



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE LA  
INFORMACIÓN**

**Implementación de app móvil para gestión georreferenciada y promoción  
de sitios turísticos - comerciales en Macas, usando la API  
OpenRouteService**

**Trabajo de Titulación para optar al título de  
Ingeniero en Tecnologías de la Información**

**Autor:  
Vallejo Jaramillo, Juan Steven**

**Tutor:  
Ing. José Luis Jinez Tapia, Mgs.**

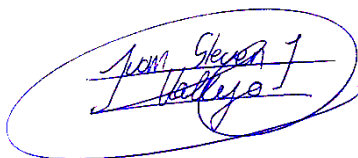
**Riobamba, Ecuador. 2026**

## DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, Juan Steven Vallejo Jaramillo, con cédula de ciudadanía 1400754303, autor del trabajo de investigación titulado: Implementación de app móvil para gestión georreferenciada y promoción de sitios turísticos - comerciales en Macas, usando la API OpenRouteService, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

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

En Riobamba, 28 de abril del 2026.



---

Juan Steven Vallejo Jaramillo

C.I: 1400754303

## DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, José Luis Jinez Tapia catedrático adscrito a la Facultad de Ingeniería, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación: Implementación de app móvil para gestión georreferenciada y promoción de sitios turísticos - comerciales en Macas, usando la API OpenRouteService, bajo la autoría de Juan Steven Vallejo Jaramillo; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 7 días del mes de mayo de 2026



---

Ing. José Luis Jinez Tapia

C.I: 0602899007

## CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación titulado: Implementación de app móvil para gestión georreferenciada y promoción de sitios turísticos - comerciales en Macas, usando la API OpenRouteService, presentado por Juan Steven Vallejo Jaramillo, con cédula de identidad número 1400754303, bajo la tutoría de Ing. José Luis Jinez Tapia, Mgs; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 23 de junio de 2026.

Ing. Pamela Buñay, PhD.  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO**



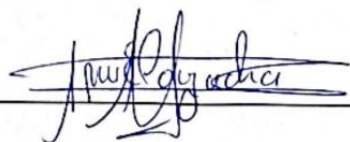
---

Ing. Estela Narváez, PhD.  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



---

Ing. Ana Congacha.  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO**



---



# CERTIFICACIÓN

Que, **VALLEJO JARAMILLO JUAN STEVEN** con CC: **1400754303**, estudiante de la Carrera **INGENIERIA EN TECNOLOGIAS DE LA INFORMACIÓN**, Facultad de **INGENIERIA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado **"IMPLEMENTACIÓN DE APP MÓVIL PARA GESTIÓN GEORREFERENCIADA Y PROMOCIÓN DE SITIOS TURÍSTICOS - COMERCIALES EN MACAS, USANDO LA API OPENROUTESERVICE"**, cumple con el 8 %, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **COMPILATIO**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 11 de mayo del 2026.



JOSE LUIS JINEZ  
TAPIA

---

Ing. José Luis Jinez Tapia  
**TUTOR**

## DEDICATORIA

A mis padres, Melania Jaramillo y Juan Vallejo, por ser el cimiento de mi vida. Gracias por su infinita paciencia ante mis tropiezos, por no dejar de confiar en mí ni un solo segundo y por ser ese ejemplo constante de perseverancia que hoy me permite alcanzar esta meta.

A mi hija, Sarahi Alejandra, el motor de cada uno de mis esfuerzos y la luz que dio sentido a este camino. Eres mi mayor motivación para culminar este proceso y para seguir construyendo un futuro para ti.

A mi pareja, Anahi, por caminar a mi lado con una lealtad incondicional, brindándome su apoyo en cada etapa y desafío de este trayecto.

A mi hermana, Gisella, por creer en mi potencial en todo momento y ser el soporte vital que impidió que caminara solo en las horas más difíciles.

A mi hermano, Brian, quien desde otro plano me enseñó lo efímera que es la vida y la importancia de atesorar cada instante. Aunque tu ausencia física duele y me hubiera encantado que estuvieras aquí para verme triunfar, sé que tu esencia me acompañó en cada noche de estudio y que tu recuerdo fue la fuerza que me impulsó a no rendirme. Este logro también es tuyo.

A mis grandes amigos, Leonardo y Joao, a quienes la vida y el camino del estudio en Riobamba pusieron en mi trayecto. Gracias por convertirse en hermanos por elección, por ser parte fundamental de mis días y por una amistad que sé que me acompañará para siempre. Y de manera especial, a mi gato Haru, mi fiel compañero desde el primer día que estuve lejos de casa y de mi familia. Gracias por estar presente en cada una de mis desveladas y por ser el guardián silencioso que no permitió que la soledad me venciera.

*Juan Steven Vallejo Jaramillo*

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional de Chimborazo, mi alma mater, por abrirme las puertas al conocimiento y permitirme habitar sus aulas, mesas y pasillos que hoy guardan el recuerdo de mis años de formación y esfuerzo. Gracias por ser el hogar donde forjé mi futuro.

A mis docentes de la Carrera de Tecnologías de la Información, por su invaluable vocación de enseñanza. Mi gratitud eterna por compartir su sabiduría y por su paciencia durante tantos años de formación académica; gracias por no rendirse en el proceso de formarme como profesional y como ser humano.

Un agradecimiento especial a mi tutor, el Ing. José Luis Jinez Tapia, por su valioso tiempo y por brindarme el impulso necesario para culminar este proyecto de investigación con éxito.

A mi hermana, Gisella Vallejo, quien fue la gestora intelectual de este proyecto. Gracias por ser la fuente de inspiración y la brújula que guio este trabajo desde su concepción; sin tu visión y tu apoyo constante, esta idea jamás se habría convertido en la realidad que es hoy.

Finalmente, a los comerciantes y ciudadanos de la ciudad de Macas, cuya colaboración en las pruebas de esta aplicación fue fundamental para asegurar que este desarrollo técnico tenga un impacto real y positivo en nuestra comunidad.

*Juan Steven Vallejo Jaramillo*

## ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO ANTIPLAGIO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

RESUMEN

ABSTRACT

|   |    |
|---|----|
| CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....   | 15 |
| 1.1 Planteamiento del Problema.....   | 16 |
| 1.2 Justificación.....  | 16 |
| 1.3 Formulación del Problema .....  | 17 |
| 1.4 Objetivos .....   | 17 |
| Objetivo General.....   | 17 |
| Objetivos Específicos.....  | 17 |
| CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....   | 18 |
| 2.1 Aplicaciones móviles en el contexto del turismo.....                              | 18 |
| 2.1.1 Concepto y características de las aplicaciones móviles.....                     | 18 |
| 2.1.2 Evolución de las aplicaciones móviles en el sector turístico .....              | 18 |
| 2.1.3 Impacto de las aplicaciones móviles en la promoción turística local .....       | 18 |
| 2.2 Georreferenciación y Sistemas de Información Geográfica (SIG) .....               | 18 |
| 2.2.1 Concepto de georreferenciación y su importancia en el turismo.....              | 19 |
| 2.2.2 Funcionalidades y componentes de los SIG .....                                  | 19 |
| 2.2.3 Aplicaciones de los SIG en la planificación turística .....                     | 19 |
| 2.2.4 Georreferenciación y accesibilidad a la información territorial .....           | 19 |
| 2.3 OpenRouteService (ORS) .....  | 20 |
| 2.3.1 Descripción general de la API OpenRouteService .....                            | 20 |
| 2.3.2 Funcionalidades principales: cálculo de rutas, isócronas y geocodificación..... | 20 |
| 2.3.3 Ventajas del uso de OpenRouteService frente a otras APIs .....                  | 20 |

|  |    |
|--|----|
| 2.3.4. Aplicaciones de OpenRouteService en el desarrollo turístico local ..... | 20 |
| 2.4 Promoción digital de destinos turísticos.....                              | 21 |
| 2.4.1 Estrategias digitales para la promoción turística .....                  | 21 |
| 2.4.2 Plataformas digitales y redes sociales en el turismo .....               | 21 |
| 2.4.3 Casos de éxito en la promoción turística mediante apps .....             | 21 |
| 2.5 Framework Flutter para desarrollo móvil.....                               | 22 |
| 2.5.1. Origen y características del framework Flutter.....                     | 22 |
| 2.5.2. Lenguaje Dart y arquitectura basada en widgets .....                    | 22 |
| 2.5.3. Ventajas del desarrollo multiplataforma con Flutter .....               | 22 |
| 2.5.4. Integración de Flutter con APIs y servicios de mapas .....              | 23 |
| 2.6 Firebase para el desarrollo backend .....                                  | 23 |
| 2.6.1 Firebase Authentication .....  | 23 |
| 2.6.2 Cloud Firestore Database .....   | 23 |
| 2.7 Gestión de recursos multimedia en la nube: Cloudinary.....                 | 24 |
| 2.7.1 Carga de imágenes sin firma.....   | 24 |
| 2.8 Calidad del software y norma ISO/IEC 25010.....                            | 24 |
| 2.8.1. Concepto de calidad en el desarrollo de software.....                   | 24 |
| 2.8.2. Evaluación de la adecuación funcional del software .....                | 25 |
| 2.9 Metodología de desarrollo MOBILE - D .....                                 | 25 |
| 2.9.1 Características clave del modelo MOBILE – D .....                        | 25 |
| 2.9.2 Fases del proceso de desarrollo en MOBILE – D.....                       | 26 |
| CAPÍTULO III. METODOLOGÍA .....  | 27 |
| 3.1 Diseño de la investigación.....  | 27 |
| 3.2 Tipo de investigación .....  | 27 |
| 3.3 Población de estudio y tamaño muestra .....                                | 27 |
| 3.3.1 Población.....   | 27 |
| 3.3.2 Tamaño de muestra .....  | 27 |
| 3.4 Técnicas de recolección de datos .....                                     | 28 |
| 3.4.1. Encuestas estructuradas .....   | 28 |
| 3.5 Identificación de variables .....  | 28 |
| 3.5.1 Variable dependiente .....   | 28 |
| 3.5.2 Variable independiente .....   | 28 |
| 3.6 Operacionalización de variables.....                                       | 28 |

|  |    |
|--|----|
| 3.7 Metodología de desarrollo.....               | 30 |
| 3.7.1 Fase 1: Exploración.....                   | 30 |
| 3.7.2 Fase 2: Inicialización .....               | 32 |
| 3.7.3 Fase 3: Producción.....                    | 39 |
| 3.7.4 Fase 4: Pruebas .....                      | 47 |
| CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....        | 50 |
| 4.1 Resultados .....                             | 50 |
| 4.1.1 Resultados de la adecuación funcional..... | 50 |
| 4.2 Discusión.....                               | 54 |
| CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... | 56 |
| 5.1 Conclusiones .....                           | 56 |
| 5.2 Recomendaciones.....                         | 56 |
| BIBLIOGRAFÍA .....                               | 58 |
| ANEXOS .....                                     | 60 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 1:</b> Operacionalización de Variables.....                      | 29 |
| <b>Tabla 2:</b> Campos y características de la colección sitios.....      | 34 |
| <b>Tabla 3:</b> Especificaciones Técnicas de Validación de Software. .... | 49 |
| <b>Tabla 4:</b> Matriz de Verificación de Requisitos (Checklist) .....    | 50 |
| <b>Tabla 5:</b> Percepción de completitud funcional .....                 | 50 |
| <b>Tabla 6:</b> Resultados de Pruebas de Precisión .....                  | 51 |
| <b>Tabla 7:</b> Percepción de corrección funcional .....                  | 52 |
| <b>Tabla 8:</b> Percepción de pertinencia funcional .....                 | 53 |
| <b>Tabla 9:</b> Resultados de la adecuación funcional.....                | 53 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1:</b> Diagrama de casos de uso.....                                       | 32 |
| <b>Figura 2:</b> Diagrama de actividades.....  | 33 |
| <b>Figura 3:</b> Diagrama de arquitectura.....                                       | 33 |
| <b>Figura 4:</b> Diagrama físico de la base de datos.....                            | 34 |
| <b>Figura 5:</b> Login .....   | 38 |
| <b>Figura 6:</b> Pantalla de registro .....  | 38 |
| <b>Figura 7:</b> Pantalla de inicio .....  | 38 |
| <b>Figura 8:</b> Pantalla de sitios turísticos .....                                 | 39 |
| <b>Figura 9:</b> Pantalla descripción de sitio turístico .....                       | 39 |
| <b>Figura 10:</b> Ejemplo de código para obtener datos desde Firestore .....         | 40 |
| <b>Figura 11:</b> Ejemplo de código para mostrar los datos en una pantalla.....      | 41 |
| <b>Figura 12:</b> Pantalla de splash.....  | 41 |
| <b>Figura 13:</b> Pantalla de Registro de Usuario.....                               | 42 |
| <b>Figura 14:</b> Pantalla de inicio de sesión (login).....                          | 42 |
| <b>Figura 15:</b> Pantalla de Inicio .....   | 43 |
| <b>Figura 16:</b> Pantalla de módulo de búsqueda.....                                | 43 |
| <b>Figura 17:</b> Pantalla de actividad al azar .....                                | 44 |
| <b>Figura 18:</b> Pantalla de catálogo de sitios.....                                | 44 |
| <b>Figura 19:</b> Pantalla de detalle del sitio (Primera parte).....                 | 45 |
| <b>Figura 20:</b> Pantalla de detalle del sitio (Segunda parte).....                 | 45 |
| <b>Figura 21:</b> Módulo de navegación.....  | 46 |
| <b>Figura 22:</b> Modulo de agregar nuevo sitio (Primera parte).....                 | 46 |
| <b>Figura 23:</b> Módulo Agregar nuevo sitio (Segunda parte) .....                   | 46 |
| <b>Figura 24:</b> Módulo de Mi Negocio.....  | 47 |
| <b>Figura 25:</b> Captura de pantalla de la consola de Firebase Firestore.....       | 48 |
| <b>Figura 26:</b> Captura de pantalla de una prueba de la API OpenRouteService ..... | 48 |
| <b>Figura 27:</b> Resultados técnicos de MacasSmart en JMeter .....                  | 52 |

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue implementar una aplicación móvil para la gestión georreferenciada y promoción de sitios turísticos y comerciales en la ciudad de Macas, utilizando la API OpenRouteService. La metodología aplicada se basó en un enfoque cuantitativo de tipo descriptivo y aplicado, empleando el framework Flutter para el desarrollo multiplataforma y Firebase para la gestión de datos en tiempo real. Para la evaluación de la calidad del software, se utilizó el estándar ISO/IEC 25010 mediante pruebas de rendimiento y una encuesta de satisfacción dirigida a una muestra de usuarios locales y turistas. Los resultados más relevantes demostraron un rendimiento técnico óptimo con un tiempo de respuesta promedio de 846 ms y una tasa de error del 0.00% en las peticiones. En cuanto a la percepción del usuario, se obtuvo un 97.92% de satisfacción respecto a la precisión de la georreferenciación y un nivel de aceptabilidad superior al 95% en comparación con los métodos de promoción tradicionales. Se concluyó que la integración de herramientas de código abierto y arquitecturas en la nube permite a los destinos turísticos emergentes mejorar su competitividad digital. Asimismo, la robustez del software ante fallos externos garantizó la continuidad del servicio, posicionando a la aplicación como una solución tecnológica eficaz para el desarrollo económico y la promoción del sector comercial y turístico de la región.

