



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA EN SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

**Aplicación móvil con realidad aumentada aplicando la tecnología ARCORE
para la Casa Museo de Riobamba.**

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero en Sistemas y
Computación

Autor:

Juan Carlos Malca Yumi

Tutor:

PhD. Lorena Paulina Molina Valdiviezo

Riobamba, Ecuador

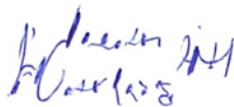
2021

DERECHO DE AUTORÍA

Yo, **JUAN CARLOS MALCA YUMI**, con cédula de ciudadanía **0604632893**, autor del trabajo de investigación titulado: **APLICACIÓN MÓVIL CON REALIDAD AUMENTADA APLICANDO LA TECNOLOGÍA ARCORE PARA LA CASA MUSEO DE RIOBAMBA**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor de la obra referida será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 25 de mayo del 2022.



JUAN CARLOS MALCA YUMI

C.I.: 0604632893

**DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DEL
TRIBUNAL.**

Quienes suscribimos, catedráticos designados Tutor y Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación; **APLICACIÓN MÓVIL CON REALIDAD AUMENTADA APLICANDO LA TECNOLOGÍA ARCORE PARA LA CASA MUSEO DE RIOBAMBA**, presentado por JUAN CARLOS MALCA YUMI, con cédula de identidad número 0604632893, certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha asesorado durante el desarrollo, revisado y evaluado el trabajo de investigación escrito y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 25 de mayo del 2022.

Mgs. Marlon Silva
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE
GRADO



Firma

Mgs. Jorge Delgado
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Firma

PhD. Paola Vinuesa
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO

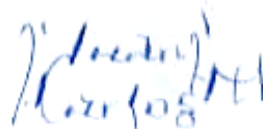


Firma

PhD. Lorena Molina
TUTORA



Firma



Juan Carlos Malca Yumi
ESTUDIANTE EGRESADO
C.I: 0604632893

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación; **APLICACIÓN MÓVIL CON REALIDAD AUMENTADA APLICANDO LA TECNOLOGÍA ARCORE PARA LA CASA MUSEO DE RIOBAMBA** presentado por el Sr. JUAN CARLOS MALCA YUMI, con cédula de identidad número **0604632893**, bajo la tutoría de Ph.D. Lorena Molina Valdiviezo; certificamos que recomendamos la **APROBACIÓN** de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 25 de mayo del 2022.

Mgs. Marlon Silva
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE
GRADO

Firma

Mgs. Jorge Delgado
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO

Firma

PhD. Paola Vinuesa
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO

Firma

DEDICATORIA

A mis padres Alfonso Malca y María Yumi que me han apoyado incondicionalmente.

A mis hermanos y toda mi familia que de alguna u otra manera me ayudaron durante todo el proceso de mis estudios.

A mis docentes quienes me han inspirado a seguir aprendiendo.

A mis amigos y compañeros con quienes compartí grandes momentos en las aulas de la universidad.

Y finalmente a mi nueva familia (Lupe y Sophia) en cuales encuentro motivación para seguir adelante en una nueva etapa de mi vida.

Juan Carlos Malca

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a la Universidad Nacional de Chimborazo, la cual se convirtió en mi segundo hogar, en la que he tenido la oportunidad de adquirir nuevos conocimientos y grandes experiencias.

Agradezco a mi tutora; PhD. Lorena Molina, a mis docentes; PhD. Paola Vinuesa y Mgs Jorge Delgado quienes me han guiado durante esta investigación y me han brindado sus conocimientos y experiencia.

A la Ing. Carla Castillo, coordinadora del Museo y al Lic. Pablo Narváez, Director de Gestión Cultural, Deporte y Recreación del GADM de Riobamba por la apertura, predisposición y colaboración para implementar esta propuesta que beneficiará a la cultura de nuestro cantón Riobamba.

Agradezco a D'soft.Net, célula académica con quienes se ha organizado y participado en varios eventos a nivel nacional. Gracias por tener el sueño de querer cambiar el mundo.

A los semilleros de investigación de quienes fui parte y con los que se ha publicado artículos científicos y organizado eventos. Gracias por las enriquecedoras experiencias.

A todos quienes fueron mis docentes y mentores en la Universidad; PhD Magda Cejas, Ing. Pamela Buñay, Ing. Gonzalo Allauca, Ing. Lida Barba, Ing. Ana Congacha, Ing. Fernando Molina, Ing. Estela Narváez, Ing. Diego Palacios, Ing. Diego Reina, Ing. Danny Velasco, Ing. Marlon Silva, Ing. Geonatan Peñafiel, Mgs. Hugo Paz. Gracias por todo.

Juan Carlos Malca

ÍNDICE GENERAL

DERECHO DE AUTORÍA	II
DICTAMEN FAVORABLE DEL TUTOR Y MIEMBROS DEL TRIBUNAL	III
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
ÍNDICE GENERAL	VII
LISTA DE TABLAS	X
LISTA DE FIGURAS	XI
RESUMEN	XII
ABSTRACT	XIII
INTRODUCCIÓN	14
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.1 Problema y Justificación	16
1.2 Objetivos	17
1.2.1 General	17
1.2.2 Específicos	17
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	18
2.1 Aplicaciones Móviles	18
2.1.1 Clasificación de las aplicaciones móviles	18
2.2 Realidad Aumentada	19
2.3 Unity	19
2.4 Tecnología ARCore	20
2.4.1 Atributos de ARCore	20
2.4.2 Dispositivos soportados	21
2.5 AR Foundation	21
2.6 Usabilidad	22
2.6.1 Métodos de evaluación de la usabilidad	23
2.7 Norma ISO /IEC 25010	24
2.7.1 ISO/IEC 2501n – División de Modelo de Calidad	24
2.8 Museo	25
2.9 Casa Museo de Riobamba	25
2.9.1 Visitantes de la Casa Museo	26
2.10 Uso de la RA en los Museos	26
2.11 Metodología AODDEI	27

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	28
3.1 Metodología	28
3.2. Tipo y diseño de la investigación	28
3.2.1 Según la fuente de investigación	28
3.2.2 Según el objeto de estudio	28
3.2.3 Según el tipo de variable	28
3.3 Unidad de Análisis	28
3.4 Población y muestra	28
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	29
3.5.1 Entrevistas.....	29
3.5.2 Encuestas.....	29
3.5.3 Focus Group.....	29
3.6 Técnicas de análisis e interpretación de la información.....	30
3.7 Desarrollo de la aplicación móvil de realidad aumentada	30
a) Análisis y Obtención de Información:	31
b) Diseño:	35
c) Desarrollo:	37
d) Evaluación:.....	38
e) Implantación:.....	39
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
4.1 Aplicación móvil con Realidad Aumentada.....	41
4.2 Uso de la tecnología ARCore.....	41
4.3 Resultados de usabilidad de la aplicación móvil.....	43
4.3.1 Inteligibilidad.....	44
4.3.2 Aprendizaje.....	46
4.3.3 Operabilidad	48
4.3.4 Protección frente a errores.....	50
4.3.5 Estética	52
4.3.6 Accesibilidad	54
4.4 Análisis de confiabilidad de la aplicación móvil	56
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
5.1 Conclusiones	58
5.2 Recomendaciones	60
BIBLIOGRAFÍA	61
ANEXOS	64
Anexo 1: Reuniones con el personal de la Casa Museo.....	64

Anexo 2: Entrevistas al personal de la Casa Museo.	65
Anexo 3: Encuesta aplicada a los visitantes de la Casa Museo	67
Anexo 4: Focus Group para evaluar la usabilidad de la aplicación móvil.	68
Anexo 6: Publicación de la aplicación en Play Store	70

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Estadísticas de visitas en el primer semestre del 2021 [14]	26
Tabla 2: Fases de la metodología AODDEI [18]	27
Tabla 3: Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	29
Tabla 4: Detalles de la comparación entre SDK de AR [8] [22] [21] [23]	42
Tabla 5: Frecuencia de Inteligibilidad, pregunta 1	44
Tabla 6: Frecuencia de Inteligibilidad, pregunta 2	44
Tabla 7: Frecuencia de Inteligibilidad, pregunta 3	44
Tabla 8: Frecuencia de Inteligibilidad, pregunta 4	45
Tabla 9: Resumen de frecuencia de Inteligibilidad de la Aplicación Móvil	45
Tabla 10: Frecuencia de Aprendizaje, pregunta 5	46
Tabla 11: Frecuencia de Aprendizaje, pregunta 6	46
Tabla 12: Frecuencia de Aprendizaje, pregunta 7	46
Tabla 13: Frecuencia de Aprendizaje, pregunta 8	47
Tabla 14: Resumen de frecuencia de Aprendizaje de la Aplicación Móvil	47
Tabla 15: Frecuencia de Operabilidad, pregunta 9	48
Tabla 16: Frecuencia de Operabilidad, pregunta 10	48
Tabla 17: Frecuencia de Operabilidad, pregunta 11	48
Tabla 18: Frecuencia de Operabilidad, pregunta 12	49
Tabla 19: Frecuencia de Operabilidad, pregunta 13	49
Tabla 20: Resumen de frecuencia de Operabilidad de la Aplicación Móvil	49
Tabla 21: Frecuencia de Protección frente a errores, pregunta 14	50
Tabla 22: Frecuencia de Protección frente a errores, pregunta 15	50
Tabla 23: Frecuencia de Protección frente a errores, pregunta 16	50
Tabla 24: Frecuencia de Protección frente a errores, pregunta 17	51
Tabla 25: Resumen de Protección frente a los errores de la Aplicación Móvil	51
Tabla 26: Frecuencia de Estética, pregunta 18	52
Tabla 27: Frecuencia de Estética, pregunta 19	52
Tabla 28: Frecuencia de Estética, pregunta 20	52
Tabla 29: Frecuencia de Estética, pregunta 21	53
Tabla 30: Frecuencia de Estética, pregunta 22	53
Tabla 31: Resumen de frecuencia de Estética de la Aplicación Móvil	53
Tabla 32: Frecuencia de Accesibilidad, pregunta 23	54
Tabla 33: Frecuencia de Accesibilidad, pregunta 24	54
Tabla 34: Frecuencia de Accesibilidad, pregunta 25	55
Tabla 35: Frecuencia de Accesibilidad, pregunta 26	55
Tabla 36: Frecuencia de Accesibilidad, pregunta 27	55
Tabla 37: Frecuencia de Accesibilidad, pregunta 28	55
Tabla 38: Resumen de frecuencia de Accesibilidad de la Aplicación Móvil	56
Tabla 39: Confiabilidad de la usabilidad de la aplicación móvil	57
Tabla 40: Estadísticas de usabilidad de la aplicación móvil	57
Tabla 41: Ficha de entrevista a la coordinadora de La Casa Museo	65
Tabla 42: Ficha de entrevista Director de la Casa Museo	66
Tabla 43: Encuesta aplicada a los visitantes de la Casa Museo	67
Tabla 44: Formato para el perfil de usuario	68
Tabla 45: Cuestionario para evaluar la usabilidad	69

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Soporte de funciones AR Foundation por plataforma [6].....	22
Figura 2: Modelo de calidad definida por la ISO/IEC 25010 [11].	24
Figura 3: Croquis de las ocho salas de exposición permanente de la Casa Museo.....	25
Figura 4: Instalación de herramientas	30
Figura 5: Lugar de procedencia del visitante.....	31
Figura 6: Frecuencia de visita	32
Figura 7: Motivo de porque no visitan los museos.....	32
Figura 8: Conocimiento acerca de la Realidad Aumentada	33
Figura 9: Interés sobre una aplicación que muestre información al enfocar piezas.....	33
Figura 10: Expectativa de uso de una aplicación con realidad aumentada dentro de la Casa Museo..	34
Figura 11: Esquema de la Aplicación Móvil	35
Figura 12: Diseño de iconos para la Aplicación Móvil	35
Figura 13: Modelado 3D del Cuenco de la Cultura Puruhá.....	36
Figura 14: Modelado 3D de la Vasija de la Cultura Puruhá	36
Figura 15: Modelo 3D de la Vasija de la Cultura Puruhá	37
Figura 16: Diseño y desarrollo de la interfaz gráfica de usuario.	37
Figura 17: Estructuración de escena de RA de la sala 1.....	38
Figura 18: Librería de imágenes de referencia para ser rastreadas.....	38
Figura 19: Prefab de información de la Iglesia de Balbanera.	39
Figura 20: Aplicación disponible en Play Store para dispositivos Android [20]	40
Figura 21: Imágenes de la aplicación móvil de RA en la casa Museo	41
Figura 22: Comparativa SDK; ARCore, ARkit, Vuforia	42
Figura 23: Inteligibilidad de la Aplicación Móvil	45
Figura 24: Aprendizaje de la Aplicación Móvil.....	47
Figura 25: Operabilidad de la Aplicación Móvil	49
Figura 26: Protección frente a los errores de la Aplicación Móvil	51
Figura 27: Estética de la Aplicación Móvil	54
Figura 28: Accesibilidad de la Aplicación Móvil	56
Figura 29: Rango de Coeficiente de Confiabilidad de un instrumento [26]	57
Figura 30: Fotos de reuniones en la Casa Museo	64
Figura 31: Pantalla de configuración de KeyStore en Unity	70
Figura 32: Pantalla de configuración de arquitecturas en Unity	70
Figura 33: Pantalla de Compilación de Unity.....	71
Figura 34: Pantalla de ingreso a Google Play Console	71
Figura 35: Panel de control de Google Play Console	72
Figura 36: Panel de control de Google Play Console, Resumen de versión subida	72
Figura 37: Aplicación móvil en Play Store.....	73

RESUMEN

La realidad aumentada (RA) es una de las nuevas tecnologías inmersivas que han generado interés en los usuarios; la cual permite generar nuevas experiencias mediante un entorno inmersivo e interactivo con la superposición de objetos digitales virtuales 2D y 3D al entorno real mediante el uso de un dispositivo móvil. Así pues, el presente proyecto de investigación tiene como objetivo el desarrollo de una aplicación móvil con realidad aumentada para la Casa Museo de la ciudad de Riobamba, que permita a los visitantes interactuar con la información sobre las diferentes salas, mejorando así los procesos de difusión y exposición dentro del Museo.

Inicialmente para el desarrollo de la investigación se procedió a la revisión literaria sobre la tecnología *ARCore* basado en el desarrollo de aplicaciones móviles de realidad aumentada, analizando las características, ventajas y desventajas con respecto a otras tecnologías similares. Para el análisis comparativo se consideró indicadores como: tipo de licencia, plataforma de destino, plataforma de desarrollo, seguimiento o rastreo de imágenes, rastreo de movimiento y detección de planos, obteniendo como resultado que *ARCore* tiene un 54,7% de beneficios frente a un 52,3% de *Arkit* y un 66,6% de *Vuforia*.

Posteriormente, se desarrolló la aplicación móvil con realidad aumentada empleando la tecnología *ARCore*, en el cual se ha implementado el rastreo de imágenes, superposición de objetos 3D manipulables, contenido interactivo, imágenes, botones, audio guías, entre otras características.

Finalmente, mediante una metodología de un enfoque cualitativo se ha evaluado los criterios de usabilidad de la aplicación móvil, para lo cual se aplicó un cuestionario de 28 preguntas considerando varios criterios de acuerdo con la norma ISO/IEC25010. Intervinieron varios usuarios expertos los cuales mediante métodos de inspección heurística han evaluado la usabilidad y tras un análisis de confiabilidad mediante el Alfa Cronbach se ha obtenido como resultado; 0,641 de fiabilidad de la usabilidad del aplicativo móvil. Además se ha obtenido 100% de cumplimiento con el criterio de inteligibilidad, así como un 62,6% en el aprendizaje, un 33,2%, en la operabilidad, 58,4% en la protección frente a errores, 80% en la estética de la interfaz de usuario y un 88,8% con referente a la accesibilidad.

Palabras Clave: Realidad Aumentada, *ARCore*, Museo, Riobamba, Usabilidad, ISO/IEC 25010.

ABSTRACT

Augmented reality (AR) is one of the new immersive technologies that have generated interest in users, which allows generating new experiences through an immersive and interactive environment with the superimposition of virtual 2D and 3D digital objects to the natural environment through the use of a mobile device. This research project aims to develop a mobile application with augmented reality for the Casa Museo in the city of Riobamba, which allows visitors to interact with information about the different rooms, thus improving the dissemination and exhibition processes within the Museum. Initially, for the research development, a literature review was carried out on ARCore technology based on the development of augmented reality mobile applications, analyzing the characteristics, advantages, and disadvantages concerning other similar technologies. For the comparative analysis, indicators such as type of license, target platform, development platform, image tracking or tracking, motion tracking, and plane detection were considered, obtaining a result that ARCore has 54.7% of benefits compared to 52.3% for Arkit and 66.6% for Vuforia. Subsequently, the mobile application was developed with augmented reality using ARCore technology, in which image tracking, manipulable 3D object overlay, interactive content, images, buttons, and audio guides were implemented. Finally, through a qualitative approach methodology, the usability criteria of the mobile application have been evaluated, for which a questionnaire of 28 questions was applied considering several criteria according to the ISO/IEC25010 standard. Several expert users were involved, who evaluated the usability using heuristic inspection methods. After a reliability analysis using Cronbach's Alpha, the result was 0.641 reliability of the usability of the mobile application. In addition, 100% compliance with the intelligibility criterion was obtained, as well as 62.6% in learning, 33.2% in operability, 58.4% in protection against errors, 80% in the aesthetics of the user interface, and 88.8% with regard to accessibility.

Keywords: Augmented Reality, ARCore, Museum, Riobamba, Usability, ISO/IEC 25010.

DARIO
JAVIER
CUTIOPALA
LEON

Reviewed by:
Lic. Dario Javier Cutiopala Leon
ENGLISH PROFESSOR
c.c. 0604581066

INTRODUCCIÓN

En la actualidad las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) se han convertido en una herramienta indispensable en la mayoría de las actividades humanas. En el ámbito educativo surge el concepto de Tecnologías del Aprendizaje y del Conocimiento (TAC) que van muchos más allá de solo aprender a usar o manejar las TICs, es usar estas herramientas tecnológicas a la difusión y adquisición de conocimiento [1].

El aprendizaje móvil (m-learning) es uno de los tipos de enseñanza que hacen uso dispositivos móviles, ya que crean una condición oportuna para que la enseñanza y el aprendizaje sean más interactivos y efectivos [2]. Además en el área de turismo estas herramientas se han utilizado como medio de difusión y que ha tenido un gran alcance [3].

En este ámbito, se identifican nuevas tecnologías inmersivas que han generado interés en los usuarios; es el caso de la realidad aumentada (RA) ya que permite probar nuevas experiencias, mediante un entorno inmersivo e interactivo, con la superposición de los objetos digitales virtuales 2D y 3D al entorno real mediante el uso de un dispositivo móvil.

Es por eso que en algunas ciudades del mundo ya se están implementando estas nuevas tecnologías, específicamente en los museos, con el objetivo de mostrar contenidos relevantes e interesantes dentro de los mismos, todo esto de una forma atractiva y didáctica, haciendo que el visitante se convierta en el protagonista central y no solamente un observador pasivo. El usar la realidad aumentada como herramienta de difusión en los museos permite ofrecer una visión más completa de lo que se exhibe y a su vez generar nuevas interpretaciones que ayuden a comprender mejor los objetos puestos en exhibición, donde se puede descubrir y conocer la riqueza histórica de varias generaciones y épocas, a través de fotografías, esculturas, pinturas, piezas arqueológicas y otros objetos [4].

La Casa Museo de la ciudad de Riobamba recibe visitantes (nacionales o extranjeros) a las diferentes salas de exposiciones, los cuales son acompañados por guías turísticos que difunden la información de cada elemento en las salas, sin embargo los guías no pueden abarcar a todos los visitantes simultáneamente y no pueden estar presentes permanentemente en todo momento, es allí donde las herramientas y recursos tecnológicos son una solución a escenarios como estos, permitiendo acceder al conocimiento con una nueva óptica, a través de nuevas experiencias inmersivas e interactivas.

A partir de este precedente se planteó el problema científico por medio de la pregunta ¿Cómo difundir de manera interactiva la información en el Casa Museo de Riobamba, tomando en cuenta las tecnologías de realidad aumentada?

Por lo cual, en este trabajo de investigación se ha desarrollado una aplicación móvil con realidad aumentada que permita difundir de manera interactiva e inmersiva la información que posee la Casa Museo de Riobamba, brindando de esta manera una solución tecnológica que apoye el turismo, dando a conocer la riqueza histórica y cultural que posee la ciudad de Riobamba.

El presente trabajo de investigación está organizado en 4 capítulos los cuales están organizados de la siguiente manera: Capítulo I; en donde se expone una visión general de la investigación, contextualizando el problema y la justificación, seguido de los objetivos del proyecto, Capítulo II; en el cual se recopila las principales consideraciones teóricas relacionado al tema de investigación, Capítulo III; en donde se detalla la metodología con sus distintos enfoques a aplicar. Capítulo IV; en el que se interpreta los resultados de la investigación y se realiza un análisis de los mismos, finalizando con las conclusiones y recomendaciones del trabajo de investigación realizado.

