

ARTOUR: Realidad Aumentada aplicada al Turismo - Caso de Estudio en Riobamba, Ecuador

ARTOUR: Augmented Reality for Tourism - A Case Study in Riobamba, Ecuador

Juan Malca Y., Brayan Carrasco C., Verónica Guamán P., Jorge Delgado A., Paola G. Vinueza N.
Facultad de Ingeniería, Tecnologías de la Información y Comunicación
Universidad Nacional de Chimborazo
Riobamba-Ecuador
jcmalca.fis; bdcarrasco.fis; vguaman.fis; jdelgado; paolag.vinueza@unach.edu.ec

Byron Guevara B., Fredy Ruiz O.
Facultad de Ingeniería, Carrera de Arquitectura
Universidad Nacional de Chimborazo
Riobamba-Ecuador
bguevara.fiar; fruiuz@unach.edu.ec

Resumen — La realidad aumentada (RA) es una tecnología de vanguardia que integra información virtual generada por computadora en el mundo real y cambia la forma en que las personas interactúan y experimentan su entorno. La tecnología de la RA nos trae el mundo digital, ya sea un objeto en dos dimensiones (2D) o tres dimensiones (3D), al mundo físico. La RA se está estableciendo cada vez más como una herramienta fundamental en el mundo moderno, no solo como una herramienta recreativa sino también en otros sectores como educación, medicina y turismo. La RA en turismo puede ayudar a los visitantes/turistas a explorar lugares y atracciones turísticas en términos reales, para aprovechar al máximo su experiencia. En esta investigación, proponemos una forma interesante de guiar a los turistas en la ciudad de Riobamba de una manera moderna, a través de una aplicación llamada AR-TOUR, basada en la tecnología de RA. AR-TOUR es una plataforma de servicio móvil que mostrará las principales atracciones turísticas de la ciudad de Riobamba, como iglesias y parques en 3D, lo que aumentará el interés de los turistas en visitar dichos lugares y la facilidad de navegar por la ciudad. La aplicación ARTOUR también ofrece opciones para el menú de selección, funcionalidad multilingüe, facilidad de uso y la capacidad de personalizar la aplicación, que se encuentran entre los principales requisitos que deben tenerse en cuenta para atraer turistas. Se mencionan las limitaciones y recomendaciones del estudio que deben abordarse para futuras investigaciones. La aplicación ARTOUR se desarrolló en Unity 3D utilizando el software de RA Vuforia y Flutter para la opción de menú.

Palabras Clave - realidad aumentada; desarrollo turístico; unity 3d; vuforia; aprendizaje de los visitantes.

Abstract — Augmented reality (AR) is a state-of-the-art technology that integrates computer-generated virtual information into the real world and changes the way people interact and experience their surrounding environment. AR technology brings the digital world, whether it is an object in two-dimensions (2D) or three-dimensions (3D), seamlessly into the physical world. It is establishing itself evermore as a fundamental tool in the modern world, not only as a recreational tool but also in the educational, medical and tourism sectors. AR in tourism can help

visitors/tourists to explore places and tourist attractions in real terms, in order to make the most of their experience. In this investigation, we propose an interesting way to guide tourists in the city of Riobamba in a modern way, through an application called AR-TOUR, based on the Augmented Reality technology. AR-TOUR is a mobile service platform that will show the main tourist attractions in the city of Riobamba such as churches and parks in 3D, which will increase the interest of tourists in visiting places and the ease of navigating through the city. The ARTOUR application additionally offers options for the selection menu, multilingual functionality, ease of use and the ability to customize the application, which are among the main requirements that are taken into account to attract tourists. The limitations and recommendations of the study are mentioned that will pave the way for future research. The ARTOUR application was developed in Unity 3D using the Vuforia and Flutter augmented reality software for the menu option.

Keywords - augmented reality; tourism development; unity 3d; vuforia; visitor learning.

I. INTRODUCCIÓN

La realidad aumentada (RA) es un campo que está emergiendo rápidamente, que supone la incorporación de datos e información digital en un entorno real, por medio del reconocimiento de patrones realizados mediante un software (Unity, Atomic, ARToolKit, etc), combinando el mundo real y virtual, en tiempo real. En términos simples la RA se puede definir como un entorno real que agrega objetos virtuales en dos dimensiones (2D) y tres dimensiones (3D). La RA es una variación de entornos virtuales (EV) o conocido como Realidad Virtual (RV) [1]. La RV convierte a los usuarios en un entorno virtual general, cuando el usuario está en ese entorno no puede ver el entorno real a su alrededor. Mientras que con la RA se permite a los usuarios ver el entorno real más los objetos virtuales [2] [3]. Sin embargo es muy importante determinar la orientación y posición exacta del usuario, sobre todo en las aplicaciones que así lo requieran. Uno de los retos más

importantes es que los elementos visuales estén coordinados a la perfección con los objetos reales, puesto que un pequeño error de orientación puede provocar un delineamiento perceptible entre los objetos virtuales y físicos. La RA en general sigue siendo una tecnología muy joven con potencial aún por descubrir [4].