**Palabras claves:** Aplicación móvil, Flutter, Georreferenciación, Macas, OpenRouteService, Software, Turismo.

## ABSTRACT

This research aimed to implement a mobile application for georeferenced management and promotion of tourist and commercial sites in *Macas* city, using the OpenRouteService API. The methodology applied was based on a descriptive and applied quantitative approach, using the Flutter framework for cross-platform development and Firebase for real-time data management. For the software quality evaluation, the ISO/IEC 25010 standard was used, with performance tests and a satisfaction survey administered to a sample of local users and tourists. The most relevant results demonstrated optimal technical performance, with an average response time of 846 msec and a 0.00% request error rate. Regarding user perception, 97.92% satisfaction was observed with the accuracy of georeferencing, with acceptability exceeding 95% compared to traditional promotion methods. It was concluded that integrating open-source tools and cloud architectures enables emerging tourist destinations to enhance their digital competitiveness. Furthermore, the software's robustness to external failures guaranteed service continuity, positioning the application as an effective technological solution for economic development and for promoting the region's commercial and tourism sectors.

**Keywords:** Flutter, Georeferencing, Macas, Mobile application, OpenRouteService, Software, Tourism.



Reviewed by:  
Jenny Alexandra Freire Rivera, M.Ed.  
**ENGLISH PROFESSOR**  
ID No.: 0604235036

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

En el contexto actual de transformación digital, el desarrollo de soluciones móviles representa una herramienta fundamental para la promoción del turismo local y la dinamización de la economía de las ciudades intermedias y rurales. Las tecnologías móviles permiten una conectividad constante y el acceso a servicios personalizados, convirtiéndolas en un canal estratégico para fomentar el desarrollo territorial sostenible. Según la Organización Mundial del Turismo, la adopción de tecnologías digitales mejora la competitividad de los destinos y fortalece su resiliencia económica [1]. En particular, la ciudad de Macas, capital de la provincia de Morona Santiago, posee un gran potencial turístico y comercial poco explotado, situación que puede revertirse mediante la implementación de herramientas digitales que fortalezcan la visibilidad de sus servicios y atractivos.

La integración de tecnologías de la información y comunicación (TIC) en el turismo ha demostrado ser eficaz para mejorar la experiencia del usuario, facilitar la toma de decisiones y promover destinos emergentes. En años recientes, se ha evidenciado que el uso de herramientas digitales, como aplicaciones móviles con geolocalización, categorización de lugares de interés e interacción con servicios locales, no solo optimiza la experiencia del visitante, sino también empodera a los pequeños negocios mediante una mayor visibilidad y promoción digital [2].

El avance en infraestructura tecnológica, sumado al crecimiento del uso de smartphones, ha generado nuevas oportunidades para que territorios poco conocidos se integren a circuitos turísticos más amplios mediante herramientas de bajo costo y alto impacto. Según datos del Ministerio de Turismo del Ecuador, existe una brecha significativa en el uso de tecnologías digitales para la promoción turística en ciudades pequeñas, factor que dificulta la competitividad de sus economías locales [3]. Esta situación justifica el desarrollo de aplicaciones móviles orientadas a facilitar el acceso a información georreferenciada, valoraciones de usuarios y servicios complementarios como restaurantes, tiendas, espacios recreativos, culturales o deportivos.

Asimismo, la Agenda Digital del Ecuador enfatiza la necesidad de impulsar proyectos tecnológicos que fortalezcan el tejido productivo local, mediante la creación de plataformas digitales que optimicen la provisión de servicios y promuevan la participación ciudadana [4]. En este marco, el presente proyecto propone el desarrollo de una aplicación móvil denominada “MACAS SMART”, que integre un sistema de información para la gestión, visualización y promoción de lugares de interés turístico y comercial en la ciudad de Macas y sus alrededores.

La propuesta se alinea con los principios de la transformación digital territorial, ya que busca generar un impacto positivo en la economía local, fomentar el turismo sostenible, y facilitar el acceso a información confiable y actualizada para residentes y visitantes. Esta aplicación, además de su utilidad práctica, se constituye como un aporte académico en el

ámbito del desarrollo de software móvil con enfoque en desarrollo territorial y gestión inteligente de información turística.

## **1.1 Planteamiento del Problema**

La ciudad de Macas posee un significativo potencial turístico y comercial; sin embargo, enfrenta un déficit de visibilidad y promoción digital. Según el Ministerio de Turismo, muchas localidades emergentes comparten estos retos, lo cual restringe su capacidad para atraer visitantes y fomentar el crecimiento económico local [3]. La gestión tradicional de información mediante mapas físicos y folletos ya no responde a las expectativas de los viajeros contemporáneos. Las aplicaciones móviles influyen significativamente en la intención de uso de los turistas [2], y se ha demostrado que los destinos turísticos inteligentes requieren sistemas eficientes para visibilizar servicios y experiencias locales emergentes [5].

En la actualidad, Macas carece de una aplicación móvil que centralice la información sobre los lugares de interés. La falta de plataformas integradas que faciliten a residentes y visitantes acceder a datos actualizados de restaurantes, tiendas y atractivos impide la optimización de los recursos y limita el aprovechamiento del potencial económico de la región. A pesar del avance en herramientas de georreferenciación, aún no se ha determinado con claridad el grado de impacto que tecnologías como OpenRouteService pueden tener en la adecuación funcional de estas aplicaciones. Por tanto, surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo incidirá la adecuación funcional en el funcionamiento de una aplicación móvil orientada a la promoción de sitios turísticos y comerciales en la ciudad de Macas?

## **1.2 Justificación**

La implementación de la plataforma "MACAS SMART" se presenta como una solución estratégica para dinamizar la economía local y fortalecer la identidad territorial. A nivel global, estas aplicaciones han demostrado ser motores clave para promover destinos emergentes e incrementar la visibilidad de los negocios [2], mitigando así las dificultades de competitividad generadas por la falta de infraestructura tecnológica [3]. Desde el aspecto técnico, la integración de la API OpenRouteService y el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) facilitan la toma de decisiones y optimizan la gestión turística [5]. Esta georreferenciación dinámica proporciona rutas personalizadas en tiempo real, incrementando la satisfacción del turista al fomentar la exploración de nuevos destinos [6].

Adicionalmente, este proyecto responde a los objetivos de la Agenda Digital del Ecuador al fortalecer el ecosistema digital y promover la integración de la economía local [4]. Finalmente, el uso del framework Flutter asegura la viabilidad del proyecto mediante un desarrollo multiplataforma eficiente y de bajo costo [7], creando un entorno digital accesible e inclusivo.

### **1.3 Formulación del Problema**

¿Cómo incidirá la adecuación funcional en el funcionamiento de una aplicación móvil orientada a la promoción de sitios turísticos y comerciales en la ciudad de Macas?

### **1.4 Objetivos**

#### **Objetivo General**

Implementar una app móvil para gestión georreferenciada y promoción de sitios turísticos - comerciales en Macas, usando la API OpenRouteService.

#### **Objetivos Específicos**

- Investigar las tecnologías y recursos de OpenRouteService para la generación de rutas y su integración en el desarrollo de aplicaciones móviles.
- Desarrollar una aplicación móvil interactiva que permita la navegación y visualización de información turística y comercial mediante mapas, integrando funcionalidades de promoción digital como contenido multimedia, descripciones dinámicas y enlaces externos de interés.
- Evaluar la adecuación funcional de la aplicación móvil en base al estándar ISO/IEC 25010.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Aplicaciones móviles en el contexto del turismo**

Las aplicaciones móviles son pilares de la transformación digital en el turismo, permitiendo un acceso interactivo y personalizado a servicios en tiempo real. Su relevancia radica en la integración de tecnologías como la geolocalización y recomendaciones a medida, facilitando la conexión instantánea con la oferta turística. Estas herramientas no solo optimizan la experiencia del viajero, sino que se han vuelto fundamentales para la promoción global y la gestión eficiente de los destinos.

#### **2.1.1 Concepto y características de las aplicaciones móviles**

Las aplicaciones móviles son programas diseñados para dispositivos portátiles que aprovechan funcionalidades nativas como la geolocalización y notificaciones para interactuar de forma personalizada con el usuario [1]. En el turismo, funcionan como interfaces interactivas que ofrecen acceso instantáneo a información actualizada sobre destinos y servicios [5]. Sus características principales incluyen la geolocalización para rutas basadas en la ubicación, la interactividad para reservas y pagos, la accesibilidad en tiempo real para datos de última hora y el uso de contenido multimedia para enriquecer la experiencia visual del turista [2].

#### **2.1.2 Evolución de las aplicaciones móviles en el sector turístico**

La evolución de las aplicaciones móviles turísticas ha pasado de ofrecer información estática y folletos digitales a convertirse en plataformas interactivas y personalizadas que gestionan viajes en tiempo real [6]. Este avance ha sido impulsado por la integración de tecnologías como la inteligencia artificial, los SIG y la realidad aumentada, herramientas que brindan una mayor inmersión al interactuar con monumentos y puntos de interés [5]. Actualmente, estas aplicaciones funcionan como ecosistemas completos que centralizan la compra de boletos, la planificación de itinerarios y la interacción social, transformando radicalmente la experiencia del turista [2].

#### **2.1.3 Impacto de las aplicaciones móviles en la promoción turística local**

El impacto de las aplicaciones móviles en la promoción del turismo local es fundamental para que destinos emergentes alcancen visibilidad global y compitan eficazmente en el mercado internacional [3]. Estas herramientas benefician tanto al turista, al facilitar la toma de decisiones, como a los negocios locales (hoteles, restaurantes y guías), quienes ganan una plataforma de interacción directa y promoción en tiempo real [1]. Además, la capacidad de estas plataformas para recopilar datos sobre preferencias de los usuarios permite a los destinos optimizar continuamente sus servicios y ofertas [5].

### **2.2 Georreferenciación y Sistemas de Información Geográfica (SIG)**

Son tecnologías clave en el ámbito del turismo, ya que permiten la integración y visualización de datos espaciales para mejorar la gestión y la toma de decisiones en los destinos turísticos. Estas herramientas han revolucionado la forma en que se planifican y

gestionan los recursos turísticos, al permitir una visualización precisa de la ubicación y características de los atractivos turísticos, infraestructura y servicios. La georreferenciación y los SIG resultan fundamentales para la creación de mapas interactivos y aplicaciones móviles que facilitan la experiencia del turista y optimizan los flujos turísticos.

### **2.2.1 Concepto de georreferenciación y su importancia en el turismo**

La georreferenciación es el proceso de asociar información con ubicaciones geográficas específicas mediante coordenadas de latitud y longitud. En el ámbito turístico, permite localizar puntos de interés (alojamientos, restaurantes y atractivos) en aplicaciones móviles, mejorando la visibilidad de los destinos y facilitando a los usuarios la obtención de rutas personalizadas y optimizadas [6]. Asimismo, es una herramienta clave para la gestión pública, ya que permite a los organismos tomar decisiones informadas sobre infraestructura y servicios basadas en las áreas de mayor demanda [3].

### **2.2.2 Funcionalidades y componentes de los SIG**

Son herramientas informáticas que gestionan, analizan y visualizan datos espaciales mediante capas temáticas en mapas interactivos. Sus componentes esenciales incluyen el Hardware, Software, Datos y Usuarios. En el turismo, los SIG son fundamentales para gestionar rutas, optimizar servicios y analizar patrones de movilidad o congestión, facilitando así una planificación estratégica de la infraestructura y el desarrollo de destinos [1].

### **2.2.3 Aplicaciones de los SIG en la planificación turística**

Los SIG tienen diversas aplicaciones en la planificación y gestión turística al integrar volúmenes de datos espaciales que facilitan la toma de decisiones. Sus principales usos incluyen:

- **Gestión de destinos:** Permiten visualizar la distribución de recursos y planificar infraestructuras, rutas, servicios básicos y accesibilidad [6].
- **Promoción turística:** Facilitan la difusión de destinos mediante información georreferenciada precisa y actualizada en plataformas digitales y aplicaciones móviles [5].
- **Análisis de flujos:** Ayudan a identificar patrones de movimiento y zonas de congestión, mejorando la distribución de visitantes para evitar la saturación [2].
- **Sostenibilidad:** Permiten detectar áreas vulnerables a la presión turística para diseñar estrategias que minimicen el impacto ambiental y social [4].

### **2.2.4 Georreferenciación y accesibilidad a la información territorial**

La georreferenciación optimiza la accesibilidad territorial y la experiencia del usuario al permitir el acceso a mapas interactivos, rutas y datos detallados en tiempo real [1]. Además, fomenta la inclusión al proporcionar información sobre accesibilidad y rutas adaptadas para personas con movilidad reducida [2]. En conclusión, la integración de los SIG en plataformas digitales es esencial para mejorar la gestión y promoción turística, permitiendo a los destinos tomar decisiones estratégicas para su desarrollo sostenible.

## 2.3 OpenRouteService (ORS)

Es una plataforma de código abierto desarrollada por el Heidelberg Institute for Geoinformation Technology (HeiGIT) que utiliza datos de OpenStreetMap para ofrecer servicios de geocodificación y análisis de rutas. Su API permite a los desarrolladores crear soluciones personalizables de navegación y logística, facilitando en el ámbito turístico la optimización de itinerarios y el acceso interactivo a puntos de interés de manera eficiente.

### 2.3.1 Descripción general de la API OpenRouteService

OpenRouteService es una API gratuita y de código abierto que ofrece funcionalidades geoespaciales avanzadas, destacando por su flexibilidad en el cálculo de rutas personalizadas para diversas modalidades de transporte (peatonal, vehicular, ciclista y transporte público). Además de permitir la geocodificación y la creación de mapas a medida, la API facilita el ajuste de parámetros específicos como el tráfico, la seguridad de la ruta y restricciones de accesibilidad para personas con movilidad reducida [8].

### 2.3.2 Funcionalidades principales: cálculo de rutas, isócronas y geocodificación

La API de ORS permite calcular rutas optimizadas para diversos modos de transporte, incluyendo vehículos (considerando tráfico y vías), peatones y ciclistas (enfocados en seguridad y accesibilidad), y transporte público [5]. Entre sus funciones avanzadas destacan la creación de isócronas, que delimitan áreas accesibles en un tiempo determinado para la gestión de flujos turísticos [9], y el servicio de geocodificación directa e inversa, que facilita la conversión entre direcciones físicas y coordenadas geográficas para mejorar la precisión en la localización de destinos [2].

### 2.3.3 Ventajas del uso de OpenRouteService frente a otras APIs

El uso de OpenRouteService ofrece varias ventajas frente a otras API comerciales disponibles en el mercado, como Google Maps API o Mapbox:

- **Código abierto:** Permite acceder al código fuente y personalizar la API según necesidades específicas sin costos de licencia [6].
- **Sin costos de licencias:** Es una opción gratuita ideal para proyectos de bajo presupuesto o entornos de investigación y desarrollo [5].
- **Datos abiertos:** Utiliza la base de datos de OpenStreetMap, esto garantiza información geográfica actualizada por una comunidad global [9].
- **Adaptabilidad y personalización:** Permite personalizar rutas priorizando seguridad, rapidez o incluyendo restricciones de accesibilidad y sostenibilidad [2].

### 2.3.4. Aplicaciones de OpenRouteService en el desarrollo turístico local

OpenRouteService tiene una serie de aplicaciones clave en el desarrollo del turismo local, algunas de sus aplicaciones más relevantes incluyen:

- **Promoción de destinos turísticos:** Facilita la creación de rutas personalizadas y mapas interactivos que conectan al turista con puntos de interés según su ubicación [5].
- **Optimización de la gestión del transporte turístico:** Utiliza isócronas para identificar áreas accesibles en tiempos determinados, optimizando el flujo de visitantes y el uso del transporte [9].
- **Desarrollo de rutas accesibles:** Permite diseñar trayectos sin barreras para personas con movilidad reducida, fomentando un turismo inclusivo y equitativo [2].
- **Fomento de la sostenibilidad en el turismo:** Sugiere rutas ecológicas y medios de transporte de bajo impacto, ayudando a reducir la huella de carbono en los destinos [6].