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Problema y Justificación

Las aplicaciones móviles se han vuelto uno de los elementos clave que han adquirido un creciente interés en el ámbito educativo y también turístico, ya que cuentan con ciertas características que permiten mejorar los procesos de enseñanza y difusión, dichas aplicaciones permiten la portabilidad, movilidad, inmediatez e interactividad de la información que se pretende impartir [5].

La realidad aumentada es una herramienta que por sus características le otorgan grandes posibilidades de inclusión en el ámbito educativo y turístico. Su versatilidad, transversalidad y fácil manejo, hacen que el usuario se sienta cómodo e interesado interactuando con el entorno y con la información que se presente en la aplicación móvil. La realidad aumentada es una herramienta sobre la cual se puede construir importantes pilares didácticos.

Actualmente, la Casa Museo de la ciudad de Riobamba recibe visitantes (nacionales o extranjeros) a las diferentes salas de exposiciones, los cuales son acompañados por un mediador que difunden la información de cada elemento en las salas, sin embargo no pueden abarcar a todos los visitantes simultáneamente y no pueden estar presentes permanentemente en todo momento, es allí donde las herramientas y recursos tecnológicos pueden ayudar a procesos como estos, permitiendo acceder al conocimiento con una nueva óptica, a través de nuevas experiencias inmersivas e interactivas. Por lo cual, en este trabajo de investigación se pretende desarrollar una aplicación móvil con realidad aumentada que permita difundir de manera interactiva e inmersiva la información que posee la Casa Museo de Riobamba, brindando de esta manera una solución tecnológica que apoye el sector turístico, dando a conocer la riqueza histórica y cultural que posee Riobamba

A través de este proyecto de investigación se busca aportar a la Agenda Digital del proyecto; “Riobamba ciudad digital” que ha venido trabajando desde el año 2015 la Dirección de Gestión de Tecnologías de la Información, que abarca diferentes ámbitos, entre ellos: seguridad ciudadana, gobierno electrónico, turismo y educación, con lo que Riobamba espera consolidarse como una de las primeras Ciudades Digitales del país, ya que se está trabajando para contar con espacios y servicios modernos en los que la ciudadanía interactúa con las Tecnologías de la Información y Comunicación (Tics), permitiendo una proyección hacia una Ciudad Inteligente.

1.2 Objetivos

1.2.1 General

Implementar una aplicación móvil con realidad aumentada aplicando la tecnología ARCore para la Casa Museo de Riobamba.

1.2.2 Específicos

- Analizar la tecnología de realidad aumentada ARCore basado en el desarrollo de aplicaciones móviles.
- Desarrollar la aplicación móvil con realidad aumentada en las diferentes salas de la Casa Museo de Riobamba.
- Evaluar la usabilidad de la aplicación móvil utilizando la norma ISO/IEC 2501n.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Aplicaciones Móviles

Las aplicaciones móviles son programas que se pueden descargar y acceder directamente desde un teléfono o desde algún otro dispositivo móvil. La disponibilidad de las mejoras tecnológicas en los dispositivos móviles, están creando la demanda del uso de nuevos servicios. Servicios que se basan en estas tecnologías para solucionar problemas específicos en el ámbito empresarial (m-business), comercial (m-commerce), académico (m-learning), de salud (m-health) y social (social media) [1].

2.1.1 Clasificación de las aplicaciones móviles

Según Sánchez y Ravina [2] que hacen referencia a varias investigaciones y definen tres tipos de clasificaciones en las aplicaciones móviles: Una de las referencias es a las funcionalidades que estas aportan al usuario, otra según el entorno en el que se ejecutan y la tercera referida a la monetización de la aplicación.

Con respecto a las funcionalidades que estas aportan al usuario existen aplicaciones según la función que realicen y aplicaciones de juegos, productividad, multimedia, utilidades y bienestar.

La clasificación referida al entorno de ejecución se especifica que las aplicaciones pueden dividirse entre:

- **Aplicaciones web.** - Se desarrollan por lenguajes de programación como HTML, Javascript y CSS, se ejecutan dentro del propio navegador web del dispositivo a través de una URL y funcionando solo con una conexión a internet. No pueden estar visibles en las tiendas de aplicaciones por lo que no necesitan ser instaladas.
- **Aplicaciones nativas.** – Se desarrolla específicamente para un sistema operativo. Mediante un Software Development Kit o SDK para cada una de las plataformas; Android, iOS o Windows Phone, los cuales tienen un sistema diferente, por tanto, es necesario conocimientos de desarrollo informático especializados para crearlas. La descarga e instalación de estas aplicaciones se realiza a través de tiendas de aplicaciones (App Store, Play Store). Una de las ventajas con respecto a los otros dos tipos es que es posible acceder a todas las características del hardware del dispositivo como: cámara, GPS, agenda, dispositivos de almacenamiento y otras muchas [2].
- **Aplicaciones híbridas.** -Son un intermedio de las web y nativas, buscando aprovechar lo mejor de ambas. Se desarrollan con lenguajes propios de las aplicaciones Web

(HTML, Javascript y CSS). Conllevan la posibilidad de acceder a parte de las características y elementos del hardware del dispositivo y además de distribuirlas en las tiendas de aplicaciones.

La tercera clasificación es teniendo en cuenta los beneficios monetarios obtenidos [2]. En este caso se puede dividir las aplicaciones en:

- Aplicaciones de pago.
- Aplicaciones gratuitas.
- Aplicaciones gratuitas con anuncios.
- Aplicaciones gratuitas más pago por contenidos adicionales.

2.2 Realidad Aumentada.

El termino; Realidad Aumentada no es reciente, ya en 1950 se bosquejaba la idea de algo que pudiera acompañar a todos los sentidos, integrando al espectador con la actividad en la pantalla. En 1992 Tom Caudell [3] introdujo por primera vez como concepto la realidad aumentada:

“La realidad aumentada es la inclusión, en tiempo real, de elementos virtuales dentro del universo físico”.

Buscando un concepto más técnico, se toma la definición de Ronald Azuma que define que la Realidad Aumentada es un entorno que incluye elementos de Realidad Virtual y elementos del mundo real [4].

La realidad aumentada (RA) ha generado interés en los usuarios porque permite brindar nuevas y mejores experiencias, mediante un nuevo entorno de aprendizaje que consiste en la superposición de los objetos digitales virtuales 2D y 3D al entorno real mediante el uso de un dispositivo móvil [5].

2.3 Unity

Es un motor de desarrollo de videojuego multiplataforma que fue desarrollado por la empresa Unity Technologies. Su primera versión fue lanzada en el año 2005 en la Conferencia Mundial de Desarrolladores de Apple. Inicialmente estaba construido exclusivamente para funcionar y generar proyectos en los equipos Mac y en la actualidad está disponible para Windows, Mac OS, Linux [6].

2.4 Tecnología ARCore

ARCore es un SDK o kit de desarrollo de software creado por Google que permite desarrollar aplicaciones de realidad aumentada más inmersivas. Esta herramienta de RA está diseñada para dispositivos Android con sensores integrados en el dispositivo y hacer que la RA sea más accesible y generalizada [7].

Google [8] ha identificado varias áreas a abordar y en si menciona los atributos que posee en cada una de estas áreas que permiten generar experiencias de usuario inmersivas y realistas:

2.4.1 Atributos de ARCore

2.4.1.1 Rastreo de movimiento

El rastreo de movimiento que realiza un usuario y su posición en el espacio 2D y 3D es fundamental para cualquier aplicación de realidad aumentada. ARCore permite rastrear los movimientos y cambios de posición identificando y rastreando puntos de características visuales desde la imagen de la cámara del dispositivo móvil. [8]

2.4.1.2 Comprensión ambiental

Para lograr una inmersión exitosa dentro de la aplicación de RA esta debe comprender el entorno que le rodea. ARCore usa la identificación de características para rastrear el movimiento de un usuario usando un mallado que permite identificar objetos físicos o superficies en la realidad de los usuarios. [8]

2.4.1.3 Comprensión profunda

Una de las ventajas de ARCore es que puede crear mapas de profundidad, esto quiere decir, imágenes con datos sobre la distancia entre las superficies de un punto dado, con la cámara principal RGB de un dispositivo. [8]

2.4.1.4 Estimación de luz

ARCore estima la luz en una escena y usar esta información de la iluminación para iluminar y sombrear objetos virtuales dentro de la aplicación. [8]

2.4.1.5 La interacción del usuario

Permite a los usuarios seleccionar o interactuar con objetos en el entorno. ARCore utiliza la prueba de impacto para tomar una coordenada (x, y) correspondiente a la pantalla del teléfono y proyecta un rayo en la vista del mundo de la cámara. [8]

2.4.1.6 Puntos orientados

Gracias a los puntos orientados se puede colocar objetos virtuales 3D en superficies, ángulos y posiciones más precisas [8].

2.4.1.7 Imágenes aumentadas

ARCore tiene la facultad de generar aplicaciones de realidad aumentada que responden a imágenes 2D, como por ejemplo; empaques de productos, carteles de películas o fotografías, también permite rastrear imágenes en movimiento. [8]

2.4.1.8 Intercambio

ARCore Cloud Anchor API permite a los usuarios interactuar simultáneamente en una misma aplicación mediante aplicaciones colaborativas o multijugador. [8]

2.4.2 Dispositivos soportados

Según la documentación de ARCore [9], esta tecnología está diseñado para que funcione en una amplia variedad de teléfonos Android calificados que ejecutan como mínimo Android 7.0 (Nougat) y versiones posteriores, por lo cual se encargan de certificar cada dispositivo, verificando la calidad de la cámara, los sensores de movimiento, la arquitectura de diseño y una CPU lo suficientemente potente que se integre con el diseño del hardware para garantizar un buen rendimiento y una buena experiencia con la aplicación de RA.

2.5 AR Foundation

Es un conjunto de variables, objetos y funciones que cumplen una determinada función (framework) diseñado específicamente para el desarrollo de experiencias de realidad aumentada multiplataforma dentro de Unity [10]. No implementa ninguna característica de Realidad Aumentada en sí, sino que define una API multiplataforma que permite trabajar con una funcionalidad común para varias plataformas que soportan algunas funciones específicas, como se muestra en la **Figura 1**.

Para usar AR Foundation se necesita de paquetes separados para las plataformas de destino oficialmente admitidas por Unity, estas son:

- Complemento ARCore XR en Android
- Complemento ARKit XR en iOS
- Complemento Magic Leap XR en Magic Leap
- Complemento de Windows XR en HoloLens

	ARCore	ARKit	Magic Leap	HoloLens
Device tracking	✓	✓	✓	✓
Plane tracking	✓	✓	✓	
Point clouds	✓	✓		
Anchors	✓	✓	✓	✓
Light estimation	✓	✓		
Environment probes	✓	✓		
Face tracking	✓	✓		
2D Image tracking	✓	✓	✓	
3D Object tracking		✓		
Meshing		✓	✓	✓
2D & 3D body tracking		✓		
Collaborative participants		✓		
Human segmentation		✓		
Raycast	✓	✓	✓	
Pass-through video	✓	✓		
Session management	✓	✓	✓	✓
Occlusion	✓	✓		

Figura 1: Soporte de funciones AR Foundation por plataforma [6]

2.6 Usabilidad

La norma ISO/IEC 25010 [11] define a la usabilidad de un software como la capacidad de este para ser entendido, aprendido y usado cuando este sea usado bajo determinadas condiciones, además de que este resulte atractivo para el usuario.

A continuación, se detalla las características utilizadas para medir la usabilidad de un software:

- **Inteligibilidad:** Es la capacidad que tiene el software que permite al usuario entender si el software es adecuado para sus necesidades.
- **Aprendizaje:** Capacidad que tiene el software que permite al usuario aprender su aplicación.
- **Operabilidad:** Capacidad que tiene el software que permite al usuario operarlo y controlarlo con facilidad.
- **Protección frente a errores de usuario:** Capacidad que tiene el software para proteger a los usuarios de hacer errores.
- **Estética de la interfaz de usuario.** Capacidad de la interfaz de agradar y satisfacer la interacción con el usuario.
- **Accesibilidad.** Capacidad que tiene el software que permite que sea utilizado por usuarios con determinadas características y discapacidades.

2.6.1 Métodos de evaluación de la usabilidad

Para la evaluación de la usabilidad Muños [12] plantea agrupar a los métodos en tres grandes grupos que son: métodos de inspección, métodos de indagación y métodos empíricos. La elección de uno de estos depende de cómo y en qué momento se los incorporan dentro del ciclo del desarrollo del software. Además el tamaño de la muestra de usuarios para evaluar la usabilidad dependerá de los objetivos de evaluación, del contexto en el cual se está utilizando y del tipo de usuario. No existe una regla que precise el número mínimo de usuarios o participantes para considerar una evaluación [12].

2.6.1.1 Métodos de inspección

Estos tipos de métodos incorporan a un experto y/o evaluadores que examinen la usabilidad, teniendo en cuenta el conocimiento y la experiencia de estos, de esta manera permitiendo encontrar problemas de usabilidad en fases tempranas del desarrollo, incluso antes de construir un prototipo [12]. Dentro de los métodos de inspección se tienen los siguientes:

- Evaluación heurística.
- Recorrido cognitivo.
- Recorrido pluralista.

2.6.1.2 Métodos de indagación

Estos métodos también llamados métodos contextuales permiten generar ideas del diseño de software, por lo cual son aplicados en etapas tempranas del desarrollo, de tal forma que se puedan recoger requerimientos de usuario, del producto y de la información de usabilidad sobre el software que se desea desarrollar. El procedimiento de estos métodos consiste en dialogar con los usuario y observarlos mientras interactúan con el software, mientras paralelamente se realizan preguntas verbales o escritas para obtener la información necesaria para la evaluación. Dentro de estos métodos se definen:

- Indagación contextual
- Indagación por grupos
- Indagación individual

2.6.1.3 Métodos empíricos

Estos métodos se pueden aplicar en la etapa de diseño del software o a su vez cuando ya se haya realizado alguna versión del software. El objetivo es recoger información para poder mejorar la usabilidad del producto lo cual se solicita a un usuario o a un grupo de usuarios que

interactúen con el software en funcionamiento con el objetivo de recoger información y así ir mejorando la usabilidad del software.

Las técnicas que se aplican comúnmente son:

- **Evaluaciones observacionales:** Consiste en visitar a los usuarios mientras realizan su trabajo utilizando el software con normalidad y tomar notas.
- **Evaluaciones experimentales:** Consiste en que los desarrolladores como los usuarios estén en contacto para probar aspectos específicos del software, en el cual se requiere de una hipótesis de evaluación de usabilidad que al final deberá ser corroborada, además de un diseño experimental.
- **Evaluaciones de desempeño:** Consiste en incorporar tareas ya predefinidas para ser ejecutadas por los usuario en ambientes controlados. Con los resultados se permite certificar que el software satisface o no los objetivos de usabilidad propuestos inicialmente.

2.7 Norma ISO /IEC 25010

La norma ISO/IEC 25000 constituye una serie de normas basadas en ISO/IEC 9126 y en ISO/IEC 14598 que proporciona una guía para el uso de nuevos estándares con el objetivo principal de guiar el desarrollo de los productos software mediante la especificación de requisitos y evaluación de características de calidad [11]. En este modelo se definen algunos criterios de calidad que se deben tener en cuenta al momento de evaluar las propiedades de un determinado software.

2.7.1 ISO/IEC 2501n – División de Modelo de Calidad

En esta división las normas presentan modelos de calidad con criterios para evaluar la calidad interna, externa y en uso del producto software. En el cual la ISO/IEC 25010 describe el modelo de calidad para software y la calidad en uso de este [11]. Actualmente esta división se encuentra formada por ocho características de calidad detallada en la **Figura 2**:



Figura 2: Modelo de calidad definida por la ISO/IEC 25010 [11].

2.8 Museo

Según los estatutos del Consejo Internacional de Museos [13], la definición de museo vigente y que fueron aprobados en el 2007 sigue siendo la siguiente:

“Un museo es una institución sin fines lucrativos, permanente, al servicio de la sociedad y de su desarrollo, abierta al público, que adquiere, conserva, investiga, comunica y expone el patrimonio material e inmaterial de la humanidad y su medio ambiente con fines de educación, estudio y recreo”. [13]

De esta definición se puede entender la función que tiene un museo en la sociedad, por el cual se lo debe tomar importancia porque salvaguarda información para las generaciones futuras, pues si no existieran los museos no se podría conocer los orígenes y proceso de nuestros antepasados.

2.9 Casa Museo de Riobamba

La Casa Museo de la Ciudad de Riobamba, construida en los años 1900, es un espacio cultural destinado a la exposición de muestras temporales y permanentes de fotografía, pintura, escultura y arte contemporáneo [14] [15].

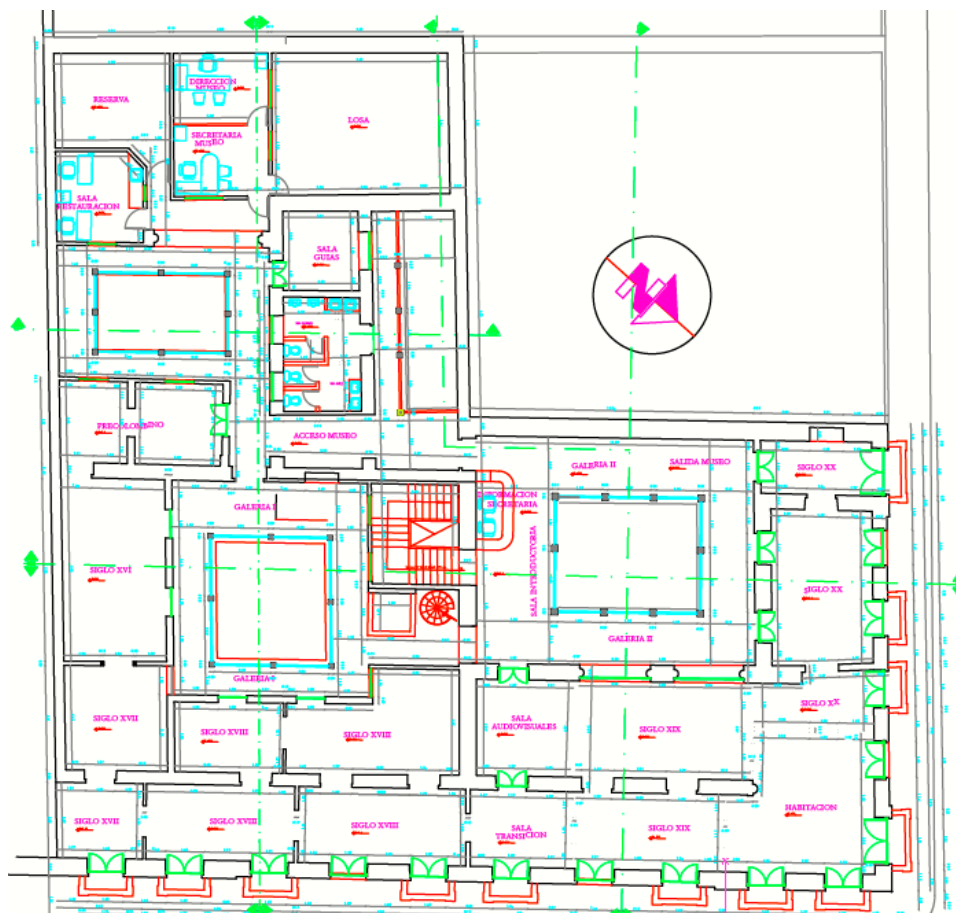


Figura 3: Croquis de las salas de exposición permanente de la Casa Museo.

Según Castillo [16], coordinadora del museo la Casa Museo está constituida por 8 salas de exposición permanente, precisamente para contar la historia de la ciudad de Riobamba en un recorrido cronológico; iniciando desde la cultura Puruhá y finalizando en un exposición fotográfica del siglo XX de la ciudad. Además cuenta con dos salones de exposición temporal de arte plástico y arte contemporáneo, tanto de artistas nacionales como internacionales. También existe una sala de exposición permanente sobre el “Pase del Niño”, que es un Patrimonio Cultural Inmaterial de Riobamba. En la **Figura 3** se muestra un croquis de cómo está constituida las ocho salas de exposición permanente.

2.9.1 Visitantes de la Casa Museo

Conforme a la información estadística facilitada por la coordinadora del museo [16], se puede distinguir el número de usuarios que visitaron la Casa Museo durante el primer semestre del año 2020, siendo un total de 1264. Además se puede apreciar una tendencia en el incremento de visitantes por cada mes; teniendo en el mes de julio un 13% más respecto a enero que tiene un 10% del total de visitantes.

