

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

PUCE TEC

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO SUPERIOR EN DESARROLLO DE SOFTWARE

"SISTEMA DE ORIENTACIÓN INTERACTIVO CON REALIDAD AUMENTADA PARA EL CAMPUS DE LA PUCE IBARRA"

AUTOR: "*LLERENA JACOME ALEXANDER PAUL*"

TUTOR: "*CEVALLOS RAMIREZ ALVARO MAURICIO*"

IBARRA – ECUADOR

AGOSTO, 2026

Ibarra, 15 de septiembre de 2026

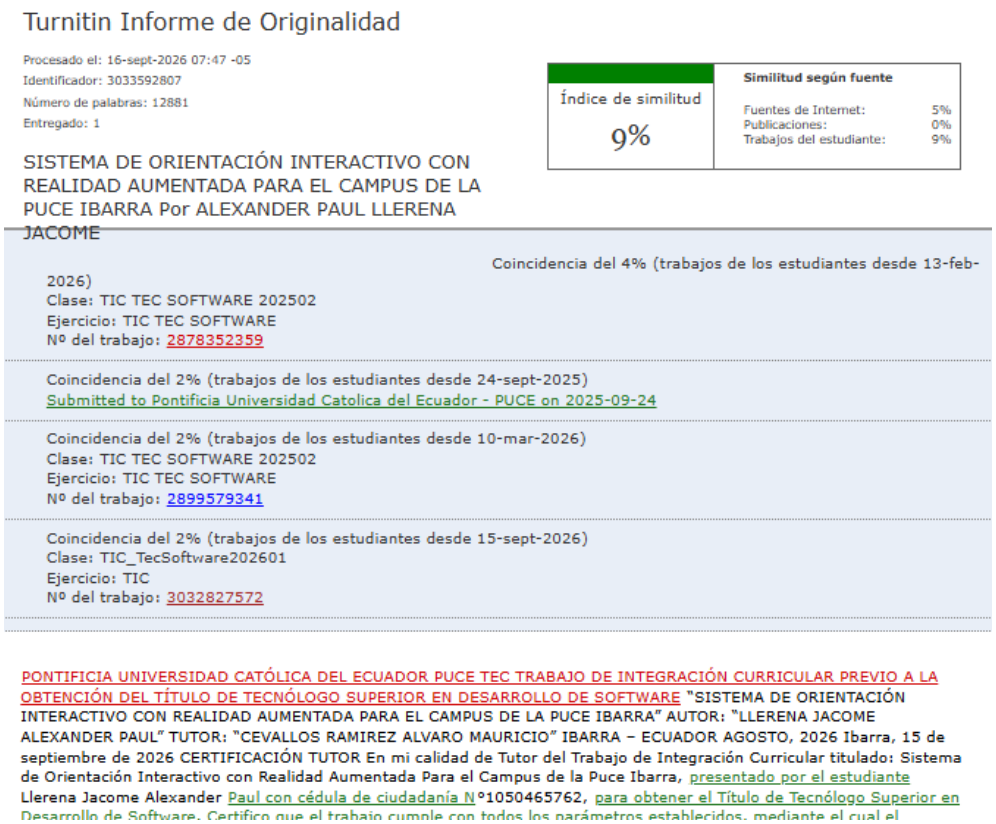
CERTIFICACIÓN TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular titulado:

Sistema de Orientación Interactivo con Realidad Aumentada Para el Campus de la Puce Ibarra, presentado por el estudiante Llerena Jacome Alexander Paul con cédula de ciudadanía N°1050465762, para obtener el Título de Tecnólogo Superior en Desarrollo de Software.

Certifico que el trabajo cumple con todos los parámetros establecidos, mediante el cual el estudiante demuestra el desarrollo de competencias en el campo de conocimiento de su profesión con un nivel de argumentación coherente, para ser sometido a la evaluación por parte de los lectores.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de originalidad de TURNITIN.