## 2.4 Promoción digital de destinos turísticos

La promoción digital se ha consolidado como la estrategia más efectiva para atraer turistas y mejorar la competitividad de los destinos. El avance de las TIC permite una interacción directa y personalizada con el usuario, donde las plataformas digitales y aplicaciones móviles han revolucionado la gestión turística. Esto facilita que operadores y gobiernos locales posicionen su oferta de manera global y accesible a través de internet.

### 2.4.1 Estrategias digitales para la promoción turística

Combinan herramientas y tácticas diseñadas para mejorar la visibilidad y fidelización de los visitantes. Destacan el uso de contenido visual e interactivo (fotografías, tours virtuales y mapas) para captar la atención del usuario, y la optimización en motores de búsqueda (SEO) para posicionar el destino en Google. Asimismo, el marketing de influencia y las campañas segmentadas en redes sociales permiten alcanzar audiencias específicas de manera eficiente, potenciando el impacto de la oferta turística [2].

### 2.4.2 Plataformas digitales y redes sociales en el turismo

Son pilares de la promoción turística actual. Redes como Instagram y TikTok generan visibilidad inmediata mediante contenido visual de alto impacto [5], mientras que plataformas como TripAdvisor y Booking.com fortalecen la confianza del consumidor a través de reseñas y experiencias compartidas. Asimismo, herramientas como Google My Business optimizan el posicionamiento local al ofrecer datos actualizados, fotos y opiniones, facilitando la toma de decisiones informadas por parte del turista [9].

### 2.4.3 Casos de éxito en la promoción turística mediante apps

Existen varios ejemplos de destinos turísticos que han logrado mejorar significativamente su visibilidad y atraer más turistas gracias a la implementación de aplicaciones móviles:

- **VisitScotland (Escocia):** Utiliza mapas interactivos e itinerarios geolocalizados para promocionar zonas menos conocidas, logrando una mejor distribución de los turistas y evitando la saturación en destinos populares [1].

- **Visit Dubai (Dubái):** Ofrece información en tiempo real, reservas y pagos integrados. Ha sido fundamental para la transformación digital de la ciudad y su posicionamiento como destino global [2].
- **Ministerio de Turismo (Ecuador):** Impulsa aplicaciones que difunden la biodiversidad y cultura local, facilitando la conexión con las comunidades y fomentando prácticas de turismo sostenible [3].

## 2.5 Framework Flutter para desarrollo móvil

Permite generar aplicaciones nativas de alto rendimiento para múltiples plataformas (Android, iOS, Windows y macOS) desde una única base de código. Su arquitectura basada en widgets garantiza una experiencia de usuario fluida, altamente personalizable y eficiente. En el sector turístico, destaca por su flexibilidad para desarrollar aplicaciones interactivas que facilitan la promoción de destinos, la visualización de información georreferenciada y la creación de rutas personalizadas [10].

### 2.5.1. Origen y características del framework Flutter

Es un framework de código abierto lanzado por Google en 2017 que, a diferencia de otras soluciones multiplataforma, utiliza el motor gráfico Skia para renderizar la interfaz directamente en el dispositivo, garantizando un rendimiento nativo [10]. Su arquitectura se basa en widgets modulares y reutilizables, una característica que permite construir interfaces complejas, personalizadas y visualmente consistentes, facilitando un desarrollo eficiente y mantenible [11].

### 2.5.2. Lenguaje Dart y arquitectura basada en widgets

Flutter utiliza el lenguaje Dart, desarrollado por Google, está orientado a objetos y se compila a código nativo para maximizar la velocidad y eficiencia. Su integración con el framework optimiza el rendimiento y acelera el ciclo de desarrollo de aplicaciones móviles, permitiendo una ejecución fluida y de alta calidad [10]. Utiliza una arquitectura basada en widgets, unidades fundamentales que permiten construir interfaces complejas, personalizadas y coherentes mediante su reutilización. Una de sus características clave es el Hot Reload, función que permite visualizar cambios en el código de forma inmediata sin reiniciar la aplicación, esto acelera significativamente el proceso de desarrollo y la productividad [11].

### 2.5.3. Ventajas del desarrollo multiplataforma con Flutter

El desarrollo multiplataforma es una de las principales ventajas de Flutter. A diferencia de otros enfoques tradicionales, que requieren crear aplicaciones separadas para cada plataforma (Android, iOS, etc.), Flutter permite a los desarrolladores escribir una sola base de código que se puede ejecutar en múltiples plataformas. Esto no solo reduce el tiempo y el costo de desarrollo, sino que también facilita el mantenimiento y la actualización de las aplicaciones. Algunas de las ventajas específicas de usar Flutter para el desarrollo multiplataforma incluyen:

- Desarrollo más rápido: La capacidad de escribir una sola base de código para múltiples plataformas reduce significativamente el tiempo de desarrollo, una ventaja que es especialmente útil en proyectos con plazos ajustados [10].
- Flutter se destaca por su alto rendimiento debido a que compila directamente en código nativo. A diferencia de otros frameworks multiplataforma, Flutter no requiere puentes o intermediarios para la comunicación entre la aplicación y el sistema operativo del dispositivo. Al compilar en código nativo, las aplicaciones desarrolladas con Flutter tienen un rendimiento similar al de las aplicaciones nativas, esto permite que la experiencia del usuario sea rápida y fluida [11].
- Compatibilidad con plataformas múltiples: Flutter permite desplegar aplicaciones en dispositivos móviles, web y escritorio. Es una solución todo-en-uno para proyectos que requieren compatibilidad con múltiples plataformas [5].

#### **2.5.4. Integración de Flutter con APIs y servicios de mapas**

Flutter es ideal para aplicaciones turísticas por su facilidad para integrar APIs de mapas y geolocalización en tiempo real. Mediante paquetes como `flutter_map` y la integración de servicios como `OpenRouteService`, permite visualizar mapas interactivos, trazar rutas optimizadas y ofrecer recomendaciones basadas en la ubicación del usuario, mejorando significativamente la experiencia de navegación del turista [5].

La integración con servicios cartográficos y APIs externas permite personalizar las aplicaciones turísticas según las necesidades de cada destino, optimizando la interacción con el usuario. Esta capacidad de incorporar servicios de terceros potencia la flexibilidad y el alcance funcional de las aplicaciones móviles desarrolladas con Flutter. [10].

### **2.6 Firebase para el desarrollo backend**

Es una plataforma de desarrollo bajo el modelo BaaS (Backend-as-a-Service) de Google, que permite construir aplicaciones de alta calidad sin gestionar infraestructura propia. Su capacidad para manejar datos en tiempo real, autenticación y análisis optimiza el ciclo de desarrollo, facilitando la escalabilidad y reduciendo los costos operativos del proyecto [7].

#### **2.6.1 Firebase Authentication**

Ofrece una infraestructura de backend y SDKs para gestionar la identidad y seguridad de los usuarios mediante diversos métodos como contraseñas, teléfonos y proveedores federados. Su capacidad para diferenciar roles permite restringir funcionalidades críticas, como la edición de información, asegurando que solo los administradores autorizados tengan permisos distintos a los de los usuarios turistas. [12].

#### **2.6.2 Cloud Firestore Database**

Es una base de datos NoSQL jerárquica que organiza la información en documentos y colecciones, facilitando la gestión de datos diversos como catálogos y perfiles. Sus principales ventajas son la sincronización en tiempo real, que propaga actualizaciones

instantáneamente a todos los dispositivos, y su soporte robusto para modo offline, que permite mantener la funcionalidad de la aplicación y sincronizar cambios automáticamente al recuperar la conexión [13].

## 2.7 Gestión de recursos multimedia en la nube: Cloudinary

En el desarrollo móvil, almacenar archivos de alta resolución en servidores tradicionales genera latencia y altos costos de ancho de banda. Cloudinary soluciona esto como una plataforma SaaS (Software como Servicio) que permite cargar, gestionar y entregar contenido multimedia de forma optimizada. Su uso garantiza un alto rendimiento y una mejor experiencia de usuario al procesar imágenes y videos directamente en la nube.

### 2.7.1 Carga de imágenes sin firma

Para aplicaciones que requieren la carga de contenido desde dispositivos móviles, Cloudinary ofrece la funcionalidad de "cargas sin firma" (Unsigned Uploads). Este mecanismo permite subir archivos directamente desde la aplicación cliente de forma segura, utilizando "presets" de carga preconfigurados que definen reglas de almacenamiento y transformación sin exponer credenciales maestras. Esta estrategia simplifica la arquitectura al evitar un backend intermedio y optimiza la base de datos (como Firestore), almacenando únicamente referencias URL en lugar de archivos binarios pesados [14].

## 2.8 Calidad del software y norma ISO/IEC 25010

La calidad del software es fundamental en el desarrollo móvil para garantizar una óptima experiencia de usuario y rendimiento. La norma ISO/IEC 25010 establece el marco para evaluar la calidad mediante el cumplimiento de requisitos funcionales y no funcionales, permitiendo mayor transparencia, mejora continua y satisfacción del usuario final [15].

### 2.8.1. Concepto de calidad en el desarrollo de software

La calidad del software es la capacidad de un sistema para cumplir con los requisitos y expectativas establecidos, garantizando un producto funcional, eficiente, seguro y fácil de usar. Más allá de la ausencia de defectos, implica satisfacer las necesidades del usuario y poseer adaptabilidad ante cambios o requerimientos futuros. En el contexto del desarrollo de software, la calidad se mide a través de diversas características, tales como:

- **Funcionalidad:** La capacidad del software para cumplir con las funciones especificadas.
- **Usabilidad:** Qué tan fácil y amigable es el software para el usuario.
- **Rendimiento:** La eficiencia del software en términos de uso de recursos y tiempos de respuesta.
- **Seguridad:** La protección del software frente a accesos no autorizados y posibles vulnerabilidades.

## 2.8.2. Evaluación de la adecuación funcional del software

Se define como el grado en el que un producto o sistema proporciona funciones que satisfacen las necesidades declaradas e implícitas cuando se usa bajo condiciones específicas [16]. En el desarrollo de soluciones móviles, esta característica es fundamental para validar la efectividad de la herramienta mediante tres indicadores técnicos que deben definirse formalmente:

- **Complejidad funcional:** Se refiere al grado en el cual las funcionalidades del software cubre todas las tareas y objetivos del usuario que fueron especificados en los requisitos [16]. En este proyecto, la complejidad asegura que la gestión georreferenciada incluya todos los módulos necesarios para la promoción comercial y turística, garantizando que el usuario encuentre todas las herramientas prometidas en la fase de diseño [17].
- **Corrección funcional:** Define la capacidad del software para proporcionar resultados con el grado de precisión requerido [16]. Para el trazado de rutas y ubicación de sitios, este indicador es crítico, ya que asegura que la información geográfica entregada al usuario sea exacta, libre de errores de posicionamiento y coincida con la realidad del terreno en la ciudad de Macas [17].
- **Pertinencia funcional:** Representa el grado en el que las funciones facilitan la realización de tareas y objetivos específicos de manera apropiada para el usuario [16]. Este indicador permite validar si la aplicación constituye una herramienta realmente útil y necesaria para resolver las necesidades del usuario en entornos reales, optimizando la búsqueda de información turística de forma efectiva [18].

## 2.9 Metodología de desarrollo MOBILE - D

Es un enfoque ágil y flexible diseñado para optimizar el desarrollo de aplicaciones móviles de alta calidad, permitiendo una rápida adaptación a los cambios en los requerimientos y necesidades del mercado. Basada en la iteración continua y el diseño centrado en el usuario, esta metodología estructura el ciclo de vida del proyecto en cuatro fases principales (Exploración, Inicialización, Producción y Pruebas) para garantizar una gestión eficiente y la mejora constante del producto final a través de la retroalimentación.

### 2.9.1 Características clave del modelo MOBILE – D

El modelo MOBILE - D se caracteriza principalmente por:

- **Desarrollo ágil e iterativo:** Se organiza en ciclos (sprints), permitiendo que cada iteración entregue un producto funcional y que los ajustes puedan realizarse de manera continua.
- **Enfoque centrado en el usuario (UX/UI):** La experiencia del usuario es crucial; se asegura que la interfaz sea intuitiva, accesible y atractiva, siempre validada por las pruebas de usabilidad.

- Colaboración constante con el cliente: El cliente juega un papel activo a lo largo de todo el proceso, proporcionando retroalimentación continua que guía las decisiones del equipo de desarrollo.
- Pruebas continuas: Las pruebas de funcionalidad, rendimiento y usabilidad son realizadas desde el inicio del proyecto, garantizando que la calidad del producto se mantenga a lo largo del desarrollo.

### 2.9.2 Fases del proceso de desarrollo en MOBILE – D

Según la metodología MOBILE - D, el desarrollo se organiza en cuatro fases principales que proporcionan estructura y flexibilidad al mismo tiempo. Cada fase se centra en un aspecto clave del ciclo de vida de la aplicación móvil:

#### 1. Exploración:

En esta fase inicial, se busca comprender a fondo el proyecto. Se definen los requisitos generales, los objetivos del cliente y las restricciones técnicas. Se realiza un análisis de viabilidad y se establece el marco para el desarrollo, considerando las plataformas móviles a utilizar y las tecnologías que se emplearán [10].

#### 2. Iniciación:

Durante la fase de iniciación, se configuran los recursos técnicos y humanos para comenzar con el desarrollo. Se definen los primeros prototipos de la aplicación y se validan las decisiones iniciales sobre la interfaz de usuario (UI) y la experiencia del usuario (UX). La colaboración constante con el cliente es clave para afinar los detalles antes de comenzar el desarrollo en sí [19].

#### 3. Producción:

Esta fase se centra en el desarrollo del producto, donde se escribe el código, se implementan las funcionalidades definidas y se integran los servicios necesarios. En esta fase también se prioriza el uso de herramientas de integración continua y control de versiones para garantizar la calidad del código y el rendimiento de la aplicación en los dispositivos [10].

#### 4. Pruebas:

Durante esta fase, se realizan las validaciones finales del producto para asegurar que todos los componentes interactúen correctamente. En esta etapa, la evaluación se fundamenta en el estándar ISO/IEC 25010, enfocándose en la Adecuación Funcional mediante tres indicadores críticos [20]:

- **Compleitud funcional:** Grado en el cual el conjunto de funcionalidades cubre todas las tareas y objetivos del usuario especificados.
- **Corrección funcional:** Capacidad del software para proporcionar resultados con el grado de precisión requerido, asegurando que el trazado de rutas y la geolocalización sean exactos.
- **Pertinencia funcional:** Grado en el que las funciones facilitan la realización de tareas y objetivos específicos de promoción turística para el usuario [21].

## **CAPÍTULO III. METODOLOGÍA**

### **3.1 Diseño de la investigación**

La investigación posee un enfoque cuantitativo, basado en la recolección y análisis de datos numéricos para validar la eficiencia del software. Este proceso se operacionaliza mediante la verificación técnica de requisitos bajo la norma ISO/IEC 25010 y la aplicación de encuestas estructuradas con escala de Likert.

### **3.2 Tipo de investigación**

La presente investigación es de tipo aplicada, se enfoca en la utilización de conocimientos técnicos y teóricos del desarrollo móvil y la georreferenciación, con el objetivo de resolver un problema práctico: la falta de visibilidad y promoción de los sitios turísticos y comerciales en la ciudad de Macas. La solución se concreta en una aplicación móvil que emplea la API OpenRouteService para ofrecer rutas y visualización de lugares georreferenciados.

### **3.3 Población de estudio y tamaño muestra**

#### **3.3.1 Población**

La población objetivo de esta investigación está compuesta por:

- Turistas locales y extranjeros en la ciudad de Macas.
- Propietarios o responsables de negocios turísticos y comerciales locales.

La población de estudio se basó en el último censo del cantón Morona, que registra 22.600 habitantes en Macas. Al contar con un marco muestral cuantificable, se define como una población finita. Para el cálculo del tamaño de la muestra, se tomó como referencia a los residentes permanentes por ser una fuente de datos constante y verificable, aplicando la fórmula estadística correspondiente para este tipo de poblaciones.