Tabla 1: Estadísticas de visitas en el primer semestre del 2021 [14]

MESES	SERVICIO DE GIANZA	AUTOGUIADO	TOTAL	SERVICIO DE GUIANZA	AUTOGIADO	TOTAL
ENERO	36	96	132	27%	73%	10%
FEBREO	54	114	168	32%	68%	13%
MARZO	70	130	200	35%	65%	16%
ABRIL	84	144	228	37%	63%	18%
MAYO	90	150	240	38%	63%	19%
JUNIO	118	178	296	40%	60%	23%
TOTAL			1264	35%	65%	100%

2.10 Uso de la RA en los Museos

Según Ruiz Torres [17] la Realidad Aumentada permite acceder al conocimiento mediante una nueva óptica, y actualmente se la considera como una herramienta capaz de exponer al visitante de los museos contenidos e información de una forma atractiva y didáctica. Además convirtiendo al usuario en protagonista de la interacción con la aplicación y el entorno, no solamente como un observador pasivo. Todo esto permite ofrecer una visión más completa de la información de lo que se exhibe en las salas de los museos, a su vez generando nuevas interpretaciones que ayuden a comprender mejor los objetos expuestos, fortaleciendo la experiencia que se puede obtener en este tipo de espacios.

2.11 Metodología AODDEI

Esta metodología está enfocada para el desarrollo de objetos de aprendizaje que fue planteada por Muñoz en el año 2006 [18]. La metodología está integrada por 5 fases principales y en cada una de estas existen pasos y actividades específicas, las cuales se detalla en la **Tabla 1**.

Tabla 2: Fases de la metodología AODDEI [18]

Ítem	Fases	Descripción
1	Análisis y Obtención	<ul style="list-style-type: none">• Análisis de necesidades• Obtención de materiales y contenidos• Digitalización de materiales
2	Diseño	Estructuración del Objeto de Aprendizaje (objetivos, contenido, actividades y metadatos).
3	Desarrollo	Desarrollo y almacenamiento del Objeto de Aprendizaje en un repositorio temporal.
4	Evaluación	Evaluación por parte de expertos y el almacenamiento en un repositorio permanente.
5	Implantación	Integración del Objeto de Aprendizaje

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 Metodología

La metodología de esta investigación tiene un enfoque cualitativo mediante el cual se evalúan los criterios de usabilidad de la aplicación móvil aplicando la norma ISO 25010.

3.2. Tipo y diseño de la investigación

3.2.1 Según la fuente de investigación

Es una investigación bibliográfica porque se realizó una búsqueda de información, accediendo a revistas, libros, base de datos científicas, tesis, entre otras fuentes referentes al tema de investigación, permitiendo comprender conceptos relacionados a las realidad aumentada y las herramientas a utilizarse, permitiendo tener una visión más amplia del tema.

3.2.2 Según el objeto de estudio

Es una investigación de campo ya que se realizó un proceso de recolección y análisis de los requerimientos, además de un levantamiento de información sobre los diferentes elementos y piezas en el museo.

Es una investigación descriptiva porque se analiza las entrevistas, encuestas y fichas de observación, las cuales ayudan a demostrar si el resultado del proyecto es aceptable para implementarlo dentro de la Casa Museo.

Es una investigación de tipo aplicada, porque se beneficia al sector social que visita la Casa Museo de la ciudad de Riobamba donde será implementada la aplicación para mejorar de los procesos de difusión y exposición.

3.2.3 Según el tipo de variable

Es una investigación cualitativa porque se analiza la percepción y valoración de los usuarios hacia la aplicación de este tipo de tecnologías inmersivas de realidad aumentada y su incidencia en la mejora de la difusión de la información dentro de los museos, específicamente en la Casa Museo.

3.3 Unidad de Análisis

La unidad de análisis fueron los usuarios de la Casa Museo que visitaron el museo durante el tiempo que se llevó a cabo este trabajo de investigación.

3.4 Población y muestra

Según Castillo [16] el número de visitantes de la casa museo en el primer semestre del año 2021 fueron 1264 personas, con un promedio de 210 visitantes por mes, como se puede apreciar en

la **Figura 4**. En base a esto la población a considerar es el total de visitantes durante el primer semestre del año; que es 1264. El tamaño de la muestra se realizó a través de muestreo aleatorio simple, utilizando un margen de error de 10%, con un nivel de confianza de 90%, obteniendo un total de 65.

Además en el *Focus Group* han participado 6 personas entre delegados, estudiantes, docentes y visitantes del museo.

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas e instrumentos que se ha utilizado en la investigación para recopilar datos se detallan en la **Tabla 2**:

Tabla 3: Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

TÉCNICA	INSTRUMENTO
Entrevista	Guía de entrevista
Encuesta	Ficha de cuestionario
Focus Group	Perfil de usuario

3.5.1 Entrevistas

Con el objetivo de recolectar información sobre el museo y los requerimientos para la aplicación móvil se ha realizado una entrevista a los directivos de la Casa Museo, en el cual se ha usado un guion para cada una de las entrevistas, ver **anexo 2**.

3.5.2 Encuestas

Como sondeo inicial se ha planteado realizar un breve encuesta a cada visitante del museo con el objetivo de conocer sus criterios sobre la realidad aumentada y las expectativas sobre la implementación de una aplicación móvil en la Casa Museo. En el **anexo 3** se puede constatar el modelo de la encuesta usada, así como la misma aplicada a los usuarios visitantes.

3.5.3 Focus Group

Según Silva, Veloso y Keating [19] un *Focus Group* es un grupo de discusión que es usada como técnica para recabar información de un grupo de personas, sobre un determinado tema o evaluación de un producto, los cuales, compartirán sus diferentes puntos de vista que permita captar las reacciones que tendrá el usuario al momento de interactuar con el producto final.

En este caso participaron delegados de las diferentes direcciones del GADM Riobamba, entre los cuales están: un representante de la Dirección de Gestión de Tecnologías de la Información, un representante de la Dirección de Gestión Cultural Deportes y Recreación, dos docentes

expertos en el área informática de la Universidad Nacional de Chimborazo y dos visitantes de museo. En el **anexo 4** se puede evidenciar esta actividad que fue realizado en la Casa Museo.

3.6 Técnicas de análisis e interpretación de la información

Una vez obtenida la información de las entrevistas y encuestas se realizó un análisis para definir una orientación sobre el desarrollo de la aplicación móvil, teniendo en cuenta ciertos criterios para el correcto funcionamiento del mismo, en el que también se ha considerado algunas recomendaciones sobre la presentación de contenidos.

Como herramienta para la recolección de la información se ha utilizado Google Forms que es un software de administración de encuestas.

3.7 Desarrollo de la aplicación móvil de realidad aumentada

Para el desarrollo de la aplicación móvil se ha iniciado con la instalación y configuración de las herramientas software, las cuales se describen a continuación y se evidencian en la **Figura 4**: el motor de desarrollo Unity, SDK para realidad aumentada Arcore, complemento plugin multiplataforma ARFoundation para facilitar la integración de realidad aumentada y XR Interaction Toolkit complemento plugin para generar interacciones con los objetos virtuales.

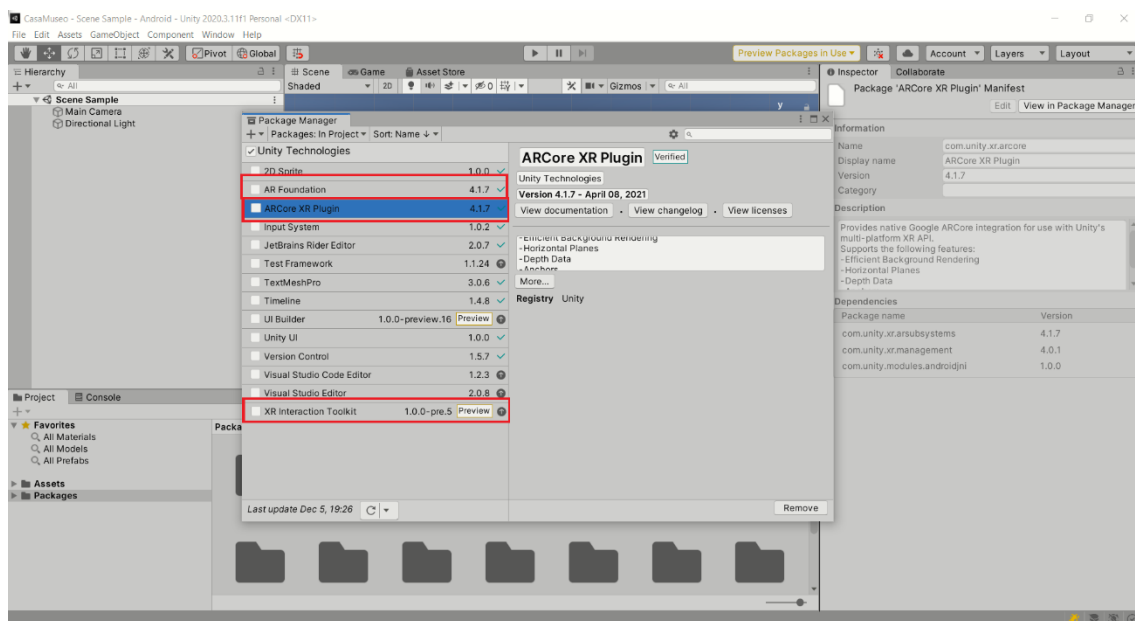


Figura 4: Instalación de herramientas

Se usó la metodología AODDEI para el desarrollo de la aplicación móvil, que está orientada para generar objetos de aprendizaje, la misma que está integrada por 5 fases y que a continuación se describen las actividades realizadas en cada una:

a) Análisis y Obtención de Información:

En esta fase se realizó el análisis de las necesidades mediante encuestas, entrevistas y reuniones con los directivos y coordinadores de la Casa Museo, en el cual manifestaron que actualmente no cuentan con una tecnología para ofrecer información dentro de las salas del museo [16], además establecieron ciertos requerimientos para el desarrollo. (ver **anexo 1 y 2**) También se facilitó los materiales y contenidos para incluirlos dentro de la aplicación móvil.

Vinculado a esto se aplicó una encuesta a los visitantes del museo para conocer los criterios y expectativas acerca de la implementación de una aplicación móvil con realidad aumentada en la Casa Museo de Riobamba.

De este modo, la población considerada fue de 1264, que es el total de visitantes durante el primer semestre del año 2021 y se ha procedido a realizar el cálculo de la muestra mediante un muestreo aleatorio simple, utilizando un margen de error de 10%, con un nivel de confianza de 90%, obteniendo un total de 65.

Debido a esto las encuestas se lo ha realizado durante un mes hasta completar la muestra definida anteriormente. A continuación, se presenta el resultado y análisis de cada una de las preguntas que fueron parte de la encuesta:

1.- Lugar de procedencia
65 respuestas

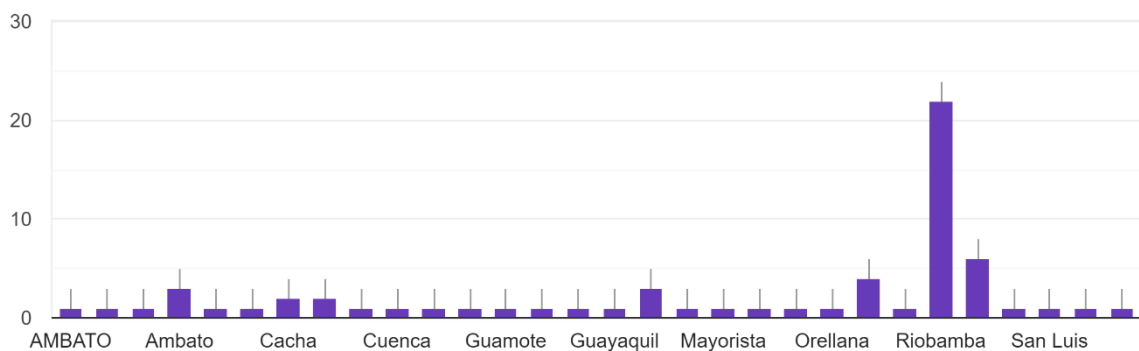


Figura 5: Lugar de procedencia del visitante

Análisis: En la **Figura 5** se observa que existe un alto porcentaje de visitantes locales, siendo un 44% de Riobamba y el resto de otras ciudades del país como: Ambato, Quito, Cuenca, Guamote, Guayaquil, Orellana, Napo entre otras.

2.- ¿Con que frecuencia visita la Casa Museo de Riobamba?

65 respuestas

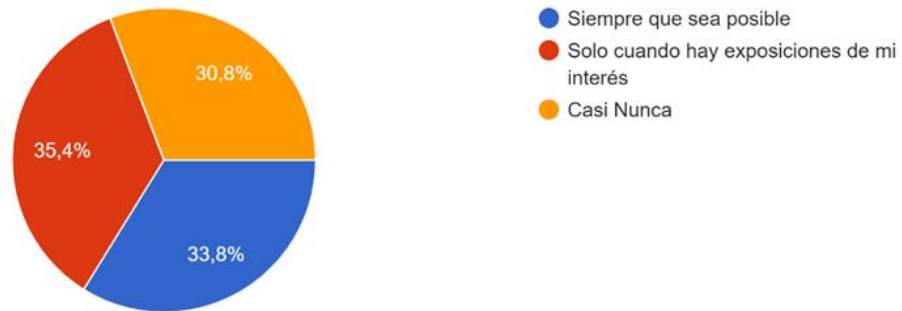


Figura 6: Frecuencia de visita

Análisis: En la **Figura 6** se observa que el 33,8% de visitantes concurre siempre que sea posible a la Casa Museo, mientras que un 35,4% solo asiste cuando hay exposiciones de su interés, además un 30,8% expresa que casi nunca visita el museo, mencionando al momento de la encuesta que es la primera vez que acuden a la Casa Museo de la ciudad.

3.- ¿Cuál cree que sea el motivo por lo que algunas personas no visitan los sitios turísticos (museos, iglesias, centro histórico)?

65 respuestas

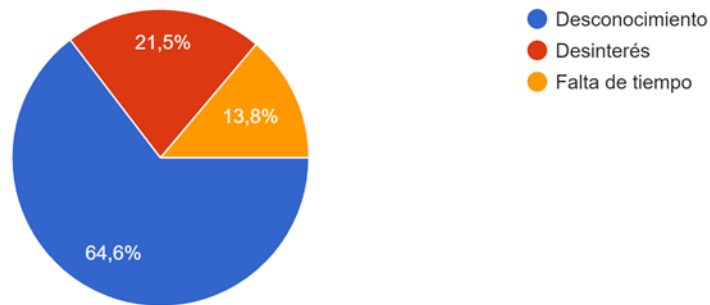


Figura 7: Motivo de porque no visitan los museos

Análisis: Con respecto al motivo de porque algunas personas no visitan los museos un 64,6% opina que es por desconocimiento, mientras que un 21,5% opina que es por desinterés y un 13,8% que es por falta de tiempo, como se puede observar en la **Figura 7**.

4.- Está familiarizado o conoce acerca de que es la realidad aumentada o realidad virtual?
65 respuestas

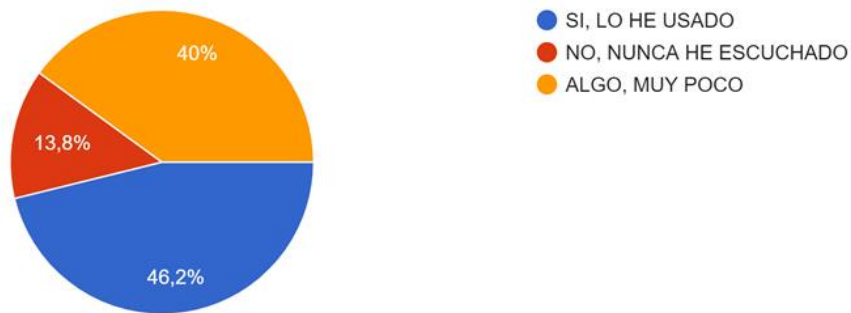


Figura 8: Conocimiento acerca de la Realidad Aumentada

Análisis: En la **Figura 8** se observa que el 46,2% está familiarizado y ha usado la realidad aumentada, mientras que un 40% está un poco familiarizado y apenas un 13,8% nunca ha usado ni escuchado sobre esta tecnología, interpretando que estas nuevas tecnologías están cada vez más presentes en la vida de las personas.

5.- ¿Considera que sería atractivo para el turismo cultural una aplicación móvil con el que se enfoque los objetos, piezas o cuadros y muestre información interactiva?
65 respuestas

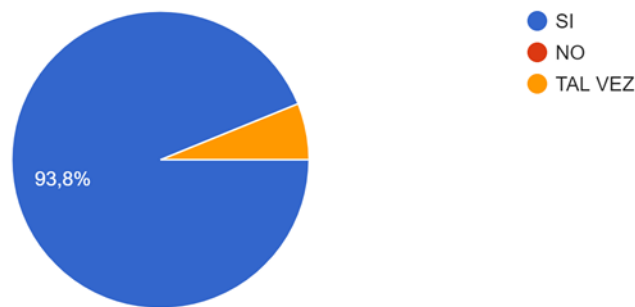


Figura 9: Interés sobre una aplicación que muestre información al enfocar piezas

Análisis: En la **Figura 9** se observa que el 93,8% de visitantes considera que una aplicación móvil con realidad aumentada sería atractivo para el turismo cultural, mientras que un 6,2% considera que tal vez resulte atractivo. Siendo esta una motivación para implementar esta propuesta de realidad aumentada en la Casa Museo.

6.- ¿Usaría (se descargaría) usted una aplicación móvil que le ayude con información y referencias dentro de la Casa Museo a través de la realidad aumentada?

65 respuestas

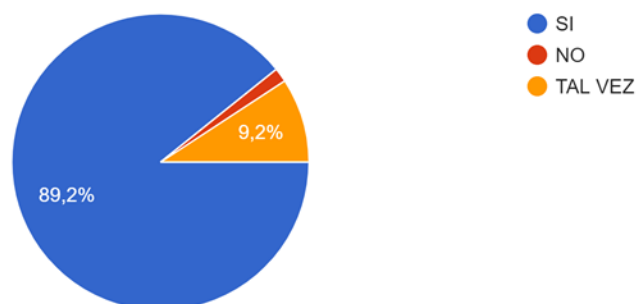


Figura 10: Expectativa de uso de una aplicación con realidad aumentada dentro de la Casa Museo

Análisis: En la **Figura 10** se puede observar que un 89,2% sí usaría la aplicación para que le ayude con información y referencias dentro del museo a través de la realidad aumentada, mientras que un 9,2% menciona que tal vez lo usaría y un 1,6% que no lo usaría.

Todos estos resultados de la encuesta han permitido comprender sobre el conocimiento que tienen los usuarios sobre la realidad aumentada, además de conocer la expectativa que tienen sobre la implementación de una aplicación con esta tecnología dentro de la Casa Museo de Riobamba. Es por esta razón se ha planteado; una interfaz atractiva, experiencias más inmersivas, contenidos interactivos e información sintetizada.

Posteriormente se ha procedido a la digitalización de los materiales y contenidos proporcionados en las reuniones, y a partir de los cuales se ha elaborado los textos escritos que van a mostrarse dentro de la aplicación, procurando una redacción clara y estructurada, con las que también se ha procedido a generar los audio guías.

b) Diseño:

En esta fase se ha realizado la estructuración del esquema sobre el flujo de navegación dentro de la aplicación móvil, en donde se especifica las diferentes pantallas de la interfaz de usuario y cómo cada una de estas interactúan entre sí, la cual se detalla en la **Figura 11**.

