) solamente ocupan un espacio marginal y muy reducido en los tiempos escolares (Dale, 2007)



Ilustración 2: El cono de aprendizaje de Edgar Dale

Fuente: (Cuaderno del Maestro, 2012)

### **2.3.2 Aplicación Móvil**

Aplicación Móvil es aquel software que utiliza en un dispositivo móvil como herramienta de comunicación, gestión, venta de servicios-productos orientados a proporcionar al usuario las necesidades que demande de forma automática e interactiva (Benítez, 2016, pág. 32).

Las aplicaciones móviles o más conocidas comúnmente como “apps” en el lenguaje anglosajón, se utilizan cada vez más en Smartphone y tablets para acceder a noticias, juegos, entretenimiento, tiempo y otras informaciones. Las aplicaciones de software para los dispositivos móviles han estado disponibles desde hace algunos años. Las apps son los nuevos sustitutos de los softwares para computadoras con fines de mejorar los procesos informáticos creados por Microsoft, Office Suite, lectores de PDF de Adobe o software de entretenimiento para juegos.

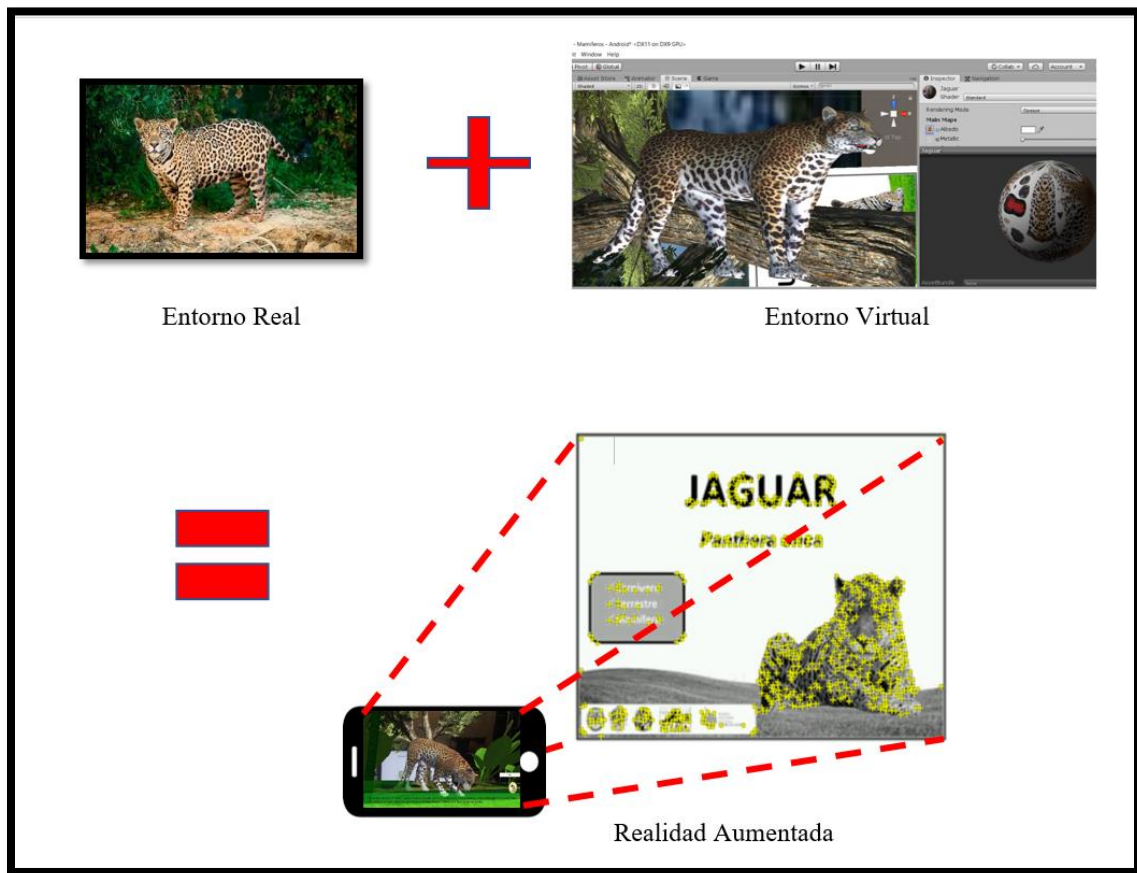
Las apps son muy importante para la sociedad en la que vivimos actualmente, una sociedad inmersa en un sistema de interoperabilidad, donde cada individuo está interconectado en un mundo saturado de información y donde nos permite estar en diferentes lugares al mismo tiempo, trasladándonos a una puerta tridimensional que te conecta de lo real a lo virtual o viceversa (Benítez, 2016, pág. 27).

### **2.3.3 Realidad Aumentada**

La realidad aumentada se puede definir como el tipo de realidad que una persona observa cuando se combina un entorno físico real con elementos virtuales. Esa realidad o visión tiene lugar a través de un dispositivo tecnológico que mezcla la realidad física del usuario con elementos físicamente inexistentes y muestra el resultado al usuario. Ejemplos de estos dispositivos serían Smartphone, Tablets. (Fernandez, 2014)

La hibridación de la virtualidad y la materialidad dentro del ámbito de la ciudad se puede percibir como una experiencia mediada por la tecnología de Realidad Aumentada. La RA permite al usuario acceder al campo de percepción correspondiente con la información virtual, que de otra manera permanece invisible e inapreciable para los sentidos humanos. La tecnología de la RA es una forma de detectar los millones de bits que están siendo transmitidos y circulan en el entorno real en todo momento, en forma de flujos de datos que resultan imperceptibles para los sentidos humanos. La tecnología de Realidad Aumentada mezcla los entornos y elementos del mundo real y virtual, facilitando la comprensión de la información digital superpuesta a un entorno real. Los contenidos virtuales utilizados pueden tratar cualquier tipo de información digital, imagen, sonido, vídeo,

modelos tridimensionales. La RA tiene la capacidad de ser percibida por los cinco sentidos, aunque en la actualidad, prevalece el sentido visual en la mayoría de sus aplicaciones (Mesarosova, 2017). El concepto de Realidad Aumentada amplía el mundo real con imágenes sintéticas. Por lo tanto, este enfoque no requiere una escena que consista enteramente en gráficos computacionales. En su lugar, las imágenes sintéticas se utilizan como un complemento de la escena del mundo real. Para muchas aplicaciones de Realidad Aumentada, el componente virtual no requiere de imágenes altamente realistas (Mesarosova, 2017)



*Ilustración 3: Esquema de elementos*

*Fuente: Elaboración Propia*

La Realidad Mixta es una mezcla de realidad física y virtual, se encuentra a lo largo del continuo de Virtualidad y representa todos los sistemas que explotan los elementos tanto del entorno real como el entorno virtual al mismo tiempo. Dentro de esta realidad mixta, podemos distinguir entre

Realidad Aumentada y Virtualidad Aumentada, dependiendo de cuál es el entorno principal (real o virtual) y cuál es el entorno secundario, que sirve de apoyo.



*Ilustración 4: Realidad Mixta*

*Fuente: (RayRam Creativity, 2019)*

Cuando un sistema está cerca de la parte central del continuo se vuelve más arbitrario ya que no queda claro cuál es el entorno preponderante sobre el otro. La Realidad Aumentada se encuentra más cerca del entorno real que para el entorno virtual en el continuo de Virtualidad. Por tanto, la Realidad Aumentada puede ser vista como una versión extendida del entorno real, complementada por los objetos virtuales, mientras que la Virtualidad Aumentada es concebida como un entorno virtual con algunos aspectos reales.

Ronald Azuma, identifica tres características fundamentales para la Realidad Aumentada:

- Un sistema de Realidad Aumentada debe combinar realidad y virtualidad.
- Un sistema de Realidad Aumentada debe ser interactivo en tiempo real. Se refiere a que se interactúa y se generan los contenidos en el mismo instante en que se visualiza el mundo real.
- La registración debe ser en 3D.

#### **2.3.4 Campos de aplicación de la realidad aumentada**

La Realidad Aumentada se representa como una potente herramienta que ha mostrado su versatilidad en una amplia gama de aplicaciones en diferentes áreas de conocimiento.

#### **2.3.4.1 Realidad Aumentada en la Educación**

El campo de la educación es considerado uno de los más prometedores en cuanto a la utilización de realidad aumentada. Muchos centros de enseñanza y sobre todo algunas universidades están experimentando al aumentar proyectos educativos creados tanto por docentes como alumnos, permitiendo a los estudiantes mejorar sus competencias y sus habilidades al interactuar con figuras en 3D que únicamente se pueden visualizar a través de dispositivos móviles.

Existen también los denominados “Magic Book” que poseen marcadores de realidad aumentada, permitiendo visualizar objetos o escenas virtuales cada vez que se da la vuelta a cada una de sus páginas, lo que ayuda a comprender mejor el libro que se está leyendo (Alvares, 2017).



*Ilustración 5: Realidad Aumentada en la Educación*

*Fuente: (Yabiku, 2017)*

#### **2.3.4.2 Realidad Aumentada en el Campo de la Medicina**

Desde el principio que la aplicación de la RA en el campo de la medicina tiene cierta tradición, en el intento de buscar nuevos recursos y materiales didácticos (modelos de plásticos, imágenes, modelos digitales...) que pudieran sustituir el tradicional material cadavérico para la formación. Transformación que se ha planteado por diversas razones de cambios en el énfasis del currículo, costo, disponibilidad, experiencia y preocupaciones éticas.

Últimamente la producción de objetos en RA es una de las tecnologías que está despertando bastante interés para la educación médica, ya que permite mezclar elementos digitales con el ambiente de aprendizaje físico. Ello está llevando a que de manera progresiva se encuentran experiencias en diferentes campos de las Ciencias de la Salud, como es el de la cirugía o la ginecología. En los últimos tiempos se están aplicando de manera específica al terreno de la Anatomía, ya que las estructuras anatómicas son complejas de visualizar en los 3 planos del espacio. De manera tradicional su enseñanza se ha hecho a partir de representaciones bidimensionales, de modelos físicos tridimensionales o de cuerpos reales cadavéricos. Éstos últimos han sido los más utilizados, pero por razones de cambios en el énfasis del currículo, costo, disponibilidad, y preocupaciones éticas, varias escuelas de medicina han reemplazado estos especímenes cadavéricos por modelos de plástico, imágenes y modelos digitales. Ello ha repercutido en el análisis que las posibilidades de la RA, puede aportar para la enseñanza de Anatomía debido a las posibilidades de inmersión que propician y el poder observar el objeto desde diferentes planos y posiciones, sin olvidar que se puede incorporar al objeto información adicional (sonidos, exposición de análisis clínicos, radiografías...) que faciliten la realización de estudios de casos y la comprensión del objeto concreto analizado.

Hacia el análisis de las posibilidades que la RA tiene para la enseñanza de la Anatomía en los estudios universitarios de medicina, se llevó a cabo esta investigación, con el objetivo de conocer el grado de aceptación y motivación que la realidad aumentada despierta en los estudiantes de medicina (Julio Cabero Almenara, Julio Barroso Osuna, Ángel Puentes Puente, Ivanovvna Cruz Pichardo, 2018).



*Ilustración 6: La realidad aumentada en la medicina*

*Fuente: (Smartechgroup, 2019)*

### **2.3.4.3 Realidad Aumentada en la Publicidad**

Reciclarse o morir, esa es una de las principales filosofías que existen en el mundo del marketing empresarial. Y es que, gracias a la Realidad Aumentada, muchas empresas pueden empezar ese reciclaje desde este mismo instante. Las últimas tendencias de marketing, expone que la RA aun es considerada como una tecnología en proceso de evolución y de crecimiento como recurso publicitario. No obstante, algunas marcas ya han comenzado a utilizar esta tecnología, que es cada vez más empleada por las empresas como parte de su negocio. Por lo tanto, se espera que en un futuro a muy corto plazo el número de empresas que la utilizan aumente de manera considerable. La razón no es otra que, de la misma manera que la RV, se trate de una tecnología novedosa, con un gran potencial y en cuanto al mensaje, que sus aplicaciones sean muy atractivas (Castillo, 2017). Los anuncios que recurren a la RA como elemento de marketing cumplen a la perfección con los 4 requisitos básicos de publicidad eficaz, ya que permiten:

- La interacción del consumidor.
- La personalización del contenido.
- Que los resultados sean medibles en tiempo real.

- Sorprender al consumidor y que dicho efecto sorpresa fomente el recuerdo de la acción publicitaria en el cliente.

En resumidas cuentas, la RA llama la atención del consumidor abriéndose paso en su mente, se convierte en un elemento diferenciador con respecto a la competencia y ofrece al usuario la posibilidad de acceder a experiencias visuales muy llamativas (Castillo, 2017).



*Ilustración 7: Usos y aplicaciones de la realidad aumentada en publicidad*

*Fuente: (Eikonos, 2018)*

#### **2.3.4.4 Realidad Aumentada en la Visualización Arquitectónica**

La realidad aumentada es una herramienta muy práctica en el campo de la arquitectura y la edificación, sobre todo en lo referente a presentación de proyectos, diseño virtual, control de ejecución de obra y gestión de instalaciones.

En lo que respecta a la presentación de proyectos, la realidad aumentada permite la visualización de una manera más interactiva, técnica y efectiva, teniendo la capacidad de proyectar cualquier proyecto sobre la superficie que se desee. Por su parte, el cliente puede visualizar el modelo como si de una maqueta se tratase a partir de un modelo BIM, dando la posibilidad de crear despieces,

posibles procesos constructivos, esquemas por fases e instalaciones y secciones tridimensionales. (Alvares, 2017)



*Ilustración 8: Realidad Aumentada para Proyectos de Arquitectura*

*Fuente:* (Augment, 2015)

#### **2.3.4.5 Realidad Aumentada en Museos**

En los últimos diez años los museos están viviendo una importante revolución gracias a la progresiva asimilación de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) por parte de los ciudadanos y las instituciones. La tecnología móvil, Internet y las redes wifi han posibilitado que los usuarios consulten los contenidos digitalizados a una velocidad impensable hace unos años, aprendiendo nuevas maneras de relacionarse con el patrimonio cultural, a la vez que adquieren nuevos conocimientos.

En este contexto, es cada vez más común ver como los museos utilizan aplicaciones para atender las necesidades particulares de los visitantes, y guiarles a través de recorridos personalizados, facilitando experiencias inmersivas e inolvidables. Es evidente que esta tendencia hacia la personalización de los contenidos, unida a la interpretación personal y a la interactividad, no se podría haber dado sin la ayuda de la implantación de últimos avances tecnológicos en nuestro entorno (Adolfo Muñoz, Ana Martí Testón, 2018).

En los últimos años, la realidad aumentada está tomando gran relevancia en los museos, incluyendo en algunos de los museos más importantes nacionales e internacionales. Algunos de estos museos son:

- **Museo de Arte “Antonio Paredes Candía”:** se creó un nuevo concepto de visita, adaptándose a las necesidades de los visitantes, permitiéndoles apreciar mejor lo que estarán visualizando gracias a la interactividad e información multimedia que se tiene de las obras presentes en el Museo de Arte “Antonio Paredes Candía”. Se modelaron obras en 3D, entre las cuales están: esculturas, piezas arqueológicas, elementos costumbristas, los cuales se muestran de manera interactiva y en tiempo real, permitiendo así apreciar mejor los detalles técnicos de las obras, logrando mejorar la experiencia de los visitantes al momento de visualizar las obras. Además, que con esta aplicación se pretende promover la difusión del patrimonio cultural e histórico que posee el museo en cuestión, todo ello representa un gran aporte tecnológico para la sociedad (Laura, 2016).



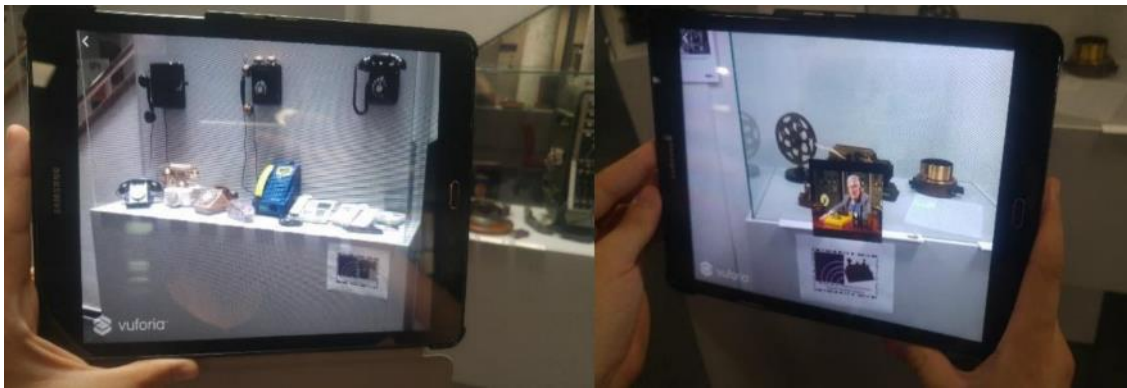
*Ilustración 9: Museo de Arte "Antonio Paredes Candía"*

*Fuente: (Laura, 2016)*

- **Museo de la Telecomunicación Vicente Miralles Segarra:** Es una aplicación de realidad aumentada para el Museo de la Telecomunicación Vicente Miralles Segarra, situado en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia, con tal de que los visitantes de este museo puedan disfrutar de una visita enriquecida por los pasillos

del museo haciendo uso de un nuevo tipo de experiencia gracias a las tecnologías de la información y la comunicación.

A lo largo de este escrito se recogerán explicaciones sobre el uso de nuevas tecnologías en museos, la importancia y las aplicaciones de estas en visitas culturales. Se explicarán el uso de herramientas para la realización de aplicaciones de realidad aumentada para dispositivos con sistema operativo Android y el funcionamiento de estas. Por último, se concluirá con los resultados de la aplicación y unas líneas futuras con posibles mejoras, cambios y adiciones a la aplicación. (López, 2018)



*Ilustración 10: Teléfono de baquelita y telégrafo*

*Fuente: (López, 2018)*

### **2.3.5 Realidad Aumentada en Dispositivos Móviles**

La realidad aumentada en dispositivos móviles surge como una alternativa para implementar aplicaciones educativas que motiven y mejoren el aprendizaje de los alumnos, por ello es importante conocer en forma breve lo que es la realidad aumentada, los elementos que la integran, así como los tipos de navegadores y aplicaciones más utilizadas hoy en día por dispositivos móviles, las características más significativas de cada navegador y las aplicaciones para realidad aumentada existentes. (Cruz, 2014)

La Realidad Aumentada es una tecnología emergente que, cada día, tiene una mayor incidencia en la docencia. Tanto la Realidad Aumentada como la tecnología móvil se dibujan junto a ella; la tecnología móvil se dibuja como uno de los binomios más eficaces para apoyar un aprendizaje significativo y ubicuo. No obstante, para que este pueda funcionar con validez, el estudiante debe

encontrarse motivado para utilizarla durante el proceso formativo. A través de la aplicación del modelo Instructional Material Motivational Survey , se ha tratado de determinar el grado de motivación que el alumnado de Grado de Pedagogía de la Universidad de Sevilla (N=148) tiene sobre la utilización en el aula de apuntes enriquecidos a través de la Realidad Aumentada y disponibles mediante dispositivos móviles. Mediante una aplicación diseñada para la materia, ha sido valorado de forma positiva por los alumnos participantes en este estudio. Además, podemos señalar que el principal hallazgo logrado ha sido la alta relación entre la motivación de los alumnos para emplear los apuntes enriquecidos y el rendimiento en la materia que los emplea. Igualmente, se ha constatado que la utilización de la Realidad Aumentada beneficia el proceso de aprendizaje. Por tanto, podemos concluir la validez y viabilidad del binomio con respecto a la obtención de una mejora de los resultados de aprendizaje del alumnado. (Julio Cabero Almenara, Bárbara Fernández Robles, Verónica Marín Díaz, 2017).



*Ilustración 11: Aplicación de realidad aumentada para Empresas*

*Fuente: (Iris 360 Studio, 2018)*

### **2.3.6 Tecnologías Necesarias para la Ejecución de la Realidad Aumentada**

En (2016) Laura define que, para poder disfrutar de aplicaciones de Realidad Aumentada en los dispositivos móviles, se necesitan los siguientes elementos:

- **Pantalla**, en donde se visualizará la información aumentada.
- **Cámara digital**, que tomará la información del mundo real y la transmitirá al software de realidad aumentada. Sea cual fuese la cámara usada, en la medida que la definición de los marcadores e impresos aumente el proceso de reconocimiento será más exigente, razón por la cual entre mayor sea la resolución de la cámara más exitosa será la visualización.
- **Marcador**, elemento que activará la Realidad Aumentada.
- **Información virtual**, los datos que recibirá el usuario.
- **Software**, que se encargará de interpretar la información y reproducirlo en dispositivos.

Con estos elementos, la plataforma o dispositivo en cuestión puede crear la base de la Realidad Aumentada, el reconocimiento o tracking que es el proceso de seguimiento de objetos por parte del dispositivo. Es decir, a través del tracking el dispositivo conocerá en todo momento las coordenadas y orientación del objeto sobre el que se van a superponer las imágenes virtuales.

### **2.3.7 Tareas Fundamentales para la Ejecución de la Realidad Aumentada**

En (2016) Laura menciona que los sistemas de Realidad Aumentada, requieren al menos cuatro tareas fundamentales para poder llevar a cabo el proceso de aumento:

#### **a) Captura de la escena**

Una de las tareas más importantes en cualquier sistema de realidad aumentada es la de captura de la escena. En el caso de los sistemas que utilicen reconocimiento visual, es indispensable contar con algún mecanismo que permite recoger la escena para que pueda ser posteriormente procesada

#### **b) Identificación de la escena**

El proceso de identificación de escenas consiste en averiguar qué escenario físico real es el que el usuario quiere que se aumente con información digital. Este proceso puede llevarse a cabo, básicamente, de dos maneras: utilizando marcadores o sin utilizarlos.

- **Reconocimiento por marcadores**, un marcador o patrón es un símbolo impreso (generalmente sobre una hoja), el cual reconocerá el sistema y realizará el proceso de aumento.
- **Reconocimiento sin marcadores**, este proceso se realiza mediante el reconocimiento de imágenes o estimación de posición.

**c) Mezcla la realidad con el aumento**

Una vez descrito el proceso de identificación de escenarios, el siguiente proceso que tiene lugar en los sistemas de realidad aumentada es de sobreponer la información digital que se quiere ampliar sobre la escena real capturada. Cabe resaltar, que esta información digital de aumento puede ser tanto de carácter visual como auditivo o táctil, lo que, por lo general, en la mayoría de sistemas de realidad aumentada sólo se ofrecen los de tipo visual.

**d) Visualización de la escena real en la pantalla**

Dentro de los sistemas de realidad aumentada, el último proceso que se lleva a cabo, y quizás uno de los más importantes, es el de visualización de la escena real con la información de aumento. Sin este proceso, la realidad aumentada no tendría razón de ser.

