



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS



**Universidad
Andina
del Cusco**

TESIS

APLICATIVO MÓVIL DE REALIDAD AUMENTADA EN PUNTOS DE INTERÉS
PARA LA DIFUSIÓN Y REVALORIZACIÓN EN EL CENTRO HISTÓRICO DEL
CUSCO

Presentado por:

LOVATON BRAVO, EDSON JOAO
QUISPE DONGO, LILIA VICTORIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO DE SISTEMAS

Asesor:

ING. IVÁN MOLERO DELGADO

CUSCO – PERÚ
2021



DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres, ya que me apoyaron en toda mi etapa estudiantil, y de esta manera, haber podido llegar a este momento de mi carrera profesional, a nuestro docente por ser nuestra guía en el proceso de desarrollo, y de este modo culminar nuestro proyecto de tesis y lograr nuestros objetivos.

Lilia Victoria Quispe Dongo

Dedico el presente trabajo a mis padres y hermanos, quienes me han apoyado en todo momento y estuvieron conmigo durante esta etapa de mi vida profesional.

Edson Joao Lovaton Bravo



AGRADECIMIENTOS

A mi familia por siempre brindarme su apoyo.

A nuestro asesor por orientarnos en todo este proceso.

Lilia Victoria Quispe Dongo

A los docentes que me impartieron sus conocimientos e infundieron valores.

A nuestro asesor el ingeniero Ivan Molero por apoyarnos en la realización de este proyecto.

A la Universidad Andina del Cusco, por impartirme el conocimiento para la culminación de esta etapa de mi vida.

A mi familia y amigos por creer siempre en mí.

Edson Joao Lovaton Bravo



ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE TABLAS	8
INTRODUCCIÓN	10
RESUMEN.....	11
ABSTRACT.....	12
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	13
1.1 ÁMBITO DE LA INFLUENCIA.....	14
1.1.1 Ámbito de influencia teórica.....	14
1.1.2 Área de Dominio	14
1.1.3 Línea de Investigación	14
1.1.4 Tipo de investigación.....	14
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.2.1 Descripción de la situación actual del lugar de intervención	15
1.2.2 Descripción del problema.....	16
1.2.3 Formulación del problema.....	17
1.2.4 Objetivos.....	17
Objetivo general.....	17
Objetivos específicos	17
1.2.5 Justificación	18
1.2.6 Alcances y Limitaciones	20
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	21
2.1 ANTECEDENTES DE ESTUDIO.....	22
2.1.1 Antecedentes Internacionales	22
2.1.2 Antecedentes Nacionales	23
2.2 BASES TEÓRICAS – CIENTÍFICAS.....	25
2.2.1 Sistemas Operativos Móviles	25
2.2.1.1 Sistema Operativo Android	26
2.2.2 Realidad Aumentada	29
2.2.3 Herramientas de modelación 3D	38
2.2.3.1 Blender.....	38
2.2.3.2 SketchUp	39
2.2.4 Herramientas de desarrollo móvil	40



2.2.5	Metodología de desarrollo “Mobile-D”	46
2.2.6	Pruebas de Usabilidad	62
2.2.6.1	Métricas de usabilidad.....	63
2.2.6.2	Método de evaluación.....	67
2.2.7	Puntos de interés	68
2.2.7.1	Centro histórico del Cusco.....	68
2.2.7.2	Parque arqueológico de Sacsayhuamán	70
2.2.8	Realidad aumentada para la preservación y difusión del patrimonio cultural.....	73
CAPITULO III: DESARROLLO		76
3.1	Primera fase: Exploración.....	77
3.1.1	Visión General de la aplicación	77
3.1.2	Establecimiento de los interesados o Stakeholder	77
3.1.3	Definición de alcance	78
3.1.3.1	Requerimientos previos	78
3.1.3.2	Requisitos iniciales	79
3.1.3.3	Requerimientos funcionales.....	79
3.1.3.4	Requerimientos no funcionales	82
3.1.4	Establecimiento del proyecto.....	82
3.1.4.1	Selección de entorno	82
3.1.4.2	Requisitos de arquitectura	84
3.1.4.3	Planificación del desarrollo del proyecto.....	85
3.2	Segunda fase: Inicialización.....	85
3.2.1	Configuración del proyecto	86
3.2.2	Formación y desarrollo de habilidades	86
3.2.3	Planificación inicial	87
3.2.3.1	Arquitectura de la aplicación.....	87
3.2.3.2	Análisis de los requerimientos funcionales	88
3.2.3.3	Planificación por fases	89
3.2.3.4	Elaboración de los prototipos de mediana fidelidad	91
3.2.3.5	Diagrama de flujo de interfaz.....	100
3.3	Tercera fase: Producción.....	105
3.3.1	Tarjetas de historias (Story Card)	105
3.3.2	Tarjetas de Tareas (Task Card)	110
3.4	Cuarta fase: Estabilización del sistema	116



3.5	Quinta fase: Pruebas y reparación del sistema	120
3.5.1	Plan de pruebas	120
3.5.2	Ambiente de pruebas.....	121
3.5.3	Pruebas funcionales	123
3.5.3.1	Hojas de prueba de aceptación.....	124
3.5.4	Pruebas no funcionales	145
3.5.4.1	Pruebas de usabilidad	145
3.5.4.2	Disponibilidad y rendimiento.....	146
2.2.9	Seguimiento y verificación de las pruebas funcionales	147
2.2.9.1	Pruebas de reparación	148
2.2.9.2	Hoja resumen de correcciones y modificaciones.....	150
CAPITULO IV: RESULTADOS		151
4.1	Comprobación de la prospectiva	152
4.2	Cumplimiento de objetivos.....	166
4.3	Contribuciones.....	167
CONCLUSIONES		169
RECOMENDACIONES		170
GLOSARIO DE TÉRMINOS		171
REFERENCIAS		176
ANEXOS.....		180
Anexo 1: Delimitación geográfica del área del proyecto de investigación...		181
Anexo 2: Puntos de interés dentro del Centro Histórico de Cusco		182
Anexo 3: Puntos de interés dentro del Parque Arqueológico de Sacsayhuamán		183
Anexo 4: Modelo del cuestionario de usabilidad percibida		186
Anexo 5: Lista de dispositivos que soportan ARCore		188
Anexo 6: Costeo de los recursos utilizados en el proyecto de investigación		189
Anexo 7: Cronograma detallado		190
Anexo 8: Matriz de consistencia.....		192



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pila de software de Android.....	27
Figura 2. Mixed Reality [Realidad Mixta].	30
Figura 3. Cronología de la Historia de la Realidad Aumentada.	33
Figura 4. Fases de la Metodología Mobile-D	48
Figura 5. Desglose de la fase de exploración.....	48
Figura 6. Desglose de la fase de inicialización	51
Figura 7. Desglose de la fase de producción.....	53
Figura 8. Desglose de la fase de estabilización.....	56
Figura 9. Desglose de la fase de pruebas y reparaciones.	57
Figura 10. Modelo de Story Card	58
Figura 11. Modelo de Task Card.....	59
Figura 12. Planta general de los restos arqueológicos de Sacsayhuamán.....	71
Figura 13. Puntos de interés georreferenciados del centro histórico y del parque arqueológico de Cusco	73
Figura 14. Ciclo de desarrollo de Mobile-D.....	77
Figura 15. Arquitectura general de la aplicación.....	87
Figura 16. Pantalla de inicio del aplicativo.....	92
Figura 17. Prototipo del menú en la parte inferior de la pantalla.....	93
Figura 18. Prototipo de la actividad Mapa o pantalla principal.	94
Figura 19. Prototipo de la actividad detalles del punto de interés	95
Figura 20. Prototipo de la actividad Navegación	96
Figura 21. Prototipo de la actividad Explorar	97
Figura 22. Prototipo de la actividad Detalles del punto de interés en AR.....	98
Figura 23. Prototipo de la actividad Realidad Aumentada	99
Figura 24. Prototipo de la actividad Favoritos.....	100
Figura 25. Diagrama de flujo de interfaz.....	101
Figura 26. Flujo de pantallas al iniciar el aplicativo.....	102
Figura 27. Flujo de pantallas correspondiente al módulo Mapa y Favoritos	103
Figura 28. Flujo de pantallas correspondiente al módulo Explorar y Favoritos.	104
Figura 29. Módulos del aplicativo representados en actividades.....	116
Figura 30. Código que permite la navegación entre actividades del menú inferior del aplicativo.....	117
Figura 31. Formato del archivo GeoJSON	118
Figura 32. Incorporación de los modelos 3D al aplicativo.....	119
Figura 33. Resultados de la prueba de efectividad y eficiencia.	153
Figura 34. Resultados del tiempo promedio por el número de intentos	154
Figura 35. Porcentaje de tareas completadas con éxito y número de errores reportados durante el promedio de los tres intentos.....	154
Figura 36. Resultado de la pregunta uno sobre la legibilidad de la información. ..	155
Figura 37. Resultados de la pregunta dos sobre el esquema de diseño.....	156
Figura 38. Resultado de la pregunta tres de satisfacción	156



Figura 39. Resultado de la pregunta cuatro sobre el grado de funcionalidad del prototipo.....	157
Figura 40. Resultados de la pregunta cinco sobre el grado de configuración del prototipo.....	158
Figura 41. Resultado de la pregunta seis sobre el cumplimiento del contexto.....	159
Figura 42. Resultado de la pregunta siete sobre el diseño y estética	159
Figura 43. Resultado de la pregunta ocho sobre el grado de memorabilidad	160
Figura 44. Resultado de la pregunta nueve sobre la exposición de datos del usuario	161
Figura 45. Delimitación por del centro histórico del Cusco.	181

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Componentes hardware de un sistema de realidad aumentada.....	36
Tabla 2. Modelo de hoja de prueba de aceptación y reparación.....	60
Tabla 3. Atributos y métricas asociadas	64
Tabla 4. Modelo de referencia para medir la eficacia.....	65
Tabla 5. Modelo de referencia para medir la eficiencia.....	65
Tabla 6. Modelo para medir el grado de satisfacción.....	66
Tabla 7. Puntos de Interés dentro del área “EA-I” del Centro Histórico del Cusco ..	69
Tabla 8. Punto de interés del Parque Arqueológico de Sacsayhuamán.....	72
Tabla 9. Establecimiento de los interesados.....	78
Tabla 10. Requerimientos funcionales.....	79
Tabla 11. Requerimiento funcional del módulo mapa.....	80
Tabla 12. Requerimiento funcional del módulo exploración – AR.....	81
Tabla 13. Requerimiento funcional del módulo favoritos.....	81
Tabla 14. Requerimientos no funcionales.....	82
Tabla 15. Entorno de desarrollo.....	83
Tabla 16. Requisitos de la arquitectura del aplicativo	84
Tabla 17. Análisis de los requerimientos funcionales.....	88
Tabla 18. Planificación por fases de la metodología.....	89
Tabla 19. Plantilla de tarjetas de historia.....	90
Tabla 20. Plantilla de tarjeta de tareas.....	91
Tabla 21. Lista de story card (tarjetas de historias)	105
Tabla 22. H001 - Onboarding screen.....	105
Tabla 23. H002 - Menú de Navegación	106
Tabla 24. H003 – Mapa	106
Tabla 25. H004 – Geolocalización	107
Tabla 26. H005 - Puntos de interés	107
Tabla 27. H006 - Geolocalización de puntos de interés.....	108
Tabla 28. H007 - Navegación y rutas	108
Tabla 29. H008 - Objetos 3D y Realidad Aumentada	109
Tabla 30. H009 – Buscador.....	109



Tabla 31. H010 – Favoritos	110
Tabla 32. Lista de Task Card (Tarjetas de tareas).....	110
Tabla 33. T001 - Onboarding Screen (Pantalla de incorporación)	111
Tabla 34. T002 - Menú de navegación	111
Tabla 35. T003 – Mapa	112
Tabla 36. T004 – Geolocalización	112
Tabla 37. T005 - Puntos de interés.....	113
Tabla 38. T006 - Geolocalización de puntos de interés	113
Tabla 39. T007 - Navegación y rutas.....	114
Tabla 40. T008 - Objetos 3D y Realidad Aumentada.....	114
Tabla 41. T009 – Buscador	114
Tabla 42. T010 – Favoritos.....	115
Tabla 43. Plan de pruebas.....	120
Tabla 44. Dispositivo de pruebas I.....	121
Tabla 45. Dispositivo de pruebas II.....	122
Tabla 46. Dispositivo de pruebas III.....	122
Tabla 47. Dispositivo de pruebas IV	123
Tabla 48. Lista de pruebas funcionales	123
Tabla 49. Hoja de prueba de aceptación PF001	124
Tabla 50. Hoja de prueba de aceptación PF002	126
Tabla 51. Hoja de prueba de aceptación PF003.....	128
Tabla 52. Hoja de prueba de aceptación PF004.....	129
Tabla 53. Hoja de prueba de aceptación PF005.....	131
Tabla 54. Hoja de prueba de aceptación PF006.....	135
Tabla 55. Hoja de prueba de aceptación PF007.....	136
Tabla 56. Hoja de prueba de aceptación PF008.....	139
Tabla 57. Hoja de prueba de aceptación PF009.....	141
Tabla 58. Hoja de prueba de aceptación PF010.....	142
Tabla 59. Pruebas no funcionales.	145
Tabla 60. Seguimiento y verificación de las pruebas funcionales.	147
Tabla 61. Verificación de las funcionalidades del aplicativo.....	147
Tabla 62. Prueba de reparación PR001.....	148
Tabla 63. Hoja de resumen de correcciones y modificaciones.	150
Tabla 64. Resultados de la pregunta uno del cuestionario Post-Test	162
Tabla 65. Resultados de la pregunta dos del cuestionario Post-Test.....	163
Tabla 66. Resultados de la pregunta tres del cuestionario Post-Test.	163
Tabla 67. Resultados de la pregunta cuatro del cuestionario Post-Test.	164
Tabla 68. Resultados de la pregunta cinco del cuestionario Post-Test.....	164
Tabla 69. Resultados de la pregunta seis del cuestionario Post-Test.....	165
Tabla 70. Puntos de Interés dentro del área “EA-I” del Centro Histórico del Cusco	182
Tabla 71. Sitios Arqueológicos Georreferenciados dentro del PAS	183
Tabla 72. Lista de dispositivos que soportan ARCore.....	188
Tabla 73. Costeo del proyecto.....	189



INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo describir el desarrollo de un prototipo de aplicativo móvil de realidad aumentada en puntos de interés del Centro histórico de Cusco y parte del complejo arqueológico de Sacsayhuamán, para determinar si el uso de este mismo puede ayudar a la difusión y revalorización de estos dos patrimonios culturales.

En este trabajo de investigación también se exponen los diferentes motivos que se siguieron para el desarrollo del proyecto de tesis denominado: “APLICATIVO MÓVIL DE REALIDAD AUMENTADA EN PUNTOS DE INTERÉS PARA LA DIFUSIÓN Y REVALORIZACIÓN EN EL CENTRO HISTÓRICO DEL CUSCO”, y para el entendimiento del mismo, se realizó la división de la tesis en cuatro capítulos:

Capítulo I “Problema de investigación”, donde se define el ámbito de influencia de la tesis, el planteamiento de problema, objetivos, justificación, el alcance y limitaciones del proyecto.

Capítulo II “Marco teórico”, se describen los antecedentes, en el cual se tomó como referencia otros trabajos de investigación nacionales y extranjeros; en este capítulo también se describen las bases teóricas usadas en este proyecto.

Capítulo III “Desarrollo”, se describe el desarrollo del prototipo de la aplicación usando la metodología Mobile-D mediante las etapas definidas en el marco teórico.

Capítulo IV “Resultados”, donde se analiza y describe los resultados obtenidos de las pruebas de uso del prototipo, para posteriormente contrastar el cumplimiento de los objetivos e impacto de este.

Finalmente se presentan las “conclusiones y recomendaciones”, donde detallan las conclusiones y recomendaciones finales del proyecto, también se incluyen en la parte final el “Glosario”, “Referencias” y “Anexos”.



RESUMEN

La presente investigación propone una manera de implementar la utilidad de las aplicaciones de realidad aumentada en el sector turístico para la difusión y revalorización del patrimonio histórico y cultural del Cusco, mediante el desarrollo de un aplicativo móvil para mostrar los puntos de mayor interés dentro del centro histórico de Cusco, la realidad aumentada para el turismo tiene infinitos campos de aplicación y potencial gracias a la creciente difusión de dispositivos móviles como tabletas y teléfonos inteligentes, por tal motivo se ha tomado en consideración el uso de tecnologías de realidad aumentada más potentes y efectivas como es ARCore, la plataforma de desarrollo de software de realidad aumentada implementada por Google, la aplicación está desarrollada con Java, con la ayuda del IDE de Android Studio.

La realidad aumentada puede desempeñar un papel clave para disfrutar de esta experiencia de una manera agradable, al simplificar los métodos de acceso a la información, de tal forma que mejore la experiencia del viajero haciéndola más atractiva y accesible.

Se ha utilizado la metodología ágil Mobile-D para el desarrollo del proyecto de investigación, ya que proporcionaba un marco de trabajo adaptable a nuestros requerimientos, como el trabajo en equipo y entrega de resultados revisados y terminados, lo que permite desarrollar y desplegar un producto totalmente funcional y completo, y sobre todo acorde a los requerimientos establecidos inicialmente. Durante la última fase de la metodología se hicieron las pruebas del aplicativo, la cual incluía también aplicar encuestas sobre la usabilidad del aplicativo en algunos participantes, lo que permitió saber el grado de usabilidad, posibles faltas, verificación de funcionalidades del aplicativo, y obtener retroalimentación de las opiniones de los encuestados que hayan probado el aplicativo. En base a los resultados, podemos comprobar que, sí existe un buen grado de aceptación de los usuarios encuestados con el aplicativo, y que la realidad aumentada es una tecnología que resulta atractiva para los usuarios.



ABSTRACT

This research proposes a way to implement the use of augmented reality applications in the tourism sector for the dissemination and revaluation of the historical and cultural heritage of Cusco, through the development of a mobile application to show the points of greatest interest within the center historical of Cusco, augmented reality for tourism has infinite fields of application and potential thanks to the growing spread of mobile devices such as tablets and smartphones, for this reason, the use of more powerful and effective augmented reality technologies has been taken into consideration As is ARCore, the augmented reality software development platform implemented by Google, the application is developed with Java, with the help of the Android Studio IDE.

Augmented reality can play a key role in enjoying this experience pleasantly, by simplifying the methods of accessing information, in such a way that it improves the traveler's experience by making it more attractive and accessible.

The agile Mobile-D methodology has been used for the development of the research project, since it provided a framework adaptable to our requirements, such as teamwork and delivery of revised and finished results, which allows the development and deployment of a product. fully functional and complete, and above all by the initially established requirements. During the last phase of the methodology, the application tests were carried out, which also included applying surveys on the usability of the application in some participants, which allowed to know the degree of usability, possible faults, verification of the application's functionalities, and obtain feedback. of the opinions of the respondents who have tried the application. Based on the results, we can verify that there is a good degree of acceptance by the users surveyed with the application and that augmented reality is a technology that is attractive to users.



CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN



1.1 ÁMBITO DE LA INFLUENCIA

1.1.1 Ámbito de influencia teórica

Actualmente la realidad aumentada o AR (Augmented Reality) por sus siglas en inglés, es una de las herramientas más recientes del campo de las tecnologías de información. Por el momento, algunas de las experiencias con la realidad aumentada más conocidas han sido principalmente en ámbitos comerciales y marketing de productos, aunque sus usos pueden ser aplicados en diferentes áreas, sobre todo dentro de la industria del turismo. Aun así, la facilidad con la que se experimenta esta herramienta, ha hecho que la realidad aumentada sea recientemente utilizada en el ámbito de la educación, arquitectura, medicina, arqueología, turismo y otros.

1.1.2 Área de Dominio

Teniendo en cuenta las áreas de dominio de la escuela profesional de Ingeniera de Sistemas, el área de dominio que corresponde al presente proyecto es tecnologías de información.

1.1.3 Línea de Investigación

La línea de investigación en el cual se basa nuestro proyecto de tesis corresponde al desarrollo de Tecnologías de Información dentro de la línea de Innovación tecnológica de Información.

1.1.4 Tipo de investigación

El tipo de investigación realizada es “aplicada”, porque se soluciona un problema en base a la búsqueda y conocimiento previo, además, tomando en cuenta a (Sampieri, 2014) la investigación aplicada resulta útil para resolver problemas sociales mediante la exploración y búsqueda de información.



1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 Descripción de la situación actual del lugar de intervención

El Centro histórico del Cusco, tiene antecedentes trascendentales los cuales tienen muchos puntos de interés por ser la antigua capital del Imperio Incaico; si tomamos en cuenta el diseño urbano, el cual fue nombrando como “la ciudad puma” por varios historiadores de la cultura incaica y algunos escritores como el Inca Garcilaso de la Vega; siendo los más conocidos Sacsayhuamán, el Coricancha, la plaza de armas y las calles aledañas que abarcan siglos de historia, por lo tanto la revalorización es importante para la preservación de patrimonio monumental y arqueológico que se encuentra en el centro histórico del Cusco. El Patrimonio cultural, además, es un bien de enorme valor cultural que atesora fuentes de valor educativo, económico y social, que genera empleo y estimula el turismo, ya que a pesar de muchos hechos históricos y desastres naturales aún se encuentra en un estado de conservación aceptable, de este modo fue declarado Patrimonio Cultural de la Nación en 1983; y Patrimonio Cultural de la humanidad por la UNESCO el mismo año.

Otro tema a tratar es la información que solicitan los turistas y la que se les brinda, ya que depende mucho de la disponibilidad de este, y es que los turistas antes de planificar un viaje intentan obtener información de los atractivos que intentan visitar, por lo que recurren a los diversos medios que son más accesibles para ellos, como las TIC'S, que ayudan mucho a la hora de obtener y recolectar información relacionada con el destino turístico deseado, los cuales incluyen celulares inteligentes, guías virtuales, mapas interactivos, que no necesariamente se adecuan a los tipos de turistas que visitan el centro histórico.

Para realizar una visita a un atractivo turístico hay maneras en que uno puede realizar este accionar, una de ellas pueden ser los viajes grupales los cuales involucran visitas rápidas y superficiales, siendo la información que se muestra aquí meramente básica; también están los viajes individuales que consisten en una serie de visitas frecuentes, la información que buscan estos visitantes serán más descriptivas puesto que dependerán necesariamente de la información que tengan o vayan obteniendo durante su visita a algún atractivo



turístico; luego están los grupos de viajes conformados por familias, la información que obtengan estos, dependerá mucho de decidir si estos grupos contrataran servicios adicionales como las de un guía o algún paquete adicional como los viajes en grupos; otras variaciones que conforman los grupos de viajes serian aquellos que viajan con amigos, con pareja o con algún pariente, todos estos podrían incluirse en algunos de los ya mencionados anteriormente.

Algunos servicios turísticos como el ingreso a museos u otros son parte del paquete turístico del Cusco, el cual incluye diferentes tarifas dependiendo del tipo de turista (con esto se hace referencia si el turista es extranjero, local, estudiante, etc.), este paquete abarca 16 puntos de interés distintos y diferentes circuitos.

1.2.2 Descripción del problema

Si bien es cierto el uso de dispositivos móviles es casi imprescindible durante el viaje, si se quisiera acceder a información relacionada a un determinado lugar es posible que la información no esté disponible en tiempo real durante la visita, por lo que en el recorrido podrían no mencionarse algunas partes que nos enseñan el contexto histórico de algún punto de interés, por ello el utilizar las nuevas tecnologías de información y comunicación, como la realidad aumentada u otra forma de guía que favorecería la mejora de acceso de información para el usuario.

Algunos puntos de interés dentro del centro histórico del Cusco no están adecuadamente valorizados, siendo esto particularmente cierto para monumentos menores, y es que por lo general no se conoce su importancia histórica o evolución a lo largo del tiempo, de modo que resulta importante dar a conocer de una forma adecuada y diferente la importancia de estos monumentos. Ya que abarcaremos también como punto de interés parte del Parque Arqueológico de Sacsayhuamán dentro del centro histórico del Cusco, tal como afirma Monteverde (2012), este cuenta con más de noventa puntos de interés, y realmente esto es un problema ya que los turistas no logran visitar todos estos puntos de interés por motivos de tiempo y previa planificación, o



porque están ligados a un paquete turístico que incluyen visitas guiadas, tal como se explicó anteriormente, y por lo general estos paquetes turísticos incluyen visitas a puntos muy conocidos, puesto que para un turista en solitario o turistas que no prefieran contratar estos servicios turísticos, estos lugares o zonas pueden parecer desconocidos, inclusive si poseen algún material adicional como mapas o las mismas señalizaciones que existen tanto en el Parque arqueológico como la parte céntrica del Cusco.

1.2.3 Formulación del problema

¿Cómo implementar un aplicativo móvil de realidad aumentada en los puntos de interés, para la difusión y revalorización en el centro histórico del Cusco?

Formulación interrogativa de los problemas específicos

1. ¿Cuál es el framework adecuado para el desarrollo e implementación de un aplicativo en realidad aumentada?
2. ¿Cuáles serán los tipos de información que se tomarán en cuenta para el desarrollo del aplicativo?
3. ¿Cómo elaborar la aplicación de realidad aumentada en el centro histórico del Cusco?

1.2.4 Objetivos

Objetivo general

Describir la implementación del aplicativo móvil de realidad aumentada en los puntos de interés, para la difusión y revalorización en el Centro histórico del Cusco.

Objetivos específicos

1. Identificar los frameworks adecuados para el desarrollo del aplicativo en realidad aumentada.
2. Determinar el tipo de información que se utilizará para el desarrollo del aplicativo.
3. Elaborar la aplicación de realidad aumentada para el Centro histórico del Cusco.



1.2.5 Justificación

El presente trabajo de investigación es importante porque permite la revalorización del Centro Histórico del Cusco como patrimonio cultural de la humanidad y tiene como finalidad enriquecer la experiencia del turista respecto a los puntos de interés que se encuentran en el centro histórico, para que la visita sea un recorrido estimulante, no solo para los visitantes extranjeros o nacionales, sino también para los locales.

Da Vinci Restauro S.L. (s.f.), explica que “Proteger y revalorizar el Patrimonio contribuye al desarrollo local”, así mismo expone que el turismo cultural ejerce un efecto realmente positivo para las comunidades, puesto que contribuye a su mantenimiento y protección (a parte de los beneficios socioculturales y económicos que permite en toda la población).

Además, se facilita la visita y enriquece la experiencia del visitante en el centro histórico del Cusco, de tal forma que nuestro proyecto facilite la forma en que se da la información al turista local y extranjero, mostrando información detallada acerca de los recursos multimedia incorporados dentro de los puntos de interés dentro del centro histórico del Cusco, por tal motivo nos proponemos a investigar la forma más adecuada posible para el desarrollo de nuestro proyecto, recurriendo así a proyectos e investigaciones que ya hayan abordado el tema principal que mencionamos en este proyecto.



Relevancia social

El presente proyecto es de gran importancia en vista de que podría ayudar a la revalorización del patrimonio cultural y enriquecer la experiencia que tiene el usuario frente al centro histórico del Cusco, puesto que se tiene la tecnología y el recurso patrimonial, se puede aprovechar la combinación de ambos mediante un aplicativo de realidad aumentada que permita mostrar información multimedia como texto e imágenes, para que el usuario pueda ampliar su información acerca de algún punto de interés de forma sencilla, rápida y dinámica, y sobre todo ver algunos puntos de interés en realidad aumentada, de esta forma aproximamos al usuario a estos monumentos de forma virtual.

Además, se espera que el aplicativo se presente ante el usuario como una herramienta de ayuda durante su recorrido por el centro histórico del Cusco.

Consideramos que sería de interés para los gestores de estos puntos de interés como el Ministerio de Cultura y el Gobierno Municipal del Cusco, porque el centro histórico de Cusco tiene la infraestructura suficiente para la prestación de servicios, como la difusión de monumentos a través del uso de tecnologías de realidad aumentada.

Relevancia aplicativa

La Realidad Aumentada posee el potencial para facilitar la ejecución de casi cualquier tarea que pueda ser desarrollada en el mundo real, permitiendo a los usuarios obtener información detallada no disponible o directamente no detectable por medio de sus sentidos, aplicada al turismo puede ayudar a revalorizar y dar a conocer desde otra perspectiva el patrimonio histórico y cultural de la ciudad, enriqueciendo y dando un valor añadido a toda la información existente; el desarrollo del aplicativo permitirá a los turistas conocer de una mejor forma el centro histórico.

Relevancia teórica

La herramienta por desarrollar puede ser aplicada en otros contextos parecidos a estos y posiblemente en ciudades donde exista mucha concurrencia turística.



1.2.6 Alcances y Limitaciones

Alcances

- El proyecto tiene como alcance catalogar gran parte de los puntos de interés del centro histórico de Cusco y al menos un 15% de los puntos de interés más importantes del parque arqueológico de Sacsayhuamán.
- Los objetivos específicos que comprende la investigación están referidos a contextualizar la información relacionada a los puntos de interés más importante del centro histórico del cusco, los cuales incluirá recursos multimedia.

Limitaciones

- Ausencia de información sistematizada y organizada de los puntos de interés, con el fin de ser expuesto en el aplicativo móvil.
- El proyecto esto enfocado en cubrir 33 puntos de interés que se encuentran dentro del área de estructuración 1 del centro histórico del Cusco (plazas, calles, iglesias y museos), y 12 puntos de interés del parque arqueológico de Sacsayhuamán (véase anexo 1, 2 y tabla 8), es necesario aclarar que no todos ellos están disponibles al público en general a menos que se haya realizado un pago previo o mediante el boleto turístico.



CAPITULO II: MARCO TEÓRICO



2.1 ANTECEDENTES DE ESTUDIO

2.1.1 Antecedentes Internacionales

- a. En la tesis doctoral: *“Realidad Aumentada bajo Tecnología Móvil basada en el Contexto Aplicada a Destinos Turísticos”* (2014), de José Leiva Olivera, Universidad de Málaga.

Resumen: Este proyecto de tesis tuvo como objetivo la creación de un sistema de realidad aumentada en dispositivos móviles para un destino turístico, donde los usuarios puedan disponer de herramientas para planificar individualmente o en grupo visitas o rutas turísticas, teniendo en cuenta sus preferencias y contexto; de esta forma, el autor planteo un método que resuelva los problemas existentes en los sistemas de realidad aumentada hasta el momento, como eran el exceso de información, los parámetros contextuales al mostrar información no relevante, y el uso de información más dinámica y objetiva.

Conclusión de la investigación: Leiva (2014) concluye que su trabajo de investigación ha permitido mostrar la importancia de la integración de tecnologías de realidad aumentada en el sector turístico (en este caso implementado en el destino turístico Costa del Sol).

Comentario: El autor de por sí, hace un análisis exhaustivo de todos aquellos posibles aspectos que influyan al momento de implementar la realidad aumentada en un destino turístico, un proyecto muy interesante que nos ayudará a establecer pautas al momento de realizar nuestro proyecto; es más, su amplia discusión de las herramientas, técnicas y referencias ayudan a entender que es necesario tomar en cuenta muchos atributos contextuales para ofrecer una experiencia de calidad al usuario.

- b. En la monografía: *“Desarrollo de una Aplicación Móvil y una Guía de Turismo para la Visualización y Descripción de los Sitios Turísticos del Centro de la Ciudad de Cartagena utilizando Realidad*



Aumentada.” (2014), realizado por Arteaga Cabrera, Jorge Luis y Acuña Tafur, Roviro Enrique.

Resumen: Este proyecto se centró principalmente en implementar la realidad aumentada en una aplicación móvil que funcione como una guía de Turismo para la visualización y descripción de los sitios turísticos del centro de la ciudad de Cartagena; el propósito principal del aplicativo era usar la realidad aumentada para la visualización y descripción de los sitios históricos del centro de Cartagena, y que también sirva como una herramienta turística-educativa en procesos de aprendizaje y enseñanza acerca de la historia de Cartagena.

Conclusión de la investigación: Los autores de la investigación concluyen que su aplicación móvil sirve para identificar los monumentos más importantes, y servir como guía para conocer nuevos lugares de la ciudad de Cartagena de Indias, Colombia.

Comentario: El desarrollo del proyecto permitió entender la importancia de las tecnologías actuales y su uso en el turismo, además los autores le dan un enfoque educativo a su aplicativo, que es la de permitir la enseñanza acerca de la historia de Cartagena, también se puede observar el uso de software libre para el desarrollo del proyecto (BuildAR), aspecto importante que nos permite entender que en gran parte este tipo de software nos puede permitir el desarrollo de proyectos de calidad y de uso simple e intuitivo para el usuario.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

- a. Otro proyecto de investigación a destacar es la *“Aplicación móvil basada en realidad aumentada para promocionar los principales atractivos turísticos y restaurantes del centro histórico de Lima”*, presentado por Víctor Caballero C. y Antonio Villacorta Gómez, en la universidad de San Martín de Porres, (2014).



Comentario: El proyecto en cuestión propone desarrollar un aplicativo móvil para los turistas, el cual permita mostrar información de los principales atractivos y restaurantes del centro histórico de Lima a través de la realidad aumentada, utilizando dispositivos móviles como principal herramienta, para su realización se utilizaron Framework como Yii (basado en PHP), y para el módulo web html5, JavaScript (Jquery, FancyBoxJs, navBarJS y BasicSliderJs), por lo que se detalla en la documentación, el desarrollo pareció ser más porque de lo que hoy en día se puede hacer, ya que en aquellos años no existían herramientas dedicadas únicamente al desarrollo de la realidad aumentada, por lo que para el caso que presentan ellos utilizaron una base de datos donde se registraron todos los lugares importantes y GPS para la localización, de modo que representaba muy bien la realidad aumentada.

Conclusión de la investigación: Los autores del proyecto de investigación concluyen que el uso del aplicativo de realidad aumentada permite acceder a la información de manera más rápida y confiable, mejorando la experiencia del usuario por el centro histórico de Lima.

- b. En cambio, el aplicativo desarrollado por Jose Arbildo P. y Astrid Tello S. como proyecto de tesis *“Conocimiento e identidad del patrimonio histórico cultural con el uso de aplicaciones móviles con realidad aumentada en los visitantes del museo Iquitos.”* en la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, (2016).

Comentario: Este proyecto tuvo como objetivo mejorar el conocimiento e identidad del Patrimonio Histórico Cultural en los visitantes al Museo Iquitos; en el cual hacen una evaluación acerca de las visitas al museo de Iquitos y determinan realizar la aplicación como un plus de marketing que ayudara al museo a tener más visitas, también tratan la problemática del acceso y calidad de información, y sobre todo la experiencia del usuario; la aplicación en



sí, está desarrollada con Unity 3D, SketchUp, MySql, Galería 3D y Java, además de utilizar herramientas profesionales de Audio y edición como Adobe Photoshop y Adobe Audition; y el método que utilizaron para implementar la realidad aumentada fue el uso de marcadores en base a objetos reales que se encuentran dentro del museo. Lo que se tiene que recalcar de la tesis es que realizan un análisis de la experiencia del usuario, mediante formularios han sido capaces de demostrar que se produjo una mejora significativa en la experiencia de los visitantes al museo de Iquitos.

Conclusión de la investigación: Los autores del proyecto concluyen que, de acuerdo a los resultados de su investigación, el aplicativo ha servido como una herramienta de divulgación efectiva por el gran interés que ha producido en los usuarios.

2.2 BASES TEÓRICAS – CIENTÍFICAS

2.2.1 Sistemas Operativos Móviles

Iniciando con la definición de Sistema Operativo: Programa o conjunto de programas que realizan funciones básicas y permiten el desarrollo de otros programas. (Real Academia Española, 2014, 23^o ed.)

Un sistema operativo móvil vendría a ser un sistema operativo diseñado específicamente para ejecutarse en dispositivos móviles. Viswanathan (2018) afirma. “El sistema operativo móvil es un conjunto de datos y programas que se ejecuta en un dispositivo móvil. Administra el hardware y hace posible que los teléfonos inteligentes, tabletas y dispositivos portátiles puedan ejecutar aplicaciones”.

Un sistema operativo móvil también administra funciones de hardware como la pantalla táctil, cámara, batería, entre otras partes que pueden variar por dispositivos; y funciones de software como las aplicaciones multimedia, conectividad móvil e Internet, conectividad Bluetooth, navegación GPS, reconocimiento de voz y más.



Actualmente los sistemas operativos móviles más populares son Android, iOS, y en menor medida Windows Mobile. Como indica IDC, International Data Corporation (2017), la cuota de mercado de los sistemas operativos en todo el mundo en lo fue el 2017, estuvo dominada por Android, capturando aproximadamente el 85% del volumen de teléfonos inteligentes en todo el mundo, seguido por iOS con un 14.7% y otros sistemas operativos móviles que conforman el 0.2% restante; las cifras actuales no han cambiado mucho, sobre todo por la gran accesibilidad de los teléfonos con sistema operativo de Android en el mercado actual.

2.2.1.1 Sistema Operativo Android

Android es el nombre del sistema operativo móvil y una plataforma de software, basado en Linux para teléfonos móviles, aunque actualmente está siendo implementado en una gama cada vez mayor de dispositivos que abarca desde computadores portátiles, televisores inteligentes, y como sistemas de entretenimiento en automóviles.

Schmidt (2016) describe a Android como: “un proyecto de código abierto (liderado por Google, pero no perteneciente a ellos) llamado AOSP (Android Open Source Project). Google usa este proyecto como base para crear su versión de Android, que luego es utilizada por otros fabricantes”. Schmidt también describe a Android como sistema operativo y recalca que la función básica de éste es de actuar como un traductor entre el usuario y su dispositivo. “Android permite programar en un entorno de trabajo o framework de Java, aplicaciones sobre una máquina virtual Dalvik, que es una variación de la máquina de Java con compilación en tiempo de ejecución” (Báez et al., 2018, p.1).

Inicialmente fundado por Andy Rubin con el nombre de Android Inc. en 2003, fue adquirida por Google en 2005, y aunque tuvo que pasar 3 años para que popularizara, fue gracias a la unión de un consorcio de 48 empresas bajo el nombre Open Handset Alliance, las cuales incluían empresas de desarrollo de hardware, software y telecomunicaciones, que decidieron promocionar el software libre. Pero ha sido Google quien ha publicado la mayor parte del



código fuente del sistema operativo, gracias al software Apache, que es una fundación que da soporte a proyectos software de código abierto (Báez et al., 2018, p.1).

Desde su lanzamiento inicial, Android ha tenido varias versiones, cada una con características cada vez mejores y funcionalidades que se han ido incluyendo a lo largo de los años, la primera versión, Android 1.0 fue lanzada el 23 de septiembre de 2008, y desde entonces ha habido aproximadamente 8 versiones más; la versión más actual es Android 11.0, que fue presentado el 8 de septiembre de 2020, siendo la última versión lanzada por Google solo para algunos dispositivos móviles.

Arquitectura de la plataforma Android

Como se mencionó anteriormente, Android es una plataforma de software de código abierto basada en Linux, en el siguiente diagrama se muestran los componentes principales de la plataforma ("Arquitectura de la plataforma Android, Android Developers ", 2018):

Figura 1. Pila de software de Android.

Fuente: Extraído de <https://developer.android.com/guide/platform/?hl=es-419>





- **Kernel de Linux:** El Kernel es la base de la plataforma Android; esta primera capa de software permite alojar los drivers que controlan los componentes de hardware de un dispositivo móvil. “Actualmente Android utiliza el Linux Kernel con soporte a largo plazo o también llamado “*Long Term Support*”, LTS por sus siglas en inglés; permitiendo actualizaciones en casos de vulnerabilidad en el software, o actualizaciones de funcionalidades nuevas, entre otros. Por otro lado, la versión de Kernel de un smartphone dependerá del procesador que integre el dispositivo” (Calvo, 2018).
- **Capa de abstracción de hardware (HAL):** Es la capa que brinda interfaces estándares para controlar el hardware; están implementados en módulos que pertenecen a una biblioteca que el sistema operativo carga cuando el usuario requiera una función que implique el uso de hardware, como el módulo de la cámara o de bluetooth.
- **Tiempo de ejecución de Android:** Android Runtime (ART) es un entorno de ejecución de aplicaciones utilizado por el sistema operativo móvil Android. ART reemplaza a Dalvik, que es la máquina virtual utilizada originalmente por Android, y lleva a cabo la transformación de la aplicación en instrucciones de máquina, que luego son ejecutadas por el entorno de ejecución nativo del dispositivo (“Android Runtime”, 2017).
- **Bibliotecas C/C++ nativas:** Muchos componentes y servicios centrales del sistema Android, como el ART y la HAL, se basan en código nativo que requiere bibliotecas nativas escritas en C y C++. La plataforma Android proporciona la API del framework de Java para exponer la funcionalidad de algunas de estas bibliotecas nativas a las apps.
- **Framework de Java API:** Es un conjunto de bibliotecas nativas escritas en el lenguaje Java que permiten la mayoría de las funciones del sistema operativo Android. Este framework permite también el desarrollo de aplicaciones por parte de los desarrolladores, permitiendo y simplificando la reutilización de componentes del sistema, la administración de recursos, los servicios centrales y modulares.
- **Apps del sistema:** Son las aplicaciones incluidas por defecto por el sistema operativo, funcionan como apps para los usuarios y brindan



funcionalidades las cuales los desarrolladores pueden reutilizar o hacer referencia desde sus propias apps.

Características de Android

En su versión más reciente Android 10 se integraron varias funcionalidades para los usuarios y desarrolladores, entre las cuales se destacan las siguientes ("Características y API de Android 10, Android Developers", 2018):

- Posicionamiento en interiores con RTT¹ de Wi-Fi, que permite que ciertos dispositivos con hardware correspondiente la navegación de espacios cerrados con el uso de Wi-Fi. En más detalle, RTT es el tiempo que lleva enviar un paquete de datos más el tiempo que tarda en recibir una respuesta a ese paquete.
- Redes Neuronales API 1.1, aunque presentado anteriormente en Android 8.1 para acelerar el aprendizaje automático en Android, en Android 9 mejora el aprendizaje automático con nuevas operaciones matemáticas y operaciones con matrices muchas más complejas.
- Mejoras de Seguridad que incluyen seguridad a nivel software y hardware, con funciones como la autenticación biométrica, compatibilidad con encriptación heredada, entre otras.

2.2.2 Realidad Aumentada

Definición

La realidad aumentada es una tecnología que permite mostrar la experiencia de la realidad a través de indicadores visuales. Utilizando soportes tecnológicos como son los teléfonos inteligentes, computadoras portátiles, tabletas. De esta manera el usuario puede obtener información adicional sobre el entorno en el que se encuentra.

Siendo una tecnología relativamente reciente y en constante evolución. Si la definiríamos, en términos muy generales, se podría decir que es la

¹ De Round-Trip Time (por sus siglas en inglés) o Tiempo de ida y vuelta, que también es conocido como tiempo de ping.



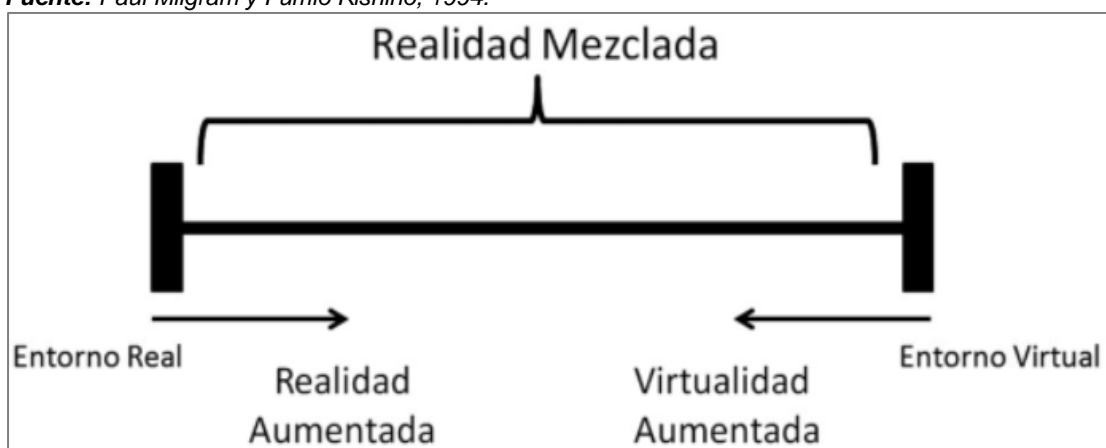
representación de una realidad alterada con relación al entorno real, el cual se superpone, tanto la información artificial, como la virtual.