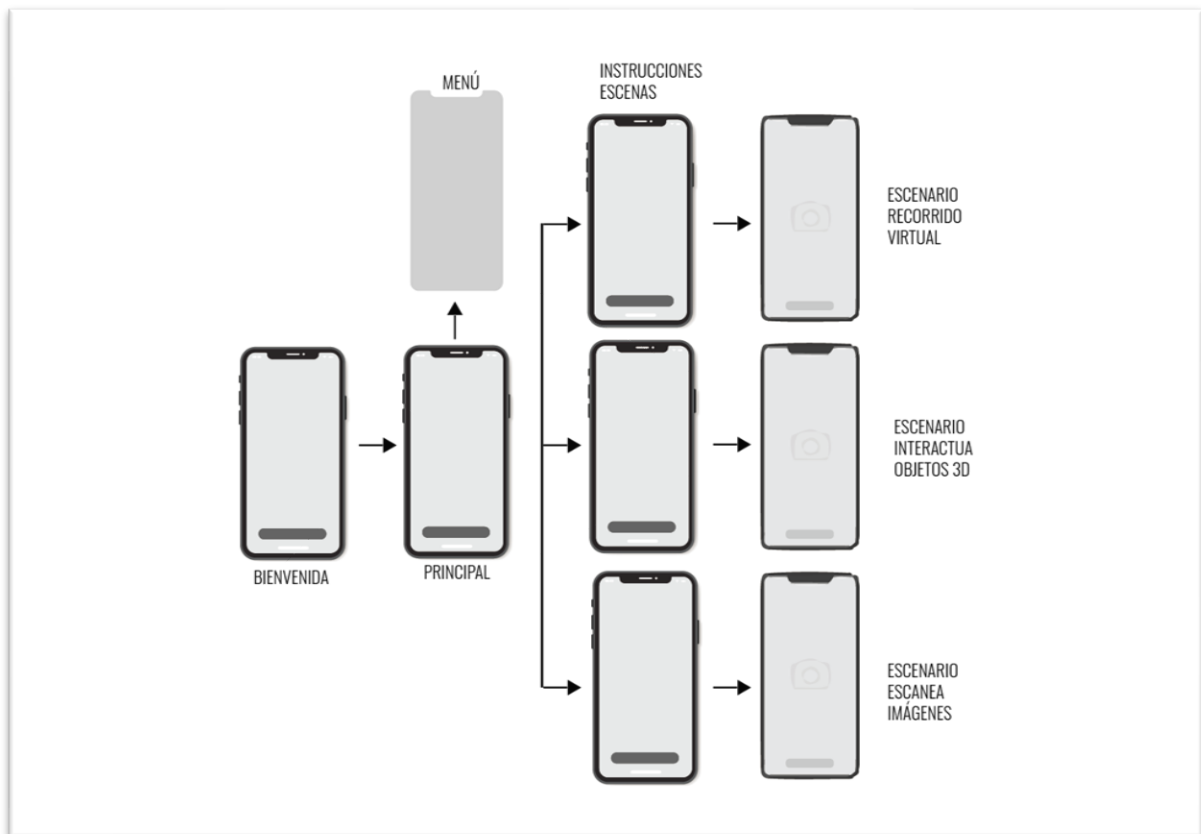


Figura 11: Esquema de la Aplicación Móvil

Dentro del diseño de la interfaz de usuario se ha procedido a elaborar los distintos iconos que se usaran dentro de la aplicación móvil para que sea más intuitivo la navegabilidad, como se puede observar en la **Figura 12**.

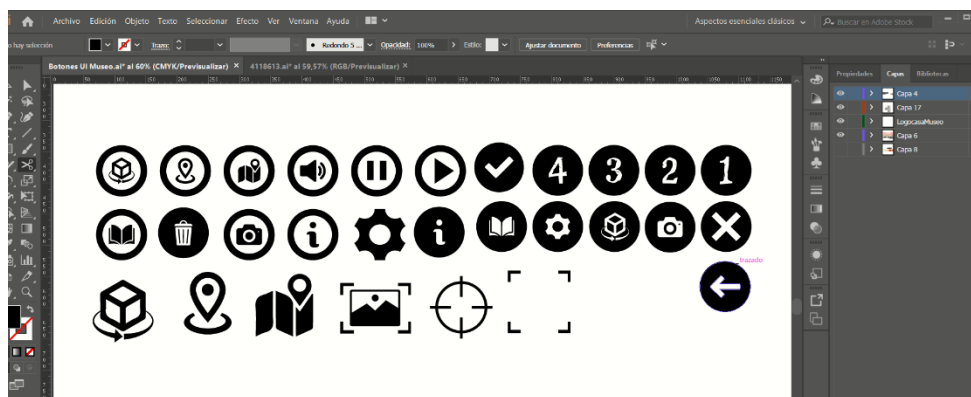


Figura 12: Diseño de iconos para la Aplicación Móvil

De igual manera utilizando la herramienta *SketchUp* se ha procedido a realizar el modelado 3D de varias vasijas representativas que se encuentran en la sala arqueológica Puruhá, como se muestra en las **Figuras 13, 14 y 15**.

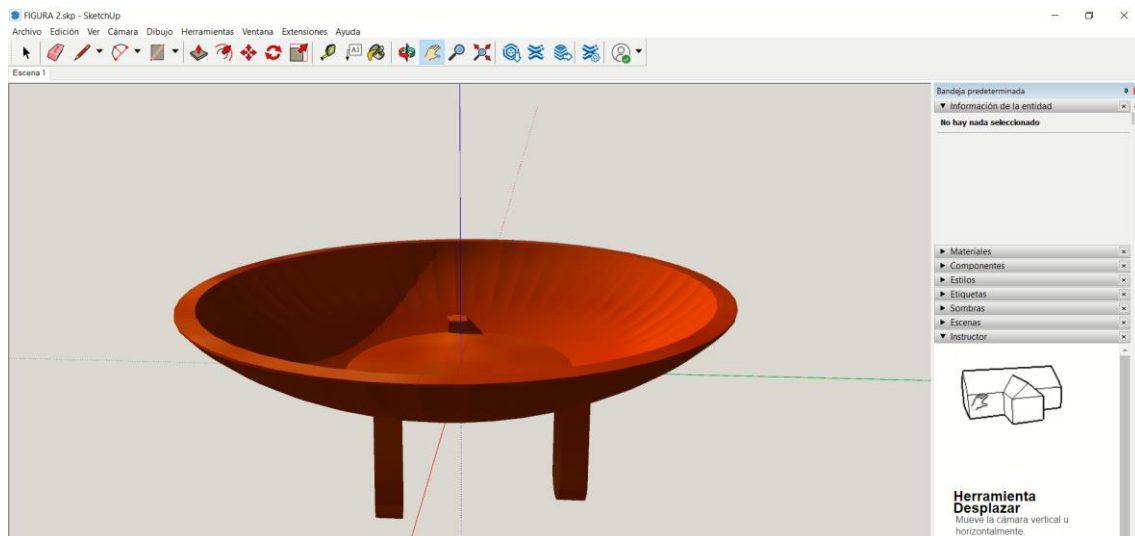


Figura 13: Modelado 3D del Cuenco de la Cultura Puruhá

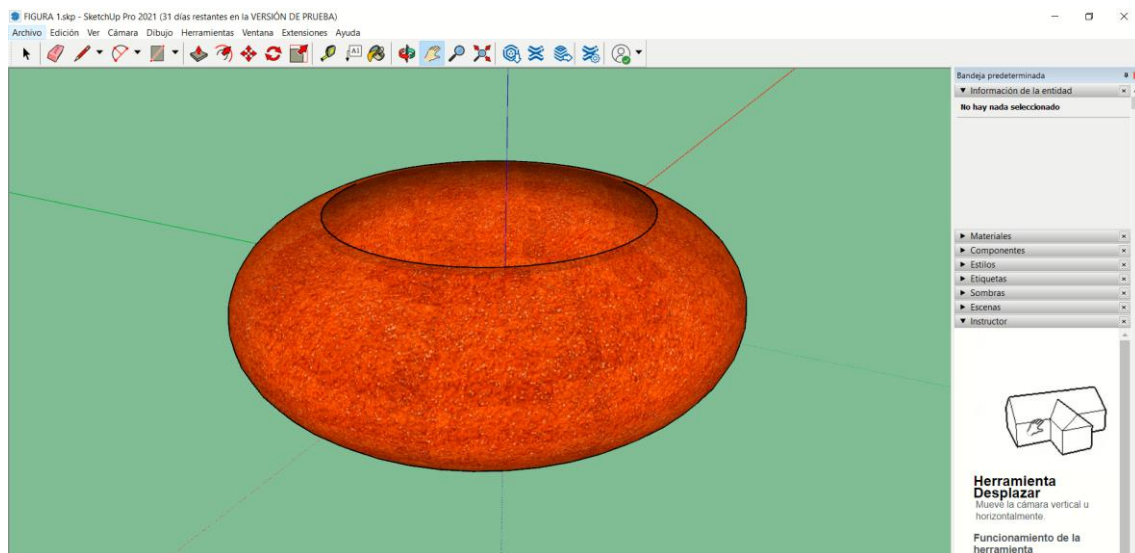


Figura 14: Modelado 3D de la Vasija de la Cultura Puruhá

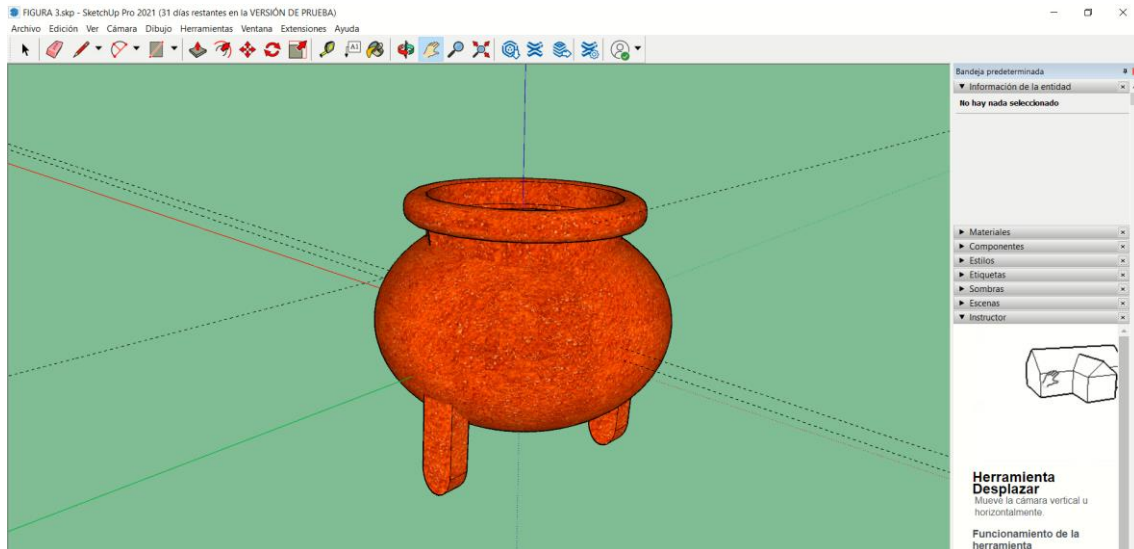


Figura 15: Modelo 3D de la Vasija de la Cultura Puruhá

c) Desarrollo:

Dentro de esta fase se ha procedido a estructurar la aplicación móvil en Unity, dividida en cuatro escenarios: el escenario de la interfaz gráfica de usuario, el escenario de RA para la Sala 1 sobre la cultura Puruhá y el escenario de RA para el rastreo de imágenes (sala 2 y 8) y finalmente un escenario de audio guías para las demás salas.

En el escenario de la interfaz gráfica de usuario se ha estructurado diferentes elementos como; títulos, textos descriptivos, imágenes, iconos y botones, que permitan un uso intuitivo, los mismo que han sido utilizados como se observa en la **Figura 16**.

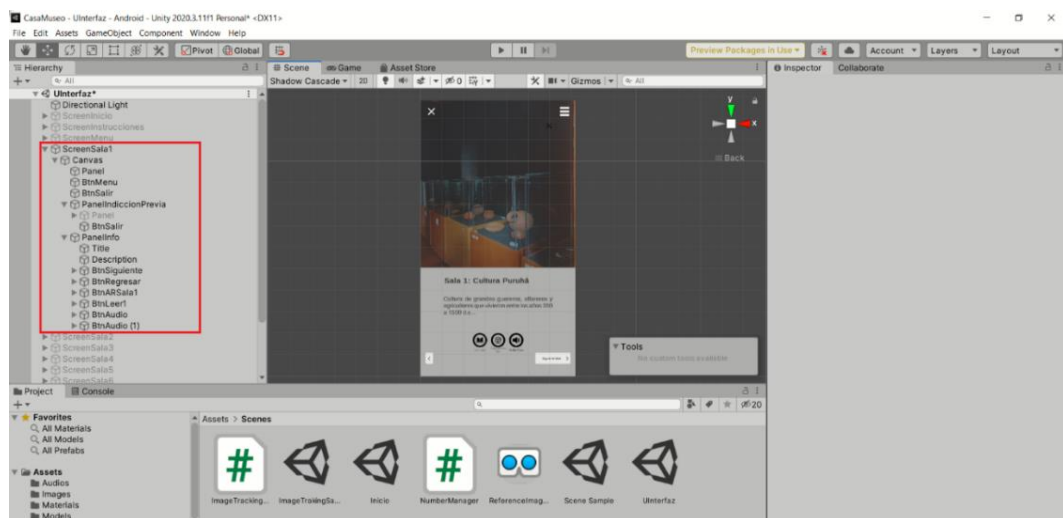


Figura 16: Diseño y desarrollo de la interfaz gráfica de usuario.

Para la sala 1, donde se exponen objetos arqueológicos de la Cultura Puruhá se ha generado un escenario virtual interactivo con modelos 3D de vasijas, las cuales pueden ser manipuladas por

el usuario. También se ha colocado botones que permitan reproducir los audio de cada una de las vitrinas, además de fotos y tarjetas informativas, como se muestra en la **Figura 17**.

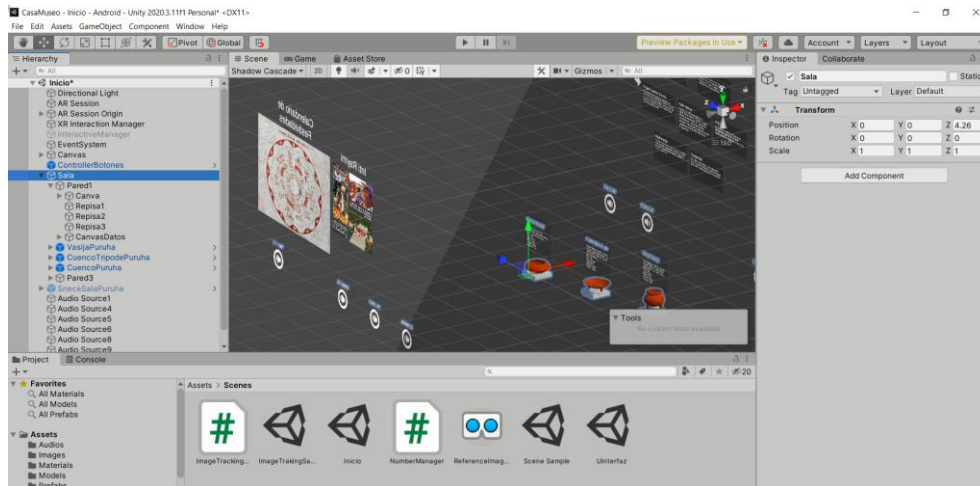


Figura 17: Estructuración de escena de RA de la sala 1

Dentro de este marco se ha implementado un rastreo de imágenes con el fin de mostrar información sobre alguna figura o imagen escaneada dentro del museo. Para lo cual se ha creado una librería de imágenes de referencia para ser detectadas, ver **Figura 18**.

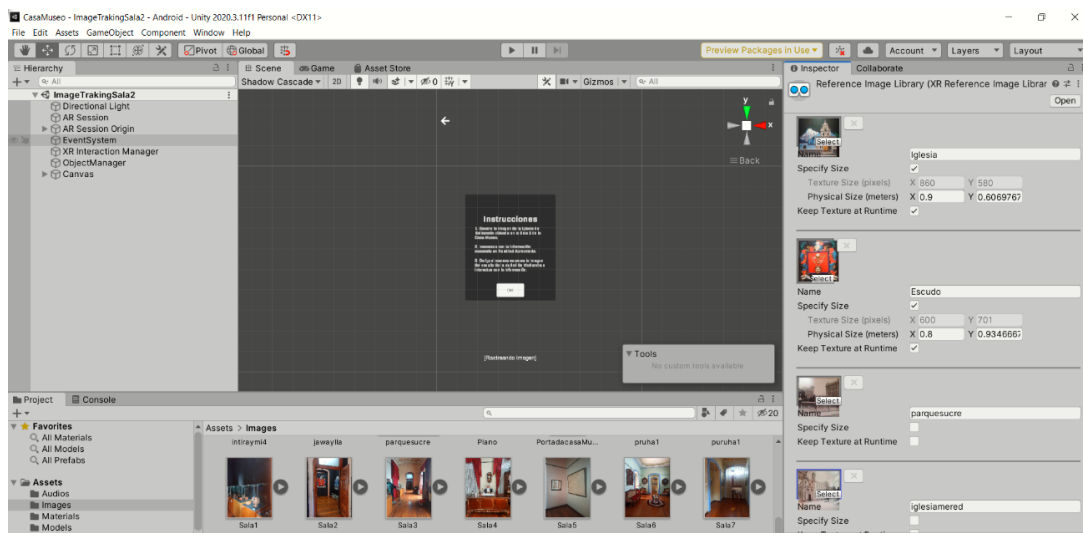


Figura 18: Librería de imágenes de referencia para ser rastreadas

d) Evaluación:

Una vez generado los escenarios, los elementos y la información se ha procedido a generar un apk o archivo ejecutable para instalar en los dispositivos y realizar una evaluación inicial de la aplicación móvil. Se ha coordinado con la encargada del museo en el cual se ha realizado varias observaciones, entre las cuales se menciona:

- Resumir la información de la sala 1 y sala 2.
- Agregar una sección adicional con información sobre la historia de la Casa Museo.

- Ajustar las dimensiones de la información cuando se detecta una imagen en el rastreo.

Retroalimentación

En base a las observaciones y recomendaciones realizadas se ha procedido a repetir nuevamente las fases del análisis, diseño y desarrollo de la aplicación. Para el caso de las dimensiones de la información mostradas cuando se detecta una imagen se corrige la escala, la posición y la rotación de esta, con el fin de garantizar una experiencia más inmersiva, como se muestra en la **Figura 19**.

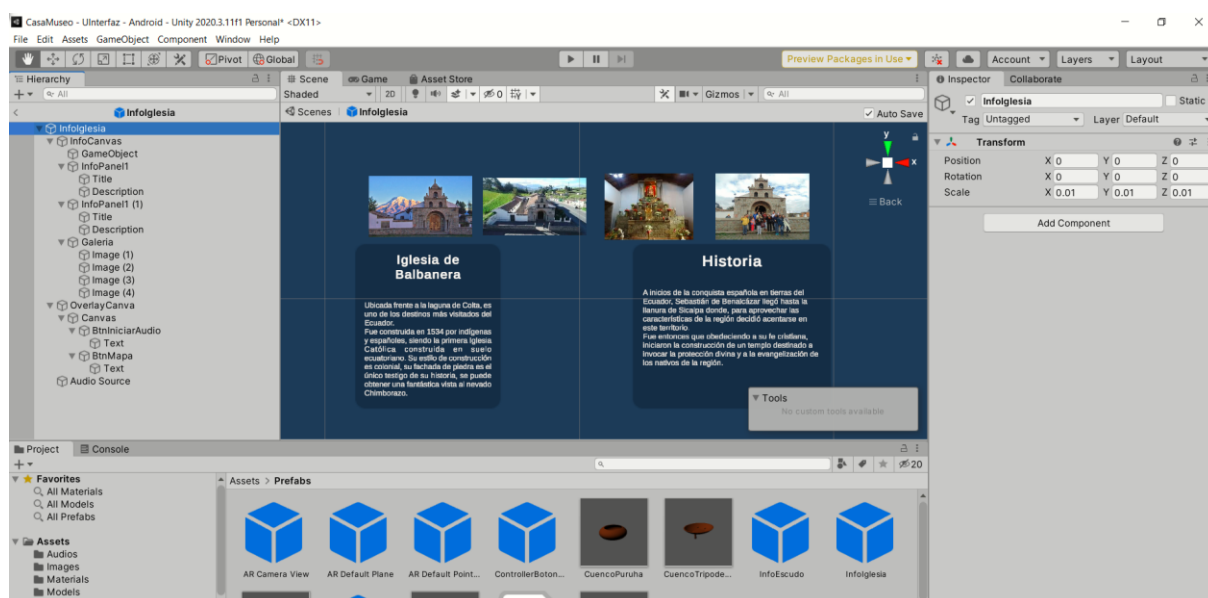


Figura 19: Prefab de información de la Iglesia de Balbanera.

Una vez corregida las observaciones en la evaluación inicial se ha generada nuevamente el ejecutable y se ha procedido a realizar una revisión mediante un *Focus Group* con varios participantes dentro de la Casa Museo, como se puede evidenciar en el **anexo 4** y **anexo 5**.

e) Implantación:

Con el objetivo de que la aplicación esté disponible para todos los visitantes del museo, se ha planteado subirlo a una tienda de aplicaciones, específicamente a *Play Store* para dispositivos Android.

Para cargar la aplicación a la tienda es necesario cumplir varios requerimientos y pasos resumidos a continuación y que puede ser revisada a detalle en el **anexo 6**:

- Crear una *KeyStore* (clave para la tienda) que es única para cada aplicación existente.
- Configurar para que sea compatible con dispositivos de arquitectura ARMv7 y ARM64.
- Compilar el paquete de la aplicación (obligatorio desde el 2021).

- Crear una cuenta de desarrollador en *Google Play Store*.
- Crear una aplicación desde el panel principal y configurar la información en las fichas requeridas.
- Subir el App Bundle y enviar para la revisión, aprobación y publicación.
- Verificar la publicación en Play Store, en este caso se evidencia en la **Figura 20** la aplicación disponible en Play Store.