### **2.3.8 Tipos de Realidad Aumentada**

En (2015), Caro y Hernando mencionan que hay dos tipos de realidad aumentada, basada en marcadores o imágenes y la basada en posicionamiento. El detalle de cada tipo a continuación:

- **Reconocimiento basado en posición**, estos dispositivos pueden ser: GPS, brújulas digitales, giroscopios, etc. Van a permitir que el dispositivo conozca dónde tiene que crear los elementos virtuales.
- **Reconocimiento basado en marcadores**, también llamados targets (imágenes u objetos) que permiten ubicar el modelo tridimensional en la Realidad Aumentada. El marcador será interpretado por el software y dependiendo de cuál sea el marcador, proporcionará una respuesta u otra situando el objeto asociado en esa posición. (Marta Caro Martínez, David Hernando Hernández, 2015)

## **2.3.9 Tipos de Marcadores para Realidad Aumentada**

### **2.3.9.1 Códigos QR.**

Son en sí píxeles blancos y negros formando por lo general cuadrados cuya lectura es rápida y permite re direccionar a contenidos web o mostrar algo cuando la cámara del dispositivo móvil lo detecte. Representan el nivel más básico de esta tecnología. En sitios como Códigos QR se pueden generar estas imágenes fácilmente a partir de la URL que se introduce como dato. (Marta Caro Martínez, David Hernando Hernández, 2015)



*Ilustración 12: Código QR*

*Fuente: (QR Code Generator, 2019)*

### **2.3.9.2 Imágenes**

Imágenes normales y corrientes como cualquier foto que podamos hacer con nuestro teléfono. Eso sí, estas deben de ser imágenes fáciles de distinguir o que sigan algún patrón para que se pueda detectar de alguna manera. El sistema reconocerá la imagen de la vida real para añadir la capa correspondiente de información virtual. (Marta Caro Martínez, David Hernando Hernández, 2015)



*Ilustración 13: Imagen Target*

*Fuente: Elaboración Propia*

### **2.3.9.3 Objetos Simples (Cubos, Cajas o Cilindros)**

Lo que en realidad detectaría la aplicación sería la imagen que está impresa en la figura y no la figura en sí.



*Ilustración 14: Icono de cubo virtual*

*Fuente: (Barker, 2017)*

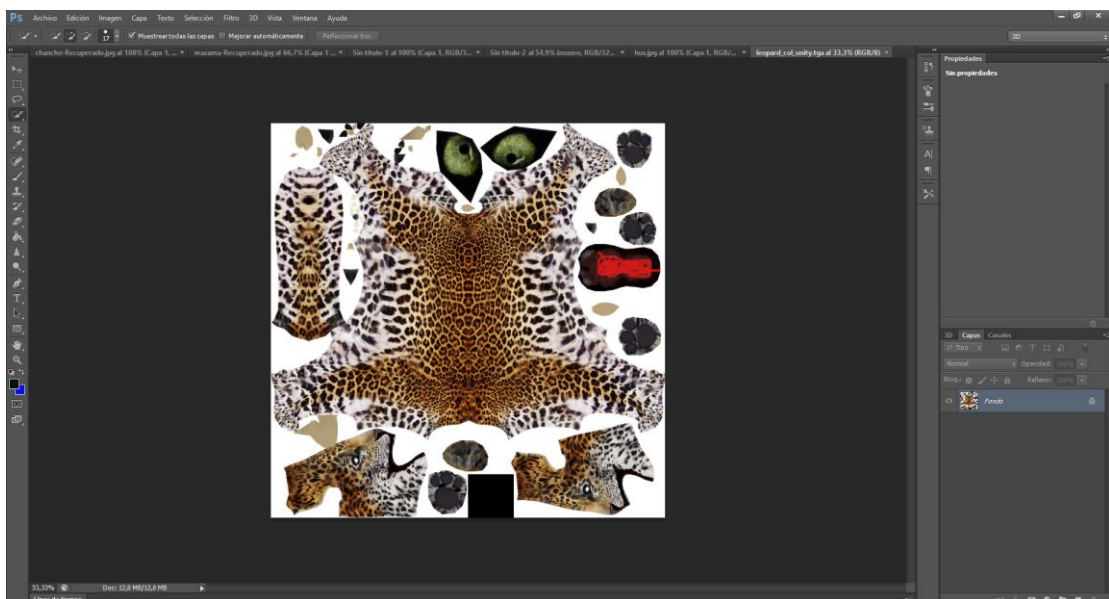
### **2.3.10 Herramientas para el Desarrollo de la Realidad Aumentada**

Es necesario tener en cuenta que para implantación de proyectos de Realidad Aumentada se requiere software de programación, tratamiento de imágenes y modelado 3D.

### 2.3.10.1 Adobe Photoshop CC

Adobe Photoshop es un editor de gráficos rasterizados desarrollado por Adobe Systems Incorporated.

Usado principalmente para el retoque de fotografía, gráficos y Texturas, su nombre en español significa literalmente "taller de fotos". Es líder mundial del mercado de las aplicaciones de edición de imágenes y domina este sector de tal manera que su nombre es ampliamente empleado como sinónimo para la edición de imágenes en general.



*Ilustración 15: Interfaz de Photoshop*

*Fuente: Elaboración Propia*

### 2.3.10.2 Blender

Blender es un software CAD multiplataforma dedicado al modelado, animación y creación de gráficos tridimensionales.

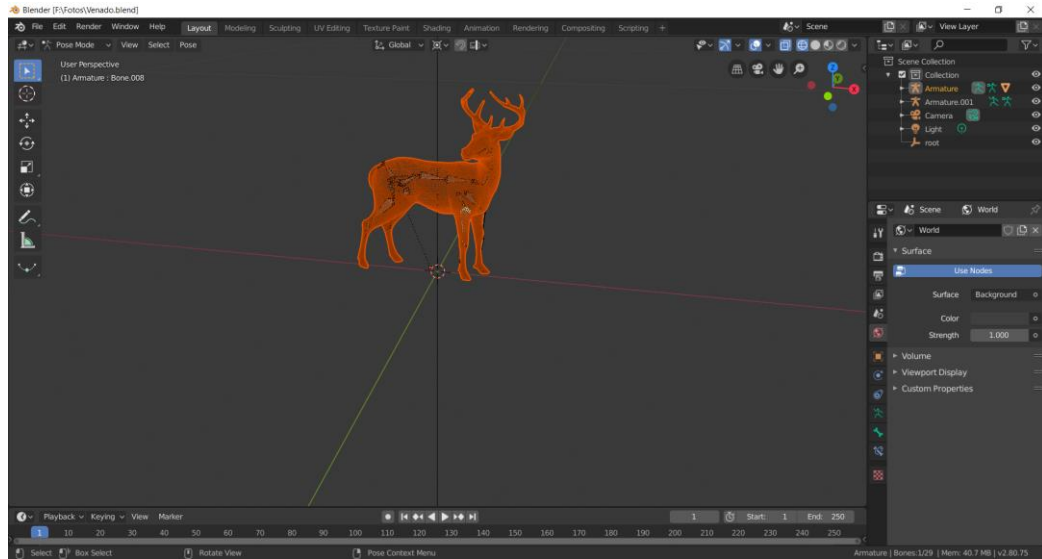
Se puede utilizar para modelar, aplicar texturas, animación, renderizado, partículas y otras simulaciones, edición no lineal, composición, y creación de aplicaciones 3D interactivas, incluyendo juegos.

Desde el inicio este software ha sido distribuido de forma gratuita, pero sin el código fuente, con un manual disponible para la venta, aunque posteriormente pasó a ser software libre. Actualmente

es compatible con todas las versiones de Windows, Mac OS X, Linux, Solaris, FreeBSD e IRIX.  
(Mamolar, 2012)

Las características más destacadas de este software frente al resto son las siguientes:

- Multiplataforma, libre, gratuito. El espacio en disco que ocupa este software es realmente pequeño comparado con otros paquetes de 3D, dependiendo del sistema operativo en el que se ejecuta
- Capacidad para una gran variedad de primitivas geométricas, incluyendo curvas, mallas poligonales, vacíos, NURBS, curvas Bezier, etc.
- Junto a las herramientas de animación se incluyen cinemática inversa, deformaciones por armadura o cuadrícula, vértices de carga y partículas estáticas y dinámicas.
- Edición de audio y sincronización de vídeo.
- Características interactivas para juegos como detección de colisiones, recreaciones dinámicas y lógica.
- Posibilidades de renderizado interno versátil e integración externa con potentes trazadores de rayos libres como kerkythea, YafRay o Yafrid.
- Lenguaje Python para automatizar o controlar varias tareas. Es posible la creación de scripts para tratar los objetos poligonales que hay en la escena.
- Acepta formatos gráficos como TGA, JPG, Iris, SGI, o TIFF. También puede leer ficheros Inventor.
- Motor de juegos 3D integrado, con un sistema de bloques lógicos Para más control se usa programación en lenguaje Python.
- Simulaciones dinámicas para partículas y fluidos.
- Modificadores apilables, para la aplicación de transformación no destructiva sobre mallas.
- Sistema de partículas estáticas para simular cabellos y pelajes, al que se han agregado nuevas propiedades entre las opciones de shaders para lograr texturas realistas.



*Ilustración 16: Interfaz de Blender*

*Fuente: Elaboración Propia*

Para nuestro proyecto, se ha utilizado Blender para la creación de los objetos 3D. Como se explicará más adelante, cada librería soporta unos tipos de formatos de objetos 3D diferentes. Los scripts en Python que incluye la versión 2.48 de Blender, permiten la importación y exportación de formatos prácticamente en desuso como metasequoia (mqo). Aunque existen algunas dificultades para la importación y exportación correcta de los objetos, especialmente con las texturas, esta herramienta ha facilitado bastante las tareas de creación de objetos (Mamolar, 2012).

### **2.3.10.3 Unity 3D**

Unity dispone de un potente diseñador de niveles y una amplia documentación, y gracias a la continua aportación por parte de la comunidad de usuarios que crean contenido para el motor se dispone de una cuantiosa cantidad de recursos que pueden utilizarse libremente en nuestros proyectos. Otro gran aspecto por el cual se ha elegido este motor es la facilidad de cambio de plataformas entre PC, Android, IOS, etc. donde con un simple clic el proyecto se adapta para funcionar en diversas plataformas. Una ventaja frente a otros motores es la facilidad de observar los cambios realizados en escena mediante su editor visual ya que permite hacer cambios y probarlos de una forma fácil. Además, el uso de archivos scripts que contienen las acciones requeridas por el programador, hacen de este motor una opción muy atractiva para los programadores con experiencia en desarrollo con lenguajes de programación orientados a objetos.

Unity posee una versión gratuita donde podemos desarrollar el proyecto este motor adquirió importantes mejoras en cuanto a calidad y realismo frente a sus competidores. Se introdujeron mejoras en iluminación en tiempo real y utilización de sardes (Programa informático para realizar cálculos gráficos en un lenguaje de sombreado) entre otras mejoras. (Romo, 2017-2018)

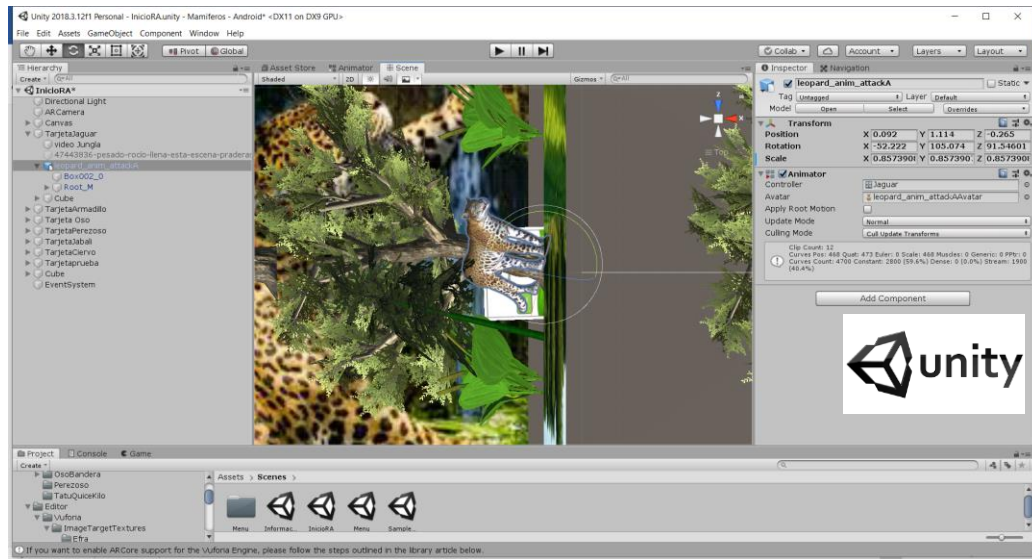


Ilustración 17: Interfaz de Unity 3D

Fuente: Elaboración Propia

#### 2.3.10.4 Lenguaje de programación

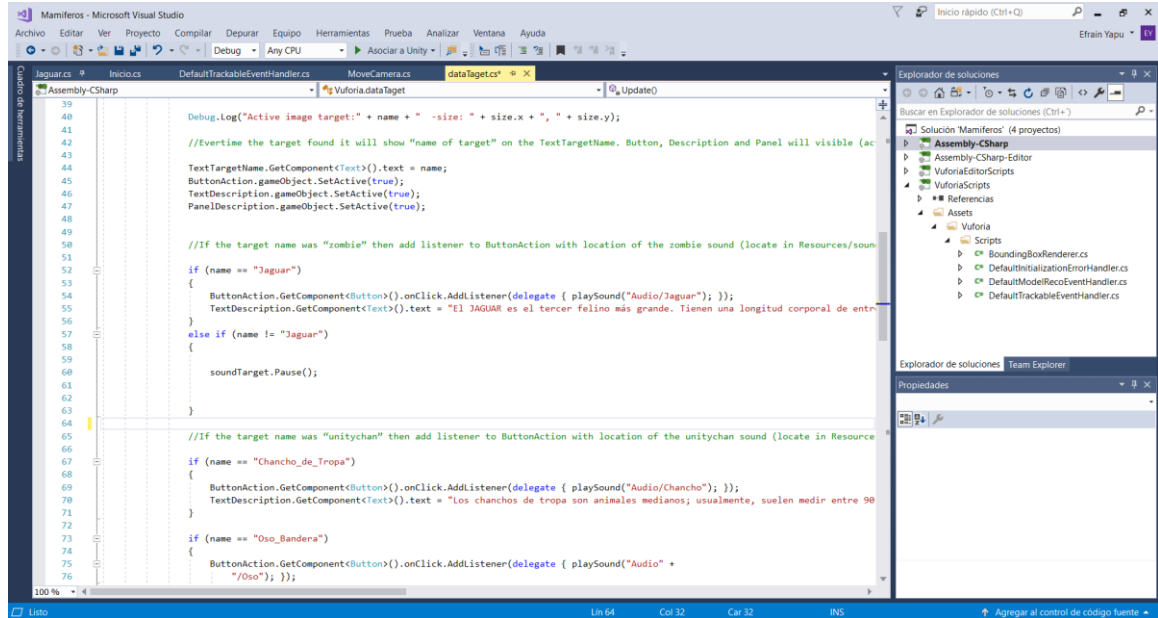
Al elegir como programa de desarrollo para el videojuego o realidad aumentada en Unity, el lenguaje más adecuado para esta ocasión será C-Sharp (C#). Es un lenguaje orientado a objetos y desarrollado por Microsoft que deriva que C y C++ y hace uso del formato de objetos de la plataforma .NET (Framework de Microsoft), es un lenguaje extendido y muy utilizado en este tipo de aplicaciones. Además, es nativo de la aplicación Unity. (Romo, 2017-2018)

#### 2.3.10.5 Plataforma de programación

Como plataforma de programación donde desarrollar el proyecto se ha optado por Visual Studio Code (imagen 7). Este editor de código fuente comercializado por Microsoft para los sistemas operativos Microsoft, Linux y MacOS es compatible con varios lenguajes de programación y proporciona modificar los archivos con ciertas características como:

- Depuración de código
- Resaltado de sintaxis.

- Predicción inteligente de código



*Ilustración 18: Entorno Visual Studio*

*Fuente: Elaboración Propia*

Un punto por destacar para la elección de este editor es que es gratuito y de código abierto (open source) además de su versatilidad y fácil funcionamiento (Romo, 2017-2018).

### 2.3.10.6 Plataforma Android

Android es un sistema operativo de código abierto basado en Linux y desarrollado por Google. Es uno de los sistemas operativos más extendidos y usados en dispositivos móviles y Unity permite el desarrollo de aplicaciones nativas para estos dispositivos. Además, se puede hacer uso de la realidad virtual, realidad Aumentada (Romo, 2017-2018).



*Ilustración 19: Sistema operativo Android*

*Fuente: Elaboración Propia*

Estas características hacen que sea el sistema operativo idóneo para el desarrollo del proyecto de realidad virtual.

### **2.3.10.7 Android SDK**

El Software Development Kit (Kit de desarrollo de software) de Android, incluye un conjunto de herramientas de desarrollo como depurador de código, librerías, simulador de teléfonos basado en QEMU, documentación, ejemplos y tutoriales. La IDE oficialmente soportada por este SDK es Eclipse, junto con el complemento ADT. En nuestro caso no se ha utilizado el emulador de teléfonos, pues el SDK permite controlar dispositivos Android conectados mediante USB. Este SDK también nos ha permitido realizar pruebas de compatibilidad con versiones anteriores de Android, descargando componentes de herramientas anteriores (Mamolar, 2012).

### **2.3.10.8 Vuforia**

Qualcomm Vuforia es un Kit de Desarrollo Software SDK para el desarrollo de aplicaciones para móviles y Tablets que se puede integrar con Unity de forma que la aplicación pueda reconocer marcadores y crear así realidad aumentada.

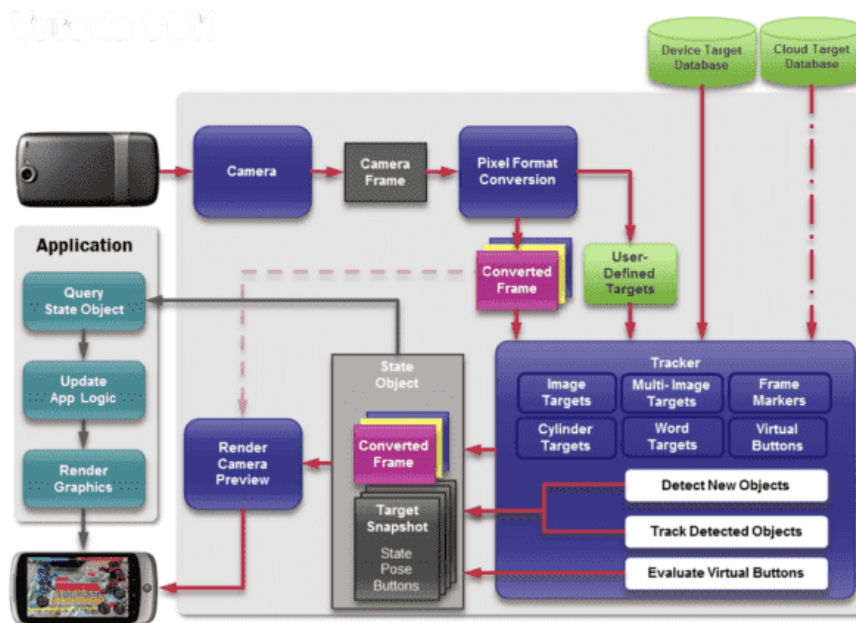


Ilustración 20: Vuforia SDK

Fuente: (Desarrollo Libre, 2014)

Una aplicación desarrollada con Vuforia utiliza la pantalla del dispositivo como un "lente mágico" en donde se entrelazan elementos del mundo real con elementos virtuales (como letras, imágenes). La cámara muestra a través de la pantalla del dispositivo, vistas del mundo real, combinados con objetos virtuales como: modelos, bloque de textos, imágenes.

Detrás del SDK de Vuforia se encuentra la empresa Qualcomm, conocida especialmente por el desarrollo de microprocesadores para dispositivos móviles. Vuforia es una plataforma de desarrollo para aplicaciones de Realidad Aumentada basada principalmente en la tecnología de reconocimiento de imágenes con soporte para desarrollar aplicaciones para IOS, Android y Unity 3D.

En 2016, el Portal de Desarrolladores Vuforia mencionó las características principales de Vuforia, las cuales son:

- SDK completamente gratuito sin ninguna limitación.
- Sistema de reconocimiento o tracking basado tanto en marcadores como en reconocimiento de imágenes.
- Rastreo robusto. (el Target fijado no se perderá tan fácilmente incluso cuando el dispositivo se mueva).

- Detección Rápida de los Targets.
- Detección y rastreo simultáneo de Targets.
- Permite el desarrollo de aplicaciones de RA en Android e IOS.
- Mediante su plugin para la plataforma de Unity 3D permite el desarrollo tanto de aplicaciones como juegos basados de RA.
- Permite aplicaciones en la nube mediante Vuforia Cloud.
- Gratuito.

### **2.3.11 Lenguaje Unificado de Modelado (UML)**

El Lenguaje Unificado de Modelado (UML) es un lenguaje de modelado visual que se usa para especificar, visualizar, construir y documentar artefactos de un sistema de software. Captura decisiones y conocimientos sobre el sistema que se debe construir. Se usa para entender, diseñar, hojear, configurar, mantener, y controlar la información sobre tales sistemas. Está pensado para usarse con todos los métodos de desarrollo, etapas de ciclo de vida, dominios de aplicación y medios. El lenguaje de modelado pretende unificar la experiencia pasada sobre técnicas de modelado e incorporar las mejores prácticas actualmente en el acercamiento estándar. (James Rumbaugh, Ivar Jacobson, Grandy Booch, 2000)

#### **2.3.11.1 Casos de uso**

La vista de los casos de uso modela la funcionalidad del sistema según lo perciben los usuarios externos, llamados actores. Un caso de uso es una unidad coherente de funcionalidad, expresada como transacción entre los actores y el sistema, el propósito de la vista de casos de uso es enumerar a los actores y casos de uso, y demostrar que actores participan en cada caso de uso. (James Rumbaugh, Ivar Jacobson, Grandy Booch, 2000)

#### **2.3.11.2 Diagrama de secuencia**

Muestra un conjunto de mensajes, dispuestos en una secuencia temporal. Cada rol en la secuencia se muestra como una línea de vida, es decir, una línea vertical que se presenta el rol durante cierto plazo de tiempo, con la interacción completa. Los mensajes se muestran como flechas entre líneas de vida. Un diagrama de secuencia puede mostrar un escenario, es decir, una historia individual de una transacción. (James Rumbaugh, Ivar Jacobson, Grandy Booch, 2000)

### **2.3.11.3 Diagrama de actividades**

Un grafo de actividades es una variante de una máquina de estados, que muestra las actividades de computación implicadas en la ejecución de un cálculo. Un estado de actividad representa una actividad: un paso en el flujo de trabajo o la ejecución de una operación. Un grafo de actividades describe grupos secuenciales y concurrentes de actividades. Los grafos de actividades se muestran en diagrama de actividades. (James Rumbaugh, Ivar Jacobson, Grandy Booch, 2000)

### **2.3.12 Diagrama de clases**

Los componentes principales de la vista estática son las clases y sus relaciones: asociación, generalización, y varias clases de dependencia, tales como realización y uso. Una clase es la descripción de un concepto del dominio de la aplicación de la solución de la aplicación. Las clases son el centro alrededor del cual se organiza la vista de clases; otros elementos pertenecen o se unen a las clases. La visión estática se exhibe en los diagramas de clases; llamados así porque su objetivo principal es la descripción de clases. (James Rumbaugh, Ivar Jacobson, Grandy Booch, 2000)

## **2.4 MARCO METODOLÓGICO**

Se propone la creación de una aplicación con fines educativos, esta aplicación es un material de apoyo para mejorar y fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje para valorar a los animales en exhibición de la sala de mamíferos del Museo de Historia Natural Pedro Villalobos de la Universidad Amazónica de Pando.