La RA tiene el objetivo principal de crear un nuevo entorno combinando la interactividad de entornos reales y virtuales para que los usuarios sientan que el entorno real realmente existe. La RA proporciona beneficios significativos para muchas industrias debido a su naturaleza de un entorno mixto (real y virtual), o la mejora informática del entorno del mundo real [5] [6] [7] siendo capaz de revelar información sobre el entorno inmediato al poner datos relevantes en un espacio virtual [8]. Las aplicaciones de RA comenzaron con fines médicos y militares, pero hoy en día se han abierto camino a numerosas disciplinas como educación, construcción, televisión, información, turismo, arte, arquitectura, etc. [9] [10].

Con el uso de potentes dispositivos móviles, la RA también se está utilizando como ayuda para el aprendizaje, para estudiantes de primaria a nivel universitario. [11] Alega que las actividades basadas en la indagación y el aprendizaje móvil basado en la realidad aumentada demuestran ser motivadores para los estudiantes. Y [12], propone que la implementación de la realidad aumentada en los laboratorios de ciencia/física puede mejorar de manera eficiente las habilidades y la actitud hacia el trabajo de laboratorio en los estudiantes. Mientras que en el campo del turismo, el uso de la tecnología se puede aplicar como una guía para que los turistas vean las atracciones del lugar que están visitando. La industria del turismo se está volviendo cada vez más competitiva y se está luchando por la sobrevivencia de la misma, así como la comercialización de un destino se ha convertido en todo un desafío.

Los académicos y los profesionales de la industria sostienen que la RA brindará muchas oportunidades para las aplicaciones de computación móvil, que deben ser aprovechadas en industrias como el turismo, ya que están vinculadas con el contexto de la ubicación inmediata y crear la próxima generación de guías turísticas informatizadas [13]. Según [14], la interfaz de usuario no solo debe ser capaz de identificar la ubicación del usuario, si no también proporcionar información a fondo del área visitada. Esta idea ha generado un gran interés en inventar aplicaciones de turismo para servicios móviles [15].

La experiencia virtual basada en dispositivos móviles para la industria del turismo se ha identificado como una forma potencial de modificar la experiencia previa (cotidiana). Mientras que los museos ya han comenzado a preservar los medios, como la radio, los clips de película y la fotografía para mejorar la experiencia del visitante (turista) [16], el enfoque de impulsar la información/visualización carece del aspecto interactivo entre los turistas y la tecnología. La RA en el turismo está acogiendo un gran interés por la interactividad que ofrece la misma, especialmente con el lanzamiento del proyecto

Google Glass que salió a la venta en el 2014 [17]. Así también como la ciudad de Viena que proporciona una aplicación de guía turística, que puede guiar al usuario a ciertos lugares a través de la navegación, así como también puede proporcionar información basada en la ubicación de lugares cercanos, que puede seleccionarse a voluntad [15]. Por lo tanto, es fácil de usar para múltiples usuarios, lo que permite que varios usuarios compartan información apoyando la tendencia de las redes sociales. La industria del turismo requiere una inversión constante en nuevas tecnologías, preferiblemente para uso móvil, para continuar atrayendo visitantes.

Sin embargo, el uso de la AR para fines turísticos, se ha intentado de varias maneras, como: la navegación al aire libre [18], los prismáticos turísticos mediante la superposición de información interactiva [8] y la reconstrucción de información arqueológica [19], pero aún no se ha estudiado a fondo para presentar un modelo válido de implementación. Además, el punto de vista del usuario final ha sido ampliamente descuidado en el proceso de desarrollo de RA en el turismo. Por lo tanto, esta investigación es conducida en el contexto turístico y tiene como objetivo identificar y analizar los requisitos turísticos para implementar la tecnología de RA en el Patrimonio Urbano. Para lo cual hemos desarrollado una aplicación llamada ARTOUR que supera la necesidad de guías turísticos con largas horas de guía, aumentando así considerablemente el interés de los turistas nacionales y extranjeros, y donde la función principal de esta aplicación es mostrar los principales atractivos turísticos de la ciudad de Riobamba en 3D, que se ven a través de la cámara de un teléfono inteligente o un PDA, lo que aumentará el interés de los turistas y la facilidad para navegar en la aplicación móvil y conocer la ciudad.

El manuscrito lo hemos organizado de la siguiente forma: La Sección II, proporciona información de equipo, algoritmo, configuración y metodología de implementación de la aplicación. La Sección III, diseño del sistema y algoritmo. La Sección IV, evalúa el rendimiento de la aplicación desarrollada y resultados, mientras que en la Sección V, se concluye con el manuscrito y trabajos futuros.

II. METODOLOGÍA

Esta sección nos proporciona los detalles relacionados con la adquisición de los datos y como estos fueron manipulados en el software utilizado para el desarrollo del entorno de RA interactivo para la aplicación ARTOUR (véase en Fig. 1).

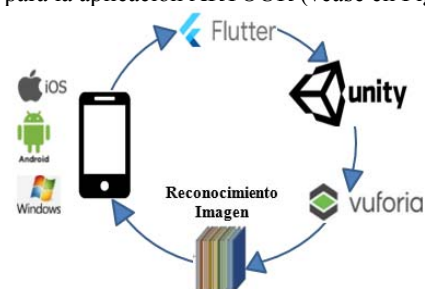


Figura 1: Multiplataforma para el desarrollo de aplicaciones móviles.

A. Especificaciones del Sistema

Las especificaciones del hardware en el que se realizó esta investigación se detallan en la Tabla I.

TABLE I. ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA.