#### **3.3.2 Tamaño de muestra**

Para determinar la muestra representativa de 96 encuestados en Macas, se utilizó la fórmula para poblaciones finitas mediante un muestreo aleatorio simple. Se emplearon proporciones de éxito (p) y fracaso (q) de 0.5 para maximizar el tamaño de la muestra y asegurar el rigor estadístico en la validación de los requerimientos técnicos y la adecuación funcional de la aplicación, asumiendo el escenario de mayor incertidumbre.

La configuración del cálculo se fundamentó en un nivel de confianza del 95% ( $Z = 1.96$ ) y un margen de error del 10% ( $e = 0.10$ ), lo cual responde a criterios técnicos especializados en la validación de productos digitales y pruebas de usabilidad de software. Según sostienen Sauro y Lewis, un margen de error en este rango es aceptable y optimiza la relación costo-beneficio en las investigaciones de usuarios, permitiendo la detección de patrones críticos de funcionamiento y fallos de adecuación funcional sin requerir muestras

excesivamente extensas que comprometan la viabilidad del estudio en entornos reales [22]. Ver ecuación 1.

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{e^2 \cdot (N - 1) + Z^2 \cdot p \cdot q} \quad (1)$$

La muestra fue determinada mediante la Ecuación 1.

$$n = \frac{22600 \cdot 1.96^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}{0.10^2 \cdot (22600 - 1) + 1.96^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5} \approx 96$$

### **Selección de la muestra**

Se realizó la encuesta a **96 personas**, seleccionando usuarios en los puntos de mayor afluencia turística de Macas (Parque Central, Terminal Terrestre y principales atractivos), asegurando la participación tanto de residentes locales como de visitantes.

### **3.4 Técnicas de recolección de datos**

#### **3.4.1. Encuestas estructuradas**

El diseño del cuestionario se fundamentó en la operacionalización de la variable dependiente: la adecuación funcional de la aplicación móvil. Las preguntas se estructuraron bajo el estándar ISO/IEC 25010 [16], desglosando específicamente la característica de Adecuación Funcional en sus tres subcaracterísticas esenciales: Completitud Funcional, Corrección Funcional y Pertinencia Funcional. Asimismo, la redacción técnica de los reactivos y la selección de la escala Likert de cinco puntos se guiaron metodológicamente por investigaciones enfocadas en la cuantificación de la experiencia del usuario, aplicando los lineamientos estadísticos de usabilidad [22].

De igual manera, el diseño se sustentó en metodologías recientes orientadas a la evaluación de la adecuación funcional bajo el estándar ISO/IEC 25010 en entornos móviles [20] y en la validación de pruebas de usuario en aplicaciones [21]. Esto garantizó que cada ítem responda de forma directa a un indicador normativo de calidad, asegurando la validez y confiabilidad del instrumento sin depender de métricas de rendimiento no aplicables a este objetivo.

### **3.5 Identificación de variables**

#### **3.5.1 Variable dependiente**

Adecuación funcional de la aplicación móvil en base al estándar ISO/IEC 25010.

#### **3.5.2 Variable independiente**

Aplicación móvil utilizando OpenRouteService API.

### **3.6 Operacionalización de variables**

La Tabla 1, presenta la operacionalización de variables.

**Tabla 1:** Operacionalización de Variables.

| PROBLEMA   | TEMA   | OBJETIVOS  | VARIABLES  | CONCEPTUALIZACION   | DIMENSION  | INDICADORES   |
|--|--|--|--|---|--|---|
| ¿Cómo incidirá la adecuación funcional en el funcionamiento de una aplicación móvil orientada a la promoción de sitios turísticos y comerciales en la ciudad de Macas? | Implementación de app móvil para gestión georreferenciada y promoción de sitios turísticos - comerciales en Macas, usando la API OpenRouteService. | <p>GENERAL</p> <p>Implementar una app móvil para gestión georreferenciada y promoción de sitios turísticos - comerciales en Macas, usando la API OpenRouteService.</p> <p>ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar las tecnologías y recursos de OpenRouteService para la generación de rutas y su integración en el desarrollo de aplicaciones móviles.</li> <li>• Desarrollar una aplicación móvil interactiva que permita la navegación y visualización de información turística y comercial mediante mapas, integrando funcionalidades de promoción digital como contenido multimedia, descripciones dinámicas y enlaces externos de interés.</li> <li>• Evaluar la adecuación funcional de la aplicación móvil en base al estándar ISO/IEC 25010.</li> </ul> | <p>INDEPENDIENTE</p> <p>Aplicación móvil utilizando OpenRouteService API.</p> <p>DEPENDIENTE</p> <p>Adecuación funcional de la aplicación móvil en base al estándar ISO/IEC 25010.</p> | <p>Una aplicación móvil es una herramienta diseñada para dispositivos móviles que permite recolectar, procesar, almacenar y distribuir información, con el fin de facilitar el acceso a datos y apoyar la toma de decisiones en una organización.</p> <p>La norma ISO/IEC 25010:2011 establece un modelo de calidad para productos de software, compuesto por ocho características principales: funcionalidad, usabilidad, eficiencia de desempeño, compatibilidad, fiabilidad, seguridad, mantenibilidad y portabilidad.</p> | <p>Aplicación móvil</p> <p>Funcionalidad de la aplicación.</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>•Número de módulos implementados</li> <li>•Compleitud funcional.</li> <li>•Corrección funcional</li> <li>•Pertinencia funcional</li> </ul> |

### 3.7 Metodología de desarrollo

Se empleó la metodología MOBILE-D por su enfoque ágil y flexible, ideal para optimizar el desarrollo móvil y adaptarse a cambios dinámicos en los requisitos turísticos. Esta metodología estructura el proceso en cuatro fases clave: Exploración, Inicialización, Producción y Pruebas, garantizando entregas funcionales frecuentes, eficiencia técnica y un producto final centrado en la experiencia del usuario.

#### 3.7.1 Fase 1: Exploración

La fase de Exploración constituye la etapa de definición técnica y operativa del proyecto "MACAS SMART". El objetivo primordial de esta fase fue realizar un levantamiento de requerimientos funcionales y no funcionales mediante un enfoque cuantitativo, estableciendo las métricas de calidad iniciales y evaluando la viabilidad tecnológica de la propuesta frente a la problemática identificada en el entorno local.

#### Identificación del problema y justificación técnica

- **Problema:** Se determinó la carencia de herramientas digitales integradas para la promoción turística en Macas. Los métodos actuales, basados en medios analógicos y estáticos, limitan el acceso de los usuarios a datos georreferenciados en tiempo real y a la generación de rutas dinámicas.
- **Justificación:** El proyecto se fundamenta en el uso del framework Flutter y la API OpenRouteService, tecnologías que permiten solventar la brecha informativa detectada mediante una gestión eficiente de datos espaciales y el trazado de polilíneas exactas para la navegación asistida por GPS.

#### Definición del alcance preliminar:

En esta fase, se definió el alcance inicial del Producto Mínimo Viable (MVP) de la aplicación, cuya definición se limitó a las funcionalidades esenciales necesarias para que la aplicación cumpla con los objetivos iniciales.

#### Alcance:

- **Módulo móvil (Autenticación y Navegación):**  
Permite visualizar puntos de interés, consultar información detallada (fotos, horarios, descripciones) y calcular rutas personalizadas en tiempo real mediante la API OpenRouteService, basándose en la ubicación actual del usuario.
- **Gestión de la base de datos:**  
La administración de usuarios y contenidos se realiza centralizadamente desde la base de datos, omitiendo el desarrollo de un módulo web. Esta estrategia simplifica la operación y asegura el mantenimiento eficiente de la información disponible en la app.
- **Funcionalidad de georreferenciación:**  
Implementación de un mapa interactivo que utiliza la API **OpenRouteService** para geolocalizar puntos de interés y generar rutas de navegación precisas según la posición del usuario.

### **Fuera de alcance:**

- Desarrollo de funcionalidades adicionales como servicios de reservas en línea o comercio electrónico.
- Integración con sistemas de pago o plataformas externas.

### **Estudio de viabilidad técnica**

Para asegurar que las tecnologías seleccionadas fueran adecuadas, se realizó un análisis exhaustivo de la viabilidad técnica:

#### **API OpenRouteService:**

Fue seleccionada por su capacidad para ofrecer georreferenciación precisa y cálculo de rutas personalizadas. Esta API proporciona servicios como geocodificación, cálculo de rutas y visualización de isócronas, esenciales para que los usuarios puedan ver los puntos de interés en un mapa interactivo y recibir rutas optimizadas según su ubicación [9].

#### **Plataforma de desarrollo (Flutter):**

Fue elegido como el framework para el desarrollo de la aplicación debido a su capacidad para crear aplicaciones multiplataforma (iOS y Android) a partir de una única base de código. Esto no solo reduce los costos y tiempos de desarrollo, sino que también permite crear aplicaciones nativas con alto rendimiento y una interfaz de usuario atractiva [10].

#### **Base de datos (Firebase):**

Se eligió como la solución para gestionar los datos en tiempo real de los usuarios y los puntos turísticos. Su fácil integración con Flutter y su capacidad para manejar datos en tiempo real la hacen ideal para este proyecto, garantizando un flujo de datos eficiente y fiable entre la aplicación móvil y los servicios backend [1].

### **Identificación de requisitos clave**

En esta fase, se definieron los requisitos clave para el desarrollo de la aplicación móvil:

#### **Requisitos funcionales (RF):**

- **Registro de usuarios:** La aplicación debe permitir el registro de nuevos usuarios a través de un formulario básico (nombre, correo electrónico) y debe asociarles un perfil de usuario.
- **Cálculo de rutas:** Los usuarios deben poder calcular rutas personalizadas desde su ubicación hasta los puntos turísticos seleccionados.
- **Visualización de puntos de interés:** El sistema debe mostrar una lista detallada de puntos de interés con información como: horarios de apertura, fotos, descripciones y enlaces para obtener más información.

### Requisitos no funcionales (RNF):

- **Seguridad:** Los datos personales de los usuarios deben ser encriptados tanto en reposo como en tránsito, asegurando la protección de la privacidad del usuario.
- **Desempeño:** La aplicación debe tener un tiempo de carga rápido y ser eficiente en el uso de recursos, especialmente en dispositivos móviles de gama baja.
- **Usabilidad:** La interfaz debe ser intuitiva y fácil de usar, permitiendo una navegación fluida y sencilla por parte de los usuarios sin necesidad de formación previa.

### 3.7.2 Fase 2: Inicialización

#### Diagrama de casos de uso

Con el objetivo de definir el alcance funcional y las interacciones entre los actores y el sistema, se elaboró el diagrama de casos de uso presentado en la **Figura 1**. Este modelo permite visualizar las capacidades principales de la aplicación, como la gestión de perfiles y la consulta de rutas turísticas.

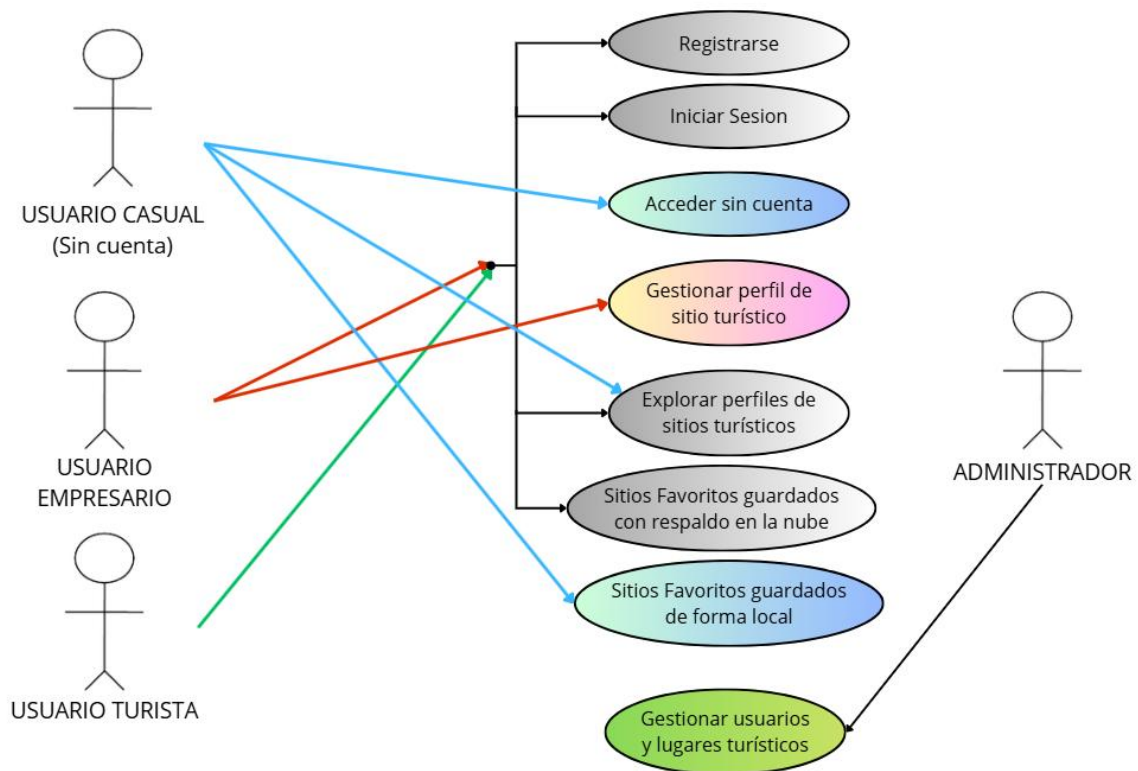


Figura 1: Diagrama de casos de uso

#### Diagrama de actividades

Para comprender el flujo lógico y operativo que experimenta el usuario al interactuar con la aplicación, se diseñó el diagrama de actividades que se detalla en la **Figura 2**. Este esquema representa secuencialmente los procesos desde el inicio de sesión hasta el acceso a toda la información de los sitios turísticos.

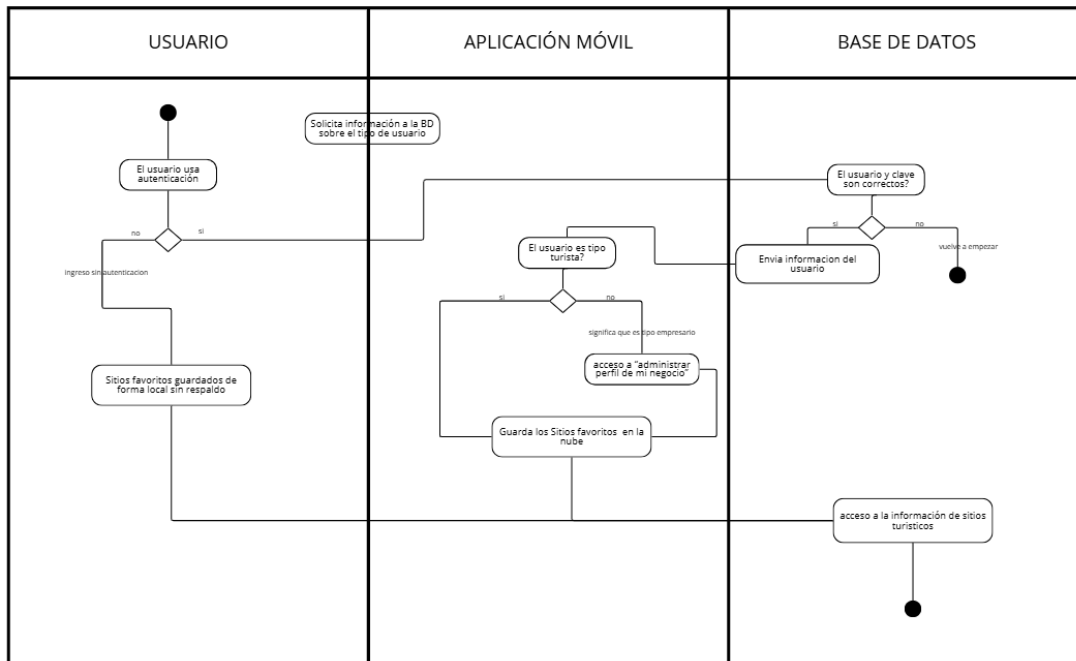


Figura 2: Diagrama de actividades

## Diagrama de despliegue o arquitectura

En la **Figura 3** se ilustra la interacción entre el frontend desarrollado en Flutter y los servicios de backend, asegurando un flujo de información bidireccional eficiente.