Turnitin Informe de Originalidad

Procesado el: 16-sept-2026 07:47 -05
Identificador: 3033592807
Número de palabras: 12881
Entregado: 1

SISTEMA DE ORIENTACIÓN INTERACTIVO CON REALIDAD AUMENTADA PARA EL CAMPUS DE LA PUCE IBARRA Por ALEXANDER PAUL LLERENA JACOME

Índice de similitud: 9%

Similitud según fuente
Fuentes de Internet: 5%
Publicaciones: 0%
Trabajos del estudiante: 9%

Coincidencia del 4% (trabajos de los estudiantes desde 13-feb-2026)
Clase: TIC TEC SOFTWARE 202502
Ejercicio: TIC TEC SOFTWARE
Nº del trabajo: 2878352359

Coincidencia del 2% (trabajos de los estudiantes desde 24-sept-2025)
Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Ecuador - PUCE on 2025-09-24

Coincidencia del 2% (trabajos de los estudiantes desde 10-mar-2026)
Clase: TIC TEC SOFTWARE 202502
Ejercicio: TIC TEC SOFTWARE
Nº del trabajo: 2899579341

Coincidencia del 2% (trabajos de los estudiantes desde 15-sept-2026)
Clase: TIC_TecSoftware202601
Ejercicio: TIC
Nº del trabajo: 3032827572

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR PUCE TEC TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO SUPERIOR EN DESARROLLO DE SOFTWARE "SISTEMA DE ORIENTACIÓN INTERACTIVO CON REALIDAD AUMENTADA PARA EL CAMPUS DE LA PUCE IBARRA" AUTOR: "LLERENA JACOME ALEXANDER PAUL" TUTOR: "CEVALLOS RAMIREZ ALVARO MAURICIO" IBARRA – ECUADOR AGOSTO, 2026 Ibarra, 15 de septiembre de 2026 CERTIFICACIÓN TUTOR En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular titulado: Sistema de Orientación Interactivo con Realidad Aumentada Para el Campus de la Puce Ibarra, presentado por el estudiante Llerena Jacome Alexander Paul con cédula de ciudadanía N°1050465762, para obtener el Título de Tecnólogo Superior en Desarrollo de Software. Certifico que el trabajo cumple con todos los parámetros establecidos, mediante el cual el

(f):_____

Alvaro Mauricio Cevallos Ramirez
Time Stamping Security Data

Mgs. Cevallos Ramírez Álvaro Mauricio
TUTOR DE TRABAJO
C.C.: 1002494019

PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El tribunal examinador, aprueba el presente trabajo en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Ibarra:

Alvaro Mauricio Cevallos Ramirez
Time Stamping Security Data

(f): ……

Mgs. Cevallos Ramírez Álvaro Mauricio

C.C.: 1002494019

Mgs. Stalin Arciniegas

Digitally signed by Mgs. Stalin Arciniegas
DN: cn=Mgs. Stalin Arciniegas gn=Mgs. Stalin Arciniegas c=EC Ecuador l=EC Ecuador o=PUCESI ou=Escuela de Ingeniería e=smarciniegas@pucesi.edu.ec
Reason: I am the author of this document
Location:
Date: 2026-09-18 12:23-05:00

(f):……

Msc. Arciniegas Aguirre Stalin Marcelo

C.C.: 1003496815

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Llerena Jacome Alexander Paul declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 165 del Código Orgánico de Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: "Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derechos de disponer de sus derechos o autorizar las utilizaciones de sus obras o prestaciones a título gratuito y oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia".

Ibarra, 2 de septiembre del 2026



(f):_____

Llerena Jacome Alexander Paul

C.C.:1050465762

AUTORIA

Yo, Llerena Jacome Alexander Paul, portador de la cedula de ciudadanía 1050465762, declaro que el presente trabajo de investigación es de total responsabilidad del autor, y eximo expresamente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.



(f):……..

Llerena Jacome Alexander Paul

C.C.: 1050465762

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mis padres, Doris Alexandra Jacome Vinueza y Edison Paul Llerena Cusco, quienes con su esfuerzo me dieron la oportunidad de estudiar y siempre confiaron en que podía terminar esta carrera. A mi familia, por estar pendiente de mí durante todo este proceso. También a mis amigos y compañeros de clase, con quienes compartí trabajos, entregas y buenos momentos en la universidad y a mis tutores e instructores quienes supieron guiarme y orientarme a lo largo de este trayecto.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mis padres y familiares, por el apoyo incondicional que me dieron desde el principio hasta el fin de este proceso y por entender las horas que tuve que restarles a otras cosas para dedicárselas a este proyecto.