De este modo mejora la eficiencia al optimizar la información virtual en un entorno real, en tiempo real y permite a los usuarios interactuar con información virtual favorecedora.

Refiriéndose a una técnica para superponer una imagen virtual en relación a un entorno físico, siendo así una combinación entre lo que podemos encontrar en la realidad, e información virtual, de ello se crea una realidad a la que se denomina como realidad mixta en tiempo real.

El término de realidad mixta (mixed reality) fue propuesto por Milgram y Kishino en donde el entorno real es aumentado por medio de objetos virtuales. De esta manera la realidad aumentada, estaría en medio de lo que es real y lo virtual.

Figura 2. *Mixed Reality [Realidad Mixta].*
Fuente: Paul Milgram y Fumio Kishino, 1994.



La figura 2. muestra la clasificación de entornos acorde a los objetos reales y virtuales, en la parte izquierda el entorno real contiene solo objetos reales, y el término realidad aumentada consiste en superponer objetos virtuales en el mundo físico, al lado derecho el entorno virtual es la información que se generada de forma virtual, y la virtualidad aumentada consiste en aumentar el entorno virtual con elementos reales del mundo físico. Ambas partes originan un ambiente de Realidad mixta, de manera que los objetos de un entorno real y virtual se muestren como uno solo, en una pantalla.



2.2.2.1 Historia de Realidad Aumentada

Las primeras investigaciones sobre Realidad Aumentada (AR) empezaron a los años sesenta.

En el año 1962, el fotógrafo Morton Heilig patentó un simulador llamado Sensorama, un simulador de experiencias multisensoriales. En el cual un coche fue capaz de dar la ilusión de la realidad a través de estímulos auditivos, visuales, percepción olfativa, además de la exhibición de cortometrajes a la audiencia junto con pantallas estereoscópicas, altavoces estéreo, sonido, vibración y viento. Sin embargo, el Sensorama solo permaneció como un prototipo.

En el año 1966, el profesor Ivan Sutherland de la Universidad de Harvard creó un visor capaz de mostrar imágenes en 3D que se superponen con escenas reales, HMD (head-mounted display). El cual consistía en un casco que se usaba en la cabeza de modo que permitía la visión a través de una pantalla óptica monocular o binocular. Fue apodado espada de Damocles porque era tan pesado que necesitaba ser sostenido por un brazo mecánico sujeto al techo. El profesor Sutherland trabajó en los años siguientes en el desarrollo de visores cada vez más prácticos y sofisticados.

En el año 1975, el Dr. Myron Krueger desarrolló un laboratorio de realidad artificial llamado Videoplance. Siendo su idea el de crear una realidad virtual que permita a los usuarios interactuar con objetos virtuales sin la necesidad de usar ningún tipo de gafas. El usuario se colocaría frente a una pantalla de proyección mientras una cámara de video registraba sus movimientos. Después de analizarse, la silueta de la persona se proyectaría en la pantalla mostrando cómo podría interactuar con objetos gráficos virtuales. Posteriormente, pasando más de diez años desde el desarrollo de Videoplance, se puede observar las primeras salidas comerciales de este tipo de tecnología. De hecho, en el año 1989, el Dr. Jaron Lanier fundó la primera compañía comercial enfocada en la realidad virtual. En 1990, el Dr. Thomas P. Caudell hizo uso del término Realidad Aumentada, utilizando dicha tecnología para



ayudar a los trabajadores de Boeing² a ensamblar cables a bordo de un avión. De modo que esta tecnología fue usada en el campo militar después de varias investigaciones llevadas a cabo para permitir el desarrollo de visores para pilotos estadounidenses capaces de proveer información virtual en relación con indicaciones u objetivos de vuelo.

En el año 1997, el Dr. Ronald T. Azuma publicó el tramo A de Realidad Aumentada que describe las posibilidades y los usos de esta tecnología.

Pero lo que permitió que esta tecnología dejara de estar en los laboratorios de investigación y trabajos en el campo científico y militar fue el lanzamiento, en el año 1999, el Software ARToolKit del profesor Hirokazu Kato del Instituto de Ciencia y Tecnología Nara. Siendo una biblioteca que permite a distintos programadores de código abierto comprobar con aplicaciones de realidad aumentada.

En el año 2000 se idea del primer juego al aire libre en realidad aumentada: Arquee. El cual se desarrolló por Bruce H. Thomas en el Wearable Computer Laboratory de la Universidad de Australia del Sur, y requiere movimiento al aire libre con una computadora en una mochila, usando giroscopios, sensores, GPS y una pantalla Head-Mounted.

En el año 2002, Steven Feinder, un pionero de la realidad aumentada, realizó una publicación de un importante artículo sobre dicho tema en la revista científica Scientific America.

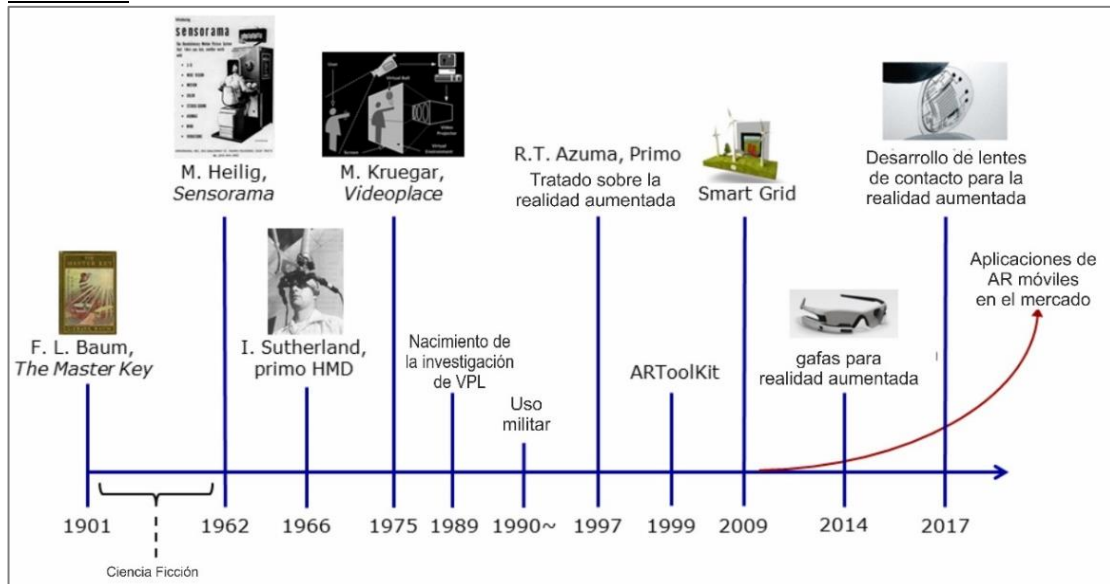
La tecnología Realidad Aumentada (AR) que permite la superposición de imágenes y textos que mejoran nuestra percepción sensorial, se emplea cada vez más otorgando a los usuarios acceder a etiquetas interactivas con información adicional.

Un fenómeno que ha dado aún más interés en la difusión de esta tecnología son los teléfonos inteligentes. Siendo estos dispositivos móviles el lugar ideal para aplicaciones de realidad aumentada, el cual incluye cámaras de video digital, sistemas de localización por GPS, brújulas, conexión de red.

² Boeing: The Boeing Company es una compañía estadounidense que se encarga de diseñar, fabricar y vender aviones, helicópteros, misiles, satélites. Además de dar asesoramiento y soporte técnico.

Figura 3. Cronología de la Historia de la Realidad Aumentada.

Fuente: Extraído de <http://augmentyourjourney.altervista.org/it-viaggio-alla-scoperta-della-realta-aumentata/>



2.2.2.2 Funcionamiento

– Elemento Capturador

Se encarga de captar la imagen del entorno real, de modo que la ingresa al programa encomendado de procesarlo. Siendo este elemento una cámara que acorde a la aplicación que se implemente tenga que contar con requisitos básicos para su idóneo funcionamiento. (Alvarez, 2013)

– Elemento de Situación

Estos elementos son los que permiten localizar la información virtual dentro del entorno real, de modo que desempeñan una función importante en el sistema. (Alvarez, 2013)

Clasificándose como:

- **Marcadores:** El uso de los marcadores implica una precarga de marcadores potenciales a ser comprobado, de este modo se indicará ubicación y lugar del elemento virtual que se mostrará mediante el elemento procesador.
- **GPS, brújula y acelerómetro:** Mediante el GPS se puede conocer la ubicación, con una brújula la dirección que está apuntando el dispositivo, continuamente con el acelerómetro la inclinación.



- **Reconocimiento de objetos:** Es un método que reconoce objetos que son conocidos puede ser un edificio o un objeto específico; para después este se contraste con una base de datos y muestre la información virtual requerida. (Alvarez, 2013)
- **Elemento Procesador**
Se encarga de interpretar los datos de entrada del elemento capturador, así como también los del elemento de situación, para que se procese la información del entorno real, y crear la información virtual, haciendo una combinación adecuada.
- **Elemento sobre el cual proyectar**
Es el elemento en donde se muestra el resultado del realizado por el elemento anterior, es la obtención de la combinación de lo capturado por el entorno real con los elementos virtuales agregados.

2.2.2.3 Dispositivos para el desarrollo de AR

Es importante tener en cuenta las tecnologías que son relevantes para el desarrollo de Realidad Aumentada, podemos clasificarlos en:

Sistemas de proyección óptica y monitores

Los sistemas basados en monitores son los más sencillos de desarrollar ya que no requieren un soporte especial. Lo que abarca es una simple cámara web o cámara de video para capturar la escena real y un monitor para mostrar la escena de realidad aumentada. (Alessandro, 2018)

Dispositivos móviles

Los dispositivos móviles, como tabletas o teléfonos móviles son los instrumentos utilizados en dicha tecnología. Tiene como ventaja el que se encuentre disponible para todos los usuarios, haciendo uso de la herramienta de adquisición: cámara, además de la reproducción: pantallas y la movilidad.



Sistemas de visualización portátil

Existen herramientas que garantizan una libertad de movimiento más óptima, sin embargo, estas requieren costos significativos y no es posible el uso por todos. Entre ellos encontramos:

- **HMD**

HMD (Head-Mounted Display) los cuales están compuestos básicamente por un casco que contiene dos pantallas para poder observar y auriculares. El HMD incluye distintos sensores de reconocimiento de movimiento.

- **Smart Glasses**

También existe otro soporte de realidad aumentada a los cuales son los lentes inteligentes (**Smart Glasses**). Los lentes son diferentes de los cascos mencionados con anterioridad, ya que mediante es uso de lentes transparentes o semitransparentes. El usuario ve el entorno real, incluyendo la información virtual.

- **Lentes de contacto**

También podemos encontrar los lentes de contacto, pero estos aún se encuentran en desarrollo, y en ellos se podrá observar imágenes virtuales en un entorno real. Además de incluir antenas y circuitos en nanómetros, incluso LED que permiten un nuevo tipo de visión aumentada. Es un hecho que la adaptación es más directa y permitirá un campo de visión mucho más amplio en lo que realidad aumentada respecta. Lo que aún se estudia es el tipo de materiales a usar y los posibles problemas relacionados al contacto con el ojo. Existen algunos prototipos, pero estos aún no han sido probados en humanos.



Tabla 1. Componentes hardware de un sistema de realidad aumentada
Fuente: José Leiva O., 2014.

Técnica hardware	Componente	Técnica hardware	Componente
Captura video-through		Todo tipo de cámaras de video	
Captura see-through		Cámaras integradas de video, HMD (Head Mounted Display)	
Reconocimiento geo-posicionamiento		Antena GPS, sensores de movimiento	
Visualización video-through		Pantallas de video, monitores, proyectores	
Visualización see-through		HMD, teléfonos móviles	

2.2.2.4 Clasificación de Sistemas de Realidad Aumentada

a. Sistemas basados en geolocalización

Los sistemas basados en geolocalización hacen uso de GPS para obtener la ubicación geográfica del usuario, mediante el acelerómetro y compás la orientación e inclinación del dispositivo se conoce el lugar que apunta la cámara. (Alvarez, 2013)

Este tipo de tecnología AR no hace uso de algún tipo de reconocimiento, ya que está basada en la ubicación y tiene que reconocer el objeto, mientras que las aplicaciones que están basadas en el reconocimiento de marcas si lo realizan. Para dar un resultado idóneo, esta tecnología usa diferentes herramientas de localización, de este modo ayuda al reconocimiento de posición en los dispositivos.

Esta tecnología muestra ser de ayuda para turistas como guía de su ubicación, al igual que destinos y puede ser usada al encontrar la localización actual del usuario. Mapeando direcciones y buscando lugares cercanos o a los que el usuario quiere visitar con el uso del GPS.



b. Sistemas basados en el reconocimiento de marcas

El marcador indicara la posición donde se ubica la imagen artificial que superpone sobre el plano real, de modo que el marcador haga referencia a donde se orienta la imagen virtual. (Alvarez, 2013)

Almacenándose en una base de datos, cada marcador está asociado con información que se mostrara.

AR basado en marcadores también es llamada como Reconocimiento de imagen. En otras palabras, esta tecnología hace uso de la cámara de un dispositivo para producir un resultado. QR y 2D son los ejemplos del marcador visual. Los usuarios tienen el resultado en el momento que el lector de la cámara detecta el marcador.

La tecnología AR (augmented reality) que se basa en marcadores se utiliza para:

- Detectar al objeto que se encuentra delante de la cámara y mostrar información acerca del objeto detectado con anterioridad.
- Realizar una traducción de palabras vistas por la cámara haciendo uso de la tecnología de Reconocimiento óptico de caracteres, para que luego sea mostrado.
- Puede ser usado para la creación de simuladores en 3D de objetos o arquitecturas sin construirlas físicamente.

c. Sistemas basados en Superposición

Esta tecnología le da importancia al reconocimiento de objetos, ya que la imagen que será aumentada puede ser reemplazada por la imagen original, esto puede ser parcial o totalmente. Siendo conveniente en el campo médico. De modo que un médico puede examinar por completo al paciente y darle un tratamiento apropiado. Además, puede ofrecer diversas vistas de un objetivo siendo útil en el aspecto educativo porque muestra algo de interés de una manera más completa.



2.2.2.5 Realidad Aumentada en dispositivos móviles

En la actualidad la realidad aumentada en dispositivos móviles se ha desarrollado para aspectos que pueden ser de utilidad en facilitar ciertas situaciones, se hizo uso para arte, además de que se está haciendo uso para el marketing, para ver de otra manera opciones que favorecerán muchos aspectos, como una mejor experiencia, además de interactiva.

Con respecto al uso esta tecnología para los usuarios que hacen uso de ella, además del entretenimiento. De esto modo los sistemas Realidad Aumentada (AR) hacen referencia a la aparición de características sugerentes, pudiendo ser: distintas actividades interesantes, en las que se puede incorporar como los videojuegos o actividades de rutina diaria, entre otros. Pero en la actualidad solo se ha empezado a ver solo un poco sobre las posibilidades reales de lo que conlleva la realidad aumentada.

2.2.3 Herramientas de modelación 3D

2.2.3.1 Blender

Blender es un software de modelado, animación, renderizado y edición de video de gráficos tridimensionales, fue lanzado en 1998 y es completamente de código abierto y gratuito, además de estar disponible para plataformas como Windows, Mac OS y Linux, sus funcionalidades están siendo ampliadas y mantenidas por voluntarios.

Blender fue creado por Ton Roosendaal, un desarrollador de software y productor cinematográfico neerlandés, en el estudio de animación NeoGeo en el año 1988, inicialmente Blender fue creado sobre la plataforma “AmigaOS” que funcionaba en dispositivos Commodore Amiga, y era básicamente un trazador de rayos llamado “Traces”, ya en 1998 Roosendaal posteriormente crea la compañía NaN (Not a Number Technologies) para fomentar el desarrollo e inversión en Blender, ya en el año 2002, Roosendaal funda la organización sin fines de lucro “Blender Foundation”, con el objetivo de continuar el desarrollo de Blender pero como un proyecto de software de código abierto, Blender está desarrollado en C, C++ y cuenta con varios plugins en Python, esto es porque debido a su uso generalizado, se han ido



desarrollando una gran cantidad de complementos de terceros que amplían sus funcionalidades básicas, que de por sí, ya son muy complejas.

Actualmente, tiene funciones comparables a las del software 3D comercial de alta gama, y entre el software de modelado 3D que se puede utilizar de forma gratuita, no habrá ningún software con un rendimiento superior a Blender.

2.2.3.2 SketchUp

SketchUp originalmente fue desarrollado y lanzada por un startup “@LastSoftware” en agosto del año 2000, como una herramienta principalmente para modelado 3D, teniendo como objetivo el diseño fácil y practico.

SketchUp es un software que permite realizar diseño de manera sencilla e intuitiva para modelar objetos en 3D. De modo que brinda indistintas herramientas y funcionalidad que facilitan su uso.

Es posible hacer uso de esta herramienta para diferentes campos de aplicación como en arquitectura, ingeniería, paisajismo, diseño gráfico, videojuegos, entre otros.

Características

- Al ser una herramienta intuitiva y sencilla, es fácil aprender a usarla.
- Dispone de un componente interesante que permite el modelado de objetos 3D, a partir de imágenes, tanto para crear vehículos u objetos específicos como también edificaciones y monumentos.
- Tiene herramientas disponibles con las que se puede aplicar y posicionar texturas de manera fácil y práctica.

SketchUp Pro vs. SketchUp Make

Para empezar SketchUp Pro es una edición Pro de pago, mientras que SketchUp Make es una edición libre, pero contiene ciertas limitaciones con respecto a la funcionalidad. Además, es necesario recalcar el hecho de que la versión de SketchUp Make es para uso personal, y no uso profesional, aun así, cumple con el objetivo de poder modelar objeto 3D.



SketchUp Pro también tiene una versión de prueba donde es posible probar el software por un tiempo limitado con las funcionalidades que contiene.

En la actualidad se puede disponer de la versión de SketchUp Free en sustitución a la versión gratuita de SketchUp Make.

Para el renderizado de objetos 3D SketchUp hace uso de herramientas como V-ray, Kerkythea, Twilight Render, entre otros. De modo que se puede realizar una representación foto-realista de un objeto específico.

2.2.4 Herramientas de desarrollo móvil

2.2.4.1 Librerías de realidad aumentada

ARCore SDK

ARCore es la plataforma de software de Google para el uso de realidad aumentada en dispositivos móviles. Usando diferentes APIS, ARCore permite que el teléfono detecte su entorno físico y “comprenda” el mundo e interactúe con la información ("ARCore Overview", 2018).

Google sigue construyendo ARCore a partir de la experiencia de desarrollo de “Tango”, una forma anterior de AR. Tango tenía limitaciones en cuanto a hardware que podía soportarlo y necesitaba una cámara con tecnología 3D. ARCore ha ampliado la compatibilidad con la mayoría de los dispositivos versión Android Nougat (Android 7.0) y posterior.

Usando la cámara, los acelerómetros, el giroscopio y la información contextual del dispositivo móvil, ARCore realiza una asignación de entorno a medida que se mueve el dispositivo. El software selecciona las características visuales en el entorno, rastrea el movimiento y coordina los datos con la información de los sensores de inercia. Las funciones de detección de plano en gran medida en el software.

ARCore funciona con Java/OpenGL, Unity, Android Studio, Unreal e iOS mediante el anclaje a la nube; ARCore se enfoca en tres cosas ("ARCore Overview", 2018):



1. **Seguimiento del movimiento:** ARCore usa la cámara del teléfono para observar los puntos característicos en un espacio físico y los datos del sensor (acelerómetro, giroscopio, y sensor de luz) para determinar tanto la posición como la orientación del teléfono mientras se mueve.
2. **Comprensión ambiental:** ARCore puede detectar superficies horizontales utilizando los mismos puntos de característica que utiliza para el seguimiento del movimiento, permitiendo detectar el tamaño y ubicación de todo tipo de superficies.
3. **Estimación de la luz:** Mediante el uso del sensor de luz y una estimación de la cámara, ARCore determina la luz ambiental en el entorno y permite que los objetos virtuales coincidan de mejor manera con su entorno, haciendo que su apariencia sea aún más realista.

“AR en el teléfono móvil es solo el comienzo de ARCore. Google ve la plataforma como una nueva forma de ofrecer sus servicios en el futuro. Cuando la plataforma sea lanzada oficialmente, Google pretende que ARCore funcione para una gran parte de dispositivos con Android” (Rouse, 2017).

Vuforia SDK

Vuforia es un kit de desarrollo de software (SDK) de realidad aumentada para dispositivos móviles, tiene soporte en plataformas de Android, iOS y UWP³, las aplicaciones que se desarrollan con Vuforia pueden compilarse con Android Studio, Xcode, Visual Studio y Unity.

Vuforia SDK utiliza la tecnología de visión por computadora para reconocer y rastrear imágenes planas (objetivos de imagen) y objetos 3D en tiempo real. Esta capacidad de registro de imágenes permite a los desarrolladores posicionar y orientar objetos virtuales, como modelos 3D y otros medios, en relación con imágenes del mundo real cuando éstas se visualizan a través de la cámara de un dispositivo móvil ("Vuforia Augmented Reality SDK", 2018).

El objeto virtual (registrado en la base de datos en la nube de Vuforia) luego rastrea la posición y la orientación de la imagen en tiempo real, de modo que la perspectiva del espectador en el objeto corresponde con la perspectiva en

³ Plataforma Universal de Windows, UWP (Universal Windows Platform) por sus siglas en inglés



el objetivo de la imagen. Por lo tanto, parece que el objeto virtual es una parte de la escena del mundo real.

Además, el SDK de Vuforia admite una variedad de tipos de objetivos en 2D y 3D, incluidos objetivos de imagen "sin marcadores", configuraciones 3D multiobjetivo y una forma de marcador Fiducial⁴ direccionable, conocido como VuMark. Las características adicionales del SDK incluyen detección de oclusión localizada usando 'Botones virtuales', selección de objetivos de imágenes en tiempo de ejecución y la capacidad de crear y reconfigurar conjuntos de objetivos mediante programación en tiempo de ejecución ("Vuforia Augmented Reality SDK", 2018).

Vuforia proporciona interfaces de programación de aplicaciones (API) en C ++, Java, Objective-C ++ (un lenguaje que utiliza una combinación de sintaxis C ++ y Objective-C) y los lenguajes .NET a través de una extensión del motor de juegos Unity. De esta forma, el SDK es compatible tanto con el desarrollo nativo para iOS como con Android, y también permite el desarrollo de aplicaciones AR en Unity que son fácilmente transferibles a ambas plataformas.

AR.js

AR.js fue desarrollado por Jerome Etienne con la idea de poner la Realidad Aumentada disponible para todos, esto incluye la idea de no solo limitarse en dispositivos móviles, sino expandirlo a todo dispositivo que soporten HTML, WebGL y WebRTC. La biblioteca se construyó primero en proyectos como three.js, ARToolKit 5, emscripten y Chromium. Posteriormente se mejoró el rendimiento e hizo que la realidad aumentada fuera más rápida en los dispositivos móviles de alta y baja gama.

“AR.js sigue siendo, una solución web pura, basada en estándares actuales de otros SDK'S. Por lo tanto, funciona en cualquier teléfono con WebGL y WebRTC. Y como bonificación adicional, es de código abierto y completamente gratuito. La belleza de AR.js es que hace que AR sea accesible sin la necesidad de instalar ninguna aplicación y que se pueda obtener sin tener que comprar dispositivos específicos y costosos. El éxito de AR.js se basa en su rendimiento

⁴ Marcador de referencia utilizado para la observación de imágenes.



y simplicidad. Con AR.js se puede codificar AR en solo 10 líneas de HTML utilizando el A-Frame de Mozilla. Esta simplicidad ha desencadenado el interés y la experimentación, la prueba y el error de personas con y sin formación técnica y es lo que finalmente ha llevado a la adopción de la biblioteca por parte de más y más diseñadores y desarrolladores”.

(Etienne, 2018)

AR.js está en constante evolución y ahora incluye mejoras en el flujo de trabajo con marcadores múltiples.

Entre sus puntos más resaltantes de AR.js encontramos:

- Renderizado rápido: Con objetos simples es posible llegar a 60fps, incluso en dispositivos de gama baja.
- Orientado a web: No es necesarios instalar programas y plugin. Ahora con esta solución no requiere nada porque es enteramente Javascript (three.js + jsartoolkit5)
- Open Source, acceso a todo el código fuente.
- Estandarizado: Funciona con cualquier navegador que corra WebGL y WebRTC

2.2.4.2 Plataformas de desarrollo

Unity

Unity es un motor gráfico multiplataforma que permite desarrollar juegos, pero sus usos y aplicaciones son muy variadas por que la herramienta es muy extensa. Desarrollado por Unity Technologies, está disponible como plataforma de desarrollo para Microsoft Windows, OS X, Linux (Kolambe, 2016).

Unity consta de dos tipos de licencias: Unity Professional (pro) y Unity Personal, diferenciándose principalmente en el soporte y funciones que se les permite al desarrollar al momento de utilizar la plataforma, otras de las características de Unity es que puede usarse junto con Blender, 3ds Max, Maya, Softimage, Modo, ZBrush, Cinema 4D, Cheetah3D, Adobe Photoshop, Adobe Fireworks y Allegorithmic Substance y sobre todo con SDK's como Vuforia.



El motor gráfico utiliza OpenGL (en Windows, Mac y Linux), Direct3D (solo en Windows), OpenGL ES (en Android y iOS), e interfaces propietarias (Wii). Tiene soporte para mapeado de relieve, mapeado de reflejos, mapeado por paralelaje, oclusión ambiental en espacio de pantalla, sombras dinámicas utilizando mapas de sombras, render a textura y efectos de post-procesamiento de pantalla completa.

Android Studio

Android Studio es el entorno de desarrollo integrado oficial para la plataforma Android. Fue anunciado el 16 de mayo de 2013 en la conferencia Google I/O, y reemplazó a Eclipse como el IDE oficial para el desarrollo de aplicaciones para Android. La primera versión estable fue publicada en diciembre de 2014 (Android Studio, s.f.).

Android Studio ha sido diseñado específicamente para el desarrollo de Android y está basado en el software *IntelliJ IDEA*⁵ de JetBrains⁶, ha sido publicado de forma gratuita a través de la Licencia Apache 2.0. Está disponible para las plataformas Microsoft Windows, macOS y GNU/Linux (Android Studio, s.f.).

Entre algunas funciones están la emulación rápida con varias funciones a la vez, la capacidad de aplicar cambios mientras una aplicación está en pleno funcionamiento, compatibilidad con C++ y NDK, varios frameworks y herramientas de prueba (Android, 2018).

Vuforia Studio

Vuforia Studio es una plataforma de desarrollo de aplicaciones de Realidad Aumentada (AR) y Realidad Mixta (MR) multiplataforma, con seguimiento robusto y rendimiento en una variedad de hardware (incluyendo dispositivos móviles y monitores de realidad mixta montados en la cabeza (HMD) como Microsoft HoloLens, esta específicamente desarrollada para empresas.

⁵ IntelliJ IDEA es un entorno de desarrollo integrado de Java.

⁶ JetBrains s.r.o es una compañía de desarrollo de software cuyas herramientas están dirigidas a desarrolladores de software y gerentes de proyecto.



Vuforia Studio está desarrollada para ser compatible con muchos dispositivos de terceros (gafas AR / MR) y dispositivos de realidad virtual con cámaras orientadas hacia atrás como Gear VR.

La diferencia con su SDK, es que Vuforia Studio incluye el soporte por parte de la compañía, lo que incluye adaptar su tecnología a las necesidades de cada compañía con la incorporación de Realidad Aumentada o Mixta.

Aun así, no difiere mucho de lo que se puede crear con su SDK, más que todo es la incorporación de la realidad mixta. Entre sus funciones principales están el uso de CAD 3D existentes (una librería de objetos y animaciones), modificación de la información en tiempo real, y la creación de contenido sin programación ("Vuforia Studio", 2018).

Mapbox

Mapbox es la plataforma de datos de ubicación para aplicaciones móviles y web ("Mapbox", 2018). Esta plataforma proporciona bloques de construcción de mapas que incluyen características de ubicación, búsqueda y navegación tanto para web y sistemas operativos móviles, Mapbox también ofrece kits de desarrollos (SDK) y APIs para Unity3D, Android, iOS y web (Mapbox Studio). Las herramientas que ofrece Mapbox son de código abierto, por lo que se pueden implementar características adicionales e incluso analizar grandes datos geográficos de todo tipo.

Mapbox también proporciona al usuario una amplia variedad de acciones que incluyen: la elección del tipo de mapa, áreas, colores, dimensiones, el uso de fondos creativos y otras herramientas, que con pocas funciones e interacciones permiten crear un mapa interactivo muy útil y detallado. "Los datos se toman de fuentes de datos abiertas, como OpenStreetMap y NASA, y de fuentes de datos de propiedad, como DigitalGlob. La tecnología se basa en Node.js, Mapnik, GDAL y Leaflet" ("Mapbox", 2018).

Actualmente Mapbox incluye realidad aumentada (AR) basada en la ubicación, donde se pueden implementar puntos de interés, rutas y el modelado de elevaciones digital 3D de mapas, disponibles por el momento en Unity3D y Web.



2.2.5 Metodología de desarrollo “Mobile-D”

Las metodologías ágiles consisten en un conjunto de métodos de desarrollo de software opuestos al tradicional, ya que nos permiten adaptar la forma de trabajo a las condiciones actuales de cualquier tipo de proyecto, aunque cada uno de los métodos ágiles es único en su enfoque específico, todos comparten una visión común y un conjunto de valores básicos los cuales se establecen en el Manifiesto Ágil.

Todas las metodologías incorporan el concepto de iteración y la retroalimentación continua que este concepto proporciona, con el fin de liberar y posteriormente refinar un sistema de software y a su vez implican actividades de planificación, prueba e integración continua junto con otras formas de evolución, con el fin de perfeccionar cualquier aspecto relacionado con el proyecto y el software. Igualmente, es importante el hecho de que todos los métodos se centran en proporcionar un impulso importante a las personas para que colaboren y tomen decisiones juntas de manera rápida y eficaz.



Metodología para el desarrollo de aplicaciones móviles “Mobile-D”

La metodología Mobile-D fue desarrollada por los investigadores de VTT (Centro de Investigación Técnica de Finlandia) como parte de un proyecto finlandés “Icaros”, durante los años 2004 – 2005, en cooperación estrecha con las industrias de TI finlandesas. Por lo que modelo de desarrollo que plantea la metodología no está lejos de las reglas de desarrollo de las aplicaciones comerciales, además, está basada en diversas tecnologías, como: Proceso Unificado Racional (RUP), Programación Extrema (XP) y Crystal Methodologies (o metodologías ligeras). Todo esto con la finalidad de intentar obtener pequeños ciclos de desarrollo de forma rápida.

Puesto que el enfoque de nuestro proyecto se basa en el uso de la realidad aumentada en dispositivos móviles, se ha considerado el uso de la metodología Mobile-D, la cual se enfoca en el desarrollo de software móvil y es adecuada para satisfacer los requerimientos y condiciones especiales que tienen los aplicativos móviles.

El desarrollo de un proyecto con la metodología Mobile D tiene las siguientes ventajas:

- Se tendrá un costo bajo si se realiza un cambio en el proyecto.
- Los resultados se entregan rápidamente.
- Se tendrá el software apropiado oportunamente.

Al igual que ventajas también encontramos ciertas desventajas como:

- La metodología Mobile D no es utilizada si el equipo de trabajo es muy grande y segmentado.
- Se debe tener comunicación constante entre los integrantes del equipo de trabajo.

Un proyecto de desarrollo, siguiendo el enfoque Mobile-D, se divide en cinco fases. La cuales son: Exploración, inicialización, producción, estabilización y pruebas del sistema. Cada fase incluye tres diferentes tipos de día de desarrollo como: el día de planificación, trabajo y de lanzamiento. Al momento de acabar con todas las fases del proyecto, se debe tener como resultado una aplicación móvil adecuada y funcional para el usuario. (Abrahamsson, 2004).

En la figura 4 se muestra las cinco fases de la metodología Mobile-D.

Figura 4. Fases de la Metodología Mobile-D

Fuente: Adaptado de Agile software technologies research programme, 2008.

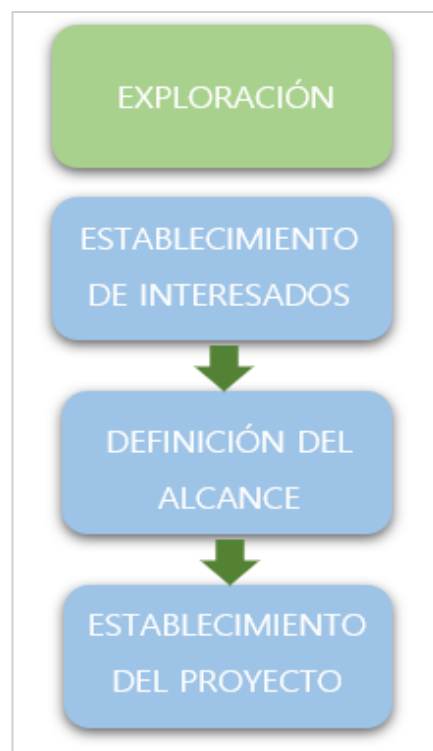


1. Como se muestra en la figura 5, la **fase de exploración** se centra en la planificación y establecimiento del proyecto emergente, donde el equipo de desarrollo genera los conceptos básicos del proyecto, se establecen las características y las funcionalidades que se quieren realizar. La fase de exploración superpone con fase de iteración 0.

Esta fase se realiza en tres subetapas: establecimiento de actores o Stakeholders (interesados), definición del alcance y el establecimiento del proyecto. Por lo general esta fase incluye a los clientes de manera activa, para la planificación, requisitos y establecimiento de los procesos del proyecto.

Figura 5. Desglose de la fase de exploración

Fuente: Adaptado de Agile software technologies research programme, 2008.





Donde:

- 1.1. El **establecimiento de interesados** consiste en identificar y establecer los grupos de interés (excluyendo al propio equipo del proyecto) que serán necesarios para el desarrollo del proyecto mediante roles y recursos relevantes (Como por ejemplo el grupo directivo, los especialistas en gestión de proyectos, entre otros)
 - 1.1.1. El **establecimiento de clientes** tiene como propósito identificar y establecer a los grupos de interés necesarios para la etapa de exploración y actividades de apoyo durante el desarrollo de software (se excluye al grupo de desarrollo)
- 1.2. La **definición del alcance** consiste en definir los objetivos y el alcance del proyecto en relación a los contenidos del cronograma del proyecto, esta etapa también incluye cuestiones como los requisitos iniciales del producto, la planificación del proyecto y cuestiones arquitectónicas del software.
 - 1.2.1. La **planeación inicial del proyecto** tiene como propósito establecer el plan inicial de los procesos de desarrollo del aplicativo bajo una línea de tiempo e inversión del proyecto
 - 1.2.2. **La recopilación de requisitos iniciales** es una tarea en la que establece la funcionalidad del aplicativo (tanto en plataformas de hardware y software), y no funcionales como (requisitos de calidad, problemas de mantenimiento, entre otros)
- 1.3. La etapa de **establecimiento del proyecto** tiene como propósito definir y asignar recursos (técnicos y humanos) necesarios para el inicio del desarrollo del proyecto (físicos y técnicos), así como también el personal necesario para el desarrollo del software (desarrolladores y soporte). En esta fase también se aseguran de que el equipo del proyecto pueda iniciar el desarrollo del software sin ningún contratiempo.
 - 1.3.1. La **selección del entorno** es una tarea en la que se planifica el proyecto referente al entorno técnico (dispositivos, herramientas de desarrollo y plataformas para el software

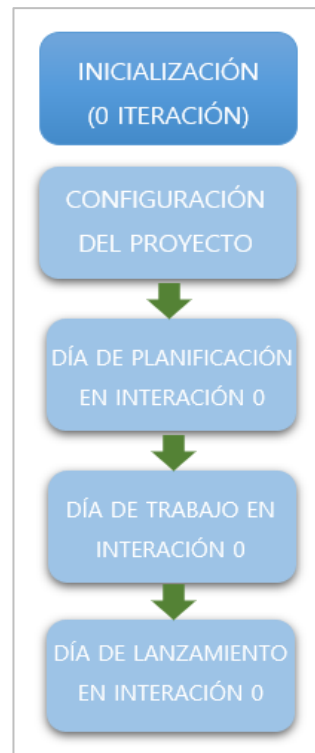


móvil), así como los recursos humanos y el entorno laboral necesarios en el proyecto.

- 1.3.2. La **asignación de personal** es una tarea en la que el equipo de desarrollo de software y el equipo de soporte están definidos y asignados para el proyecto.
 - 1.3.3. La tarea de **definición de arquitectura** tiene como intención definir la arquitectura para el proyecto, para que se pueda ejecutar sin ningún problema.
 - 1.3.4. El **establecimiento del proceso** incluye, en primer lugar, la identificación y definición de la formación necesaria entre el equipo del proyecto sobre los procesos y problemas técnicos del proyecto. En segundo lugar, esta tarea incluye adaptar un proceso base a la medida del proyecto incipiente. Además, cuestiones como seguimiento del proyecto (incluidas cuestiones de garantía de calidad, documentación, así como prácticas, métricas y herramientas de seguimiento) se definirán en esta etapa.
2. La figura 6 muestra la **fase de inicialización** que tiene como propósito identificar, preparar y asegurar todos los recursos necesarios para las siguientes fases; de tal forma que se implementen todos los requerimientos seleccionados por el cliente. Esta fase también se superpone con la fase de iteración 0 con respecto al desarrollo del software.

Figura 6. Desglose de la fase de inicialización

Fuente: Adaptado de Agile software technologies research programme, 2008.



Donde:

2.1. La **configuración del proyecto** consiste en configurar los recursos físicos y técnicos para el proyecto, también se establece el medio de comunicación con el grupo de los clientes y la capacitación del equipo de desarrollo. Todas las tareas de configuración incluyen la participación del proyecto.

2.1.1. La **configuración del entorno** radica en establecer el entorno físico y técnico donde se desarrollará el software, por lo general depende en gran medida del proyecto.

2.1.2. La **formación** es una etapa donde se forma al equipo de desarrollo según sus necesidades específicas, puede incluir capacitación de software, problemas técnicos relacionados con el desarrollo del software, la capacitación de nuevas herramientas, entre otros.

2.1.3. El **establecimiento de comunicación con el cliente** es la parte donde se llega a un acuerdo sobre como el equipo



(dirección) se comunicará con el cliente a lo largo del desarrollo del proyecto.

2.2. La **planificación inicial (interacción 0)** tiene como propósito planificar y preparar el proyecto para las siguientes fases, también se prevé planes para resolver todos los problemas que puedan surgir a lo largo del desarrollo).

2.2.1. El **análisis de los requisitos iniciales** consiste en analizar y priorizar los requisitos seleccionados en la fase de inicialización, también se verifican que estos requisitos cumplan con los requisitos de la arquitectura planificada.

2.2.2. La **planeación de la arquitectura** tiene como propósito preparar la arquitectura del software, para su posterior disposición durante el desarrollo del proyecto.

2.2.3. Otras sub tareas que se pueden incluir en la planificación inicial son la planificación de iteraciones: que tiene como objetivo generar la programación y el contenido de la iteración a ejecutar, estos son definidos en términos de *historias de clientes e historias de tareas* (dependiendo del tipo de proyecto), las cuales permiten implementar los requisitos funcionales previamente seleccionados, también ayudan a la generación de pruebas de aceptación, que permite al cliente verificar que las funcionalidades se están implementado correctamente. De igual forma estas pruebas de aceptación generan *revisiones de la prueba de aceptación* que tienen como fin difundir el conocimiento sobre las pruebas y hacer que los miembros del equipo comenten sobre estas para mejorar su calidad.

2.2.4. El propósito del **día de prueba** es probar y asegurar que todo se encuentre listo para las siguientes etapas del proyecto, y posterior inicio de desarrollo del software, también se pueden realizar investigaciones tecnológicas que aporten al proyecto.



3. La **fase de producción** tiene como propósito implementar las funcionalidades requeridas en el producto, para eso se aplica un ciclo de desarrollo iterativo e incremental, que permite centrarse en implementar las funciones básicas que puedan permitir posteriores mejoras e incremento de otras funcionalidades. En esta etapa, también se implementan las funcionalidades priorizadas por el cliente. La siguiente figura 7 muestra las etapas de la fase de producción.

Figura 7. Desglose de la fase de producción

Fuente: Adaptado de Agile software technologies research programme, 2008.



Donde:

3.1. **Día de planificación:** en esta primera iteración se tiene como propósito planificar el trabajo en base a los requisitos o funcionalidades que se requiera desarrollar e implementar en la siguiente iteración.

3.1.1. **Taller de post-iteración:** el propósito de este taller es identificar las fortalezas y debilidades de los requerimientos y/o procesos, y la generación de acciones para la mejora del proceso de desarrollo de software para la siguiente iteración.



- 3.1.2. **Análisis de los requerimientos:** tiene como propósito indagar y analizar cuidadosamente los requisitos seleccionados para cada iteración.
 - 3.1.3. **Planificación de iteraciones:** tiene como objetivo generar la programación y contenido de la iteración a realizar. Los contenidos son definidos mediante *tarjeta de historia de trabajo* y *tarjetas o guías de trabajo*, que no son más que órdenes y guías de trabajo para el equipo
 - 3.1.4. **Generación de pruebas de aceptación:** permite verificar que los requisitos que el cliente ha establecido previamente se hayan implementado correctamente e informar al cliente, en esta subetapa también se generan las plantillas de aceptación de las pruebas, para que posteriormente en el día de lanzamiento el cliente pueda ver los problemas encontrados (pueden ser defectos o mejoras) y el equipo de desarrollo pueda dar su opinión acerca de las pruebas de aceptación.
- 3.2. **Día de trabajo:** el propósito de esta segunda iteración es la implementación de la funcionalidad prevista en la etapa del día de planificación. Una iteración de esta fase puede tener n días laborables para implementar completamente las funcionalidades definidas por el cliente. Una iteración en desarrollo o terminada forman los días reales de la iteración.

Las tareas individuales de una jornada de un día de trabajo son:

- 3.2.1. **Wrap-up.** El resumen es una sesión iterativa para comunicar el progreso y problemas dentro del equipo, se realiza generalmente como la primera y/o última actividad del día de trabajo.
- 3.2.2. **Desarrollo basado en pruebas (TDD).** Tiene como propósito brindar pruebas unitarias antes de que se desarrolle el código del programa, de esta forma da más confianza a los desarrolladores a la hora de producir código.
- 3.2.3. La **programación en parejas** es un estilo de programación que permite mejorar el criterio de desarrollo y programación



utilizando dos parejas de desarrolladores, de esta manera se asegura la calidad de código.

3.2.4. La **integración continua** consiste en integrar continuamente el nuevo código en un repositorio del proyecto. De esta manera otros equipos pueden hacer mejoras de código posteriormente.

3.2.5. Los **informes al cliente** proporcionan al cliente los avances que se dan durante el desarrollo e implementación de los requisitos del proyecto. De esta manera se le da al cliente una posibilidad de retroalimentar sobre las características implementadas y guiar el desarrollo.