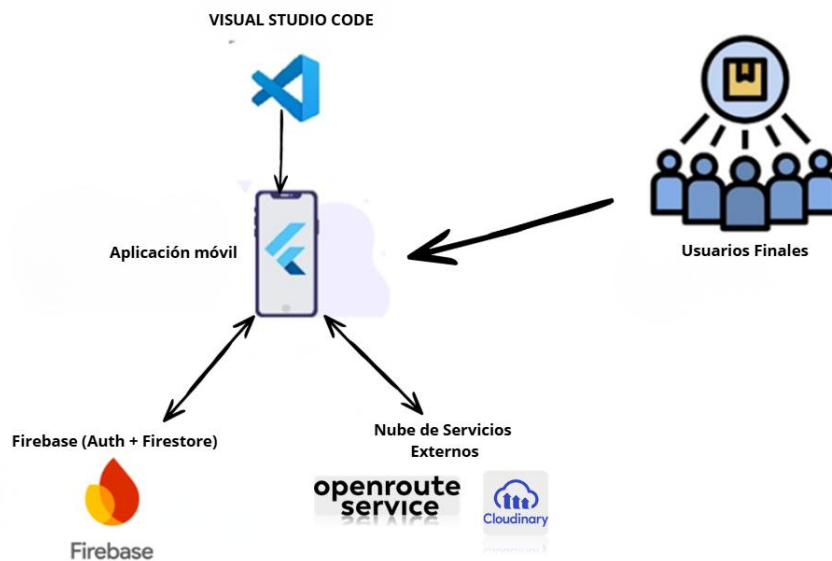


Figura 3: Diagrama de arquitectura

## Modelado de la base de datos

La persistencia de la información turística se gestiona mediante una base de datos NoSQL orientada a documentos. En la **Figura 4** se presenta el diagrama físico que describe la organización de las colecciones y sub colecciones, optimizado para consultas de alta velocidad y baja latencia.

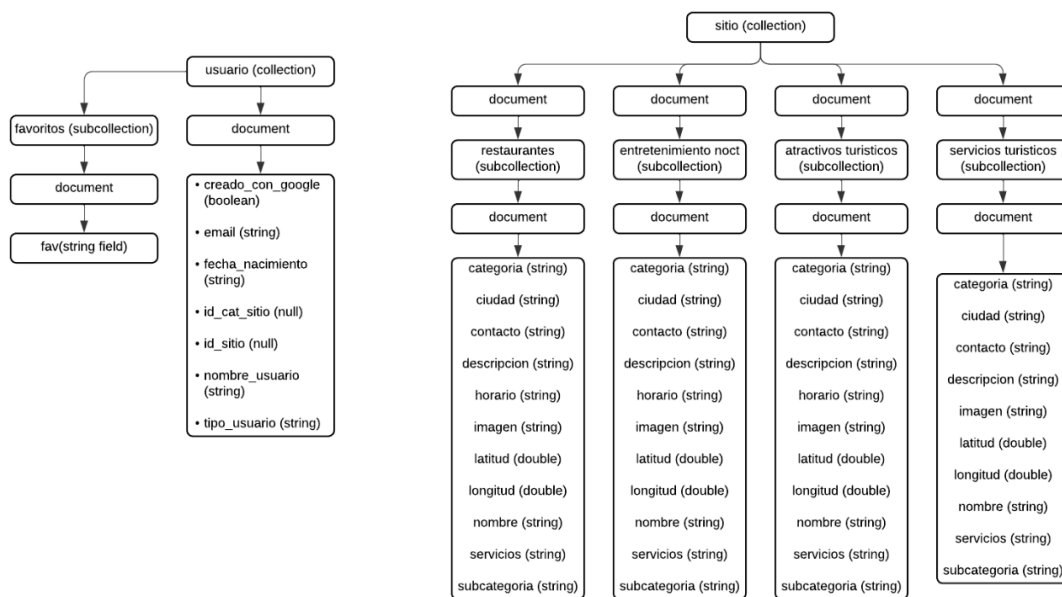


Figura 4: Diagrama físico de la base de datos (NoSql)

## Diccionario de datos de la base de datos

Complementando el modelo físico, se elaboró una definición detallada de la estructura de almacenamiento. La **Tabla 2** presenta el diccionario de datos correspondiente a la colección 'sitios', especificando los tipos de datos y la ubicación jerárquica de cada campo dentro de la base de datos.

Tabla 2: Campos y características de la colección sitios

| Campo        | Ubicación                                      | Tipo de Dato   | Descripción  |
|--------------|--|----------------|--|
| document     | sitios/  | Documento      | Identificador único para cada categoría de los sitios.                   |
| restaurantes | sitios/document(id)/                           | Subcolección   | Colección para almacenar los sitios en la categoría restaurantes.        |
| document     | sitios/document(id)/restaurantes/              | Documento      | Identificador único para cada sitio dentro de la categoría restaurantes. |
| nombre       | sitios/document(id)/restaurantes/document(id)/ | Campo (string) | Almacena el nombre del sitio turístico.                                  |
| imagen       | sitios/document(id)/restaurantes/document(id)/ | Campo (string) | Almacena el enlace de la imagen del sitio turístico.                     |
| ciudad       | sitios/document(id)/restaurantes/document(id)/ | Campo (string) | Almacena el nombre de la ciudad del sitio turístico.                     |
| categoria    | sitios/document(id)/restaurantes/document(id)/ | Campo (string) | Almacena la categoría correspondiente al sitio turístico.                |
| contacto     | sitios/document(id)/restaurantes/document(id)/ | Campo (string) | Almacena el contacto correspondiente al sitio turístico.                 |
| latitud      | sitios/document(id)/restaurantes/document(id)/ | Campo (string) | Almacena la latitud correspondiente al sitio turístico.                  |
| longitud     | sitios/document(id)/restaurantes/document(id)/ | Campo (string) | Almacena la longitud correspondiente al sitio turístico.                 |
| servicios    | sitios/document(id)/restaurantes/document(id)/ | Campo (string) | Almacena la categoría correspondiente al sitio turístico.                |

|                          |  |                |  |
|--------------------------|--|----------------|--|
| horario                  | sitios/document(id)/restaurantes/document(id)/             | Campo (string) | Almacena el horario correspondiente al sitio turístico.                              |
| subcategoria             | sitios/document(id)/restaurantes/document(id)/             | Campo (string) | Almacena la subcategoría correspondiente al sitio turístico.                         |
| descripcion              | sitios/document(id)/restaurantes/document(id)/             | Campo (string) | Almacena la descripción del sitio turístico.   |
| entretenimiento_nocturno | sitios/document(id)/                                       | Subcolección   | Colección para almacenar los sitios en la categoría entretenimiento nocturno.        |
| document                 | sitios/document(id)/entretenimiento_nocturno/              | Documento      | Identificador único para cada sitio dentro de la categoría entretenimiento nocturno. |
| nombre                   | sitios/document(id)/entretenimiento_nocturno/document(id)/ | Campo (string) | Almacena el nombre del sitio turístico.  |
| imagen                   | sitios/document(id)/entretenimiento_nocturno/document(id)/ | Campo (string) | Almacena el enlace de la imagen del sitio turístico.                                 |
| ciudad                   | sitios/document(id)/entretenimiento_nocturno/document(id)/ | Campo (string) | Almacena el nombre de la ciudad del sitio turístico.                                 |
| categoria                | sitios/document(id)/entretenimiento_nocturno/document(id)/ | Campo (string) | Almacena la categoría correspondiente al sitio turístico.                            |
| contacto                 | sitios/document(id)/entretenimiento_nocturno/document(id)/ | Campo (string) | Almacena el contacto correspondiente al sitio turístico.                             |
| latitud                  | sitios/document(id)/entretenimiento_nocturno/document(id)/ | Campo (string) | Almacena la latitud correspondiente al sitio turístico.                              |
| longitud                 | sitios/document(id)/entretenimiento_nocturno/document(id)/ | Campo (string) | Almacena la longitud correspondiente al sitio turístico.                             |
| servicios                | sitios/document(id)/entretenimiento_nocturno/document(id)/ | Campo (string) | Almacena la categoría correspondiente al sitio turístico.                            |
| horario                  | sitios/document(id)/entretenimiento_nocturno/document(id)/ | Campo (string) | Almacena el horario correspondiente al sitio turístico.                              |
| subcategoria             | sitios/document(id)/entretenimiento_nocturno/document(id)/ | Campo (string) | Almacena la subcategoría correspondiente al sitio turístico.                         |
| descripcion              | sitios/document(id)/entretenimiento_nocturno/document(id)/ | Campo (string) | Almacena la descripción del sitio turístico.   |
| atractivos_turisticos    | sitios/document(id)/                                       | Subcolección   | Colección para almacenar los sitios en la categoría atractivos turísticos.           |
| document                 | sitios/document(id)/atractivos_turisticos/                 | Documento      | Identificador único para cada sitio dentro de la categoría atractivos turísticos.    |

|                      |   |                |  |
|----------------------|---|----------------|--|
| nombre               | sitios/document(id)/<br>atractivos_turisticos/do<br>cument(id)/ | Campo (string) | Almacena el nombre del sitio<br>turístico.   |
| imagen               | sitios/document(id)/<br>atractivos_turisticos/do<br>cument(id)/ | Campo (string) | Almacena el enlace de la imagen<br>del sitio turístico.  |
| ciudad               | sitios/document(id)/<br>atractivos_turisticos/do<br>cument(id)/ | Campo (string) | Almacena el nombre de la ciudad<br>del sitio turístico.  |
| categoria            | sitios/document(id)/<br>atractivos_turisticos/do<br>cument(id)/ | Campo (string) | Almacena la categoría<br>correspondiente al sitio turístico.   |
| contacto             | sitios/document(id)/<br>atractivos_turisticos<br>/document(id)/ | Campo (string) | Almacena el contacto<br>correspondiente al sitio turístico.  |
| latitud              | sitios/document(id)/<br>atractivos_turisticos<br>/document(id)/ | Campo (string) | Almacena la latitud correspondiente<br>al sitio turístico.   |
| longitud             | sitios/document(id)/<br>atractivos_turisticos<br>/document(id)/ | Campo (string) | Almacena la longitud<br>correspondiente al sitio turístico.  |
| servicios            | sitios/document(id)/<br>atractivos_turisticos<br>/document(id)/ | Campo (string) | Almacena la categoría<br>correspondiente al sitio turístico.   |
| horario              | sitios/document(id)/<br>atractivos_turisticos<br>/document(id)/ | Campo (string) | Almacena el horario<br>correspondiente al sitio turístico.   |
| subcategoria         | sitios/document(id)/<br>atractivos_turisticos<br>/document(id)/ | Campo (string) | Almacena la subcategoría<br>correspondiente al sitio turístico.  |
| descripcion          | sitios/document(id)/<br>atractivos_turisticos/do<br>cument(id)/ | Campo (string) | Almacena la descripción del sitio<br>turístico.  |
| categoria2           | sitios/document(id)/<br>atractivos_turisticos/do<br>cument(id)/ | Campo (string) | Almacena como segunda categoría<br>“act_aire_libre” si el sitio es o tiene<br>actividades al Aire libre. |
| servicios_turisticos | sitios/document(id)/  | Subcolección   | Colección para almacenar los sitios<br>en la categoría servicios turísticos.                             |
| document             | sitios/document(id)/ser<br>vicios_turisticos/                   | Documento      | Identificador único para cada sitio<br>dentro de la categoría servicios<br>turísticos.                   |
| nombre               | sitios/document(id)/ser<br>vicios_turisticos/docu<br>ment(id)/  | Campo (string) | Almacena el nombre del sitio<br>turístico.   |
| imagen               | sitios/document(id)/ser<br>vicios_turisticos/docu<br>ment(id)/  | Campo (string) | Almacena el enlace de la imagen<br>del sitio turístico.  |
| ciudad               | sitios/document(id)/rest<br>aurantes/document(id)/              | Campo (string) | Almacena el nombre de la ciudad<br>del sitio turístico.  |
| categoria            | sitios/document(id)/ser<br>vicios_turisticos/docu<br>ment(id)/  | Campo (string) | Almacena la categoría<br>correspondiente al sitio turístico.   |

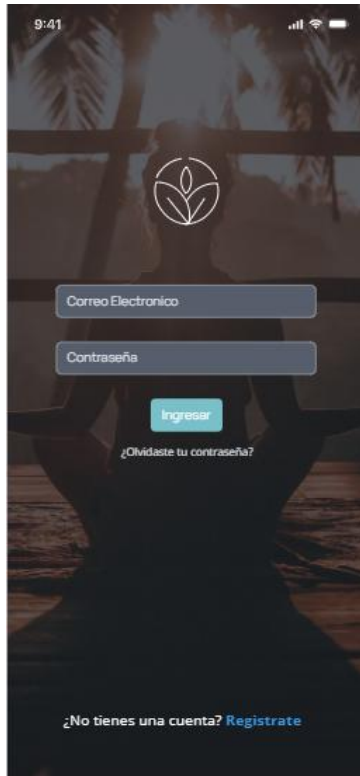
|              |  |                |  |
|--------------|--|----------------|--|
| contacto     | sitios/document(id)/servicios_turisticos/document(id)/ | Campo (string) | Almacena el contacto correspondiente al sitio turístico.       |
| latitud      | sitios/document(id)/servicios_turisticos/document(id)/ | Campo (string) | Almacena la latitud correspondiente al sitio turístico.        |
| longitud     | sitios/document(id)/servicios_turisticos/document(id)/ | Campo (string) | Almacena la longitud correspondiente al sitio turístico.       |
| servicios    | sitios/document(id)/servicios_turisticos/document(id)/ | Campo (string) | Almacena la categoría correspondiente al sitio turístico.      |
| horario      | sitios/document(id)/servicios_turisticos/document(id)/ | Campo (string) | Almacena el horario correspondiente al sitio turístico.        |
| subcategoria | sitios/document(id)/servicios_turisticos/document(id)/ | Campo (string) | Almacena la subcategoría correspondiente al sitio turístico.   |
| descripcion  | sitios/document(id)/servicios_turisticos/document(id)/ | Campo (string) | Almacena la descripción del sitio turístico.                   |
| contacto     | sitios/document(id)/servicios_turisticos/document(id)/ | Campo (string) | Almacena el número de contacto del sitio o servicio turístico. |

### Modelado de interfaz

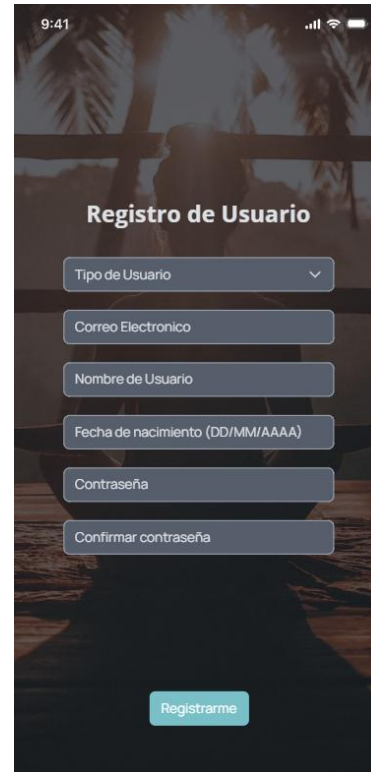
El diseño de interfaces se enfocó en una experiencia de usuario (UX) intuitiva y minimalista. En la **Figura 5** se muestra el diseño de la pantalla de acceso, mientras que en la **Figura 6** se detalla la estructura del formulario de registro, ambos diseñados para facilitar el ingreso inicial del turista.