HW utilizado para el desarrollo de la Aplicación		
PC	Versión Windows	Windows 10 Home Single Language
	Procesador	AMD Ryzen 7 3750H con Radeon Vega Mobile Gfx, CPU 2.30 GHz
	RAM	8.0 GB
	Sistema	Sistema operativo de 64 bits, basado en x64 procesador
HW utilizado para el escaneo y modelamiento 3D		
Laser	Clase I	Trimble (Trimble realworld v10.0)
	Procesamiento	1 millón de puntos por segundo con una precisión de ± 2 mm
PC	Versión Windows	Windows 10 Home Single Language
	Procesador	Intel(R) Core(TM); 7 th 4160M, CPU 3.00 GHz
	RAM	16.0 GB
	Sistema	Sistema operativo de 64 bits, basado en x64 procesador

B. Flutter v1.7.8

Es un SDK de código abierto creado por Google, para el desarrollo de aplicaciones compiladas de forma nativa para dispositivos móviles (Android y iOS), web y de escritorio desde una única base de código.

En Flutter hemos creado el menú de la aplicación ARTOUR por las características mostradas a continuación:

- *Alta productividad:* Flutter es multiplataforma y puede usar la misma base de código para su aplicación iOS y Android, ahorrando definitivamente tiempo y recursos;
- *Gran rendimiento:* Menos comunicación mediada entre la aplicación y la plataforma. Flutter es el único SDK móvil que proporciona vistas reactivas sin requerir un puente de JavaScript. Todo esto contribuye a tiempos de inicio de aplicaciones rápidos y menos problemas de rendimiento;
- *Desarrollo rápido y simple:* Flutter cuenta con recarga en caliente lo que permite ver instantáneamente los cambios realizados en el código en emuladores, simuladores y hardware, tomándose menos de un segundo en que el código modificado se vuelva a cargar mientras se ejecuta la aplicación sin necesidad de ser reiniciada;
- *Compatibilidad:* Dado que los widgets son parte de la aplicación y no de la plataforma, es probable que experimente menos o ningún problema de compatibilidad en diferentes versiones del sistema operativo. Esto a su vez significa menos tiempo dedicado a las pruebas; y,
- *Código abierto:* Flutter es de código abierto y de uso gratuito, proporcionando una amplia documentación y soporte comunitario de apoyo en la resolución de problemas.

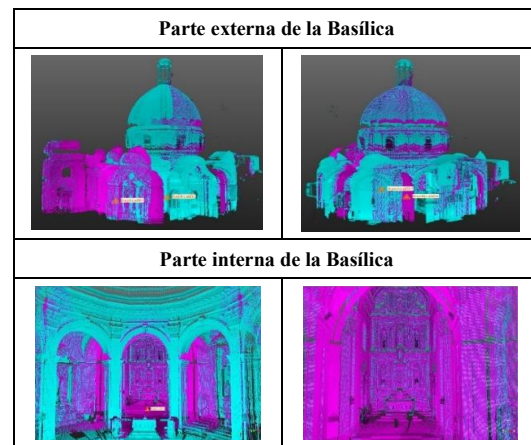
C. Escáner 3D Trimble

El escáner 3D, es un dispositivo que analiza un objeto o una escena para reunir datos de su forma y ocasionalmente su color [20]. La información obtenida se puede usar para construir modelos digitales tridimensionales que se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones.

En esta investigación hemos usado un escáner 3D para la obtención de datos de la forma de las iglesias de la ciudad de Riobamba y construir los modelos digitales tridimensionales de las mismas. La razón por la que hemos usado un escáner 3D y no una cámara es porque los escáneres 3D son distintos a las cámaras. Los escáneres 3D reúnen información acerca de su geometría, mientras que una cámara reúne información de color acerca de las superficies dentro de su campo de visión.

El propósito que se utilizó un escáner 3D en nuestra investigación es generalmente, el de crear una nube de puntos a partir de muestras geométricas en la superficie de las iglesias de la ciudad de Riobamba (*La Basílica y La Catedral*) que son los lugares turísticos más visitados. Estos puntos se usaron para extrapolar la forma interna y externa de las iglesias (proceso llamado reconstrucción). La información de color también fue incluida en cada uno de los puntos, por esta razón los colores en la superficie de las iglesias se pudieron determinar. El modelo de las iglesias obtenido por el escáner 3D describió la posición en el espacio tridimensional de cada punto analizado. En las iglesias se ha definido un sistema esférico de coordenadas considerando como origen el escáner, cada punto analizado se asocia con una coordenada ϕ y θ y con una distancia, que corresponde al componente r . Estas coordenadas esféricas describieron completamente la posición tridimensional de cada punto en el modelo de las iglesias, en un sistema de coordenadas local relativo al escáner.

TABLE II. TOMAS DE LA PARTE EXTERNA E INTERNA DE LA BASÍLICA CON EL ESCÁNER 3D.



En la investigación se realizó un total de 5 escaneos por cada iglesia, cada escaneo con una duración de 30 a 45 minutos, con lo que se empezó a producir un modelo interno y externo de cada iglesia (véase en la Tabla II). Generalmente se requieren múltiples tomas, desde direcciones diferentes para obtener información de todos los lados de la iglesia. Estos escaneos

fueron integrados en un sistema común de referencia mediante, un proceso que se llama generalmente alineación, y que transforma las coordenadas locales de cada toma en coordenadas generales del modelo. El proceso completo que va de las tomas individuales a un modelo completo unificado nos ayudó a definir el flujo de captura del modelo 3D. Dicho proceso se realizó en *Trimble realworld v10.0* que es el software de escaneo 3D que nos ha permitido integrar datos de levantamiento y puntos 3D.