3.3. **Día de lanzamiento:** el propósito de esta tercera iteración es la integración del sistema (en caso de que hubiera varios grupos de desarrollo) y crear una versión del sistema completamente funcional. Las tareas que se realizan este día son:

3.3.1. **Integración del sistema:** En caso de que el producto de software se haya dividido en módulos (correspondientes a varios grupos de desarrollo), el propósito de esta tarea es integrar todos estos módulos en uno solo.

3.3.2. **Pruebas de prelanzamiento:** Esta subtarea tiene como objetivo asegurar que el software esté listo para las pruebas de aceptación y liberación.

3.3.3. La **prueba de aceptación** permite al equipo de desarrollo verificar que el software cumple con los requerimientos del cliente.

3.3.4. La **ceremonia de lanzamiento** permite crear una línea base del proyecto en base a las versiones preliminares del software. Esta etapa se ejecuta cuando se ha desarrollado una versión estable del software, permitiendo posteriormente la implementación de otras funcionalidades si se diese el caso, en esta etapa también se realizan las auditorias de lanzamiento.



4. En la **fase de estabilización** se llevan a cabo las últimas acciones de integración para garantizar la calidad de la implantación del sistema, y verificar que el sistema funcione correctamente. En esta etapa los desarrolladores realizan tareas similares a la de la fase de producción, pero con el único objetivo de la integración total del sistema, preparándolo para su próximo lanzamiento y pruebas. También se puede incluir en esta fase la producción de documentación.

La figura 8 muestra el esquema de las iteraciones de la fase de estabilización.

Figura 8. Desglose de la fase de estabilización

Fuente: Adaptado de *Agile software technologies research programme, 2008.*



5. La fase de **pruebas y reparación del sistema** tiene como meta la disponibilidad de una versión estable y funcional del sistema, esta fase puede abarcar ajustes y solución de errores, hasta que el producto cumpla con los requisitos establecidos por el cliente, pero no se desarrolla nada nuevo. (Véase figura 9)

Figura 9. Desglose de la fase de pruebas y reparaciones.

Fuente: Adaptado de Agile software technologies research programme, 2008.



En esta fase las iteraciones funcionan de la misma forma que en las otras fases (fase de producción y estabilización), pero presenta una variación considerara **pruebas del sistema**, que se encarga de probar y documentar los defectos del sistema, para posteriormente solucionarlas mediante otra interacción llamada **Fix (reparaciones)** que no es más que las tres fases vistas anteriormente encapsuladas en una sola.

Componentes

De los componentes necesarios para el desarrollo de nuestro proyecto, utilizaremos las “*tarjetas de historia de trabajo y tarjetas o guías de trabajo*” utilizadas en la fase 3 del día de planificación.

a. Story Card

Las *tarjetas de historia de trabajo* se utilizan para describir los requerimientos de las funcionalidades del software, que el equipo de desarrollo utilizará durante la iteración, también permite hacer un registro de los cambios que se hacen durante el desarrollo del software.



Figura 10. Modelo de Story Card

Fuente: Extraído de “Agile software technologies research programme”, 2008.

Number / ID	Type	Difficulty		Effort		Priority	Notes
		Before	After	Estimate	Spent		
	New Fix Enhance	Easy Moderate Hard	Easy Moderate Hard				
Description							
Date	Status	Comment					
	Defined						
	Implementing						
	Done						
	Verified						
	Postponed / Cancelled / Merged						

Donde:

- **ID:** En este campo se asigna un identificador a la tarjeta de historia de trabajo.
- **Tipo:** Este campo define qué tipo de funcionalidad se desarrollará en la iteración, pueden ser: nuevo, arreglo o mejora.
- **Dificultad:** Este campo indica el nivel de dificultad que representa la funcionalidad para el grupo de desarrollo, tomando como criterio el tiempo que se toma para su desarrollo y/o si demanda mucho esfuerzo en realizar la tarea.
- **Esfuerzo:** En esta sección se describirá la cantidad de horas que se requirió para implementar una funcionalidad/requerimiento.
- **Prioridad:** Este campo debe contener el valor que indica la importancia del requerimiento para el sistema, también se puede tomar como criterio la importancia de una funcionalidad/requerimiento exigido por el usuario.
- **Descripción:** Aquí se describe el contenido de la funcionalidad que luego el equipo de desarrollo empezara a desarrollar, dicha descripción, en base a lo indicado en las prácticas de lo metodologías agiles, no debe abarcar demasiados detalles técnicos.



b. Task Card

Las *tarjetas de tarea* se utilizan para generar y especificar las guías de trabajo que el equipo de desarrollo utilizará mientras se desarrolla una funcionalidad/requerimiento, esta es más específica respecto a los detalles de cómo se realizará una funcionalidad.

Figura 11. Modelo de Task Card

Fuente: Extraído de *Agile software technologies research programme, 2008.*

Number / ID (Fixing old task #)	Type	Difficulty		Confidence		Estim	
		Before	After	1 (little confidence) – 4 (very confident)			
	New Fix Enhance	Routine (1) - Very difficult (5) —	Routine (1) - Very difficult (5) —				
Description							
Date	Status	Comment					
	Defined						
	Implementing						
	Done						
	Verified						
	Postponed / Cancelled / Merged						

Donde:

- **Tipo:** Se describe como nuevo cuando una tarea es nueva, si es mejora significa que hay algún incremento en dicha tarea y en caso de que sea arreglo quiere decir que hay una solución en la tarea existente.
- **Confianza:** Se describe con un rango de acuerdo a la aceptación del cumplimiento de una tarea, según el criterio del equipo de desarrollo.



c. Hojas de prueba de aceptación y reparación

La hoja de prueba de aceptación se utiliza durante la etapa de pruebas del aplicativo y está destinada a probar las funcionalidades descritas en las historias de usuario de la etapa de desarrollo.

La hoja de prueba de reparación tiene el mismo esquema, pero con el objetivo de describir correcciones en caso se haya identificado algún error durante las pruebas de aceptación.

Tabla 2. Modelo de hoja de prueba de aceptación y reparación.

Fuente: Extraído de Agile software technologies research programme, 2008.

Test ID/Fix ID	
Prueba	
Inicialización	
Salida esperada (Requerimiento funcional)	
Propósito	
Procedimiento de prueba/reparación de falla	
Salida obtenida	
Notas adicionales	

Donde:

- **Test ID/Fix ID:** Se asigna un identificador a la hoja de prueba de aceptación/reparación.
- **Prueba:** Este campo determina la tarea que será evaluada durante la fase de pruebas y están definidas por las historias de usuario.
- **Inicialización:** Este campo describe el inicio de la prueba de funcionalidad.
- **Salida esperada:** Este campo describe cada paso que se espera del requerimiento funcional (historia de usuario).
- **Propósito:** En este campo se describe la intención de la prueba respecto a las funcionalidades.
- **Procedimiento de prueba:** En este campo se describe cada acción que realiza el usuario durante la prueba.



- **Reparación de falla:** En este campo se describe la corrección correspondiente al error encontrado durante la fase de pruebas y descrito en la hoja de prueba de aceptación.
- **Salida obtenida:** Este campo indica la verificación de las funcionalidades/repaciones (en caso de que se detecte un error se deberá indicar y generar una hoja de reparación).
- **Notas adicionales:** En esta sección se muestran capturas de pantalla de las funcionalidades según las pruebas realizadas.



2.2.6 Pruebas de Usabilidad

Para las pruebas de usabilidad se hizo uso de una adaptación de la norma ISO 9241-11⁷ la cual está enfocada en medir la calidad de usabilidad de un software mediante métricas específicas, fue creada por la ISO y la IEC en 1999 y en la actualidad aún se sigue modificando y usando como referente para medir la usabilidad de cualquier tipo de software, ya sea de escritorio o sitio web y otros; Sin embargo, esta norma fue creada inicialmente para aplicaciones de escritorio, por lo que puede no ser directamente adecuada para pruebas en entornos móviles. Bajo este contexto, existen varias modificaciones y actualizaciones de esta norma que tratan de adecuarse a los tiempos actuales, como también existen estudios que haciendo referencia a la norma recomiendan evitar utilizar algunas métricas que se consideran inapropiadas para estos entornos.

Como afirma Enríquez (2013), *“La norma define como especificar y medir la usabilidad de productos y aquellos factores que tienen un efecto en la misma; también destaca que la usabilidad en terminales con pantalla de visualización es dependiente del contexto de uso y que el nivel de usabilidad alcanzado dependerá de las circunstancias específicas en las que se utiliza el producto. El contexto de uso lo forman los usuarios, las tareas a realizar, el equipamiento (hardware, software y materiales), así como también los entornos físicos y sociales que pueden influir en la facilidad de uso de un producto.”*

En resumen, la usabilidad está relacionada con las características de una aplicación o sistema y su contexto de uso, para tal circunstancia, la norma menciona los siguientes atributos más importantes para medir la usabilidad:

- **Efectividad:** interpretada como la precisión y totalidad con la que los usuarios utilizan la aplicación para cumplir algún objetivo específico.
- **Eficiencia:** relacionada entre la efectividad y esfuerzo (tiempo) con la que se cumple una tarea.

⁷ ISO 9241-11: Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) – part 11: Guidance on usability.



- **Satisfacción:** atributo subjetivo que trata de medir la actitud del usuario ante el uso del aplicativo.

Los atributos, es otro termino ambiguo que se usa para definir ciertas características de usabilidad de un software, tales como: accesibilidad, contenido, facilidad de aprendizaje, errores que comete el usuario, seguridad, portabilidad, contexto, entre otros., estos pueden variar dependiendo del contexto y el tipo de usuario al que va dirigido. De todas formas, algunos de los atributos pueden ser medibles gracias a métricas de usabilidad mediante la interacción del usuario con el aplicativo, mientras que otras dependen mucho de la actitud del usuario con el aplicativo, como las que están estrechamente relacionadas con las emociones.

2.2.6.1 Métricas de usabilidad.

Las métricas de usabilidad permiten medir los atributos de usabilidad mediante un valor relacionado al tipo de atributo, estos pueden ser numéricos o nominales (asignada por una característica que se pueda medir en un aplicativo), y como afirma Enríquez (2013), una métrica debe cumplir con lo siguiente:

- Debe tener características matemáticas deseables.
- Cuando una métrica representa una característica que aumenta cuando se presentan rasgos positivos o que disminuye al encontrar rasgos indeseables, el valor de la métrica debe aumentar o disminuir en el mismo sentido.
- Cada métrica debe validarse empíricamente en una amplia variedad de contextos antes de publicarse o aplicarse en la toma de decisiones.

Resumiendo, como se explican en los puntos anteriores, una métrica nos ayudara a medir dentro de un rango cuantificable una cierta característica de una aplicación, lo cual nos ayudara a entender el grado de experiencia de un usuario con el aplicativo. Estas métricas también se pueden dividir en estáticas, que miden características estáticas de la aplicación, y dinámicas, que permiten medir el comportamiento del aplicativo mediante su ejecución y uso.



El siguiente cuadro muestra los atributos de usabilidad y métricas asociadas que pueden llegar a ser cuantificables:

Tabla 3. Atributos y métricas asociadas

Fuente: Recuperado de "Usabilidad en aplicaciones móviles", de Enríquez, Juan., Casas, Sandra., 2014, Informes Científicos - Técnicos UNPA. 5. 25. 10.22305/ict-unpa.v5i2.71., p29 – 30.

Atributos	Métricas
Efectividad	<ul style="list-style-type: none"> – Tareas resueltas en un tiempo limitado. – Porcentaje de tareas completadas con éxito al primer intento. – Número de funciones aprendidas.
Eficiencia	<ul style="list-style-type: none"> – Tiempo empleado en completar una tarea. – Número de teclas presionadas por tarea. – Tiempo transcurrido en cada pantalla. – Eficiencia relativa en comparación con un usuario experto. – Tiempo productivo.
Satisfacción	<ul style="list-style-type: none"> – Nivel de dificultad. – Agrada o no agrada. – Preferencias.
Facilidad de Aprendizaje	<ul style="list-style-type: none"> – Tiempo usado para terminar una tarea la primera vez. – Cantidad de entrenamiento. – Curva de aprendizaje.
Memorabilidad	Número de pasos, clics o páginas usadas para terminar una tarea, después de no usar la aplicación por un periodo de tiempo.
Errores	Número de errores.
Contenido	<ul style="list-style-type: none"> – Cantidad de palabras por página. – Cantidad total de imágenes. – Número de páginas.
Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> – Control de usuario. – Número de incidentes detectados. – Cantidad de reglas de seguridad.



Portabilidad	<ul style="list-style-type: none"> - Grado con que se desacopla el software del hardware. - Nivel de configuración.
Contexto	<ul style="list-style-type: none"> - Grado de conectividad. - Ubicación. - Características del dispositivo.

Dado que estas métricas nos ayudan a medir en parte los atributos de eficacia, eficiencia y satisfacción, resulta conveniente indicar que tipo de muestra y bajo qué valor serán evaluados. Para esto, se tomó en cuenta las evaluaciones que se dan como ejemplo en varias pruebas de usabilidad que utilizan la norma ISO, como:

- **Eficacia:** unas de las prácticas para determinar la eficacia que un usuario realiza para completar una tarea, es asignar valores numéricos a acciones que realiza el usuario, como:

Tabla 4. Modelo de referencia para medir la eficacia.

Fuente: Elaboración propia.

Tasa de éxito.		
0	0,5	1
Tarea no completada	Tarea incompleta	Tarea completada
<p>Donde los valores nulos indican un fracaso o falta de persuasión, y los valores positivos indican un éxito en las tareas realizadas por el usuario.</p>		

Permitiendo así, establecer una tasa de éxito o fracaso cuando un usuario ejecuta una tarea.

- **Eficiencia:** se refiere al grado de esfuerzo que realiza el usuario en completar una tarea; uno de los métodos para medir la eficiencia es cronometrar el tiempo que tarda el usuario en terminar una tarea. El equipo de desarrollo puede determinar el tiempo máximo y mínimo en el cual el usuario debería ser capaz completar una tarea.

Tabla 5. Modelo de referencia para medir la eficiencia.

Fuente: Elaboración propia.



Eficiencia.

Tarea X				
Intento	15 seg.	30 seg.	60 seg.	120 seg.
Primera vez.				
Segundo intento.				
Tercer intento.				

Donde los números indican el tiempo que pasa un usuario en una tarea, los valores mínimos indican una eficiencia en los procesos del aplicativo, mientras que un valor alto puede ser indicativo de todo lo contrario, pero dependiendo de la tarea también puede ser un indicativo de éxito.

También se puede incluir en esta prueba el indicativo de **aprendizaje** y **memorabilidad**, que permitirá medir el tiempo que el usuario utiliza cuando hace una tarea por segunda o hasta por tercera vez, y después de un tiempo determinado.

- **Satisfacción:** es el grado de aceptación del usuario con el aplicativo y/o tarea, también puede ser un indicativo del grado de esfuerzo que el usuario determina para realizar alguna tarea en específico. Puesto que es un valor subjetivo pero importante existen varias formas de evaluaciones complejas, desde frameworks, hasta cuestionarios de usabilidad percibida.

Tabla 6. Modelo para medir el grado de satisfacción.

Fuente: Elaboración propia.

Grado de satisfacción.									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<p>Donde los números indican el grado de aceptación de usuario con una determinada tarea:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1- El usuario está totalmente insatisfecho 5- El usuario está medianamente satisfecho 10- El usuario está totalmente satisfecho <p>En esta parte también se le permite al usuario hacer una retroalimentación de lo que le gustaría que tuviese el aplicativo.</p>									



- Otros atributos de usabilidad como: **errores, contenido, seguridad, portabilidad y contexto** requieren de la evaluación propiamente del equipo de desarrollo o del usuario; nuevamente se hace uso de cuestionarios de evaluación para el usuario, donde es posible preguntarles sobre: la calidad y cantidad de contenido, la seguridad de sus datos con respecto al uso del aplicativo, si el aplicativo cumple con las expectativas del usuario dentro del contexto en el que está enfocado, entre otras.

Estas pruebas permitirán medir en parte el grado de usabilidad del aplicativo, ya que después de todo las métricas que se indican en la norma ISO 9241-11 suelen ser subjetivas porque están estrechamente relacionadas al usuario y su perspectiva frente al aplicativo y sus funcionalidades, por lo que puede ser variable a lo largo del uso de este mismo, basados en este contexto, se vio por conveniente el uso de cuestionarios llamados “cuestionarios de usabilidad percibida” y que se encuentra en el anexo 4., los cuales incluyen varias métricas y atributos de usabilidad mencionados anteriormente.

2.2.6.2 Método de evaluación

Debido a que parte de las funcionalidades del aplicativo requieren de un ambiente real, se tuvo que hacer las pruebas con el cuestionario de usabilidad indicando y poniendo en contexto el uso del aplicativo, de todas formas las pruebas en ambientes reales también suscitan problemas como el hecho de recolección de datos, la limitación de la habilidad del usuario respecto al control sobre estas y el aplicativo lo cual puede influir mucho en los resultados deseados, o incluso indicadores subjetivos como las emociones que pueden cambiar la perspectiva del usuario frente a la usabilidad del aplicativo. Las pruebas estáticas que incluyan métodos empíricos como el uso de encuestas, y otros., permiten una mejor evaluación de las funcionalidades del aplicativo, es por eso su utilización en esta fase del proyecto.

Estas pruebas también permiten hacer retroalimentaciones para corregir fallas o errores que se hayan presentado durante la ejecución del aplicativo. La ventaja de estas pruebas es que permiten monitorear directamente el uso del



aplicativo por parte del equipo de desarrollo, siempre y cuando el aplicativo se encuentre totalmente implementado.

Las pruebas se realizaron a 12 participantes, tal y como indica Enríquez, (2014)., los cuales son lo suficientes y necesarios para hacer las pruebas, aunque deben variar dependiendo del enfoque del aplicativo (niños, jóvenes, adultos o ancianos) y su usabilidad (si algún usuario tiene alguna discapacidad física o motora), en nuestro caso, suponemos que cualquier persona que sepa del uso básico-medio de un celular pueda utilizar el aplicativo sin problemas, pero no se tuvo ningún enfoque respecto a su usabilidad en personas con alguna discapacidad física, motora y audiovisual.

De igual forma se recomienda el uso de al menos 5 participantes para aplicar las pruebas de usabilidad, ya que según (Nielsen, 2000) menciona que: a medida que se aumenta el número de participantes, la retroalimentación u otros temas referentes a la experiencia de usuario se vuelven repetitivos.

Finalmente, los resultados de las pruebas se prestan para determinar muchas métricas y valores que son imposibles de determinar a simple vista, todo dependerá del contexto al cual el aplicativo se encuentra enfocado, y la perspectiva de los valores que se crean que tienen importancia para medir el cumplimiento de los objetivos del aplicativo.

2.2.7 Puntos de interés

2.2.7.1 Centro histórico del Cusco

Para referenciar los puntos de interés que se incluirán en el aplicativo el equipo de desarrollo se apoyó en el área límite del centro histórico, con un alcance geográfico que se basa en el “Plan Maestro del Centro Histórico Cusco 2018 - 2028” y las “Áreas de Estructuración del Centro Histórico del Cusco”, (*Ver Anexo 1*); que establecen el centro histórico de Cusco en dos áreas:

- AE-I o Área de Estructuración 1: es el área más importante para la realización de esta investigación, puesto que supone edificaciones y espacios públicos de valor prehispánico e histórico, que si bien cumplían funciones residenciales, administrativas, políticas o de culto en la época



incaica, fueron posteriormente destruidas o en algunos casos reestructuradas por la llegada de los españoles para fines de la época, y que a su vez modificaron el diseño arquitectónico de la ciudad, acogiendo la arquitectura republicana y moderna que vemos hoy en día.

- AE-II o Área de Estructuración 2: se conforma de inmuebles de valor patrimoniales dispersos que corresponden a la expansión de la ciudad después del terremoto de 1950.

Como se explica anteriormente, el área de estructuración 1 es donde se encuentran los puntos de interés más importantes del centro histórico de Cusco y los que en su mayoría se incorporarán en el aplicativo, para el desarrollo del proyecto fue necesario enmarcar esta área dentro de los límites que establece el “Plan Maestro del Centro Histórico del Cusco”, (2018).

- Por el norte colinda con la delimitación del Parque Arqueológico de Sacsayhuamán, San Blas y la vía de Circunvalación.
- Por el sur con la Av. del Ejército, barrio de La Almudena y el límite lateral del Cementerio de La Almudena.
- Por el este con la calle Qollacalle y el límite oeste de la Cervecería, en el distrito de Cusco y Av. Tullumayu en el distrito de Wanchaq.
- Por el oeste con calle Malampata, en el distrito de Santiago y las calles Ayawayq’o y Jerusalén, en el barrio de Santa Ana.

Esta delimitación ayudó a definir el alcance geográfico del proyecto en el área del centro histórico de Cusco, y que puntos de interés se incorporarían en el aplicativo:

Tabla 7. Puntos de Interés dentro del área “EA-I” del Centro Histórico del Cusco

Fuente: Elaboración propia, se tomó en cuenta los límites propuestos en el área AE-I del Plan Maestro del Centro Histórico de Cusco.

Tipo	N°	NOMBRE DEL PUNTO DE INTERÉS
Plazas	1	La Plaza de Armas (Huacaypata)
	2	Plaza de Regocijo
	3	Plaza de San Francisco
	4	Plazoleta Espinar
	5	Plazoleta Almudena
	6	Plazoleta de Lambarri



	7	Plazoleta de las Nazarenas
	8	Plazoleta de Santo Domingo
	9	Plaza del Tricentenario
Catedrales, Templos e Iglesias	10	La Catedral del Cusco
	11	La Iglesia de la Compañía de Jesús
	12	La Iglesia y Convento de La Merced
	13	La Iglesia de San Blas
	14	Templo de Santa Clara
	15	Templo de San Pedro
	16	Templo de la Merced
Calles, Barrios y otros monumentos	17	La calle Hatun Rumiyoq y la piedra de los 12 ángulos
	18	El Barrio de San Blas
	19	El Qoricancha (Templo del Sol en Cusco) y Convento de Santo Domingo
	20	La Casa del Inca Garcilaso de la Vega
	21	La Casa del Almirante (cuesta del almirante)
	22	Arco de Santa Clara
	23	Palacio Arzobispal
	24	Casa de los Cuatro Bustos
	25	Cuesta de San Blas
	26	Calle Loreto
	27	Calle del Marqués
	28	Calle 7 culebras
	29	Calle 7 angelitos
	30	Calle Awaqpinta
	31	Calle Herrajes
	32	Kusicancha
	33	Parque de la Madre

2.2.7.2 Parque arqueológico de Sacsayhuamán

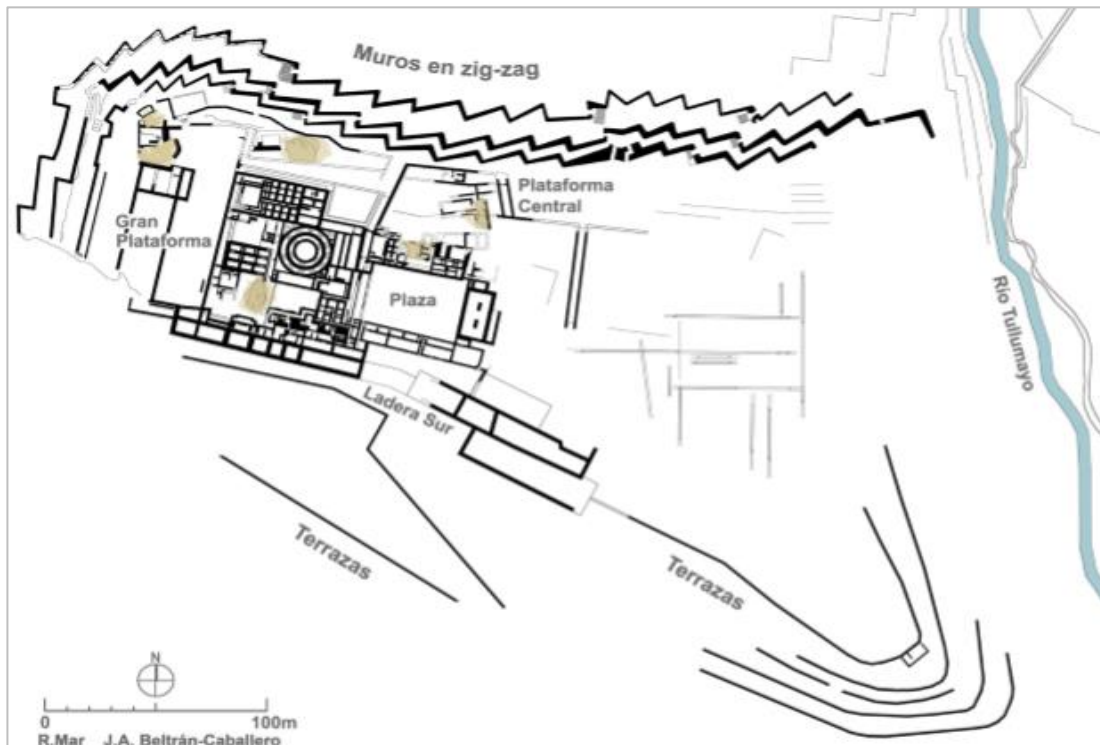
El parque arqueológico de Sacsayhuamán (PAS) se encuentra a 2 km al norte del centro histórico del Cuzco, cuyo núcleo arqueológico se desarrolla en torno

a la actual Plaza de Armas, y está unido a él por los antiguos barrios incas de Colcampata (hoy San Cristóbal) y Tococachi (hoy San Blas), sobre la parte alta de una montaña, a una altura aproximada de 3,600 y 3800 m.s.n.m. y cuenta 3107.69 Has. y 27786.89 ml. de perímetro (INC, 2004); Asimismo, cada uno de los brazos de los ríos, que atraviesan la meseta, dio lugar a la formación de una quebrada (Tambomachay) o un valle amplio según la importancia del curso fluvial (Guevara 2010), además, se encuentra cercado por las montañas Ausangate, Pachatusán y Cinca. (Monteverde, 2012).

La figura 13. muestra el área que corresponde a la parte principal del complejo arqueológico de Sacsayhuamán, es la parte más visitada por turistas locales y extranjeros, por lo que se tiene previsto no incluir gran parte de los puntos de interés que se encuentran en esta zona por la gran cantidad de información que existe de esta área.

Figura 12. Planta general de los restos arqueológicos de Sacsayhuamán.

Fuente: SETOPANT-URV. Generalitat de Catalunya 2014 SGR-1197, MIRMED-GIAC (ICAC / URV / UAB).



Para determinar qué puntos de interés se tendrían que incluir en el aplicativo, se recurrió al “Plan maestro – Parque arqueológico de Sacsayhuamán” (Ver anexo 3), que incluye 56 sitios arqueológicos que se encuentran en todo el complejo arqueológico de Sacsayhuamán, de los cuales se escogieron 12



puntos de interés, y donde se priorizo aquellos puntos de interés que tuvieran disponibilidad de información confiable y verídica; la tabla 3 muestra los puntos de interés seleccionados para ser incluidos en el aplicativo:

Tabla 8. Punto de interés del Parque Arqueológico de Sacsayhuamán.

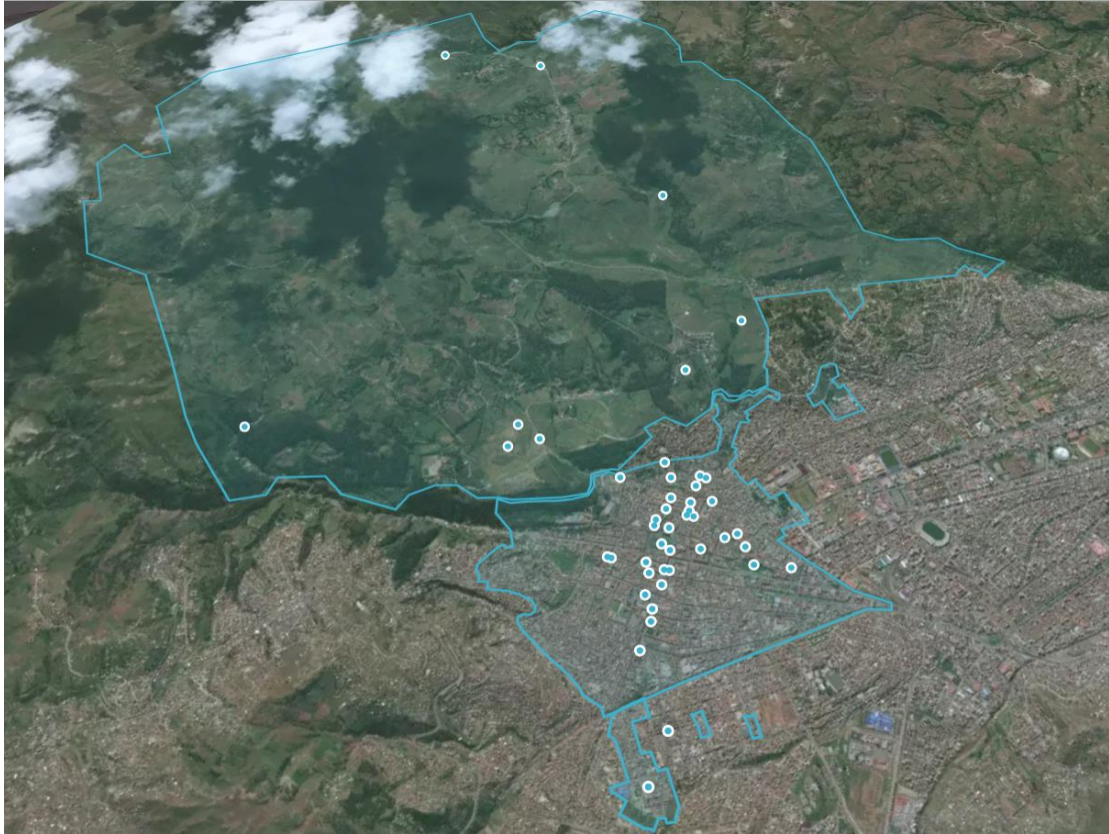
Fuente: Elaboración propia, se tomó en cuenta el anexo 3.

N°	NOMBRE DEL PUNTO DE INTERÉS (PARQUE ARQUEOLÓGICO DE SACSAYHUAMAN)
1	Suchuna
2	Cementerio
3	Chincana Grande
4	Chincana Chica
5	Q'enqo Chico
6	K'usilluchayoq
7	Chuspiyoq
8	Pucapucara
9	Tambomachay
10	Machuchoquequirao
11	Llaullipata
12	Parque arqueológico de Sacsayhuamán



La figura 13. muestra los puntos interés georreferenciados del centro histórico y del parque arqueológico de Cusco:

Figura 13. Puntos de interés georreferenciados del centro histórico y del parque arqueológico de Cusco
Fuente: Elaboración propia.



2.2.8 Realidad aumentada para la preservación y difusión del patrimonio cultural

El patrimonio cultural de nuestro país juega un papel innegable, a menudo de manera implícita, contribuyendo a la formación de la identidad de los ciudadanos, también afecta a los sectores productivos, aunque muchas veces sea considerado una industria. Es deber de los ciudadanos y de las instituciones a cargo, tener una participación activa en la conservación, protección y mejora del patrimonio cultural.

“El patrimonio cultural es un componente esencial de la tierra y el paisaje, por lo que entran con pleno derecho en el contexto antrópico contemporánea y representan un hecho, de cuya existencia no puede ser ignorado incluso aquellos que no quieren atribuir ningún valor desde el punto de vista cultural” (Massari, 2007).



Gran parte, como en nuestro país, es que el patrimonio suele ser tangible, como sitios arqueológicos, ruinas de edificios, paisajes, etc. Y otra parte importante suele ser de carácter intangible, como el lenguaje, arte, creencias religiosas y otras, que conforman la cultura de un país, de ahí su importancia.

Los avances de la tecnología han permitido asistir desde las últimas décadas a la difusión y preservación del patrimonio cultural, sobre todo en el patrimonio tangible; el uso de tecnologías aplicadas a este ámbito han sido muchas, y van desde proyectos creados por instituciones privadas, hasta países u ONG sin fines de lucro.

Un caso específico ocurre en Italia, donde la concepción del patrimonio artístico-cultural está muy centrada en la protección que a menudo la convierte erróneamente en "ver" como una reliquia, algunos museos o centros arqueológicos se han cerrado o evitan muchas visitas para mantener a salvo el patrimonio cultural, pero el lado opuesto a esta medida es que se pierde la atención de los turistas. Aplicaciones como "iTacitus" utilizan realidad aumentada para solucionar este problema, implementado en el Palacio de Venaria (cerca de Turín, Italia) y declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO, el sistema iTacitus permite a los usuarios ver cómo aparecían los "frescos" en las paredes de la "Sala de Diana" y superponer un templo desaparecido en los coloridos jardines a las imágenes de las ruinas en su móvil teléfono.

Otro proyecto que utilizaba realidad aumentada aplicada al patrimonio cultural, era ARCHEOGUIDE, el cual permitía a los visitantes conocer mejor la antigua ciudad de Olimpia, Grecia; mediante información contextualizada y enriquecida con respecto a su posición y orientación detectada por GPS. Este sistema necesitaba un dispositivo de visualización, parecido a un casco de realidad virtual de hoy día, que contenía una cámara de video externa, una brújula digital y conectado al receptor.

"La idea de la realidad aumentada se adapta bien a los dispositivos portátiles de hoy en día. Sus capacidades computacionales y sus sensores permiten la creación de servicios de realidad aumentada, que eliminan la restricción de



estar en un área específicamente equipada. Además de eliminar el problema de mantener la integridad del artículo fabricado, el contenido se separa del instrumento específico adecuado para reproducirlo, que se puede simular recreando la experiencia de uso original de una manera filológicamente correcta.” (Lavecchia, 2017).

El uso de la realidad aumentada y la realidad virtual pueden ser en conjunto una herramienta útil, por un lado, la realidad aumentada aporta información y enriquece los monumentos u objetos, que también pueden incluir reconstrucciones de estos mismos, permitiendo mostrar cómo eran anteriormente; en cambio la realidad virtual permite la reconstrucción virtual de espacios que no se incluyen en los circuitos turísticos, o que por lo general son relegados para su preservación. Un proyecto con estas características fue implementado en Italia, nombrado como COVA, fue hecho para el mantenimiento y la valorización de monumentos menores en la ciudad de Roma, este proyecto utiliza Realidad Aumentada la cual enriquece la percepción sensorial del visitante con información turístico-cultural; y la realidad virtual permite a usuarios remotos visitar los sitios en 3D, que se encuentran en conservación o que se encuentran relegadas para su visita.

Estas tecnologías aplicadas en el campo del patrimonio cultural, permiten mejorar y hacer accesible un entorno de importancia histórica que describa su evolución y muestre sus características. “En el sector del patrimonio cultural, estas tecnologías se aplican en dos líneas principales. El primero es el de la fructificación y la explotación de las obras mediante la colocación de objetos tridimensionales en contextos reales. Elementos extraños, pero perfectamente integrados, que se pueden activar mediante referencias (marcadores) que permiten definir la posición y la orientación visual del usuario. La segunda área importante es el diagnóstico del estado de conservación de las obras. El modelo no cambia y está relacionado con la mezcla de información de diagnóstico e imágenes reales” (“Tecnologías innovadoras para el uso inmersivo e interactivo del patrimonio cultural”, 2015).

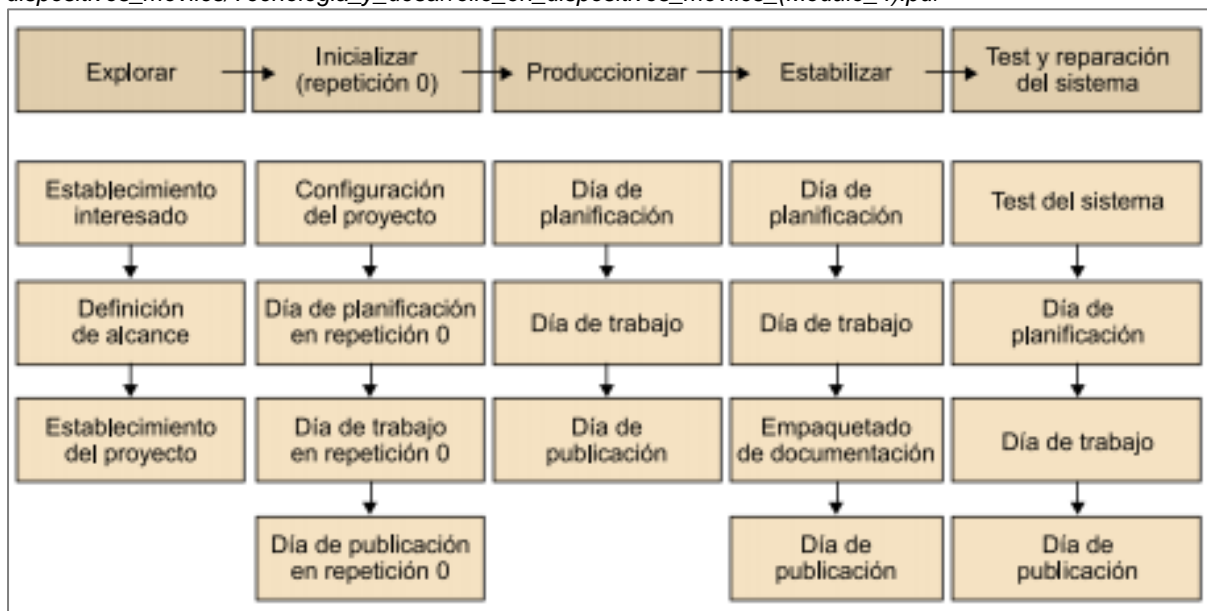


CAPITULO III: DESARROLLO

Como ya se ha explicado anteriormente, el desarrollo de la aplicación estará enmarcado en el uso de la metodología “Mobile-D”, la cual compone de 5 fases ya descritas en el marco teórico de la metodología, a continuación, a manera de referenciar el ciclo de desarrollo completo de la metodología se muestra en la siguiente figura 14. que intenta explicar las fases que se desarrollaran en este capítulo:

Figura 14. Ciclo de desarrollo de Mobile-D

Fuente: Extraído de [https://www.exabyteinformatica.com/uoc/Informatica/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles_\(Modulo_4\).pdf](https://www.exabyteinformatica.com/uoc/Informatica/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles/Tecnologia_y_desarrollo_en_dispositivos_moviles_(Modulo_4).pdf)



3.1 Primera fase: Exploración

3.1.1 Visión General de la aplicación

Este proyecto tiene como finalidad diseñar y desarrollar un prototipo de una aplicación móvil con Realidad Aumentada que ayude a la difusión del patrimonio cultural del centro histórico de Cusco, mediante la exploración de puntos de interés turísticos más conocidos del centro histórico.

3.1.2 Establecimiento de los interesados o Stakeholder

El establecimiento de las partes interesadas en la aplicación tiene como objetivo identificar y establecer grupos de actores interesados e involucrados en el proyecto, también se identificaron sus tareas, roles y responsabilidades:



Tabla 9. Establecimiento de los interesados
Fuente: Elaboración propia.

Rol	Descripción
Jefe de proyecto	Definir objetivos del proyecto, establecer y planificar el alcance del aplicativo, asignar roles y responsabilidades.
Equipo de desarrollo	2 analistas programadores encargados del desarrollo, diseño y prueba del aplicativo.
Usuarios	El usuario son los turistas locales y extranjeros.

3.1.3 Definición de alcance

3.1.3.1 Requerimientos previos

En esta etapa se determinó los requisitos previos, los objetivos y el alcance del producto.

Requisitos previos

- Información de los puntos de interés (lugares turísticos) en el centro histórico de Cusco y del parque arqueológico de Sacsayhuamán.
- Recursos multimedia de puntos de interés para el modelado 3D de los objetos que se incorporaran en el módulo de realidad aumentada.

Objetivos

- Mostrar un mapa donde estarán los puntos de interés ubicados geográficamente.
- Mostrar localización del usuario.
- Mostrar ruta desde la localización del usuario hacia un punto de interés.
- Implementar la navegación desde la localización del usuario hacia un punto de interés.
- Mostrar información multimedia (galería de imágenes) de los puntos de interés.
- Mostrar un módulo de recomendados, donde se incluirán puntos de interés con información multimedia y objetos de realidad aumentada.
- Mostrar objetos en realidad aumentada.



- Mostrar un módulo donde se incluirán los puntos de interés favoritos incluidos en el módulo de puntos de interés con AR.

Alcance

- Prototipo funcional del aplicativo móvil que muestre los puntos de interés más importantes del centro histórico de Cusco, información y galería multimedia, puntos de interés en realidad aumentada, que genere una ruta y su posterior navegación hacia cualquier punto de interés.

3.1.3.2 Requisitos iniciales

Durante las conversaciones con el docente-jefe del proyecto, se obtuvieron los siguientes requerimientos iniciales:

- El aplicativo móvil debe desarrollarse y funcionar en la plataforma de Android.
- La aplicación debe funcionar sin conexión a internet (con varias limitaciones), por lo que debe tener una base de datos local de cualquier tipo.
- Se deben usar SDK's y APIs de libre modificación y de acceso gratuito.
- Ya que el aplicativo está destinado más a usuarios locales que extranjeros, se estableció que el idioma en el que se mostrará al usuario final será el mismo que el idioma nativo de los desarrolladores del proyecto.

3.1.3.3 Requerimientos funcionales

Durante la exploración de los requerimientos funcionales se lograron definir inicialmente el comportamiento básico del aplicativo y las acciones que realizaría, a continuación, se muestran los requerimientos básicos y funcionales del aplicativo:

Tabla 10. *Requerimientos funcionales.*

Fuente: *Elaboración propia.*

Módulos	Descripción de sus procesos	Prioridad
Módulo mapa (M001)	Visualizar el mapa con los puntos de interés, ubicación de usuario, información de los puntos de interés, ruta y navegación.	Alta



Módulo de exploración (M002)	Visualizar los puntos de interés y mostrarlos en realidad aumentada.	Alta
Módulo de favoritos (M003)	Visualizar puntos de interés favoritos añadidos desde el módulo de recomendados.	Baja

– **Módulo mapa**

Tabla 11. Requerimiento funcional del módulo mapa.

Fuente: Elaboración propia.

Requerimiento funcional	Descripción
RFM01	Los puntos de interés se deben mostrar geográficamente en el mapa.
RFM02	El usuario debe visualizar su ubicación real o falsa.
RFM03	El usuario debe poder buscar cualquier punto de interés que se encuentre en la base de datos
RFM04	Los puntos de interés deben mostrar su información y algún recurso multimedia, y también pueden ser añadidos al módulo de favoritos
RFM05	Se debe mostrar la ruta entre la ubicación del usuario y un punto de interés.
RFM06	Se debe calcular la distancia y tiempo de navegación entre el usuario y punto de interés.
RFM07	El usuario debe poder cambiar su ubicación real a una falsa (y viceversa) si es que no se encuentra dentro de los límites del centro histórico.



RFM08	El usuario debe escoger el tipo de medio de navegación desde su ubicación hacia un punto de interés.
-------	--

– **Módulo de exploración - AR**

Tabla 12. Requerimiento funcional del módulo exploración – AR.

Fuente: Elaboración propia.

Requerimiento funcional	Descripción
RFE01	Se debe mostrar una selección de puntos de interés más conocidos del centro histórico del Cusco.
RFE02	Los modelos 3D deben mostrarse dependiendo del punto de interés.
RFE03	El usuario debe poder buscar cualquier punto de interés dentro de esta sección.
RFE04	El usuario debe poder añadir un punto de interés favorito a un nuevo módulo denominado “favoritos”.
RFE05	El tamaño de los modelos 3D no debe ser mayor a la recomendada por el IDE (Android Studio)

– **Módulo de favoritos**

Tabla 13. Requerimiento funcional del módulo favoritos

Fuente: Elaboración propia.