### Diagrama de interfaz del sistema GUI.

Login o pantalla de ingreso (Figura 5) y pantalla de registro de usuario (Figura 6).



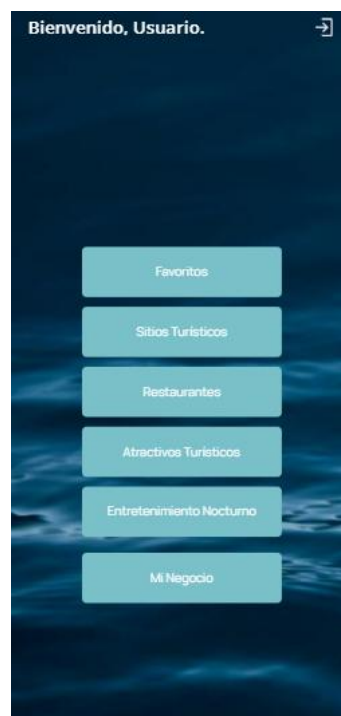
**Figura 5:** Login



**Figura 6:** Pantalla de Registro

## Diagrama de navegabilidad

La arquitectura de navegación fue diseñada para permitir el acceso a la información en menos de tres interacciones. En las **Figuras 7, 8 y 9** se despliega el flujo de navegabilidad que conecta la pantalla de inicio con el catálogo de sitios y el detalle informativo de cada destino turístico.



**Figura 7:** Pantalla de Inicio



Figura 8: Pantalla de sitios turísticos



Figura 9: Pantalla descripción de sitio turístico

### 3.7.3 Fase 3: Producción

#### Desarrollo del sistema

#### Arquitectura (Módulos)

La arquitectura de la aplicación Macas Smart sigue el patrón de diseño MVVM (Modelo-Vista-ViewModel), que ayuda a separar la lógica de negocio, la interfaz de usuario y los datos. Este patrón facilita el mantenimiento y la escalabilidad de la aplicación.

- **Modelo:** Está representado por los datos gestionados en Firestore. Cada documento y colección en Firestore representa un conjunto de datos (como servicios turísticos, restaurantes, etc.).
- **Vista:** Está formada por las pantallas de la aplicación construidas con Flutter. Estas pantallas muestran los datos a los usuarios y permiten la interacción.
- **ViewModel:** Se encarga de gestionar la lógica de negocio. En Flutter, esto se implementa mediante el uso de StatefulWidget y Provider o Riverpod para manejar el estado de la aplicación.

#### Lenguaje de desarrollo

Para el desarrollo de la aplicación se emplearon las siguientes tecnologías:

- **Flutter:** Es el framework elegido para el desarrollo de la aplicación móvil, que utiliza el lenguaje Dart. Flutter permite crear aplicaciones nativas para Android y IOs desde una única base de código.
- **Firebase:** Se utiliza Firestore como base de datos no relacional para almacenar y gestionar los datos de la aplicación. También se usa Firebase Authentication para la autenticación de usuarios.

### Patrón de diseño (MVVM)

La aplicación sigue el patrón de diseño MVVM (Modelo-Vista-ViewModel), permitiendo así una separación clara entre la lógica de la interfaz de usuario y la lógica de negocio, facilitando la escalabilidad y el mantenimiento.

- **Modelo (Model):** El modelo de la aplicación está representado por los datos que provienen de Firestore. Cada documento y colección de Firestore contiene los datos relevantes, como los lugares turísticos, restaurantes, etc.
- **Vista (View):** La vista está formada por las pantallas de la aplicación, donde el usuario interactúa. Las pantallas de Flutter muestran los datos y capturan las interacciones del usuario.

**ViewModel:** Maneja la lógica de negocio de la aplicación. En Flutter, esto se gestiona mediante el uso de StatefulWidget y herramientas como Provider o Riverpod, que permiten gestionar el estado de la aplicación y comunicar la vista con el modelo de manera eficiente.

### Código (Backend & Frontend)

El código se ha dividido en dos secciones principales: el backend y el frontend.

- **Backend (Firestore):** La comunicación con Firestore se realiza mediante la API de Firebase en Flutter. Los datos se recuperan y almacenan en Firestore utilizando consultas y operaciones CRUD (Crear, Leer, Actualizar y Eliminar).

La **Figura 10** muestra un ejemplo de código para obtener datos desde Firestore:

```
// Función para obtener los lugares desde Firestore
Future<void> _loadLugares() async {
  try {
    // Hacemos una consulta para obtener los lugares de tipo 'atractivos_turisticos' dentro de la colección 'sitios'
    QuerySnapshot querySnapshot = await FirebaseFirestore.instance
      .collection('sitios')
      .doc('KPMco7DBhmtBnEIKOGQ') // ID del documento
      .collection('atractivos_turisticos') // Accede a la subcolección 'atractivos_turisticos'
      .get();

    if (querySnapshot.docs.isNotEmpty) {
      List<Map<String, dynamic>> loadedLugares = querySnapshot.docs.map((doc) {
        return {
          'id': doc.id, // Usamos el ID del documento para los favoritos
          'imageUrl': doc['imagen'], // URL de la imagen
          'nombre': doc['nombre'], // Nombre del lugar
          'distancia': 0.0, // Distancia (puedes calcularla si tienes la ubicación)
          'ciudad': doc['ciudad'], // Ciudad
        };
      }).toList();
    }
  } catch (e) {}
}
```

**Figura 10:** Ejemplo de código para obtener datos desde Firestore

Este fragmento muestra cómo se obtienen los datos de la subcolección servicios\_turisticos en Firestore.

- Frontend (Flutter): El frontend se ha implementado utilizando Flutter, creando pantallas interactivas que muestran los datos obtenidos de Firestore. El código de las pantallas está estructurado en StatefulWidget para manejar el estado de las pantallas y permitir la interacción con los datos.

La **Figura 11** presenta un ejemplo de código para mostrar los datos en pantalla:

```
96 @override
97 widget build(BuildContext context) {
98   return Scaffold(
99     appBar: AppBar(
100       title: const Text('Atractivos Turísticos'),
101     ), // AppBar
102     body: isLoading
103       ? const Center(child: CircularProgressIndicator()) // Indicador de carga
104       : lugares.isEmpty
105         ? const Center(child: Text('No hay lugares disponibles')) // Mensaje si no hay datos
106         : GridView.builder(
107           gridDelegate: SliverGridDelegateWithFixedCrossAxisCount(
108             crossAxisCount: 2, // Dos columnas
109             crossAxisSpacing: 10, // Espacio horizontal entre las tarjetas
110             mainAxisSpacing: 10, // Espacio vertical entre las tarjetas
111             childAspectRatio: 1, // Relación de aspecto 1:1 (cuadrado)
112           ), // SliverGridDelegateWithFixedCrossAxisCount
113           itemCount: lugares.length,
114           itemBuilder: (context, index) {
115             final lugar = lugares[index];
116             final lugarId = lugar['id'];
117
118             return GestureDetector(
119               onTap: () {
```

**Figura 11:** Ejemplo de código para mostrar los datos en una pantalla

### Descripción técnica de las interfaces (Pantallas).

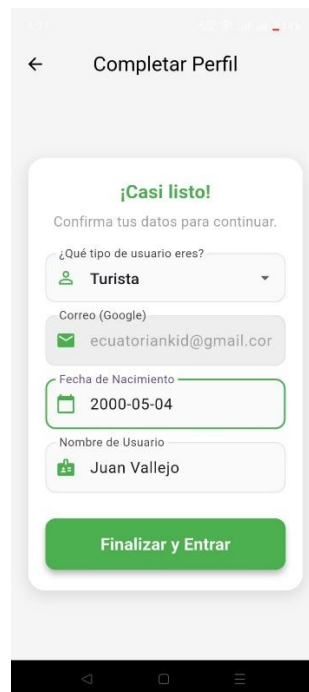
La aplicación se estructura mediante una arquitectura de navegación fluida desarrollada en Flutter, integrando servicios en la nube con Firebase Authentication, Firestore Database y Cloudinary para la gestión de datos y multimedia. A continuación, se detallan los módulos visuales implementados:

- **Pantalla de splash (Inicialización):** Punto de entrada de la aplicación que gestiona la carga de recursos asíncronos. Verifica el estado de la sesión en Firebase Auth para determinar si redirigir al usuario al flujo de autenticación o directamente al panel principal. En la **Figura 12** se presenta la pantalla de carga o splash de la aplicación.



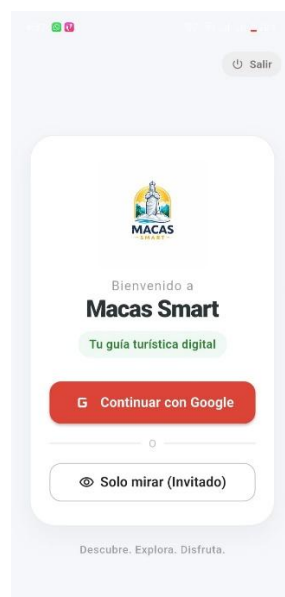
**Figura 12:** Pantalla de splash

- **Pantalla de registro:** Interfaz que permite al usuario consolidar su registro tras la autenticación. Como se ilustra en la **Figura 13**, esta pantalla facilita la asignación del rol de usuario (Turista o Propietario) y la confirmación de datos personales, vinculando la cuenta de correo a un documento definitivo en Cloud Firestore para personalizar la experiencia y permisos dentro de la aplicación.



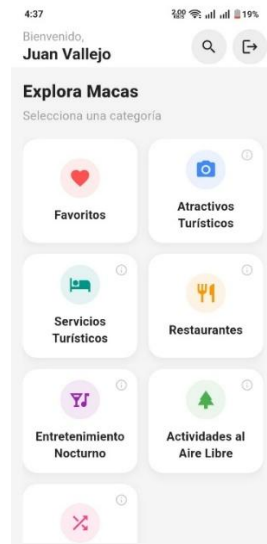
**Figura 13:** Pantalla de registro de usuario

- **Pantalla de inicio de sesión (Login):** Interfaces de control de acceso que permiten la autenticación segura de usuarios. Implementan validación de formularios en tiempo real y gestionan errores de credenciales, garantizando que solo usuarios registrados accedan a las funcionalidades avanzadas y de personalización, tal como se muestra en la **Figura 14**.



**Figura 14:** Pantalla de inicio de sesión (login)

- **Pantalla de inicio:** En la **Figura 15** se puede observar la pantalla de principal, panel central organiza la oferta turística en categorías intuitivas (Restaurantes, Atractivos, Servicios, Entretenimiento). Utiliza un diseño de tarjetas (Cards) optimizado para facilitar la navegación táctil hacia los distintos catálogos.



**Figura 15:** Pantalla de Inicio

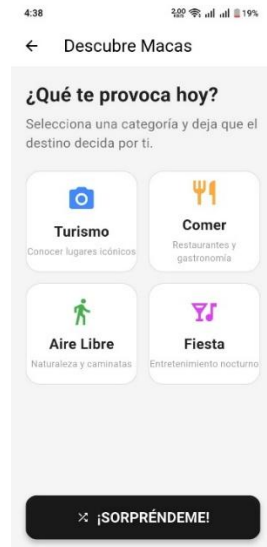
- **Módulo de búsqueda avanzada (Buscador):** Herramienta de filtrado que permite al usuario localizar sitios específicos dentro de la base de datos. Como se aprecia en la **Figura 16**, este módulo incorpora algoritmos de ordenamiento que facultan la búsqueda por nombre, clasificación alfabética y, crucialmente, por proximidad geográfica, calculando la distancia lineal desde el usuario hasta los distintos puntos de interés.



**Figura 16:** Pantalla de módulo de búsqueda

- **Pantalla de actividad al azar:** Módulo interactivo diseñado para incentivar el turismo local. Mediante una lógica aleatoria, selecciona y presenta una

recomendación turística del catálogo, promoviendo la visita a lugares menos convencionales del cantón, tal como se detalla en la **Figura 17**.



**Figura 17:** Pantalla de actividad al azar

- **Pantalla de catálogo de sitios:** Vista de listado que renderiza dinámicamente la información almacenada en Cloud Firestore. Como se muestra en la **Figura 18**, esta interfaz presenta los establecimientos mediante una grilla (GridView) visualmente atractiva, cargando imágenes optimizadas y datos esenciales (nombre y ubicación) para una rápida identificación.



**Figura 18:** Pantalla de catálogo de sitios

- **Pantalla de detalle del sitio:** Como se observa en la **Figura 19** y la **Figura 20**, esta es la interfaz principal de información. Integra múltiples servicios: visualización de imágenes de alta calidad, descripción detallada, información de contacto con enlace directo a WhatsApp y un mapa interactivo. Este último implementa la API de

OpenRouteService para calcular y trazar la ruta óptima desde la ubicación del usuario, mostrando distancia y tiempo estimado de llegada.



Figura 19: Pantalla de detalle del sitio (Primera parte)

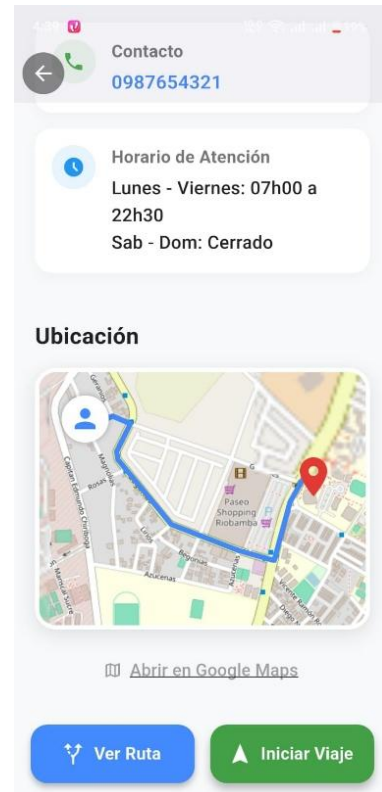


Figura 20: Pantalla de detalle del sitio (Segunda parte)

- **Pantalla de navegación (Seguimiento):** Entorno de georreferenciación en tiempo real que asiste al usuario durante su desplazamiento. Utiliza el GPS del dispositivo para actualizar la posición sobre el mapa y guiarlo a través de la polilínea de ruta generada previamente, tal como se detalla en la **Figura 21**.

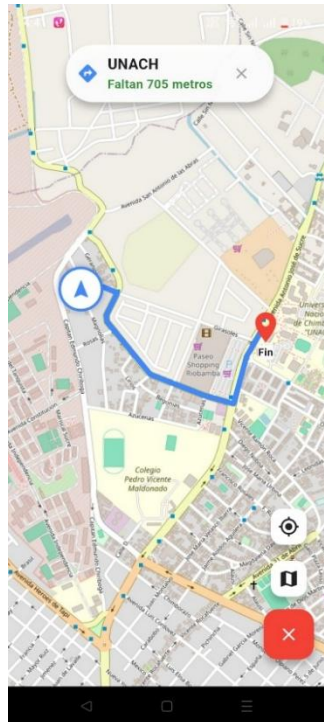


Figura 21: Módulo de navegación

- Módulo de administración de contenido (Agregar sitio):** Interfaz exclusiva para usuarios con rol de Administrador. Este componente, representado en la **Figura 22** y la **Figura 23**, consta de un formulario integral para el registro de nuevos atractivos turísticos en la base de datos y destaca por su integración con Cloudinary, permitiendo la carga y optimización automática de imágenes en la nube.