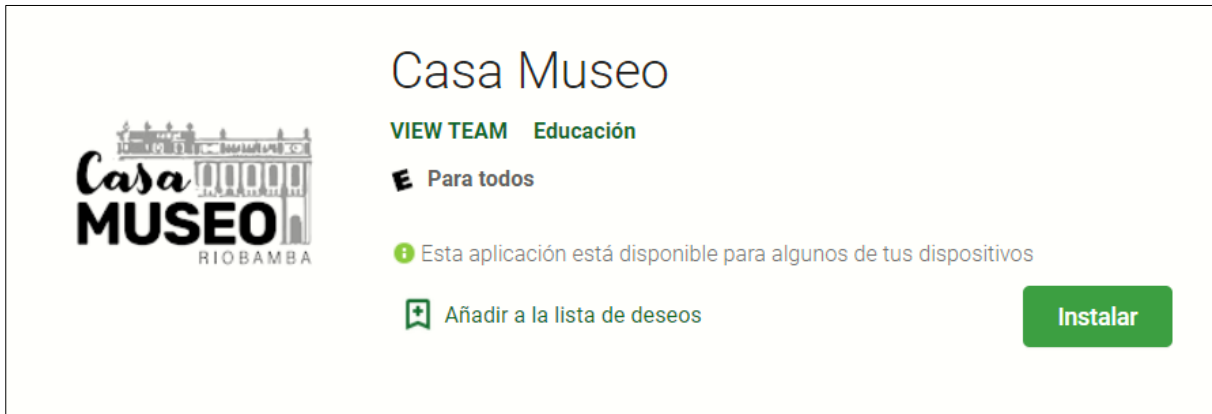


Figura 20: Aplicación disponible en Play Store para dispositivos Android [20]

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Aplicación móvil con Realidad Aumentada

Se diseñó y desarrolló la aplicación móvil con realidad aumentada utilizando la tecnología ARCore, en el cual se ha implementado objetos 3D que pueden ser manipulados por el usuario; ya sea rotando o escalando su tamaño, además de botones y contenido que al ser seleccionado de despliega información relevante sobre el tema de la sala en el que se encuentra. De igual manera se ha implementado una serie de audio guías para todo el recorrido dentro de las salas del Museo, permitiendo al usuario visitante la libertad de elegir la manera en que quiere realizar el recorrido usando la aplicación móvil.

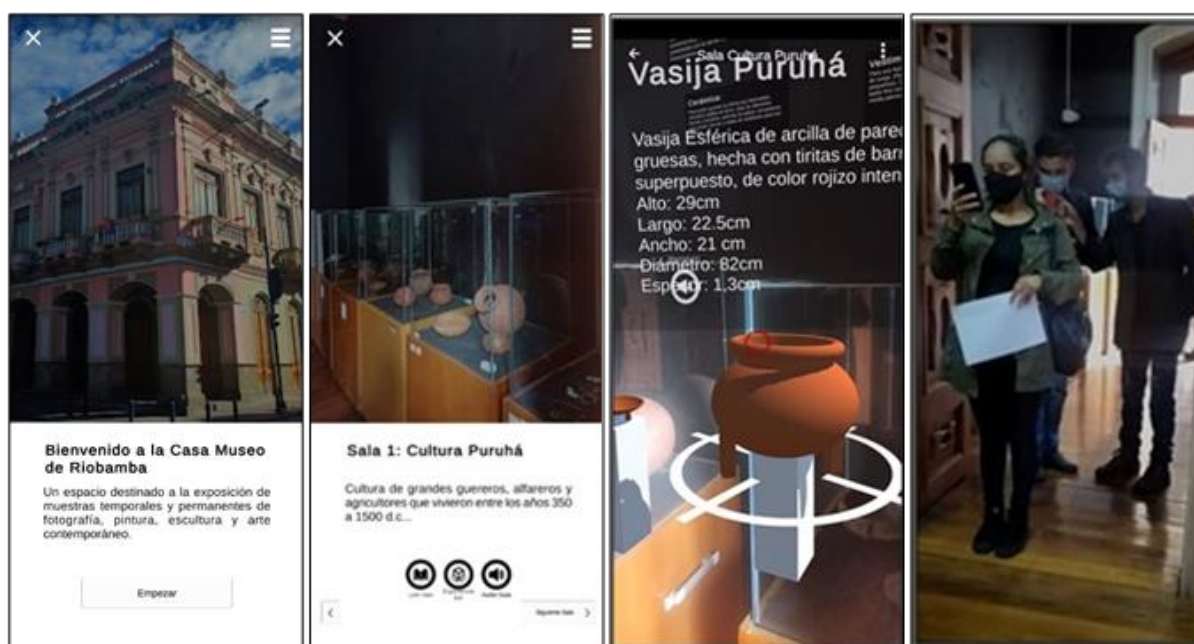


Figura 21: Imágenes de la aplicación móvil de RA en la casa Museo

4.2 Uso de la tecnología ARCore

Es necesario resaltar el uso de la tecnología ARCore en el desarrollo de la aplicación, la cual mediante una revisión bibliográfica se rescata algunas ventajas con otros SDK de vanguardia. Así pues se puede destacar que ARCore es una herramienta gratuita y multiplataforma, además está siendo desarrollada constantemente por Google con nuevas mejoras y nuevas características lo cual le convierte en una muy buena opción al momento de desarrollar experiencias de RA. En efecto, existe una tecnología llamada Vuforia [21] que ofrece la ventaja de combinar y aprovechar las características de ARKit [22] y ARCore [8] que también es multiplataforma, sin embargo es muy costosa la implementación cuando se trata de proyectos pequeños de bajo presupuesto.

En tal sentido se ha realizado una comparativa entre estas tres tecnologías; ARCORE, ARKIT y VUFORIA; tomando en cuenta varios criterios e indicadores: Tipo de licencia, plataforma de destino, plataforma de desarrollo, seguimiento o rastreo de imágenes, rastreo de movimiento, detección de planos y otras funcionalidades. En la **Figura 22** se puede apreciar los resultados de este análisis.

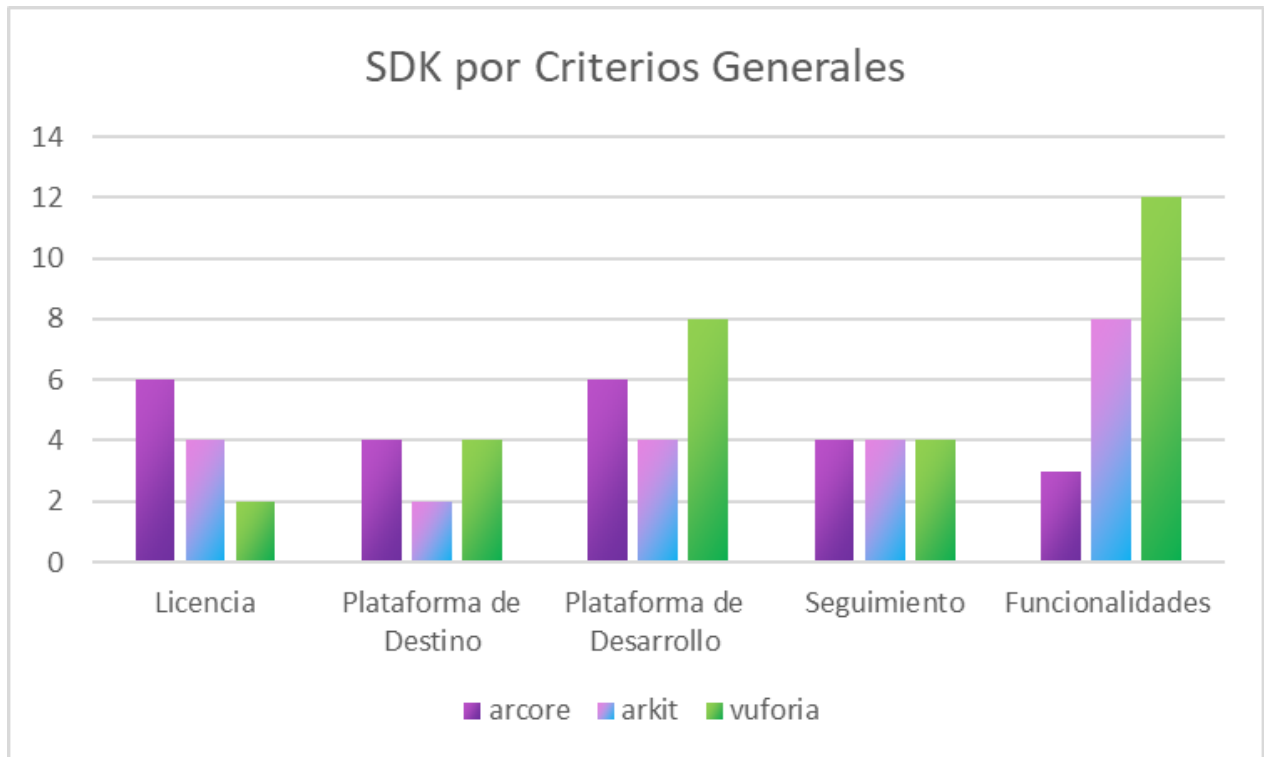


Figura 22: Comparativa SDK; ARCore, ARKit, Vuforia

En la **Tabla 3** se muestra una comparativa más detallada de estas tres tecnologías o herramientas para generar experiencias de realidad aumentada, la misma que se basa en la información oficial de ARKit [22], Arcore [9], y Vuforia [21], además de investigaciones [23] y libros [24] [25].

Tabla 4: Detalles de la comparación entre SDK de AR [8] [22] [21] [23]

Criterios		SDK Realidad Aumentada		
		ARCore	ARKit	Vuforia
Licencia	Código Abierto	Si	No	No
	Gratis	Si	Si	Si
	Comercial	Si	Si	Si
Plataforma de Destino	Android	Si	No	Si
	IOS	No	Si	No
	Windows	Si	No	Si

Plataforma de Desarrollo	Java	Si	No	Si
	Objectif C	No	Si	Si
	Unity	Si	Si	Si
	Unreal	Si	No	No
	C/C++	No	No	Si
	JavaScript	No	No	No
	Other	N/A	XCode	N/A
Seguimiento o Rastreo	Rastreo de Imágenes	Poco estable	Poco estable	Muy estable
	Rastreo de movimiento	Muy estable	Muy estable	Estable con fallas
	Detección planos	Estable con problemas de anclaje	Estable con problemas de anclaje	Estable en función de la orientación
Funcionalidades	Reconocimiento 2D	SI	Si	Si
	Reconocimiento 3D	No	Si	Si
	Reconocimiento en la Nube	No	No	Si
	Golpes en pantalla	Si	Si	Si
	Múltiples objetivos	No	Si	Si
	Seguimiento extendido	No	No	Si
	Sensor de GPS	Si	Si	No

4.3 Resultados de usabilidad de la aplicación móvil

Para medir la usabilidad de la aplicación móvil se aplicó un cuestionario de 28 preguntas clasificadas por varios criterios de usabilidad de acuerdo a la norma ISO/IEC25010; 4 preguntas relacionadas con la inteligibilidad, 4 preguntas enfocadas al criterio de aprendizaje, 5 preguntas relacionadas al criterio de operabilidad, 4 preguntas relacionado a la protección frente a los errores, 5 preguntas relacionadas con la estética y finalmente 6 preguntas relacionadas con la accesibilidad, donde se estableció escalas descriptivas de valoración siendo las siguientes:

- Cumple
- Cumple Parcialmente
- No Cumple.

4.3.1 Inteligibilidad

Pregunta 1: ¿La aplicación que está evaluando le permite cumplir con el objetivo de esta?

Tabla 5: Frecuencia de Inteligibilidad, pregunta 1

Pregunta 1			
VALORACION	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Percentage
CUMPLE	6	1,00	100%
CUMPLE PARCIALMENTE	0	0,00	0%
NO CUMPLE	0	0,00	0%
TOTAL	6	1,00	100%

Análisis: En la **Tabla 4** se observa que el 100% de la muestra indican que están de acuerdo con que la aplicación cumple con el objetivo de esta.

Pregunta 2: ¿Los objetivos de la aplicación son claros?

Tabla 6: Frecuencia de Inteligibilidad, pregunta 2

Pregunta 2			
VALORACION	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Percentage
CUMPLE	6	1,00	100%
CUMPLE PARCIALMENTE	0	0,00	0%
NO CUMPLE	0	0,00	0%
TOTAL	6	1,00	100%

Análisis: En la **Tabla 5** se observa que el 100% de la muestra indican que los objetivos de la aplicación son claros.

Pregunta 3: ¿La aplicación que está evaluando, le ofrece la información que usted necesita para realizar la acción deseada?

Tabla 7: Frecuencia de Inteligibilidad, pregunta 3

Pregunta 3			
VALORACION	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Percentage
CUMPLE	6	1,00	100%
CUMPLE PARCIALMENTE	0	0,00	0%
NO CUMPLE	0	0,00	0%
TOTAL	6	1,00	100%

Análisis: En la **Tabla 6** se observa que el 100% de la muestra indican que la aplicación les ofrece la información que necesitan para realizar la acción deseada.

Pregunta 4: ¿La aplicación que está evaluando, se adapta a las necesidades, en cuanto a los procesos que usted como usuario necesita?

Tabla 8: Frecuencia de Inteligibilidad, pregunta 4

Pregunta 4			
VALORACION	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Percentage
CUMPLE	6	1,00	100%
CUMPLE PARCIALMENTE	0	0,00	0%
NO CUMPLE	0	0,00	0%
TOTAL	6	1,00	100%

Análisis: En la **Tabla 7** se observa que el 100% de la muestra está de acuerdo con que la aplicación se adapta a las necesidades, en cuanto a los procesos que los usuarios necesitan.

Tabla 9: Resumen de frecuencia de Inteligibilidad de la Aplicación Móvil

PREGUNTAS CRITERIOS	1		2		3		4		Inteligibilidad	
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
NO CONTESTO	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
NO CUMPLE	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
CUMPLE PARCIALMENTE	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
SI CUMPLE	6	100%	6	100%	6	100%	6	100%	6	100%
TOTALES	6	100%	6	100%	6	100%	6	100%	6	100%

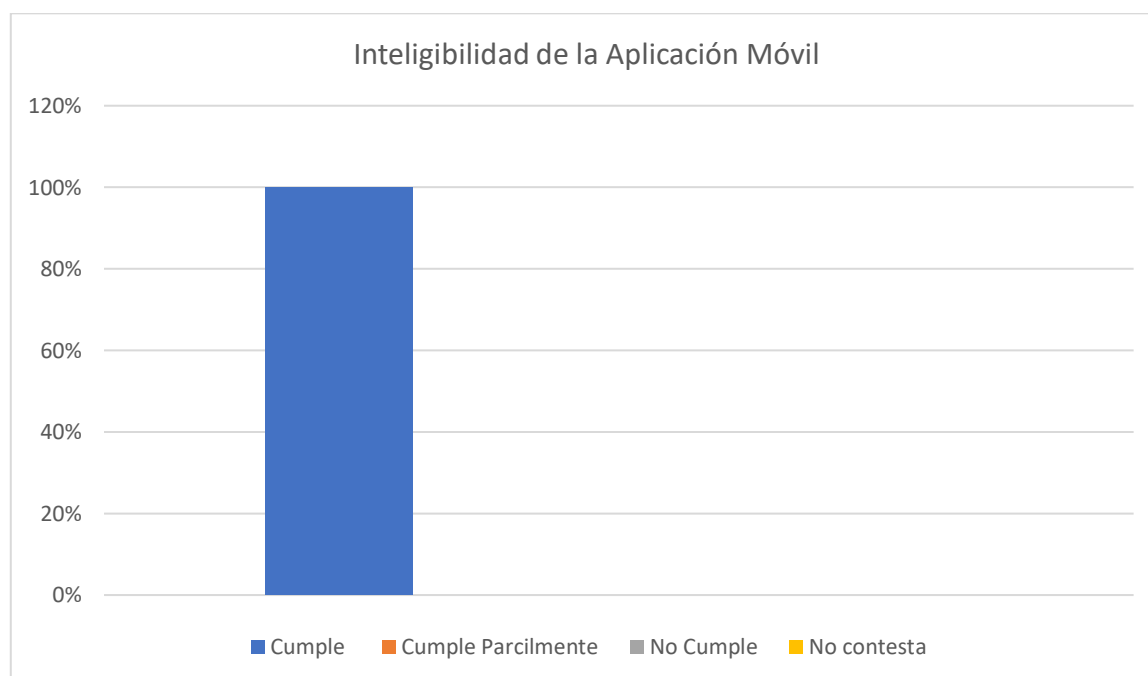


Figura 23: Inteligibilidad de la Aplicación Móvil

Análisis: En la **Figura 23** se observa que el 100% de los encuestados están totalmente de acuerdo que la aplicación móvil cumple con el criterio de inteligibilidad, ya que la aplicación permite entender si la misma es adecuada para las necesidades de los usuarios.

4.3.2 Aprendizaje

Pregunta 5: ¿La aplicación le ofrece ventanas y enlaces claros?

Tabla 10: Frecuencia de Aprendizaje, pregunta 5

Pregunta 5			
VALORACION	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Percentage
CUMPLE	6	1,00	100%
CUMPLE PARCIALMENTE	0	0,00	0%
NO CUMPLE	0	0,00	0%
TOTAL	6	1,00	100%

Análisis: En la **Tabla 9** se observa que el 100% de los evaluadores indican que la aplicación móvil ofrece ventanas y enlaces claros.

Pregunta 6: ¿La aplicación que usted está evaluando, es manejable y le ofrece las ayudas necesarias para entenderla?

Tabla 11: Frecuencia de Aprendizaje, pregunta 6

Pregunta 6			
VALORACION	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Percentage
CUMPLE	0	0,00	0%
CUMPLE PARCIALMENTE	5	0,83	83,3%
NO CUMPLE	1	0,16	16,7%
TOTAL	6	1,00	100%

Análisis: En la **Tabla 10** se observa que el 83,3% de los evaluadores indican que la aplicación cumple parcialmente con este parámetro y un 16,7% indica que no es manejable ni ofrece las ayudas necesarias para entender la aplicación.

Pregunta 7: ¿La aplicación obliga a memorizar datos, procesos o imágenes para utilizarla?

Tabla 12: Frecuencia de Aprendizaje, pregunta 7

Pregunta 7			
VALORACION	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Percentage
CUMPLE	3	0,50	50%
CUMPLE PARCIALMENTE	3	0,50	50%
NO CUMPLE	0	0,00	0%
TOTAL	6	1,00	100%

Análisis: En la **Tabla 11** se observa que el 50% de los evaluadores indican que la aplicación móvil cumple parcialmente con la memorización de datos, procesos o imágenes para utilizarla.

Pregunta 8: ¿Los botones e imágenes que le ofrece la aplicación son fácil de entender?

Tabla 13: Frecuencia de Aprendizaje, pregunta 8

Pregunta 8			
VALORACION	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Percentage
CUMPLE	6	1,00	100%
CUMPLE PARCIALMENTE	0	0,00	0%
NO CUMPLE	0	0,00	0%
TOTAL	6	1,00	100%

Análisis: En la **Tabla 12** se observa que el 100% de los evaluadores indican que los botones e imágenes que le ofrece la aplicación móvil son fácil de entender.

Tabla 14: Resumen de frecuencia de Aprendizaje de la Aplicación Móvil

PREGUNTAS CRITERIOS	5		6		7		8		Aprendizaje	
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
NO CONTESTO	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
NO CUMPLE	0	0%	1	16,7%	0	0%	0	0%	1	4,1%
CUMPLE PARCIALMENTE	0	0%	5	83,3%	3	50%	0	0%	8	33,3%
SI CUMPLE	6	100%	0	0%	3	50%	6	100%	15	62,6%
TOTALES	6	100%	6	100%	6	100%	6	100%	6	100%

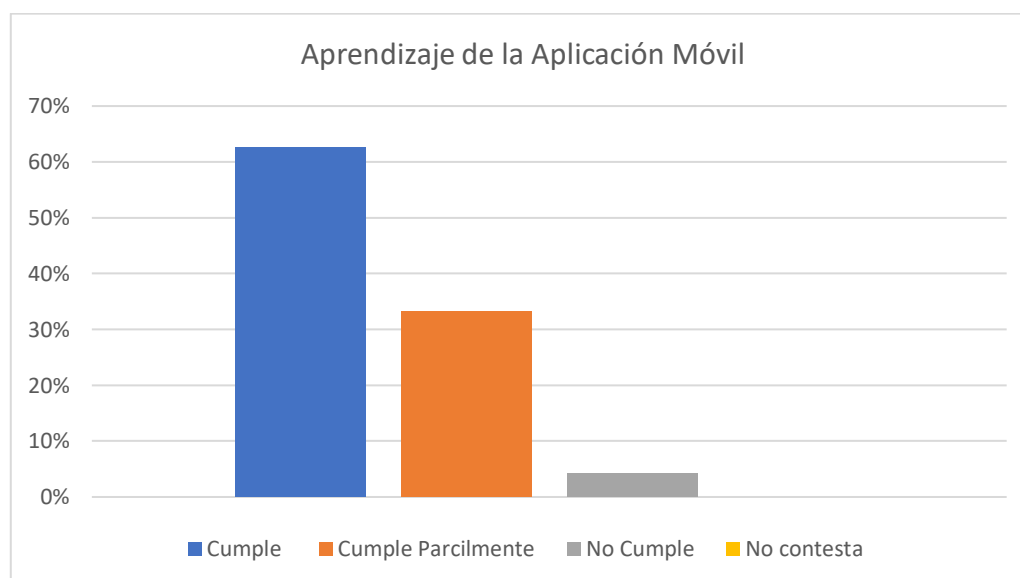


Figura 24: Aprendizaje de la Aplicación Móvil

Análisis: En la **Figura 25** se observa que el 62,6% de los encuestados están totalmente de acuerdo con que la aplicación móvil permite al usuario aprender el uso mientras interactúa, cumpliendo así el criterio de aprendizaje, mientras que el 33,3% de los encuestados esta parcialmente de acuerdo con que la aplicación móvil cumple con el parámetro de aprendizaje y finalmente un 4,1% de los encuestados no está de acuerdo con que la aplicación cumple con este parámetro.