El presente capítulo contiene la planificación del proceso de ingeniería, el análisis de requerimientos, el modelado, diseño y construcción del producto software con realidad aumentada. Contiene además el proceso de selección de herramientas para el diseño procedimental o la programación del producto propiamente dicha.

Las metas que se desea lograr en el proceso mejorar la experiencia de aprendizaje de los visitantes es: incrementar la motivación por aprender con las tecnologías realidad aumentada y realidad virtual.

### **2.4.1 Metodologías ágiles**

Las metodologías en general se clasifican según su enfoque y características esenciales, las más recientes, que se fueron gestando a finales del siglo pasado y que se han comenzado a manifestar desde principios del actual, se han denominado “metodologías ágiles” y surgen como una alternativa a las tradicionales, estas metodologías se derivan de la lista de los principios que se encuentran. y están basados en un desarrollo iterativo que se centra más en capturar mejor los requisitos cambiantes y la gestión de los riesgos, rompiendo el proyecto en iteraciones de diferente longitud, cada una de ellas generando un producto completo y entregable; e incremental donde un producto se construye bloque a bloque durante todo el ciclo de vida de desarrollo del producto, las iteraciones individuales deben producir alguna característica completamente funcional o mejorada su principal objetivo es reducir el tiempo de desarrollo. (Balaguera, 2013)

### **2.4.2 Metodologías ágiles en el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles**

El uso de métodos ágiles de desarrollo de software ha recibido tanto apoyo como argumentos opuestos. El principal argumento en contra es la falta de validación. Hay también una cierta cantidad de incertidumbre para distinguir los métodos ágiles de programación. Sin embargo,

algunos autores defienden la teoría de que los métodos ágiles proporcionan un enfoque de desarrollo organizado. (Balaguera, 2013)

Cuando se trata de comparar las características de las aplicaciones móviles a las de un método ágil, la dificultad proviene, en parte, del hecho de que los límites de las metodologías ágiles no están claramente establecidos. Una visión global de la investigación en ese campo se presenta en donde los autores dividen su investigación en cuatro categorías: introducción y adaptación, factores humanos y sociales, la percepción de los métodos ágiles, y estudios comparativos. Los resultados indican que la introducción de los métodos ágiles a proyectos de software de tamaño reducido genera grandes beneficios, especialmente si las prácticas ágiles no sustituyen completamente a las tradicionales, sino que trabajan en conjunto. (Balaguera, 2013)

Para el desarrollo de la aplicación móvil se requiere utilizar una metodología de desarrollo ágil que utilice técnicas de desarrollo rápido y para dispositivos móviles donde el ciclo de desarrollo sea corto y para grupos pequeños, en este caso 1 persona, por estas razones que se decide hacer el uso de la metodología Mobile-D la cual el ciclo del proyecto se divide en cinco fases: exploración, inicialización, producción, estabilización y prueba del sistema.

### **2.4.3 Mobile-D**

El método Mobile-D se desarrolló junto con un proyecto finlandés en el 2004. Fue realizado, principalmente, por investigadores de la VIT14 y, a pesar de que es un método antiguo, sigue en vigor (se está utilizando en proyectos de éxito y está basado en técnicas que funcionan).

El objetivo es conseguir ciclos de desarrollos muy rápidos en equipos muy pequeños (de no más de diez desarrolladores) trabajando en un mismo espacio físico. Según este método, trabajando de esa manera se deben conseguir productos totalmente funcionales en menos de diez semanas.

Se trata de método basado en soluciones conocidas y consolidadas: Extreme Programming (XP), Crystal Methodologies y Rational Unified Process (RUP); XP para las prácticas de desarrollo, Crystal para escalar los métodos y RUP como base en el diseño del ciclo de vida. (Jesús Daniel Meneses Sánchez, Elva Carolina Laveriano Meca , 2016)



Ilustración 21: Ciclo de desarrollo Mobile D

Fuente: (Escobar Bonilla Guillermo Santiago. Campaña Guzmán Alex Israel., 2014)

### 2.4.3.1 Exploración

El propósito de la fase de exploración es planear y establecer el proyecto. Esta fase es importante para establecer las bases para la arquitectura del producto, la elección del entorno y la implementación del sistema. (Jesús Daniel Meneses Sánchez, Elva Carolina Laveriano Meca , 2016)

En esta fase es el levantamiento de toda la información necesaria mediante la comunicación con las personas interesadas, para concretar los objetivos del proyecto como la fecha de entrega del mismo, definir todos los recursos materiales y humanos, de esta manera se asegura que el proyecto inicie sin ningún tipo de retrasos por falta de equipos ni de conocimientos.

El levantamiento de información se la puede realizar mediante diferentes tipos de recolección de información como: reuniones, entrevista, encuestas, entre otras. (Zambrado, 2018)

### 2.4.3.2 Inicialización

El propósito de esta fase es posibilitar el éxito de las siguientes fases del proyecto preparando y verificando todos los problemas críticos del desarrollo, de manera que todos ellos sean corregidos con prontitud en el final de la fase de aplicación de los requisitos. Además, se preparan todos los recursos físicos, tecnológicos y de comunicaciones para las actividades de producción. (Jesús Daniel Meneses Sánchez, Elva Carolina Laveriano Meca , 2016)

Durante la fase de inicialización, los desarrolladores preparan e identifican todos los recursos necesarios. Se preparan los planes para las siguientes fases y se establece el entorno técnico (incluyendo el entrenamiento del equipo de desarrollo). Los autores de Mobile-D afirman que la contribución al desarrollo ágil se centra fundamentalmente en esta fase, en la investigación de la línea arquitectónica. Esta acción se lleva a cabo durante el día de planificación. Los desarrolladores analizan el conocimiento y los patrones arquitectónicos utilizados en la empresa (extraídos de proyectos anteriores) y los relacionan con el proyecto actual. Se agregan las observaciones, se identifican similitudes y se extraen soluciones viables para su aplicación en el proyecto. Finalmente, la metodología también contempla algunas funcionalidades nucleares que se desarrollan en esta fase, durante el día de trabajo. (Mamani, 2015)

#### **2.4.3.3 Producción**

En la fase de producción se repite la programación de tres días (planificación – trabajo - liberación) se repite iterativamente hasta implementar todas las funcionalidades. Primero se planifica la iteración de trabajo en términos de requisitos y tareas a realizar. Se preparan las pruebas de la iteración de antemano (de ahí el nombre de esta técnica de *Test-Driven Development*, TDD). Las tareas se llevarán a cabo durante el día de trabajo, desarrollando e integrando el código con los repositorios existentes. Durante el último día se lleva a cabo la integración del sistema (en caso de que estuvieran trabajando varios equipos de forma independiente) seguida de las pruebas de aceptación (Mamani, 2015)

La fase de producción tiene como propósito implementar la funcionalidad requerida en el producto aplicando un ciclo de desarrollo iterativo e incremental. El desarrollo basado en pruebas es utilizado para implementar las funcionalidades (Jesús Daniel Meneses Sánchez, Elva Carolina Laveriano Meca , 2016)

#### **2.4.3.4 Estabilización**

El propósito de la fase de estabilización tiene como propósito asegurar la calidad de la implementación del proyecto.

En la fase de estabilización, se llevan a cabo las últimas acciones de integración para asegurar que el sistema completo funciona correctamente. Esta será la fase más importante en los proyectos multi-equipo con diferentes subsistemas desarrollados por equipos distintos. En esta fase, los desarrolladores realizarán tareas similares a las que debían desarrollar en la fase de "producción",

aunque en este caso todo el esfuerzo se dirige a la integración del sistema. Adicionalmente se considera en esta fase la producción de documentación. (Mamani, 2015)

#### **2.4.3.5 Prueba y reparación del sistema**

El propósito de la fase de pruebas del sistema es comprobar si el producto implementa las funcionalidades requeridas correctamente, y corregir los errores encontrados. (Jesús Daniel Meneses Sánchez, Elva Carolina Laveriano Meca , 2016)

En esta última fase, se comienza una exploración de deficiencias en el software. Se realiza la planificación, trabajo y entrega del software completo. De igual manera que la fase anterior, se realiza en un taller post iteración cuyo objetivo es corregir las últimas deficiencias para que el producto cumpla correctamente con las funciones principales que el cliente las estableció al inicio del proyecto. (Zambrado, 2018)

# CAPITULO III

## 3 MARCO APLICATIVO

### ***Resumen***

*El presente capítulo contiene el desarrollo de la Aplicación Móvil aplicando la metodología Mobile-D, la planificación del proceso de ingeniería, el análisis de requerimientos, el modelado, diseño y construcción del producto software con realidad aumentada. Contiene además el proceso de selección de herramientas para el diseño procedimental o la programación del producto propiamente dicha.*

Se eligió la metodología Mobile-D para realizar el desarrollo de una aplicación móvil con Realidad Aumentada para la sala de mamíferos del Museo de Historia Natural Pedro Villalobos de la Universidad Amazónica de Pando.

### **3.1 Metodología de desarrollo de Software**

Para el desarrollo de la aplicación se utiliza la metodología Mobile-D, el objetivo de este método es conseguir ciclos de desarrollo rápidos en equipos pequeños, el ciclo de vida de esta metodología se divide en cinco fases:

1. Exploración
2. Inicialización
3. Producción
4. Estabilización
5. Pruebas

### **3.2 Fase de Exploración**

Según los procedimientos recomendados por la metodología Mobile-D, para esta etapa, primeramente, se establece a todos los involucrados en el sistema, posteriormente se define los requerimientos para luego realizar un plan de proyecto, y finalmente asignar los recursos necesario para el proyecto de desarrollo de software de una aplicación Móvil con realidad aumentada.

**Visión general de la aplicación:** La finalidad es diseñar y desarrollar un prototipo de aplicación móvil con realidad aumentada, para ayudar a promover la cultura a los que visitan la sala de mamíferos del Museo de Historia Natural Pedro Villalobos, de tal manera que el visitante use un celular o Tablet donde visualizara imágenes que servirán para tener más conocimiento del entorno, además que sea de fácil portabilidad sin importar la distancia.

#### **3.2.1 Establecimiento de stakeholders (interesado):**

Los objetivos de esta etapa son identificar y establecer diferentes grupos de actores necesarios en diferentes tareas a lo largo del proyecto.

- a) **Establecimiento de usuarios:** se identifica al visitante a la sala de mamíferos del Museo de Historia Natural Pedro Villalobos como el principal actor, a quien está dirigido el producto final.

Tabla 2: Establecimiento de Usuario

Código	Actores
ACT-001	Visitantes
Descripción	Es un usuario de la aplicación Móvil con Realidad Aumentada quien utiliza la herramienta como medio Tecnológico para mejorar la experiencia al visualizar.
Comentarios	Es un actor que utiliza la aplicación como medio de refuerzo en la enseñanza y aprendizaje.

Fuente: elaboración Fuente

- b) **Establecimiento de grupo desarrollo:** El diseño y la construcción de la aplicación móvil con Realidad Aumentada está desarrollado por el Autor del presente trabajo.

### 3.2.2 Delimitación del proyecto:

Las tareas a cumplirse en esta etapa son 3: restricciones del proyecto, colección de requerimientos y planificación del proyecto.

#### a) Restricción

- ✓ Lenguaje de programación: el lenguaje de programación a utilizar es C#: su sintaxis básica deriva de C/C++ y utiliza el modelo de objetos de la plataforma .NET, similar al de Java, aunque incluye mejoras derivadas de otros lenguajes.
- ✓ Proceso de software: la metodología Mobile-D se utilizada como proceso de desarrollo de software.
- ✓ Lenguaje de Modelado: el lenguaje de modelado a utilizar es UML.

✓ Plataforma de desarrollo: la aplicación está desarrollada en el sistema operativo Android.

b) **Recolección de requerimientos:** Los requisitos de este proyecto se hará una división de dos tipos de requisitos:

**Requerimiento de los usuarios:** En esta etapa, el desarrollador debe crear un vínculo con el usuario para así comprometerlo de que esta información que será suministrada sea la más real y objetiva posible.

**Análisis de la información recolectada:** Aquí el desarrollador utiliza sus habilidades de análisis y objetividad para determinar cuáles son las características fundamentales que predomina en su aplicación móvil.

### 1. **Requerimiento de los usuarios**

Los principales requerimientos de esta aplicación están orientados en mejorar la experiencia de aprendizaje en los visitantes de las taxidermias en exhibición de los animales pertenecientes a la familia de mamíferos del Museo. Implementando realidad aumentada, para ello se recolectó información necesaria e importante por medio de fuentes bibliográficas, libros, consultas en la web, sirviendo a la vez como un producto turístico y educativo. Así también se realizaron encuestas a las personas que visitan el lugar, con el fin de conocer las diversas opiniones, sugerencias, necesidades y las maneras en que llegan a conocer más en el momento que visitan el Museo de Historia Natural Pedro Villalobos de la Universidad Amazónica de Pando.

### 2. **Diseño navegacional**

En esta etapa se visualizará la estructura de la aplicación móvil de realidad aumentada. El visitante podrá ingresar y vivir una experiencia gratificante al navegar dentro de la aplicación, podrá moverse a su conveniencia y disfrutar de todo lo que ofrece la aplicación móvil con Realidad Aumentada

**3. Requerimientos de la aplicación móvil** los requisitos de este proyecto se hará una división de dos tipos de requisitos:

- Requerimientos funcionales
- Requerimientos no Funcionales

Para la obtención de requerimientos se realizó una entrevista al director de CIPA y al encargado del Museo de Historia Natural Pedro Villa Lobos. Con la finalidad de identificar problemas en la experiencia de aprendizaje de las taxidermias en exhibición de la sala de mamíferos del Museo de Historia Natural Pedro Villalobos de la Universidad Amazónica de Pando.

Para la realización de la aplicación es necesario la especificación de requisitos o necesidades del usuario, por esta razón que se toman en consideración los requerimientos funcionales.

*Tabla 3: Requerimiento Funcional*

Requerimientos Funcionales		
Código	Requerimientos	Descripción
<b>REQ01</b>	Reconocimiento de marcadores	Al abrir la aplicación móvil de realidad aumentada el visitante deberá seleccionar uno de los marcadores que se encuentran en la sala una vez ejecutada la acción y apuntando sobre ella con la cámara encendida, se abrirá la cámara del dispositivo móvil, el cual reconocerá automáticamente el marcador que capturará el entorno real en el que este colocado el marcador para su respectivo procesamiento.
<b>REQ02</b>	Visualización de la realidad aumentada	La aplicación debe contar con modelos 3D de animales de acuerdo al contenido en la sala de mamíferos.
<b>REQ03</b>	Navegación dinámica	La aplicación debe navegar de forma automática en la realidad Aumentada.
<b>REQ04</b>	Información multimedia	La aplicación debe contar con un audio explicativo referente al diseño 3D.

<b>REQ05</b>	Solo una cámara RA para todo los Imagen Target	La aplicación debe visualizar una variedad de modelos 3D en la realidad aumentada.
--------------	--	--

*Fuente: Elaboración Propia*

Los requerimientos no funcionales que son fundamentales para el buen funcionamiento de la aplicación, estos requerimientos no funcionales se muestran.

*Tabla 4: Requerimiento no Funcional*

Requerimientos no funcionales		
Código	Requerimiento	Descripción
<b>REQ-NF01</b>	Interfaz	El sistema proporciona una interfaz de comunicación con el usuario sencillo, intuitivo y comprensible.
<b>REQ-NF02</b>	Tiempo de respuesta	El sistema debe responder a las solicitudes internas en menos de 5 segundos
<b>REQ-NF03</b>	Compatibilidad con plataformas	El sistema desarrollado debe ofrecer compatibilidad desde la versión 4. 5 o Superior en Android.
<b>REQ-NF04</b>	Procesamiento	Se debe crear un vínculo con el usuario para así comprometerlo de que esta información que será suministrada sea la más real y objetiva posible para llevar a cabo la RA.

*Fuente: Elaboración Propia*

### c) Planificación del proyecto

Se muestra el diagrama para el desarrollo de la aplicación, esta se realizó en baso a las fases de la metodología.

## DIAGRAMA DE GATT

OBJETIVOS	FASES	TAREAS	Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Analizar requisitos para identificar las especificaciones funcionales, no funcionales y técnicas del proyecto	<b>Exploración</b>																			
	Definir los alcances	Análisis de requisitos																		
	Definir el proyecto	Elaboración de catálogo de requerimientos																		
	<b>Inicialización</b>																			
Elaborar modelos de análisis y diseño con Lenguaje Modelado Unificado UML.	Identificar recursos necesarios	Investigación de herramientas para desarrollo de la aplicación																		
	Establecer entorno técnico	Diseño con Lenguaje Modelado Unificado UML																		
	<b>Producción</b>																			
Implementar la aplicación Android, utilizando Blender, Vuforia y Unity 3D con la metodología Mobile-D.	Modelos 3D	Diseño de taxidermias en 3D																		
	Desarrollos módulos	Producción de código fuente.																		
	Diseño de interfaz grafica	Diseños de interfaz amigables para el usuario.																		
	Integrar	Integración de códigos con los repositorios existentes.																		
	<b>Estabilización</b>																			

	Acción de integración	Integración de la aplicación																					
	Marcadores	Pruebas de reconocimiento de marcadores o patrones.																					
	<b>Pruebas</b>																						
Evaluar el sistema acorde a los requerimientos de todo el proceso de desarrollo aplicando ISO/25010	Solución conflictos	Disponibilidad de la aplicación. Prueba con requisitos. Eliminación de defectos encontrados																					

Tabla 5: Diagrama de Gantt

Fuente: Elaboración Propia

### 3.2.3 Establecimiento del proyecto:

En esta etapa se selecciona el ambiente, se asigna los recursos (técnicos y humanos) necesarios, se establece la arquitectura de la aplicación y el proceso para el proyecto de desarrollo de software.

- a) Selección del entorno: para la selección del entorno, es primordial centrarse en la adquisición de un dispositivo móvil con sistema operativo Android en donde se realice las pruebas de realidad Aumentada y con un computador en donde se pueda instalar las herramientas para el desarrollo de la aplicación.
- b) Asignación de personal: el diseño y construcción de la aplicación móvil, está desarrollada por el autor del presente proyecto.
- c) Definición de la línea de arquitectura: la arquitectura se estructura como se muestra en Figura.

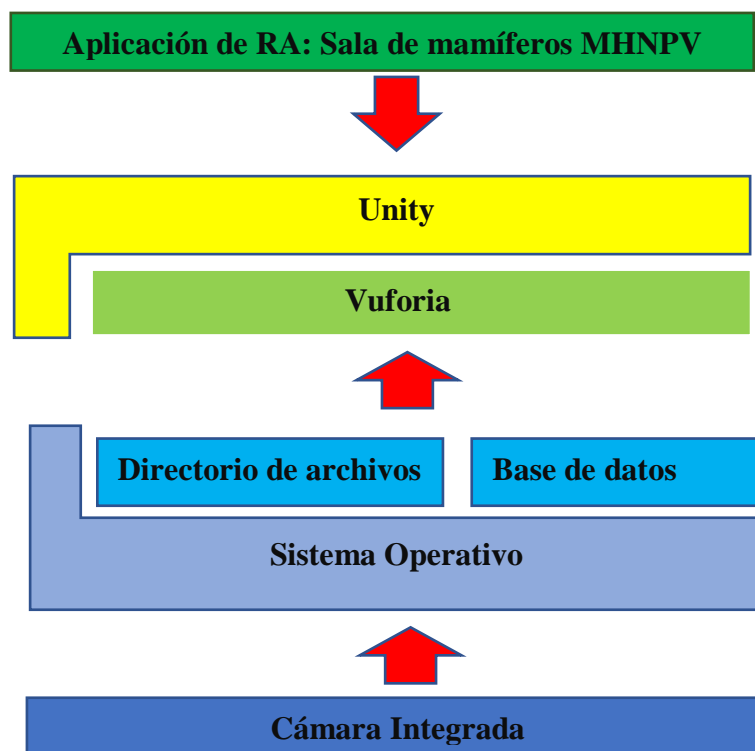


Ilustración 22: Arquitectura de la Aplicación

Fuente: Elaboración Propia

- d) Establecimiento del proceso: para realizar el establecimiento del proceso, se realizó un diagrama de proceso.

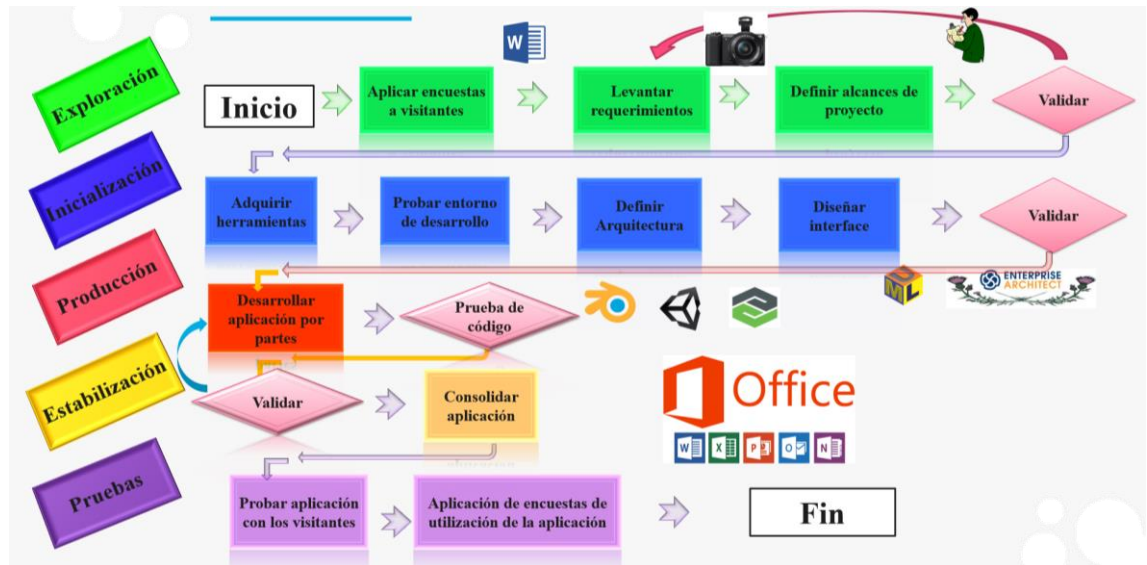


Ilustración 23: Proceso de Metodología Ágil Mobile-D

Fuente: Elaboración Propia

### 3.3 Fase de Inicialización

Después de determinar los requerimientos más importantes se pasa a la etapa de generación de diagramas. Para esta presente investigación se realiza el diagrama de caso de uso, casos de uso expandido, diagrama de clases, diagramas de actividades y el diagrama de secuencia. Posteriormente se realiza el diseño de las interfaces de usuario.

#### 3.3.1 Diagrama de Caso de uso

Un caso de uso es, en esencia, una interacción típica entre un usuario y un sistema de cómputo. Además, los casos de uso son elementos primarios del desarrollo del software, también diseñó un diagrama para la representación gráfica de los casos de uso. El diagrama de casos de uso es ya también parte del UML.