D. SketchUp v2017

Es un programa de diseño gráfico y modelado 3D basado en caras, utilizado principalmente para el modelado de entornos de planificación urbana, arquitectura, ingeniería civil, diseño industrial, GIS, videojuegos, etc.

La precisión del modelado 3D de las iglesias de Riobamba (*La Basílica y La Catedral*), fue un asunto complejo y se necesitaron varios datos obtenidos desde el escáner laser. Por lo tanto, para las iglesias se ha desarrollado un método simplificado para obtener todos los datos de construcción en un formato común, compartido por diferentes herramientas como: CAD 2D/3D, AUTOCAD y el software SketchUp, que ha revelado ser un gran modelador y facilitador para realizar diseños 3D de forma sencilla [21] que pone a disposición la realización de edificios directamente sobre el modelo digital del terreno (DTM) con realismo y una muy alta calidad. En nuestra investigación lo hemos usado para conceptualizar y modelar las imágenes 3D de las iglesias y parques (véase en la Tabla III), además de que el programa incluye una galería de objetos, texturas e imágenes listas para descargar.

TABLE III. MUESTRA DE LAS IMÁGENES REALES Y EN 3D DE LOS LUGARES TURÍSTICOS DE LA CIUDAD DE RIOBAMBA.

	Imagen Real	Imagen en 3D
La Basílica		
La Catedral		
Parque Sucre		

E. Unity v18.3.7

Unity, creado por Unity technologies, es una plataforma de desarrollo flexible en tiempo real impulsada por herramientas y servicios, puede ser usada para desarrollar videojuegos para PC, consolas, dispositivos móviles, RA/VR o sitios web en 2D o 3D ya que permite la implementación multiplataforma, ofreciendo increíbles posibilidades para las industrias y aplicaciones. Unity v18.3.7 se utiliza en investigación con el lenguaje de programación C#. Para esta investigación algunos archivos han sido tomados de Unity v18.3.7 mientras que otros han sido desarrollados.

F. Vuforia SDK v8.3.8

Es un kit de desarrollo de software (SDK) de RA, para dispositivos móviles que apoyan el desarrollo de aplicaciones en RA. 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 del juego Unity [22].

Básicamente detecta marcadores utilizando la tecnología de visión por computadora, los marcadores pueden ser imágenes planas u objetos 3D simples en tiempo real. Esta facilidad permite al turista posicionar y colocar objetos virtuales, modelos 3D en referencia con la imagen de destino como son las iglesias y parques de la ciudad de Riobamba, con la finalidad que cuando el turista observe la iglesia a través de la cámara del dispositivo móvil, el objeto virtual encuentre su lugar orientado en la imagen de referencia, por lo tanto, el objeto virtual parece ser parte de la escena del mundo real.

Target Name	Type	Rating
Parque_Sucre_Riobamba	Single Image	★★★★★
Chimborazo	Single Image	★★★★★
Basílica_Riobamba	Single Image	★★★★★
Catedral_Riobamba	Single Image	★★★★★
Mapa_Riobamba	Single Image	★★★★★

Figura 2: Calificación de los marcadores en Vuforia.

1) Image Target ("calificación en estrellas" de la imagen objetivo)

La calificación en estrellas de la imagen que se utilizará como objetivo debe ser de 4 - 5 estrellas para obtener mejores resultados. El sistema identifica una imagen con baja calificación de estrellas, pero lo mejor es aumentar la precisión del sistema. El marcador debe tener un buen contraste, ser rico en detalles y no tener patrones repetitivos para obtener una alta calificación de estrellas [22] (véase en la Fig. 2).

G. Objetivo Definido por el Usuario (UDT)

El objetivo definido por el usuario (UDT) es una imagen de destino (marcador imagen) realizada en tiempo de ejecución

desde el marco de la cámara seleccionado por el usuario [23]. UDT es un marcador que se forma cuando la cámara escanea un objetivo.

UDT no es lo mismo que el objetivo imagen que requiere que el desarrollador de la aplicación seleccione un objetivo específico (marcador) cuando se ejecuta la aplicación. De esta manera los usuarios obtendrán experiencia usando RA en cualquier momento y en cualquier lugar eligiendo imágenes como lugares (iglesias, parques, etc.), fotos, carteles, y mapas.

H. Dispositivos móviles

Unity y Flutter proporciona una característica poderosa que permite a los desarrolladores diseñar una sola aplicación y compilarla para varias plataformas incluyendo Android, iOS, Windows phone, etc., como se muestra en la Fig. 1.

I. Geolocalización

En esta investigación hemos trabajado con geolocalización para obtener la ubicación geográfica real de un objeto en nuestro caso un teléfono móvil o un PDA conectado a Internet, refiriéndose así a la consulta de la ubicación, o bien para la consulta real de la ubicación. En nuestra aplicación hemos implementado geolocalización en lugares turísticos amplios como parques que no pueden ser reconocidos rápidamente por Unity. Se añadió el paquete AR + GPS location a nuestra aplicación para posicionar los objetos 3D (parques) en ubicaciones geográficas en la ciudad de Riobamba a través de sus coordenadas GPS utilizando Unity y RA.