Requerimiento funcional	Descripción
RFF01	El usuario debe poder añadir un punto de interés favorito del módulo de recomendados y del módulo de mapas
RFF02	El usuario debe poder realizar modificaciones como quitar el favorito de este módulo.



3.1.3.4 Requerimientos no funcionales

En la exploración de módulos no funcionales se pudieron identificar los siguientes puntos:

Tabla 14. *Requerimientos no funcionales.*

Fuente: *Elaboración propia.*

Requerimiento no funcional	Descripción
RNF01	Usabilidad: el aplicativo móvil debe tener una interfaz amigable e intuitiva.
RNF02	Disponibilidad: ya que el aplicativo será desarrollado para dispositivos móviles Android, no estarán disponibles en otras plataformas o dispositivos. (véase anexo 5: Lista de dispositivos que soportan ARCore)
RNF05	Rendimiento: el aplicativo requiere de hardware y software específico.

3.1.4 Establecimiento del proyecto

En esta etapa se definió el entorno técnico y físico del proyecto.

3.1.4.1 Selección de entorno

Debido a los requerimientos del proyecto, el entorno de desarrollo deberá tener características suficientes para diseñar objetos en 3D y soportar el desarrollo de realidad aumentada. De igual forma se necesitó al menos un dispositivo móvil físico que cumpla con los requisitos establecidos más adelante para la prueba de los módulos durante el desarrollo del aplicativo.

Los ordenadores portátiles y dispositivo móvil donde se desarrolló el aplicativo móvil son los siguientes:



Tabla 15. Entorno de desarrollo.
Fuente: Elaboración propia.

Ordenador portátil	Características
<p>Laptop "L" ASUS ROG STRIX SCAR III</p>	<p>Software</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sistema Operativo Windows 10 de 64 bits - Android Studio 3.5.3 - Blender 2.9.0 - SketchUp 2019 <p>Hardware</p> <ul style="list-style-type: none"> - Procesador: Intel® Core™ i79750H 2.6GHz - Memoria: 16384MB RAM - Disco Duro: 931.51 GB, 238.46 GB - DirectX: DirectX 12 - Tarjeta de video: NVIDIA® GeForce® GTX 1660TI 6GB GDDR6 VRAM, Intel® UHD Graphics 630 de 8244 MB <p>Conexión a internet de 32MB</p>
<p>Laptop "J" ASUS GL552JX.207</p>	<p>Software</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sistema operativo Windows 10 de 64 bits - Android Studio 3.6 - Blender 2.7.1 - Blender 2.9.0 - SketchUp 2019 <p>Hardware</p> <ul style="list-style-type: none"> - Procesador: Intel® Core™ i7-4720HQ 2.60HZ - Memoria: 8192 MB RAM - Disco duro: 931,50 GB - DirectX: DirectX 12



	<ul style="list-style-type: none"> - Tarjeta de video: NVIDIA GeForce GTX 950M 4040MB (Dedicada), Intel® HD Graphics 4600 de 2160MB (Integrada). <p>Conexión a internet de 12MB</p>
<p>Dispositivo Móvil Samsung S10 (SM-G973F)</p>	<p>Software</p> <ul style="list-style-type: none"> - Android 10 <p>Hardware</p> <ul style="list-style-type: none"> - 8GB RAM - 128GB Memoria interna - GPU: ARM Mali-G76 MP12 - Resolución de pantalla: 1440x3040 pixeles <p>Sensores</p> <ul style="list-style-type: none"> - Acelerómetro - Giroscopio - Sensor de proximidad - Sensor de luz ambiental

3.1.4.2 Requisitos de arquitectura

Basados en el análisis inicial del proyecto, los requisitos para el desarrollo de la arquitectura base del aplicativo se describe a continuación:

Tabla 16. Requisitos de la arquitectura del aplicativo

Fuente: Elaboración propia

Requisitos de la arquitectura del aplicativo	
Tecnología	Android
Lenguaje de programación	Java
IDE	<p>Desarrollo de los módulos sin la inclusión de AR</p> <ul style="list-style-type: none"> - Android Studio 3.6.2 <p>Implementación de AR</p> <ul style="list-style-type: none"> - Android Studio 3.5.3
Sistema operativo	Android versión 8.1 o superior



Librerías Java	JDK 8 (1.8) NDK 21.0
Tipo de almacenamiento de datos	GeoJSON SQLite 3.19
SDK de mapas	Mapbox SDK Android Maps 8.1.0 Mapbox SDK Android Navigation 0.42.6
SDK de AR	ARCore 1.18.0
Modelado de Objetos 3D	Blender 2.7.1 Blender 2.9.0 SketchUp 2019
Metodología de desarrollo	Mobile-D
Otros	<ul style="list-style-type: none">– Servicios de locación.– Conexión inicial a internet para configurar las rutas, puntos de interés en el mapa y recursos multimedia.– Permisos de cámara para mostrar los objetos en realidad aumentada.

3.1.4.3 Planificación del desarrollo del proyecto

Se establece la fecha de inicio el 01 marzo del 2020 y se prevé que solo el desarrollo del proyecto dure aproximadamente 7 meses con jornadas diarias de al menos 4 a 6 horas diarias, y se estima que la fecha de finalización sea en diciembre del 2020.

3.2 Segunda fase: Inicialización

Durante esta fase se verificó y preparó todos los recursos necesarios para el desarrollo de la aplicación.



3.2.1 Configuración del proyecto

Durante esta etapa se prepararon las actividades previas al desarrollo de la aplicación, tales como la instalación y configuración del hardware necesario.

- Para la programación de los módulos de mapa, recomendados y favoritos (sin la implementación de Realidad Aumentada) se utilizó Android Studio 3.6.0., que también implicó la instalación de las librerías JDK y NDK de Java necesarias para desarrollo del aplicativo.
- Para la implementación de realidad aumentada se utilizó Android Studio 3.5.3., por su estabilidad al momento de importar modelos 3D.
- Para el modelado de objetos 3D se utilizaron los programas Blender 2.7.1 y 2.9.0, se utilizaron dos versiones por cuestiones de familiaridad de trabajo; también se utilizó SketchUp 2019 para la generación de algunos modelos.
- Para trabajar con los mapas y navegación se utilizó el SDK de Mapbox para Android.
- Para la implementación de la Realidad Aumentada se utilizó el SDK de Google ARCore 1.18.0.
- Para el almacenamiento de datos se utilizó un archivo de intercambio de texto GeoJSON y SQLite.

3.2.2 Formación y desarrollo de habilidades

Para el desarrollo del aplicativo se tuvo que desarrollar y ampliar los conocimientos en programación con el lenguaje JAVA para dispositivos móviles, el uso de los diferentes SDK también implicó una mayor indagación en la documentación no solamente de Android, sino también de ARCore y Mapbox. También fue necesario desarrollar habilidades de modelado de objetos 3D.



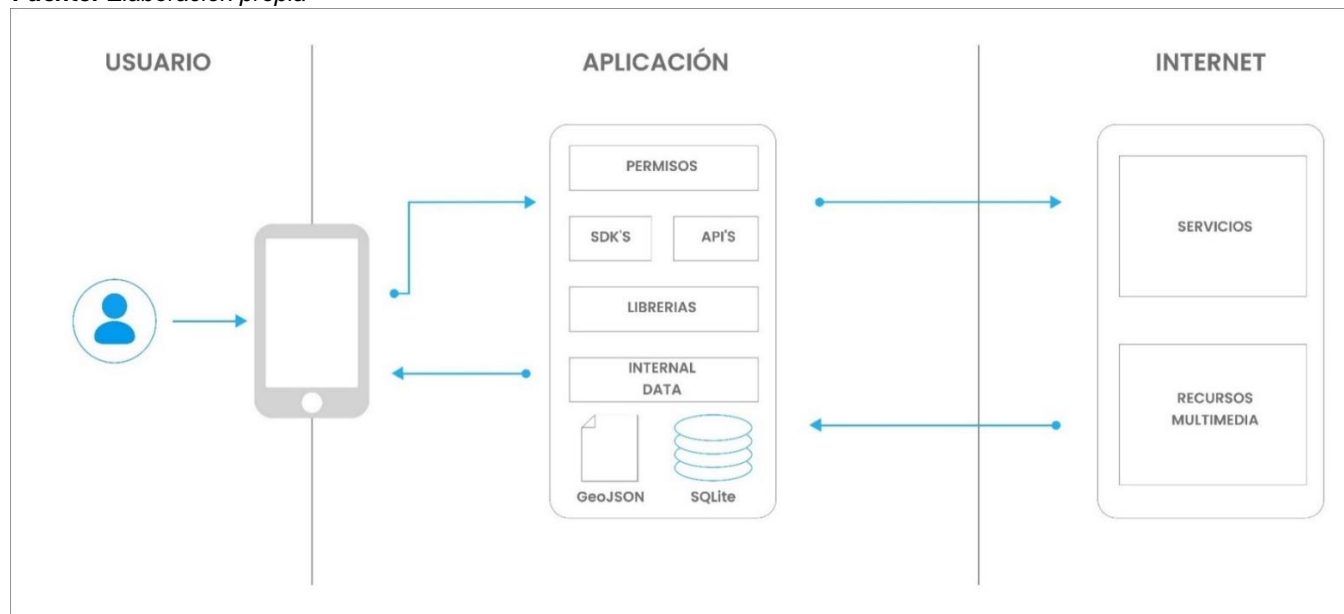
3.2.3 Planificación inicial

3.2.3.1 Arquitectura de la aplicación

La figura 15 es una representación de la arquitectura general de la aplicación, donde el aplicativo móvil utiliza los servicios de internet para acceder a los servicios de locación del usuario, establecer rutas entre puntos de interés y extraer recursos multimedia, se ha establecido que la información básica y textual estará almacenada en la base de almacenamiento de datos local, de este modo el usuario visualizará el mapa, puntos de interés, los objetos de realidad aumentada y toda la información textual de los puntos de interés de forma rápida y sin una conexión constante a internet.

Figura 15. Arquitectura general de la aplicación

Fuente: Elaboración propia





3.2.3.2 Análisis de los requerimientos funcionales

En base a los requerimientos funcionales ya descritos en la etapa de exploración (tabla 04, 05 y 06), se han podido determinar los procesos y funcionalidades que tendrá el aplicativo.

Tabla 17. Análisis de los requerimientos funcionales.

Fuente: Elaboración propia.

Módulos	Procesos		Requerimientos
	ID	Funcionalidades	
Módulo mapa (M001)	F01	Mostrar puntos de interés geográficamente y su información.	RFM01, RFM03, RFM04
	F02	Mostrar la localización del usuario.	RFM02, RFM07
	F03	Mostrar ruta entre el usuario y un punto de interés.	RFM05, RFM06
	F04	Mostrar las indicaciones de navegación entre el usuario y el punto de interés.	RFM08
Módulo de Exploración (M002)	F05	Mostrar puntos de interés destacados.	RFE01, RFE03
	F06	Mostrar los objetos de AR dependiendo del punto de interés.	RFE02, RFE05
Módulo de favoritos (M003)	F07	Mostrar los puntos de interés favoritos añadidos desde el módulo de recomendados y mapas.	RFE04, RFM04, RFF01, RFF02



3.2.3.3 Planificación por fases

Tabla 18. Planificación por fases de la metodología.

Fuente: Adaptado de Agile software technologies research programme, 2008

Fase	Iteración	Descripción
Exploración	Iteración 0	Establecimiento de los interesados, se define el alcance, se identifica los requerimientos y finalmente se establece el proyecto.
Inicialización	Iteración 0	Se configura el entorno del proyecto, donde se prepara el ambiente, se define la formación y desarrollo de habilidades del equipo de desarrollo, se establece la arquitectura de la aplicación, se realiza análisis de los requerimientos, se elaboran los prototipos de mediana fidelidad y se establece la planificación inicial.
Producción	Iteración 1	Se implementa las funcionalidades de los requerimientos del módulo M001 “Mapas” y el diseño de la interfaz. Se actualiza las Historias de Usuario y se genera las pruebas.
	Iteración 2	Se implementa las funcionalidades de los requerimientos del módulo M002 “Explorar” y el diseño de la interfaz. Se actualiza las Historias de Usuario y se genera las pruebas.
	Iteración 3	Se implementa las funcionalidades de los requerimientos del módulo M003 “Favoritos” y el diseño de la interfaz. Se actualiza las Historias de Usuario y se genera las pruebas.



	Iteración 4	Se diseñan y modelan los objetos 3D para su posterior incorporación en el módulo M002.
Estabilización	Iteración 5	Se integran todos los módulos de la aplicación, y se comprueba su correcto funcionamiento.
Pruebas	Iteración Pruebas	Se realizan las pruebas con el aplicativo y se analizan los resultados.

Tarjetas de historia

Las tarjetas de historia y tarjeta de tareas se desarrollaron a partir de los requerimientos funcionales, haciendo uso de las plantillas proporcionadas en la documentación de la metodología, en la tabla 18. y 19. se muestran los modelos respectivamente.

Tabla 19. Plantilla de tarjetas de historia.

Fuente: Adaptado de: "Agile software technologies research programme", 2008

ID	Tipo	Dificultad		Esfuerzo		Prioridad
		Antes	Después	Estimado	Requerido	
	Nuevo	Fácil	Fácil			
	Fijo	Moderado	Moderado			
	Mejora	Difícil	Difícil			
Descripción						
Fecha	Estado	Comentarios				
	Definido					
	Realizado					
	Verificado					



Tabla 20. Plantilla de tarjeta de tareas

Fuente: Adaptado de: "Agile Software technologies Research programme", 2008

ID	Tipo	Dificultad		Confianza	Esfuerzo	
		Antes	Después		Estimado	Real
	Nuevo			1 (poca		
	Fijo	1 (rutina)	1 (rutina)	confianza)	(hrs)	(hrs)
	Mejora	5 (muy difícil)	5 (muy difícil)	2 (much		
				confianza)		
Descripción						
Fecha	Estado		Comentarios			
	Definido					
	Realizado					
	Verificado					

3.2.3.4 Elaboración de los prototipos de mediana fidelidad

Durante esta etapa del proyecto se elaboraron los prototipos iniciales (wireframes) de cada una de las pantallas del aplicativo:

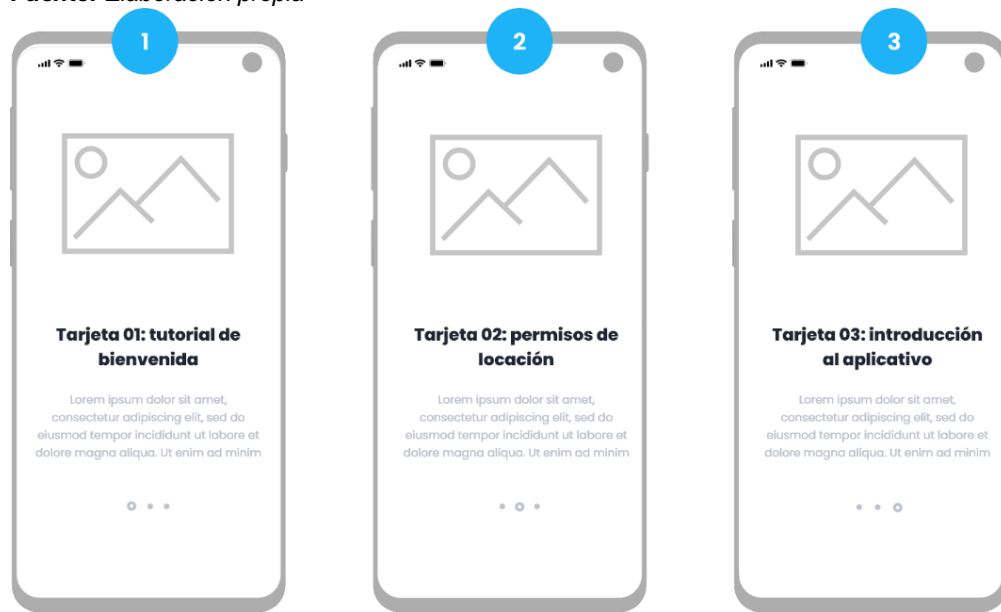
1. Pantalla de incorporación para el aplicativo (Onboarding screen)

En la figura 16. se muestran las primeras pantallas que el usuario visualiza al inicializar el aplicativo, solo se presentan una sola vez y su función es dar una pequeña introducción al aplicativo, como se muestra a continuación:

- La pantalla (1) de incorporación dará un tutorial de bienvenida al aplicativo.
- En la pantalla (2) de incorporación se le indicará al usuario si el aplicativo podrá acceder a los servicios de locación o si preferirá una locación falsa definida por el aplicativo, cabe resaltar que es necesario que el usuario elija al menos una de las dos opciones para poder continuar.
- La pantalla (3) de incorporación es propiamente una introducción al aplicativo, donde se le indica que ya puede empezar a usar el aplicativo.



Figura 16. Pantalla de inicio del aplicativo.
Fuente: Elaboración propia



2. Prototipo del Menú en la parte inferior de la pantalla (Bottom Bar).

En la figura 17. se muestra el menú ubicado en la parte inferior de la pantalla, que permite al usuario navegar entre las diferentes actividades del aplicativo:

- El primer ítem del menú muestra la actividad correspondiente al módulo de “Mapa”, donde se muestran los puntos interés y la ubicación del usuario.
- El segundo ítem del menú muestra la actividad correspondiente al módulo de “Explorar”, donde se muestra los puntos de interés destacados con sus objetos 3D en realidad aumentada de cada uno de ellos.
- El tercer ítem del menú muestra la actividad correspondiente al módulo de “Favoritos”, donde se muestra los puntos de interés favoritos tanto del módulo mapa y el módulo de exploración.



Figura 17. Prototipo del menú en la parte inferior de la pantalla.
Fuente: Elaboración propia.



3. Prototipo de la actividad: Mapa o pantalla principal

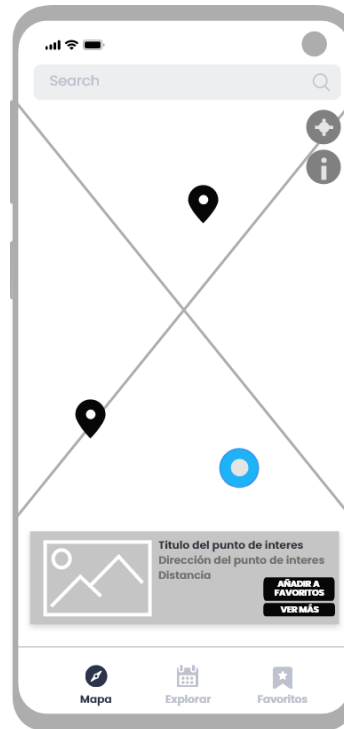
En la figura 18. se muestra el prototipo correspondiente a la pantalla de la actividad del mapa, donde se visualizan los puntos de interés y su ubicación. Cada punto de interés está vinculado a una “tarjeta” que muestran información básica del punto de interés, y cada una de estas tarjetas tienen un botón de “Ver más” y “favoritos”, donde en la primera se muestra otra actividad de detalles de cada punto de interés, y el segundo botón agrega un punto de interés a la actividad de Favoritos.

- Se tiene establecido que esta pantalla incluya controles de “locación” (primer círculo a la derecha, debajo de la barra del buscador) y “cámara target” (segundo círculo a la derecha, debajo del círculo de “locación”), donde en la primera el usuario podrá cambiar su locación de real a simulada, o viceversa, y la segunda donde la visualización de la pantalla se enfoca hacia la locación del usuario.



- También se incluirá un buscador (barra superior) donde se podrán buscar los puntos de interés por su nombre.

Figura 18. Prototipo de la actividad Mapa o pantalla principal.
Fuente: Elaboración propia



4. Prototipo de la actividad: Detalles del punto de interés

En la figura 19. se muestra el prototipo que corresponde a los detalles de un punto de interés que se muestra la pantalla de la actividad del mapa (modulo mapa), en esta pantalla se puede observar los elementos multimedia, la descripción textual de los datos generales, etc.

Esta actividad también incluye un botón “GO” que muestra la actividad de navegación desde la ubicación del usuario a un punto de interés seleccionado en el módulo mapa.



Figura 19. Prototipo de la actividad detalles del punto de interés
Fuente: Elaboración propia

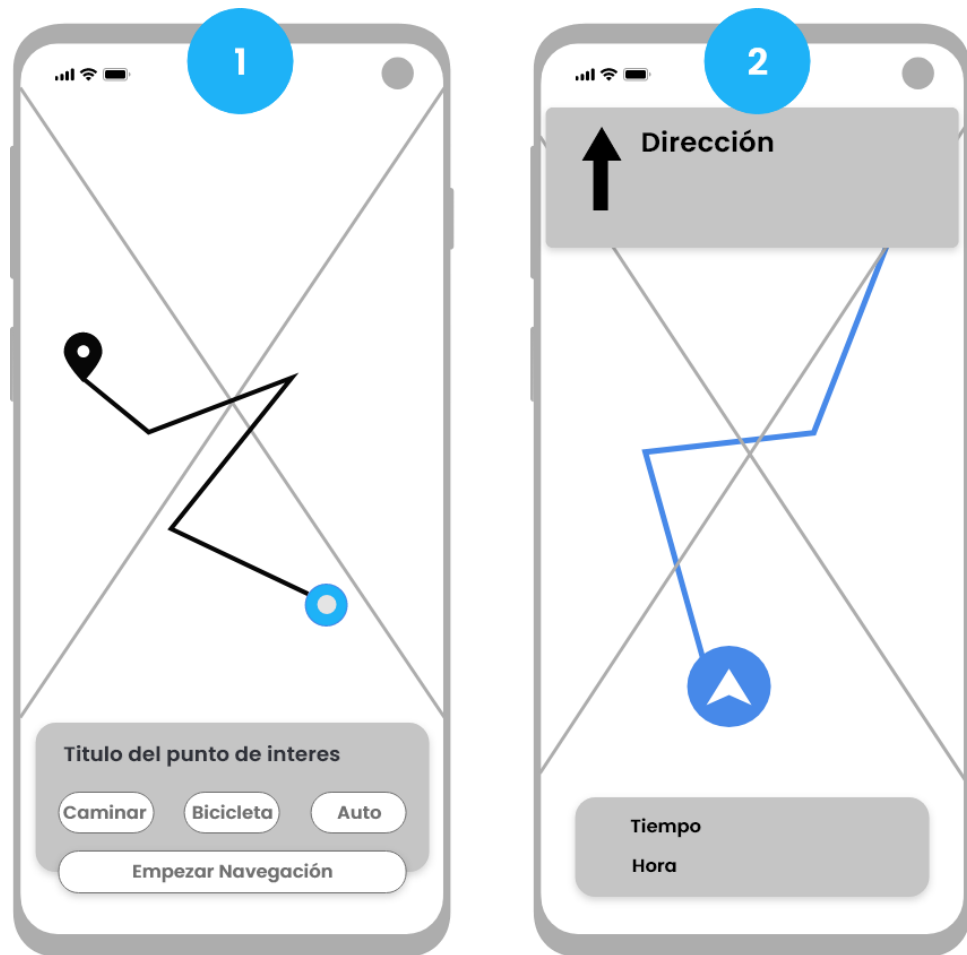


5. Prototipo de la actividad: Navegación

En la figura 20. se muestra el prototipo que corresponde a la pantalla de (1) navegación, que se inicia al dar clic al botón de navegación dentro de la actividad de detalles de un punto de interés, el usuario puede seleccionar el medio de transporte y cuando presiona el botón de “Empezar navegación” la actividad de (2) direcciones de navegación se inicia, donde el usuario puede ver las direcciones correspondientes a la navegación desde su ubicación, hasta el punto de interés seleccionado previamente.



Figura 20. Prototipo de la actividad Navegación
Fuente: Elaboración propia



6. Prototipo de la actividad: Explorar

En la figura 21. se muestra el prototipo de la actividad “Explorar” corresponde al módulo de exploración, en la que el usuario visualiza puntos de interés específicos que contienen objetos en realidad aumentada.

- Al seleccionar el punto de interés se muestran los detalles del punto de interés seleccionado.
- El botón “AR” muestra la actividad de realidad aumentada, donde se observan los modelos de objetos 3D según cada punto de interés.
- También se incluirá una barra de búsqueda en la parte superior, que permitirá buscar un punto de interés por su nombre



Figura 21. Prototipo de la actividad Explorar
Fuente: Elaboración propia



7. Prototipo de la actividad: Detalles del punto de interés en AR.

En la figura 22. se muestra el prototipo de la actividad “detalles” de los puntos de interés que se encuentran en la actividad de exploración del módulo de Explorar, en esta actividad se muestra información textual y multimedia del punto de interés previamente seleccionado.



Figura 22. Prototipo de la actividad Detalles del punto de interés en AR
Fuente: Elaboración propia

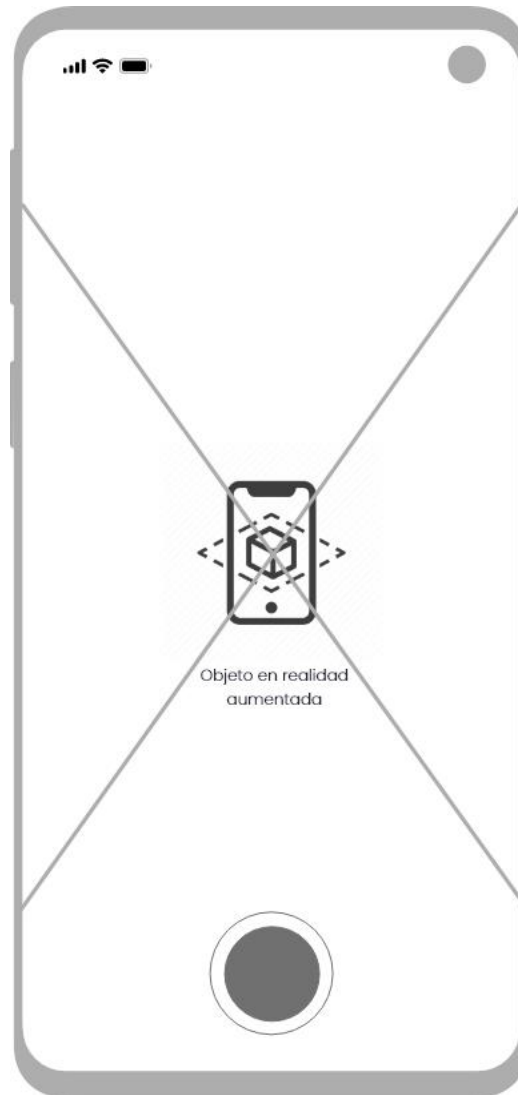


8. Prototipo de la activad: Realidad Aumentada

En la figura 23. se muestra el prototipo de la actividad “Realidad Aumentada” el cual muestra el objeto 3D en realidad aumentada del punto de interés previamente seleccionado en la actividad explorar.



Figura 23. Prototipo de la actividad Realidad Aumentada
Fuente: Elaboración propia



9. Prototipo de la actividad: Favoritos

En la figura 24. se muestra el prototipo de la actividad “Favoritos” en el que se visualizan los puntos de interés favoritos que fueron añadidos desde la pantalla de exploración y mapa. Cada tarjeta se añade dependiendo del módulo donde fueron añadidos:

- En la parte superior se añaden los puntos de interés del módulo de “explorar”.
- Y en la parte inferior los puntos de interés del módulo de “mapa”.



- Cada “tarjeta de favoritos” incluye un botón “Quitar de favoritos” que borra el punto interés favorito añadido anteriormente de este módulo.

Figura 24. Prototipo de la actividad Favoritos
Fuente: Elaboración propia

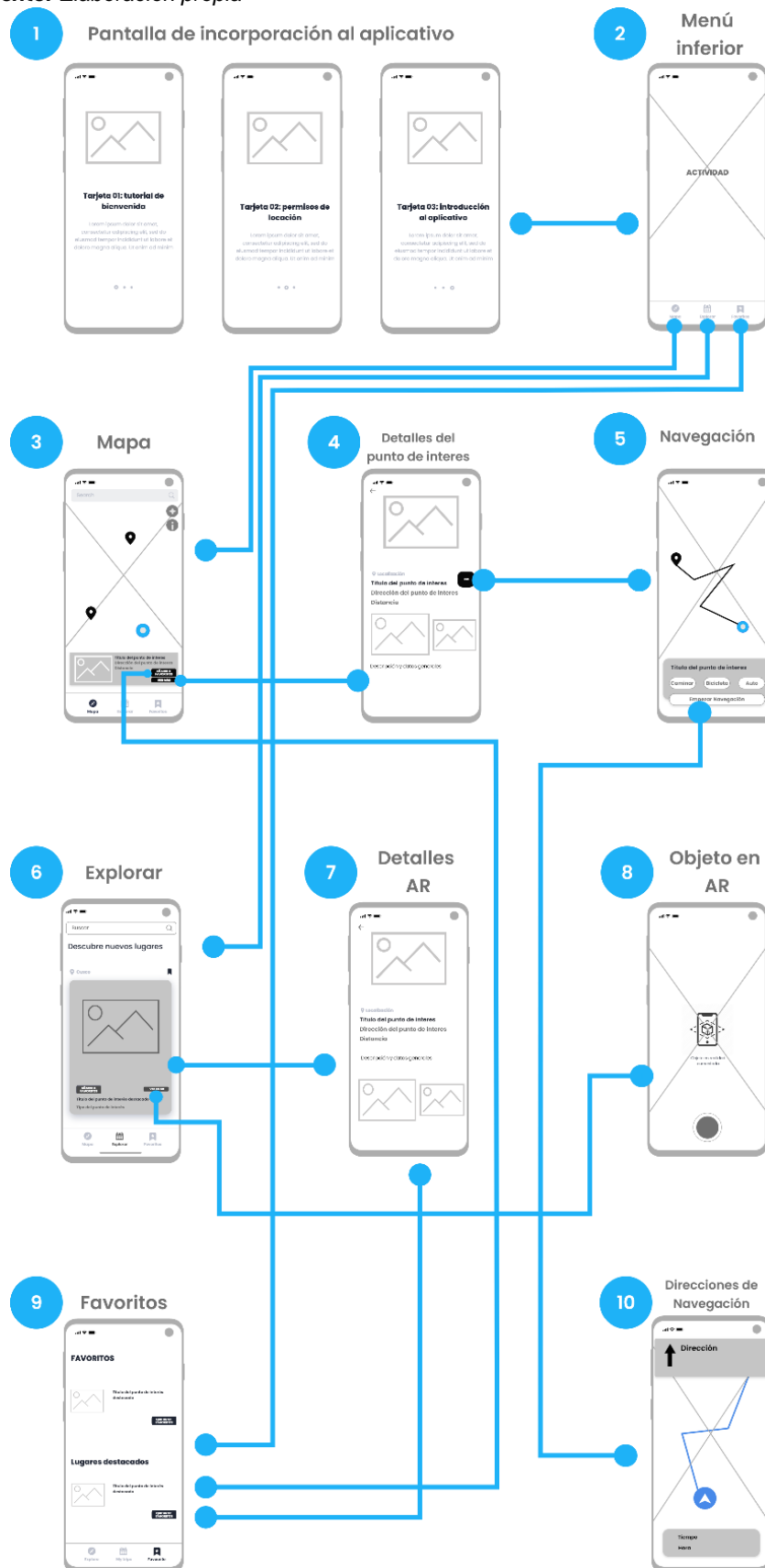


3.2.3.5 Diagrama de flujo de interfaz

En la figura 25. se presenta el siguiente diagrama que representa el flujo de las interfaces vistas anteriormente, donde se muestra paso a paso el funcionamiento y vista de todos los prototipos que se desarrollaron para el aplicativo.



Figura 25. Diagrama de flujo de interfaz
Fuente: Elaboración propia



Esquema de navegabilidad

1. Como parte inicial del flujo de interfaz vistas en la figura 26., se muestra el primer flujo de pantallas representada por el punto (1) “Pantalla de incorporación al aplicativo”, donde se muestran tres pantallas secuenciales que se visualizan al inicio del aplicativo, solo se muestra una vez durante todo el ciclo de vida del proyecto y permite al usuario saber de qué trata el aplicativo y que permisos se utilizara, al terminar la última vista de la tarjeta se mostrara un botón de “Empezar” que inicializara la pantalla de la actividad del (3) “Mapa”.

Figura 26. Flujo de pantallas al iniciar el aplicativo
Fuente: Elaboración propia



2. El siguiente flujo muestra el funcionamiento del módulo correspondiente al mapa y que también incluye al módulo de favoritos, representada por los puntos 3, 4, 5, 10 y 9 vistos en la figura 27., se inicia en la pantalla principal de la actividad del mapa, donde se muestra una tarjeta que corresponde a cada punto de interés, al seleccionar el botón de “ver más” se inicia la actividad de (4) “Detalles del punto de interés”, donde se muestra información textual y multimedia del punto de interés previamente seleccionado, dependiendo de que si se activó la localización real del dispositivo se mostrara el botón de “GO” que inicia la actividad (5) de “Navegación”, donde el usuario podrá elegir los métodos de navegación entre su locación y el punto de interés previamente seleccionado, esta actividad también incluye el botón de “Empezar Navegación”, que inicia la actividad (10) “Direcciones de Navegación” donde el usuario visualizara una actividad con señalizaciones que incluye información relacionada las direcciones que debe tomar para llegar a su destino. De igual forma en la parte de la actividad del (3) Mapa, donde se encuentran las tarjetas de los puntos de interés, se muestra un botón de “Añadir a favoritos”, el cual agrega el punto de interés seleccionado a la actividad de (9) “Favoritos” con todas las funcionalidades incluidas.

Figura 27. Flujo de pantallas correspondiente al módulo Mapa y Favoritos
Fuente: Elaboración propia



- Como última parte del flujo de interfaz vista en la figura 28., se muestra el funcionamiento del módulo correspondiente a la actividad de “Explorar”, representada por los puntos 6, 7, 8 y 9, el flujo de interfaz comienza en la pantalla principal de la actividad (6) “Explorar”, donde se muestran las tarjetas de puntos de interés destacados elegidos por el equipo de desarrollo, cada tarjeta tiene una imagen principal, un título que indica el nombre del punto de interés, y dos botones: “Añadir a favoritos” y “Ver en AR”, el primero añade el punto de interés previamente seleccionado a la actividad de (9) “Favoritos”, el segundo permite ver el objeto 3D en la actividad de (8) “Objeto en AR”; igualmente dentro de la actividad (6) “Explorar” la tarjeta que se muestra por cada punto de interés destacado tiene la misma función de un botón , de esta forma se muestra la actividad (7) “Detalles AR” si es que el usuario da un clic en determinada tarjeta.

Figura 28. Flujo de pantallas correspondiente al módulo Explorar y Favoritos.
Fuente: Elaboración propia.





3.3 Tercera fase: Producción

3.3.1 Tarjetas de historias (Story Card)

Como se ha definido en la fase de inicialización las tarjetas de historia serán desarrolladas a partir de los requerimientos funcionales del proyecto, haciendo uso de las plantillas proporcionadas en la documentación de la metodología, vistas en la tabla 12.

En la siguiente tabla se muestra la lista de tarjetas de historia:

Tabla 21. Lista de story card (tarjetas de historias)

Fuente: Adaptado de: "Agile software technologies research programme", 2008

ID	Nombre	Dificultad	Esfuerzo (hrs)	Prioridad (1 – 5)	Estado
H001	Onboarding screen	Media	24hrs	2	Verificado
H002	Menú de Navegación	Baja	6hrs	4	Verificado
H003	Mapa	Media	24hrs	5	Verificado
H004	Geolocalización	Alta	35hrs	5	Verificado
H005	Puntos de interés	Media	220hrs	5	Verificado
H006	Geolocalización de puntos de interés	Media	72hrs	5	Verificado
H007	Navegación y rutas	Alta	120hrs	5	Verificado
H008	Objetos 3D y Realidad Aumentada	Alta	180hrs	5	Verificado
H009	Buscador	Alta	20hrs	5	Verificado
H010	Favoritos	Media	70hrs	4	Verificado

Tabla 22. H001 - Onboarding screen

Fuente: Adaptado de: "Agile software technologies research programme", 2008

ID	Tipo	Dificultad		Esfuerzo		Prioridad
		Antes	Después	Estimado	Requerido	
H001	Nuevo	Media	Media	18hrs	24hrs	2
Descripción						
1. Al iniciar por primera vez el aplicativo se muestran las pantallas de incorporación, donde se mostrarán las funcionalidades del aplicativo e incorporarán indicaciones textuales y visuales al usuario sobre el uso y funcionamiento del aplicativo.						
2. Una de las pantallas de incorporación mostrara un mensaje con opciones sobre los permisos que utilizara el aplicativo durante el ciclo de vida del aplicativo.						
Fecha		Estado		Comentarios		
02/03/2020		Definido				



06/03/2020	Realizado
06/03/2020	Verificado

Tabla 23. H002 - Menú de Navegación

Fuente: Adaptado de: "Agile software technologies research programme", 2008

ID	Tipo	Dificultad		Esfuerzo		Prioridad
		Antes	Después	Estimado	Requerido	
H002	Nuevo	Baja	Baja	6hrs	6hrs	4
Descripción						
<p>1. Al terminar de mostrarse los Onboarding screen se mostrará un menú de navegación entre actividades que se encontrará en la parte inferior de la pantalla, al hacer clic en algunos de los botones de navegación, el aplicativo desplazará al usuario entre los diferentes módulos con los que cuenta.</p>						
Fecha	Estado		Comentarios			
09/03/2020	Definido					
10/03/2020	Realizado					
10/03/2020	Verificado					

Tabla 24. H003 – Mapa

Fuente: Adaptado de: "Agile software technologies research programme", 2008

ID	Tipo	Dificultad		Esfuerzo		Prioridad
		Antes	Después	Estimado	Requerido	
H003	Nuevo	Alta	Alta	20hrs	24hrs	5
Descripción						
<p>1. Igualmente, luego de terminar los Onboarding screen, la primera pantalla que se mostrará será un mapa, donde estarán los puntos de interés georreferenciados.</p> <p>1.1. Dependiendo de los permisos aceptados en los Onboarding screen, se mostrará la localización del usuario en un determinado lugar.</p> <p>2. La visualización del mapa estará limitada solo al área circundante de la ciudad del Cusco (más específicamente al centro histórico del Cusco y parte del complejo arqueológico de Sacsayhuamán).</p>						
Fecha	Estado		Comentarios			
11/03/2020	Definido					
17/03/2020	Realizado					
17/03/2020	Verificado					



Tabla 25. H004 – Geolocalización

Fuente: Adaptado de: "Agile software technologies research programme", 2008

ID	Tipo	Dificultad		Esfuerzo		Prioridad
		Antes	Después	Estimado	Requerido	
H004	Nuevo	Alta	Alta	40hrs	35hrs	5
Descripción						
<p>1. Al visualizar el mapa el usuario debe poder visualizar su ubicación real o falsa, de esta forma se podrá trazar las rutas y navegación hacia los puntos de interés.</p> <p>1.1. Se mostrará una locación falsa en caso de que el usuario no se encuentre dentro del área delimitada por el aplicativo.</p> <p>1.2. Se ofrecerá la opción de cambiar de locación real o falsa en cualquier momento.</p> <p>1.3. Si se cambia la locación de falsa a real, aun estando fuera del área delimitada, entonces no se mostrarán las rutas y servicios de navegación.</p>						
Fecha		Estado		Comentarios		
18/03/2020		Definido				
27/03/2020		Realizado				
27/03/2020		Verificado				

Tabla 26. H005 - Puntos de interés

Fuente: Adaptado de: "Agile software technologies research programme", 2008

ID	Tipo	Dificultad		Esfuerzo		Prioridad
		Antes	Después	Estimado	Requerido	
H005	Nuevo	Alta	Alta	100hrs	220hrs	5
Descripción						
<p>1. Al visualizar el mapa se mostrarán los puntos de interés mediante iconos georreferenciados en el mapa, al hacer clic en algunos de ellos se visualizarán los datos generales en una tarjeta que estará ubicada en la parte inferior de la pantalla.</p> <p>1.1. De la misma forma, al hacer clic en un punto de interés se mostrará la ruta optima y distancia de la ubicación del usuario al punto de interés.</p> <p>2. También se mostrarán puntos de interés no georreferenciados en un mapa en la pantalla correspondiente al módulo de exploración y de favoritos.</p> <p>2.1. Los puntos de interés de estos módulos desempeñan las mismas funciones básicas, pero tienen agregadas y/o eliminadas funcionalidades adicionales.</p> <p>3. Toda la información básica de los puntos de interés se muestra en tarjetas, pero también se ofrece al usuario un botón de "Ver más", que al darle clic mostrara la información textual y multimedia del punto de interés seleccionado y funcionalidades adicionales dependiendo del módulo donde se encuentre</p>						
Fecha		Estado		Comentarios		
30/03/2020		Definido		Se tiene planificado que la recopilación de información de		
01/06/2020		Realizado		los puntos de interés se ejecute posterior a la		
01/06/2020		Verificado		implementación completa del módulo de mapa.		