Para crear los diferentes casos de uso, es necesario que cada uno de los requerimientos funcionales, anteriormente definidos, vayan a ser cubiertos de manera general ya que la aplicación se encuentra en una fase de refinamiento.

**Casos de uso general:** Se puede visualizar en la gráfica la funcionalidad de la aplicación móvil de realidad aumentada para sala de mamíferos del MHNPV.

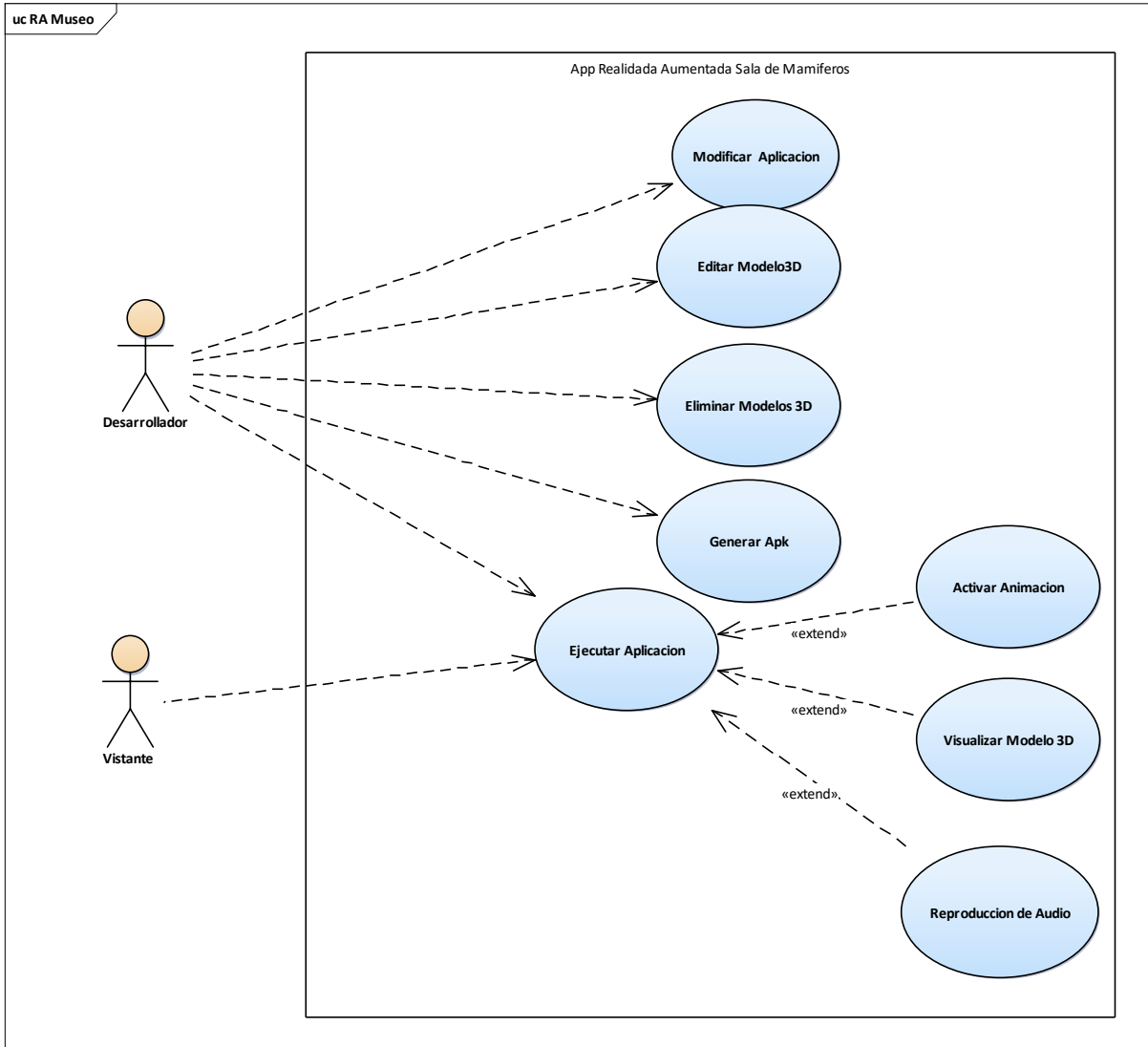


Ilustración 24:Diagrama Caso de Uso general

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 1: Descripción caso de uso- Modificar Aplicación

Caso de Uso	<b>Modificar Aplicación</b>
Descripción	La aplicación puede ser modificada antes de ser generada la apk.
Actor	Desarrollador

<b>Precondición</b>	Tener instalados y configurados los motores de desarrollo Unity, Vuforia SDK, Blender y Android SDK.		
<b>Flujo de Eventos</b>	<b>Paso</b>	<b>Entrada del actor</b>	<b>Respuesta del Sistema</b>
	1		Actualización de la aplicación de los escenarios
	2	Desarrollador puede realizar modificación en el motor Unity 3D y Vuforia.	Modificación de paneles de información
	3		Modificaciones de la base de datos
<b>Post condición:</b>	La aplicación móvil listo para el uso de los usuarios (visitantes).		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 2: Descripción caso de uso- Editar Modelo 3D

<b>Caso de Uso</b>	<b>Editar Modelo 3D</b>		
<b>Descripción</b>	Se realizará modificación de modelos 3D		
<b>Actor</b>	Desarrollador		
<b>Precondición</b>	Tener un Equipo PC con Software de Blender Unity3D		
<b>Flujo de Eventos</b>	<b>Paso</b>	<b>Entrada del actor</b>	<b>Respuesta del Sistema</b>
	1		Cambios de diseños (modelos 3D)
	2	El desarrollador podrá editar modelos 3D.	Actualización de con nuevo modelo 3D
	3		Modelo 3D final
<b>Post condición:</b>	Modelo 3D para		

Fuente: elaboración propia

Tabla 6: Descripción caso de uso- Eliminar Modelo 3D

Caso de Uso		<b>Eliminar modelo 3D</b>	
Descripción	Los Modelo pueden ser eliminados en caso de no ser necesario para la funcionalidad de la Aplicación.		
Actor	Desarrollador		
Precondición	Tener instalados y configurados los motores de desarrollo Unity, Vuforia SDK, Blender y Android SDK.		
Flujo de Eventos	<b>Paso</b>	<b>Entrada del actor</b>	<b>Respuesta del Sistema</b>
	1		Identificación del modelo a eliminar
	2	Desarrollador puede Eliminar modelo 3D	Proceso de eliminación de la del modelo 3D seleccionado
	3		Modelo 3D almacenado en papelera reciclaje del PC.
Post condición:	Actualización de entorno de desarrollo.		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7: Descripción caso de uso- Generar APK

Caso de Uso		<b>Generar Apk</b>	
Descripción	Es la última etapa del desarrollo de la aplicación generar APK para que pueda ser instalado posteriormente en un dispositivo móvil.		
Actor	Desarrollador		
Precondición	Tener un Equipo PC instalado Android SDK, Android NDK y Java JDK		
Flujo de Eventos	<b>Paso</b>	<b>Entrada del actor</b>	<b>Respuesta del Sistema</b>
	1		Generar automáticamente versión de Android
	2	El desarrollador podrá configurar para generar a diferentes versión de	Renderizar apk

		Android y posteriormente generar el APK	
	3		Generar apk
Post condición:	Contar con un dispositivo móvil Android con Versión 5 o superior		

*Fuente: elaboración propia*

*Tabla 8: Descripción caso de uso- Ejecutar Aplicación*

Caso de Uso	<b>Ejecutar Aplicación</b>		
Descripción	La Apk podrá ser instalada en un dispositivo móvil para experimentar la realidad aumentada con el uso de la aplicación		
Actor	Desarrollador, Visitante		
Precondición	Contar con un dispositivo móvil Android con Versión 5 o superior		
Flujo de Eventos	<b>Paso</b>	<b>Entrada del actor</b>	<b>Respuesta del Sistema</b>
	1	Descargar apk	Almacenamiento de apk
	2	Instalar Apk	Genera un icono en menú del dispositivo
	3	Experimentar realidad aumentada	Ejecutar Apk
Post condición:	La aplicación móvil se sitúa en al menú principal, lista para comenzar		

*Fuente: elaboración propia*

### 3.3.1.1 Descripción caso de uso Reconocimiento de Imagen Target

El desarrollador genera una imagen de acuerdo al tema o contexto que será utilizado, con apoyo de base de datos Vuforia la imagen es generada como imagen Target.

La visualización consiste en una imagen física o digital.

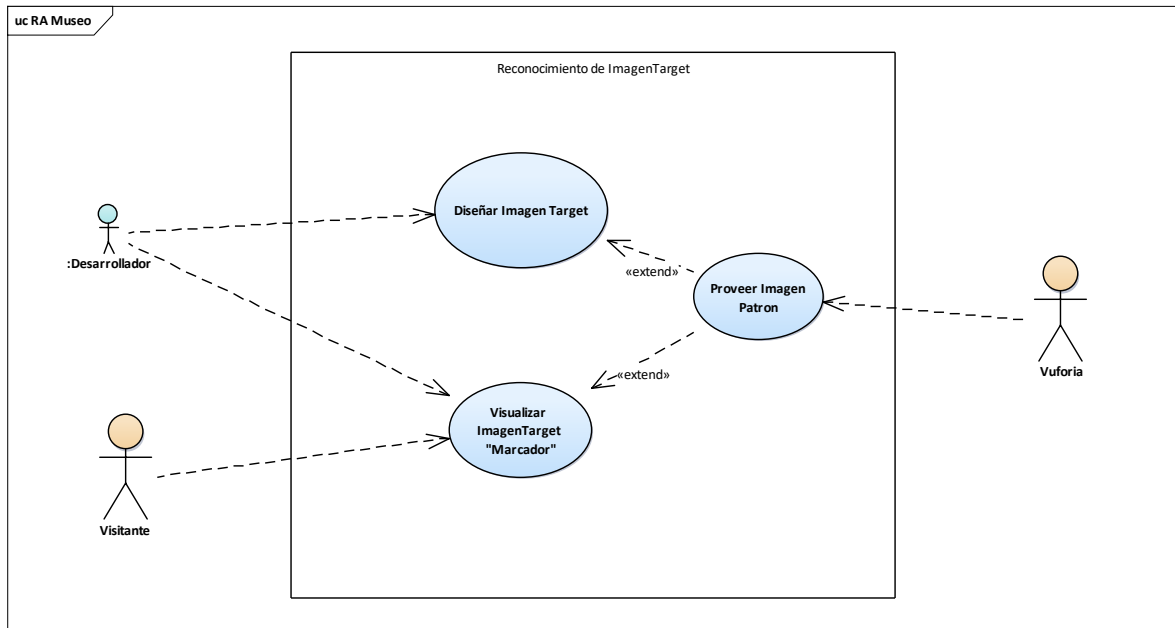


Ilustración 25: Casos de uso: Reconocimiento de ImageTarget

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 9: Descripción caso de uso- Diseñar Imagen Target

Caso de Uso	<b>Diseñar Imagen Target</b>		
Descripción	Es una imagen con apoyo de Vuforia genera patrones en el marcador		
Actor	Desarrollador		
Precondición	Tener un Equipo PC instalado Photoshop y tener la cuenta en Vuforia		
Flujo de Eventos	<b>Paso</b>	<b>Entrada del actor</b>	<b>Respuesta del Sistema</b>
	1		Cargar una imagen
	2	Generar Imagen para Marcador	Generar patrones en la Imagen
	3	Cargar imagen en base de datos Vuforia	Imprimir imagen Target
Post condición:	Contar con un dispositivo móvil Android con Versión 5 o superior		

Fuente: Elaboración propia

Para que el visitante vea la realidad aumentada la aplicación realizara primeramente un reconocimiento de la imagen, esta imagen forma parte del texto escolar además de estar definida y conocida por la aplicación.

Posteriormente después de reconocer la imagen se muestra el aumento que consiste en la visualización de modelos 3D, es de acuerdo al tema el texto, contienen animación y audio.

### 3.3.1.2 Descripción caso de uso Visualización de Realidad Aumentada

Caso de uso para iniciar la aplicación móvil de realidad aumentada.

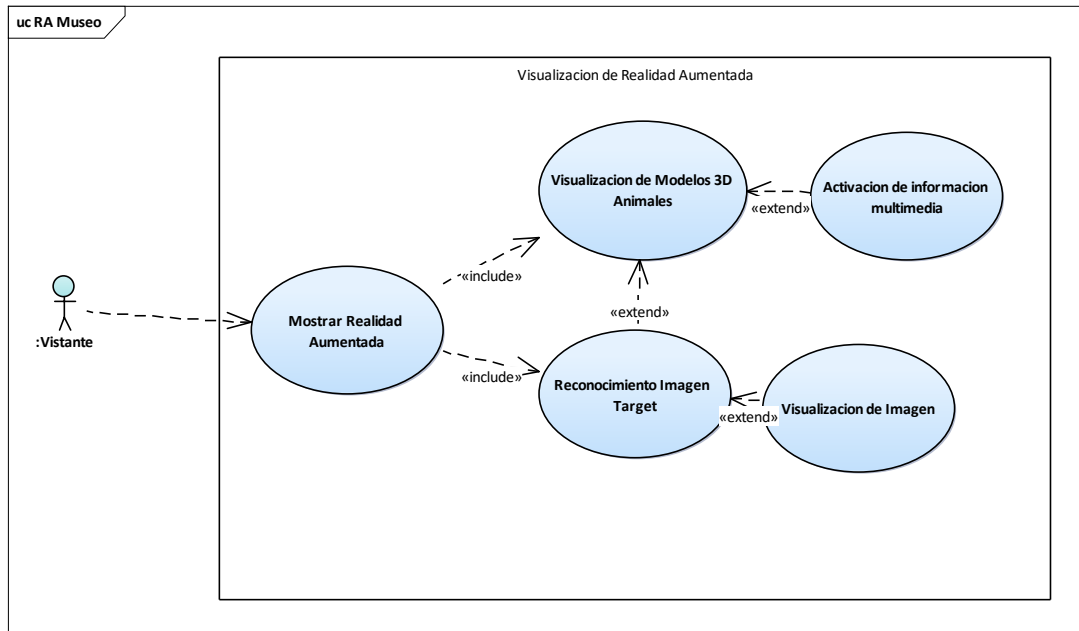


Ilustración 26: Visualización de Realidad Aumentada

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 10: Descripción caso de uso- Visualizar Imagen Target

Caso de Uso	Visualizar de Realidad Aumentada		
Descripción	Proceso de reconocimiento de imagen target		
Actor	Desarrollador, Visitante		
Precondición	Contar con un dispositivo móvil Android instalado la apk		
Flujo de Eventos	<b>Paso</b>	<b>Entrada del actor</b>	<b>Respuesta del Sistema</b>
	1	Ejecutar Apk	Mostrar menú Principal
	2	Iniciar Realidad Aumentada	Reconocimiento de patrón en imagen Target
3	Visualizar los modelos 3D acompañado de	Presentación de modelos 3D con apariencia Real.	

	información multimedia
Post condición:	La aplicación móvil se sitúa en al menú principal, lista para comenzar

Fuente: *Elaboración Propia*

### 3.3.2 Diagrama de Clases:

Es un tipo de diagrama de estructura estática que describe la estructura de un sistema mostrando las clases del sistema, sus atributos, operaciones (o métodos), y las relaciones entre los objetos. En el diagrama de clases. La clase “Realidad aumentada” hace posible la visualización de la realidad aumentada junto a la clase “Modelos3D”, “Menú” y “Audio” este diagrama de clase es la que permite la transición entre la realidad aumentada, Aplicando ingeniería inversa utilizando la herramienta Enterprise Architect.

#### 3.3.2.1 Diagrama de clases Vuforia

Es la clase “Vuforia” tiene los atributos que son necesarios para la aplicación, una vez activado la cámara RA la información multimedia (Texto, Audio y Animación 3D) se ejecute de forma Automática.

**Data Target** tiene todas las acciones del menú de navegación que se encuentra dentro de canvas, los atributos que realizan diferentes acciones son: Button, ClipTarget, PanelDescripcion, SoundTarget, TextDescription y TextName.

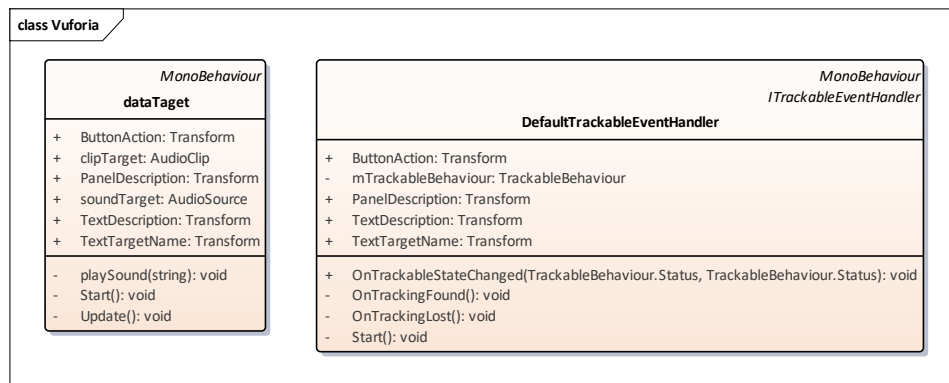


Ilustración 27: Clase Vuforia

Fuente: *Elaboración Propia*

### 3.3.2.2 Diagrama de clases estructuras, uniones e interfaces con breves descripciones.

El modelamiento del software del sistema (Aplicación Móvil), y en particular el diagrama de clases, se realizó dados los requerimientos y la forma en que funciona Unity 3D, fundamentalmente su funcionamiento se basa en la manipulación de componentes, los que a su vez se encuentran dentro de escenas, que se pueden definir como módulos que interactúan entre sí para darle movimiento a la aplicación. Por lo tanto, este enfoque lleva a considerar las escenas de la aplicación como clases, y a los componentes dentro de las escenas como atributos (Patricio Vargas Sanhuesa, 2016).

La Referencia de la API de Unity documenta los espacios de nombres y las clases de Vuforia Unity Extensión junto con sus miembros.

La extensión Vuforia Unity proporciona:

- Prefabs de Vuforia y componentes de script para crear aplicaciones de Vuforia en Unity.
- Bibliotecas de API de Vuforia que exponen las API de Vuforia en C#.
- Soporte para todas las características de Vuforia y tipos rastreables.
- Acceso de alto nivel al hardware del dispositivo, como la cámara del dispositivo.

#### Lista de clase

- Vuforia
- UnityRuntimeCompiled.
  
- Ancla
  - AnclaComportamiento
  - AnchorInputListenerBehaviour
  - AndroidDatasets ARController FondoPlanoComportamiento
  - Dispositivo de cámara
  - CloudRecoBehaviour.
- ContentPlacedEvent
  - ContenidoPosicionamientoComportamiento
  - Cilindro Objetivo

- CilindroDispositivoComportamiento
- DatabaseLoadARController
- Conjunto de datos
- DataSetTrackableBehaviour.
- DefaultInitializationErrorHandlerPlaceholder

DefaultTrackableBehaviourPlaceholder:

- DefaultTrackableEventHandler
- Dispositivo
- DeviceTracker
- DeviceTrackerARController
- DigitalEyewearARController
- Lighting manager
  - Image
  - Image Description
  - ImageTarget
  - ImageTargetBehaviour
  - ImageTargetBuilder
  - ImageTargetData
  - ImageTargetFinder

La documentación completa de Arquitectura de Vuforia, diagrama de clases, funciones protegidas para Miembros, Atributos protegidos, miembros heredados adicionales, puede encontrar en el siguiente link <https://library.vuforia.com/content/vuforia-library/en/reference/unity/index.html>

La información es generada por ingeniería inversa utilizando Enterprise Architect.

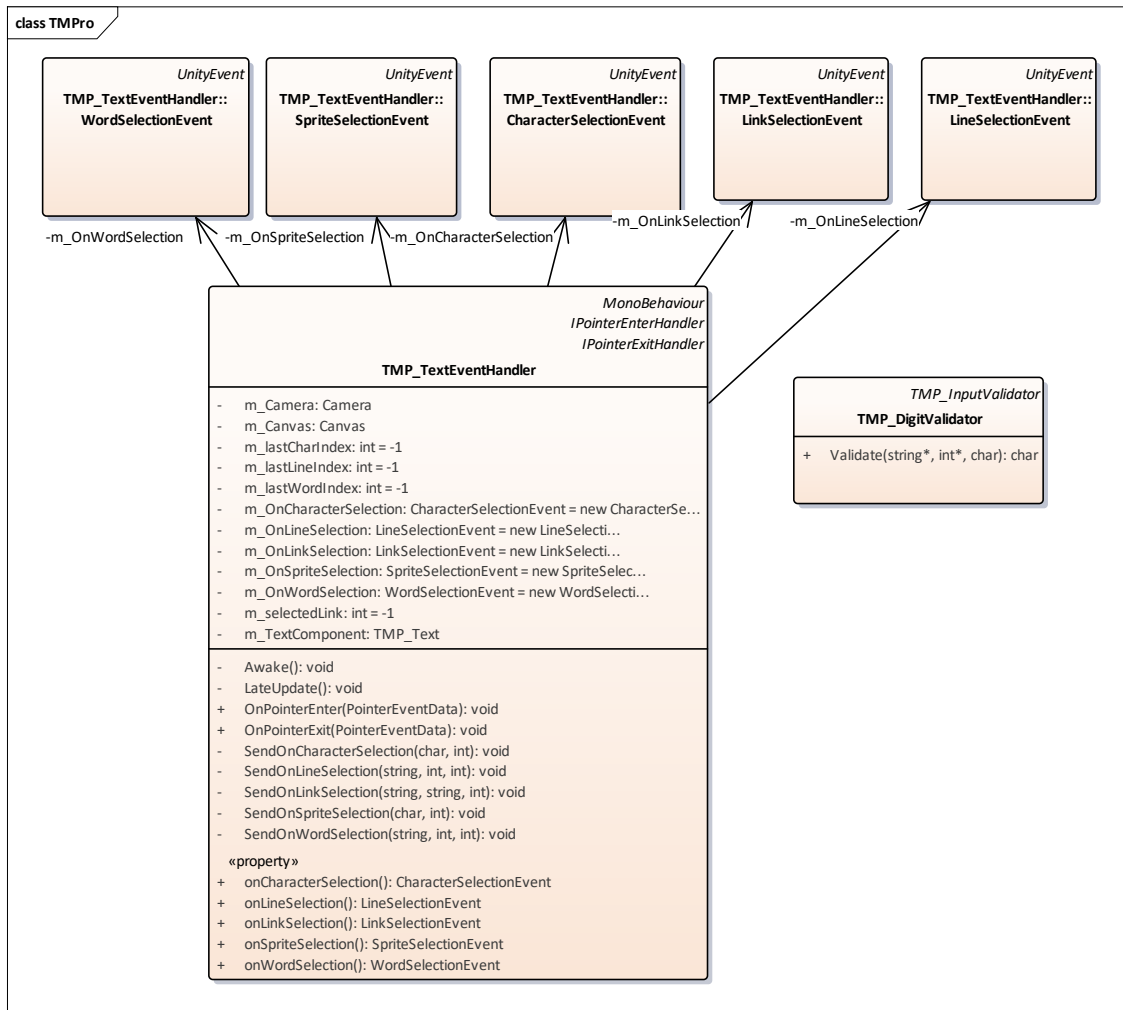


Ilustración 28: Clase *TMP\_TextEventHandler*

Fuente: *Elaboración Propia*

### 3.3.3 Diagrama de Secuencia

El diagrama de secuencia se utiliza para modelar la interacción entre objetos en un sistema. El tiempo fluye por el diagrama y muestra el flujo de control de un visitante(usuario) a otro, lo que facilita la comprensión de la ejecución de un proceso.