4.3.3 Operabilidad

Pregunta 9: ¿Es Familiar el software con otras interfaces gráficas?

Tabla 15: Frecuencia de Operabilidad, pregunta 9

Pregunta 9			
VALORACION	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Percentage
CUMPLE	4	0,66	66%
CUMPLE PARCIALMENTE	2	0,34	34%
NO CUMPLE	0	0,00	0%
TOTAL	6	1,00	100%

Análisis: En la **Tabla 14** se observa que el 66% de los evaluadores indican que la aplicación móvil le es familiar con otras interfaces gráficas, mientras que un 34% considera que le es familiar parcialmente.

Pregunta 10: ¿Se encuentra guías de la aplicación para un mejor uso?

Tabla 16: Frecuencia de Operabilidad, pregunta 10

Pregunta 10			
VALORACION	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Percentage
CUMPLE	0	0,00	0%
CUMPLE PARCIALMENTE	6	1,00	100%
NO CUMPLE	0	0,16	0%
TOTAL	6	1,00	100%

Análisis: En la **Tabla 15** se observa que el 100% de los evaluadores indican que dentro de la aplicación móvil se encuentran guías para un mejor uso.

Pregunta 11: ¿En el aplicativo se presentan imágenes que permitan entender el contenido?

Tabla 17: Frecuencia de Operabilidad, pregunta 11

Pregunta 11			
VALORACION	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Percentage
CUMPLE	6	1,00	100%
CUMPLE PARCIALMENTE	0	0,00	0%
NO CUMPLE	0	0,00	0%
TOTAL	6	1,00	100%

Análisis: En la **Tabla 16** se observa que el 100% de los evaluadores indican que en la aplicación móvil se presentan imágenes que les permite entender el contenido del mismo.

Pregunta 12: ¿El aplicativo puede manejarse en los diferentes dispositivos como son celulares, Tablet y computadoras?

Tabla 18: Frecuencia de Operabilidad, pregunta 12

Pregunta 12			
VALORACION	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Percentage
CUMPLE	0	0,00	0%
CUMPLE PARCIALMENTE	6	1,00	100%
NO CUMPLE	0	0,00	0%
TOTAL	6	1,00	100%

Análisis: En la **Tabla 17** se observa que el 100% de los evaluadores coinciden en que el aplicativo móvil puede manejarse parcialmente en los diferentes dispositivos como son celulares, tablets y computadoras.

Pregunta 13: ¿El aplicativo puede manejarse y observarse desde cualquier dispositivo?

Tabla 19: Frecuencia de Operabilidad, pregunta 13

Pregunta 13			
VALORACION	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Percentage
CUMPLE	0	0,00	0%
CUMPLE PARCIALMENTE	6	1,00	100%
NO CUMPLE	0	0,00	0%
TOTAL	6	1,00	100%

Análisis: En la **Tabla 18** se observa que el 100% de los evaluadores indican que el aplicativo puede manejarse y observarse parcialmente desde cualquier dispositivo.

Tabla 20: Resumen de frecuencia de Operabilidad de la Aplicación Móvil

PREGUNTAS CRITERIOS	9		10		11		12		13		Operabilidad	
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
NO CONTESTO	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
NO CUMPLE	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
CUMPLE PARCIALMENTE	2	34%	6	100%	0	0%	6	100%	6	100%	20	66,8%
SI CUMPLE	4	66%	0	0%	6	100%	0	0%	0	0%	10	33,2%
TOTALES	6	100%	6	100%	6	100%	6	100%	6	100%	6	100%

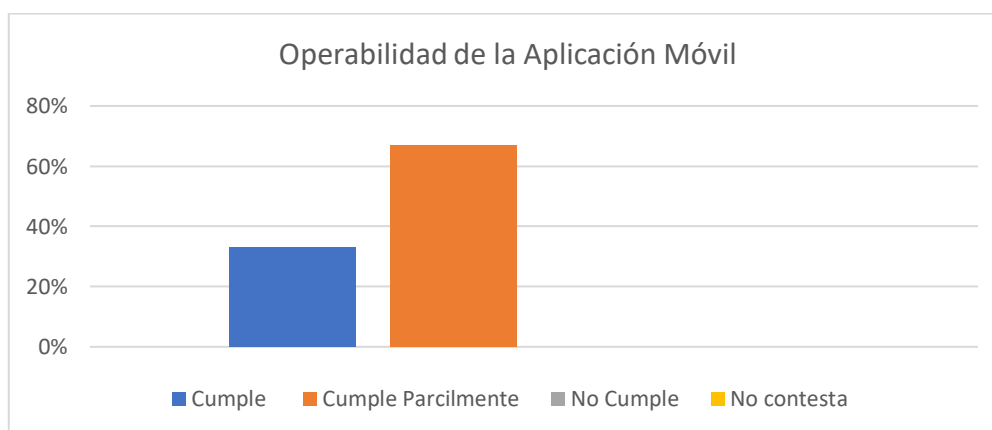


Figura 25: Operabilidad de la Aplicación Móvil

Análisis: En la **Figura 25** se observa que el 33,2% de los encuestados indican que la aplicación cumple totalmente con el parámetro de operabilidad, ya que posee cierto grado de dificultad al operarlo y controlarlo, mientras que el 66,8% de los encuestados indican que se cumple parcialmente este parámetro de operabilidad.

4.3.4 Protección frente a errores

Pregunta 14: ¿Existen mensajes de advertencia de errores dentro de la aplicación?

Tabla 21: Frecuencia de Protección frente a errores, pregunta 14

Pregunta 14			
VALORACION	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Percentage
CUMPLE	1	0,16	16%
CUMPLE PARCIALMENTE	3	0,50	50%
NO CUMPLE	2	0,33	33%
TOTAL	6	1,00	100%

Análisis: En la **Tabla 20** se observa que el 16% de los evaluadores indican que la aplicación cumple con mostrar mensajes de advertencia de errores dentro de la aplicación móvil, mientras que un 50% indica que cumple parcialmente este criterio y un 33% menciona que la aplicación no cumple criterio.

Pregunta 15: ¿Se guía al usuario a entender la información que se requiere en las cajas de textos o formatos que se presentan?

Tabla 22: Frecuencia de Protección frente a errores, pregunta 15

Pregunta 15			
VALORACION	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Percentage
CUMPLE	6	1,00	100%
CUMPLE PARCIALMENTE	0	0,00	0%
NO CUMPLE	0	0,00	0%
TOTAL	6	1,00	100%

Análisis: En la **Tabla 21** se observa que el 100% de los evaluadores indican que la aplicación cumple con este parámetro guiando al usuario a entender la información que se requiere en las cajas de textos o formatos que se presentan.

Pregunta 16: ¿El aplicativo le ofrece ayudas o guías para entender su entorno y las funciones que posee?

Tabla 23: Frecuencia de Protección frente a errores, pregunta 16

Pregunta 16			
VALORACION	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Percentage
CUMPLE	6	1,00	100%
CUMPLE PARCIALMENTE	0	0,00	0%

NO CUMPLE	0	0,00	0%
TOTAL	6	1,00	100%

Análisis: En la **Tabla 22** se observa que el 100% de los evaluadores indican que la aplicación móvil ofrece ayudas o guías para entender su entorno y las funciones que posee, cumpliendo así con este parámetro de evaluación.

Pregunta 17: ¿El aplicativo presenta mensajes de advertencia antes de culminar un proceso?

Tabla 24: Frecuencia de Protección frente a errores, pregunta 17

Pregunta 17			
VALORACION	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Percentage
CUMPLE	1	0,16	16,7%
CUMPLE PARCIALMENTE	5	0,83	83,3%
NO CUMPLE	0	0,00	0%
TOTAL	6	1,00	100%

Análisis: En la **Tabla 23** se observa que el 83,3% de los evaluadores indican que la aplicación cumple parcialmente con presentar mensajes de advertencia antes de culminar un proceso y solo el 16,7 indica que cumple totalmente este parámetro.

Tabla 25: Resumen de Protección frente a los errores de la Aplicación Móvil

PREGUNTAS CRITERIOS	14		15		16		17		Protección frente a los errores	
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
NO CONTESTO	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
NO CUMPLE	2	33,3%	0	0%	0	0%	0	0%	2	8,3%
CUMPLE PARCIALMENTE	3	50%	0	0%	0	0%	5	83,3%	8	33,3%
SI CUMPLE	1	16,7%	6	100%	6	100%	1	16,7%	14	58,4%
TOTALES	6	100%	6	100%	6	100%	6	100%	6	100%

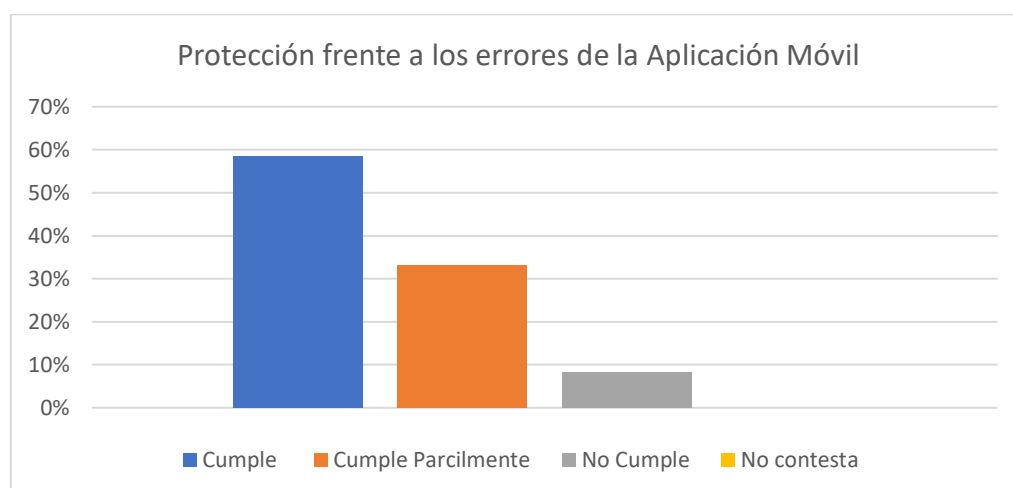


Figura 26: Protección frente a los errores de la Aplicación Móvil

Análisis: En la **Figura 26** se observa que el 58,4% de los encuestados indican que la aplicación móvil cumple totalmente con el parámetro de protección ante errores, mientras que el 33,3% de los encuestados indican que se cumple parcialmente con este parámetro de operabilidad y un 8,3% indica que no cumple con este parámetro.

4.3.5 Estética

Pregunta 18: ¿La interfaz cumple con los colores adecuados y coherentes en todo el aplicativo?

Tabla 26: Frecuencia de Estética, pregunta 18

Pregunta 18			
VALORACION	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Percentage
CUMPLE	6	1,00	100%
CUMPLE PARCIALMENTE	0	0,00	0%
NO CUMPLE	0	0,00	0%
TOTAL	6	1,00	100%

Análisis: En la **Tabla 25** se observa que el 100% de los evaluadores indican que la interfaz cumple con los colores adecuados y coherentes en toda aplicación móvil.

Pregunta 19: ¿El tipo de letra que se maneja en el aplicativo está dentro de las sans serif (verdana, arial, helvética)?

Tabla 27: Frecuencia de Estética, pregunta 19

Pregunta 19			
VALORACION	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Percentage
CUMPLE	6	1,00	100%
CUMPLE PARCIALMENTE	0	0,00	0%
NO CUMPLE	0	0,00	0%
TOTAL	6	1,00	100%

Análisis: En la **Tabla 26** se observa que el 100% de los evaluadores indican que la aplicación móvil cumple con el tipo de letra que se maneja.

Pregunta 20: ¿Le agrada la interfaz que maneja el aplicativo?

Tabla 28: Frecuencia de Estética, pregunta 20

Pregunta 20			
VALORACION	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Percentage
CUMPLE	6	1,00	100%
CUMPLE PARCIALMENTE	0	0,00	0%
NO CUMPLE	0	0,00	0%
TOTAL	6	1,00	100%

Análisis: En la **Tabla 27** se observa que el 100% de los evaluadores indican estar de acuerdo que la interfaz del aplicativo móvil es agradable.

Pregunta 21: ¿Es fácil de entender cómo funciona el aplicativo y las ayudas que le ofrece a través de la interfaz gráfica?

Tabla 29: Frecuencia de Estética, pregunta 21

Pregunta 21			
VALORACION	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Percentage
CUMPLE	6	1,00	100%
CUMPLE PARCIALMENTE	0	0,00	0%
NO CUMPLE	0	0,00	0%
TOTAL	6	1,00	100%

Análisis: En la **Tabla 28** se observa que el 100% de los evaluadores indican que la aplicación cumple con la facilidad de entender el funcionamiento y que cuenta con ayudas que ofrece a través de la interfaz gráfica.

Pregunta 22: ¿El aplicativo le ofrece medios para comunicarse con el sistema y poder exponer sus recomendaciones o fallas?

Tabla 30: Frecuencia de Estética, pregunta 22

Pregunta 22			
VALORACION	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Percentage
CUMPLE	0	0,00	0%
CUMPLE PARCIALMENTE	6	1,00	100%
NO CUMPLE	0	0,00	0%
TOTAL	6	1,00	100%

Análisis: En la **Tabla 29** se observa que el 100% de los evaluadores indican que la aplicación cumple parcialmente con ofrecer medios para comunicarse con el sistema y poder exponer sus recomendaciones o fallas.

Tabla 31: Resumen de frecuencia de Estética de la Aplicación Móvil

PREGUNTAS	18		19		20		21		22		Estética	
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
NO CONTESTO	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
NO CUMPLE	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
CUMPLE PARCIALMENTE	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	6	100%	6	20%
SI CUMPLE	6	100%	6	100%	6	100%	6	100%	0	0%	24	80%
TOTALES	6	100%	6	100%	6	100%	6	100%	6	100%	6	100%

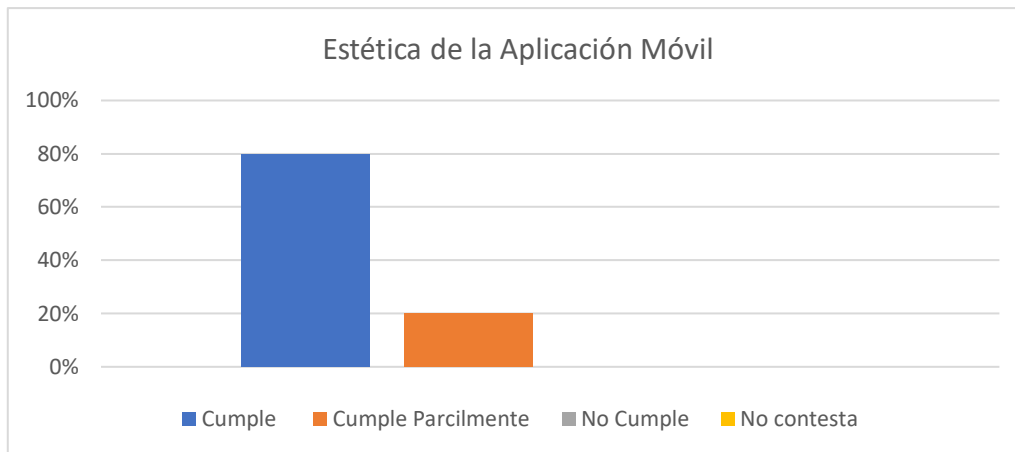


Figura 27: Estética de la Aplicación Móvil

Análisis: En la **Figura 27** se observa que el 80% de los encuestados indican que la aplicación móvil cumple totalmente con el parámetro de estética, mientras que el 20% de los encuestados indican que se cumple parcialmente con este parámetro de la estética.

4.3.6 Accesibilidad

Pregunta 23: ¿Las imágenes tienen un tamaño indicado?

Tabla 32: Frecuencia de Accesibilidad, pregunta 23

Pregunta 23			
VALORACION	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Percentage
CUMPLE	6	1,00	100%
CUMPLE PARCIALMENTE	0	0,00	0%
NO CUMPLE	0	0,00	0%
TOTAL	6	1,00	100%

Análisis: En la **Tabla 31** se observa que el 100% de los evaluadores indican que la aplicación cumple con este parámetro al tener imágenes de un tamaño indicado.

Pregunta 24: ¿El color del texto contrasta con la interfaz?

Tabla 33: Frecuencia de Accesibilidad, pregunta 24

Pregunta 24			
VALORACION	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Percentage
CUMPLE	6	1,00	100%
CUMPLE PARCIALMENTE	0	0,00	0%
NO CUMPLE	0	0,00	0%
TOTAL	6	1,00	100%

Análisis: En la **Tabla 32** se observa que el 100% de los evaluadores indican que la aplicación cumple con este parámetro al tener textos que contrastan con la interfaz permitiendo una mejor legibilidad.

Pregunta 25: ¿Se puede acceder a la información a través de un lector de pantalla?

Tabla 34: Frecuencia de Accesibilidad, pregunta 25

Pregunta 25			
VALORACION	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Percentage
CUMPLE	6	1,00	100%
CUMPLE PARCIALMENTE	0	0,00	0%
NO CUMPLE	0	0,00	0%
TOTAL	6	1,00	100%

Análisis: En la **Tabla 33** se observa que el 100% de los evaluadores indican que la aplicación cumple con permitir acceder a la información a través de un lector de pantalla.

Pregunta 26: ¿Los sonidos que tiene el aplicativo son molestos?

Tabla 35: Frecuencia de Accesibilidad, pregunta 26

Pregunta 26			
VALORACION	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Percentage
CUMPLE	5	0,83	83,3%
CUMPLE PARCIALMENTE	1	0,16	16,7%
NO CUMPLE	0	0,00	0%
TOTAL	6	1,00	100%

Análisis: En la **Tabla 34** se observa que el 83,3% de los evaluadores indican que la aplicación cumple con este parámetro al no tener sonidos molestos y solo el 16,7% indica que se cumple parcialmente.

Pregunta 27: ¿El aplicativo tiene música de fondo?

Tabla 36: Frecuencia de Accesibilidad, pregunta 27

Pregunta 27			
VALORACION	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Percentage
CUMPLE	3	0,50	50%
CUMPLE PARCIALMENTE	3	0,50	50%
NO CUMPLE	0	0,00	0%
TOTAL	6	1,00	100%

Análisis: En la **Tabla 35** se observa que el 50% de los evaluadores indican que la aplicación cumple con este parámetro parcialmente ya que tiene música de fondo que puede ser activada o desactivada.

Pregunta 28: ¿La música de fondo del aplicativo es molesta?

Tabla 37: Frecuencia de Accesibilidad, pregunta 28

Pregunta 28			
VALORACION	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa	Percentage
CUMPLE	6	1,00	100%
CUMPLE PARCIALMENTE	0	0,00	0%
NO CUMPLE	0	0,00	0%
TOTAL	6	1,00	100%

Análisis: En la **Tabla 36** se observa que el 83,3% de los evaluadores indican que la aplicación cumple con este parámetro al no ser molesta la música de fondo.