Tabla 27. H006 - Geolocalización de puntos de interés

Fuente: Adaptado de: "Agile software technologies research programme", 2008

ID	Tipo	Dificultad		Esfuerzo		Prioridad
		Antes	Después	Estimado	Requerido	
H006	Nuevo	Alta	Alta	30hrs	72hrs	5
Descripción						
<p>1. Los puntos de interés mostrados en el mapa deberán incluir información básica de su locación (en grados decimales – GD) para poder ser geolocalizados en el mapa, y posteriormente se puedan trazar rutas entre la locación del usuario y el punto de interés.</p> <p>1.1. La información referente a la locación de los puntos de interés debe ser las más precisa para poder evitar equivocaciones dentro del mapa.</p>						
Fecha	Estado		Comentarios			
02/06/2020	Definido					
22/06/2020	Realizado					
22/06/2020	Verificado					

Tabla 28. H007 - Navegación y rutas

Fuente: Adaptado de: "Agile software technologies research programme", 2008

ID	Tipo	Dificultad		Esfuerzo		Prioridad
		Antes	Después	Estimado	Requerido	
H007	Nuevo	Alta	Alta	100hrs	120hrs	5
Descripción						
<p>1. Durante la previsualización del mapa, se muestra la ruta entre un punto de interés previamente seleccionado y la locación del usuario, la ruta debe ser lo suficientemente visible incluso si se utilizan varias vistas en el mapa (Vista de Satélite o vista de Direcciones).</p> <p>2. En la pantalla de navegación, el usuario puede visualizar en tiempo real la distancia, tiempo e indicaciones entre su ubicación y el punto de interés previamente seleccionado.</p> <p>2.1. La navegación muestra indicaciones de las direcciones que debe tomar el usuario para poder llegar a su destino.</p>						
Fecha	Estado		Comentarios			
23/06/2020	Definido					
27/07/2020	Realizado					
27/07/2020	Verificado					



Tabla 29. H008 - Objetos 3D y Realidad Aumentada

Fuente: Adaptado de: "Agile software technologies research programme", 2008

ID	Tipo	Dificultad		Esfuerzo		Prioridad
		Antes	Después	Estimado	Requerido	
H008	Nuevo	Alta	Alta	100hrs	120hrs	5
Descripción						
1. Al ingresar a la pantalla de exploración, los puntos de interés que se muestren aquí incluirán modelos 3D que podrán ser visualizados en realidad aumentada.						
1.1. La realidad aumentada se basa en el reconocimiento del entorno para superponer los modelos 3D.						
1.2. Los modelos 3D están disponibles en todo momento y no son dependientes de alguna otra actividad.						
Fecha	Estado		Comentarios			
28/07/2020	Definido					
31/08/2020	Realizado					
31/08/2020	Verificado					

Tabla 30. H009 – Buscador

Fuente: Adaptado de: "Agile software technologies research programme", 2008

ID	Tipo	Dificultad		Esfuerzo		Prioridad
		Antes	Después	Estimado	Requerido	
H009	Nuevo	Alta	Media	100hrs	180hrs	5
Descripción						
1. La pantalla del mapa y de exploración ofrecen al usuario una barra de búsqueda donde se puede filtrar un punto de interés por su nombre (estará ubicada en la parte superior de la pantalla)						
Fecha	Estado		Comentarios			
01/09/2020	Definido					
20/10/2020	Realizado					
20/10/2020	Verificado					



Tabla 31. H010 – Favoritos

Fuente: Adaptado de: "Agile software technologies research programme", 2008

ID	Tipo	Dificultad		Esfuerzo		Prioridad
		Antes	Después	Estimado	Requerido	
H010	Nuevo	Alta	Media	50hrs	70hrs	4
Descripción						
<p>1. Los puntos de interés que se muestren en la pantalla de exploración y en el mapa, tendrán la opción de ser añadidos a la pantalla de favoritos mediante un botón que se mostrara en su tarjeta, que al hacer clic se marcara y será añadida automáticamente a la pantalla de favoritos,</p> <p>1.1. Si se vuelve a hacer clic en el botón de un punto de interés seleccionado se deseleccionará y será retirado de la activad de favoritos (funciona como un interruptor)</p>						
Fecha	Estado		Comentarios			
21/10/2020	Definido					
30/10/2020	Realizado					
30/10/2020	Verificado					

3.3.2 Tarjetas de Tareas (Task Card)

Tabla 32. Lista de Task Card (Tarjetas de tareas)

Fuente: Adaptado de: "Agile software technologies research programme", 2008

ID	Nombre	Dificultad (1 – 5)	Esfuerzo real (hrs)	Confianza (1 – 5)	Estado
T001	Onboarding screen	3	24hrs	2	Realizado
T002	Menú de Navegación	1	6hrs	4	Realizado
T003	Mapa	3	24hrs	5	Realizado
T004	Geolocalización	4	35hrs	5	Realizado
T005	Puntos de interés	4	220hrs	5	Realizado
T006	Geolocalización de puntos de interés	4	72hrs	5	Realizado
T007	Navegación y rutas	5	120hrs	5	Realizado
T008	Objetos 3D y Realidad Aumentada	5	180hrs	5	Realizado
T009	Buscador	5	20hrs	5	Realizado
T010	Favoritos	3	70hrs	4	Realizado



Tabla 33. T001 - Onboarding Screen (Pantalla de incorporación)

Fuente: Adaptado de: "Agile software technologies research programme", 2008

ID	Tipo	Dificultad		Confianza	Esfuerzo	
		Antes	Después		Estimado	Real
T001	Nuevo	2	2	4	24hrs	24hrs
Descripción						
<p>Crear pantallas de incorporación donde se muestren las funcionalidades del aplicativo e indicaciones textuales y visuales sobre el uso y funcionamiento del aplicativo.</p> <p>En una de las pantallas de incorporación se implementa un mensaje con opciones sobre los permisos que utilizara la aplicación móvil durante el ciclo de vida del aplicativo.</p> <p>Estas pantallas de incorporación habilitan el uso de los servicios de los SDK's y APIs del aplicativo.</p>						
Fecha		Estado		Comentarios		
02/03/2020		Definido				
06/03/2020		Realizado				
06/03/2020		Verificado				

Tabla 34. T002 - Menú de navegación

Fuente: Adaptado de: "Agile software technologies research programme", 2008

ID	Tipo	Dificultad		Confianza	Esfuerzo	
		Antes	Después		Estimado	Real
T002	Nuevo	2	2	4	10hrs	6hrs
Descripción						
<p>Implementar un menú de navegación entre actividades.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Al hacer clic en algunos de los botones de navegación el aplicativo desplaza al usuario en los diferentes módulos con los que cuenta el aplicativo. - El menú de navegación tiene tres ítems que harán referencia a los tres módulos principales del aplicativo (mapa, explorar y favoritos) - El menú siempre se muestra en la parte inferior de las pantallas principales de las actividades correspondientes a los módulos. 						
Fecha		Estado		Comentarios		
09/03/2020		Definido				
10/03/2020		Realizado				
10/03/2020		Verificado				



Tabla 35. T003 – Mapa

Fuente: Adaptado de: “Agile software technologies research programme”, 2008

ID	Tipo	Dificultad		Confianza	Esfuerzo	
		Antes	Después		Estimado	Real
T003	Nuevo	4	5	3	20hrs	24hrs
Descripción						
Implementar un servicio de mapa para georreferenciar los puntos de interés y la localización del usuario. El mapa está limitado en el área circundante al centro histórico de Cusco y parte del complejo arqueológico de Sacsayhuamán.						
Fecha		Estado		Comentarios		
11/03/2020		Definido				
17/03/2020		Realizado				
17/03/2020		Verificado				

Tabla 36. T004 – Geolocalización

Fuente: Adaptado de: “Agile software technologies research programme”, 2008

ID	Tipo	Dificultad		Confianza	Esfuerzo	
		Antes	Después		Estimado	Real
T004	Nuevo	4	4	2	40hrs	35hrs
Descripción						
Implementar el servicio de geolocalización para el usuario.						
<ul style="list-style-type: none"> – Se debe visualizar la ubicación real o falsa del usuario en el mapa, de esta forma se podrá trazar las rutas y navegación hacia los puntos de interés. – Se implementa una locación falsa en caso de que el usuario no se encuentre dentro del área delimitada por el aplicativo. – Los servicios de locación son administrados por Mapbox y Android para que puedan ser utilizadas por las APIs y SDK's del aplicativo. 						
Fecha		Estado		Comentarios		
18/03/2020		Definido				
27/03/2020		Realizado				
27/03/2020		Verificado				



Tabla 37. T005 - Puntos de interés

Fuente: Adaptado de: "Agile software technologies research programme", 2008

ID	Tipo	Dificultad		Confianza	Esfuerzo	
		Antes	Después		Estimado	Real
T005	Nuevo	4	4	2	100hrs	200hrs
Descripción						
Implementar la lista de los puntos de interés en el módulo mapa y exploración.						
<ul style="list-style-type: none"> - Crear tarjetas (Cards Views) que mostraran la información básica de los puntos de interés. - Se implementa un botón de "Ver más" en las tarjetas, el cual muestra la información textual y multimedia del punto de interés seleccionado. 						
Fecha		Estado		Comentarios		
30/03/2020		Definido				
26/05/2020		Realizado				
26/05/2020		Verificado				

Tabla 38. T006 - Geolocalización de puntos de interés

Fuente: Adaptado de: "Agile software technologies research programme", 2008

ID	Tipo	Dificultad		Confianza	Esfuerzo	
		Antes	Después		Estimado	Real
T006	Nuevo	Media	Media	5	30hrs	72hrs
Descripción						
Implementar los servicios de rutas entre la ubicación del usuario y el punto de interés, que se habilita cuando el usuario de clic a un punto de interés en el mapa.						
Fecha		Estado		Comentarios		
02/06/2020		Definido				
22/06/2020		Realizado				
22/06/2020		Verificado				



Tabla 39. T007 - Navegación y rutas

Fuente: Adaptado de: "Agile software technologies research programme", 2008

ID	Tipo	Dificultad		Confianza	Esfuerzo	
		Antes	Después		Estimado	Real
T007	Nuevo	Alta	Alta	5	100hrs	120hrs
Descripción						
Crear el servicio de navegación para que se visualice en tiempo real la distancia, tiempo e indicaciones entre la ubicación del usuario y el punto de interés, este servicio se visualizara en una nueva pantalla. Además, se implementa diferentes medios de navegación entre el punto de interés y la locación del usuario, y se crea una ruta en función al medio de navegación previamente seleccionado. (caminar, bicicleta y auto)						
Fecha		Estado		Comentarios		
23/06/2020		Definido				
21/07/2020		Realizado				
21/07/2020		Verificado				

Tabla 40. T008 - Objetos 3D y Realidad Aumentada

Fuente: Adaptado de: "Agile software technologies research programme", 2008

ID	Tipo	Dificultad		Confianza	Esfuerzo	
		Antes	Después		Estimado	Real
T008	Nuevo	Alta	Alta	5	100hrs	180hrs
Descripción						
Crear un módulo de exploración, en donde los puntos de interés que se muestren aquí incluirán modelos 3D que se visualizaran en realidad aumentada.						
Fecha		Estado		Comentarios		
28/07/2020		Definido				
17/09/2020		Realizado				
17/09/2020		Verificado				

Tabla 41. T009 – Buscador

Fuente: Adaptado de: "Agile software technologies research programme", 2008

ID	Tipo	Dificultad		Confianza	Esfuerzo	
		Antes	Después		Estimado	Real
T009	Nuevo	Alta	Alta	5	18hrs	20hrs
Descripción						
Crear un buscador tanto en la pantalla del mapa, como en la de exploración, para poder filtrar un punto de interés por su nombre.						
Fecha		Estado		Comentarios		
01/09/2020		Definido				
04/09/2020		Realizado				
04/09/2020		Verificado				



Tabla 42. T010 – Favoritos

Fuente: Adaptado de: "Agile software technologies research programme", 2008

ID	Tipo	Dificultad		Confianza	Esfuerzo	
		Antes	Después		Estimado	Real
T010	Nuevo	Media	Media	5	50hrs	70hrs
Descripción						
Implementar un módulo de favoritos, que muestren los de puntos de interés añadidos desde la pantalla de exploración y del mapa.						
Fecha		Estado		Comentarios		
20/10/2020		Definido				
30/10/2020		Realizado				
30/10/2020		Verificado				



3.4 Cuarta fase: Estabilización del sistema

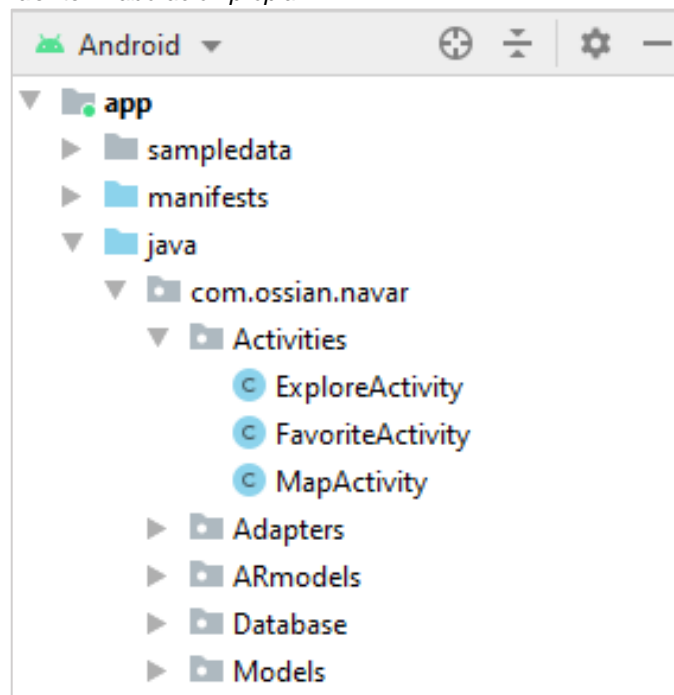
En esta fase se sincronizó los módulos o subsistemas de la aplicación, con el objetivo de asegurar una correcta sincronización del sistema y tener una versión estable del aplicativo.

Las tareas que se desarrollaron en esta fase fueron:

1. Incluir los módulos de “Mapa, exploración y favoritos” en el aplicativo. Inicialmente se usó el módulo de “exploración” como modulo principal del sistema, ya que fue el primer módulo estable (pero incompleto) que se tuvo del aplicativo, posteriormente se agregó el módulo “mapa”, para finalmente implementar el módulo de “favoritos”.

Como se muestra en la siguiente figura 29., los módulos están representados por actividades dentro de Android Studio. Estos módulos fueron desarrollados indistintamente por los dos miembros del equipo pesar de que cada uno estuvo mínimamente a cargo de 1 módulo.

Figura 29. Módulos del aplicativo representados en actividades.
Fuente: Elaboración propia



Módulos del aplicativo representados en actividades

La figura 30., muestra la parte del código que permite la navegación entre los diferentes ítems (correspondientes a los módulos principales del aplicativo) del menú de navegación inferior.

Figura 30. Código que permite la navegación entre actividades del menú inferior del aplicativo

Fuente: Elaboración propia

```
// Menu de navegación
BottomNavigationView bottomNavigationView = findViewById(R.id.bottomnavigationview);
Menu menu = bottomNavigationView.getMenu();
MenuItem menuItem = menu.getItem( 2);
menuItem.setChecked(true);
bottomNavigationView.setOnNavigationItemSelectedListener(item -> {
    switch (item.getItemId()) {
        case R.id.ic_map:
            Intent intent1 = new Intent( packageContext: FavoriteActivity.this, MapActivity.class);
            startActivity(intent1);
            break;
        case R.id.ic_explore:
            Intent intent2 = new Intent( packageContext: FavoriteActivity.this, ExploreActivity.class);
            startActivity(intent2);
            break;
        case R.id.ic_favorite:
            break;
    }
    return false;
});
```

Código que permite la navegación entre actividades del menú inferior del aplicativo.

2. La incorporación de la información de los puntos de interés se desarrolló en esta etapa, por lo que fue necesario un método de almacenamiento que trabaje en conjunto con el archivo de intercambio de información GeoJSON de Mapbox con el aplicativo, para eso se añadió un campo en el formato del archivo GeoJSON que guarde información acerca de los archivos de texto vinculados a cada punto de interés, para que posteriormente las clases que lo requieran puedan utilizarlas.

Para el apartado multimedia como son las imágenes se usaron las imágenes que se encuentran en internet, pero hay que aclarar que se tuvo en cuenta el peso y dimensión de las fotografías, y en todo caso si no cumplían con los requisitos se les daba el formato adecuado y se almacenaban en algún servicio de alojamiento de archivos.

La figura 31. muestra el formato del archivo GeoJSON utilizado para guardar la información relacionada a los puntos de interés del aplicativo.

Figura 31. Formato del archivo GeoJSON

Fuente: Elaboración propia

```
{
  "type": "Feature",
  "properties": {
    "name": "Plazoleta Regocijo",
    "hours": "00000a",
    "phone": "0",
    "address": "Portal Espinar 270, Cusco",
    "imgcardv": "https://i.ibb.co/LgZxgmV/rego1.jpgn",
    "imgone": "https://i.ibb.co/LtQJKk2/rego3.jpg",
    "imgtwo": "https://i.ibb.co/SRMhgd9/rego2.jpg",
    "imgthree": "https://i.ibb.co/3cLqPkR/rego4.jpg",
    "typepoi": "Plaza pública",
    "description": "tdsp.txt",
    "keypoi": "6"
  },
  "geometry": {
    "type": "Point",
    "coordinates": [
      -71.980165,
      -13.517084
    ]
  }
},
```

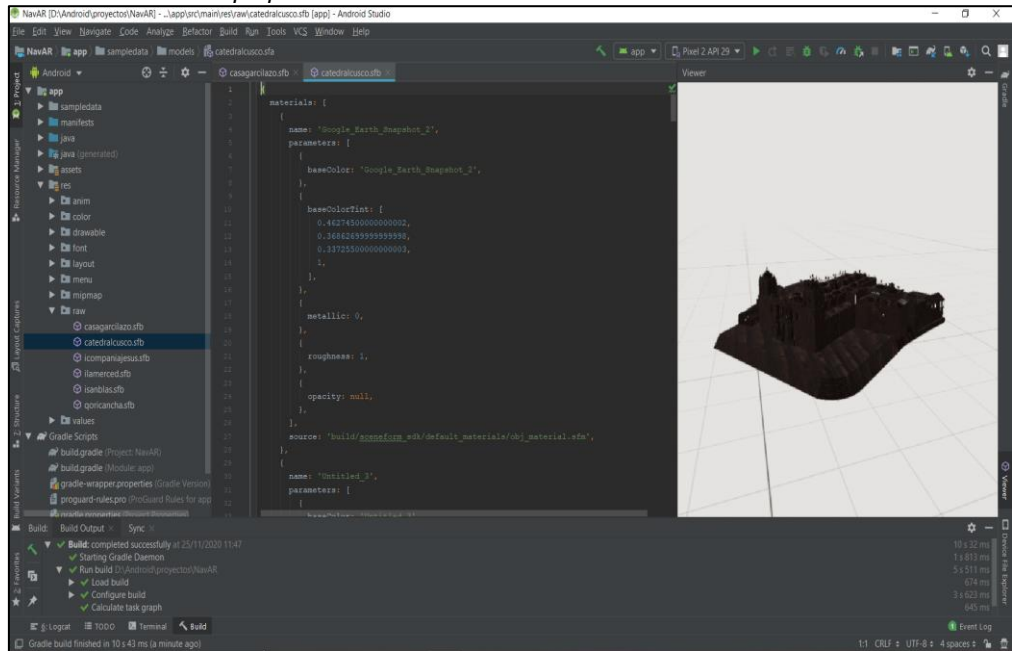
Formato del archivo GeoJSON utilizado para el intercambio de información entre Mapbox y el aplicativo.

3. Incorporación de los modelos 3D al aplicativo.

Durante el desarrollo de esta fase también se incluyeron los modelos 3D desarrollados en Blender y SketchUp al módulo de “Explorar” del aplicativo, cabe resaltar que para esta etapa se usó Android Studio 3.5.3 por la compatibilidad de esta versión al convertir los archivos “.obj” (formato de archivo usado por Blender y SketchUp) a “.sfb” (formato de archivo usado por SceneForm de ARCore para Android), ya que las versiones posteriores a 3.5.3 de Android Studio no realizan la conversión de dichos formatos. La figura 32. muestra un objeto convertido del aplicativo móvil.



Figura 32. Incorporación de los modelos 3D al aplicativo.
Fuente: Elaboración propia.



4. Documentación del proyecto hasta esta etapa.

En esta fase se documentó todo el desarrollo del aplicativo hasta antes de las pruebas de funcionalidad y usabilidad. También se documentó parte de la metodología y marco teórico.



3.5 Quinta fase: Pruebas y reparación del sistema

En esta fase se verifico la funcionalidad total del aplicativo, buscando y solucionando posibles fallas del sistema que se vayan presentando durante la comprobación de los requerimientos del proyecto; también se hicieron modificaciones de acuerdo al resultado de las pruebas, de esta forma nos aseguramos que el aplicativo tenga un funcionamiento esperado y cumpla con los requerimientos preestablecidos.

3.5.1 Plan de pruebas

Durante esta etapa se detallan las características y/o funcionalidades que se someterán a pruebas, de tal forma que estas cumplan con los requerimientos del proyecto. La siguiente tabla muestra el plan de pruebas que se llevó a cabo para esta fase.

Tabla 43. Plan de pruebas
Fuente: Elaboración propia

Tipo de prueba	Descripción de prueba	Herramienta utilizada
Pruebas funcionales	Este tipo de prueba se utiliza para comprobar las funcionalidades del sistema. Puede considerarse como una prueba de caja negra.	Se uso una adaptación propia del modelo de “pruebas de aceptación” proporcionada por la metodología. A parte de eso no es necesaria ninguna herramienta adicional específica.
Pruebas no funcionales	La prueba no funcional se encarga de verificar los requisitos del software, basados en criterios como la disponibilidad, accesibilidad, usabilidad y rendimiento.	Para esta prueba fueron necesarias el uso de dispositivos móviles físicos y virtuales.



Corrección de errores	Se da seguimiento a las fallas encontradas y se procede a corregirlas.	Se uso una adaptación propia de los modelos de “pruebas de aceptación” que proporciona la metodología para verificar y dar seguimiento a los defectos del aplicativo.
-----------------------	--	---

3.5.2 Ambiente de pruebas

En este apartado se describen los dispositivos donde se realizaron las pruebas relacionadas a esta fase. Cabe recalcar que se utilizaron tanto dispositivos físicos y dispositivos virtuales.

Tabla 44. Dispositivo de pruebas I

Fuente: Elaboración propia

Samsung Galaxy S10	
Tipo	Dispositivo físico
Memoria RAM	8192MB
Memoria Interna	128GB
Arquitectura	64 bits
Sistema Operativo	Android 10
Procesador	Exynos 9820 – 8 núcleos (Octa-Core)
Características adicionales	Sensores Acelerómetro, Barómetro, Sensor de huella dactilar, Giroscopio, Geomagnético, Hall, HR, Sensor Luz RGB, Sensor de Proximidad. Resolución de pantalla: 1440x3040 pixeles GPU: ARM Mali-G76 MP12
Notas Adicionales	En este dispositivo se realizaron todas las pruebas.



Tabla 45. Dispositivo de pruebas II
Fuente: Elaboración propia

Motorola G8 power	
Tipo	Dispositivo físico
Memoria RAM	4096MB
Memoria Interna	64GB
Arquitectura	64 bits
Sistema Operativo	Android 10
Procesador	Qualcomm Snapdragon 665 - 8 núcleos (Octa-Core)
Características adicionales	Sensores: Acelerómetro, Proximidad, Giroscopio Magnetómetro, luz ambiental.
Notas Adicionales	En el dispositivo se realizó una prueba del aplicativo móvil.

Tabla 46. Dispositivo de pruebas III
Fuente: Elaboración propia

Samsung Galaxy S9 SM-G960N	
Tipo	Dispositivo virtual emulado de LDPlayer4
Memoria RAM	3072MB
Memoria Interna	12GB
Arquitectura	32 bits
Sistema Operativo	Android 7.1.2
Procesador	Utiliza el procesador del dispositivo "J": Intel® Core™ i7-4720HQ (solo 4 Núcleos)
Características adicionales	<ul style="list-style-type: none">- No emula sensores como: giroscopio, sensor de proximidad, sensor de orientación.- La emulación de gráficos se hace mediante un renderizador Adreno 630 que usa OpenGL 3.1
Notas Adicionales	Este dispositivo se usó para todas las pruebas funcionales que no incluyan AR, el hecho de ser un emulador permitió que se pueda personalizar



	la resolución del dispositivo permitiendo ver la adaptación del aplicativo en diferentes tamaños.
--	---

Tabla 47. Dispositivo de pruebas IV

Fuente: Elaboración propia

Pixel_2_API_29	
Tipo	Dispositivo Virtual de Android Studio (AVD)
Memoria RAM	1536MB
Memoria Interna	13GB
Arquitectura	32 bits
Sistema Operativo	Android 10
Procesador	Utiliza el procesador del dispositivo "L": Intel® Core™ i7-9750H
Características adicionales	Emulación de sensores: acelerómetro, giroscopio, Magnetómetro.
Notas Adicionales	Este emulador se usó para hacer algunas pruebas del módulo de exploración.

3.5.3 Pruebas funcionales

Durante esta etapa se hizo la comprobación de los requerimientos del aplicativo, esto implicó la evaluación de las funcionalidades desarrolladas en la fase de producción. Para las pruebas funcionales en esta etapa se tomarán en cuenta los requerimientos funcionales desarrollados en las "historias de usuario", para esta etapa cada prueba estará representada en una "hoja de prueba de aceptación" que se adaptará de las herramientas que nos proporciona la metodología.

Tabla 48. Lista de pruebas funcionales

Fuente: Adaptado de: "Agile software technologies research programme", 2008

N° caso de prueba	ID	Prueba	Estado
01	PF001	Onboarding Screen	Completado
02	PF002	Mapa	Completado
03	PF003	Geolocalización	Completado
04	PF004	Puntos de interés	Completado



05	PF005	Geolocalización de puntos de interés	Completado
06	PF006	Navegación y rutas	Completado
07	PF007	Objetos 3D y Realidad Aumentada	Completado
08	PF008	Buscador	Completado
09	PF009	Favoritos	Completado
10	PF010	Menú de Navegación	Completado

3.5.3.1 Hojas de prueba de aceptación

Tabla 49. Hoja de prueba de aceptación PF001

Fuente: Adaptado de: "Agile software technologies research programme", 2008

Test ID	PF001
Prueba	H001 - Onboarding screen
Inicialización	Iniciar el aplicativo y visualizar las pantallas de incorporación al aplicativo.
Salida esperada (Requerimiento funcional)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mostrar las pantallas de incorporación. 2. Seleccionar entre aceptar servicios de locación o emular una locación falsa determinada por el dispositivo. <ol style="list-style-type: none"> 2.1. No poder continuar si no se selecciona al menos una de las dos opciones mostradas, 2.2. Evitar que el usuario pueda retroceder entre las pantallas de navegación.
Propósito	Verificar la aceptación de los servicios de locación o emular una locación falsa determinada por el aplicativo.
Procedimiento de prueba	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario conecta su dispositivo a una red local de internet o utiliza su servicio de internet propio. 2. El usuario inicia el aplicativo. 3. Se visualiza la primera pantalla de incorporación y utiliza el botón de siguiente para continuar con el tutorial 4. Se visualiza la segunda pantalla de incorporación y las dos opciones disponibles para el usuario: <ol style="list-style-type: none"> 4.1. El primer botón indica que el usuario puede simular su locación en una determinada parte de Cusco, si acepta se habilita el botón de siguiente y puede continuar. 4.2. El segundo botón indica al usuario que el aplicativo pueda usar los servicios de locación del dispositivo, si acepta se mostrara un mensaje del sistema operativo pidiendo que acepte y active sus servicios de locación en caso fuesen necesarios, posterior a eso se activa el botón de continuar.



	<p>4.3. Si no se aceptan al menos una de las de opciones, el botón de continuar no se habilita.</p> <p>5. Se visualiza la tercera y última pantalla de incorporación, y se muestra un botón que indica que el usuario puede comenzar a usar el aplicativo.</p>
<p>Salida obtenida</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Visualización correcta de todas las pantallas de incorporación del aplicativo. - Verificación correcta de todas las condiciones de los permisos de locación de la segunda pantalla de incorporación. - No se puede continuar o saltar una pantalla de incorporación si haber terminado la anterior.
<p>Notas adicionales</p>	<p>Capturas de pantalla.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="587 824 962 1491" style="border: 1px solid #ccc; padding: 10px; width: 45%;">  <p style="text-align: center;">Explora la ciudad</p> <p style="text-align: center;">Explora el Centro histórico de Cusco de una manera diferente, además de ver distintas formas de llegar al lugar que prefieras.</p> <p style="text-align: right;">SIGUIENTE →</p> </div> <div data-bbox="991 824 1361 1491" style="border: 1px solid #ccc; padding: 10px; width: 45%;">  <p style="text-align: center;">Permisos de locación</p> <p style="text-align: center;">Necesitamos permisos de locación para una mejor experiencia, pero si prefieres podemos simular una locación dentro del Centro histórico del Cusco.</p> <p style="text-align: center;">Los permisos de locación son necesarios para activar la navegación</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> NO ESTOY EN CUSCO OBTENER UBICACIÓN </div> <p style="text-align: right;">SIGUIENTE →</p> </div> </div>

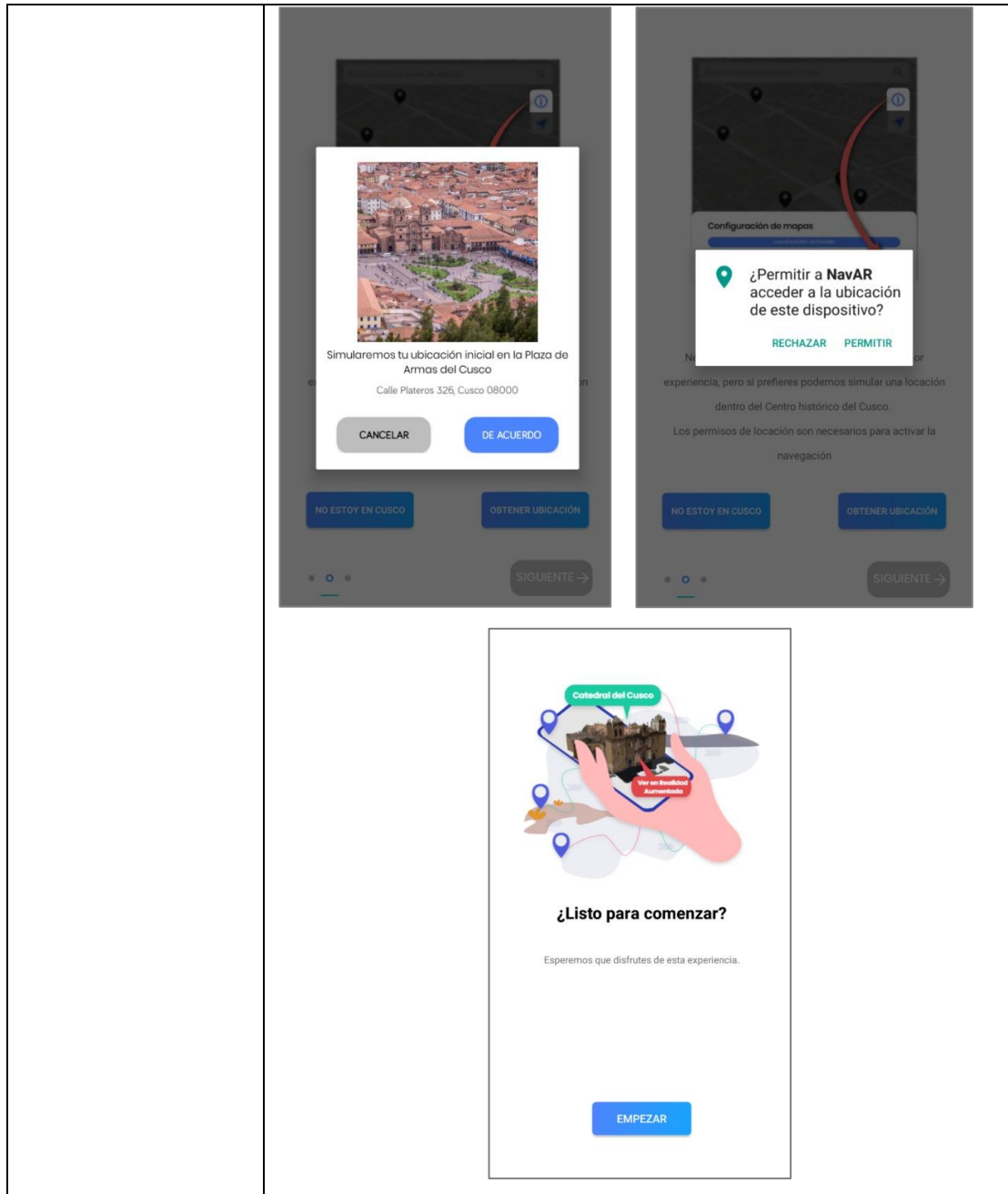
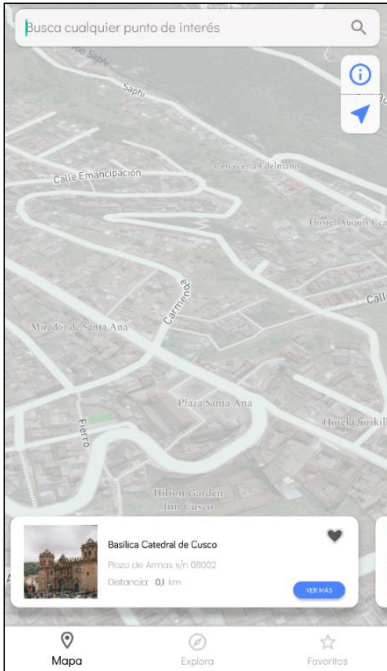
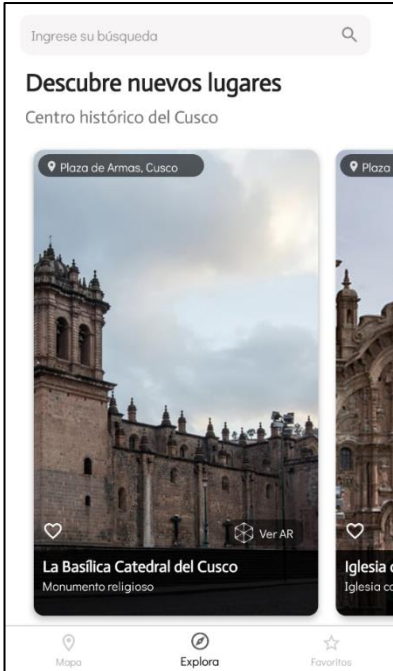


Tabla 50. Hoja de prueba de aceptación PF002

Fuente: Adaptado de: "Agile software technologies research programme", 2008

Test ID	PF002
Prueba	H002 – Menú de navegación
Inicialización	Iniciar el aplicativo y visualizar el menú de navegación inferior.
Salida esperada (Requerimiento funcional)	<ol style="list-style-type: none">1. Mostrar el menú de navegación inferior.2. El menú de navegación inferior debe permitir el desplazamiento entre las diferentes actividades principales del aplicativo (Mapa, Explorar y Favoritos)



Propósito	Verificar el correcto funcionamiento del menú inferior
Procedimiento de prueba	<ol style="list-style-type: none"> 1. Luego de que se muestren las pantallas de incorporación, el usuario debe visualizar un menú de navegación en la parte inferior de la pantalla. 2. Al hacer clic en alguno de los tres ítems que representan a las actividades principales, el aplicativo desplazara al usuario hasta la actividad seleccionada.
Salida obtenida	<ul style="list-style-type: none"> - Visualización correcta del menú de navegación inferior - Verificación correcta del desplazamiento entre actividades al dar clic en alguno de los tres ítems seleccionados - El menú nunca cambia de lugar y siempre resalta el ítem de la actividad que se está mostrando en la pantalla.
Notas adicionales	<p>Capturas de pantalla.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>

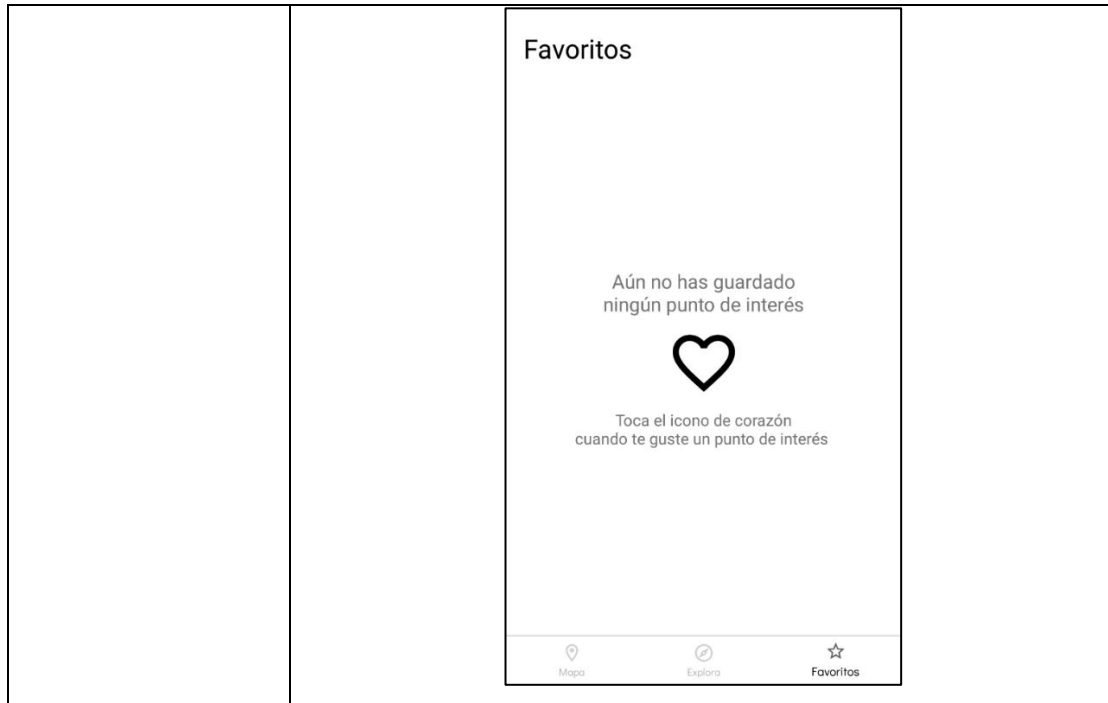


Tabla 51. Hoja de prueba de aceptación PF003

Fuente: Adaptado de: "Agile software technologies research programme", 2008

Test ID	PF003
Prueba	H003 – Mapa
Inicialización	Visualizar en el primer ítem referente a la actividad "Mapa" el servicio de visualización de mapas de Mapbox.
Salida esperada (Requerimiento funcional)	<ol style="list-style-type: none"> 1. En la actividad principal "Mapa" mostrar el servicio de mapas para Android de Mapbox. 2. El mapa debe estar limitado a solo el área circundante de la ciudad de Cusco 3. Se debe mostrar el nombre de las calles lo más claro posible, así como también permitir el cambio de visualización del mapa al hacer zoom en algún punto (inicialmente se visualiza en tipo de mapa "guía de calles" predeterminado por Mapbox, y al hacer zoom (acercar) se visualiza el tipo de mapa satelital)
Propósito	Verificar la correcta visualización del mapa.
Procedimiento de prueba	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario visualiza la pantalla de la actividad Mapa (esta actividad es la primera en mostrarse luego de terminar el tutorial de las pantallas de incorporación) 2. El usuario puede visualizar el mapa correctamente. 3. Se aplica la restricción de limitar la navegación del mapa dentro del límite establecido. 4. Al hacer zoom en cualquier parte del mapa, el usuario puede visualizar la otra vista del mapa.

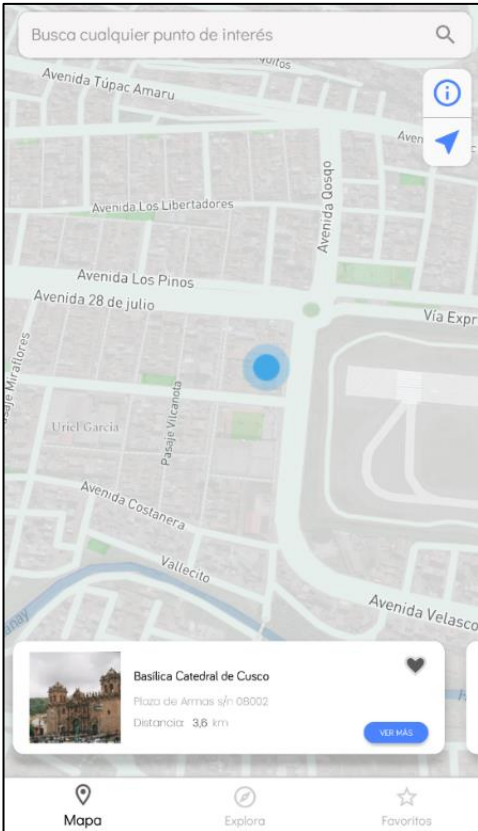
<p>Salida obtenida</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Visualización correcta del mapa. - Verificación correcta de las restricciones de la limitación de navegación. - Al hacer zoom (acercar o alejar) se visualiza rápida y correctamente los tipos de visualización del mapa.
<p>Notas adicionales</p>	<p>Capturas de pantalla.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>

Tabla 52. Hoja de prueba de aceptación PF004

Fuente: Adaptado de: "Agile software technologies research programme", 2008

<p>Test ID</p>	<p>PF004</p>
<p>Prueba</p>	<p>H004 – Geolocalización</p>
<p>Inicialización</p>	<p>Visualizar la ubicación del usuario en el mapa.</p>
<p>Salida esperada (Requerimiento funcional)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. En la actividad principal "Mapa" se debe mostrar la locación real o simulada del usuario. <ol style="list-style-type: none"> 1.1. Dentro de la subactividad de "Navegación y rutas" también se debe mostrar la locación real del aplicativo. 2. El usuario debe poder cambiar su locación real a falsa o viceversa (solo dentro de actividad principal "Mapa") mediante una ventana que se muestra al dar clic en el primer botón ubicado en la parte izquierda superior de la pantalla (se muestra como un icono de exclamación dentro de un círculo) 3. Se debe mostrar claramente la localización del usuario.