En la Figura se muestra el diagrama de secuencias la cual se utiliza para modelar la interacción entre objetos en una aplicación y la secuencia que ilustra la lógica que conlleva el despliegue de la interfaz de realidad aumentada

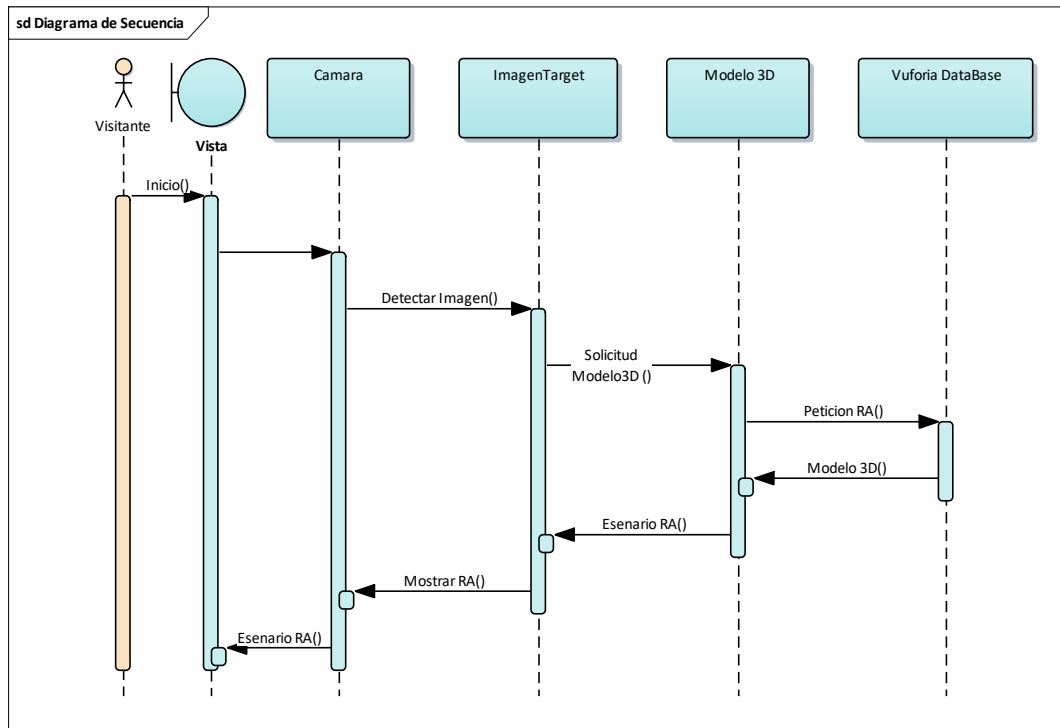


Ilustración 29: Diagrama de Secuencia

Fuente: Elaboración Propia

### 3.3.4 Diagrama de Actividades

El diagrama de actividades describe de manera secuencial el proceso completo del diseño de la aplicación móvil en Android con Realidad Aumentada Para sala de Mamíferos del Museo de Historia Natural Pedro Villalobos, como se puede observar en la figura existen 2 carriles principales, los cuales representan a los procesos, también se puede observar que cada carril representa a un proceso en específico, por último se encuentran los recuadros que representan a cada actividad que se realiza en cada proceso y orientados por flechas que indican el orden secuencial de cada una de ellas.

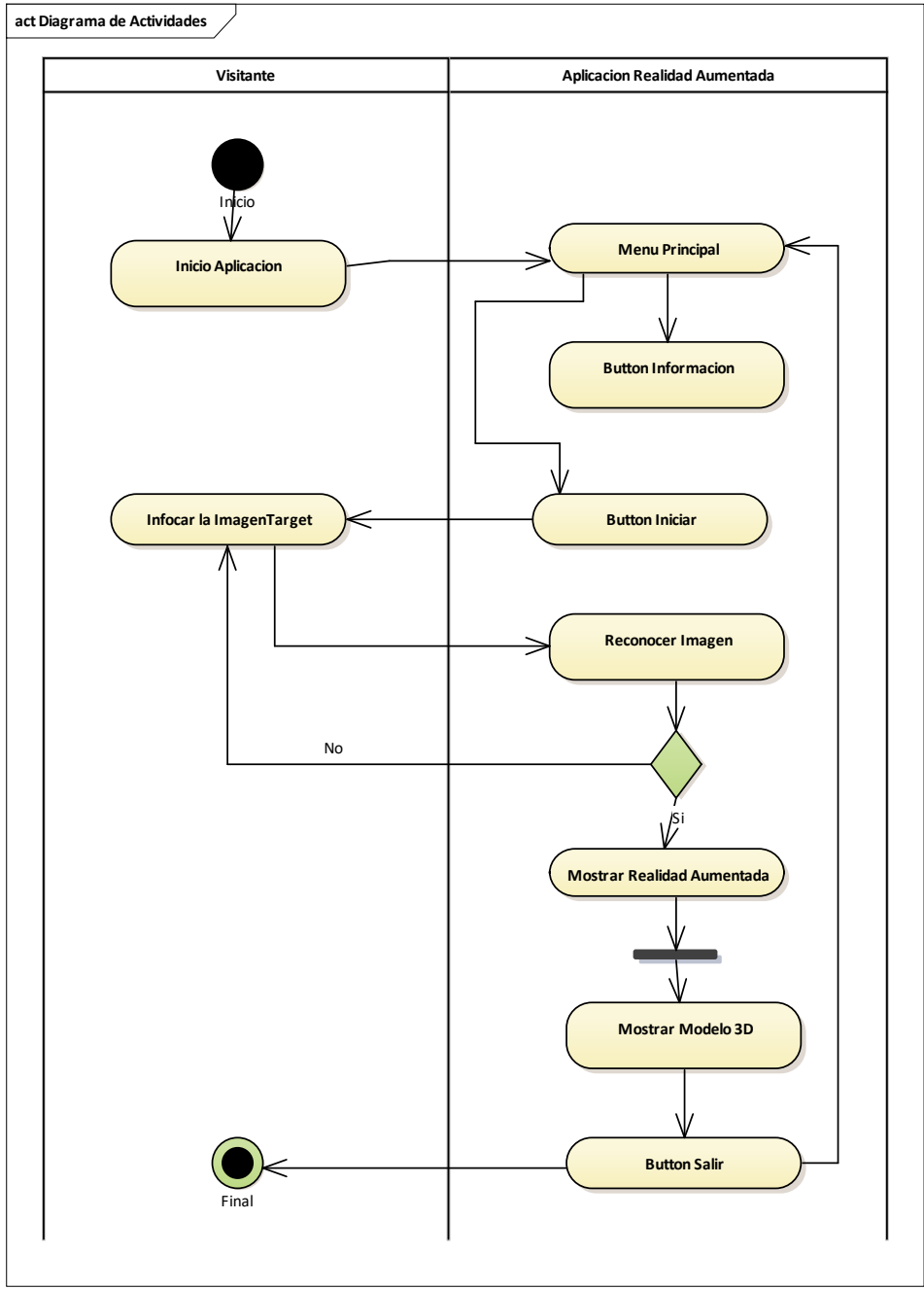


Ilustración 30: Diagrama de Actividades

Fuente: Elaboración Propia

## ¿Qué se necesita para crear esta app con Realidad Aumentada?

Conocimientos de programación, tener instalado el editor Unity 3D (preferible 2017 o superior), cuenta en Vuforia para crear la base de datos (targets), modelos 3D y dispositivo móvil con sistema operativo Android 4.5 o superior.

### 3.3.5 Adquisición de Herramientas

#### 3.3.5.1 Sistema Operativo

En la actualidad existen diversos sistemas operativos para los dispositivos móviles, entre los más conocidos se encuentran Android, iOS, Windows Phone y Blackberry.

Razones por optar Sistema operativo Android para el desarrollo de la Aplicación móvil con realidad Aumentada para la sala de mamíferos de Museo de Historia Natural Pedro Villalobos.

Android resiste con fuerza la competencia de Apple en el mercado de Smartphone, pero el exitoso arranque de ventas 64 de los iPhone 6 ha estrechado cifras y de hecho se consideró que ambas plataformas están en empate técnico. El mercado de teléfonos inteligentes a nivel mundial creció un 13% año tras año.

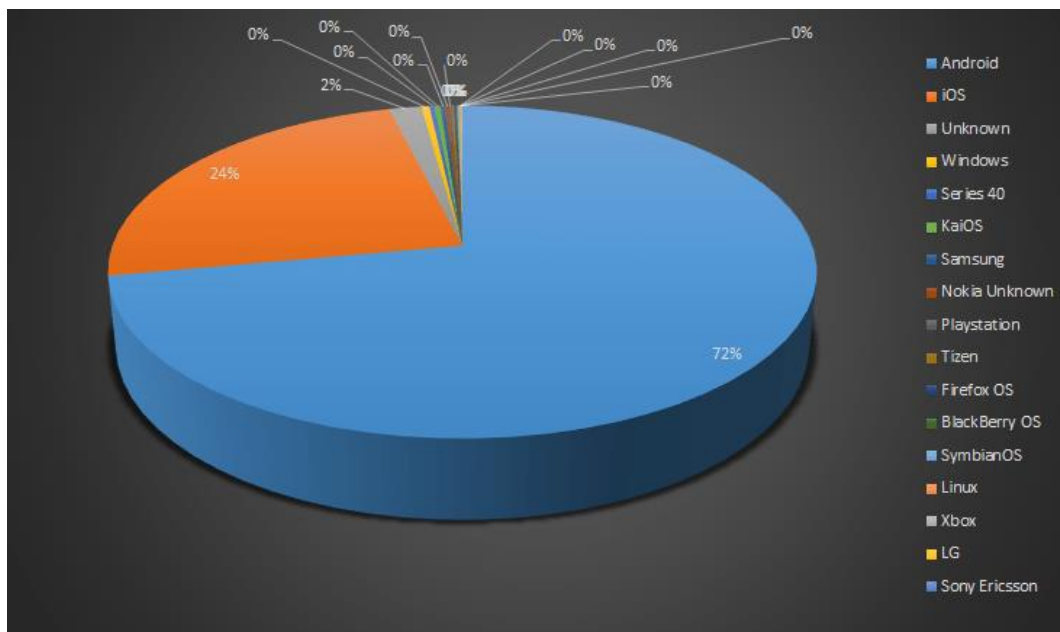


Ilustración 31: Sistemas operativos más usados o utilizados de septiembre 2018- septiembre 2019

Fuente: (Statcounter, 2019)

Los sistemas operativos móviles, los más usados en 2019 fueron los sistemas Android y iOS, aunque el primero le lleva una amplia ventaja mundial con un 72 %, frente al 23 % de iOS:

Android domina el mercado con una participación de 72% en 2019, Statcounter reafirmó en su página oficial. Su liderazgo mundial con un enfoque renovado en los teléfonos inteligentes de bajo costo. En segundo lugar, en envíos de teléfonos inteligentes se encuentra IOS con un 23%. Seguidamente se encuentra Unknown (marcas desconocidas) 2 %. Otro aspecto a evaluar es la estabilidad del sistema operativo Android, este sistema operativo fue lanzado en el año 2005 y actualmente va en la versión 10 lanzado 3 de septiembre de 2019. Principales características de Android y iOS, solo se realiza la comparación entre estos dos Sistemas Operativos debido a que son los más usados en el mercado.

*Tabla 3: Características de dos sistemas operativos Android e iOS*

Características	Android	iOS
Instalación de la aplicación	Sencilla	Compleja
Disponibilidad de SDK	Libre	Con licencia
Pantalla de inicio	Personalizable	No personalizable
Administración de App	Excelente	Excelente
Entorno de Desarrollo (programación)	Android Studio	XCode
Diseño de Interfaz	XML	XB
Costos de dispositivos móviles	Accesibles	Elevados

*Fuente: Elaboración Propia*

Debido a que Android cuenta con un SDK libre, con un entorno de desarrollo multiplataforma, se decidió trabajar bajo este Sistema Operativo.

### **3.3.5.2 Adquisición de Blender**

Es un programa gratuito a nivel profesional, utilizado en el modelado 3D y gráficos por ordenador.

Para la adquisición del instalador de Blender diríjase a la página <http://www.blender.org>.

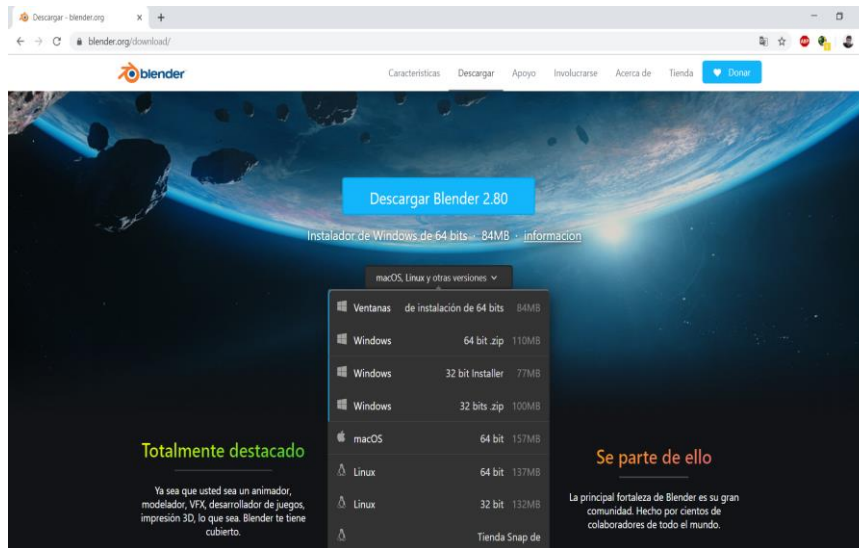


Ilustración 32: Página oficial de Blender

Fuente: Elaboración Propia

### 3.3.5.3 Adquisición de Cuenta en Vuforia Engine

Los primeros procedimientos para obtener una cuenta gratuita en Vuforia Engine es entrar a la página <https://developer.vuforia.com/>, llenar los campos de información requeridos y confirmar tu cuenta con el enlace que envían al correo electrónico.

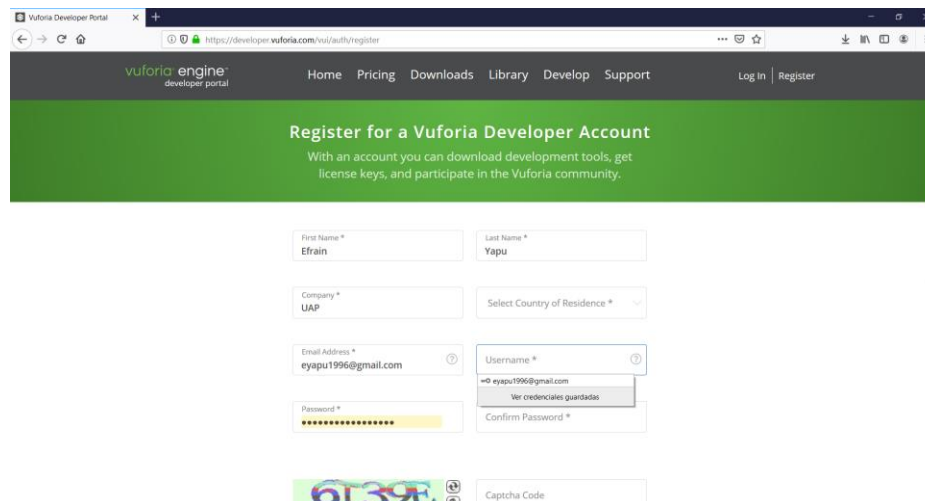
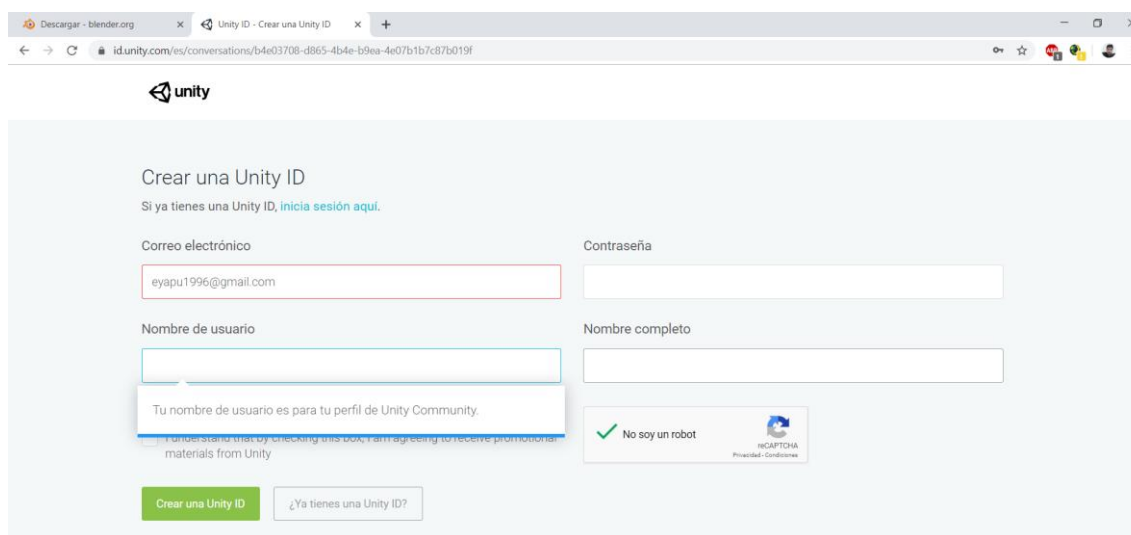


Ilustración 33: Página oficial de Vuforia Engine

Fuente: Elaboración Propia

### 3.3.5.4 Adquisición Motor de Desarrollo Unity 3D

Para obtener una cuenta gratuita de Unity 3D es entrar a la página <https://store.unity.com/es#plans-individual>. Durante el proceso de registro se le pide que proporcione cierta información, estableciendo un nombre de usuario y contraseña. Durante este proceso de registro acepta proporcionar información exacta y actualizada de datos personales, Unity se reserva el derecho de suspender o cancelar la cuenta si cualquier información proporcionada durante el proceso de registro o posteriormente, resulta ser inexacta, desactualizada o incompleta.

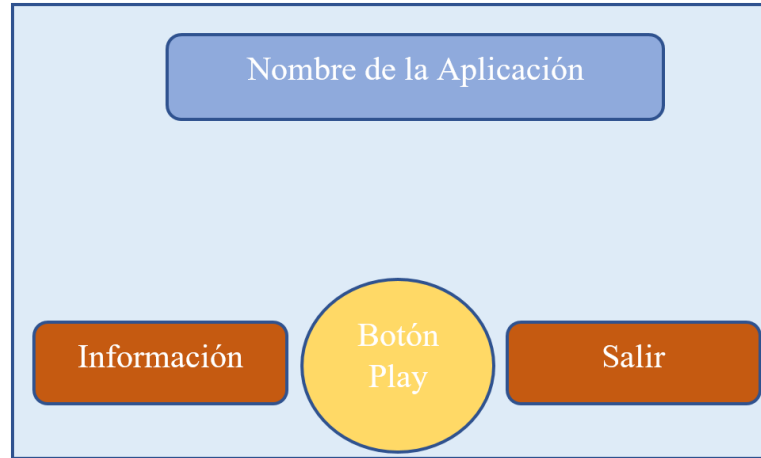


*Ilustración 34: Página oficial Unity creación de cuenta*

*Fuente: Elaboración Propia*

### 3.3.6 Diseño de interfaces de usuario

En la Ilustración 35 muestra los primeros pasos que se deben realizar para el presente trabajo, del diseño de interfaz abstracta, definiendo la estructura de los elementos, interfaces gráficas que tendrá la Aplicación Móvil de Realidad Aumentada, agregando contenidos necesarios para tener una mayor interactividad.



*Ilustración 35: Diseño de Interfaz*

*Fuente: Elaboración Propia*

### **3.4 Fase de producción**

Continuando con la metodología de desarrollo Mobile-D, en esta fase se describen las tareas planteadas anteriormente para el desarrollo de la aplicación, así poder implementar las funcionalidades de la aplicación.

#### **3.4.1 Diseño de Interfaz Menú Principal en Unity 3D**

Para facilitar el diseño se crearon interfaces amigables, en estos se toma en cuenta los siguientes puntos:

- Uso de gramática y ortografía.
- Uso de colores primarios como tonos fuertes, para que resalten en beneficio del usuario.
- Uso de imágenes amazónicas entre otros.

Descripción de interfaces:

- Menú principal. - Se mostrará el menú principal como se observa en la ilustración 36 con tres opciones para elegir:
  - ✓ Opción “Información”, permitirá ingresar a información donde se podrá apreciar: Organigrama de CIPA, Historia acerca del museo y créditos (revisores y autor).
  - ✓ Opción “Inicio”, permitirá mostrar el modelo 3D animado acompañado con información multimedia en Realidad Aumentada.
  - ✓ Opción “Salir”, este botón saldrá de la aplicación.



*Ilustración 36: Diseño de Menú principal*

*Fuente: Elaboración Propia*

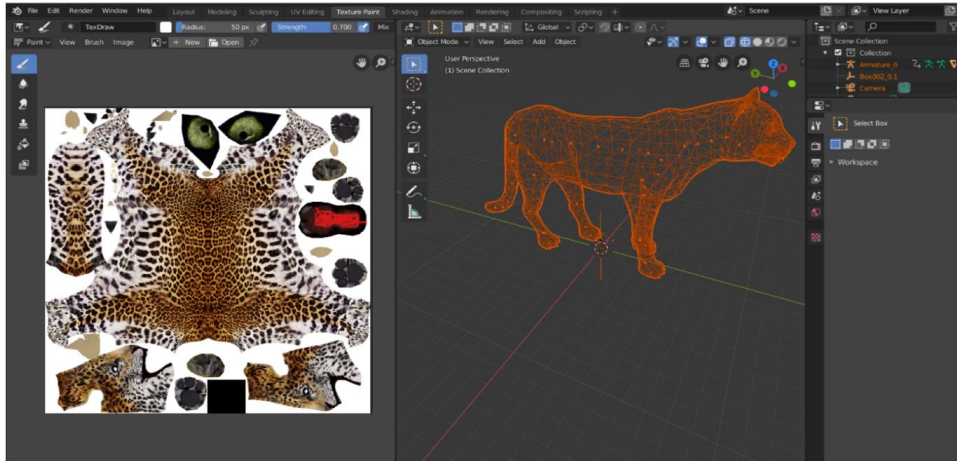
### **3.4.2 Diseño del modelo 3D y textura**

Una de las principales características de la Realidad Aumentada son los modelos 3D que el usuario va a ver, es oportuno dedicar cierto tiempo.