A la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Ibarra, por abrirme sus puertas y brindarme la formación académica y humana que hizo posible este trabajo de titulación. A mi tutor, Mgs. Álvaro Mauricio Cevallos Ramírez, por su guía, su paciencia y sus observaciones oportunas durante todo el desarrollo de este proyecto su experiencia fue un aporte fundamental para llevarlo a buen término. Y al personal docente y administrativo de la PUCE Ibarra, que de una u otra forma contribuyó, con su trabajo diario, a que este proceso académico pudiera completarse.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN TUTOR ..... **ii**
PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL ..... **iii**
ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS ..... **iv**
AUTORIA ..... **v**
DEDICATORIA ..... **vi**
AGRADECIMIENTOS ..... **vii**
ÍNDICE DE CONTENIDOS ..... **viii**
ÍNDICE DE TABLAS ..... **xi**
ÍNDICE DE FIGURAS ..... **xii**
RESUMEN ..... **xiii**
ABSTRACT **1**
INTRODUCCIÓN **2**
1 CAPÍTULO I. ESTADO DEL ARTE **3**
1.1 Contextualización y propósito 3
1.1.1 Contextualización 3
1.1.2 Propósito 3
1.2 Problema de Investigación 4
1.2.1 Contexto cuantitativo y demanda institucional 4
1.2.2 Situación en la PUCE Ibarra 4
1.2.3 Impacto de la desactualización de planos y la dinámica del campus 4
1.2.4 Brechas tecnológicas y accesibilidad 5
1.3 Desarrollo Temático del Estado del Arte 5
1.3.1 Aplicaciones Web 5
1.3.2 Lenguaje de programación 5
1.4 Organización / Categorías Principales 6
1.4.1 Investigaciones sobre aplicaciones web con mapas interactivos y realidad aumentada por geolocalización y su impacto en la orientación autónoma de nuevos ingresados en campus universitarios: 6
1.5 Síntesis de los Hallazgos 6
1.6 Identificación de Brechas o Vacíos de Conocimiento 7
1.7 Limitaciones de los Estudios Previos 7
1.8 Justificación de la Investigación 8

2 CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS 9
2.1 Enfoque de la investigación 9
2.2 Tipo de Investigación 9
2.3 Diseño de la investigación 10
2.4 Población, Muestra, y Unidades de Estudio 11
2.4.1 Población 11
2.4.2 Muestra 11
2.4.3 Unidades de estudio 12
2.5 Desarrollo Metodológico 13
2.5.1 Fase de Exploración 13
2.5.1.1 Actores del Sistema 13
2.5.1.2 Especificación de Requisitos del Software 15
2.5.1.3 Identificación de Requerimientos No Funcionales 18
2.5.2 Fase de Planificación 21
2.5.3 Fase de Iteraciones 22
2.5.3.1 Iteración 1 22
2.5.3.2 Iteración 2 23
2.5.3.3 Iteración 3 24
2.5.3.4 Iteración 4 25
2.5.3.5 Iteración 5 26
2.5.4 Diseño de la Interfaz Gráfica (GUI) 27
2.5.4.1 Pantalla principal: mapa interactivo del campus 27
2.5.4.2 Información del edificio 28
2.5.4.3 Ubicación del usuario en tiempo real 29
2.5.4.4 Módulo de realidad aumentada 29
2.5.4.5 Inicio de sesión del administrador 30
2.5.4.6 Panel de administración 31
2.5.4.7 Registro y edición de edificios 32
2.5.4.8 Vista responsive en dispositivos móviles 33