Tabla 38: Resumen de frecuencia de Accesibilidad de la Aplicación Móvil

PREGUNTAS CRITERIOS	23		24		25		26		27		28		Accesibilidad	
	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%	F	%
NO CONTESTO	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
NO CUMPLE	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
CUMPLE PARCIALMENTE	0	0%	0	0%	0	0%	1	16,7%	3	50%	0	0%	4	11,2%
SI CUMPLE	6	100%	6	100%	6	100%	5	83,3%	3	50%	6	100%	32	88,8%
TOTALES	6	100%	6	100%	6	100%	6	100%	6	100%	6	100%	6	100%

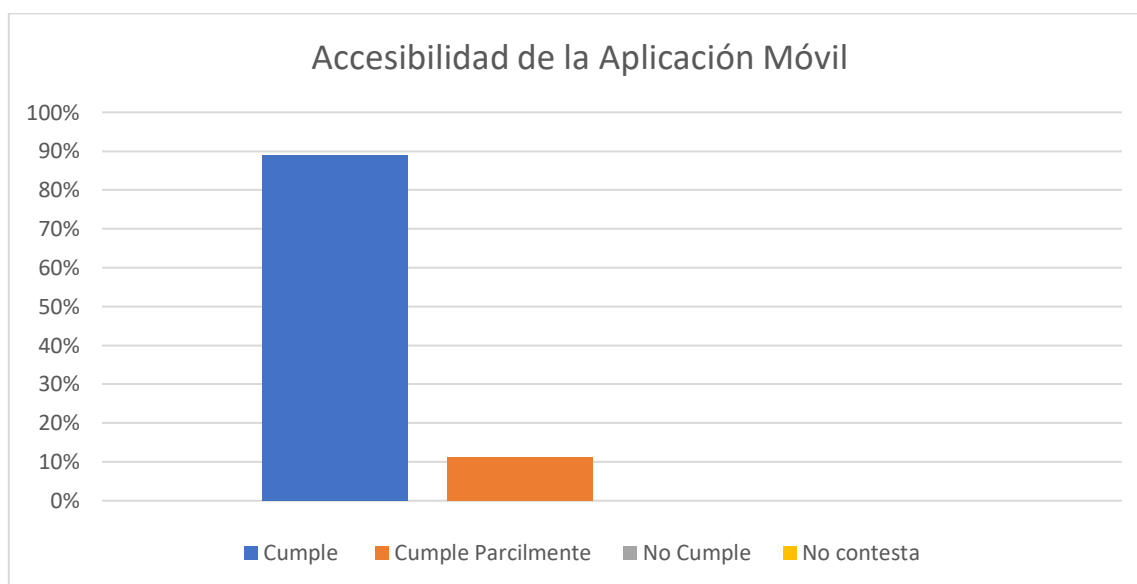


Figura 28: Accesibilidad de la Aplicación Móvil

Análisis: En la **Figura 28** se observa que el 88,8% de los encuestados indican que la aplicación móvil cumple totalmente con el parámetro accesibilidad, mientras que el 11,2% de los encuestados indican que se cumple parcialmente con este parámetro de accesibilidad.

4.4 Análisis de confiabilidad de la aplicación móvil

Una vez conocido cada uno de los resultados se ha procedido a realizar el análisis de confiabilidad mediante el *Alfa Cronbach* para medir la aceptación de la usabilidad de la aplicación móvil, en la cual se ha obtenido como resultado; 0,641 de fiabilidad de la usabilidad de la aplicación móvil detallada en la **Tabla 38** y la cual es un valor aceptable en la investigación al estar en un rango alto del coeficiente de confiabilidad, como se muestra en la **Figura 29**.

Tabla 39: Confiabilidad de la usabilidad de la aplicación móvil

Número de elementos	Alfa de Cronbach
28	0,641

Rangos	Magnitud
0,81 a 1,00	Muy Alta
0,61 a 0,80	Alta
0,41 a 0,60	Moderada
0,21 a 0,40	Baja
0,01 a 0,20	Muy Baja

Figura 29: Rango de Coeficiente de Confiabilidad de un instrumento [26]

Finalmente, como resultado se ha obtenido las estadística de escala correspondientes al estudio de la usabilidad de la aplicación móvil, la cual se muestra en la **Tabla 39**, en donde se observa que se tiene un valor de la media de 75,3 con una varianza respectiva de 5,07 y una desviación de 2,25 de un total de 28 elementos.

Tabla 40: Estadísticas de usabilidad de la aplicación móvil

Número de elementos	Media	Varianza	Desviación
28	75,3	5,07	2,25

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Una vez analizado la tecnología de realidad aumentada ARCore en comparativa con otras tecnologías se obtiene como resultado que ARCore tiene un 54,7% de beneficios frente a un 52,3% de *Arkit* y un 66,6% de *Vuforia*, con lo cual se puede considerar a ARCore como una muy buena opción al momento de desarrollar experiencias de realidad aumentada a un bajo costo, ya que no se tiene que pagar ningún tipo de suscripción o licencia a diferencia de las otras tecnologías, además, permite aprovechar al máximo las características de los dispositivos en los que se implementa, creando así escenarios e interacciones más realistas e inmersivas de realidad aumentada. También, al ser una de las tecnologías más recientes sigue siendo mejorada por Google lo cual es una oportunidad para los desarrolladores, posibilitando crear aplicaciones para varios ámbitos como el turismo, educación, publicidad, entre otros.

Por otra parte cabe mencionar que las aplicaciones móviles con realidad aumentada desarrolladas con la tecnología ARCore tendrán una disponibilidad un poco limitada en el ecosistema Android puesto que no todos los teléfonos son compatibles con esta tecnología debido a las características físicas básicas requeridas, como son los sensores de profundidad, cámaras de alta resolución, procesadores más potentes, etc.

Como resultado de este proyecto de investigación se diseñó y desarrolló una aplicación móvil con realidad aumentada empleando la tecnología ARCore, en donde se ha implementado rastreo de imágenes, superposición de objetos 3D manipulables, contenido interactivo, imágenes, botones, audio guías, entre otras características. Esta aplicación puede ser descargada de manera gratuita por todos los usuarios visitantes de la Casa Museo accediendo a *Play Store* desde dispositivos Android compatibles.

Finalmente, mediante una metodología de un enfoque cualitativo y con la participación varios usuarios expertos se evaluó la usabilidad de la aplicación móvil, en la cual se aplicó un cuestionario de 28 ítems considerando los criterios de usabilidad de la norma ISO/IEC 25010 y a través de un análisis de confiabilidad por medio del *Alfa de Cronbach* se obtuvo un resultado de 0,641 de fiabilidad de la usabilidad del aplicativo móvil, que es un valor alto en el rango del coeficiente de confiabilidad de instrumentos de medición investigativa, con el cual se determina que la usabilidad de la aplicación móvil es buena. De la misma manera se ha obtenido 100% de cumplimiento con el criterio de inteligibilidad, así como un 62,6% en el aprendizaje, un 33,2%,

en la operabilidad, 58,4% en la protección frente a errores, 80% en la estética de la interfaz de usuario y un 88,8% con referente a la accesibilidad.

5.2 Recomendaciones

Aplicaciones como las desarrolladas en este proyecto, en las que se implementan nuevas tecnologías de vanguardia, como son la realidad aumentada y realidad virtual es importante que sea implementado, ya sea en museos, parques, iglesias u otros lugares turísticos que permitan a los visitantes vivir nuevas experiencias mediante el uso de las TICs.

Para agilizar el proceso de desarrollo se recomienda usar los paquetes o *plugins*; “UI Builder” y “XR Interaction Toolkit” que permiten diseñar interfaces de usuarios y manipulación de objetos 3D de manera más rápida y simple.

Para generar el rastreo de imágenes en una aplicación de realidad aumentada es recomendable que las imágenes de referencia tienen que ser como mínimo de 300x300 píxeles, además se debe evitar imágenes con patrones repetitivos o que contengan una gran cantidad de características geométricas o a su vez imágenes con muy pocas características, ya que esto puede causar problemas o deficiencias con la detección y el seguimiento. Las imágenes se deben proporcionar en formato de archivo PNG o JPG, pudiendo ser a color o en escala de grises, ya que la información del color no se utiliza en la extracción de características para el rastreo de imágenes.

Al momento de desarrollar aplicaciones de realidad aumentada utilizando las herramientas mencionadas en esta investigación es importante que se revise la documentación sobre la compatibilidad de las versiones, por ejemplo entre Unity y ARCore y algún otro plugin, ya que al no ser compatibles puede provocar problemas o retrasos al momento del desarrollo e implementación.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Gasca, L. Camargo y B. Medina, «Methodology for mobile application development,» *Tecnura*, vol. 18 , n° 40, pp. 20-35, 2014.
- [2] M. Sánchez y R. Ravina, «Análisis de las aplicaciones móviles de destinos turísticos y su accesabilidad,» *TEORÍA Y PRAXIS*, n° 31, pp. 3-26, 2017.
- [3] I. De la Horra, «Augmented reality, an educational revolution,» *edmetic, Revista de Educación Mediática y TIC*, pp. 9-22, 2016.
- [4] F. Rolando, «De la realidad virtual a la realidad aumentada,» Septiembre 2012. [En línea]. Available: https://fido.palermo.edu/servicios_dyc/opencd/archivos/4674_open.pdf. [Último acceso: Octubre 2021].
- [5] K. B. Jonathan Linowes, *Augmented Reality for Developers*, Birmingham: Packt, 2017.
- [6] Unity Technologies, «Unity,» 2021. [En línea]. Available: <https://unity.com/>. [Último acceso: Octubre 2021].
- [7] L. Micheal, *Learn ARCore - Fundamentals of Google ARCore*, Birmingham: Packt, 2018.
- [8] Google, «ARCore,» 2021. [En línea]. Available: <https://developers.google.com/ar/develop/fundamentals>.
- [9] ARCore, Google, «Dispositivos compatibles con ARCore,» 2021. [En línea]. Available: <https://developers.google.com/ar/devices>. [Último acceso: Octubre 2021].
- [10] Unity, «AR Foundation,» 2021. [En línea]. Available: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.xr.arfoundation@4.2/manual/index.html>. [Último acceso: Octubre 2021].
- [11] NORMA ISO 25000, «ISO/IEC 2501n,» 2021. [En línea]. Available: <https://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000/iso-25010>. [Último acceso: 23 Septiembre 2021].
- [12] O. G. Muñoz Gálvez, «UskaySMS: desarrollo y evaluación de la usabilidad de una aplicación informática de envío y recepción de mensajes de texto para la comunicación entre profesionales de salud del primer nivel y pacientes,» 2018. [En línea]. Available: https://repositorio.upch.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12866/3864/UskaySMS_MunozGalvez_Olga.pdf?sequence=1&isAllowed=y. [Último acceso: octubre 2021].
- [13] Consejo Internacional de Museos, «Definición de museo,» 24 Agosto 2007. [En línea]. Available: <https://icom.museum/es/recursos/normas-y-directrices/definicion-del-museo/>. [Último acceso: Septiembre 2021].
- [14] GADM Riobamba , «Casa Museo de Riobamba,» 2020. [En línea]. Available: <https://riobamba.com.ec/es-ec/chimborazo/riobamba/museos/casa-museo-riobamba-a61c7b54d>. [Último acceso: Octubre 2021].

- [15] P. Narváez, Interviewee, *Entrevista Director de Gestión Cultural Deporte y Recreacion GADM de Riobamba*. [Entrevista]. 02 Diciembre 2021.
- [16] C. Castillo, Interviewee, *ENTREVISTA: CORDINADOR/A DE LA CASA MUSEO*. [Entrevista]. 31 Noviembre 2021.
- [17] D. Ruiz Torres, «REALIDAD AUMENTADA, EDUCACIÓN Y MUSEOS,» *ICONO*, vol. 2, nº 14, pp. 212-226, 2011.
- [18] A. Silva Sprock, J. Cesar Ponce y Y. Hernández, «Estado del Arte de las Metodologías para el Desarrollo de Objetos de Aprendizaje,» Enero 2013. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Julio_Ponce2/publication/272686563_Estado_del_Arte_de_las_Metodologias_para_el_Desarrollo_de_Objetos_de_Aprendizaje/links/5644e42208ae451880a897e2/Estado-del-Arte-de-las-Metodologias-para-el-Desarrollo-de-Objetos-de-A.
- [19] I. S. Silva, A. L. Veloso y J. B. Keating, «Focus group: Considerações teóricas e metodológicas,» *Revista Lusófona de Educação*, vol. 26, p. 175, 2014.
- [20] Google Play Store, «Play Store,» 2022. [En línea]. Available: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.DefaultCompany.CasaMuseo&hl=es>.
- [21] PTC Inc., «Vuforia Engine Developer portal,» 15 Noviembre 2021. [En línea]. Available: <https://developer.vuforia.com/>. [Último acceso: 20 Noviembre 2021].
- [22] Apple Inc., «Developer Augmented Reality,» 2021. [En línea]. Available: <https://developer.apple.com/augmented-reality/>. [Último acceso: 20 Noviembre 2021].
- [23] E. Lotfi, M. Bouhorma y A. Hanafi, «A comparative Study of Augmented Reality SDKs to Develop an Educational Application in Chemical Field,» *Researchgate*, 2019.
- [24] J. Linowes y K. Babilinski, *Augmented Reality for Developers*, Packt Publishing Ltd., 2017.
- [25] J. Glover, *Unity 2018 Augmented Reality Proyects*, MUMBAI: Packt Publishing, 2018.
- [26] Y. Corral, «VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS,» *REVISTA CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN*, vol. 19, nº 33, pp. 229-247, 2009.
- [27] G. Villalonga y M. Lazo, «Modelo de integración educomunicativa de 'apps' móviles para la enseñanza y aprendizaje,» *Pixel-Bit: Revista de medios y educación*, 46,, pp. 137-153, 2015.
- [28] R. Lozano, «“De las TIC a las TAC: tecnologías del aprendizaje y del conocimiento,» *Anuario ThinkEPI*, pp. 45-47, 2011.
- [29] A. Pisanty, L. Enríquez, L. Chaos-Cador y M. García Burgos, «M-LEARNING IN SCIENCE" - INTRODUCTION OF MOBILE LEARNING IN PHYSICS,» *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, vol. 13, pp. 129-155, 2010.
- [30] Ú. LUNA, A. IBÁÑEZ-ETXEBERRIA y P. RIVERO, «El patrimonio aumentado. 8 apps de Realidad Aumentada para la enseñanza-aprendizaje del patrimonio,» *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 94(33.1), pp. 43-62, 2019.

- [31] L. Tovar, J. Bohórquez y P. Puello, «METHODOLOGICAL PROPOSAL FOR THE CONSTRUCTION OF VIRTUAL LEARNING OBJECTS BASED ON AUGMENTED REALITY,» *Formación universitaria versión On-line ISSN 0718-5006*, pp. 11-20, 2014.
- [32] N. S. Sánchez León, M. Rivera Guzmán, A. L. Moreno Vargas y M. Díaz Molina, «Heuristic evaluations: app móvil para evaluaciones heurísticas de la usabilidad e ISO25010,» *TIC.EC: Congreso Ecuatoriano de Tecnologías de la Información y Comunicaciones*, vol. 7, 2016.

ANEXOS

Anexo 1: Reuniones con el personal de la Casa Museo.

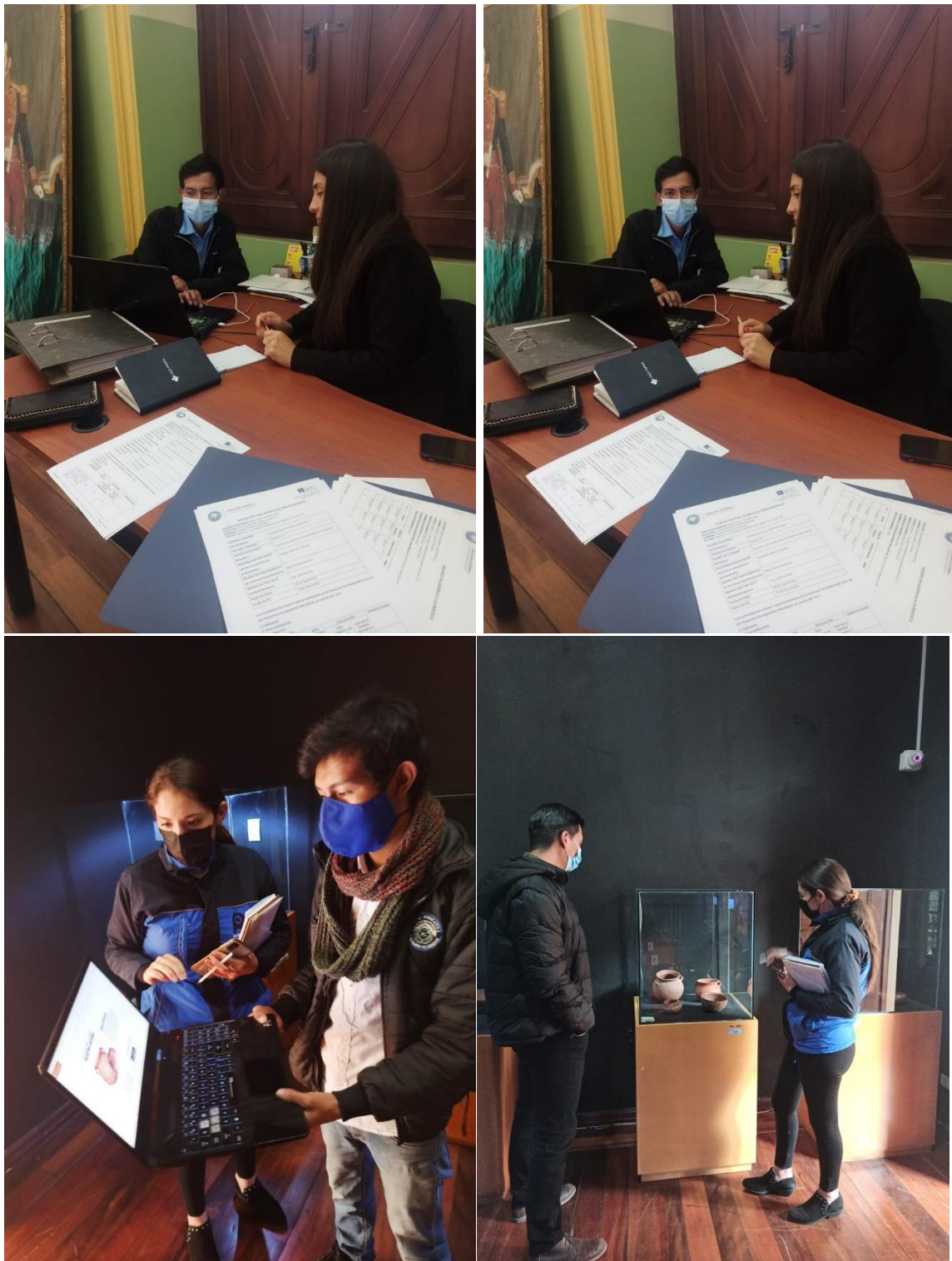


Figura 30: Fotos de reuniones en la Casa Museo

Anexo 2: Entrevistas al personal de la Casa Museo.

En la **Tabla 40** se puede apreciar el modelo del guión usado en la entrevista a la coordinadora de la Casa Museo, así como en la **Tabla 41** el modelo del guion usado en la entrevista al Director de Gestión Cultural de GADM Riobamba, las cuales se ha grabado en audio para procesar la información relevante de la misma.

Tabla 41: Ficha de entrevista a la coordinadora de La Casa Museo

ENTREVISTA: CORDINADOR/A DE LA CASA MUSEO	
Objetivo: Recolectar información sobre el sobre la Casa Museo y los requerimientos y expectativas para la aplicación móvil.	
Fecha: 01-11-2021	Duración: 40 minutos
DATOS	
Entidad:	Universidad Nacional de Chimborazo
Realizado por:	Juan Carlos Malca
Lugar:	Oficinas de la Casa Museo
Entrevistado/a:	Ing. Carla Castillo
Profesión:	Ingeniería en Gestión Turística y Hotelera
Trabajo/Cargo:	Gestora Cultura
Tiempo en el cargo:	2 años
Email:	castilloca@gadmriobamba.gob.ec
PREGUNTAS	
<ol style="list-style-type: none">1. ¿Cómo describiría o qué destacaría de la Casa Museo de Riobamba?2. ¿De cuantas salas de exposición cuenta la Casa Museo y como se distribuyen?3. ¿Cuántos visitantes reciben en promedio por día, mes y año?4. ¿Cuántos guías o como se maneja la difusión de información a los visitantes dentro del museo?5. ¿Cuál es la tecnología con la que cuenta la Casa Museo para dar a conocer las exposiciones dentro del museo?6. ¿Se ha planteado la oportunidad de adquirir o implementar algún tipo de tecnología para mejorar la experiencia de usuario dentro de la Casa Museo?7. ¿Tiene conocimiento sobre las realidad aumentada, realidad virtual o las nuevas tecnologías inmersivas?8. El resultado final del proyecto de investigación es una aplicación móvil con realidad aumentada, ¿Cómo considera que podría mejorar la difusión de información a los visitantes dentro del museo?9. ¿Cuál es su expectativa con respecto al desarrollo e implementación de la aplicación móvil con realidad aumentada?10. ¿Algún comentario o sugerencia adicional?	