Al realizar el modelado del objeto 3D es importante tener en cuenta el número de polígonos que tiene el objeto ya que incrementa el tamaño del objeto al momento de ser almacenado, a un número menor de polígonos podemos obtener un óptimo acabado el cual también será importante al momento de realizar la animación del objeto.

Sobre el modelo se crearán animaciones por personaje que simulan los movimientos que realizan los animales. El modelado en la ilustración 37, es un objeto como ejemplo, los otros elementos fueron diseñados bajo la misma lógica utilizando el software de modelado Blender.

Una vez concluido el modelado, se realiza el texturizado del Objeto para que se asemeje más a la realidad mediante UV Mapping, esta herramienta de Blender permite realizar cortes al objeto para realizar un mejor texturizado mediante Mark Seam(costura de un objeto) como se ve en la ilustración.



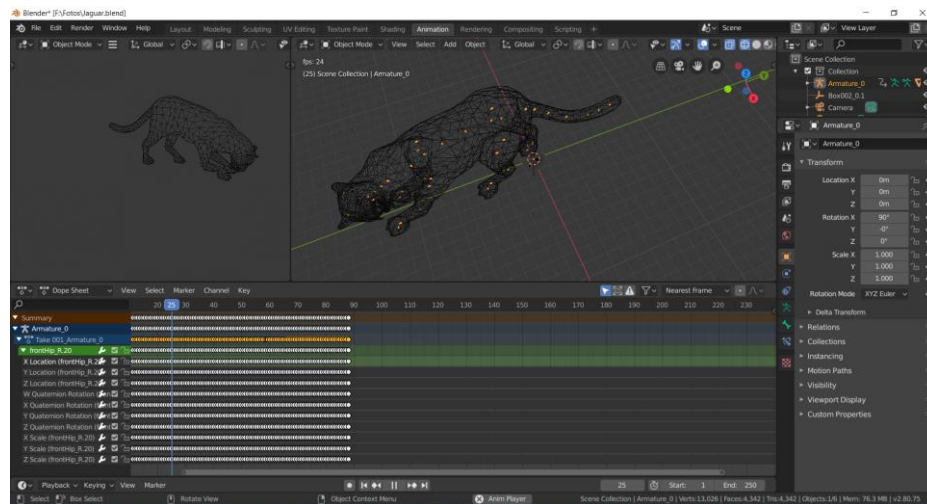
*Ilustración 37: Modelado 3D del Jaguar y diseño de textura*

*Fuente: Elaboración Propia*

### 3.4.3 Creación de animación de los modelos 3D en Blender

En la animación se utilizó Armature5(jerarquía de huesos), una vez definido al objeto 3D se procede a la unión de ambos, para luego realizar la asignación de pesos en la que los huesos serán asignados a distintas partes del objeto de acuerdo al movimiento del objeto como se observa en la ilustración 38.

Posteriormente se realiza la animación del objeto 3D en el modo pose, con el uso de keyframes6(Clave de la ubicación del objeto). Se ha creado la animación que simula el movimiento realizado el personaje jaguar.

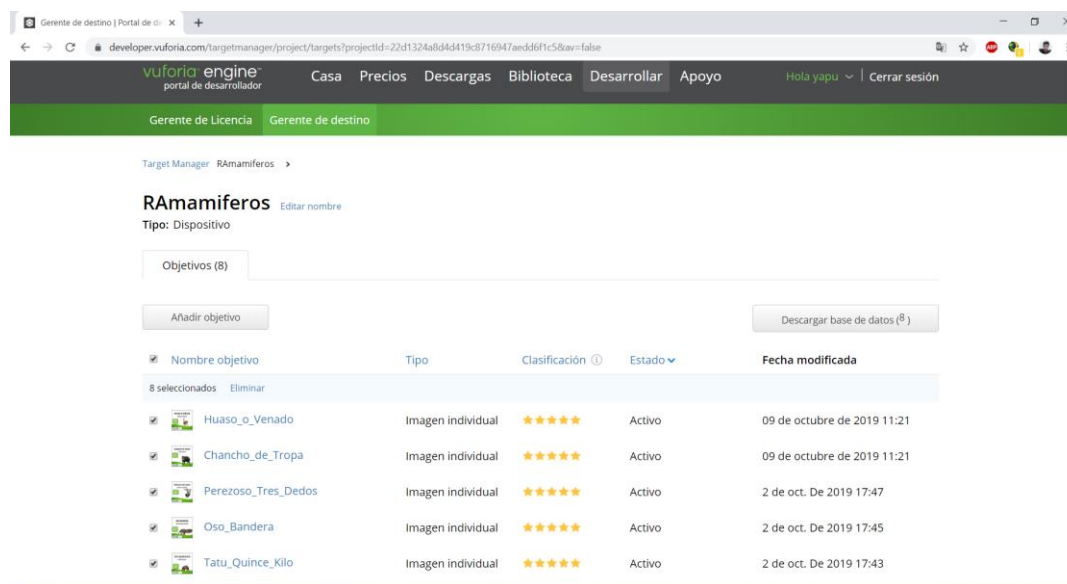


*Ilustración 38: Animación de los modelos 3D en Blender*

*Fuente: Elaboración Propia*

### 3.4.4 Creacion de Base de Datos

Una vez creado la base de datos podemos agregar los marcadores diseñados y especificar ciertas características como ser el nombre, dimensión y las características de la figura, en este caso una simple imagen. Cada vez que se va agregando un marcador a la base de datos, Vuforia da una calificación al marcador que se diseñó. Los marcadores óptimos para un buen reconocimiento de la cámara son a partir de una calificación de tres estrellas, sin embargo, es mejor de obtener cinco estrellas. Se puede observar las calificaciones obtenidos de cada marcador que Vuforia nos dio, en este caso con cinco estrellas para cada Imagen Target.



The screenshot shows the Vuforia Developer Portal interface. The main content area displays the 'RAMamiferos' target manager. It lists 8 objectives, all of which are 'Imagen individual' type and have a 'Clasificación' of 5 stars. The table below shows the details for these targets.

Nombre objetivo	Tipo	Clasificación	Estado	Fecha modificada
<input checked="" type="checkbox"/> Huaso_o_Venado	Imagen individual	★★★★★	Activo	09 de octubre de 2019 11:21
<input checked="" type="checkbox"/> Chanco_de_Tropa	Imagen individual	★★★★★	Activo	09 de octubre de 2019 11:21
<input checked="" type="checkbox"/> Perezoso_Tres_Dedios	Imagen individual	★★★★★	Activo	2 de oct. De 2019 17:47
<input checked="" type="checkbox"/> Oso_Bandera	Imagen individual	★★★★★	Activo	2 de oct. De 2019 17:45
<input checked="" type="checkbox"/> Tatu_Quince_Kilo	Imagen individual	★★★★★	Activo	2 de oct. De 2019 17:43

Ilustración 39: Calificaciones obtenidas por cada marcador

Fuente: Elaboración Propia

El SDK Vuforia utiliza algoritmos sofisticados para detectar patrones de marcadores de Imagen Target, comparando estas características naturales con una base de datos de recursos de destino conocido. Para esto es necesario que las imágenes cargadas como imagen target sean lo más adecuadas e identificables por la cámara de Realidad Aumentada.



Ilustración 40: Puntos de reconocimiento de Imagen Target

Fuente: Elaboración Propia

Para el desarrollo se utiliza el SDK Vuforia, primero se debe registrar en la página de Vuforia Developer para luego crear una base de datos y generar una licencia para hacer uso de la librería de Vuforia en Unity.

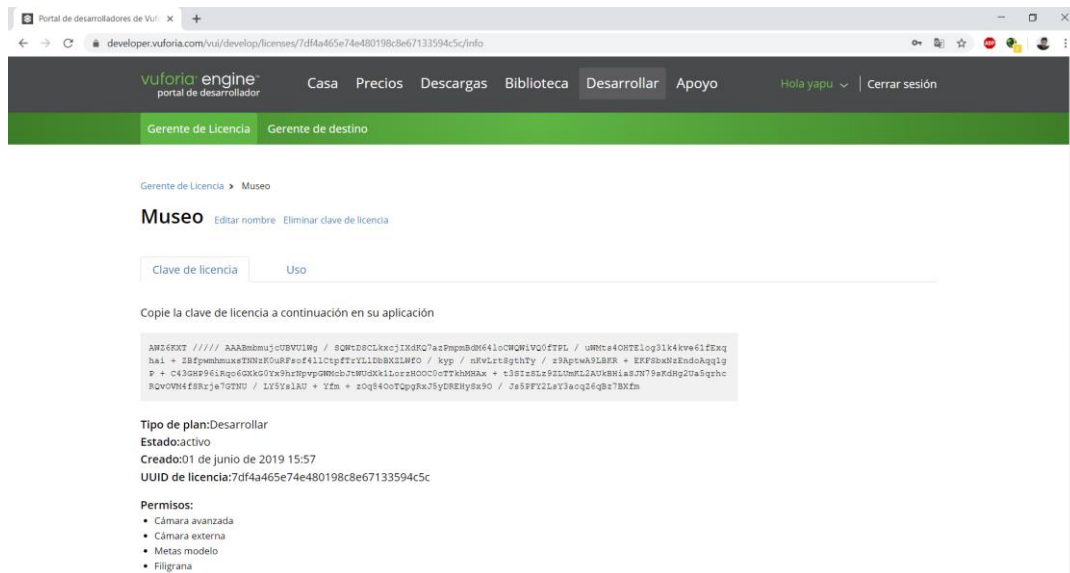


Ilustración 41: Licencia creada en el portal de Vuforia Developer

Fuente: Elaboración Propia

### 3.4.5 Configuración de Unity 3D con Vuforia

Para empezar a desarrollar en Unity 3D, se usó la versión de Unity 2018.3.12f1. Lo primero que se realiza es adicionar la licencia proporcionada por Vuforia para que exista una conexión entre Unity y Vuforia.

Vuforia es multiplataforma de desarrollo de aplicaciones de Realidad Aumentada (AR) y Realidad Mixta (MR), con seguimiento y rendimiento robustos en una variedad de hardware (incluidos dispositivos móviles y pantallas montadas en la cabeza de realidad mixta (HMD)).

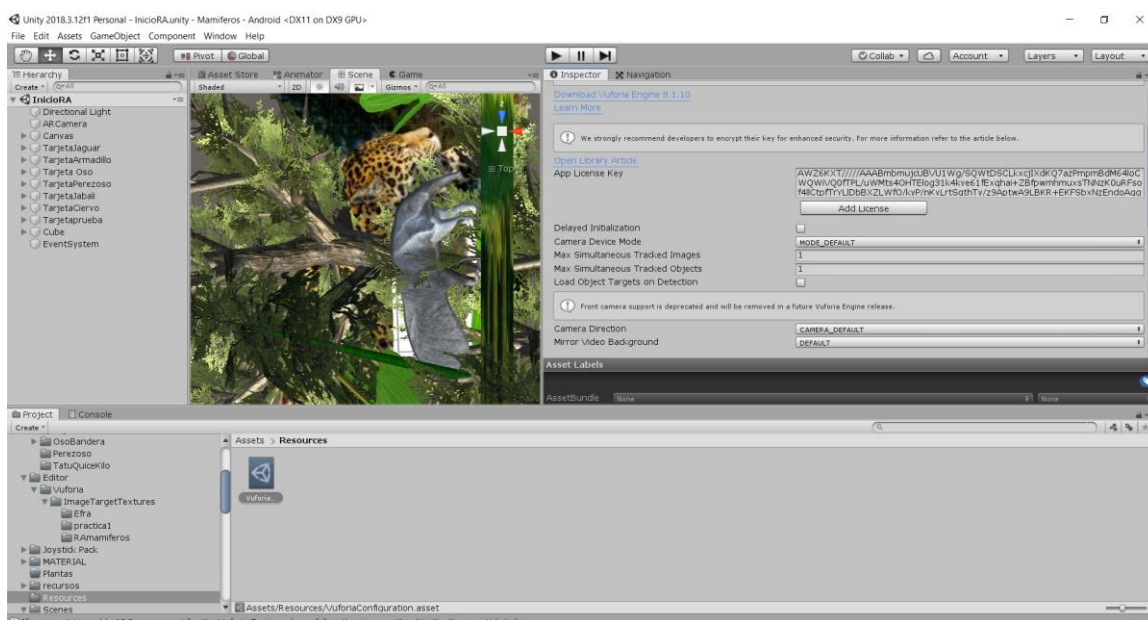


Ilustración 42: Agregación de Licencia de Vuforia en Unity 3D

Fuente: Elaboración Propia

### 3.4.6 Conexión de Vuforia con Unity

De la página de Vuforia, se descarga el paquete específico de Unity, RAmamiferos.unitypackage. A continuación, en Unity se realiza la importación del SDK de Vuforia, como se muestra en la ilustración 43.

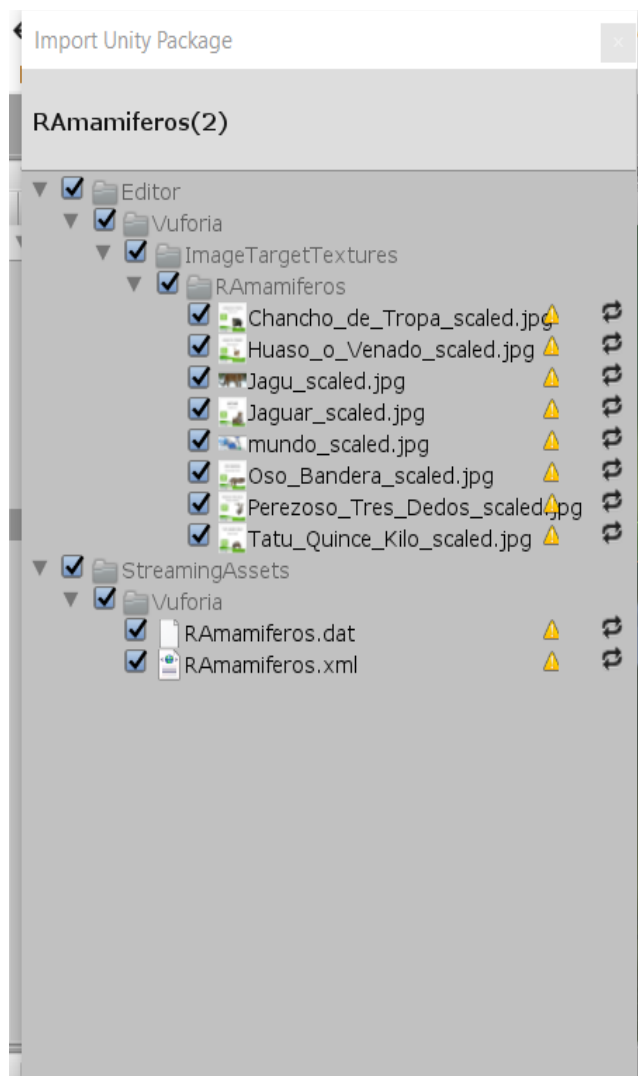


Ilustración 43: Importación de base de datos de marcadores

Fuente: Elaboración Propia

### 3.4.7 Integración de la Realidad Aumentada

Se realizó la integración de la Realidad Aumentada proyectada en marcadores usando el software Unity y Vuforia

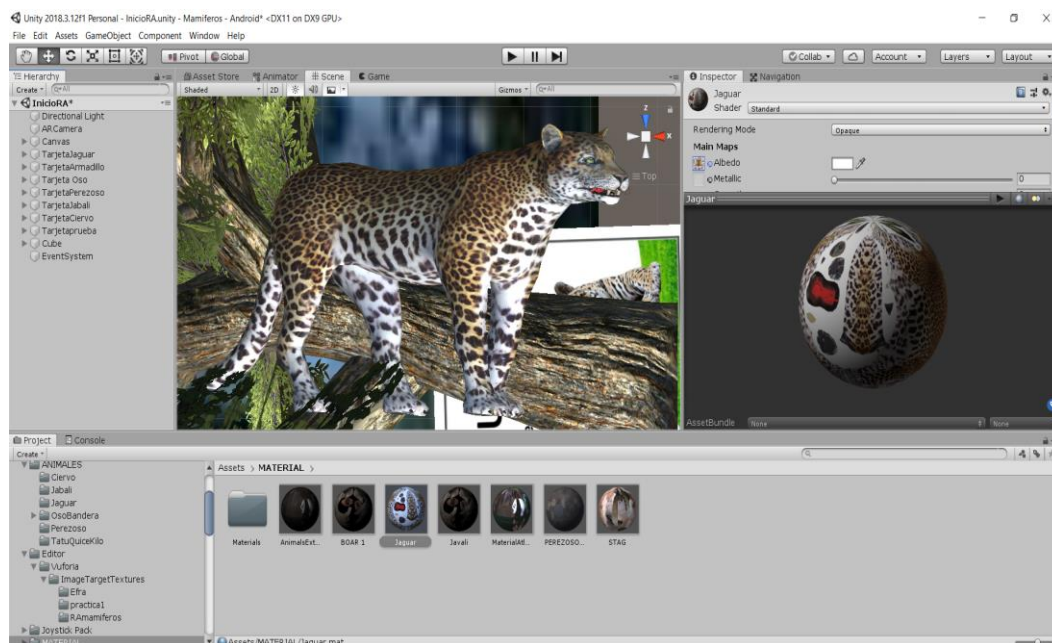


Ilustración 44: modelo 3D en Unity

Fuente: Elaboración Propia

### 3.4.8 Clips de Animación (Animation Clips)

Los Animation Clips son los pequeños bloques de construcción de la animación que son elementos fundamentales para el sistema de animación en Unity.

#### Animaciones desde Fuentes Externas

Los clips de animación importados desde fuentes externas pueden incluir:

- Animaciones tipo humanoide capturadas en un estudio de captura de movimiento.
- Animaciones creadas desde cero por un artista en una aplicación externa 3D (tal como 3DS Max, Blender y Maya).
- Conjuntos de animaciones de librerías de terceros como Assets (recursos 2D, 3D) de la tienda de Unity).
- Múltiples clips cortados y editados desde una única línea de tiempo importada.

## Animator Controllers

Un Animator Controller le permite arreglar y mantener un conjunto de animaciones para un personaje u otro Game Object animado.

El Controller tiene referencias a los clips de animaciones utilizados dentro de él, y maneja varios estados de animación y transición, que puede ser pensado como un tipo de diagrama de flujo, o un programa escrito en un lenguaje visual de programación dentro de Unity.

La siguiente sección cubren las características principales que Mecanim (sistema de animación implementado en Unity) controla las secuencias de animaciones de los animales modelados en 3D.

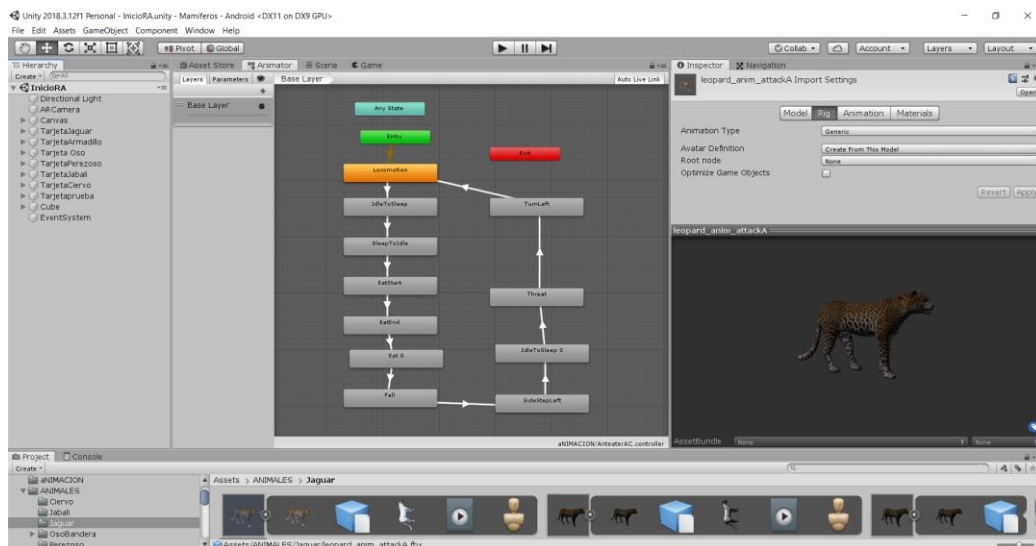
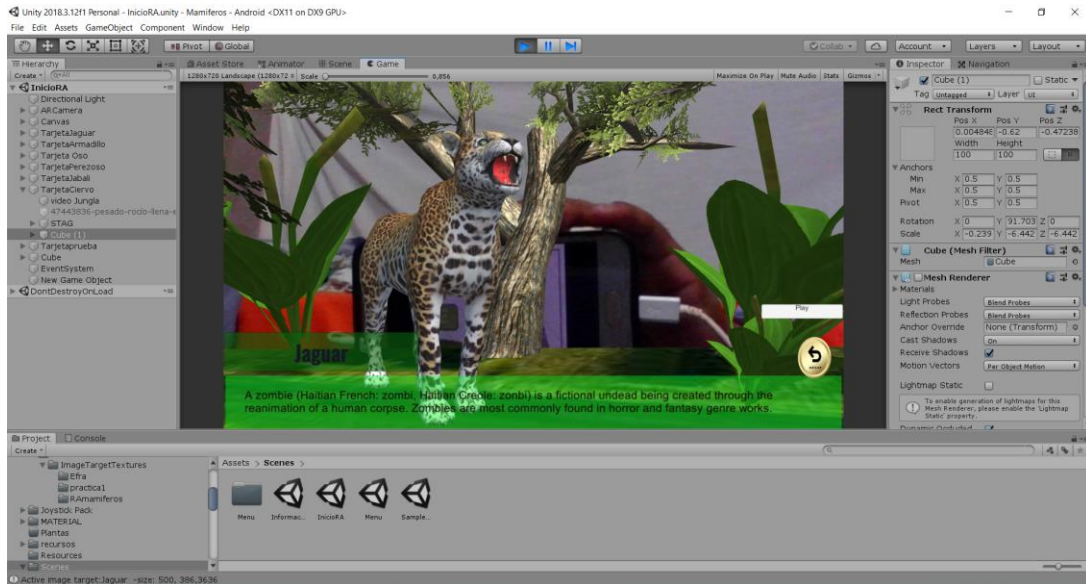


Ilustración 45: Animator Controllers

Fuente: Elaboración Propia

### 3.4.9 Desarrollo de escenas

Para el desarrollo de la aplicación se desarrolló distintas escenas en las cuales se muestran los marcadores, donde están proyectados las imágenes a la sala de mamíferos con información multimedia, como también existen el menú de la acción que desea realizar. A continuación, se muestra el desarrollo de una escena.



*Ilustración 46: Escenario de Modelo 3D*

*Fuente: Elaboración Propia*

### 3.5 Fase de estabilización

En esta fase se llevan a cabo las últimas acciones de la metodología Mobile-D de integración para asegurar que la aplicación completa funcione correctamente en cualquier tipo de dispositivo Móvil con sistema operativo Android. Para la integración de la aplicación móvil, se tuvo que conectar el menú con las distintas escenas creadas, integración de información multimedia (audio, imágenes, fotos, animación) como también la interacción entre escenas. Se hizo una verificación de cada módulo de la aplicación haciendo énfasis en algunos cambios necesarios para que la aplicación móvil funcione correctamente. Se crearon las líneas de código C# bajo el editor de Visual Studio 2017, para la conexión del menú y las escenas creadas.