	<p>4. Si el usuario pierde su locación en el mapa, podrá utilizar el botón ubicado en la parte izquierda superior de la pantalla (parecido a la cabeza de una flecha) que le permita visualizar rápidamente su ubicación en el mapa.</p>
<p>Propósito</p>	<p>Verificar la correcta visualización la localización del usuario en el mapa.</p>
<p>Procedimiento de prueba</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario visualiza en el mapa su ubicación real o falsa. 2. El usuario puede cambiar su locación real a falsa o viceversa. 3. Si el usuario pierde su ubicación en el mapa puede hacer uso del botón para visualizar rápidamente su ubicación en el mapa.
<p>Salida obtenida</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Visualización correcta de la ubicación del usuario en el mapa. - Se cambia correctamente la ubicación del usuario de real a falsa o viceversa. - La opción de centrar la pantalla para encontrar la locación del usuario funciona correctamente.
<p>Notas adicionales</p>	<p>Capturas de pantalla.</p> 

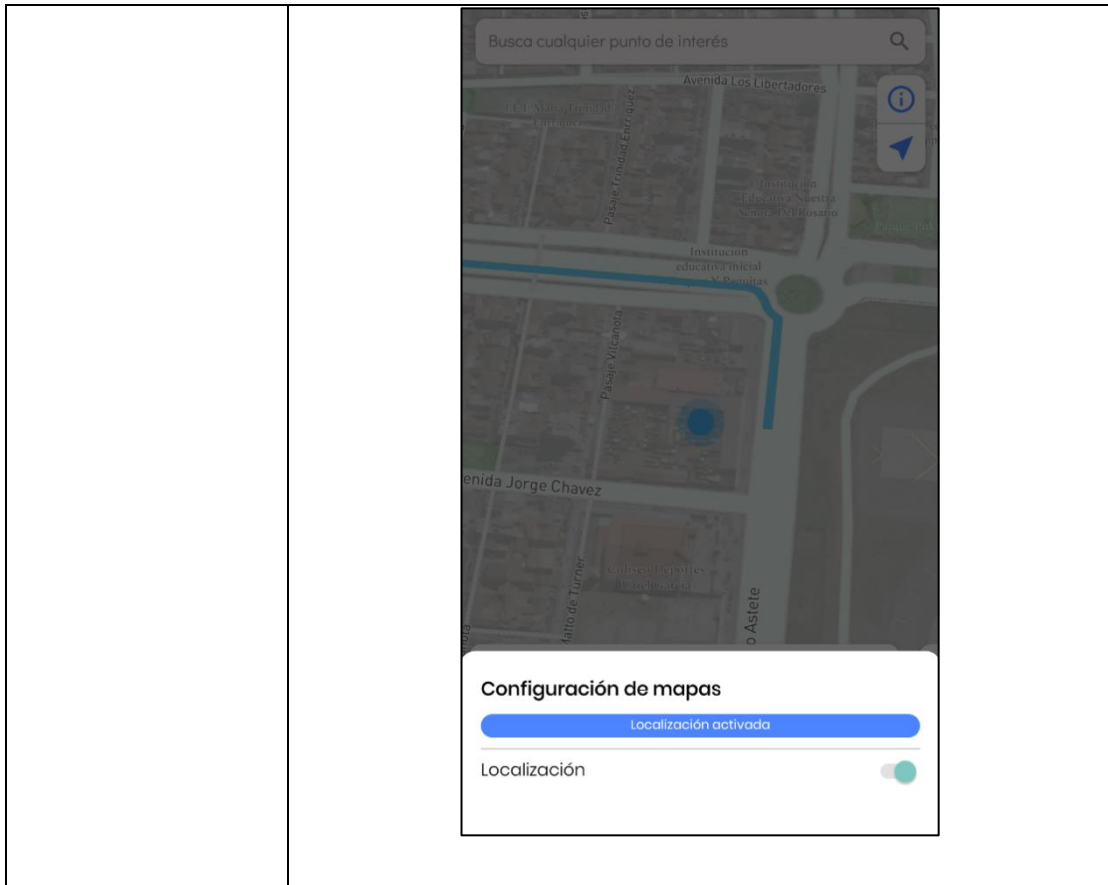


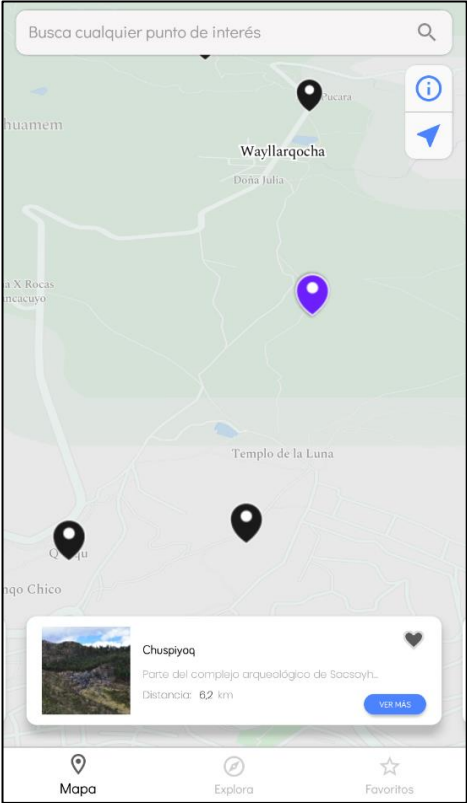
Tabla 53. Hoja de prueba de aceptación PF005

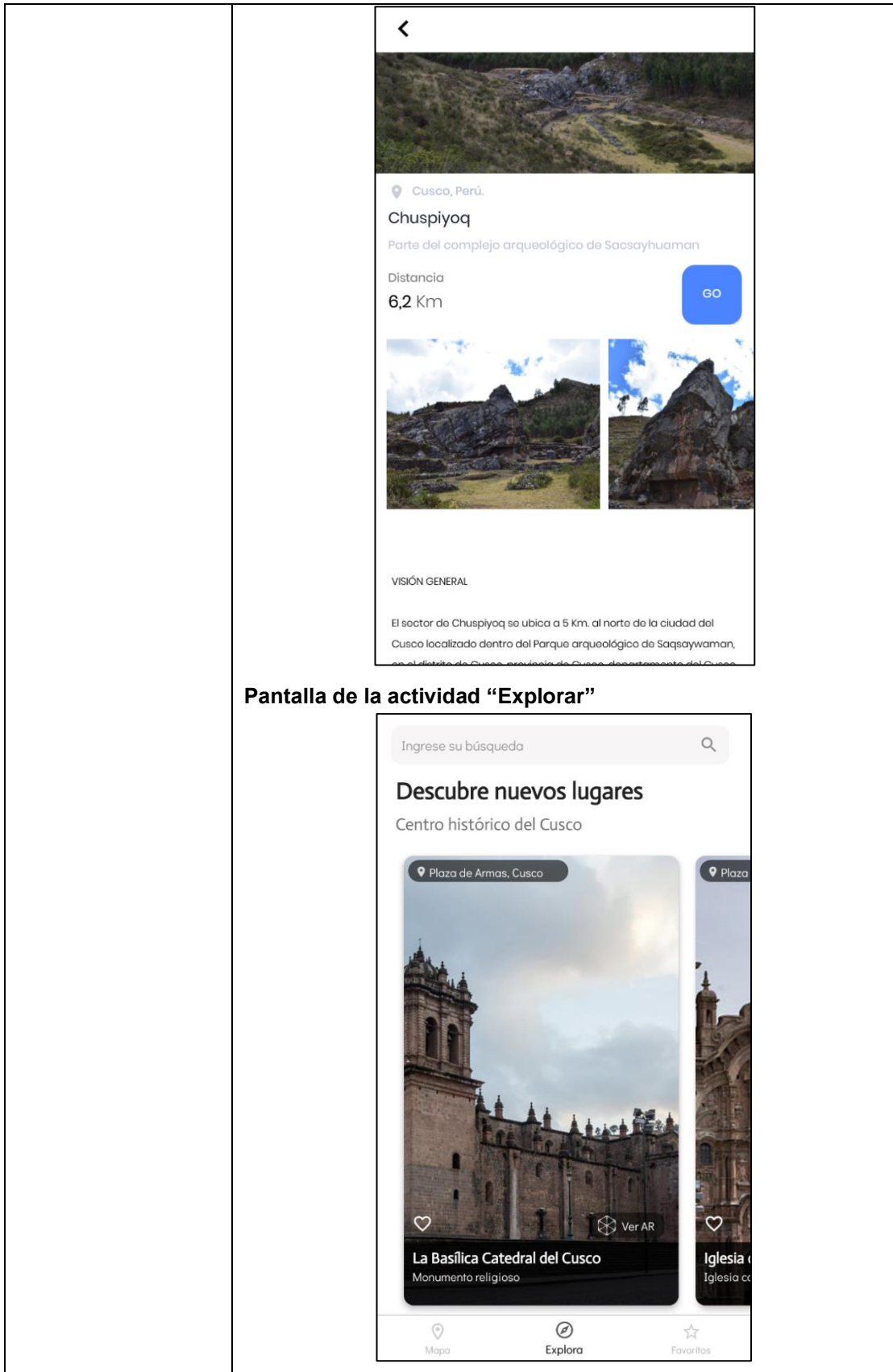
Fuente: Adaptado de: "Agile software technologies research programme", 2008

Test ID	PF005
Prueba	H005 – Puntos de interés
Inicialización	Visualizar los puntos de interés en el mapa.
Salida esperada (Requerimiento funcional)	<ol style="list-style-type: none">Se deben mostrar los puntos de interés en el mapa.<ol style="list-style-type: none">También se mostrarán puntos de interés en el módulo de exploración, pero estos no estarán georreferenciados en el mapa.Los puntos de interés deben estar georreferenciados y representados por un icono visible en el mapaSe debe mostrar una tarjeta donde se visualicen los datos generales del punto de interés (nombre, dirección, y distancia entre el punto de interés y la ubicación del mapa), ya sea al dar clic en un icono correspondiente a un punto de interés, o navegando entre las diferentes tarjetas que se encuentran en la parte inferior de la pantalla.<ol style="list-style-type: none">Las tarjetas de los puntos de interés en el mapa tendrán un botón de "ver más" que al dale clic mostrara la información textual y multimedia del punto de interés seleccionado y



	<p>funcionalidades adicionales (navegación y direcciones) dependiendo la disposición de la ubicación del dispositivo.</p> <p>3.2. Las tarjetas de los puntos de interés en la actividad de explorar tendrán un botón de “Ver en AR” que permitirá la visualización de los objetos 3D en realidad aumentada.</p> <p>Igualmente, si se desea ver más detalles de los puntos de interés en este módulo el usuario tendrá que dar clic en el cualquier parte de la tarjeta del punto de interés (la tarjeta tiene las mismas propiedades de un botón)</p> <p>3.3. Ambas tarjetas de los puntos de interés mostradas en las actividades de “Mapa” y “Explorar” tendrán un botón (en forma de corazón) que permitirá añadir el punto de interés a la actividad de favoritos.</p>
Propósito	<ul style="list-style-type: none">– Verificar la correcta visualización de los puntos de interés en las actividades “mapa” y “explorar”.– Verificar el correcto funcionamiento de los botones que redirijan a las actividades donde se muestran los detalles de los puntos de interés.– Verificar la correcta visualización de los recursos multimedia que se muestran en la pantalla de detalles de un punto de interés.
Procedimiento de prueba	<p>Pantalla de la actividad “Mapa”</p> <hr/> <ol style="list-style-type: none">1. El usuario visualiza los puntos de interés en el mapa.2. El usuario selecciona un punto de interés (ya sea desde el mapa o desde las tarjetas ubicadas en la parte inferior de la pantalla) y visualiza la información general relacionada a los puntos de interés.3. El usuario da clic en la opción de “Ver más” para visualizar la información multimedia del punto de interés previamente seleccionado.4. El usuario visualiza los recursos multimedia del punto de interés (imágenes y texto). <p>Pantalla de la actividad “Explorar”</p> <hr/> <ol style="list-style-type: none">1. El usuario se dirige a la actividad “Explorar” mediante el menú de navegación inferior.2. El usuario visualiza los puntos de interés representados por tarjetas.

	<p>3. El usuario selecciona un punto de interés y da clic en cualquier parte (excepto los botones) y visualiza la información general relacionada a los puntos de interés.</p> <p>4. El usuario visualiza los recursos multimedia del punto de interés (imágenes y texto).</p>
Salida obtenida	<ul style="list-style-type: none">- Visualización correcta de los puntos de interés georreferenciados en el mapa, y los puntos de interés de la actividad “Explorar”.- Correcto funcionamiento de los botones y acciones del usuario al dar clic en el botón de “Ver más” (en la actividad “mapa”) y al dar clic en la tarjeta del punto de interés de la actividad “Explorar”, para visualizar otra actividad donde se muestra los recursos multimedia del punto de interés previamente seleccionado.- Correcta visualización de los recursos multimedia de los puntos de interés previamente seleccionados.
Notas adicionales	<p>Capturas de pantalla.</p> <p>Pantalla de la actividad “Mapa”</p> 





		 <p>La Basílica Catedral del Cusco</p> <p>"La Catedral del Cusco esta conformada por los templos del Triunfo y de la Sagrada Familia. Según la historia, "+</p> <p>"después de la fundación española en 1534, se designó también un lugar para la construcción de la iglesia, lugar que correspondió al «Suntur Wasi», donde se edificó la antigua iglesia que era más pequeña, "+</p> <p>"posteriormente las crecientes necesidades de culto llevaron a adquirir los terrenos cercanos a la iglesia para la construcción de la actual "Santa Basílica Catedral" que empezó en 1560, con diseños únicos hechos por el arquitecto Juan Miguel de Veramendi.</p> <p>La Catedral reúne características del gótico, el renacimiento manierista y el barroco. Flanqueada por dos sólidas torres, sus portadas laterales son manieristas, y la central, discretamente barroca. "+</p> <p>"En el interior tiene espléndidos altares de estilo tanto renacentista como barroco y neoclásico. "+</p> <p>"Además, destaca también su colección de lienzos de la escuela cusqueña con obras de Diego Quispe Tito, Basilio Santa Cruz Pumacalio, Basilio Pacheco y Marcos Zapata, creador de una singular "última cena" en donde el plato principal es el cuy asado.</p> <p>Fotos</p> 
--	--	--

Tabla 54. Hoja de prueba de aceptación PF006

Fuente: Adaptado de: "Agile software technologies research programme", 2008

Test ID	PF006
Prueba	H006 – Geolocalización de puntos de interés
Inicialización	Visualizar la geolocalización de los puntos de interés en el mapa.
Salida esperada (Requerimiento funcional)	<p>1.1 Se debe mostrar los puntos de interés en el mapa, la cual incluye información básica de su localización para poder ser geolocalizado.</p> <p>1.2 Se deben trazar rutas entre la localización del usuario y el punto de interés.</p>
Propósito	– Verificar la correcta visualización de geolocalización de puntos de interés.
Procedimiento de prueba	<p>Pantalla de la actividad "Mapa"</p> <hr/> <ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario visualiza los puntos de interés en el mapa. 2. El usuario visualiza información básica de localización del punto de interés para poder ser geolocalizado. 3. El usuario visualizar el trazo de la ruta entre su localización y el punto de interés.
Salida obtenida	– Visualización correcta del trazo de rutas entre localización del usuario y punto de interés.

<p>Notas adicionales</p>	<p>Capturas de pantalla.</p> <p>Pantalla de la actividad “Mapa”</p> 
---------------------------------	--

Tabla 55. Hoja de prueba de aceptación PF007

Fuente: Adaptado de: “Agile software technologies research programme”, 2008

<p>Test ID</p>	<p>PF007</p>
<p>Prueba</p>	<p>H007 – Navegación y rutas</p>
<p>Inicialización</p>	<p>Visualizar la navegación y ruta del usuario al punto de interés.</p>
<p>Salida esperada (Requerimiento funcional)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. En la subactividad de “Navegación y rutas” se debe mostrar la locación del usuario en el aplicativo. <ol style="list-style-type: none"> 1.1. Se debe mostrar la ruta entre la localización del usuario y el punto de interés. 1.2. Se debe visualizar las opciones para elegir el tipo de navegación “Caminando”, en “Bicicleta” o en auto. 1.3. Se debe visualizar la ruta una vez se seleccione el tipo de navegación a elección. 1.4. En la pantalla de navegación se debe mostrar en tiempo real la distancia, tiempo e indicaciones entre la localización del usuario hacia el punto de interés que se haya seleccionado.
<p>Propósito</p>	<p>– Verificar la correcta visualización de cada una de las rutas ente el usuario y punto de interés.</p>



	<ul style="list-style-type: none">- Verificar el correcto funcionamiento de los botones que muestran el tipo de navegación.- Verificar la correcta visualización en la pantalla de navegación que mostrara la distancia, tiempo e indicaciones para llegar al punto de interés seleccionado desde la localización del usuario.
Procedimiento de prueba	<p>Pantalla de la subactividad “Navegación y rutas”</p> <ol style="list-style-type: none">1. El usuario visualiza el mapa con su localización, antes empezar la navegación.2. El usuario selecciona un tipo de navegación (caminando, bicicleta o auto) para realizar la navegación.3. El usuario da clic en el botón de “Comenzar navegación”, para que en la pantalla de navegación se muestre las indicaciones, tiempo y distancia entre su localización y el punto de interés seleccionado previamente.
Salida obtenida	<ul style="list-style-type: none">- Visualización correcta de la localización del usuario.- Correcto funcionamiento de los botones y acciones del usuario al dar clic a los botones que muestran el tipo de navegación “Caminando”, “Bicicleta” y “auto” (en la subactividad “Navegación y rutas”)- Visualización correcta al dar clic en el botón “Comenzar Navegación” para visualizar la navegación entre la localización del usuario y punto de interés.
Notas adicionales	<p>Capturas de pantalla.</p> <hr/> <p>Pantalla de la subactividad “Navegación y rutas”</p>

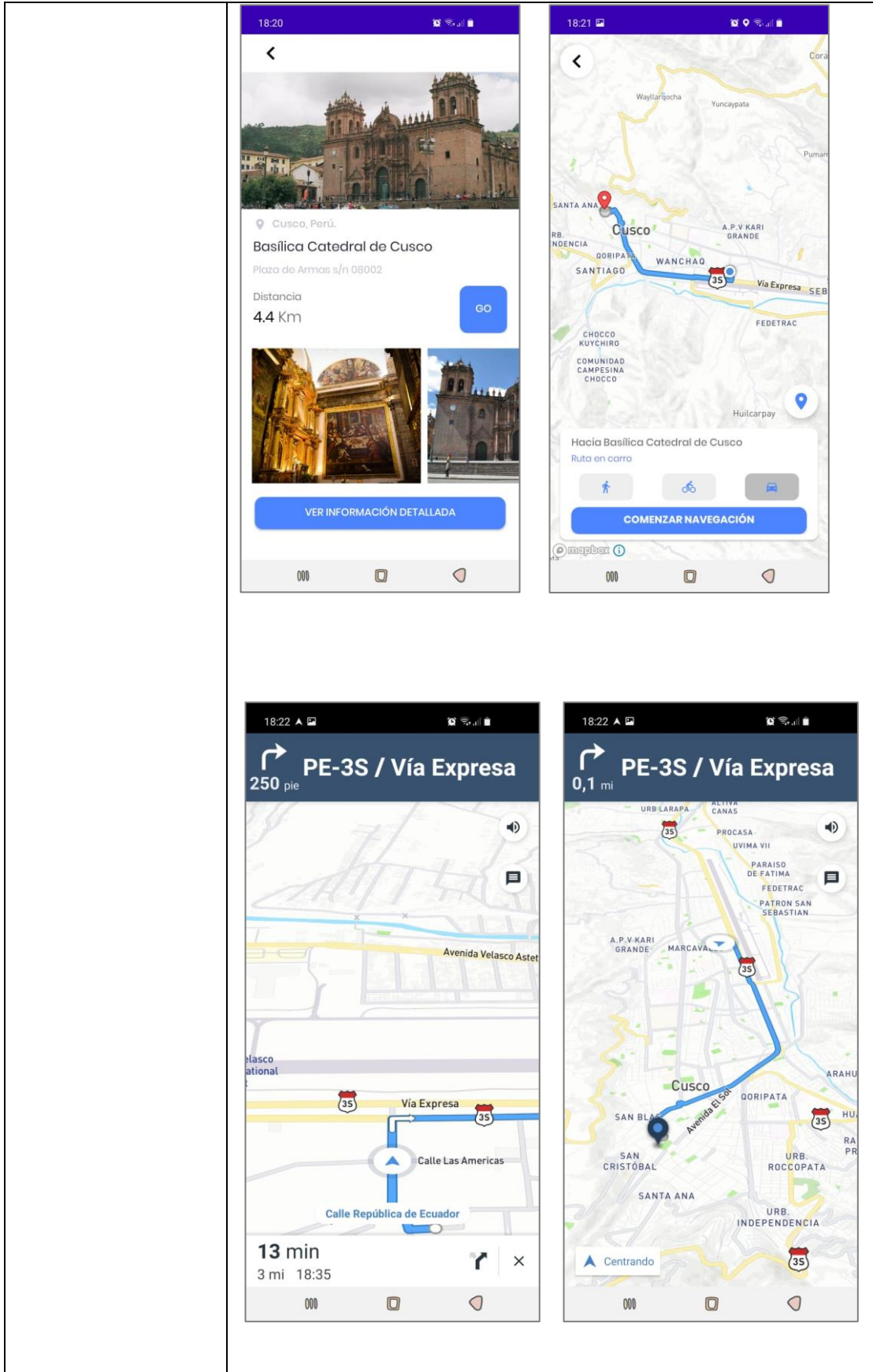




Tabla 56. Hoja de prueba de aceptación PF008

Fuente: Adaptado de: "Agile software technologies research programme", 2008

Test ID	PF008
Prueba	H008 – Objetos 3D y Realidad Aumentada
Inicialización	Visualizar los objetos 3D que se encuentran en la actividad "Explorar"
Salida esperada (Requerimiento funcional)	1. En la actividad "Explorar" se debe visualizar tarjetas con información de los puntos de interés y en donde se incluirán modelos 3D que se deben visualizar en realidad aumentada. 1.1. Al dar clic en el botón "Ver AR" se debe dar permisos de cámara para así poder visualizar el objeto 3D de un punto de interés en realidad aumentada.
Propósito	Verificar la correcta visualización de los objetos 3D en realidad aumentada.
Procedimiento de prueba	1. El usuario visualiza la pantalla de la actividad Explorar. 2. El usuario podrá ver tarjetas de puntos de interés y el botón de "Ver AR". 3. El usuario al hacer clic en el botón "Ver AR" y dar permisos de cámara podrá visualizar el objeto en 3D en una superficie plana en realidad aumentada. 4. El usuario puede interactuar con el objeto 3D: – El objeto 3D se puede rotar lo cual permite verlo desde diferentes ángulos. – Se puede agrandar o disminuir el objeto 3D. 5. El usuario en la interacción con el objeto 3D pudo notar que había algunos vacíos al visualizarlo en realidad aumentada.
Salida obtenida	– Visualización correcta de la actividad "Explorar". – Verificación correcta de los objetos 3D de cada punto de interés que se encuentra en la actividad "Explorar". – No se visualiza el objeto 3D correctamente (al menos tres de los 6 objetos presentan fallas de visualización).
Notas adicionales	Capturas de pantalla. <hr/>

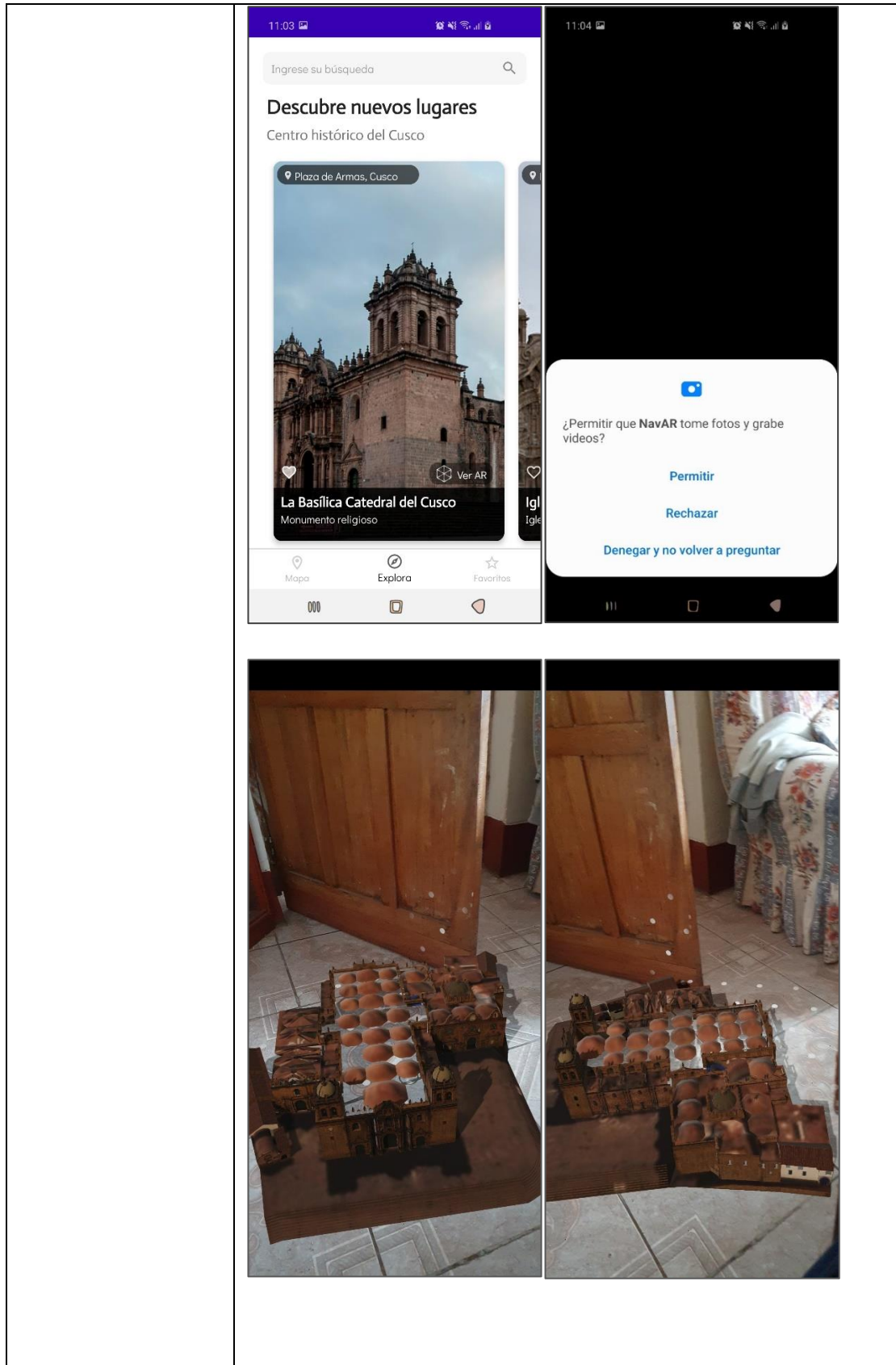




Tabla 57. Hoja de prueba de aceptación PF009

Fuente: Adaptado de: "Agile software technologies research programme", 2008

Test ID	PF009
Prueba	H009 - Buscador
Inicialización	Visualizar la barra de búsqueda en la actividad "Mapa" y "Explorar".
Salida esperada (Requerimiento funcional)	<ol style="list-style-type: none">1. Visualizar la actividad "Mapa" y "Explorar"<ol style="list-style-type: none">1.1. Al seleccionar la barra de búsqueda, se puede filtrar un punto de interés por su nombre. (está ubicada en la parte superior de la pantalla)1.2. Al filtrar el punto de interés por su nombre se debe mostrar una tarjeta con la información requerida.
Propósito	Visualizar un punto de interés filtrado por la barra de búsqueda.
Procedimiento de prueba	<ol style="list-style-type: none">1. El usuario visualiza la actividad "Mapa" y selecciona la barra de búsqueda, de modo que ingresa el nombre del punto de interés a filtrar.<ol style="list-style-type: none">1.1 El usuario ve la tarjeta con la información del punto de interés requerido.2. El usuario visualiza la actividad "Explorar" y selecciona la barra de búsqueda, de modo que ingresa el nombre del punto de interés a filtrar.<ol style="list-style-type: none">2.1 El usuario debe ver la tarjeta con la información del punto de interés.
Salida obtenida	<ul style="list-style-type: none">- Visualización correcta los puntos de interés filtrados mediante la barra de búsqueda, tanto en la actividad "Mapa" como en la de "Explorar".
Notas adicionales	Capturas de pantalla.

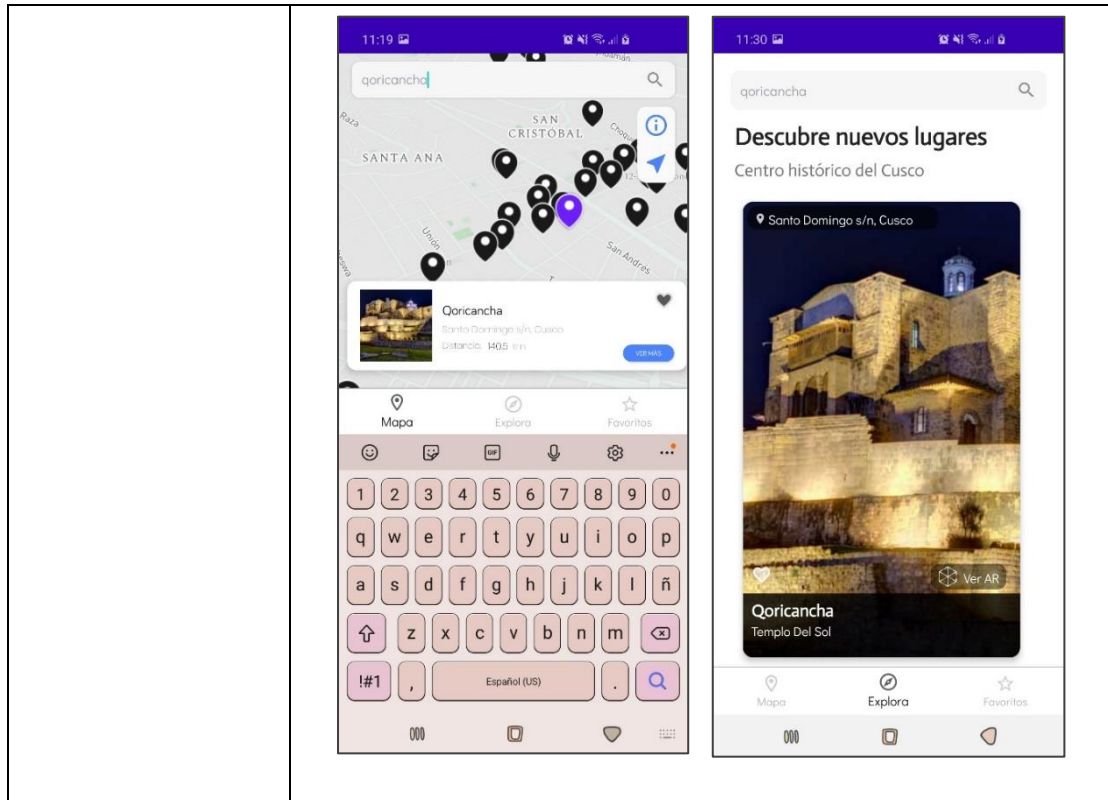



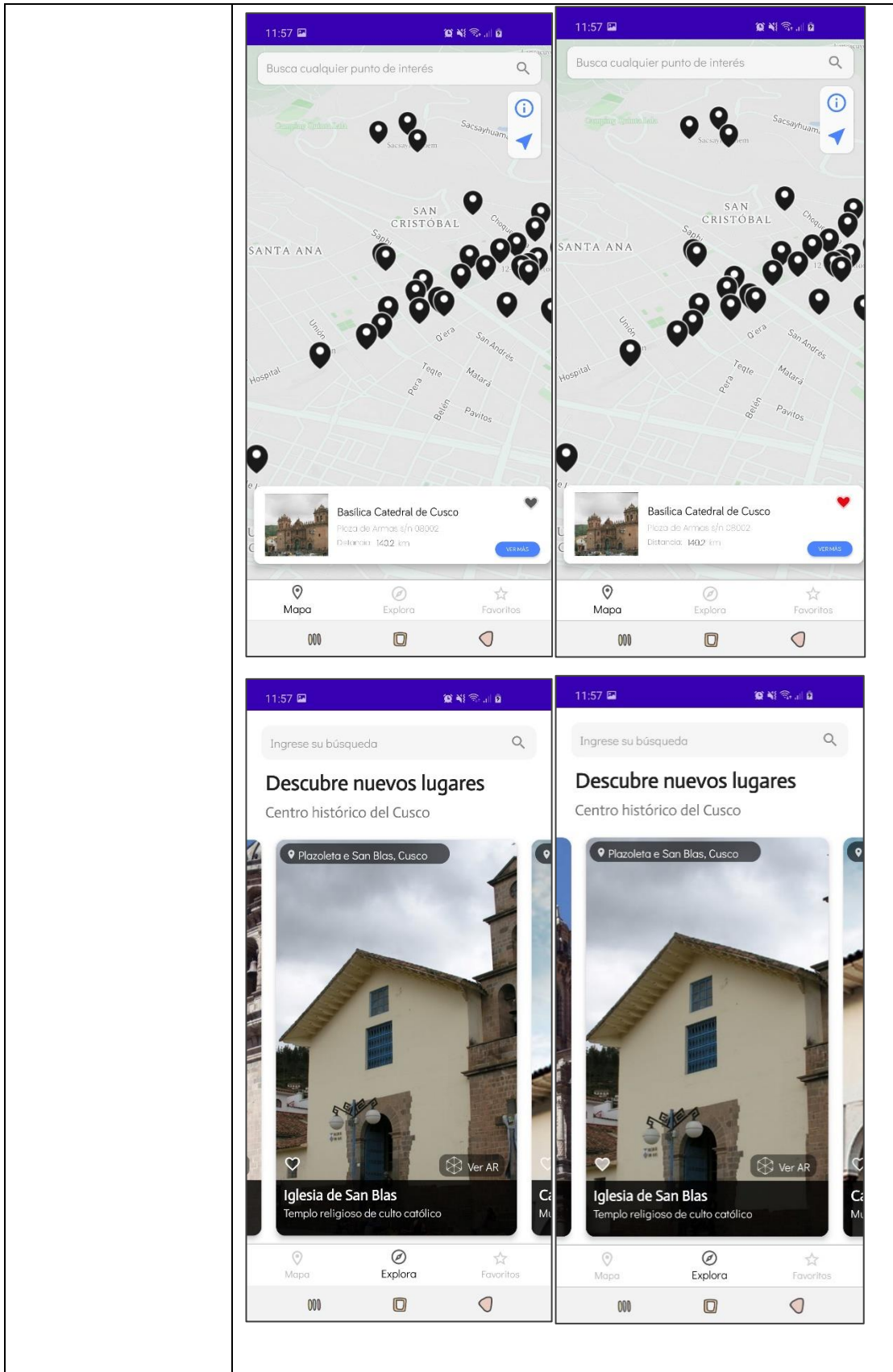
Tabla 58. Hoja de prueba de aceptación PF010

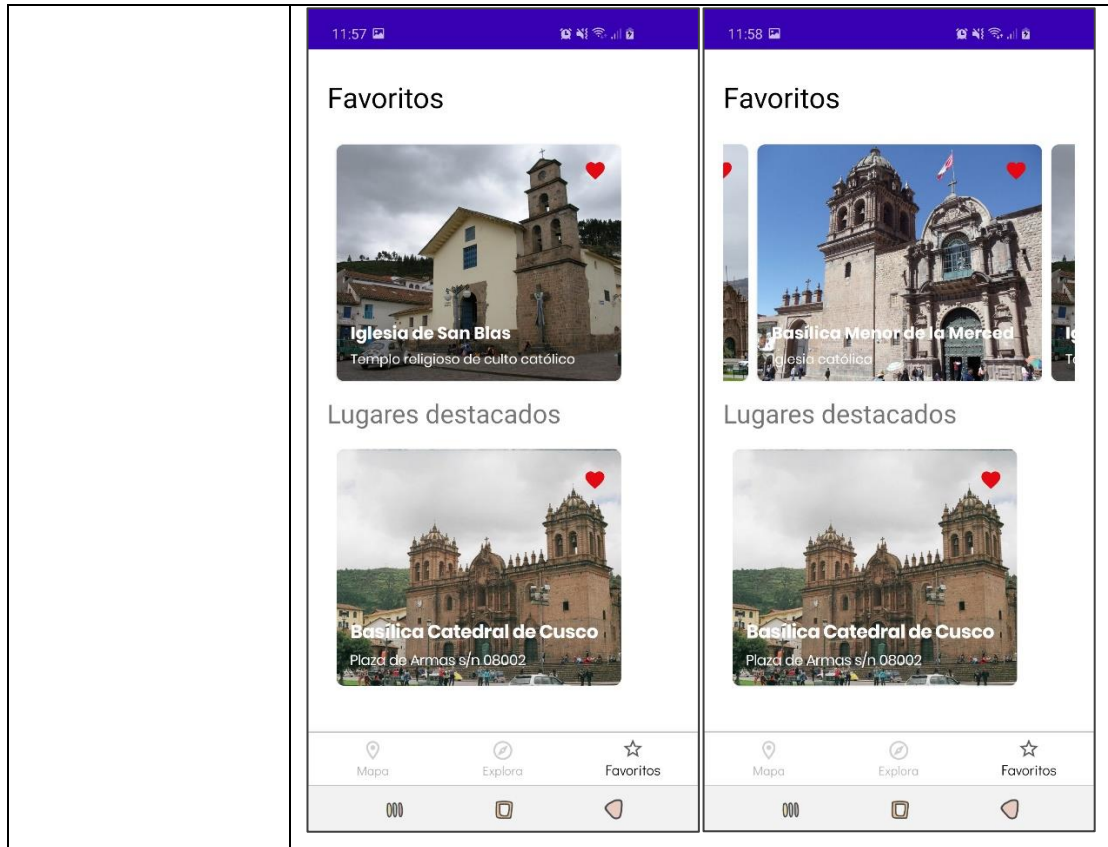
Fuente: Adaptado de: "Agile software technologies research programme", 2008

Test ID	PF010
Prueba	H010 – Favoritos
Inicialización	Visualizar los puntos de interés favoritos en la actividad "Favoritos"
Salida esperada (Requerimiento funcional)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Visualizar la actividad "Favoritos" 2. En los puntos de interés que se muestran en la pantalla de "Mapa" y "Explorar" se visualiza un botón de corazón, en cada punto de interés. <ol style="list-style-type: none"> 2.1. Para añadir un punto de interés favorito en la actividad "Favoritos", se debe dar clic al botón de corazón que se encuentra en la tarjeta, el cual se marcará y se agregará automáticamente. 2.2. Para quitar el punto de interés favorito dentro de la actividad "Favoritos", se debe dar clic en el botón de tarjeta del punto de interés, el cual se eliminará automáticamente. (funcionando como un interruptor)
Propósito	Visualizar la información de los puntos de interés favoritos.
Procedimiento de prueba	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario visualiza la actividad "Favoritos". 2. Para añadir un punto de interés favorito, el usuario debe:



	<p>2.1. Visualizar en las tarjetas de la actividad “Mapa” el botón de corazón y dar clic al punto interés favorito. De la misma manera en la actividad de “Explorar”.</p> <p>3. Si el usuario desea quitar el punto de interés de su lista de favoritos, solo debe dar clic al botón de corazón que se muestra en las tarjetas de la actividad de “Favoritos”.</p>
Salida obtenida	<ul style="list-style-type: none">– Visualización correcta las tarjetas de los puntos de interés favoritos.– Añadir correctamente los puntos de interés favoritos.
Notas adicionales	<p>Capturas de pantalla.</p> 





3.5.4 Pruebas no funcionales

Estas pruebas están orientadas a probar la usabilidad, disponibilidad y rendimiento del aplicativo. La siguiente tabla muestra las pruebas que se realizarán en esta etapa.

Tabla 59. Pruebas no funcionales.

Fuente: Elaboración propia.

N° caso de prueba	ID	Prueba	Estado
01	PNF001	Usabilidad	Verificado
02	PNF002	Disponibilidad	Verificado
03	PNF003	Rendimiento	Verificado

3.5.4.1 Pruebas de usabilidad

Como se explicó en el marco teórico, en la parte de “pruebas de usabilidad”, para realizar las pruebas de usabilidad se utilizó el modelo de cuestionario de usabilidad percibida (véase anexo 4), donde el entrevistador (equipo de



desarrollo) estuvo junto al usuario para evaluar el grado de usabilidad del aplicativo.

Los resultados de las pruebas nos permitirán medir sobre todo el grado de satisfacción y aceptación del usuario hacia el aplicativo.

3.5.4.2 Disponibilidad y rendimiento

En esta etapa se corroboró la instalación y ejecución del prototipo en varios dispositivos que se tuvieron al alcance (dispositivos del ambiente de pruebas), cabe recalcar que el hecho de que se haya utilizado el SDK de ARCore para la realidad aumentada pone una restricción respecto a que dispositivos ejecutarían sin ningún problema el prototipo, de esta forma nos aseguramos que el prototipo no presente fallos de ejecución, rendimiento y visualización; siendo un SDK desarrollado por Google, este se compromete y asegura que su producto (ARCore) solo se ejecute en dispositivos certificados, esto implica, como indica en la página web de ARCore, que los dispositivos hayan pasado un previo proceso de pruebas con la finalidad de probar el rendimiento de hardware y software al momento de ejecutar el SDK.

Entonces, teniendo como base la restricción impuesta por el SDK de ARCore y los dispositivos soportados por ARCore tenemos:

- Si no se especifica la versión de Android que requiere un dispositivo para ejecutar aplicaciones en realidad aumentada de ARCore (que se muestra en el cuadro del anexo 5) es necesario que el dispositivo ejecute Android 7.0 (API nivel 24 - Nougat) o la versión más reciente.
- Los dispositivos enumerados que se muestran en el anexo 5, son compatibles con ARCore a través de “Google Play Services” (aplicativo de Play Store) para AR, siempre y cuando se cumpla la restricción del anterior punto.
- Para un buen rendimiento y correcta ejecución de este prototipo, el equipo de desarrollo recomienda instalar el aplicativo en dispositivos que ejecuten Android 8.1 (API nivel 27 - Oreo), y que sobre todo tengan incorporado un giroscopio.



2.2.9 Seguimiento y verificación de las pruebas funcionales

La siguiente tabla muestra el seguimiento y verificación de las pruebas funcionales realizadas en esta etapa, esta tabla ayudara a determinar que funcionalidades son necesarias corregir o modificar para que el aplicativo cumpla con los requerimientos funcionales establecidos.

Tabla 60. Seguimiento y verificación de las pruebas funcionales.

Fuente: Adaptado de: "Agile software technologies research programme", 2008

ID	Descripción	Estado	Cumplimiento
PF001	Onboarding screen	Verificado	Si
PF002	Menú de Navegación	Verificado	Si
PF003	Mapa	Verificado	Si
PF004	Geolocalización	Verificado	Si
PF005	Puntos de interés	Verificado	Si
PF006	Geolocalización de puntos de interés	Verificado	Si
PF007	Navegación y rutas	Verificado	Si
PF008	Objetos 3D y Realidad Aumentada	Verificado	No
PF009	Buscador	Verificado	Si
PF010	Favoritos	Verificado	Si

En base al seguimiento de las pruebas funcionales se realizó la verificación de las funcionalidades del aplicativo para confirmar el cumplimiento de los requerimientos del proyecto.

Tabla 61. Verificación de las funcionalidades del aplicativo.

Fuente: Elaboración propia.

ID	Funcionalidad	Requerimientos Funcionales	Cumplimiento
RF001	Mostrar puntos de interés geográficamente y su información.	RFM01, RFM03, RFM04	Si
RF002	Mostrar la localización del usuario.	RFM02, RFM07	Si
RF003	Mostrar ruta entre el usuario y un punto de interés.	RFM02, RFM07	Si
RF004	Mostrar las indicaciones de navegación entre el usuario y el punto de interés.	RFM08	Si
RF005	Mostrar puntos de interés destacados.	RFE01, RFE03	Si
RF006	Mostrar los objetos de AR dependiendo del punto de interés.	RFE02, RFE05	No



RF007	Mostrar los puntos de interés favoritos añadidos desde el módulo de recomendados y mapas.	RFE04, RFM04, RFF01, RFF02	Si
RF008	Mostrar pantallas de incorporación/tutorial	No requiere	Si
RF009	Buscador	No requiere	Si

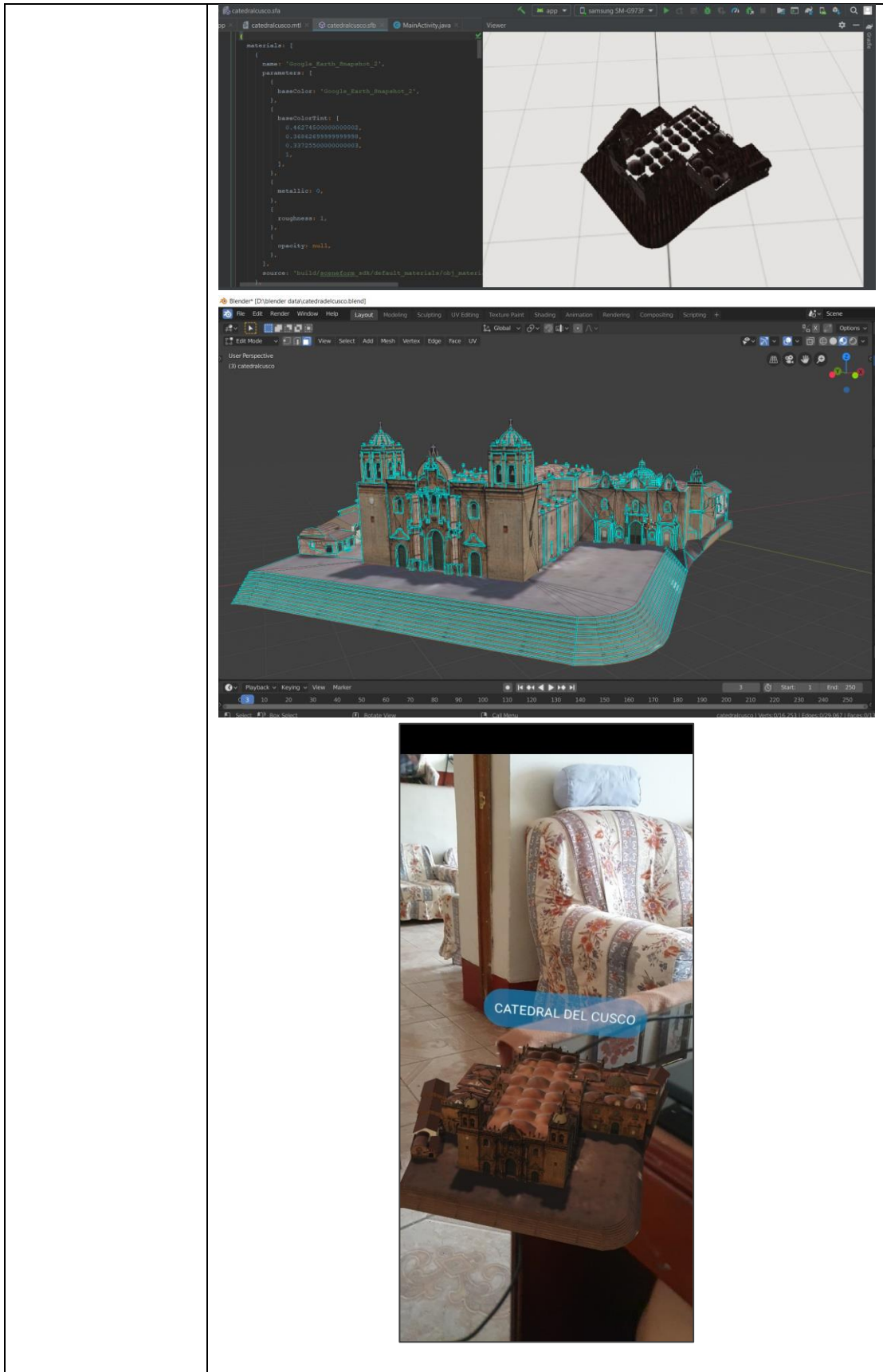
2.2.9.1 Pruebas de reparación

La siguiente tabla 61., muestra la reparación del Requisito Funcional (RF006)

Tabla 62. Prueba de reparación PR001.