J. Configuración Experimental

La configuración consiste en un dispositivo inteligente de mano con una cámara y un sistema operativo de los muchos compatibles con Unity como se muestra en la Tabla IV. La aplicación incluye imágenes de los lugares turísticos de la ciudad de Riobamba, los cuales cuentan con marcadores los cuales pueden ser configurados para el aumento de audio /visual, para que los turistas disfruten a detalle los lugares turísticos observados y acompañados del guía turístico virtual que proporciona información del lugar. La aplicación es multilingüe y se traduce con precisión para presentar la misma calidad y funciones tanto en inglés como en español.

TABLE IV. COMBINACIÓN DE PLATAFORMAS, DISPOSITIVOS Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS PARA EL ANÁLISIS DEL DESARROLLO DE LA APLICACIÓN ARTOUR.

Dispositivo Móvil	Plataforma Dispositivo	Motor Dispositivo	AR SDK
Android	Windows	Unity	Vuforia
Android	Windows	Unity	ARToolKit
Android	Windows	Unity	Google ARCode
iOS	macOS	Unity	Vuforia
iOS	macOS	Unity	Apple ARKit
HoloLens	Windows	Unity	Vuforia
HoloLens	Windows	Unity	MixedRealityToolKit

III. DISEÑO DEL SISTEMA

Para nuestra investigación hemos trabajado en el diseño en general del sistema de la aplicación ARTOUR, el cual nos ayudará a continuar con futuras investigaciones, ya que en la

segunda etapa de nuestro proyecto se implementará servicios como:

- *Contexto Local:* indicación turística de la ciudad de Riobamba, servicios turísticos, gastronomía, transporte y otros productos, ya que los turistas en general no tienen la información sobre dónde obtener buenas ofertas, ubicación geográfica, asistentes turísticos.
- *Información actualizada:* para garantizar la funcionalidad y el uso a largo plazo, se considera importante mantener la aplicación actualizada. Esto se refiere a promover información relevante en el período de tiempo que el turista reside en el destino, a través de notificaciones disponer de información pública, horarios de transportes, gastronomía, eventos culturales, atractivos turísticos precios y horarios de apertura.

Para implementar la RA, nuestra aplicación utilizó Vuforia SDK v8.3.8 y Unity v18.3.7, y para el manejo futuro del sistema de la base de datos hemos utilizado MySQL. La transmisión de datos entre el dispositivo móvil de la aplicación de RA y DBMS fue diseñado para soportar PHP y XML, los cuales serán utilizados en la segunda fase de este proyecto. La Fig. 2, ilustra la arquitectura del sistema que fue desarrollado para la aplicación ARTOUR [24].

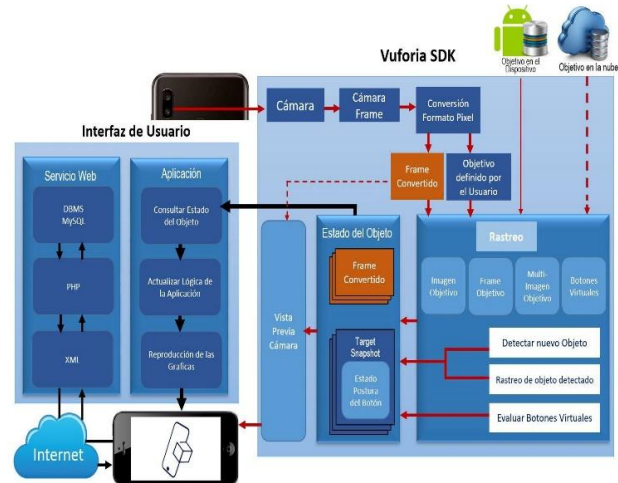


Figura 3: Arquitectura del Sistema

Principales características de la Arquitectura del Sistema (Fig. 3):

- *Objetivos definidos por el usuario:* funciona como ImageTarget, el usuario puede definir los objetivos en cualquier momento utilizando la cámara del dispositivo.
- *Cloud Recognition:* exclusivo para las cuentas empresariales. Es un tipo de base de datos de destino que vive en la nube, lo que le permite cargar y sincronizar nuevos ImageTargets con la aplicación sobre la marcha.
- *Reconocimiento de objetos:* Esta es una característica experimental que permite el reconocimiento de un objeto, después de haber sido escaneado con una herramienta especial proporcionada por Vuforia.

A. Algoritmo Propuesto

La aplicación ARTOUR está compuesta de 4 secciones combinadas juntas que son:

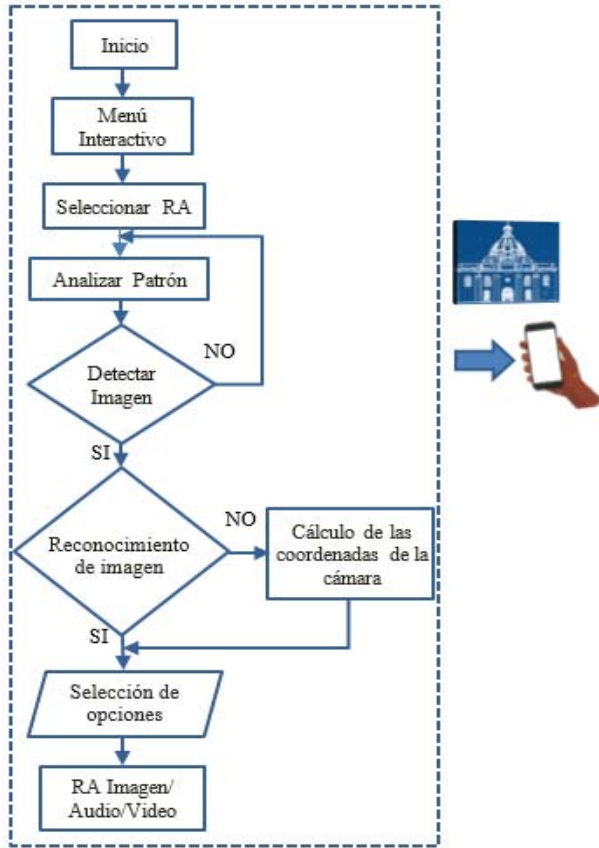


Figura 4: Algoritmo de la aplicación ARTOUR.

- *Menú interactivo (1)*: Es lo primero que nos muestra la aplicación al ser abierta, se despliegan opciones tales como: en Inicio nos muestra información/videos (Gastronomía, Museos, iglesias, fiestas, aventura); en Mapa nos muestra objetos 3D en tiempo real que son marcadores de los lugares turísticos de la ciudad de Riobamba; y, RA donde enfocamos la imagen objetivo y me muestra el objeto en RA.
- *Configuración de RA (2, 3, 4 y 5)*: En esta sección son importados los paquetes de Unity y Vuforia, la cámara es abierta en el escenario de Unity, procediendo a enfocar la imagen objetivo y se prepara la imagen basada en el sitio de Vuforia. Para luego proceder al reconocimiento de la imagen y mostrarlo en RA.
- *Se permite el acceso del GPS*: detecta la localización del dispositivo móvil.
- *Opción táctil seleccionable (7 y 8)*: En la selección de opciones el turista puede activar / desactivar opciones disponibles tales como: cambio de idioma, guía virtual o simplemente seleccionar otra opción diferente a RA

como imágenes, audio, video e información de la ciudad de Riobamba.

El diagrama de bloque de la aplicación completa se muestra en la Fig. 4.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección detallamos los resultados completos de la aplicación. También cubre la discusión relacionada con la precisión y eficiencia de la aplicación desarrollada, junto con las condiciones óptimas de operación. La calificación a la aplicación ARTOUR realizada por los turistas es parte de esta sección.

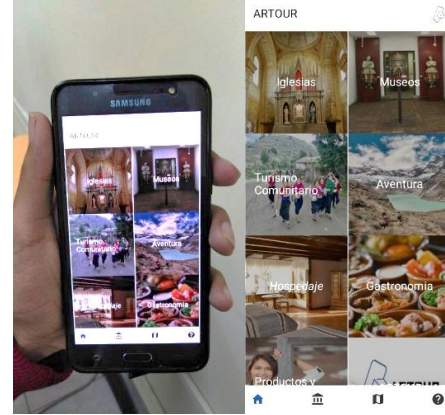


Figura 5: Aplicación ARTOUR Menú principal.

A. Resultados de la Implementación

Los resultados de la implementación de este estudio es una aplicación denominada ARTOUR de RA, para la ciudad de Riobamba como una guía turística en dispositivos móviles (véase en la Fig. 5). Esta aplicación muestra objetos turísticos en 3D y ubicaciones turísticas de estos objetos 3D. Los principales atractivos turísticos que hemos realizado en RA son iglesias La Basílica, La Catedral y el Parque Sucre de la ciudad de Riobamba, con un guía multilingüe virtual (véase en la Fig. 6 y Fig. 7). ARTOUR usa un mapa en papel como marcador de objetos turísticos que se visualizarán para que los turistas puedan conocer fácilmente un objeto 3D en tiempo real (véase en Fig. 8).

La implementación de la aplicación ARTOUR de RA fue probado con el HW y SW mostrados en la Tabla V.

TABLE V. ESPECIFICACIONES DE LOS TELÉFONOS MÓVILES UTILIZADOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN, PRUEBAS Y DEPURACIONES DE LA APLICACIÓN ARTOUR. CAM: CÁMARA.

Teléfono Móvil	Procesador (GHz)	Ram (GB)	Cam	Sistema Operativo
Huawei Y6 2018	Qualcomm Snapdragon 1.8GHz: Resolución 1440*720	2	13mp	Android Oreo 8.0
Samsung Galaxy S8+	Octacore Exynos 2.3GHz: Resolución 1440*2960	4	12mp	Android Pie 9.0

Samsung Galaxy S4 Mini	Snapdragon 400 Doble núcleo 1.7GHz	1.5	8mp	Android 5.0.1
Mate 20 lite	Kirin 710 2.2GHz: Resolución: 2340*1080	4	22mp	Android Pie 9.0



Figura 6: Aplicación ARTOUR mostrando la Catedral en RA, con el guía turístico virtual proporcionando información del lugar.



Figura 7: Aplicación ARTOUR mostrando La Basílica en RA, con el guía turístico virtual proporcionando información del lugar.



Figura 8: Aplicación ARTOUR mostrando el mapa en RA con los principales lugares turísticos de la ciudad de Riobamba.