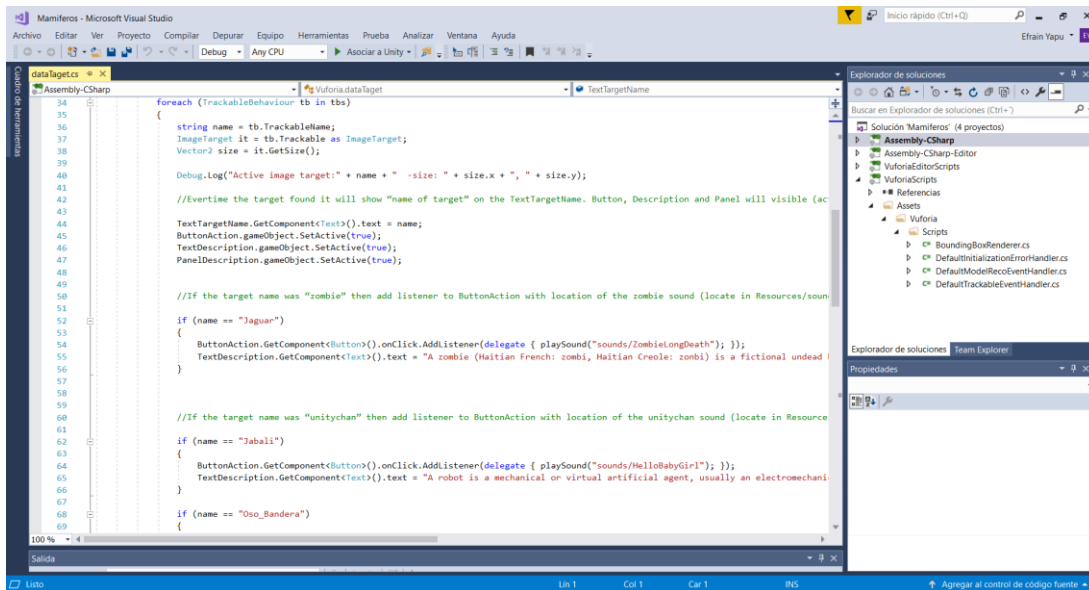


Ilustración 47: Script del menú de RA modelo 3D y multimedia

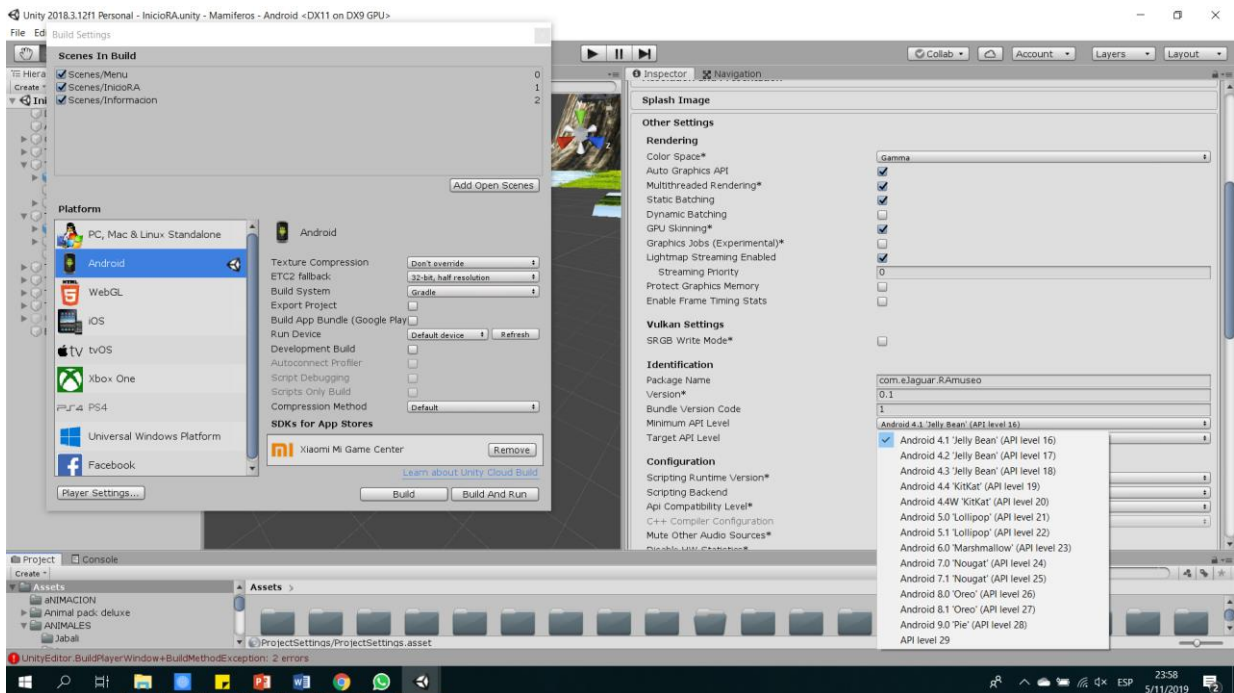
Fuente: Elaboración Propia

### 3.5.1 Generación de APK

Una vez concluido el proceso de desarrollo se tiene como meta obtener una aplicación plenamente funcional para el usuario, como ser: Configuración de la plataforma Android (sistema operativo), agregación del icono de la aplicación para el dispositivo móvil y verificación de versiones de Android.

Pulsando sobre "Player Settings" podremos definir toda una serie de opciones para la generación de la aplicación en Android. Entre estas opciones encontramos: nombre de la aplicación, icono, opciones de rendering, mínima versión de API requerida y lugar de instalación para la app.

Al pulsar el botón "Build" nos generará el fichero con extensión apk compatible para Android con las opciones marcadas y si pulsamos "Build and Run" buscará un dispositivo Android conectado instalará y ejecutará la aplicación en el dispositivo.



*Ilustración 48: Generación de APK*

*Fuente: Elaboración Propia*

### 3.6 Fase de Prueba

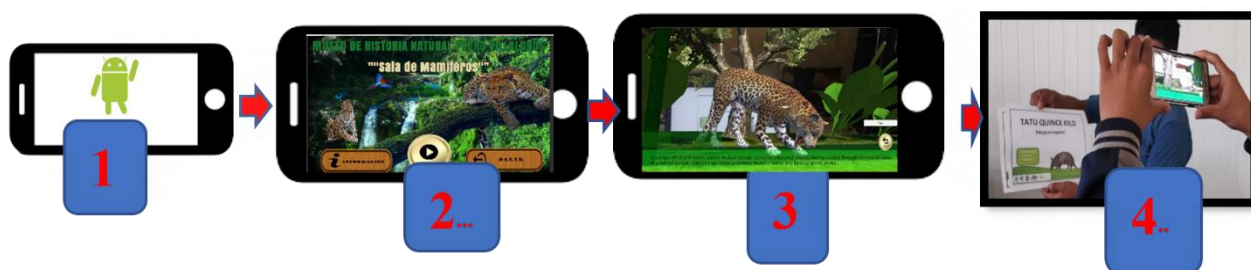
En la fase de prueba de acuerdo a la metodología tiene como meta la disponibilidad de una versión de la aplicación con realidad aumentada estable plenamente funcional en dispositivos móviles con sistema Operativo Android. Con los modelos finalizados y definidos en la aplicación, se procede con la prueba de reconocimiento de marcador (imagen target).

En la imagen es posible apreciar la aplicación en funcionamiento, mostrando el modelo 3D de animales pertenecientes a la sala de Mamíferos del museo de Historia Natural Pedro Villalobos de la Universidad Amazónica de Pando.

Además, se escucha una narración de taxonomías de cada Animal y acompañado de información multimedia.

### 3.6.1 Procedimientos para experimentar Realidad Aumentada

Son los procedimientos necesarios para que el visitante (usuario) pueda experimentar el uso de las nuevas tecnologías aplicado en la Aplicación Móvil con realidad Aumentada para la sala de mamíferos del Museo de Historia Natural Pedro Villalobos de la UAP.



*Ilustración 49: Diseño de Interfaz de usuario General*

*Fuente: Elaboración Propia*

#### **Cuatro etapas:**

1. Mediante un dispositivo móvil con sistema operativo Android el usuario descarga e instala la aplicación de Realidad Aumentada de la sala de Mamíferos del museo de Historia Natural Pedro Villalobos.
2. Se tiene la vista del menú principal, una vez que se hace clic en botón inicio se activa la cámara de realidad aumentada.
3. La imagen target (Marcador) reconoce el elemento de Realidad Aumentada con las herramientas adecuadas para la interactividad y funcionalidad sobre el objeto 3D.
4. La visualización en el dispositivo móvil es un objeto 3D virtual, con información Multimedia.

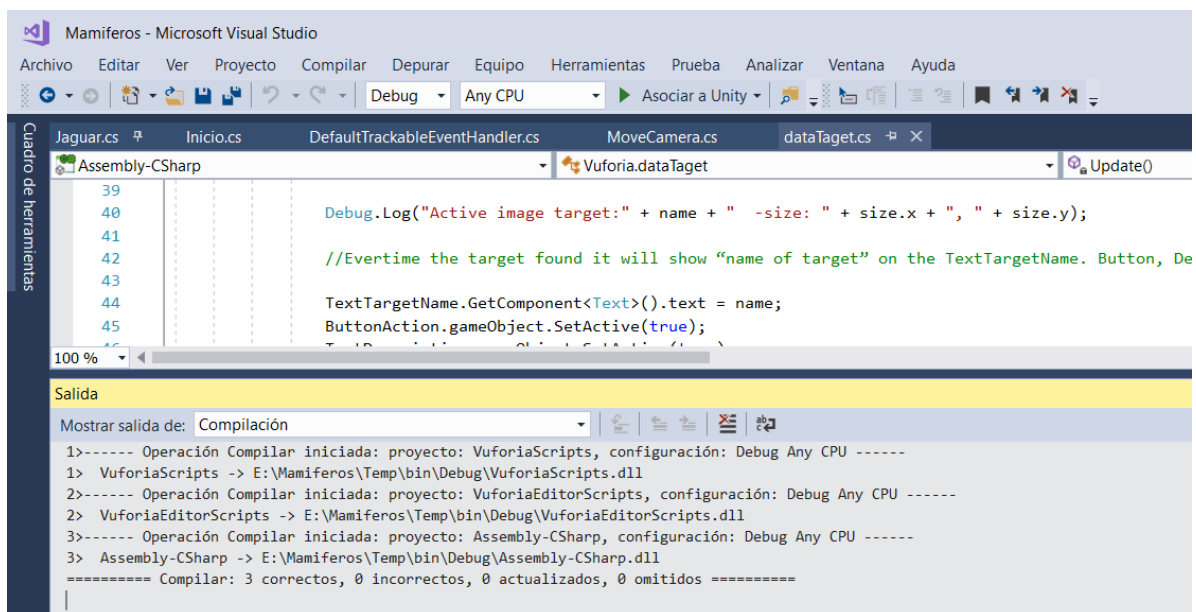
La realidad aumentada permite al usuario al visualizar tener la sensación de estar presente en la escena.

## 3.7 Evaluar el sistema aplicando la norma ISO/25010.

### 3.7.1 Eficiencia de desempeño

Esta característica representa el desempeño relativo a la cantidad de recursos utilizados bajo determinadas condiciones. Esta característica se subdivide a su vez en las siguientes sub características ( Julián Andrés Mera Paz, Mari Yicel Miranda Gómez, Sammy Cuaran Rosas, 2017):

- **Comportamiento temporal**, los tiempos de respuesta y procesamiento y las ratios de *throughput* de un sistema cuando lleva a cabo sus funciones bajo condiciones determinadas en relación con un banco de pruebas (*benchmark*) establecido.
- **Utilización de recursos**, las cantidades y tipos de recursos utilizados cuando el software lleva a cabo su función bajo condiciones determinadas.
- **Capacidad**, grado en que los límites máximos de un parámetro de un producto o sistema software cumplen con los requisitos.



The screenshot shows the Microsoft Visual Studio interface. The top menu bar includes 'Archivo', 'Editar', 'Ver', 'Proyecto', 'Compilar', 'Depurar', 'Equipo', 'Herramientas', 'Prueba', 'Analizar', 'Ventana', and 'Ayuda'. The toolbar shows 'Debug' mode and 'Any CPU' architecture. The main editor window displays C# code for 'dataTarget.cs' with the following content:

```
39
40     Debug.Log("Active image target:" + name + " -size: " + size.x + ", " + size.y);
41
42     //Evertime the target found it will show "name of target" on the TextTargetName. Button, De
43
44     TextTargetName.GetComponent<Text>().text = name;
45     ButtonAction.gameObject.SetActive(true);
```

The bottom output window, titled 'Salida', shows the following compilation log:

```
Mostrar salida de: Compilación
1>----- Operación Compilar iniciada: proyecto: VuforiaScripts, configuración: Debug Any CPU -----
1> VuforiaScripts -> E:\Mamiferos\Temp\bin\Debug\VuforiaScripts.dll
2>----- Operación Compilar iniciada: proyecto: VuforiaEditorScripts, configuración: Debug Any CPU -----
2> VuforiaEditorScripts -> E:\Mamiferos\Temp\bin\Debug\VuforiaEditorScripts.dll
3>----- Operación Compilar iniciada: proyecto: Assembly-CSharp, configuración: Debug Any CPU -----
3> Assembly-CSharp -> E:\Mamiferos\Temp\bin\Debug\Assembly-CSharp.dll
===== Compilar: 3 correctos, 0 incorrectos, 0 actualizados, 0 omitidos =====
```

Ilustración 50: Eficiencia de código

Fuente: Elaboración Propia

### 3.7.2 Compatibilidad

Capacidad de dos o más sistemas o componentes para intercambiar información y/o llevar a cabo sus funciones requeridas cuando comparten el mismo entorno hardware o software. Esta característica se subdivide a su vez en las siguientes sub características: ( Julián Andrés Mera Paz, Mari Yicel Miranda Gómez, Sammy Cuaran Rosas, 2017)

- **Coexistencia.** capacidad del producto para coexistir con otro software independiente, en un entorno común, compartiendo recursos comunes sin detrimento.
- **Interoperabilidad.** capacidad de dos o más sistemas o componentes para intercambiar información y utilizar la información intercambiada.

Tabla 11 :Compatibilidad en dispositivos móviles

Marca	Modelo	Versión de Android	Memoria RAM	Cámara Mpx	Almacenamiento
Samsung	SM-J73G	8.1	16 Gb	13	32 GB
Samsung	A50	9	8Gb	25	64 GB
Samsung	J2Pro	7.1.1	8Gb	10	16 GB
Samsung	J1	5.1.1	1Gb	5	4.60 GB
Samsung	Galaxy Tab A	5.02	4Gb	5	16 GB
Huawei	Y330	4.5.2	512 Mb	4	16GB

Fuente: Elaboración propia

### 3.8 Usabilidad

La usabilidad es la capacidad del software de ser entendido, aprendido, y usado de forma fácil y atractiva. Para determinar el porcentaje de la usabilidad del sistema se optó por realizar una encuesta a 20 personas.



*Ilustración 51: Prueba de Usabilidad*

*Fuente: Elaboración Propia*

- **Capacidad para reconocer su adecuación**, capacidad del producto que permite al usuario entender si el software es adecuado para sus necesidades.
- **Capacidad de aprendizaje**, capacidad del producto que permite al usuario aprender su aplicación.



*Ilustración 52: Gráfica estadística facilidad de uso*

*Fuente: Elaboración Propia*

- **Capacidad para ser usado.** Capacidad del producto que permite al usuario operarlo y controlarlo con facilidad.



Ilustración 53: Grafica estadística capacidad de uso

Fuente: Elaboración Propia

- **Estética de la interfaz de usuario.** Capacidad de la interfaz de usuario de agradar y satisfacer la interacción con el usuario.

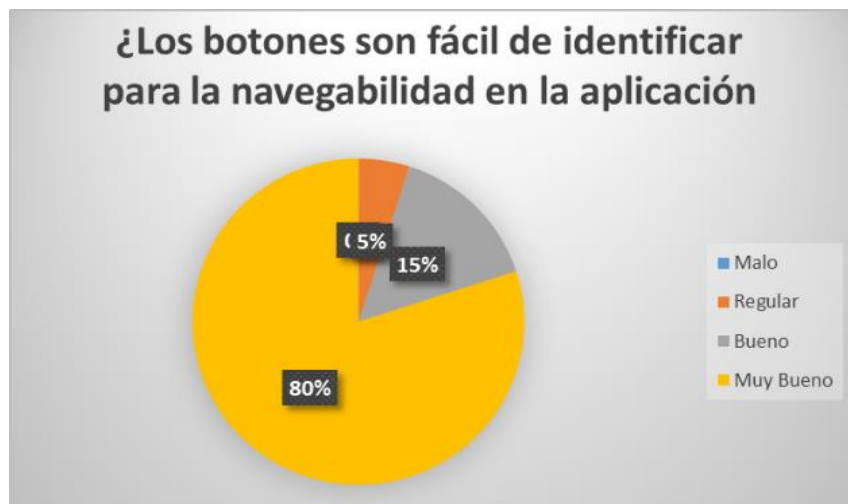


Ilustración 54: Grafica estadística facilidad de uso

Fuente: Elaboración Propia

- **Accesibilidad.** Capacidad del producto que permite que sea utilizado por usuarios con determinadas características y discapacidades.



*Ilustración 55: Grafica estadística accesibilidad*

*Fuente: Elaboración Propia*

### 3.9 Seguridad

Capacidad de protección de la información y los datos de manera que personas o sistemas no autorizados no puedan leerlos o modificarlos. Esta característica se subdivide a su vez en las capacidades:

- **Confidencialidad**, capacidad de protección contra el acceso de datos e información no autorizados, ya sea accidental o deliberadamente.
- **Integridad**, capacidad del sistema o componente para prevenir accesos o modificaciones no autorizados a datos o programas de ordenador.

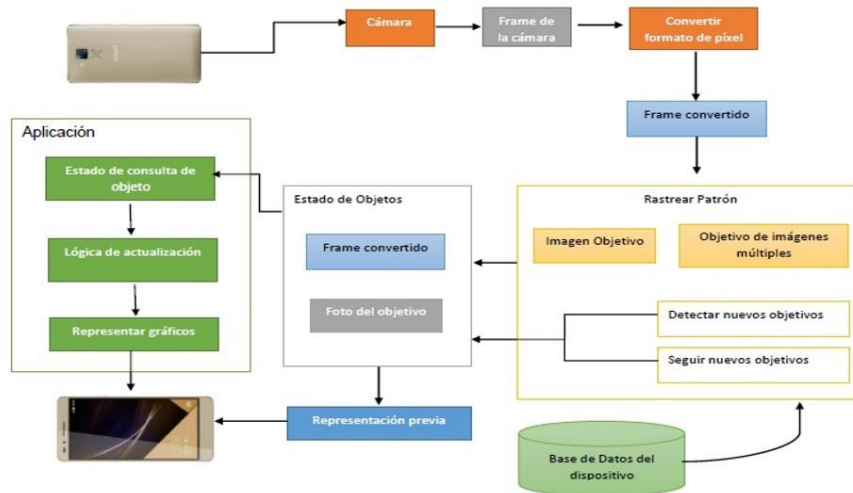


Ilustración 56: Descripción de la arquitectura APK

Fuente: (Muñoz, Lilia, 2016)

### 3.10 Mantenibilidad

La mantenibilidad es la cualidad que tiene el software para ser modificado, incluyendo correcciones o mejoras del software, a cambios en el entorno y especificaciones de requerimientos funcionales. Para poder medir la calidad de mantenimiento del sistema utilizaremos el índice de madurez del software (IMS), que indica la estabilidad de un producto de software. El índice de madurez se calcula con la siguiente fórmula:

$$IMS = \frac{M_t - (F_a + F_b + F_c)}{M_t}$$

Donde:

$M_t$ : Numero de módulos en la versión actual.

$F_a$ : Numero de módulos en la versión actual que se han cambiado.

$F_b$ : Numero de módulos en la versión actual que se han añadido.

$F_c$ : Numero de módulos en la versión anterior que se han borrado en la versión actual

Recopilando la información requerida por la formula se obtuvo la información que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 12: Información requerida por el IMS

Información	Valor
$M_t$	3
$F_a$	0
$F_b$	0
$F_c$	0

Fuente: Elaboración Propia

Ahora calculemos el IMS, usando los valores obtenidos

$$IMS = \frac{3 - (0 + 0 + 0)}{3}$$

$$IMS = \frac{3}{3}$$

$$IMS = 1 * 100\% = 100\%$$

Con ese resultado se concluyó que la aplicación móvil en Android con Realidad Aumentada para sala de mamíferos del museo de historia natural Pedro Villalobos de la UAP tiene un índice de madurez de software del 100%.

### 3.11 Portabilidad

La portabilidad es la capacidad que tiene el software para ser trasladado de un entorno a otro. Para poder medir la portabilidad del sistema usaremos la siguiente formula que indica el grado de portabilidad que tiene un software.

$$GP = 1 - \frac{ET}{ER}$$

Donde:

**ET:** Es la medida de los recursos necesarios para llevar el sistema a otro entorno.

**ER:** Es la medida de los recursos necesarios para crear el sistema en el entorno residente.

**Si  $GP > 0$ :** La portabilidad es más rentable que el desarrollo.

**Si  $GP = 1$ :** La portabilidad es perfecta.

**Si  $GP < 0$ :** El desarrollo es más rentable que la portabilidad.

Para llevar la aplicación móvil de un dispositivo a otro o descargar de la dirección mencionada en manual de usuario, se necesita 1GB de espacio de memoria de almacenamiento como mínimo y el dispositivo móvil con sistema operativo Android con versión 4.5 o superior.

Con esta información requerida por la fórmula se procede a calcular el grado de portabilidad.

$$GP = 1 - \frac{1}{1}$$

$$GP = 1 - 1$$

$$GP = 0 * 100\%$$

$$GP = 0\%$$

Por lo que se concluye que la portabilidad es más rentable que el redesarrollo.

Según (Pressman, Roger, 2010) la portabilidad es el esfuerzo que se necesita para transferir el programa de un ambiente de sistema de hardware o software a otro.

De la misma manera la facilidad con la que el software puede llevarse de un ambiente a otro según lo indican los siguientes atributos: adaptable, instalable, conformidad y sustituible.

Para ello se hace una tabla para hallar el valor del factor de portabilidad de la Aplicación Móvil.

Tabla 13: Portabilidad de APK

<b>Nro.</b>	<b>Factor de Portabilidad del APK</b>	<b>Valor</b>
<b>1</b>	¿Se puede adquirir con facilidad el ejecutable de la APK?	98
<b>2</b>	¿Se puede instalar fácilmente la APK?	95
<b>3</b>	¿Puede ser transferido de un dispositivo móvil a otro?	95
<b>4</b>	¿Necesita requerimientos de Software y Hardware?	90
<b>5</b>	¿El tiempo de instalación es rápido es rápido?	95
<b>6</b>	¿El apk Requiere espacio de memoria de 107 MB es considerable?	98
<b>Valor total</b>		95.2

Fuente: Elaboración Propia

Se estima un valor de 95.2% de la Aplicación Móvil desarrollada la cual indica adaptable e instalable.