Fuente: Adaptado de: "Agile software technologies research programme", 2008

Fix ID	PR001 – Prueba de reparación 01
Prueba	RF006 - Objetos 3D y Realidad Aumentada
Inicialización	Visualización de los objetos 3D que se encuentran en la actividad "Explorar"
Salida esperada (Requerimiento funcional)	Mostrar correctamente los objetos 3D que tengan algún problema de visualización.
Propósito	Verificar la correcta visualización de los objetos 3D en realidad aumentada.
Procedimiento de reparación de falla.	<p>Se realizo correcciones en los objetos 3D, ya que al importarlo del formato (.obj) a (.sfb) no se mostraban todas las caras y se observaban vacíos en algunas partes de los modelos 3D, tal como se muestra en las capturas de pantalla de las notas adicionales.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Para la corrección de este error se tuvo que ver todos los vacíos que se encontraban en los objetos 3D. 2. Se tuvo que invertir la posición de cada una de las caras que mostraban un vacío en el objeto 3D.
Salida obtenida	Visualización correcta de los objetos 3D al mostrarse en realidad aumentada.
Notas adicionales	<p>Capturas de pantalla.</p> <hr/> <p>Verificación del objeto 3D en Android Studio.</p>





2.2.9.2 Hoja resumen de correcciones y modificaciones

La siguiente tabla 62., muestra el resumen de las correcciones y modificaciones hechas durante la etapa de pruebas de reparación.

Tabla 63. Hoja de resumen de correcciones y modificaciones.

Fuente: Elaboración propia.

Lista de resumen de deficiencias		
Requerimiento	Descripción	Acción correctiva
Mostrar los objetos de AR dependiendo del punto de interés.	Algunos objetos 3D no se visualizan correctamente.	Se realizo correcciones en los objetos 3D, ya que al importarlo del formato .obj a .sfb no se mostraban todas las caras y se observaban vacíos.



CAPITULO IV: RESULTADOS



4.1 Comprobación de la prospectiva

Basándonos en el objetivo principal de la tesis que es: “describir el desarrollo del aplicativo móvil de realidad aumentada en los puntos de interés, para la difusión y revalorización en el Centro histórico del Cusco”, el desarrollo de las encuestas de “usabilidad percibida” también ayudaron a evaluar el grado de aceptación del usuario con el aplicativo previamente desarrolladas en la quinta fase de la metodología.

Cabe resaltar que las encuestas se hicieron con el fin de evaluar la usabilidad del aplicativo y el grado de aceptación de este con el usuario, los cuales nos permitirán analizar si el aplicativo ayuda a la difusión y revalorización del centro histórico del Cusco.

La encuesta fue aplicada a doce participantes de habla hispana, los cuales fueron turistas nacionales de diferentes localidades como Abancay, Lima e Ica, entre las edades de 12 y 60 años, haciendo uso del cuestionario de “usabilidad percibida” (ver anexo 4) dividida en cuatro partes, siendo solo tres importantes para el análisis y comprobación de los resultados del proyecto.

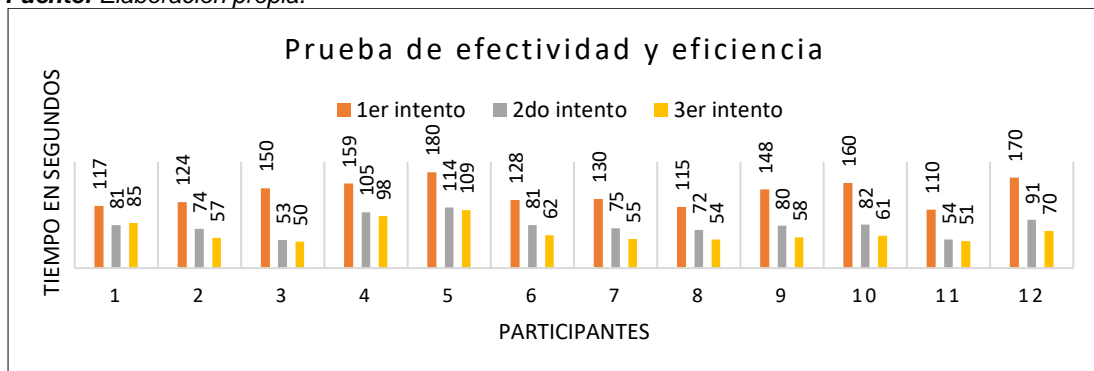
Los resultados de las encuestas fueron los siguientes:

A. Resultados de la Prueba de efectividad y eficiencia

El desarrollo de la primera parte de la encuesta consistió en medir el tiempo total del número de tareas completadas durante tres intentos, lo cual consistió en cronometrar el tiempo durante el inicio, realización y finalización de una tarea, posteriormente se promedió cada intento para determinar el tiempo promedio de cada participante durante el uso del aplicativo móvil. Cabe resaltar que los encuestados tenían que cumplir todas las tareas durante el desarrollo

de cada intento. Los resultados del tiempo promedio por cada intento y de los doce participantes son los siguientes:

Figura 33. Resultados de la prueba de efectividad y eficiencia.
Fuente: Elaboración propia.

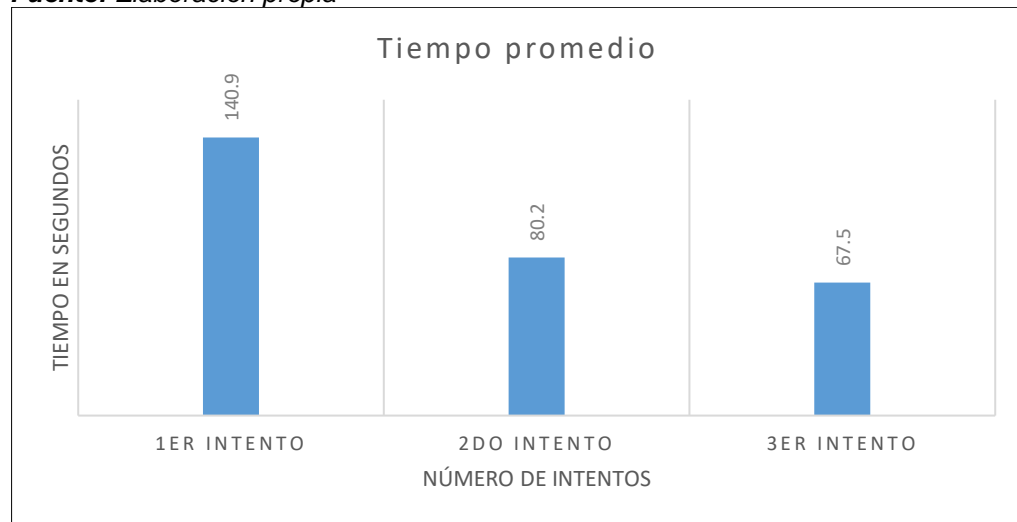


Según los resultados de la prueba de efectividad y eficiencia donde medimos el tiempo por el número de intentos de los participantes podemos deducir que:

- El tiempo promedio del primer intento resulta ser mayor porque los encuestados hacen uso por primera vez del prototipo, siendo el promedio 140.9 segundos según los resultados de la figura 34.
- Como se puede observar en la figura 34, el tiempo promedio del segundo y el tercer intento resultan ser menores que el primer intento porque el usuario se ha familiarizado con las tareas del prototipo, el cual indica según las métricas de usabilidad una mayor efectividad y eficiencia al cumplir con la ejecución de las funcionalidades del prototipo.

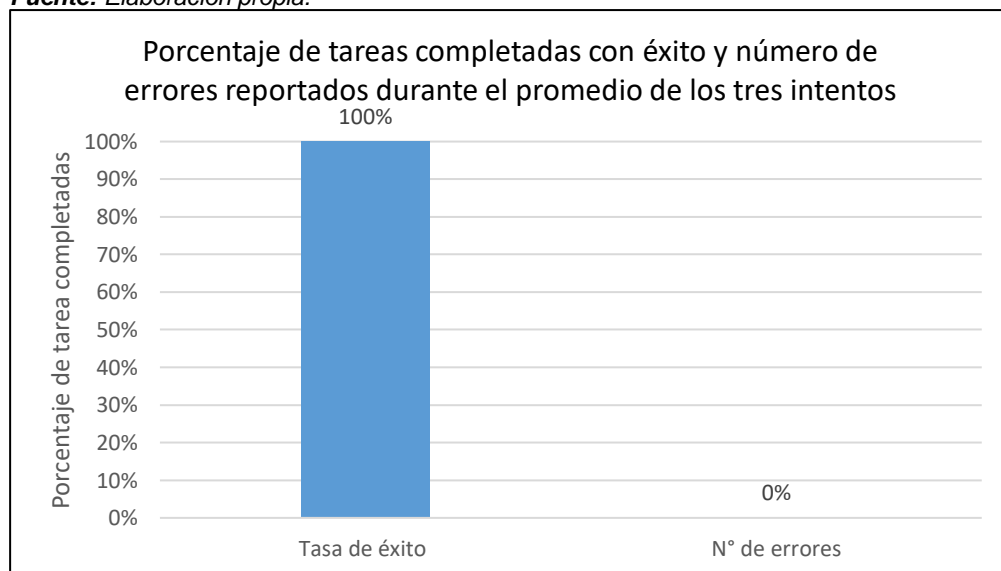
La diferencia entre el primer intento y los otros dos también indica que existe una buena facilidad de aprendizaje de las tareas y/o funcionalidades del aplicativo móvil por parte del usuario.

Figura 34. Resultados del tiempo promedio por el número de intentos
Fuente: Elaboración propia



- Según la figura 35, durante el desarrollo de las pruebas de usabilidad percibida, los participantes no encontraron errores en los tres intentos de la prueba de efectividad y eficiencia, lo que indica que las tareas fueron completadas con éxito desde el primer intento.

Figura 35. Porcentaje de tareas completadas con éxito y número de errores reportados durante el promedio de los tres intentos.
Fuente: Elaboración propia.



B. Resultados de las preguntas referidas a usabilidad

Para esta segunda parte de la prueba se utilizó una métrica que mide el grado de satisfacción del 1 al 10, siendo 1 “muy malo”, 2 “malo”, 3 “no pasable”, 4



“poco aceptable”, 5 “regular”, 6 “tolerable”, 7 “pasable”, 8 “aceptable”, 9 “bueno”, 10 “muy bueno”.

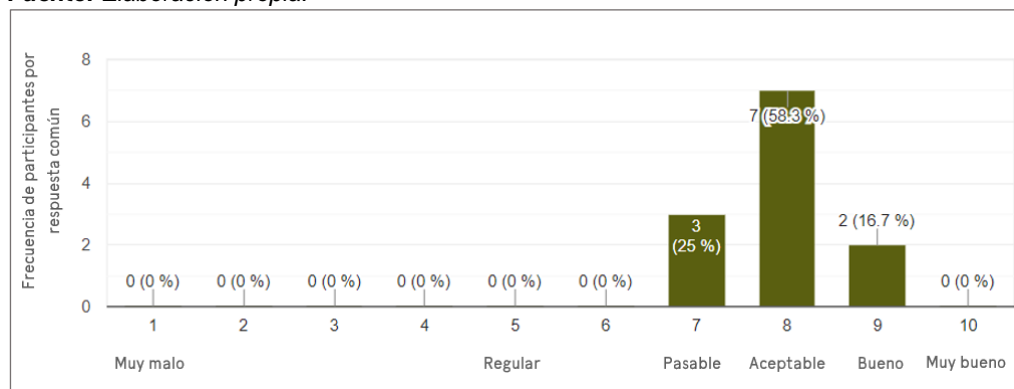
Las respuestas a las preguntas fueron las siguientes:

1. ¿La legibilidad de la información parece adecuada?

Para que los encuestados pudieran responder esta pregunta se les indico que el grado de legibilidad se refería a la facilidad con la que el usuario podía entender la información mostrada en el aplicativo, lo que nos permitió saber si la información es relevante o no.

Figura 36. Resultado de la pregunta uno sobre la legibilidad de la información.

Fuente: Elaboración propia.

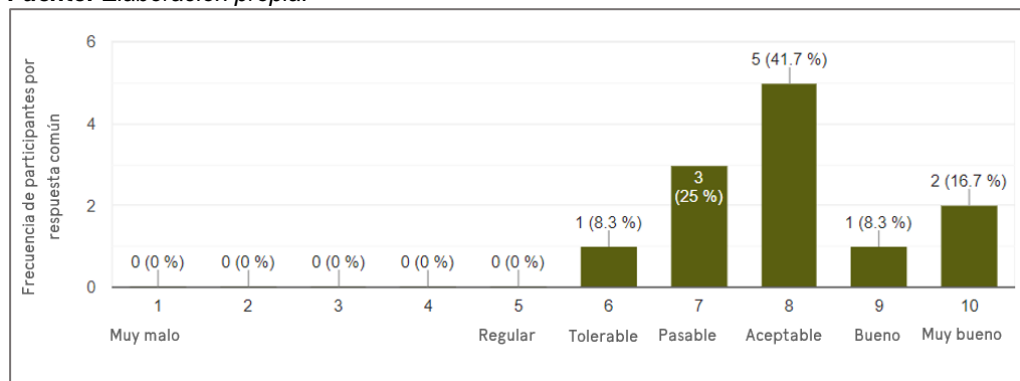


Según las métricas de usabilidad podemos deducir que el contenido del aplicativo móvil resulta ser adecuado bajo el contexto al cual esta aplicado, tales como la legibilidad y visualización de información textual y multimedia, teniendo un 58.3% de satisfacción “aceptable”, los cuales representan 7 de los 12 participantes, tal y como se muestra en la figura 36, por otra parte, un 16.7% que representan 2 participantes, indican que la legibilidad de la información es “buena”, y finalmente un 25% (3 participantes) indicaron que la información es “pasable”.

2. ¿Se define adecuadamente el esquema de los botones, menú inferior, tamaño de texto y tamaños de las imágenes?

En esta pregunta se les indico a los encuestados que determinarían que tan organizado estaban los elementos en las interfaces del prototipo, tales como los botones, menús, barras de búsqueda, tamaños de textos y tamaño de imágenes. Lo cual nos ayudó a saber que tan organizado se encontraban los elementos de las interfaces de nuestro prototipo.

Figura 37. Resultados de la pregunta dos sobre el esquema de diseño
Fuente: Elaboración propia.

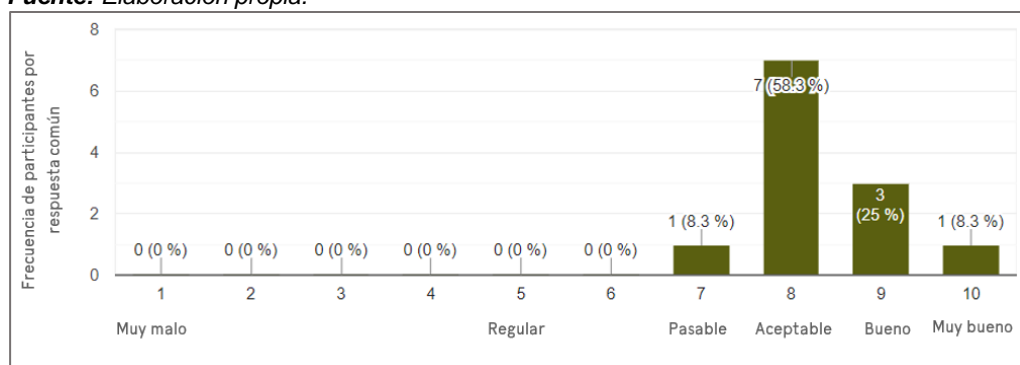


Según las métricas de usabilidad podemos deducir que el contenido y eficiencia del aplicativo móvil resulta ser adecuado para el contexto al cual está enfocado, ya que tiene un 41.7% (5 participantes) de satisfacción “aceptable”, tal como se muestra en la figura 37, otro 16.7% (2 participantes) indicaron que la satisfacción que define adecuadamente el esquema de los botones, menú inferior, tamaño de texto e imágenes que se muestra en el aplicativo es “muy buena”, de la misma forma, 25% de los participantes indicaron que el esquema del aplicativo es “Pasable”, y finalmente un 8.3% como “Tolerable”.

3. Las imágenes y textos corresponden claramente al contenido de la aplicación.

Esta pregunta trata de demostrar el grado de satisfacción bajo el contexto de calidad y legibilidad de la información de los puntos de interés que se mencionan en el prototipo.

Figura 38. Resultado de la pregunta tres de satisfacción
Fuente: Elaboración propia.



De la figura 38. podemos demostrar que un 58.3% de los encuestados (7 participantes) indicaron que las imágenes y el texto corresponden efectivamente al contenido del aplicativo móvil con un puntaje de 8/10

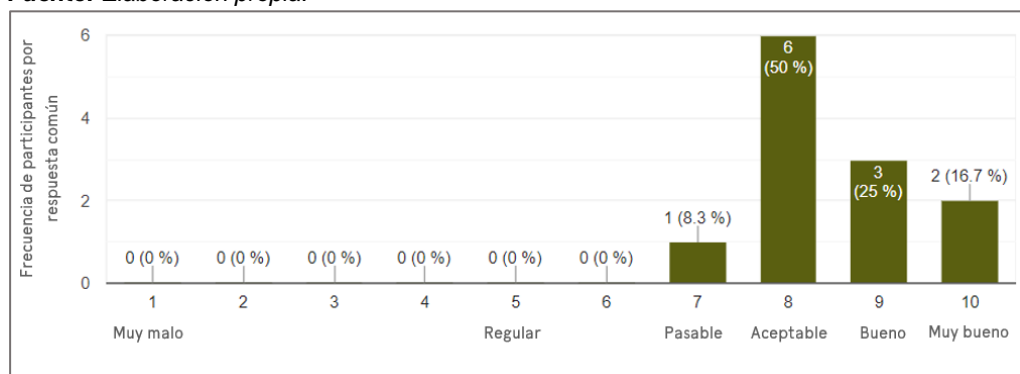


que se interpreta como “aceptable”, lo cual indican que son fácilmente visibles e informativas para los usuarios, otro 25% (3 participantes) de los encuestados puntuaron el contenido de la aplicación como “buena”, finalmente un 8.3% la puntuó como “pasable” y “muy bueno” respectivamente.

4. Los elementos como botones e indicadores cumplen con su función. Ejm.: botones que cumplen tareas específicas, como el botón de “añadir a favoritos” o “Ver en AR”, los indicadores que se muestran en la navegación, entre otros.

Para esta pregunta se indicó a los encuestados que determinaran el grado de funcionalidad de los botones e indicadores, tales como se describen en el ejemplo de la pregunta.

Figura 39. Resultado de la pregunta cuatro sobre el grado de funcionalidad del prototipo
Fuente: Elaboración propia.



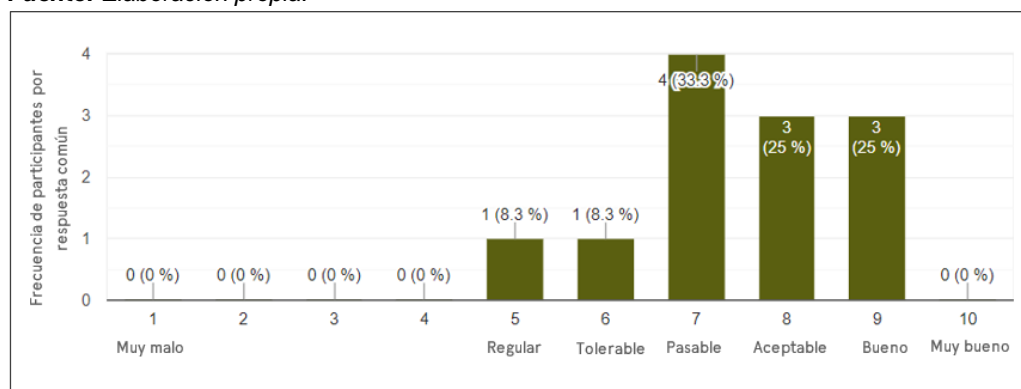
De la figura 39. podemos demostrar que un 50% de los encuestados (6 participantes) indican que la funcionalidad de los botones e indicadores cumplen “aceptablemente” su función, siendo el puntaje de satisfacción 8/10, y un 25% y 16.7% de los participantes puntúan los mismos elementos como efectiva y muy buena respectivamente, otro 8.3% de los encuestados indico que la funcionalidad de botones e indicadores es “Pasable”; en resumen, esto indica según las métricas de usabilidad, que la eficiencia de los botones e indicadores cumplen con sus funciones de forma aceptable.



**5. El nivel de configuración dentro del aplicativo parece suficiente:
Ejm.: el cambio de ubicación, los tipos de ruta dentro de la navegación, entre otros.**

Para esta pregunta se indicó a los encuestados que evalúen el grado de configuración de las funcionalidades del prototipo, esto nos permitió saber que tan necesariamente eficiente es que un usuario necesite configurar una funcionalidad para que pueda terminar o ejecutar una determinada tarea.

Figura 40. Resultados de la pregunta cinco sobre el grado de configuración del prototipo.
Fuente: Elaboración propia.

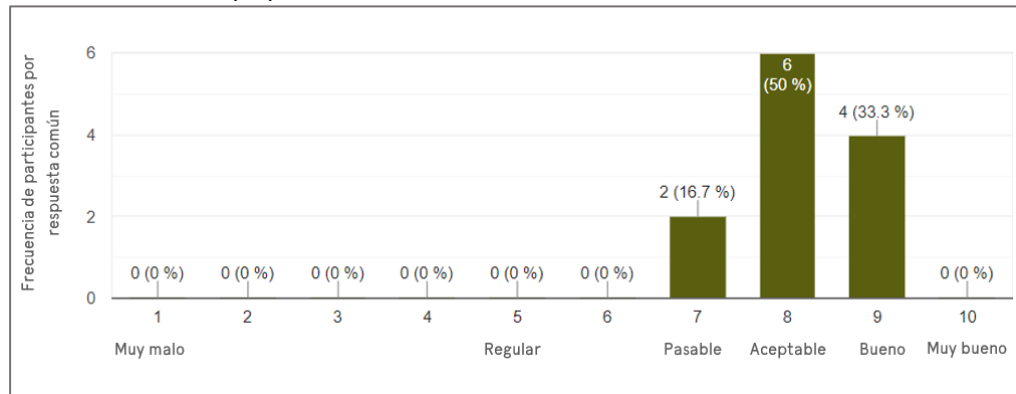


De la figura 40. podemos deducir que un 33.3% de los encuestados (4 participantes) indicaron que el grado de satisfacción respecto al nivel de configuración y preferencias de los usuarios es “pasable”, otro 50% de los encuestados indican el grado de satisfacción de 8 y 9 como “aceptable” y “buena” equitativamente, finalmente un 16.6% de los encuestados indicaron que el grado de configuración es “regular” y “tolerable” equitativamente, teniendo en cuenta los porcentajes, se puede deducir que el nivel de configuración dentro del aplicativo es suficiente para las funcionalidades que necesiten algún tipo de disposición por parte del usuario.

6. ¿El aplicativo cumple con el contexto explicado?

Para esta pregunta, y para el cuestionario en general se indicó anteriormente que fue necesario poner en contexto el tipo de aplicativo que los participantes iban a probar, principalmente, con el objetivo de crear expectativas para que la puntuación y calificación sea mucho más realista y comparativa, pero sobre todo para que el encuestado perciba de mejor manera la funcionalidad del prototipo.

Figura 41. Resultado de la pregunta seis sobre el cumplimiento del contexto.
Fuente: Elaboración propia.

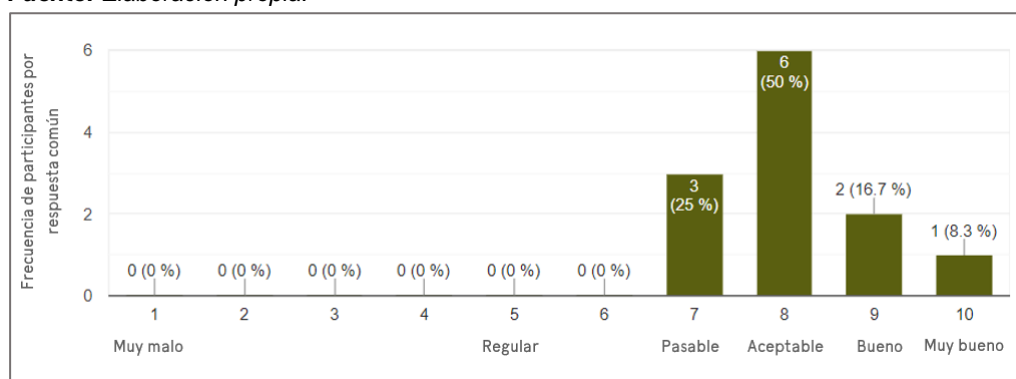


De la figura 41. se puede demostrar que un 50% de los encuestados (6 participantes) indican con un puntaje de 8/10 que el aplicativo móvil cumple “aceptablemente” con el contexto principal de la tesis, el cual es la recopilación de puntos de interés para la difusión y revalorización del centro histórico de Cusco, otro 33.3% (4 participantes) de los encuestados determina que el contexto del aplicativo es “bueno” con un puntaje de 9/10, y finalmente un 16.7% de los encuestados determinaron el contexto del aplicativo como “pasable”.

7. ¿El diseño y estética del aplicativo es buena?

Esta pregunta estuvo enfocada a que los encuestados pudieran determinar el grado de aceptación del usuario respecto al diseño del aplicativo móvil en general.

Figura 42. Resultado de la pregunta siete sobre el diseño y estética
Fuente: Elaboración propia.



De la figura 42. se puede demostrar que un 50% de los encuestados (6 participantes) puntuaron el diseño y estética del aplicativo como “aceptable”, otro 8.3% como “muy buena”, 16.7% como “buena” y un

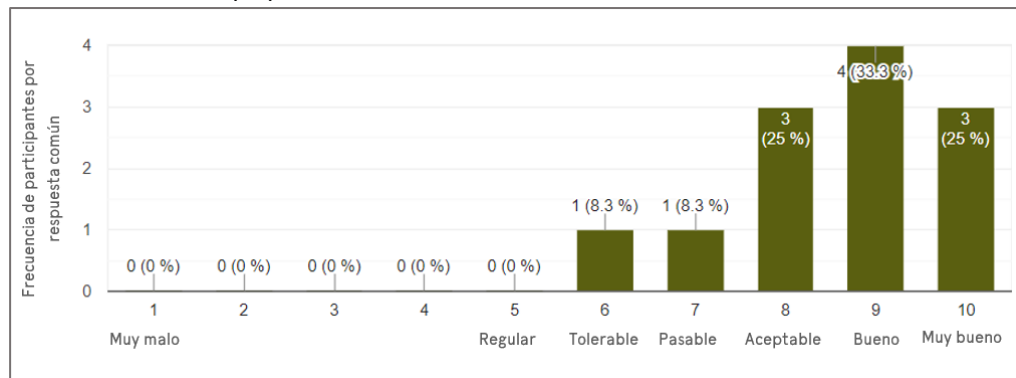


25% de los encuestados como “pasable”, en resumen, esto indica que el grado de satisfacción, contenido y contexto (según las métricas) es “aceptable”.

8. ¿Es fácil memorizar los pasos para realizar cualquier tarea?

Para esta pregunta se pidió a los encuestados que evalúen el grado de memorabilidad que ellos determinaron para recordar cualquier tarea del prototipo, esto nos permite saber, además de la puntuación, y ayudándonos con la primera parte de la encuesta, qué tan difícil sería que volviesen a ejecutar una funcionalidad o tarea después de un determinado tiempo.

Figura 43. Resultado de la pregunta ocho sobre el grado de memorabilidad
Fuente: Elaboración propia.



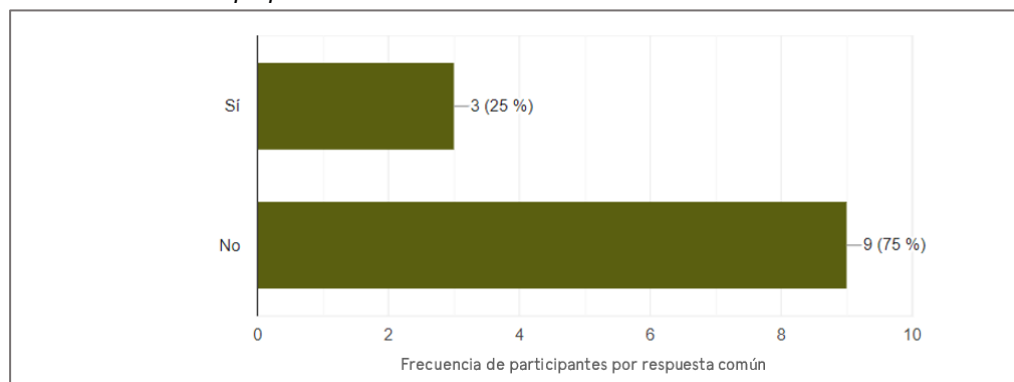
De la figura 43. se puede demostrar que un 33.3% de los encuestados indican que es fácil memorizar los pasos para realizar cualquier tarea dentro del prototipo, con un puntaje de 9/10, esto indica que el grado de memorabilidad y facilidad de aprendizaje (según las métricas) es “bueno”, y otro 25% de los participantes indicaron que es “aceptable” y “muy bueno” respectivamente. Finalmente, un 16,3% indicaron que nivel de memorización de los pasos para realizar alguna tarea es “Tolerable” y “Pasable” equitativamente.



9. ¿Crees que tus datos personales fueron expuestos en algún momento?

Esta pregunta se refiere a que si algún encuestado mientras hacía uso del aplicativo durante las pruebas percibió que sus datos estaban siendo expuestos. Para esta pregunta se usó una respuesta de solo dos valores que indican lo siguiente: Si (que los datos de los participantes estaban siendo expuestos) y No (que los datos del participante no fueron expuestos)

Figura 44. Resultado de la pregunta nueve sobre la exposición de datos del usuario
Fuente: Elaboración propia.



Según la figura 44. se puede demostrar que un 75% de los encuestados (9 participantes) indicaron que no se comprometieron sus datos personales mediante la prueba y uso del aplicativo, mientras que un 25% de los encuestados señalo que sus datos si fueron comprometidos, siendo la respuesta más común la “ubicación”. Estos resultados indican que, según las métricas, la seguridad que el aplicativo móvil provee al usuario es confiable.



C. Resultados del Cuestionario Post-Test

En esta tercera parte de la prueba no se utilizaron métricas, dado que estaba enfocada a la retroalimentación del encuestado con el equipo de desarrollo y/o encuestadores, para lo cual las preguntas están enfocadas principalmente a conocer el grado de satisfacción y la grado utilidad del prototipo.

Los resultados de esta tercera parte del cuestionario fueron los siguientes.

Tabla 64. Resultados de la pregunta uno del cuestionario Post-Test

Fuente: Elaboración propia.

Pregunta 1 (Cuestionario Post-Test)	¿Conoces alguna otra aplicación que se parezca a esta?
Respuestas	
Si, Moovit y Google Maps (para los mapas), pero con AR, no	
Si, Google Maps (para los mapas), AR no.	
Si, Moovit y Google Maps (para la navegación), AR con puntos de interés no	
Solo Google Maps (para los mapas)	
Si, como Moovit, pero no las utilizo (para la navegación)	
Si, Moovit, Google Maps y Waze (para los mapas y navegación)	
Google Maps por la geolocalización	
Si, Google Maps para los mapas	
Si, Google Maps, para AR, no	
Si, Google Earth	
Si, Google Maps, con AR no	
Si, Google Maps, Maps para la navegación	

Los resultados de la primera pregunta dan a entender que todos los encuestados relacionan el aplicativo móvil con aplicaciones conocidas como Google Maps, Moovit y Waze, principalmente por su similitud en la parte donde se muestra el mapa y la navegación de un punto de interés a otro. Cuando se les pregunto por la funcionalidad de realidad aumentada enfocada al turismo, indicaron que no conocían ninguna aplicación similar.



Tabla 65. Resultados de la pregunta dos del cuestionario Post-Test
Fuente: Elaboración propia.

Pregunta 2 (Cuestionario Post-Test)	¿Qué tanto utilizarías este aplicativo móvil para realizar alguna tarea bajo el contexto indicado?
Respuestas	
Algunas veces, para conocer algunos lugares	
Algunas veces, para explorar lugares que no conozco	
Si, para conocer lugares que me faltan por conocer	
Casi siempre, para conocer lugares y otros puntos de interés que no conozco.	
A veces, para conocer otros lugares dentro fuera de Cusco	
Mucho, para conocer el centro histórico de Cusco	
Siempre, mientras se requiera el aplicativo para el contexto indicado	
Frecuentemente, bajo el contexto indicado	
Casi siempre, bajo el contexto del aplicativo	
A veces	
Siempre, bajo el contexto indicado	
De vez en cuando.	

Los resultados de la segunda pregunta indican que la mayoría de los encuestados utilizarían el aplicativo móvil bajo alguna circunstancia específica como conocer algún lugar nuevo dentro de Cusco o explorar el centro histórico de Cusco para conocer otros lugares.

Tabla 66. Resultados de la pregunta tres del cuestionario Post-Test.
Fuente: Elaboración propia.

Pregunta 3 (Cuestionario Post-Test)	¿Consideras útil el uso de este aplicativo móvil para el enfoque en el que este hecho?
Respuestas	
Si, ayuda a conocer los lugares más conocidos del centro histórico	
Si	
Si, para gente que no conoce bien la ciudad	
Si, ayuda y ahorra tiempo para conocer los puntos de interés	
Si, para extranjeros locales y de afuera	
Si, para personas que no conocen el centro histórico de Cusco	
Si, es novedoso	
Si, me parece útil	
Si, lo considero útil para conocer nuevos lugares.	
Si, es útil	
Si, lo considero útil por su enfoque y contexto.	



Si, en caso de no conozcas el Cusco

Los resultados de la tercera pregunta dan a entender que según las respuestas de los encuestados el aplicativo móvil es útil para el enfoque en el cual hecho: recopilar los puntos de interés para la difusión y revalorización del centro histórico de Cusco y parte de Sacsayhuamán.

Tabla 67. Resultados de la pregunta cuatro del cuestionario Post-Test.

Fuente: Elaboración propia.

Pregunta 4 (Cuestionario Post-Test)	¿Recomendarías este aplicativo móvil a algún conocido?
Respuestas	
Si, a conocidos que quieran conocer el Cusco	
Si, a personas que no conocen el Cusco	
Si, a conocidos que no conozcan la ciudad	
Si, para que conozcan lugares	
Si, amigos y conocidos que no sean de la ciudad y vengan de paseo	
Si, a mis conocidos que quieran conocer el Cusco	
Si, lo recomendaría para conocidos	
Si, para mis parientes que no conocen el Cusco	
Si, para mis amigos que no conocen el Cusco	
Si, lo recomendaría a conocidos que quieran visitar el Cusco	
Si, lo recomendaría a amigos y familiares	
Si, lo recomendaría a mis familiares que aún no conocen el Cusco	

Los resultados de la cuarta pregunta indican que los encuestados recomendarían el aplicativo móvil a conocidos y/o parientes que quisieran o no conocen el Cusco.

Tabla 68. Resultados de la pregunta cinco del cuestionario Post-Test.

Fuente: Elaboración propia.

Pregunta 5 (Cuestionario Post-Test)	¿Qué funcionalidad le pareció más interesante?
Respuestas	
AR y el mapa con los lugares	
AR	
AR, favoritos y navegación	
AR	
AR y la navegación	
AR	
Los objetos 3D y AR	



AR y los objetos en 3D, y la información de cada lugar que se muestra en el prototipo.
Seleccionar el lugar que parece más interesante visitar, y puedo ver la información de este.
La navegación y rutas
La función de navegación al seleccionar el sitio que deseo visitar
La función de navegación y rutas e información de cada lugar a visitar

Los resultados de la quinta pregunta indican que en cierta medida la funcionalidad de realidad aumentada y de navegación entre un punto de interés a otro, fueron las funciones que más gustaron a los encuestados, una menor parte también indicó que la información correspondiente a los puntos de interés dentro del mapa fue también interesante.

Tabla 69. Resultados de la pregunta seis del cuestionario Post-Test
Fuente: Elaboración propia.

Pregunta 6 (Cuestionario Post-Test)	¿Qué otra función le gustaría que hubiese tenido el prototipo?
Respuestas	
	Realidad virtual y visitas guiadas
	Que todos los POIS tengan AR
	Sección de lugares más visitados
	Costos de entradas a lugares
	Distintivos en AR de cada punto de interés
	Visitas guiadas en AR, como Microsoft Encarta
	Mas lugares en AR
	Ninguna en especial
	Visitas internas en 3D en AR
	Ninguna en especial
	Ver el interior de los edificios en AR
	Lista de lugares segmentados por tipo de POIs

Los resultados de la sexta y última pregunta nos indicaron que existen múltiples funcionalidades que los encuestados hubiesen querido ver y/o probar dentro del aplicativo, pero más que eso, es una pregunta de retroalimentación enfocada a conocer que funcionalidades y/o aspectos serían necesarios para tener un aplicativo que cumpla con las expectativas de la mayoría de los usuarios que utilicen el aplicativo, que en su mayoría, como se puede observar en los resultados, están relacionados a la realidad aumentada.



4.2 Cumplimiento de objetivos

Objetivo 1: Identificar los frameworks adecuados para el desarrollo del aplicativo en realidad aumentada.

Como se ha demostrado en el capítulo del desarrollo del proyecto, el uso del framework de realidad aumentada de ARCore para desarrollar aplicativos de realidad aumentada es factible bajo ciertas condiciones:

- ARCore SDK para Android al ser un framework de realidad aumentada muy potente, necesita de dispositivos que cumplan características específicas para su correcto funcionamiento, aun así, el soporte que actualmente tiene (ver anexo 5) inclusive para dispositivos de gama media, son suficientes para que el aplicativo pueda ser ejecutado en muchos dispositivos.
- Se optó por utilizar ARCore por el soporte continuo que tiene el SDK, las cuales incluyen una amplia documentación y variedad de ejemplos que fueron útiles para implementar la realidad aumentada en nuestro prototipo.

Objetivo 2: Determinar el tipo de información que se utilizara para el desarrollo del aplicativo.

Como parte importante de la presentación de la información de los puntos de interés de nuestro prototipo, el uso de información multimedia fue relevante hasta cierto punto, como se puede ver en los resultados, la información textual resulta a veces más importante porque facilita el acceso de información que probablemente tomaría más tiempo en ser buscada y/o revisada, de tal forma que el aplicativo proporciona información de fuentes confiables y de forma resumida, por lo que concluimos que:

- Tanto la información multimedia como la información textual son relevantes por que añaden un valor funcional al prototipo, que es precisamente eso, dar información relevante sobre los puntos de interés a los usuarios.

Objetivo 3: Elaborar la aplicación de realidad aumentada para el Centro histórico del Cusco.

Como se ha podido observar en el resultado final de las fases de la metodología que se utilizó para elaborar el prototipo del “APLICATIVO MÓVIL DE REALIDAD AUMENTADA EN PUNTOS DE INTERÉS PARA LA DIFUSIÓN Y



REVALORIZACIÓN EN EL CENTRO HISTÓRICO DEL CUSCO”, se demuestra que la elaboración de este aplicativo móvil fue posible con el uso de las diferentes herramientas que existen actualmente.

4.3 Contribuciones

La poca existencia de aplicativos móviles de realidad aumentada enfocados al sector turismo, al menos en nuestro país, se ve reflejado en las encuestas, ya que los participantes no mencionan aplicativos que incluyan tecnologías de realidad aumentada orientados al turismo o sectores parecidos (ver Tabla 63), lo que da a suponer que el uso de tecnologías de realidad aumentada aún no se ha aprovechado completamente, por lo tanto nuestro proyecto de investigación se presenta como una propuesta inicial, para la difusión y revalorización en el centro histórico del Cusco usando realidad aumentada mediante un aplicativo móvil, es por ello que concordamos con Leiva (2014), puesto que su trabajo de investigación ha permitido mostrar la importancia referente a la integración de tecnologías de realidad aumentada en el sector del turismo.

El uso de tecnologías como la realidad aumentada puede ayudar a difundir, preservar e incluso mejorar la experiencia del usuario estimulándolo a visitar puntos de interés. Arbildo (2016), determina en su investigación que su aplicativo de realidad aumentada ha servido como una herramienta de divulgación efectiva que ha provocado gran interés en los usuarios; por lo tanto, estamos de acuerdo con los autores ya que los resultados de nuestras pruebas de usabilidad demuestran que los usuarios tienen interés en este tipo de aplicativos, recomendando su uso a usuarios que desean conocer el centro histórico del Cusco. De igual forma Cabrera (2014), señala que su aplicativo ha servido como una guía para conocer nuevos lugares e identificar monumentos, por ello concordamos con los autores, ya que nuestro aplicativo móvil también sirve como una herramienta para visitar y conocer nuevos puntos interés, y con la ayuda de la realidad aumentada se puede observar monumentos de forma dinámica y estimulante.

Caballero (2014), explica que el uso de su aplicativo móvil de realidad aumentada permite acceder a información de manera más rápida y confiable, mejorando la experiencia del usuario. Coincidiendo con su investigación, nuestro aplicativo móvil también permite a los usuarios explorar puntos de interés accediendo a información



en tiempo real rápida y práctica, lo cual dará a conocer parte de la historia de un lugar, revalorizando el patrimonio cultural, esto quiere decir que, a medida que los usuarios conozcan mejor un monumento, ellos piensen y sientan la responsabilidad de cuidar y apropiarse del patrimonio cultural.



CONCLUSIONES

De la presente investigación se puede concluir lo siguiente:

- Se ha descrito el desarrollo del aplicativo móvil utilizando la metodología Mobile-D, esto incluye el establecimiento de los requerimientos, la estimación de la complejidad de las tareas, el proceso de desarrollo y la fase de pruebas, ayudando a delimitar y estimar notoriamente el desarrollo de las funcionalidades durante la codificación, implementación y pruebas del prototipo.
- Se han identificado los frameworks para el desarrollo del aplicativo móvil de realidad aumentada, siendo estos: las librerías y funcionalidades de ARCore para la implementación de realidad aumentada, y el SDK de Mapbox, el cual ayuda a la construcción del mapa y navegación del aplicativo móvil de forma estable y dinámica.
- Se ha determinado el tipo de información necesaria para mostrarse en el aplicativo, siendo esta textual y multimedia, la cual resulta muy relevante para los usuarios, un indicativo de esto, es que los resultados de las encuestas reflejan la aceptación por parte de los encuestados al determinar la calidad y legibilidad de la información.
- Se ha desarrollado el aplicativo móvil utilizando realidad aumentada, cubriendo los requerimientos de la información y desarrollo planteados, el cual permite difundir el patrimonio histórico de Cusco y parte del Complejo Arqueológico de Sacsayhuamán, tal y como muestran los resultados de las encuestas, una gran parte de los encuestados indican que el aplicativo móvil sería de gran utilidad en caso de querer conocer a profundidad el centro histórico de Cusco.
- El API de ARCore ha facilitado el proceso de desarrollo del aplicativo móvil debido a que se cuenta con mucha documentación, el cual ha permitido crear este aplicativo con la funcionalidad de comprender el ambiente sin necesidad del uso de marcadores, resultando útil para mejorar la experiencia del usuario.
- La etapa de pruebas fue una de las partes más importantes del trabajo, puesto que ayudo a determinar el grado de aceptación y usabilidad de la aplicación móvil, de esta forma se puede comprobar el objetivo principal de la tesis y verificar las funcionalidades y tareas del aplicativo de una manera más realista.