B. Condiciones óptimas de funcionamiento

Se realizaron varias pruebas para analizar los rangos óptimos de funcionamiento de la aplicación con respecto a parámetros como la intensidad de la luz, la distancia y el ángulo entre el dispositivo móvil y el objeto (iglesias y mapa) véase en la Fig. 9. Los resultados se proporcionan en la Tabla VI.

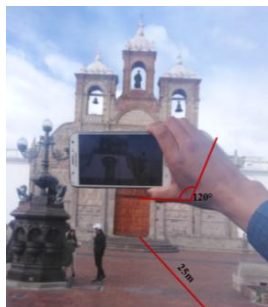


Figura 9: Parámetros usados en el análisis del funcionamiento óptimo de la aplicación.

TABLE VI. RANGOS DE OPERACIÓN ÓPTIMA DE LA APLICACIÓN.

Parámetros	Mínimo	Máximo
Intensidad de la luz (lx)	48	13K
Distancia (metros)	15	25
Ángulo (grados)	90	120

C. Precisión

La precisión se puede calcular en términos de la tasa de reconocimiento de las imágenes de la aplicación. Si la calificación proporcionada por Vuforia al marcador es mayor que 4 estrellas, como se muestra en la Fig. 2, entonces la precisión de la detección de la imagen por parte del sistema es muy alta. La cantidad de reconocimientos ofrecidos por esta aplicación durante las pruebas y la experimentación se muestran en la Tabla VII.

TABLE VII. PRECISIÓN EN EL RECONOCIMIENTO DE IMÁGENES DE LA APLICACIÓN ARTOUR.

Figura N°	Vuforia Rating	Intentos de Reconocimiento	Precisión
Figura 5 La Catedral	5 estrellas	1-3	100 %
Figura 6 La Basílica	4 estrellas	2-5	80%
Figura 7 Mapa	5 estrellas	1-2	100%

D. Calificación de los Turistas

Se realizó la calificación de la aplicación ARTOUR con 15 turistas que se encontraron visitando los principales atractivos de la ciudad de Riobamba en 3 días diferentes (viernes 9 de agosto del 2019, sábado 17 de agosto del 2019 y domingo 18 de agosto del 2019), los turistas tuvieron la oportunidad de utilizar la aplicación ARTOUR y calificaron la aplicación basado en un rango del 1 al 5 siendo: 1=No interés; 2=Necesita mejora; 3=Interesante; 4=Muy Interesante; 5=Excelente. Los resultados son mostrados en la Fig. 10.

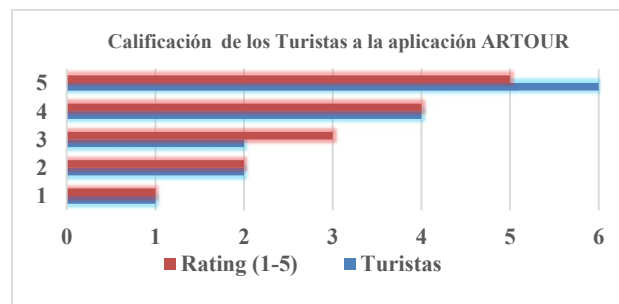


Figura 10: Calificación de los turistas a la aplicación ARTOUR.



Figura 11: Turistas utilizando la aplicación ARTOUR.

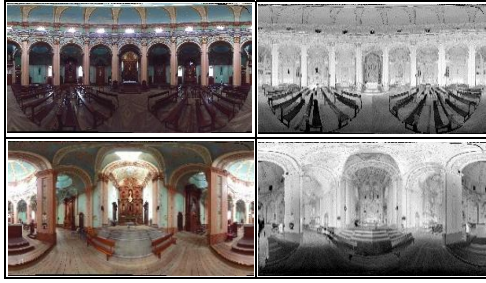


Figura 12: Parte interna de la Basílica de Riobamba tomada con el escáner 3D.

V. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En esta investigación la aplicación ARTOUR fue implementada y probada con éxito en la ciudad de Riobamba, con una respuesta alentadora de los turistas nacionales y extranjeros.

ARTOUR fue capaz de mostrar en 3D los principales lugares turísticos de la ciudad de Riobamba como las iglesias La Basílica y La Catedral en RA de una manera interactiva. Demostrando ser una alternativa interesante e interactiva de los guías turísticos a diferencia de las aplicaciones convencionales que solo muestran una guía informativa sin ninguna interacción, de los lugares turísticos de la ciudad.

Esta investigación avanzará con la segunda fase de este proyecto, en el cual implementaremos un modelo virtual de las iglesias en su parte interna (véase en la Fig. 12), con la ayuda del escáner 3D. A la vez utilizaremos equipos portátiles como Google Glasses o Microsoft Hololens los cuales serán utilizados por los turistas para incrementar opciones turísticas que permita conocer varios atractivos de la ciudad de Riobamba en RA/RV.

Además implementaremos en el contexto local un sistema de notificaciones en tiempo real que permita tener acceso a información actualizada de los servicios turísticos en la ciudad de Riobamba.

Como una extensión de este trabajo se espera que la aplicación sea ampliada en otras áreas como educación y noticias y que así se puedan beneficiar con esta aplicación a la mayor parte de la población. A la vez es importante la participación de los actores locales relacionados con el turismo tales como: GADM Riobamba, Agencias turísticas, hoteles, Centros Educativos con carreras relacionadas al turismo, de forma que se establezca estrategias para fomentar el turismo en la ciudad de Riobamba.