Tabla 42: Ficha de entrevista Director de la Casa Museo

ENTREVISTA: DIRECTIVO DE LA CASA MUSEO	
Objetivo: Recolectar información sobre el sobre la Casa Museo y los requerimientos y expectativas para la aplicación móvil.	
Fecha:	Duración:
DATOS	
Entidad:	Universidad Nacional de Chimborazo
Realizado por:	Juan Carlos Malca Yumi
Lugar:	Casa Museo de Riobamba
Entrevistado/a:	Lic. Pablo Narváez
Profesión:	Lic. Pedagogía en Educación Musical
Trabajo/Cargo:	Director de Gestión Cultural, Deporte y Recreación del GADM de Riobamba
Tiempo en el cargo:	8 años
Email:	cultura@gadmriobamba.gob.ec
PREGUNTAS	
<ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Cómo describiría o qué destacaría de la Casa Museo de Riobamba? 2. ¿Actualmente, como se maneja la difusión de información a los visitantes dentro del museo? 3. ¿Cuál es la tecnología con la que cuenta la Casa Museo para dar a conocer las exposiciones dentro del museo? 4. ¿Se ha planteado la oportunidad de adquirir o implementar algún tipo de tecnología para mejorar la experiencia de usuario dentro de la Casa Museo? 5. ¿Tiene conocimiento sobre las realidad aumentada, realidad virtual o las nuevas tecnologías inmersivas? 6. El resultado final del proyecto de investigación es una aplicación móvil con realidad aumentada, ¿Cómo considera que podría mejorar la difusión de información a los visitantes dentro del museo? 7. ¿Cuál es su expectativa con respecto al desarrollo e implementación de la aplicación móvil con realidad aumentada? 8. ¿Considera que este proyecto de investigación planteado permita contribuir/aportar a la Agenda Digital del proyecto; “Riobamba ciudad digital”? 9. ¿Algún comentario o sugerencia adicional? 	

Anexo 3: Encuesta aplicada a los visitantes de la Casa Museo

Tabla 43: Encuesta aplicada a los visitantes de la Casa Museo

ENCUESTA: VISITANTES CASA MUSEO
Objetivo: Conocer los criterios y expectativas de los visitantes de la Casa Museo acerca de la implementación de una aplicación móvil con realidad aumentada en la Casa Museo de Riobamba.
1.- Lugar de procedencia
2.- ¿Con que frecuencia visita la Casa Museo de Riobamba?
<ul style="list-style-type: none">• Siempre que sea posible• Solo cuando hay exposiciones de mi interés• Casi Nunca
3.- ¿Cuál cree que sea el motivo por lo que algunas personas no visitan los sitios turísticos (museos, iglesias, centro histórico)?
<ul style="list-style-type: none">• Desconocimiento• Desinterés• Falta de tiempo
4.- Está familiarizado o conoce acerca de que es la realidad aumentada o realidad virtual?
<ul style="list-style-type: none">• SI, LO HE USADO• NO, NUNCA HE ESCUCHADO• ALGO, MUY POCO
5.- ¿Considera que sería atractivo para el turismo cultural una aplicación móvil con el que se enfoque los objetos, piezas o cuadros y muestre información interactiva?
<ul style="list-style-type: none">• SI• NO• TAL VEZ
6.- ¿Usaría (se descargaría) usted un aplicación móvil que le ayude con información y referencias dentro de la Casa Museo a través de la realidad aumentada?
<ul style="list-style-type: none">• SI• NO• TAL VEZ

Anexo 4: Focus Group para evaluar la usabilidad de la aplicación móvil.

El perfil de usuario por el *Focus Group* se detalla en la **Tabla 43**; en el cual consta la información básica como el nombre, edad, genero, profesión, etc.

Para evaluar la usabilidad de la aplicación móvil se aplicó la técnica de la encuesta dividido en 3 partes; la primera el perfil de usuario participante definida en la **Tabla 43**, la segunda un cuestionario como visitantes de la casa museo detallada en la **Tabla 42** del **anexo 3** y la tercera un test de 28 preguntas, que se aprecia en la **Tabla 44**, las cuales están clasificadas de acuerdo a cada criterio de usabilidad de la ISO/IEC 25010.

Tabla 44: Formato para el perfil de usuario

Perfil de usuario Focus Group			
Objetivo: Implementar una aplicación móvil con realidad aumentada aplicando la tecnología ARCore para la Casa Museo de Riobamba.			
Nombre:			
Edad:			
Género:			
Ciudad de residencia:			
Profesión:			
Cargo:			
Estado Civil:			
Conocimiento de Informática:	Bajo	Medio	Alto
Dispositivo:			

Tabla 45: Cuestionario para evaluar la usabilidad

CRITERIO USABILIDAD ISO/IEC25010	PREGUNTA	VALORACION		
		SI CUMPLE	CUMPLE PARCIALMENTE	NO CUMPLE
INTELIGIBILIDAD Capacidad para reconocer su adecuación	¿La aplicación que está evaluando le permite cumplir con el objetivo de esta?			
	¿Los objetivos de la aplicación son claros?			
	¿La aplicación que está evaluando, le ofrece la información que usted necesita para realizar la acción deseada?			
	¿La aplicación que está evaluando, se adapta a las necesidades, en cuanto a los procesos que usted como usuario necesita?			
APRENDIZAJE Capacidad de aprendizaje	¿La aplicación le ofrece ventanas y enlaces claros?			
	¿La aplicación que usted está evaluando, es manejable y le ofrece las ayudas necesarias para entenderla?			
	¿La aplicación obliga a memorizar datos, procesos o imágenes para utilizarla?			
	¿Los botones e imágenes que le ofrece la aplicación son fácil de entender?			
OPERABILIDAD Capacidad de aprendizaje.	¿Es Familiar el software con otras interfaces graficas?			
	¿Se encuentras Guías de la aplicación para un mejor uso?			
	¿En el aplicativo se presentan imágenes que permitan entender el contenido?			
	¿El aplicativo puede manejarse en los diferentes dispositivos como son celulares, Tablet y computadoras?			
	¿El aplicativo puede manejarse y observarse desde cualquier dispositivo?			
PROTECCION FRENTE A ERRORES DE USUARIO	¿Existen mensajes de advertencia de errores dentro de la aplicación?			
	¿Se guía al usuario a entender la información que se requiere en las cajas de textos o formatos que se presentan?			
	¿El aplicativo le ofrece ayudas o guías para entender su entorno y las funciones que posee?			
	¿El aplicativo presenta mensajes de advertencia antes de culminar un proceso?			
ESTÉTICA	¿La interfaz cumple con los colores adecuados y coherentes en todo el aplicativo?			
	¿El tipo de letra que se maneja en el aplicativo está dentro de las sans serif (verdana, arial, helvética)?			
	¿Le agrada la interfaz que maneja el aplicativo?			
	¿Es fácil de entender cómo funciona el aplicativo y las ayudas que le ofrece a través de la interfaz gráfica?			
	¿El aplicativo le ofrece medios para comunicarse con el sistema y poder exponer sus recomendaciones o fallas?			
ACCESIBILIDAD	¿Las imágenes tienen un tamaño indicado?			
	¿El color del texto contrasta con la interfaz?			
	¿Se puede acceder a la información a través de un lector de pantalla?			
	¿Los sonidos que tiene el aplicativo son molestos?			
	¿El aplicativo tiene música de fondo?			
	¿La música de fondo del aplicativo es molesta?			

Anexo 6: Publicación de la aplicación en Play Store

Para poder subir y publicar una aplicación en la tienda Play Store es necesario cumplir varios requerimientos y pasos detallados a continuación:

- Crear una KeyStore (clave para la tienda) que es única para cada aplicación existente.

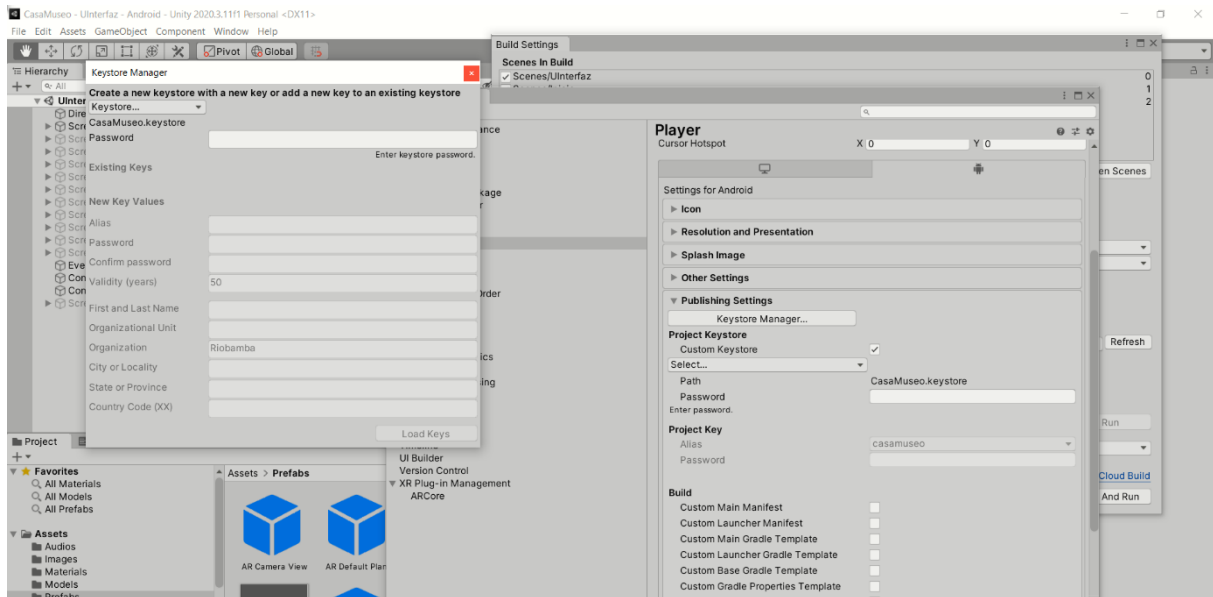


Figura 31: Pantalla de configuración de KeyStore en Unity

- Configurar para que sea compatible con dispositivos de arquitectura ARMv7 y ARM64.

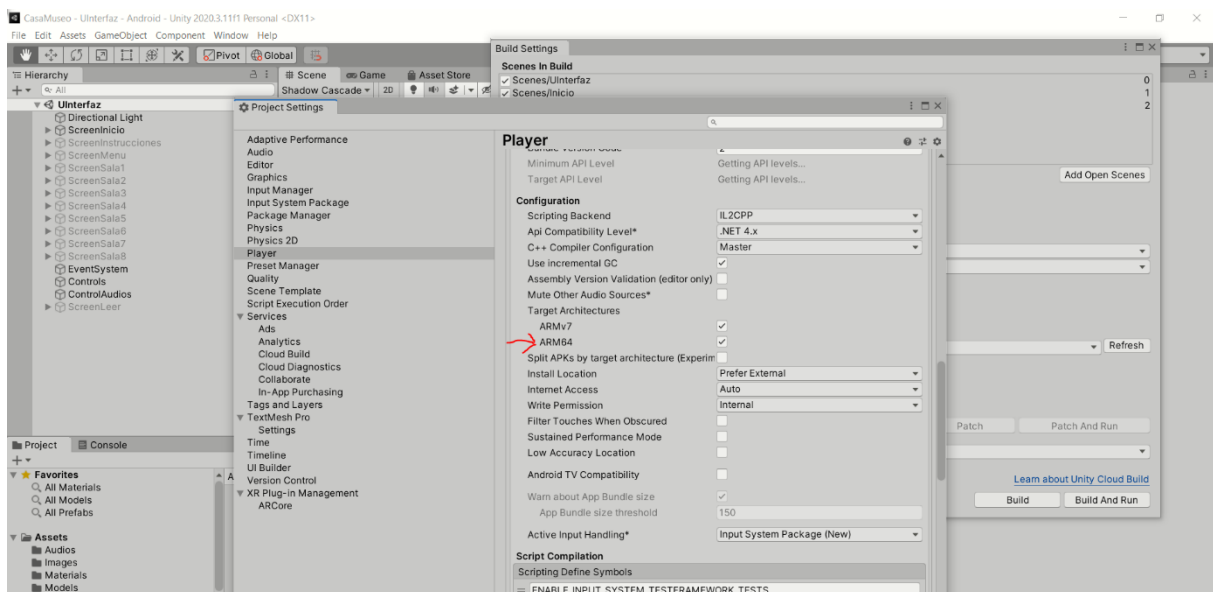


Figura 32: Pantalla de configuración de arquitecturas en Unity

- Compilar paquete de la aplicación (obligatorio desde el 2021).

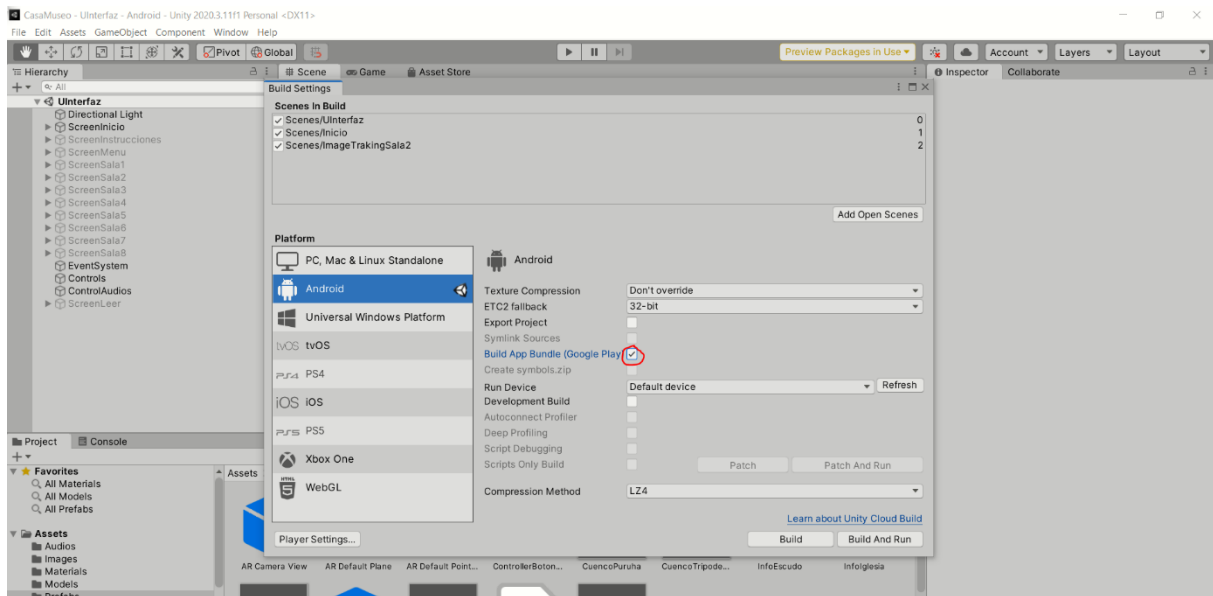


Figura 33: Pantalla de Compilación de Unity

- Crear una cuenta de desarrollador en Google Play Store.

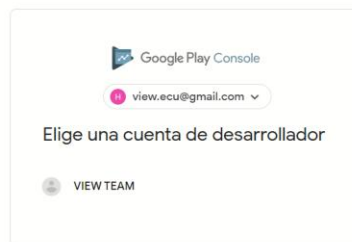
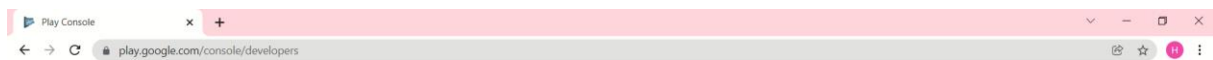


Figura 34: Pantalla de ingreso a Google Play Console

- Crear una aplicación desde el panel de control principal y configurar la información requerida en las fichas.

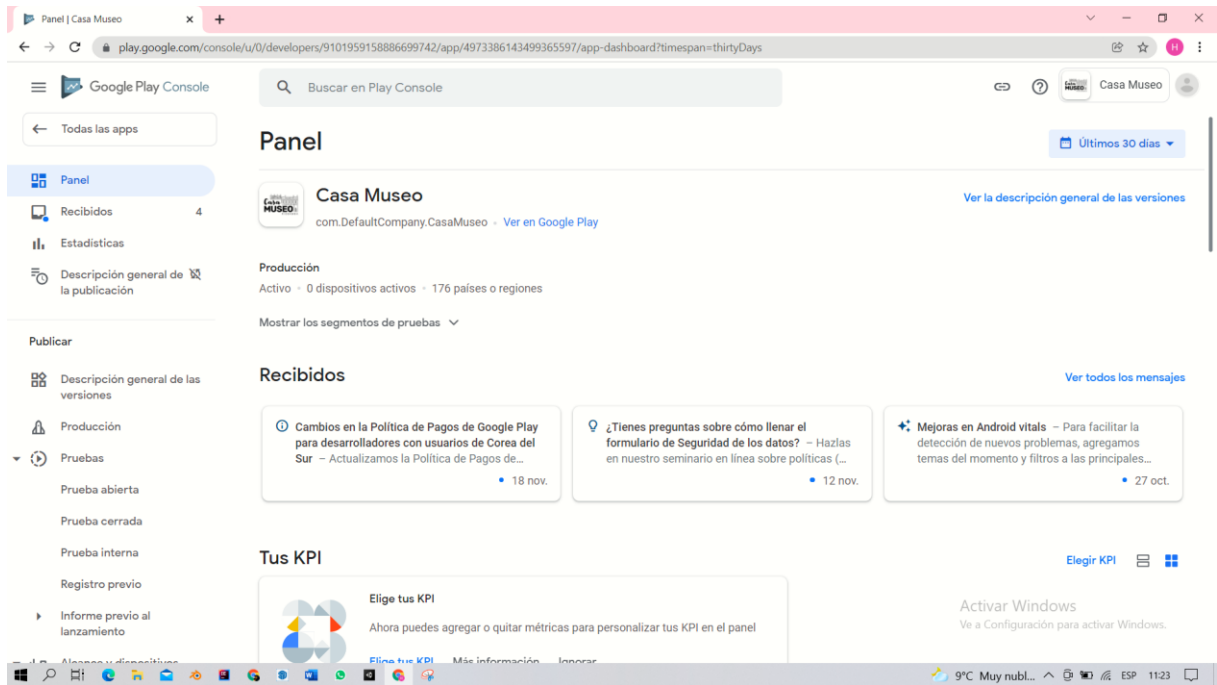


Figura 35: Panel de control de Google Play Console

- Subir el App Bundle y enviar a una revisión y aprobación final.

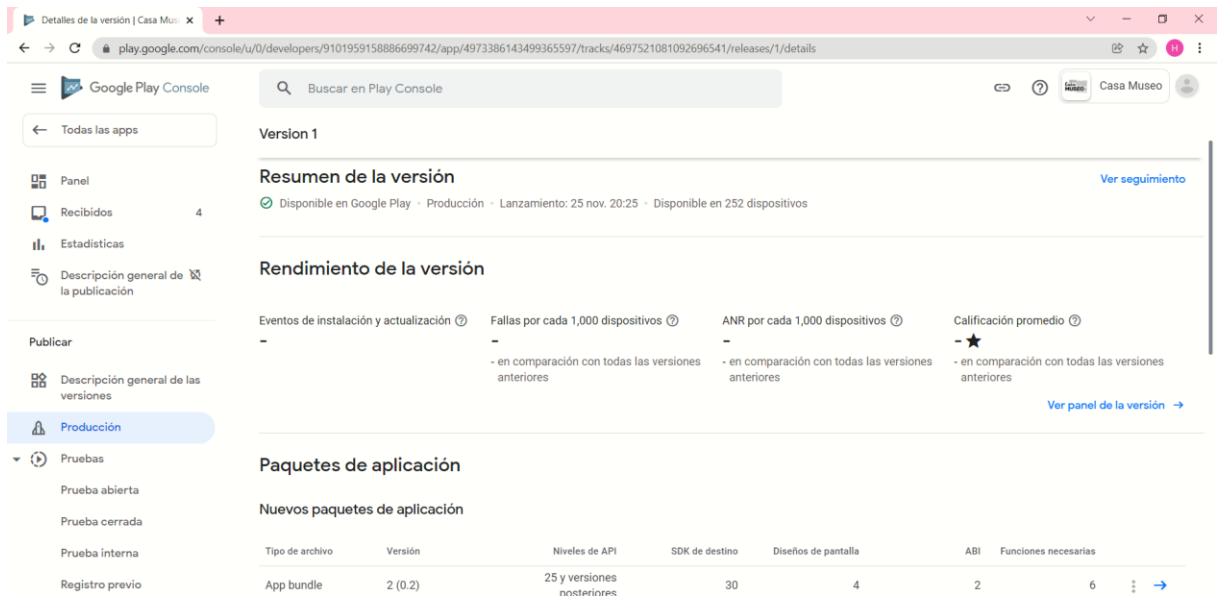


Figura 36: Panel de control de Google Play Console, Resumen de versión subida

- Verificar la publicación en Play Store, en este caso se evidencia en la **Figura 37** la aplicación disponible en Play Store.



Casa Museo

VIEW TEAM Educación

Para todos

Esta aplicación está disponible para algunos de tus dispositivos

Añadir a la lista de deseos

Instalar



Con esta aplicación móvil de realidad aumentada podrás interactuar con los elementos y la información de las diferentes salas de exposición de la Casa Museo de la ciudad de Riobamba. Mediante audio guías, modelos 3D y reconocimiento de imágenes se pretende enriquecer la experiencia de los visitantes del Museo y fortalecer la difusión de la información sobre la riqueza historia y cultural que posee Riobamba.

Figura 37: Aplicación móvil en Play Store