# CAPITULO IV

## 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### *Resumen*

*En el presente capítulo se dan a conocer las conclusiones, tras concluir el trabajo de investigación y se dan algunas recomendaciones para otros trabajos futuros de investigación. Así también se describe el estado de cumplimiento de los objetivos.*

## 4.1 Conclusiones

Una vez planteado el objetivo general del presente proyecto de grado, que fue una guía en todo el proceso investigativo, se cumplió de manera progresiva con la aplicación de la Realidad Aumentada.

Los objetivos específicos del presente trabajo fueron fundamentales para lograr el desarrollo de una aplicación funcional, en los que se obtuvo información de animales de la sala mamíferos mediante entrevistas al Lic. Alexander Vaca Dibibay encargado del museo. Para el desarrollo de la aplicación la metodología ágil Mobile-D ha guiado los procesos de las diferentes fases, de tal forma que contribuyó a la optimización del tiempo, así también en la calidad de la aplicación.

Al trabajar por fases e iteraciones se evitó que en posteriores modificaciones haya errores o modificaciones de gran magnitud en iteraciones anteriores. Para cada iteración se han utilizado diferentes herramientas de software como: *Enterprise Architect* para modelado de diagramas UML y *Blender* para realizar los diferentes personajes en modelo 3D y animación. En la iteración de Realidad Aumentada, Unity y Vuforia han sido herramientas de gran ayuda debido a la facilidad de manejo, documentación y tutoriales en sus páginas oficiales respectivas.

Se obtuvo como resultado una aplicación para dispositivos móviles Android con Realidad Aumentada que permite la ilustración y animación de personajes en 3D para animales pertenecientes a la sala de mamíferos, la misma ha permitido mostrar a los visitantes de manera atractiva los movimientos de los animales y su textura, motivando a conocer más sobre los animales en exhibición, dando cumplimiento al objetivo principal de este trabajo.

Una vez concluido el desarrollo de la aplicación se explicó cómo funciona la aplicación con Realidad Aumentada, posteriormente se realiza una encuesta de percepción y aceptación de la aplicación, la misma se aplicó a visitantes y encargados del museo logrando gran aceptación y valoración por parte de los encuestados.

La aplicación de la sala de mamíferos del museo de historia natural Pedro Villalobos de la Universidad Amazónica de Pando, se evaluó en base a datos estadísticos, reconocimiento de marcadores (imagen target) y con la norma ISO/25010.

## 4.2 Recomendaciones

- Se recomienda utilizar en próximos proyectos de desarrollo, inteligencia artificial con redes neuronales para que la aplicación reconozca cualquier imagen de acuerdo al modelo 3D.
- Se recomienda en próximos proyectos de investigación, trabajar en los siguientes campos: Educación, medicina, marketing y visualización arquitectónica.
- Se recomienda trabajar de manera conjunta con profesionales de distintas especialidades, para que el desarrollo del proyecto sea más rápido.
- Se recomienda implementar esta tecnología en todas las salas del Museo de Historia Natural Pedro Villalobos de la Universidad Amazónica de Pando.
- Se recomienda hacer uso de la tecnología de realidad aumentada como herramienta de marketing para tener más visitas en el Museo.

## 5 Bibliografía

- Julián Andrés Mera Paz, Mari Yicel Miranda Gómez, Sammy Cuaran Rosas. (25 de Julio de 2017). *Análisis sistemático de información de la Norma ISO 25010 como base para la implementación en un laboratorio de Testing de software en la Universidad Cooperativa de Colombia Sede Popayán*. Obtenido de ISO 25010: <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/memoutp/article/view/1483>
- Adolfo Muñoz, Ana Martí Testón. (2018). Estudio de experiencias inmersivas en museos. Las nuevas narrativas de la realidad aumentada. 10.
- AGETIC. (2018). *EstadoTIC Estados de las Tecnologías de Informacion y Comunicacion en el Estado Plurinacional de Bolivia*. Obtenido de <https://agetec.gob.bo/pdf/estadotic/AGETIC-Estado-TIC.pdf>
- Agudelo, F. A. (2011). *LA Ingenieria de Software en el Desarrollo de Aplicaciones para Dispositivos Moviles* .
- Alvares, A. G. (2017). Aplicaciones de la realidad aumentada en la promocion y edificacion. ETS de Ingeniería de Edificación Universidad Politecnica de Valencia.
- Augment*. (26 de Febrero de 2015). Obtenido de Realidad Aumentada para Proyectos de Arquitectura: <https://www.augment.com/blog/key-benefits-augmented-reality-architecture-projects/>
- Balaguera, Y. D. (2013). Metodologías ágiles en el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles. Estado actual. *Investigación científica y tecnológica terminada.*, 14.
- Barker, P. (29 de Mayo de 2017). *Red Bull*. Obtenido de Merge Cube pone los hologramas en tu mano: <https://www.redbull.com/mx-es/merge-cube-hologramas-de-realidad-aumentada>
- Bedon, C. J. (2018). *VISITA VIRTUAL DE EDIFICACIONES ARQUITECTÓNICAS UTILIZANDO*. Ibarra Ecuador .
- Benítez, L. F. (2016). La implementación del mobile marketing: Como herramienta multidisciplinar en el sector turístico y aeroportuario. EAE, 2016.
- Castillo, J. O. (2017). La realidad virtual y realidad Aumentada en el proceso de Marketing. *Revista de Direccion y Administracion de Empresas*, 76.
- Cruz, E. M. (2014). La realidad aumentada aplicada en los dispositivos móviles. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo* ISSN 2007 - 7467, 11.
- Cuaderno del Maestro*. (29 de Octubre de 2012). Obtenido de Cono de Aprendizaje de Edgar Dale: <http://cuadernodelmaestro.blogspot.com/2012/10/cono-de-aprendizaje-de-edgar-dale.html>
- Dale, E. (2007). Methods for Analyzing the Content of Motion Pictures. *Journal of Educational Sociology*.

- Desarrollo Libre*. (14 de 1 de 2014). Obtenido de Realidad Aumentada con Vuforia:  
<https://www.desarrollolibre.net/blog/android/realidad-aumentada-con-vuforia#.Xa3Po-hKhPY>
- Eikonos*. (2018). Obtenido de Usos y aplicaciones de la realidad aumentada en publicidad:  
<https://eikonos.com/blog/usos-y-aplicaciones-de-la-realidad-aumentada-en-publicidad/>
- Escobar Bonilla Guillermo Santiago. Campaña Guzmán Alex Israel. (2014). Diseño e Implementación de una Aplicación Móvil que cumpla la función de estación en tierra para el monitoreo de UAV'S En El Centro De Investigación Y Desarrollo De La Fuerza Aérea Ecuatoriana. 4.
- Fernandez, O. J. (2014). *Estudio y Desarrollo de una Aplicacion movil de Realidad Aumentada* . España : Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona.
- Iris 360 Studio*. (21 de Diciembre de 2018). Obtenido de <https://www.iris360studios.com/single-post/2018/12/21/APLICACIONES-DE-REALIDAD-AUMENTADA-PARA-EMPRESAS-IRIS-360-STUDIOS>
- James Rumbaugh, Ivar Jacobson, Grandy Booch. (2000). *El Lenguaje Unificado de Modelado. Manuel de Referencia*. Madrid: Pearson Educacion. S.A .
- Jesús Daniel Meneses Sánchez, Elva Carolina Laveriano Meca . (2016). *Prototipo de aplicación móvil utilizando la metodología Mobile-D para la verificación de la formalidad en el servicio de taxi metropolitano en la ciudad de Lima* . Lima-Peru: Universidad Nacional Mayor de San Marcos Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informatica.
- Julio Cabero Almenara, Julio Barroso Osuna, Ángel Puentes Puente, Ivanovna Cruz Pichardo. (2018). La “Realidad Aumentada” para aumentar la formación. *Revista Cubana de Educación Medica Superior*, 15.
- Julio Cabero Almenara, Bárbara Fernández Robles, Verónica Marín Díaz. (2017). Dispositivos móviles y realidad aumentada en el aprendizaje del alumnado universitario. *Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*.
- Lafuente, J. P. (2016). *Centro de Investigacion y Produccion para La Amazonia Museo de Historia Natural Pedro Villalobos* . Cobija - Pando- Bolivia.
- Laura, M. E. (2016). *Aplicacion Movil de Realidad Aumentada para Mejorar la experiencia de los Visitantes caso: museo de Arte Antonio Paredes Candia* . La Paz - Bolivia .
- López, A. C. (2018). *Realidad Aumentada para la mejora de la visita al museo de la Telecomunicacion*. Valencia: Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación Universitat Politècnica de València.
- Luis C Tovar, J. A. (2014). Propuesta metodológica para la construcción de objetos virtuales de aprendizaje basados en realidad aumentada. *Dialnet*.

- Mamani, M. L. (2015). *Realidad Aumentada y Reconocimiento de Imagenes en el Ambito Educativo*. La Paz - Bolivia .
- Mamolar, A. S. (2012). Inteligencia Artificial, Reconocimiento de Formas e Imagen Digital. En *Herramientas de desarrollo libres para aplicaciones de Realidad Aumentada con Android. Analisis Comparativo entre ellas*. Universidad Politécnica de Valencia.
- Marta Caro Martínez, David Hernando Hernández. (2015). Realidad aumentada para el Museo de America. Departamento de Ingeniería del Software e Inteligencia Articial Facultad de Informatica Universidad Complutense de Madrid.
- Mesarosova, E. (2017). LA CIUDAD AUMENTADA EXPERIMENTACIÓN ARTÍSTICA EN APLICACIONES DE REALIDAD AUMENTADA. UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA FACULTAD DE BELLAS ARTES DE SAN CARLOS.
- Mujica, M. (2019). Aplicación Móvil con Realidad Aumentada para la Obtención Interactiva de Información al Visualizar las Muestras que Exhibe la Sala de Herpetología del (Mhnpv) de la U.A.P. Cobija- Bolivia: Ingenieria de Sistemas- Area de Ciencias y Tecnologia- Universidad Amazonica de Pando.
- Muñoz, Lilia. (2016). *Arquitectura de la aplicación*. Obtenido de Uso de la Realidad Aumentada en la enseñanza-aprendizaje:  
<https://revistas.utp.ac.pa/index.php/memoutp/article/view/1476/html>
- Paco Blanco, J. C. (2013). *Metodología de desarrollo ágil para sistemas móviles*. Madrid, España.
- Patricio Vargas Sanhuesa. (2016). Aplicacion Movil de Realidad Aumentdad Orientada a la Localizacion dentro del Establecimeinto Universario IBC. Chile: INFORME FINAL DE PROYECTO PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE EJECUCIÓN EN INFORMÁTICA.
- Pressman, Roger. (2010). *INGENIERÍA DEL SOFTWARE. UN ENFOQUE PRÁCTICO*. Mexico.
- Programación de motor de juego 3D*. (2019). Obtenido de 3dgep.com
- QR Code Generator*. (14 de Octubre de 2019). Obtenido de <https://es.qr-code-generator.com/>
- RayRam Creativity*. (2019). Obtenido de <http://www.rayramcreativity.com/que-es-la-realidad-aumentada/>
- Romo, V. J. (2017-2018). *Guía de desarrollo de un videojuego con Unity en realidad virtual*. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Informàtica Universitat Politècnica de València.
- Sánchez González, K. k. (2019). La educación emocional en el proceso de enseñanza aprendizaje de la.
- Smartechgroup. (26 de Junio de 2019). *Smartech*. Obtenido de La realidad aumentada en la medicina: <http://smartechgroup.es/la-realidad-aumentada-en-la-medicina/>

*Statcounter*. (Septiembre de 2019). Obtenido de Sistema operativo móvil:  
<https://gs.statcounter.com>

*Visual Studio*. (2019). Obtenido de Microsoft Servicios de desarrollo:  
<https://visualstudio.microsoft.com/es/>

*Vuforia Realidad Aumentada SDK*. (2015). Obtenido de  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Vuforia\\_Augmented\\_Reality\\_SDK](https://en.wikipedia.org/wiki/Vuforia_Augmented_Reality_SDK)

Yabiku, O. (19 de Septiembre de 2017). *Realidad Aumentada en la Educacion* . Obtenido de  
<https://www.vexsoluciones.com/e-learning/realidad-aumentada-en-la-educacion/>

Zambrado, E. D. (2018). *Desarrollo de Aplicacion Movil, con Geolocalizacion de lineas de Autobuses y sus paradas para el gobierno Autonomo descentralizado Municipalidad de Ambato*. Ambato Ecuador: Escuela de Ingenieria en Sistemas .

# **ANEXOS**

## 6 ANEXOS

### 6.1 Árbol de Problema

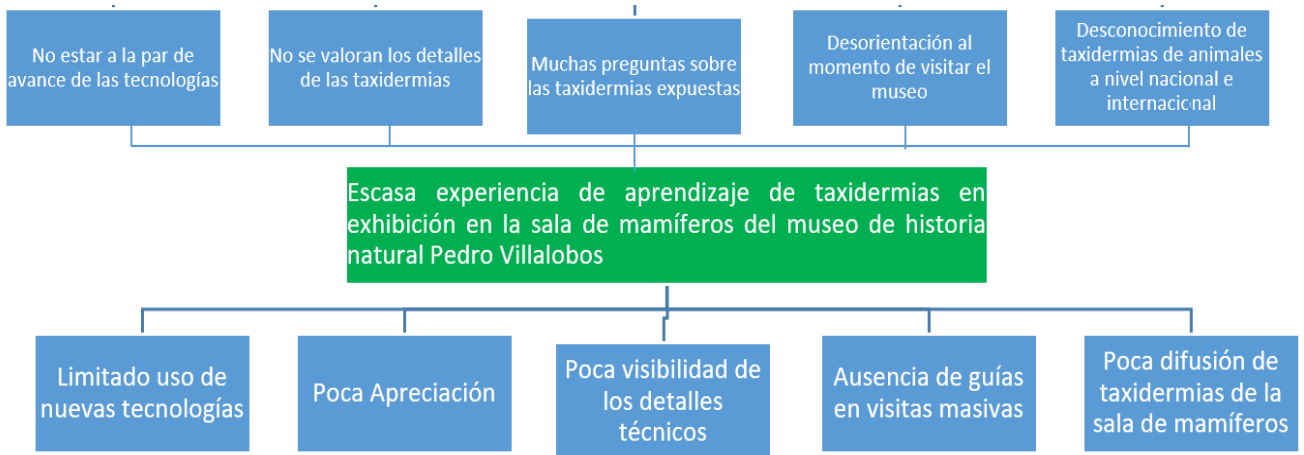


Ilustración 57: Árbol de Problema

Fuente: Elaboración propia

### 6.2 Árbol de Objetivos



Ilustración 58: Árbol de Objetivos

Fuente: Elaboración propia

### 6.3 Matriz de Involucrados

Tabla 14: Matriz de Involucrados

Grupo Involucrado	Problema percibido	Intereses	Estrategias
<b>Museo de Historia Natural Pedro Villalobos</b>	Escasa experiencia de aprendizaje de las taxidermias.	Protección y difusión de taxidermias de la sala de mamíferos del museo	Contar con personal especializado para la realización de las actividades necesarias del museo
<b>Universidad Amazónica de Pando</b>	Falta de interés de los universitarios.	Aumento de convenios por parte de la Universidad en la sociedad	Elaboración de proyectos con uso de nuevas tecnologías
<b>Población</b>	Ausencia de programas de difusión.	Participar en acciones de sensibilización cultural y actividades relacionadas al turismo, artesanía y medio ambiente.	Formar organizaciones con los representantes de cada zona adyacente al Museo
<b>Visitantes Nacionales y Extranjeros</b>	Desconocimiento de importancia de taxidermias a exhibir	Contar con un atractivo turístico de nuevas tecnologías.	Transmitir la información recibida durante su visita en el museo de sitio, y la zona arquitectónica

Fuente: Elaboración propia

### 6.4 Matriz de Marco Lógico

Tabla 15: Matriz de Marco lógico

Resumen Narrativo de Objetivos	Indicadores Verificables	Objetivamente	Medios de Verificación	Supuestos
Fin: <b>Lograr un nuevo concepto de visita que contribuya a la difusión de taxidermia de la sala de mamíferos del Museo de Historia Natural Pedro Villalobos</b>	Incrementos del interés de los visitantes para conocer más de las taxidermias que se encuentran en la sala de mamíferos del Museo de Historia Natural Pedro Villalobos de una manera más interactiva.		<ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis de incremento de los visitantes realizados por la administración del museo.</li> <li>Encuestas realizadas a los</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los Visitantes y el personal de museo se sienten satisfechos lo que mejora el prestigio de la sala de</li> </ul>

		visitantes para saber cómo fue su experiencia al recorrer el museo.	mamíferos y del museo. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicativo adaptable al entorno de la sala de mamíferos del museo.</li> </ul>
Propósito: <b>Desarrollar una Aplicación Móvil en Android con Realidad Aumentada para mejorar la experiencia de los visitantes al visualizar las taxidermias de la sala de mamíferos del Museo de Historia Natural Pedro Villalobos.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visitantes que instalaron la aplicación móvil del museo y observando mediante Realidad Aumentada las taxidermias.</li> <li>• Alta interacción del visitante con la aplicación móvil al momento de recorrer la sala de mamíferos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material escrito que sustente la investigación y desarrollo de este proyecto</li> <li>• Reporte de descargas de la aplicación móvil.</li> </ul>	La administración se encarga de los reportes. Aplicativo adaptable a cualquier situación.
Producto: <b>Oportunidad para el uso de Realidad Aumentada. Compatibilidad con la mayoría de dispositivos Android. Visualización satisfactorio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los visitantes mejoran su experiencia y aprecia los detalles los detalles técnicos de obras taxidermias.</li> <li>• Los visitantes instalan sin ninguna dificultad la aplicación móvil Android.</li> <li>• Innovación aplicando las nuevas tecnologías</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación de las aplicaciones móvil Android por parte de los visitantes.</li> <li>• Evaluación de satisfacción de los visitantes.</li> <li>• Evaluación de los diseños en 3D e información multimedia.</li> </ul>	Más personas con dispositivos móviles Android. Evolución del producto final.
Insumo y Actividades: <b>Uso de marcadores (Símbolos impresos en papel). Uso de realidad aumentada en dispositivos móviles Android. Descripción e información multimedia de las obras.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estrategia para difundir y promocionar el patrimonio de la sala de mamíferos del museo por medio de Realidad Aumentada.</li> <li>• Tiempo total de las actividades.</li> </ul>	Elaboración del cuadro de procesos para todas las actividades.	Contar con los recursos y herramientas necesarios para el desarrollo de la Aplicación Móvil de Realidad Aumentada.

*Fuente: Elaboración propia*

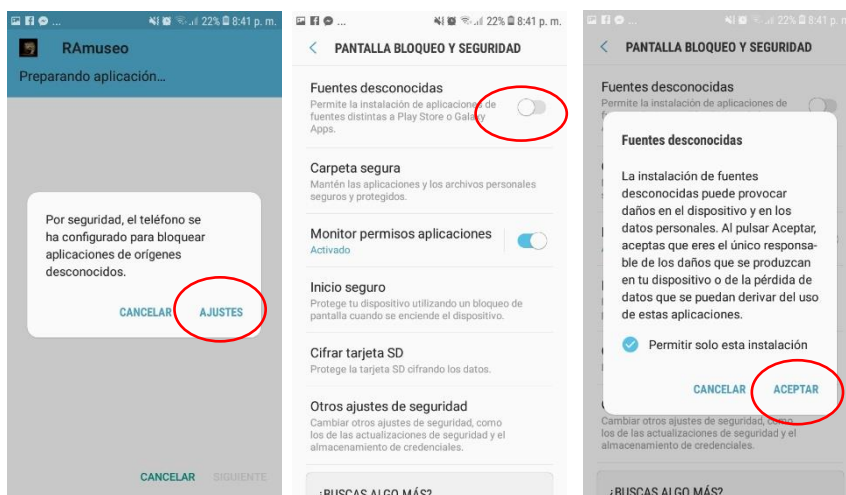
## 6.5 Manual de Usuario

Instructivo para instalar aplicación Móvil con Realidad Aumentada para la sala de mamíferos del museo de Historia Natural Pedro Villalobos de la Universidad Amazónica de Pando en dispositivos móviles con sistema operativo Android.

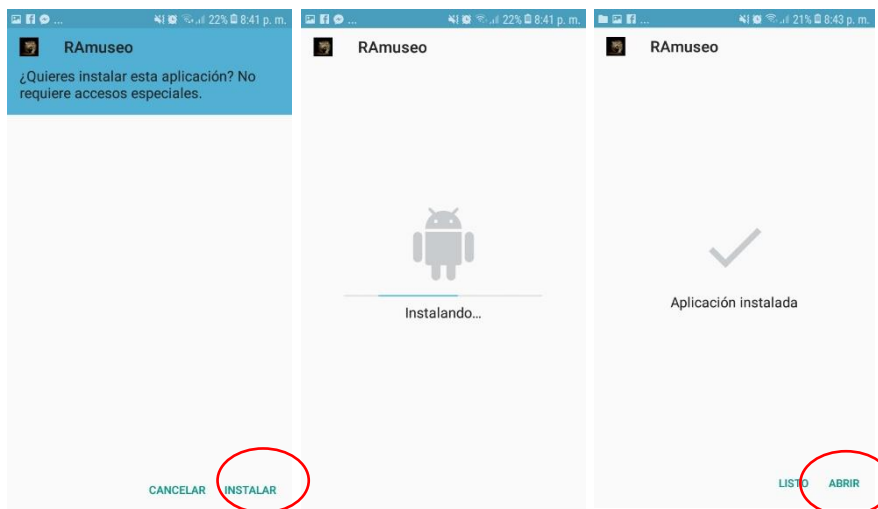
**Paso 1.** Descargar la aplicación y las imágenes Target del siguiente link:

<https://drive.google.com/drive/folders/1ItJMd1K2wxGw3vl65UIQZieLT9u7qpXJ>

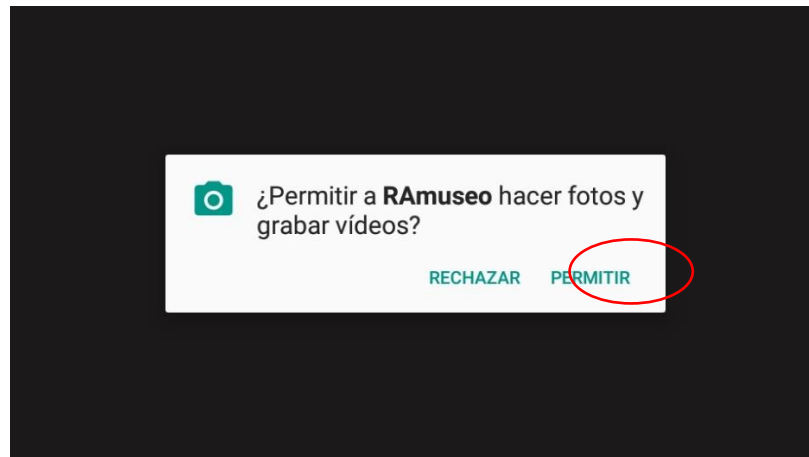
**Paso 2.** Dar permisos para la instalación



**Paso 3.** Instalar la apk



**Paso 4.** Dar permisos para uso de la Cámara



**Paso 4.** En el menu principal hacer clic en el boton inicio para ver realidad Aumentada



**Paso 5.** Enfocar la cámara en la imagen Target





# **CARTAS DE AVAL**