DISPONIBILIDAD DE LA APLICACION

La aplicación puede ser descargada gratuitamente desde PlayStore con el nombre **ARTOUR Riobamba**.

REFERENCIAS

- [1] Kysela, J., & Štorková, P. (2015). Using augmented reality as a medium for teaching history and tourism. *Procedia-Social and behavioral sciences*, 174, 926-931.
- [2] Bhorkar, G. (2017). A survey of augmented reality navigation. *arXiv preprint arXiv:1708.05006*.
- [3] Han, D. I. D., Tom Dieck, M. C., & Jung, T. (2019). Augmented Reality Smart Glasses (ARSG) visitor adoption in cultural tourism. *Leisure Studies*, 1-16.
- [4] Pang, Y., Nee, A. Y., Khim Ong, S., Yuan, M., & Youcef-Toumi, K. (2006). Assembly feature design in an augmented reality environment. *Assembly Automation*, 26(1), 34-43.
- [5] Azuma, R., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., and MacIntyre, B. (2001). Recent advances in augmented reality. *Computer Graphics and Applications*, IEEE, 21(6), 34-47.
- [6] Reinhart, G. and Patron, C. (2003). Integrating Augmented Reality in the assembly domain fundamentals, benefits and applications. *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, 52(1), 5-8.
- [7] Van Krevelen, D. W. F. and Poelman, R. (2010). A survey of augmented reality technologies, applications and limitations. *International Journal of Virtual Reality*, 9(2), 1.
- [8] Cranmer, E. E. (2019). Designing Valuable Augmented Reality Tourism Application Experiences. In *Augmented Reality and Virtual Reality* (pp. 73-87). Springer, Cham.
- [9] McMahon, D. D., Cihak, D. F., Wright, R. E., & Bell, S. M. (2016). Augmented reality for teaching science vocabulary to postsecondary education students with intellectual disabilities and autism. *Journal of Research on Technology in Education*, 48(1), 38-56.
- [10] Medicina 2016, https://www.medicina21.com/Notas_de_Prensa-V11622.html
- [11] Chiang, T. H. C., Yang, S. J., & Hwang, G. J. (2014). An augmented reality-based mobile learning system to improve students' learning achievements and motivations in natural science inquiry activities. *Educational Technology & Society*, 17(4), 352-365.
- [12] Akçayır, M., Akçayır, G., Pektaş, H. M., & Ocak, M. A. (2016). Augmented reality in science laboratories: The effects of augmented reality on university students' laboratory skills and attitudes toward science laboratories. *Computers in Human Behavior*, 57, 334-342.
- [13] Rumiński, D., & Walczak, K. (2018, June). An architecture for distributed semantic augmented reality services. In *Proceedings of the 23rd International ACM Conference on 3D Web Technology* (p. 18). ACM.
- [14] Höllerer, T.H. and Feiner, S.K. (2004). Chapter Nine - Mobile Augmented Reality. *Telegeoinformatics: Location-Based Computing and Services*. Taylor & Francis Books Ltd., 01/2004.
- [15] Han, D. I. D., Weber, J., Bastiaansen, M., Mitás, O., & Lub, X. (2019). Virtual and augmented reality technologies to enhance the visitor experience in cultural tourism. In *Augmented Reality and Virtual Reality* (pp. 113-128). Springer, Cham.
- [16] He, Z., Wu, L., & Li, X. R. (2018). When art meets tech: the role of augmented reality in enhancing museum experiences and purchase intentions. *Tourism Management*, 68, 127-139.
- [17] Wrenn, E. (2012). Google Glasses on sale for \$1,500: Firm launches prototype augmented reality eyewear with spectacular skydiving demo.
- [18] Debandi, F., Iacoviello, R., Messina, A., Montagnuolo, M., Manuri, F., Sanna, A., & Zappia, D. (2018, June). Enhancing cultural tourism by a mixed reality application for outdoor navigation and information browsing using immersive devices. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 364, No. 1, p. 012048). IOP Publishing.
- [19] Vlahakis, V.,...and Ioannidis, N. (2001). Archeoguide: first results of an augmented reality, mobile computing system in cultural heritage sites. *Virtual Reality, Archeology, and Cultural Heritage*, 131-140.
- [20] Kumar, G. A., Patil, A. K., & Chai, Y. H. (2018, January). Alignment of 3D point cloud, CAD model, real-time camera view and partial point cloud for pipeline retrofitting application. In *2018 International Conference on Electronics, Information, and Communication (ICEIC)* (pp. 1-4). IEEE.
- [21] Hippolyte, Pedro (2011). "Técnicas de modelado 3d en SketchUp, para el manejo de modelos urbanos complejos dentro de google earth". *Informática y representación gráfica*.
- [22] Vuforia SDK Native 2019, <https://developer.vuforia.com>.
- [23] Piumsomboon, T., Clark, A., Billinghurst, M., & Cockburn, A. (2013, September). User-defined gestures for augmented reality. In *IFIP Conference on Human-Computer Interaction* (pp. 282-299). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [24] Kim, Y. G., & Kim, W. J. (2014). Implementation of augmented reality system for smartphone advertisements. *International journal of multimedia and ubiquitous engineering*, 9(2), 385-392.