RECOMENDACIONES

Del resultado de la presente investigación se pueden hacer las siguientes recomendaciones:

- Las tecnologías de realidad aumentada permiten crear experiencias novedosas y dinámicas, por lo que se recomienda su uso para el desarrollo de aplicaciones móviles en otros sectores como la educación, medicina, arquitectura, entre otros.
- Se recomienda el uso de las pruebas de usabilidad para evaluar aplicativos móviles, ya que permite conocer el grado de aceptación, calidad de información y diseño del aplicativo, ya que la retroalimentación de los participantes facilita la corrección de errores y características que pueden haber fallado durante el desarrollo del aplicativo.
- Se recomienda el uso de la metodología Mobile-D, ya que se adapta muy bien a proyectos que impliquen el desarrollo de aplicaciones de cualquier tipo, además de cubrir todas las fases de desarrollo de aplicaciones móviles, desde la preparación de los requisitos, hasta las pruebas y posterior despliegue del producto.
- Se recomienda escalar el proyecto y no solo limitarse a incluir otros puntos de interés que se encuentran en la ciudad de Cusco, ya que es posible abarcar otros centros históricos y ciudades.



GLOSARIO DE TÉRMINOS

A

Acelerómetro: Es un sensor que sirve para medir la fuerza de aceleración, ya sea estática o dinámica, estos sensores son útiles para medir vibraciones y movimientos en un sistema.

Adobe Audition: Es una aplicación en forma de estudio de sonido destinado a la edición de audio digital.

Adobe Photoshop: Es un editor de fotografías usado principalmente para el retoque de fotografías y gráficos digitales.

Android: Android es una plataforma abierta para teléfonos móviles que fue desarrollado por Google y por el Open Handset Alliance. Google define a Android como un "grupo de programas" (software stack) para teléfonos móviles.

Apache: Un servidor Apache es una aplicación de servidor web que ofrece contenido como páginas HTML, multimedia y hojas de estilo CSS a través de Internet.

API: Del inglés Application Programming Interface. Interfaz de Programación de Aplicaciones. Una serie de rutinas usadas por una aplicación para gestionar generalmente servicios de bajo nivel, realizados por el sistema operativo de la computadora.

Aplicación: Cualquier programa que corra en un sistema operativo y que haga una función específica para un usuario.

B

Biometría: La biometría es una tecnología basada en el reconocimiento de una característica de seguridad física o biológica, que se pueden utilizar para identificar a las personas.

C

Centro histórico: Núcleo urbano original de planeamiento y construcción de un área urbana, generalmente el de mayor atracción social, económica, política y cultural, que se caracteriza por contener los bienes vinculados con la historia de una determinada ciudad, a partir de la cultura que le dio origen, y de conformidad en los términos de la declaratoria respectiva o por determinación de la ley.

Código fuente: Conjunto de instrucciones que componen un programa, escrito en cualquier lenguaje.

Código fuente abierto (Open Source): Es el software que está licenciado de tal manera que los usuarios pueden estudiar, modificar y mejorar su diseño mediante la disponibilidad de su código fuente.

Código QR: (Quick Response, respuesta rápida) Son códigos con forma cuadrada de dos dimensiones que actúan como un enlace entre el mundo real y el online.



| D

Driver: Controlador, rutina o programa que enlaza un dispositivo periférico al sistema operativo.

Difusión: Es la acción y efecto de difundir (propagar, divulgar o esparcir).

| E

Encriptación: Tratamiento de un conjunto de datos, contenidos o no en un paquete, a fin de impedir que nadie excepto el destinatario de los mismos pueda leerlos.

Estereoscópico: (visión estereoscópica) Se refiere a cualquier técnica de grabación de la información visual tridimensional o a la creación de la ilusión de profundidad en una imagen.

Estímulo: Un estímulo es una señal externa o interna capaz de causar una reacción en una célula u organismo.

| F

Filológicamente: De Filología, la filología es la técnica que se aplica a los textos para reconstruirlos, fijarlos e interpretarlos.

Framework: Es una estructura conceptual y tecnológica de soporte definido, normalmente con artefactos o módulos de software concretos, que puede servir de base para la organización y desarrollo de software.

| G

Geolocalización: Capacidad para obtener la ubicación geográfica real de un objeto, como un radar, un teléfono móvil o un ordenador conectado a Internet. La geolocalización puede referirse a la consulta de la ubicación, o bien para la consulta real de la ubicación.

Giroscopio: Es un dispositivo mecánico que sirve para medir, mantener o cambiar la orientación en el espacio de algún aparato o vehículo.

GPS: Por sus siglas en inglés "Global Positioning System", es un sistema de localización geográfica vía satélite capaz de dar la localización de una persona u objeto dotado de un transmisor-receptor

| H

Hardware: Se refiere a las partes físicas, tangibles, de un sistema informático, sus componentes eléctricos, electrónicos, electromecánicos y mecánicos.

Html5: Siglas del inglés para Hypertext Markup Language (Lenguaje de Mercado Hipertexto). Es un lenguaje para crear documentos de hipertexto.

| I

IEC: La Comisión Electrotécnica Internacional, también conocida por su sigla en inglés IEC, es una organización de normalización en los campos: eléctrico, electrónico y tecnologías relacionadas.



ISO: La Organización Internacional de Normalización, también llamada Organización Internacional de Estandarización es una organización para la creación de estándares internacionales compuesta por diversas organizaciones nacionales de normalización.

Interfaz: Es una conexión funcional entre dos sistemas, programas, dispositivos o componentes de cualquier tipo, que proporciona una comunicación de distintos niveles

| J

Java: Es un lenguaje de programación y una plataforma informática comercializada por primera vez en 1995 por Sun Microsystems.

Javascript: Lenguaje desarrollado por Sun Microsystems en conjunto con Netscape; aunque es parecido a Java se diferencia de él en que los programas están incorporados en el archivo HTML.

JDK: Java Development Kit (Equipo para el desarrollo de Java). Un equipo básico para el desarrollo de software provisto por Sun Microsystems, que incluye las herramientas básicas necesarias para escribir, probar, y depurar aplicaciones y applets de Java.

| K

Kernel: El kernel (en inglés) es el centro esencial de un sistema operativo, el núcleo que proporciona servicios básicos para todas las partes del sistema operativo. El kernel contrasta con el "shell", la parte exterior del sistema operativo que interactúa con el usuario por medio de comandos.

| L

Linux: Es una versión de libre distribución del sistema operativo basada en UNIX.

| M

Marcador: En realidad aumentada un marcador es una clave visual o activadora sobre dónde posicionar el contenido de RA. Un marcador puede ser una imagen, un logo, o cualquier tipo de objeto 2D que pueda ser distinguido y reconocido por la cámara.

Metodología ágil: Una metodología ágil permite adaptar la forma de trabajo a las condiciones del proyecto, consiguiendo flexibilidad e inmediatez en la respuesta para amoldar el proyecto y su desarrollo a las circunstancias específicas del entorno.

Monocular: Es un telescopio refractor modificado y portátil, usado para ampliar imágenes de objetos distantes, atravesando la luz una serie de lentes y un prisma.

Métricas: Una métrica es un estándar de medida de un grado en el que un sistema o proceso de software posee alguna propiedad.

Marketing: Conjunto de actividades que tratan de organizar la comunicación y el intercambio entre la producción y el consumo

Monumento: Construcción que posee valor artístico, arqueológico, histórico, etc.



MySQL: Es un sistema de gestión de bases de datos relacional.

| O

OpenStreetMap: Proyecto colaborativo para crear mapas editables y libres.

| P

Patrimonio cultural: El patrimonio cultural es la herencia cultural propia del pasado de una comunidad, mantenida hasta la actualidad y transmitida a las generaciones presentes.

Patrimonio monumental: Son bienes materiales e inmateriales, que son acumulados a lo largo del tiempo y que aún se mantienen en la actualidad, estos pueden ser de tipo paleontológico, arqueológico, arquitectónico, histórico, artístico, militar, social, antropológico o intelectual.

PHP: Hypertext Preprocessor. Lenguaje de script diseñado para la creación de páginas web activas (similares a ".asp" de Microsoft), multiplataforma (puede correr en Windows, Mac, Linux).

Punto de interés: Un punto de interés o "PDI", es un punto de ubicación específica que alguien puede encontrar útil o interesante.

| R

Realidad aumentada: La realidad aumentada es el término que se usa para describir al conjunto de tecnologías que permiten que un usuario visualice parte del mundo real a través de un dispositivo tecnológico con información gráfica añadida por este.

Revalorización: Devolver a algo el valor o estimación que había perdido.

| S

SDK: Del acrónimo de "Software Development Kit", SDK o kit de desarrollo de software es generalmente un conjunto de herramientas de desarrollo de software que permite a un desarrollador de software crear una aplicación informática para un sistema.

Sensores de inercia: Un sensor inercial es un sensor que mide aceleración y velocidad angular y se utiliza en aplicaciones de captura y análisis de movimiento. Está compuesto por acelerómetros, giróscopos y magnetómetros.

Servicio web: Un servicio web es una tecnología que utiliza un conjunto de protocolos y estándares que sirven para intercambiar datos entre aplicaciones.

Sistema Operativo: Conjunto de órdenes y programas que controlan los procesos básicos de una computadora y permiten el funcionamiento de otros programas.

Sistema Operativo Móvil: Un sistema operativo móvil o SO móvil es un conjunto de programas de bajo nivel que permite la abstracción de las peculiaridades del hardware específico del teléfono móvil y, provee servicios a las aplicaciones móviles, que se ejecutan sobre él.



SketchUp: Es un software de modelado 3D que permite modelar en objetos tridimensionales.

Software: Conjunto de programas y rutinas que permiten a la computadora realizar determinadas tareas.

| T

TIC: De las siglas “Tecnologías de la Información y la Comunicación”, conjunto de técnicas y equipos informáticos que permiten comunicarse a distancia por vía electrónica.

| W

WebGL: Es una especificación estándar que define una API implementada en JavaScript para la renderización de gráficos en 3D dentro de cualquier navegador web.

WebRTC: Es un proyecto libre y de código abierto que proporciona a los navegadores web y a las aplicaciones móviles comunicación en tiempo real a través de interfaces de programación de aplicaciones.



REFERENCIAS

- Abrahamsson, P. &. (2004). Mobile-D: An Agile Approach for Mobile Application Development. 174-175.
- Alvarez, I. A. (Febrero de 2013). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA INFORMACIÓN TURÍSTICA BASADO EN REALIDAD AUMENTADA*. Obtenido de DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA INFORMACIÓN TURÍSTICA BASADO EN REALIDAD AUMENTADA.: http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/4647/SALAZAR_IVAN_REALIDAD_AUMENTADA.pdf?sequence=1
- Android Studio. (n.d.). En *Wikipedia*. Recuperado el 03 de septiembre de 2018 de https://es.wikipedia.org/wiki/Android_Studio
- Android Runtime. (2017). Retrieved from https://es.wikipedia.org/wiki/Android_Runtime
- Arquitectura de la plataforma Android. (2018). En *Android*. Recuperado el 01 de septiembre de 2018 de <https://developer.android.com/guide/platform/?hl=es-419>
- ARCore Overview. (2018). En *Android*. Recuperado el 02 de septiembre de 2018 de <https://developers.google.com/ar/discover/>
- Báez, M., Borrego, Á., Cordero, J., Cruz, L., González, M., Hernández, F. et al. (2012). *Introducción a Android*. EME Madrid, España, 121.
- Bethany. (12 de Marzo de 2018). *Everything You Need To Know About SketchUp*. Obtenido de Everything You Need To Know About SketchUp: <https://www.scan2cad.com/cad/everything-about-sketchup/#pro>
- Cabrera A., Jorge L., Acuña T., Roviro E. (2014). *“Desarrollo de una Aplicación Móvil y una Guía de Turismo para la Visualización y Descripción de los Sitios Turísticos del Centro de la Ciudad de Cartagena utilizando Realidad Aumentada.”*
- Calvo, D. (2018). ¿Qué es el Kernel y para qué sirve?, Recuperado de <https://www.androidpit.es/que-es-kernel-para-que-sirve>
- Costello, S. (2018). iOS: A Complete Version History. [iOS: un completo historial de versiones]. Recuperado el 01 de septiembre de 2018 de <https://www.lifewire.com/ios-versions-4147730>
- Da Vinci Restauro S.L. (s.f.). Extraído de: <http://davincirestauro.com/revalorizacion-del-patrimonio/>



- Etienne, A. (2018). AR.js is bringing augmented reality to the web. [AR.js está trayendo realidad aumentada a la web] Recuperado de <https://www.creativebloq.com/news/arjs-is-bringing-augmented-reality-to-the-web>
- Enriquez, Juan & Casas, Sandra. (2014). Usabilidad en aplicaciones móviles. Informes Científicos - Técnicos UNPA. 5. 25. 10.22305/ict-unpa.v5i2.71
- García, Á. (31 de Enero de 2020). *SketchUp*. Obtenido de SketchUp: <https://sketchupmadrid.com/sketchup/>
- García, Á. (30 de Enero de 2020). *TOP 10 EXTENSIONES SKETCHUP 2020*. Obtenido de TOP 10 EXTENSIONES SKETCHUP 2020: <https://sketchupmadrid.com/top-10-extensiones-sketchup-2020/>
- Gobierno Municipal del Cusco. (2018). Actualización del plan maestro del centro histórico del Cusco 2018-2028. Recuperado de <https://www.cusco.gob.pe/wp-content/uploads/2018/10/PP-01-DELIMITACION.pdf>.
- IDC, International Data Corporation (2017). Smartphone OS Market Share. [Cuota de mercado de sistemas operativos de teléfonos inteligentes]. Recuperado de <https://www.idc.com/promo/smartphone-market-share/os>
- Jose Arbildo P. y Astrid Tello S., (2016). *“Conocimiento e identidad del patrimonio histórico cultural con el uso de aplicaciones móviles con realidad aumentada en los visitantes del museo Iquitos”*
- Kolambe, H. (2018). What is unity game engine? [¿Que es Unity Game Engine?] [Blog]. Recuperado de <https://www.quora.com/What-is-unity-game-engine>
- Lavecchia, V. (2017). La tecnología informática e la realtà aumentata per la scoperta del patrimonio culturale. [Tecnología de la información y realidad aumentada para el descubrimiento del patrimonio cultural]. Obtenido de <http://vitolavecchia.altervista.org/la-tecnologia-informatica-la-realta-aumentata-la-scoperta-del-patrimonio-culturale/>
- López, H. (2010). *Análisis y Desarrollo de Sistemas de Realidad Aumentada*. Obtenido de Análisis y Desarrollo de Sistemas de Realidad Aumentada: https://eprints.ucm.es/11425/1/memoria_final_03_09_10.pdf
- Mapbox. (2018). En Wikipedia. Recuperado el 30 de octubre de 2018 de https://en.wikipedia.org/wiki/Mapbox#cite_note-Wired-10
- Mapbox. (2018). *Mapbox, about*. Recuperado el 30 de octubre de 2018 de <https://www.mapbox.com/about/>
- Massari, F. (2007). La valorizzazione dei beni culturali come volano per un razionale turismo culturale. [La promoción del patrimonio cultural como motor de un



turismo cultural racional]. Obtenido de
<https://www.tesionline.it/approfondimenti/articolo.jsp?id=240>

Mikael Berndtsson, J. H. (2008). *Thesis Projects: A Guide for Students in Computer Science and Information Systems*. Londres: Springer.

Monteverde, (2012). "Evidencias materiales de dos huacas del sistema de Ceques cuzqueño: Chincana Grande y Laqo. Parque Arqueológico de Sacsayhuamán-Cuzco". Extraído de:
<http://www.arqueologiadelperu.com/evidencias-materiales-de-dos-huacas-del-sistema-de-ceques-cuzqueno-chincana-grande-y-laqo-parque-arqueologico-de-sacsayhuaman-cuzco/?print=print>

Morcillo, C. G. (s.f.). *Realidad Aumentada*. Obtenido de Realidad Aumentada:
http://www.librorealidadaugmentada.com/descargas/Realidad_Aumentada_1a_Edicion.pdf

Nielsen, J. (08 de Marzo de 2000). *Nielsen Norman Group*. Obtenido de Nielsen Norman Group: <https://www.nngroup.com/articles/why-you-only-need-to-test-with-5-users/>

Olivera Jose Leiva, (2014). "Realidad Aumentada bajo Tecnología Móvil basada en el Contexto Aplicada a Destinos Turísticos"

Real Academia Española. (2014). Sistema Operativo. En Diccionario de la lengua española (23º ed.). Recuperado de <http://dle.rae.es/?id=Y2AFX5s>

Román (2012). *Estudio en el área ceremonial Collaconcho Saqsaywaman – Cusco* (Tesis de pregrado), Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima.

Sampieri, R. H. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A.

Schmidt, C. (2016). What is Android? Here is a complete guide for beginners. [¿Qué es Android? Aquí hay una guía completa para principiantes]. Recuperado de <https://www.androidpit.com/what-is-android>

Singh, H. (s.f.). ¿Qué es la Realidad Aumentada? - Tipos de RA y futuro de la realidad aumentada. Obtenido de ¿Qué es la Realidad Aumentada? - Tipos de RA y futuro de la realidad aumentada: <https://dev.to/theninehertz/what-is-augmented-reality--types-of-ar-and-future-of-augmented-reality--1en0>

Tecnologie innovative per la fruizione immersiva ed interattiva dei beni culturali. (2015). En *Cniscintille*. [Tecnologías innovadoras para el uso inmersivo e interactivo del patrimonio cultural]. Recuperado el 03 de septiembre de 2018 de <http://www.cniscintille.it/tecnologie-innovative-per-la-fruizione-immersiva-ed-interattiva-dei-beni-culturali/>



Víctor Caballero C. y Antonio Villacorta Gómez, (2014). “*Aplicación móvil basada en realidad aumentada para promocionar los principales atractivos turísticos y restaurantes del centro histórico de Lima*”

Viaggio alla scoperta della Realtà Aumentata (2018). [Viaje para descubrir la Realidad Aumentada]. Recuperado el 10 de setiembre de 2018 de <http://augmentyourjourney.altervista.org/it-viaggio-alla-scoperta-della-realta-aumentata/>

Viswanathan, P. (2018). What Is a Mobile Operating System? [¿Qué es un sistema operativo móvil?]. [Blog]. Retrieved from <https://www.lifewire.com/what-is-a-mobile-operating-system-2373340>

Vuforia Augmented Reality SDK. (2018). En *Creativebloq*. Recuperado el 02 de septiembre de 2018 de https://en.wikipedia.org/wiki/Vuforia_Augmented_Reality_SDK#cite_note-3

Vuforia Studio. (2018) En *Ptc*. Recuperado el 03 de septiembre de 2018 de <https://www.ptc.com/en/products/augmented-reality/vuforia-studio>



ANEXOS

Anexo 1: Delimitación geográfica del área del proyecto de investigación

“Plan Maestro Centro Histórico Cusco 2018 - 2028”

“Áreas de Estructuración del Centro Histórico del Cusco”

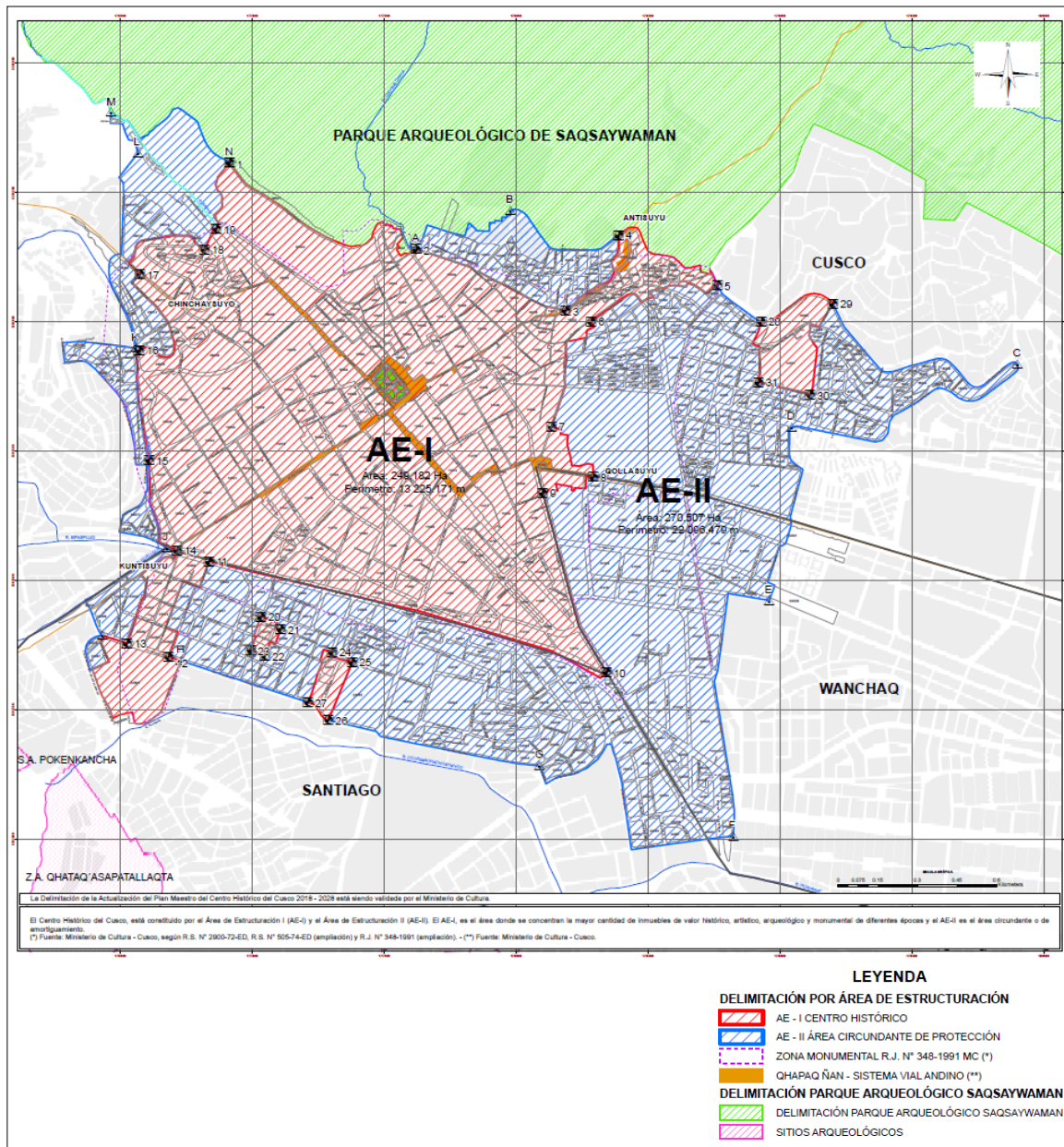


Figura 45. Delimitación por del centro histórico del Cusco.

El centro histórico de consta de dos áreas de estructuración: el Área de Estructuración I (AE-I) y el Área de Estructuración II (AE-II). El AE-I es el área donde están la mayor cantidad de monumentos e inmuebles de gran valor histórico y monumental, el AE-II corresponde al área contigua o adyacente, prevista para la expansión de la ciudad, urbanizada después del terremoto de 1950. Fuente. Gobierno Municipal del Cusco y Ministerio de Cultura - Actualización del plan maestro del centro histórico del Cusco 2018-2028



Anexo 2: Puntos de interés dentro del Centro Histórico de Cusco

Ya enmarcados los límites del área “AE-I” del plan maestro del centro histórico del Cusco en la descripción de la propuesta del proyecto, es posible enlistar algunos de los más importantes puntos de interés del Centro Histórico de Cusco.

Tabla 70. Puntos de Interés dentro del área “EA-I” del Centro Histórico del Cusco

Fuente: Elaboración propia, se tomó en cuenta los límites propuestos en el área AE-I del Plan Maestro del Centro Histórico de Cusco.

Nº	NOMBRE DEL PUNTO DE INTERÉS
Plazas	
1	La Plaza de Armas (Huacaypata)
2	Plaza de Regocijo
3	Plaza de San Francisco
4	Plazoleta Espinar
5	Plazoleta Almudena
6	Plazoleta de Lambarri
7	Plazoleta de las Nazarenas
8	Plazoleta de Santo Domingo
9	Plaza del Tricentenario
Catedrales, Templos e Iglesias	
10	La Catedral del Cusco
11	La Iglesia de la Compañía de Jesús
12	La Iglesia y Convento de La Merced
13	La Iglesia de San Blas
14	Templo de Santa Clara
15	Templo de San Pedro
16	Templo de la Merced
Calles, Barrios y otros monumentos	
17	La calle Hatun Rumiyoq y la piedra de los 12 ángulos
18	El Barrio de San Blas
19	El Qoricancha (Templo del Sol en Cusco) y Convento de Santo Domingo
20	La Casa del Inca Garcilaso de la Vega
21	La Casa del Almirante (cuesta del almirante)
22	Arco de Santa Clara
23	Palacio Arzobispal
24	Casa de los Cuatro Bustos
25	Cuesta de San Blas
26	Calle Loreto
27	Calle del Marqués
28	Calle 7 culebras
29	Calle 7 angelitos
30	Calle Awaqpinta
31	Calle Herrajes
32	Kusicancha
33	Parque de la Madre



Anexo 3: Puntos de interés dentro del Parque Arqueológico de Sacsayhuamán

“PLAN MAESTRO - PARQUE ARQUEOLÓGICO DE SACSAYHUAMAN”

Tabla 71. Sitios Arqueológicos Georreferenciados dentro del PAS

Fuente: Elaboración del Equipo Técnico del Plan Maestro del PAS, Román (Citado en “Estudio en el área ceremonial Collaconcho Saqsaywaman – Cusco”, 2012, p.20).

N°	NOMBRE DEL SITIO ARQUEOLÓGICO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS		
		LATITUD	LONGITUD	ALTURA
1	SUCHUNA	13°30'24.58464"S	71°58'55.88751"W	3.606.568
2	CEMENTERIO	13°30'21.97236"S	71°58'55.32418"W	3.595.334
3	QHAPAQ QOCHA	13°30'19.75032"S	71°58'53.92840"W	3.691.768
4	CHINCANA CHICA	13°30'21.81318"S	71°58'50.87753"W	3.591.908
5	CHINCANA GRANDE	13°30'14.35910"S	71°58'51.36274"W	3.607.182
6	PUQRO	13°30'27.87777"S	71°58'50.27064"W	3.575.282
7	MUROS CICLÓPEOS	13°30'31.43446"S	71°58'52.58390"W	3.591.297
8	Q'ENQO CHICO	13°30'36.62120"S	71°58'18.54379"W	3585,433
10	KUSILLUCHAYOQ	13°30'29.71896"S	71°57'55.71697"W	36.233.504
11	SALÓN PUNKU	13°30'20.30632"S	71°57'52.91278"W	36.552.746
12	LANLACUYOC	13°29'47.38742"S	71°58'25.61968"W	3.724.234
13	PATALLAQTA	13°30'44.39400"S	71°58'06.48235"W	35.337.454
14	SIRENA QOCHA	13°30'37.56515"S	71°57'35.34930"W	36.035.941
15	TAMBILLO	13°30'29.61034"S	71° 57'27.05145"W	3.602.187
16	MANTOCALLA	13°30'08.89590"S	71°57'53.63513"W	3.653.371
17	REP-CHUSPIYOC	13°29'57.77254"S	71°57'51.04302"W	3.671.935
18	CHUSPIYOQ	13°29'51.65037"S	71°57'48.47655"W	3.692.712
19	ROCACANCHA	13°29'54.29062"S	71°57'42.46121"W	3.730.417
20	CORIHUARACHINA	13°29'45.92765"S	71°57'56.50670"W	3.775.733
21	UKUKOCHAYOQ	13°29'42.62676" S	71°58'14.05940"W	3.735.591
22	PUCAPUCARA	13°28'59.83247"S	71°57'43.53632"W	3785.83
23	TAMBOMACHAY	13°28'43.93186"S	71°58'01.31684"W	38.051.223
24	HUAC HUAYLLARQOCHA	13°29'09.47251"S	71°57'35.13331"W	37.740.946
25	HUACA HANAN H. PACHA	13°30'17.54942"S	71°58'04.08371"W	36.465.707



26	REPRESA DE LACO	13°29'58.32615''S	71°58'00.18300''W	3.674.718
27	MACHUCHOQUEQUI RAO	13°13'43.01719''S	71°57'01.64306''W	35.034.765
28	WAYNACHOQUEQUI RAO	13°30'44.31987''S	71°56'59.27878''W	3.501.423
29	CAPTACION KALLACHA	13°30'40.79307''S	71°56'57.46097''W	35.067.728
30	QORQOQOCHA	13°30'42.66331''S	71°56'30.39844''W	35.929.388
31	CAPT. HUAYLLARCOCHA	13°29'14.32403''S	71°58'12.67691''W	3811.85
32	SAJRACANCHA	13°28'54.56614''S	71°57'53.21614''W	37.975.411
33	TUQOWACANA	13°28'39.39556''S	71°58'16.07248''W	38.633.815
34	WALLATAWACHANA	13°26'38.30645''S	71°58'19.23332''W	38.914.818
35	MACHAY	13°28'34.86101''S	71°58'05.54355''W	38.845.052
36	BALCÓN DEL DIABLO	13°29'23.18656''S	71°59'18.85190''W	37.648.245
37	NUSTA PACANA	13°29'00.30414''S	71°59'31.38848''W	3.806.833
38	PATARATA	13°29'15.29114''S	71°59'26.69451''W	3.799.712
33	PUCARÁ	13°29'20.49287''S	71° 59'25.91545''W	380 9.198 1
40	PUCARAMACHAY	13°29'28.27972''S	71°59'39.50412''W	3.775.431
41	CHACAN	13°29'17.84512''S	71°59'20.97827''W	37.455.602
42	RESER ÑUSTAPAQANA	13°29'14.10655''S	71°59'24.25110''W	3.769.885
43	NEGRUYOQ	13°28'08.78688''S	71°59'25.17226''W	3.785.746
44	SALONNIYOQ	13°29'05.68447''S	71°59'28.85741''W	3793.12
45	HUACA - CANAL	13°29'31.02553''S	71°59'19.86714''W	3.738.765
46	COCHAPATA	13°29'40.52408''S	71°59'04.80737''W	37.907.716
47	RESER DE CHAKAN	13°29'44.22299''S	71°59'20.63868''W	3.728.475
48	QUESPEHUARA	13°29'47.72392''S	71°59'38.95260''W	3.580.314
48	LLAULLIPATA	13°29'48.03877''S	71°59'37.55543''W	35.851.564
50	7 BATEAS	13°29'50.46019''S	71°59'39.65726''W	35.714.767
51	CALARA	13°30'30.52347''S	71°58'10.00327''W	36.045.568
52	TUMB. AND. RECINTOS	13°30'10.96307''S	71°57'14.84530''W	3.561.659



53	INCA CÁRCEL	13°30'09.25255''S	71°57'09.26178''W	3.549.708
54	REPR DE INKILTAMBO	13°30'08.27850''S	71°57'10.63178''W	3.539.575
55	CORKENCAPATA	13°29'44.86554''S	71°56'53.56995''W	3.731.621
56	ANDE. RECIN. INKILTAMBO	13°30'07.02884''S	71°57'06.16076''W	3.570.034



Anexo 4: Modelo del cuestionario de usabilidad percibida

Cuestionario de usabilidad percibida

Prueba de usabilidad: Aplicativo móvil de AR en puntos de interés del centro histórico de Cusco.

1. Datos del participante

Encuestador:	
Participante:	
Modelo de teléfono:	
Versión de SO de Android:	

2. Prueba de efectividad y eficiencia.

Tarea	1er intento			2do intento			3er intento		
	Tiempo (seg)	Tasa de éxito (0-1)	Nº de errores	Tiempo (seg)	Tasa de éxito (0-1)	Nº de errores	Tiempo (seg)	Tasa de éxito (0-1)	Nº de errores
PF001									
PF002									
PF003									
PF004									
PF005									
PF006									
PF007									
PF008									
PF009									
PF010									

Solicitudes de asistencia	1er intento	2do intento	3er intento

3. Preguntas referidas a usabilidad.

Pregunta	Grado de satisfacción (1-10)	Notas adicionales
¿La legibilidad de la información parece adecuada?		
¿Se define adecuadamente el esquema de los botones, menú inferior, tamaño de texto y tamaño de imágenes?		
Las imágenes y texto corresponden claramente al contenido de la aplicación.		
Los elementos como botones e indicadores cumplen con su función.		



El nivel de configuración parece suficiente: Ejm. El cambio de ubicación, las indicaciones durante la navegación y las modificaciones de los objetos 3D (rotación, aumento y disminución de tamaño)		
¿El aplicativo cumple con el contexto explicado?		
¿El diseño y estética del aplicativo es buena?		
¿Es fácil memorizar los pasos para realizar cualquier tarea?		
¿Crees que tus datos personales fueron expuestos en algún momento?		

4. Cuestionario Post-Test

Pregunta	Respuesta
¿Conoces alguna otra aplicación que se parezca a esta?	
¿Qué tanto utilizarías este aplicativo móvil para realizar alguna tarea bajo el contexto indicado?	
¿Consideras útil el uso de este aplicativo móvil para el enfoque en el que este hecho?	
¿Recomendaría este aplicativo móvil a algún conocido?	
¿Qué funcionalidad le pareció más interesante?	
¿Qué otra función le gustaría que hubiese tenido el aplicativo móvil?	

5. Comentarios y recomendaciones por parte del entrevistado



Anexo 5: Lista de dispositivos que soportan ARCore

Los dispositivos mostrados en la siguiente lista corresponden a aquellos que solo fueron comercializados de manera oficial en América Latina hasta la presentación de este proyecto, para más información de todos los dispositivos soportados de manera oficial por ARCore se recomienda visitar la página web de Google (<https://developers.google.com/ar/discover/supported-devices>), aun así, dada la cantidad excesiva de dispositivos disponibles para América Latina se optó por nombrar solo los más conocidos, evitando modelos y versiones alternas.

Cabe resaltar que el nivel del API mínimo que recomienda Google para que ARCore se ejecute es Android 7.0 en adelante, dependiendo sobre todo de los requisitos que ARCore vea necesarios; otra forma fácil y apropiada es verificando la instalación del servicio de *Google Play Services para AR* en el Google Play Store del dispositivo.

Tabla 72. Lista de dispositivos que soportan ARCore.

Fuente: Adaptado de "Dispositivos compatibles con ARCore" disponible en "<https://developers.google.com/ar/devices>".

Fabricante	Modelo	Nota (requiere)
Asus	ROG (I, II, III.)	
Google	Pixel a Pixel 5.	
	Nexus 5X y 6P.	API ≥ 26
Huawei	Mate 20 (lite, PRO, X), P20, P30.	
LG	G6, V30	API ≥ 26
	K61, K71, Q6, Q70, Q8, V40, V50, V60, G7.	
Motorola	Moto (g5s plus a g9), one, z3, z4.	
OnePlus	OnePlus (5 al 8)	

Oppo	(A:52, 72, 92), F11, F17, K3, K5, R17 Pro.	
Realme	(5 al 7), Q, X, XT, X2 al X7, X50, V5 5G.	
Samsung	Galaxy: (A8 al A70), M21, M31, (Note 8 al Note 20), (S7 al S20).	
	A70s, M20	API ≥ 29
Sony	Xperia (XZ Premium, XZ1 al XZ2)	API ≥ 26
	Xperia: XZ3, 1, 5.	
Xiaomi	(Mi 8 al M10), (Redmi K20 al K30), (Note 7 al 9).	



Anexo 6: Costeo de los recursos utilizados en el proyecto de investigación

Hemos considerado el costeo detallado de los recursos utilizados durante la ejecución del proyecto de investigación, auto solventados por los involucrados del proyecto, a continuación, en la tabla 73 se muestran los costos del proyecto.

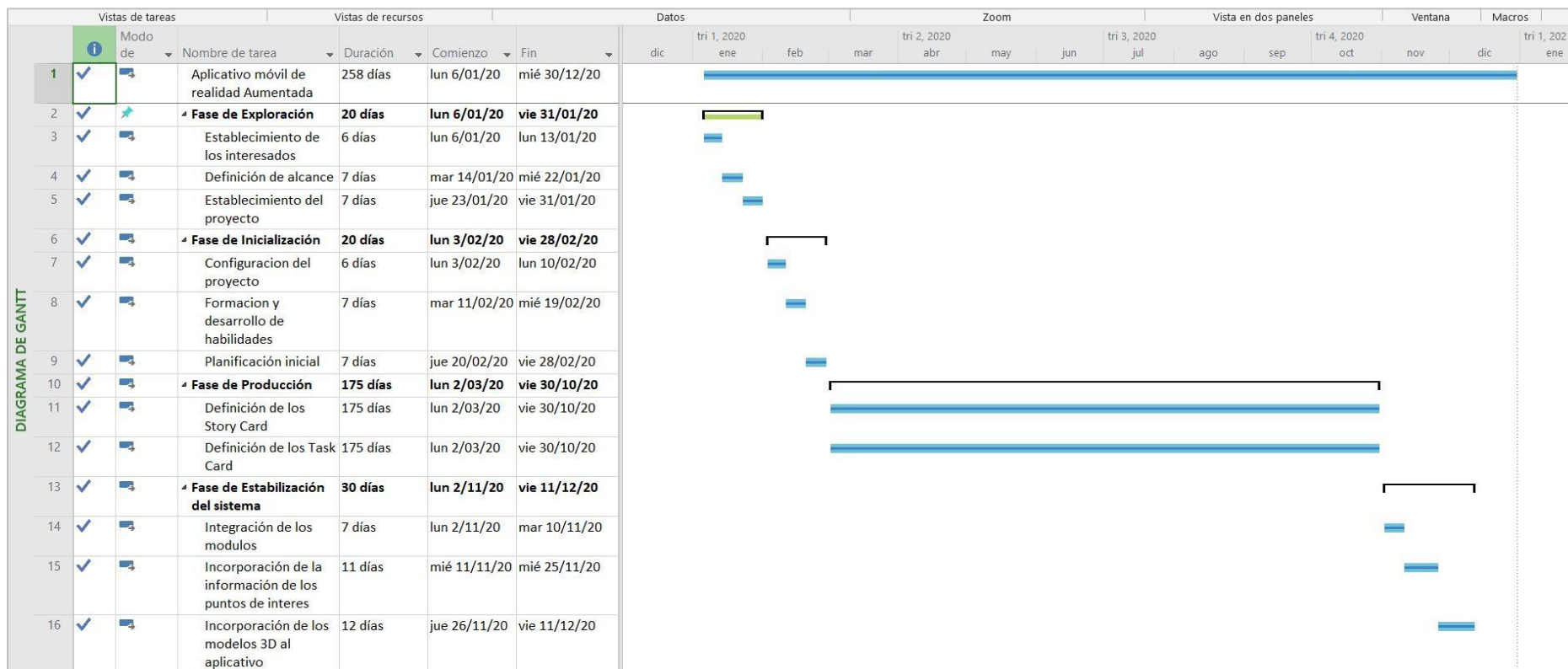
Tabla 73. Costeo del proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

Recursos	Cantidad	Tiempo	Costo unit. (S/.)	Total
Recurso Humano				
Investigadores	2	12 meses	S/ 930.00	S/ 22,320.00
Desarrolladores	2	12 meses	S/ 930.00	S/ 22,320.00
Total de Recurso Humano				S/ 44,640.00
Recursos Técnicos				
Hardware				
Laptops	2		S/ 4,000.00	S/ 8,000.00
Smartphone Samsung S10	1		S/ 2,600.00	S/ 2,600.00
Memoria USB	2		S/ 30.00	S/ 60.00
Monitor	2		S/ 350.00	S/ 700.00
Total de Hardware				S/ 11,360.00
Software (Licencias)				
Windows 10 Home	1		S/ 660.00	S/ 660.00
Microsoft Office 2019	2		S/ 299.00	S/ 598.00
Adobe XD (Licencia Personal)	2		-	S/ -
Blender	2		-	S/ -
SketchUp Free	2		-	S/ -
Android Studio	2		-	S/ -
ARCore	2		-	S/ -
Mapbox (Licencia Personal)	2		-	S/ -
LDPlayer	1		-	S/ -
Google Earth	1		-	S/ -
Adobe Premiere Pro (Licencia de Prueba)	1	7 días	-	S/ -
Total de Software				S/ 1,258.00
Servicios				
Internet	2	12 meses	S/ 95.00	S/ 2,280.00
Energía Eléctrica	2	12 meses	S/ 70.00	S/ 1,680.00
Total de Servicios				S/ 3,960.00
Total				S/ 61,218.00



Anexo 7: Cronograma detallado





Vistas de tareas		Vistas de recursos				Datos												Zoom	Vista en dos paneles												Ventana	Macros
	Modo de	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	ene													
17	✓	☰	Fase de pruebas y reparación del sistemas	13 días	lun 14/12/20	mié 30/12/20																										
18	✓	☰	Plan de pruebas	2 días	lun 14/12/20	mar 15/12/20																										
19	✓	☰	Ambiente de pruebas	2 días	mié 16/12/20	jue 17/12/20																										
20	✓	☰	Pruebas funcionales	2 días	vie 18/12/20	lun 21/12/20																										
21	✓	☰	Pruebas no funcionale	2 días	mar 22/12/20	mié 23/12/20																										
22	✓	☰	Pruebas de usabilidad	2 días	lun 28/12/20	mar 29/12/20																										
23	✓	☰	Disponibilidad y rendimiento	1 día	mié 30/12/20	mié 30/12/20																										



Anexo 8: Matriz de consistencia

Problemas	Objetivos	Alcances
Problema principal	Objetivo principal	
¿Cómo implementar un aplicativo móvil de realidad aumentada en los puntos de interés, para la difusión y revalorización en el centro histórico del Cusco?	Describir el desarrollo del aplicativo móvil de realidad aumentada en los puntos de interés, para la difusión y revalorización en el Centro histórico del Cusco.	<ul style="list-style-type: none"> - El proyecto tiene como alcance catalogar gran parte de los puntos de interés del centro histórico de Cusco y al menos un 15% de los puntos de interés más importantes del parque arqueológico de Sacsayhuamán. - Los objetivos específicos que comprende la investigación están referidos a contextualizar la información relacionada a los puntos de interés más importante del centro histórico del cusco, los cuales incluirá recursos multimedia.
Problemas específicos o secundarios	Objetivos Secundarios	Limitaciones
<ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Cuál es el framework adecuado para el desarrollo e implementación de un aplicativo en realidad aumentada? 2. ¿Cuáles serán los tipos de información que se tomarán en cuenta para el desarrollo del aplicativo? 3. ¿Cómo implementar la aplicación de realidad aumentada en el centro histórico del Cusco? 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar los frameworks adecuados para el desarrollo del aplicativo en realidad aumentada. 2. Elegir y determinar el tipo de información que se utilizara para el desarrollo del aplicativo. 3. Desarrollar la aplicación de realidad aumentada para el Centro histórico del Cusco. 	<ul style="list-style-type: none"> - Aunque el objetivo del proyecto se encuentra enfocado a cubrir los puntos de interés sugeridos dentro del área indicada en la propuesta del proyecto del centro histórico de Cusco, y un 15% de los puntos de interés del parque arqueológico de Sacsayhuamán, no todos estos son accesibles para el público en general, además se tiene que asumir también que se necesitan de otros medios



		<p>(boleto turístico) para acceder a algunos lugares, limitando el alcance del proyecto.</p> <ul style="list-style-type: none">- El proyecto en cuestión, está orientado en enlistar los puntos de interés más importantes del centro histórico de Cusco y parte del parque arqueológico de Sacsayhuamán, este no abarcara otros puntos de interés que estén fuera del límite propuesto (véase anexo 1 o descripción de la propuesta).
--	--	--