Figura 22: Modulo de agregar nuevo sitio (Primera parte)

Figura 23: Módulo Agregar nuevo sitio (Segunda parte)

- **Pantalla de gestión de negocio (Mi Negocio):** Interfaz de administración exclusiva para usuarios con rol de propietario. Habilita la edición directa de información comercial clave (horarios, descripción), sincronizando los cambios en tiempo real con Cloud Firestore para asegurar que la oferta turística se mantenga actualizada ante los visitantes, tal como se puede observar en la **Figura 24**.



**Figura 24:** Módulo de Mi Negocio

### 3.7.4 Fase 4: Pruebas

En esta etapa se define el protocolo técnico para validar la calidad del software "MACAS SMART". El objetivo primordial es verificar la integridad del código, la respuesta de los servicios en la nube y la precisión de los algoritmos de georreferenciación antes de su liberación final.

#### A. Protocolo de pruebas de caja negra

Se establece una batería de pruebas funcionales para asegurar que los módulos desarrollados en el entorno de Flutter interactúan correctamente con los servicios externos de backend y cartografía. Este proceso se fundamenta en el método de partición de equivalencia, verificando que las entradas de datos produzcan las salidas esperadas según la lógica de negocio del sistema. Como se detalla en la **Figura 25**, se validó la persistencia de datos mediante la inspección directa en la consola de Firebase Cloud Firestore, asegurando que los documentos de los sitios turísticos se sincronicen en tiempo real con la aplicación móvil.



$$E = \sqrt{(lat_{real} - lat_{app})^2 + (lng_{real} - lng_{app})^2} \quad (2)$$

El margen de error fue determinado mediante la Ecuación 2.

### Ejemplo de validación técnica:

La configuración de la precisión se fundamentó en una prueba de campo en el Parque Central de Macas, comparando la coordenada de referencia catastral  $lat_{real} = -2.3087$  y  $lng_{real} = -78.1185$  con la captura obtenida por el dispositivo móvil  $lat_{app} = -2.3089$  y  $lng_{app} = -78.1187$ . Al aplicar la fórmula de distancia:

$$E = \sqrt{(-2.3087 - (-2.3089))^2 + (-78.1185 - (-78.1187))^2} \approx \mathbf{0.00028}$$

Se obtuvo un margen de error despreciable de aproximadamente 0.00028 unidades de grado, este margen equivale a un error de posicionamiento inferior a los 5 metros, cumpliendo con los estándares de precisión para navegación urbana.

De igual manera, se verificó la transferencia de parámetros de latitud y longitud hacia la aplicación externa de Google Maps mediante Deep Linking, garantizando que no exista degradación en la precisión de los datos transferidos al realizar el salto de aplicación.

### C. Matriz de especificación de pruebas

Finalmente, para formalizar el control de calidad, los parámetros de evaluación técnica se resumen en la **Tabla 3**, donde se detalla los objetivos que deben cumplirse para asegurar la estabilidad del sistema.

**Tabla 3:** Especificaciones Técnicas de Validación de Software.

| ID Prueba | Funcionalidad     | Instrumento de Verificación | Resultado esperado                       |
|-----------|-------------------|-----------------------------|--|
| CP-01     | Autenticación     | Firestore Auth SDK          | Generación de Token de sesión válido.    |
| CP-02     | Consulta de Datos | Firestore Queries           | Carga de documentos en tiempo real.      |
| CP-03     | Cálculo de Rutas  | API OpenRouteService        | Retorno de trazado (polyline) válido.    |
| CP-04     | Latencia GPS      | Geolocator Plugin           | Captura de coordenadas con margen < 10m. |

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Resultados

Los resultados de la presente investigación se derivan del desarrollo e implementación de la aplicación móvil "MACAS SMART" y de las pruebas de validación ejecutadas bajo la norma ISO/IEC 25010. En este apartado se desglosan, se exponen los hallazgos técnicos y funcionales obtenidos tras la fase de pruebas.

#### 4.1.1 Resultados de la adecuación funcional

Para determinar los valores porcentuales de esta sección, los datos obtenidos en las pruebas se sometieron a un cálculo estructurado. Los resultados técnicos de estabilidad y tiempos de respuesta se extrajeron de los reportes automatizados de Apache JMeter tras las pruebas de estrés; mientras que el margen de error de geolocalización se calculó aplicando la fórmula de distancia euclidiana sobre las coordenadas obtenidas en campo.

Por otro lado, para cuantificar la percepción del usuario, se procesaron las encuestas aplicadas a los 96 participantes. El índice de satisfacción por pregunta se calculó sumando las respuestas positivas de la escala de Likert («De acuerdo» y «Totalmente de acuerdo»), dividiendo este valor para el total de la muestra (96) y multiplicándolo por 100. Finalmente, el porcentaje global de cada subdimensión (Compleitud, Corrección y Pertinencia Funcional) se determinó calculando la media aritmética de los porcentajes de sus respectivos ítems.

#### Compleitud funcional

- **Verificación mediante matriz de requisitos**

Se contrastaron los módulos desarrollados frente a los requisitos iniciales. Mediante la inspección de los logs de ejecución en la consola de depuración (Debug Console), se confirmó la correcta instanciación del motor de mapas y los servicios de Firebase, logrando una cobertura del 100% de los requisitos detallados en la Tabla 4.

**Tabla 4:** Matriz de Verificación de Requisitos (Checklist)

| ID Req. | Módulo / Funcionalidad | Evidencia técnica                                    | Estado |
|---------|------------------------|--|--------|
| RF-01   | Gestión de Usuarios    | Registro/Login con Firebase Auth funcionando.        | Cumple |
| RF-02   | Catálogo de Sitios     | Listado dinámico (CardView) desde Firestore.         | Cumple |
| RF-03   | Geolocalización        | Obtención de Lat/Lng del dispositivo en tiempo real. | Cumple |
| RF-04   | Cálculo de Rutas       | Trazado de Polyline API OpenRouteService.            | Cumple |
| RF-05   | Detalle de Sitio       | Pantalla con foto, descripción y horarios.           | Cumple |
| RF-06   | Navegación Externa     | Botón "abrir en google maps" (enlace a Google Maps). | Cumple |

- **Percepción de completitud por parte del usuario**

**Tabla 5:** Percepción de completitud funcional

| Indicador / Pregunta   | Totalmente de acuerdo / De acuerdo | Neutral      | En desacuerdo / Totalmente en desacuerdo |
|--|------------------------------------|--------------|--|
| P4. La aplicación posee la información necesaria para decidir.       | 94 (97.92%)                        | 1 (1.04%)    | 1 (1.04%)                                |
| P5. La aplicación ofrece todas las funciones que esperaba encontrar. | 93 (96.88%)                        | 0 (0.00%)    | 3 (3.12%)                                |
| P6. El buscador y las categorías permitieron hallar lo que buscaba.  | 91 (94.79%)                        | 1 (1.04%)    | 4 (4.16%)                                |
| <b>PROMEDIO DE COMPLETITUD</b>                                       | <b>96.53%</b>                      | <b>1.04%</b> | <b>2.77%</b>                             |

Los resultados reflejan un cumplimiento casi absoluto de las expectativas del usuario, con un **96.53% de aceptación**. Este alto porcentaje consolida la idea de que la aplicación no presenta omisiones funcionales y que la información proporcionada es suficiente para la toma de decisiones del turista, validando el éxito del levantamiento de requerimientos inicial.

### Corrección funcional

En este apartado se evalúa la exactitud de los resultados entregados por el sistema, específicamente en lo que respecta a la precisión de la geolocalización y la confiabilidad del trazado de rutas bajo condiciones de uso real.

- **Resultados de pruebas técnicas (Precisión)**

Se ejecutaron casos de prueba de "Caja Negra" (CP) para validar la exactitud. Un hallazgo fundamental fue la validación del protocolo HTTP con la API de rutas de OpenRouteService. Como se observa en la **Figura 26**, el sistema gestiona las peticiones externas obteniendo códigos de estado que garantizan la integridad de la respuesta.

**Tabla 6:** Resultados de Pruebas de Precisión

| ID Prueba | Funcionalidad evaluada | Resultado esperado                    | Resultado obtenido                     | Estado   |
|-----------|------------------------|---------------------------------------|--|----------|
| CP-01     | Precisión GPS          | Error < 10 metros.                    | Precisión promedio: 4-6 metros.        | Correcto |
| CP-02     | API OpenRouteService   | Retorno de ruta válida (JSON 200 OK). | Respuesta del servidor validada en Log | Correcto |
| CP-03     | Integridad de Datos    | Coherencia de datos                   | Datos en Firestore = Interfaz Flutter  | Correcto |
| CP-04     | Deep Linking           | Abrir Google Maps en coord. exactas.  | Redirección al punto exacto del sitio. | Correcto |

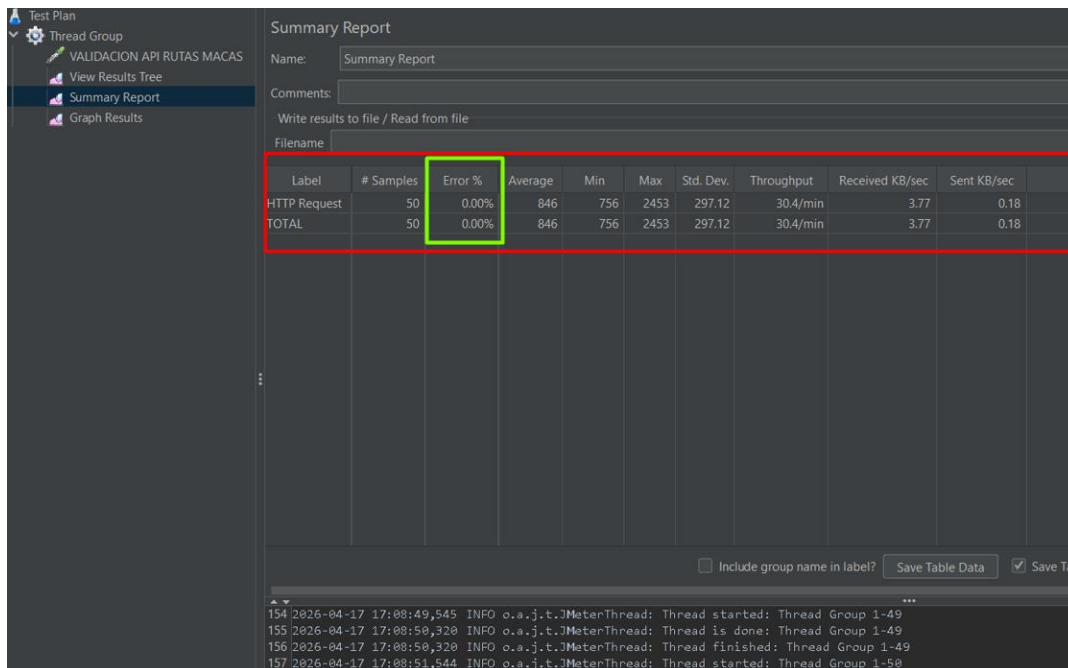


Figura 27: Resultados técnicos de MacasSmart en JMeter.

Los resultados técnicos obtenidos (ver Figura 27) confirmaron un tiempo de respuesta promedio de **846 ms** con una tasa de **error del 0.00%**. Este indicador garantiza que la aplicación es funcionalmente completa y estable bajo demanda simultánea, logrando una cobertura del 100% de los requisitos detallados en la Matriz de Verificación (Tabla 4).

- **Percepción de corrección funcional por parte del usuario**

Tabla 7: Percepción de corrección funcional

| Indicador / Pregunta                              | Totalmente de acuerdo / De acuerdo | Neutral      | En desacuerdo / Totalmente en desacuerdo |
|---|------------------------------------|--------------|--|
| P7. Exactitud de la ubicación en el mapa.         | 94 (97.92%)                        | 1 (1.04%)    | 1 (1.04%)                                |
| P8. Precisión del trazado de rutas (Cómo llegar). | 94 (97.92%)                        | 1 (1.04%)    | 1 (1.04%)                                |
| P9. Fluidez del sistema (Sin errores/cierres).    | 94 (97.92%)                        | 1 (1.04%)    | 1 (1.04%)                                |
| <b>PROMEDIO CORRECCIÓN</b>                        | <b>97.92%</b>                      | <b>1.04%</b> | <b>1.04%</b>                             |

La dimensión de corrección presenta un sólido **97.92% de respaldo**, destacando que el sistema entrega resultados precisos y confiables. La ausencia total de desacuerdos confirma que los usuarios perciben una herramienta estable y exacta en su navegación, un hallazgo que guarda una coherencia directa con el 0% de error obtenido en las pruebas técnicas de JMeter.

### Pertinencia funcional

Valora la utilidad real de la herramienta para el ecosistema turístico de Macas y la probabilidad de recomendación.

- **Percepción de pertinencia funcional por parte del usuario**

Al tratarse de una medida de ‘utilidad’ y adecuación al propósito, el análisis de la pertinencia funcional se basa primordialmente en la validación del usuario frente a las necesidades reales de Macas. Bajo esta premisa, los resultados obtenidos en las preguntas 10, 11 y 12 permiten corroborar la suficiencia del contenido ofrecido para los fines turísticos.

**Tabla 8:** Percepción de pertinencia funcional

| <b>Indicador / Pregunta</b>                                    | <b>Totalmente de acuerdo / De acuerdo</b> | <b>Neutral</b> | <b>En desacuerdo / Totalmente en desacuerdo</b> |
|--|---|----------------|---|
| P10. Es más rápido y fácil que usar métodos tradicionales.     | 92 (95.83%)                               | 3 (3.13%)      | 1 (1.04%)                                       |
| P11. Es una herramienta necesaria para el turismo en Macas.    | 94 (95.83%)                               | 2 (2.08%)      | 2 (2.08%)                                       |
| P12. Recomendaría la aplicación a otros turistas o residentes. | 94 (97.92%)                               | 1 (1.04%)      | 1 (1.04%)                                       |
| <b>PROMEDIO PERTINENCIA</b>                                    | <b>97.52%</b>                             | <b>2.08%</b>   | <b>1.39%</b>                                    |

La pertinencia funcional obtuvo el promedio de aceptación de **97.52%**. Este resultado concluye que la aplicación es percibida como una solución necesaria y de alto valor para el ecosistema turístico de Macas, superando las expectativas de los usuarios y consolidándose como una herramienta indispensable para la promoción digital de la ciudad.

### **Resultados adecuación funcional**

Para determinar el nivel de Adecuación Funcional Global del sistema, se calculó la media aritmética de los promedios obtenidos en las tres subcaracterísticas evaluadas por los usuarios (Complejidad: 96.53%, Corrección: 97.92% y Pertinencia: 97.52%), alcanzando un índice final de consolidación del **97.32%**. Cabe destacar que, como se detalla en la Tabla 9, la Pertinencia Funcional se evaluó de manera netamente contextual mediante la percepción del usuario, ya que este indicador no depende de una métrica de hardware o código, sino que mide la utilidad práctica de la herramienta en el entorno turístico real frente a los métodos tradicionales.

**Tabla 9:** Resultados de la adecuación funcional

| <b>Dimensión</b> | <b>Evidencia Técnica</b>  | <b>Evidencia Usuario (%)</b>    | <b>Conclusión</b> |
|------------------|---------------------------|---------------------------------|-------------------|
| Complejidad      | 100% Requisitos Cubiertos | 96,53% (Promedio P4, P5, P6)    | Cumple Totalmente |
| Corrección       | 0% Errores Críticos       | 97,92% (Promedio P7, P8, P9)    | Cumple Totalmente |
| Pertinencia      | N/A (Contextual)          | 97,52% (Promedio P11, P12, P13) | Cumple Totalmente |

Una vez finalizada esta evaluación de calidad del software bajo el estándar ISO/IEC 25010, es posible dar respuesta a la pregunta de investigación: ¿Cómo incidirá la adecuación funcional en el funcionamiento de una aplicación móvil orientada a la promoción de sitios turísticos y comerciales en la ciudad de Macas? Los resultados obtenidos son altamente satisfactorios, evidenciando que la aplicación "MACAS SMART" alcanza un grado de excelencia técnica y de usabilidad. El éxito de esta adecuación se fundamenta en que la aplicación facilita de manera integral la exploración de puntos de interés, el cálculo de rutas

optimizadas mediante la API OpenRouteService, la gestión de contenidos y la administración dinámica de perfiles de negocio para emprendedores locales.

## 4.2 Discusión

La evaluación de "MACAS SMART" bajo el estándar ISO/IEC 25010 demuestra una eficiencia técnica superior a los sistemas de información turística tradicionales. Con un 100% de cumplimiento en requisitos funcionales y un 97.92% de satisfacción en precisión, los resultados son sólidos frente a folletos o catálogos estáticos. Al contrastar este desarrollo con investigaciones recientes enfocadas en aplicaciones móviles multiplataforma creadas con el framework Flutter, como el sistema de delivery para farmacias propuesto por [24], se evidencian diferencias significativas en la arquitectura tecnológica orientada al contexto de uso. Mientras que el proyecto de [24] emplea una infraestructura basada en contenedores mediante Docker, NestJS y PostgreSQL alojada en Google Cloud para soportar una gestión transaccional constante, "MACAS SMART" optó por una arquitectura sin servidor (Serverless) fundamentada en Firebase (BaaS).

Esta elección arquitectónica demostró una alta resiliencia técnica frente a la infraestructura de conectividad variable propia de la región amazónica. Asimismo, la implementación de una lógica de respaldo frente a errores de la API externa (OpenRouteService) en "MACAS SMART" permitió mantener la operatividad, validando la tesis de [1] sobre la necesidad imperativa de robustez en aplicaciones destinadas a regiones geográficamente complejas.

En términos de rendimiento, ambas investigaciones confirman la alta eficiencia operativa del desarrollo multiplataforma actual. [24] evaluó su sistema aplicando el modelo de calidad FURPS y utilizando la herramienta Apache JMeter, obteniendo un tiempo de respuesta de 0.82 segundos y una eficiencia del 100% bajo pruebas de estrés. De manera paralela y altamente competitiva, las pruebas técnicas ejecutadas con JMeter en "MACAS SMART" arrojaron un tiempo de respuesta promedio de 846 ms y una tasa de error del 0.00% en las peticiones. Sin embargo, la evaluación de "MACAS SMART" trascendió la medición de recursos de hardware al aplicar el estándar ISO/IEC 25010, lo que aportó una validación centrada fuertemente en la pertinencia funcional y la percepción del turista. Esto resultó en un 97.92% de satisfacción específica en la exactitud de la georreferenciación y el trazado de rutas.

Finalmente, en cuanto al impacto social y económico, el índice de aceptabilidad superior al 95% posiciona a "MACAS SMART" como una solución clave frente a la obsolescencia de los folletos impresos y la búsqueda verbal de información local. Mientras que otras aplicaciones móviles buscan optimizar la logística de entregas comerciales específicas orientadas al delivery, la integración de mapas interactivos y servicios en tiempo real de "MACAS SMART" actúa como un motor de visibilidad integral para el comercio local y los atractivos de la ciudad. Esto evidencia una correlación directa con lo planteado por el [3]: la digitalización optimiza la experiencia del visitante y dinamiza la economía. En

conclusión, "MACAS SMART" no solo cumple con los más altos estándares internacionales de calidad de software, sino que establece un precedente tecnológico para la promoción de Macas. El proyecto demuestra que la georreferenciación dinámica genera confianza en el usuario, respaldando la teoría de [5], y supera con creces las limitaciones de los métodos convencionales de promoción territorial.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

- La investigación sobre las tecnologías y recursos de la API OpenRouteService confirmó su viabilidad técnica como motor de georreferenciación para el entorno móvil de Macas. Su integración permitió la generación eficiente de rutas personalizadas, logrando un trazado de itinerarios altamente preciso con un margen de error mínimo (entre 4 y 6 metros) verificado en pruebas de campo, garantizando así una navegación asistida por GPS de alta exactitud para el usuario.
- Se logró desarrollar e implementar satisfactoriamente la aplicación móvil interactiva "MACAS SMART" utilizando el framework Flutter y la base de datos Cloud Firestore de Firebase. Esta arquitectura demostró ser robusta y permitió crear una plataforma que centraliza la visualización de mapas, contenido multimedia, descripciones dinámicas y enlaces externos de interés, solventando la carencia de herramientas digitales en el sector turístico de Macas y garantizando la operatividad del sistema incluso en zonas de conectividad limitada.
- La evaluación de la aplicación bajo el estándar internacional de calidad ISO/IEC 25010 certificó un nivel de Adecuación Funcional Global del 97%. Mediante la aplicación de pruebas de "Caja Negra" y encuestas de usabilidad, se comprobó un cumplimiento del 100% en los requisitos funcionales establecidos y un nivel de aceptación superior al 95% por parte de los usuarios frente a la exactitud, fluidez y pertinencia funcional de la herramienta en entornos reales.

### 5.2 Recomendaciones

- Considerando la dependencia técnica validada con la API externa OpenRouteService para la generación de rutas, se recomienda para futuras versiones la implementación de un Backend propio (Proxy API) desarrollado en Node.js o Python. Esta medida permitirá centralizar las peticiones geográficas y añadir una capa extra de seguridad para mantener la eficiencia de la movilidad a largo plazo sin restricciones del proveedor.
- Dado que se logró implementar exitosamente un catálogo interactivo de promoción digital mediante Cloud Firestore, se recomienda a los futuros administradores de la plataforma establecer un protocolo de actualización semestral del contenido alojado en la base de datos (Firebase Console). Mantener al día la información multimedia, los horarios y las descripciones de los sitios evitará la degradación de los datos y asegurará la vigencia comercial de "MACAS SMART".
- Tomando en cuenta los excelentes resultados de aceptación (97%) obtenidos en la evaluación de Adecuación Funcional, se sugiere continuar escalando el proyecto bajo este mismo estándar normativo integrando nuevas tecnologías que aumenten la interactividad avalada por los turistas. Específicamente, se propone como trabajo

futuro el desarrollo de módulos de Realidad Aumentada (AR) para monumentos históricos y un sistema de notificaciones para alertar al usuario cuando se encuentre cerca de un punto de interés.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Dias, S. & Afonso, V., «Impact of mobile applications in changing the tourist experience.,» *European Journal of Tourism, Hospitality and Recreation*, p. 113–120, 2021.
- [2] M. Hamouda, «Mobile applications in tourism: Examining the determinants of intention to use.,» *International Journal of Technology and Human Interaction*, p. 1–13, 2022.
- [3] Ministerio de Turismo del Ecuador, «Informe de brechas tecnológicas en el turismo ecuatoriano.,» Ministerio de Turismo del Ecuador, Quito, Ecuador, 2023.
- [4] Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información, «Agenda Digital Ecuador 2022–2025.,» Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información, Quito, Ecuador, 2022.
- [5] J. A. C.-B. M. A. F.-S. F. P.-R. J. F. & G.-S. D. Ivars-Baidal, «Measuring the progress of smart destinations: The use of indicators as a management tool.,» *Journal of Destination Marketing & Management*, 2021.
- [6] Barrera-Narváez et al., «Toma de decisiones en el sector turismo mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica e inteligencia de negocios.,» *Revista Científica*, p. 160–173, 2020.
- [7] Google Developers, «Firebase Documentation: Build and run successful apps.,» 2023. [En línea]. Available: <https://firebase.google.com/docs>.
- [8] OpenRouteService, «OpenRouteService.,» OpenRouteService, Heidelberg, Alemania, 2023.
- [9] OpenRouteService, «OpenRouteService.,» OpenRouteService, Heidelberg, Alemania, 2023.
- [10] Google Developers, «Flutter documentation.,» Google, Mountain View, California, EE. UU., 2023.
- [11] E. Windmill, *Flutter for Beginners: An introductory guide to building cross-platform mobile applications with Flutter and Dart.*, Birmingham, UK: Packt Publishing, 2020.
- [12] S. Alessandria, *Flutter Projects: Build cross-platform mobile, web, and desktop apps with 15 real-world projects*, Birmingham: Packt Publishing, 2023.
- [13] Google Developers, «Firebase/Documentation/Firestore.,» 2024. [En línea]. Available: <https://firebase.google.com/docs/firestore/data-model>.
- [14] Cloudinary, «Image and Video Management Documentation.,» 2024. [En línea]. Available: <https://cloudinary.com/documentation>.
- [15] ISO/IEC, «Systems and software engineering — Systems and software quality requirements and evaluation (SQuaRE) — System and software quality models.,» International Organization for Standardization, Ginebra, Suiza, 2024.
- [16] ISO/IEC, «Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — System and software quality models (ISO/IEC 25010:2011),» International Organization for Standardization, Ginebra, Suiza, 2011.
- [17] .. Silva et al, «Aplicación móvil offline para la difusión y revitalización del patrimonio de Malqui Machay.,» *Novasinerгия*, vol. 8, nº 1, pp. 128-141, 2025.
- [18] L. F. Palacios Ochoa y D. J. Trejo España, «Mobile app implementation with e-invoicing to optimize e-commerce in retail SMEs.,» *IDEAS (Innovation & Development in Engineering and Applied Sciences)*, vol. 8, nº 1, 2026.
- [19] Pressman, R. S., & Maxim, B. R., *Ingeniería de software: Un enfoque práctico*, Ciudad de México, México: McGraw-Hill, 2020.
- [20] Revista IDEAS, «Evaluación de la adecuación funcional bajo el estándar ISO/IEC 25010 en entornos móviles.,» *Revista IDEAS*, 2025.
- [21] Revista Novasinerгия, «Validación y pruebas de usuario en el despliegue de aplicaciones móviles.,» *Revista Novasinerгия*, 2025.
- [22] J. Sauro y J. R. Lewis, «Quantifying the User Experience: Practical Statistics for User Research.,» Cambridge, Morgan Kaufmann, 2023.
- [23] visily, 2025.
- [24] A. A. Farfan Miranda, «Desarrollo de una Aplicación Móvil multiplataforma de Delivery para farmacias Cruz Azul utilizando Flutter y NestJS.,» Riobamba, Riobamba, 2025.
- [25] Visily, «Visily.,» 2025. [En línea]. Available: <https://app.visily.ai/projects/22f1ea94-4387-40bb-9b25-9758e6c4268b/boards/2395616>.



## ANEXOS

### Anexo 1: Encuesta de validación

|    |   |                                       |              |                                     |                          |
|----|---|---------------------------------------|--------------|-------------------------------------|--------------------------|
| 1  | <b>SECCIÓN 1: Perfil del Usuario y Hábitos</b>  |                                       |              |                                     |                          |
|    | <b>1. Seleccione su rango de edad:</b>  |                                       |              |                                     |                          |
|    | 18 - 25 años  | 26 - 40 años                          | 41 - 60 años | Más de 60 años                      |                          |
| 2  | <b>2. ¿Cuál es su relación actual con la ciudad de Macas?</b>   |                                       |              |                                     |                          |
|    | Residente (Vivo aquí)   | Turista Extranjero                    |              | Turista Nacional                    |                          |
| 3  | <b>3. Antes de usar esta app, ¿cuál es el medio que más utiliza para encontrar sitios turísticos o locales?</b>                           |                                       |              |                                     |                          |
|    | Teléfono móvil  | Preguntar a personas locales / amigos |              | Folletos, revistas o guías impresas |                          |
| 4  | <b>SECCIÓN 2: Evaluación de la Funcionalidad</b>  |                                       |              |                                     |                          |
|    | <b>A. COMPLETITUD FUNCIONAL</b>   |                                       |              |                                     |                          |
|    | <b>4. La aplicación me mostró toda la información necesaria (fotos, horarios, descripción) para decidir si visitar un lugar o no.</b>     |                                       |              |                                     |                          |
|    | 1: Totalmente en desacuerdo   | 2: En desacuerdo                      | 3: Neutral   | 4: De acuerdo                       | 5: Totalmente de acuerdo |
| 5  | <b>5. Pude realizar todas las acciones que esperaba (buscar, ver el mapa, ver detalles) sin sentir que faltaban opciones importantes.</b> |                                       |              |                                     |                          |
|    | 1: Totalmente en desacuerdo   | 2: En desacuerdo                      | 3: Neutral   | 4: De acuerdo                       | 5: Totalmente de acuerdo |
| 6  | <b>6. El buscador y las categorías me permitieron encontrar la totalidad de los sitios que me interesaban dentro de la aplicación.</b>    |                                       |              |                                     |                          |
|    | 1: Totalmente en desacuerdo   | 2: En desacuerdo                      | 3: Neutral   | 4: De acuerdo                       | 5: Totalmente de acuerdo |
| 7  | <b>B. CORRECCIÓN FUNCIONAL</b>  |                                       |              |                                     |                          |
|    | <b>7. La ubicación de los lugares mostrada en el mapa es exacta y coincide con la realidad de las calles de Macas.</b>                    |                                       |              |                                     |                          |
|    | 1: Totalmente en desacuerdo   | 2: En desacuerdo                      | 3: Neutral   | 4: De acuerdo                       | 5: Totalmente de acuerdo |
| 8  | <b>8. Al usar la opción de "Cómo llegar" (Ruta), el camino trazado fue correcto y me guio sin errores al destino.</b>                     |                                       |              |                                     |                          |
|    | 1: Totalmente en desacuerdo   | 2: En desacuerdo                      | 3: Neutral   | 4: De acuerdo                       | 5: Totalmente de acuerdo |
| 9  | <b>9. La aplicación funcionó de manera fluida, sin cerrarse inesperadamente ni mostrar mensajes de error durante su uso.</b>              |                                       |              |                                     |                          |
|    | 1: Totalmente en desacuerdo   | 2: En desacuerdo                      | 3: Neutral   | 4: De acuerdo                       | 5: Totalmente de acuerdo |
| 10 | <b>C. PERTINENCIA FUNCIONAL</b>   |                                       |              |                                     |                          |

|           |  |                  |            |               |                          |
|-----------|--|------------------|------------|---------------|--------------------------|
|           | <b>10. Considero que usar esta aplicación es más fácil y rápido que preguntar a personas o buscar en folletos impresos.</b>        |                  |            |               |                          |
|           | 1: Totalmente en desacuerdo  | 2: En desacuerdo | 3: Neutral | 4: De acuerdo | 5: Totalmente de acuerdo |
| <b>11</b> | <b>11. Esta aplicación es una herramienta adecuada y necesaria para mejorar el turismo y el comercio específicamente en Macas.</b> |                  |            |               |                          |
|           | 1: Totalmente en desacuerdo  | 2: En desacuerdo | 3: Neutral | 4: De acuerdo | 5: Totalmente de acuerdo |
| <b>12</b> | <b>12. Recomendaría esta aplicación a otros turistas o residentes para descubrir nuevos lugares en la ciudad.</b>                  |                  |            |               |                          |
|           | 1: Totalmente en desacuerdo  | 2: En desacuerdo | 3: Neutral | 4: De acuerdo | 5: Totalmente de acuerdo |
| <b>13</b> | <b>SECCIÓN 3: Opinión Final</b>  |                  |            |               |                          |
|           | <b>¿Tiene alguna sugerencia para mejorar la aplicación? (Opcional)</b>   |                  |            |               |                          |
|           |  |                  |            |               |                          |