2.5.5 Diseño de la base de datos 34
2.5.6 Diagrama de casos de uso 35
2.5.7 Diagrama de clases 36
3 CAPITULO III. RESULTADOS Y DISCUSIONES 37
3.1 Presentación de resultados 37
3.1.1 Cumplimiento de Historia de Usuario: 37
3.1.2 Métrica de calidad de software 38
3.1.3 Precisión del sistema 39
3.1.4 Automatización de procesos 39
3.1.5 Generación de reportes 40
3.2 Discusión de resultados 40
3.2.1 Respuesta al cambio 40
3.2.2 Contraste con la literatura 41
3.2.3 Satisfacción del cliente/usuario 42
3.2.4 Análisis de costo-beneficio o impacto 42
4 CONCLUSIONES 43
5 RECOMENDACIONES 44
6 BIBLIOGRAFÍA 45
7 ANEXOS 47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Roles y responsabilidades de los integrantes del equipo 14
Tabla 2 Historia de usuario01: Visualización del mapa interactivo 15
Tabla 3 Historia de usuario 02: Geolocalización del usuario 16
Tabla 4 Historia de usuario 03: Módulo de Realidad Aumentada 16
Tabla 5 Historia de usuario 04: Autenticación del administrador 17
Tabla 6 Historia de usuario 05: Gestión de edificios del campus 17
Tabla 7 Historia de usuario 06: Cierre de sesión 18
Tabla 8 Requisito No Funcional 01: Usabilidad 18
Tabla 9 Requisito No Funcional 02: Compatibilidad 19
Tabla 10 Requisito No Funcional 03: Seguridad 19
Tabla 11 Requisito No Funcional 04: Mantenibilidad 20
Tabla 12 Requisito No Funcional 05: Rendimiento 20
Tabla 13 Análisis y refinamiento de las historias de usuario 21
Tabla 14 Planificación de iteraciones del proyecto 22

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa interactivo del campus 28
Figura 2 Ventana emergente de información del edificio 28
Figura 3 Geolocalización del usuario en el mapa 29
Figura 4 Módulo de realidad aumentada 30
Figura 5 Pantalla de inicio de sesión del administrador 30
Figura 6 Panel de administración de edificios 31
Figura 7 Formulario de registro y edición de edificios 32
Figura 8 Vista responsive en dispositivos móviles 33
Figura 9 Modelo de la base de datos en Supabase 34
Figura 10 Diagrama de casos de uso del sistema 35
Figura 11 Diagrama de clases del sistema 36

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo desarrollar una aplicación web responsive con mapas interactivos y realidad aumentada por geolocalización para facilitar la orientación autónoma de los estudiantes de nuevo ingreso en el campus de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, sede Ibarra (PUCE Ibarra), donde la extensión y la constante modificación de la infraestructura dificultan la localización de aulas, laboratorios y oficinas. El estudio correspondió a una investigación aplicada, con enfoque mixto y diseño no experimental de tipo transversal. La población estuvo conformada por los estudiantes de nuevo ingreso y el personal de gestión de espacios; mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia se seleccionaron entre 15 y 20 estudiantes para la fase de pruebas. Para la recolección de datos se emplearon la observación directa con ficha de registro de los edificios y sus coordenadas GPS, el análisis de casos similares y una encuesta a los estudiantes para identificar las necesidades de orientación. El sistema se construyó con la metodología ágil XP, de forma iterativa, integrando React, React-Leaflet y AR.js con Supabase, y se desplegó en Vercel. Los resultados evidenciaron que las seis historias de usuario planificadas se completaron en su totalidad, obteniéndose un sistema funcional que permite visualizar el mapa del campus, consultar la información de los edificios, activar la realidad aumentada, reconocer la ubicación en tiempo real y administrar los espacios. Se concluye que la solución cumple los objetivos y mejora la orientación y la experiencia de acogida de los nuevos estudiantes.

Palabras clave: realidad aumentada, geolocalización, orientación espacial, aplicación web, metodología XP.

ABSTRACT

The objective of this study was to develop a responsive web application with interactive maps and geolocation-based augmented reality to facilitate self-guided navigation for incoming students on the campus of the Pontifical Catholic University of Ecuador, Ibarra Campus (PUCE Ibarra), where the size of the campus and constant changes to the infrastructure make it difficult to locate classrooms, laboratories, and offices. The study was an applied research project with a mixed-methods approach and a non-experimental, cross-sectional design. The population consisted of new students and facilities management staff; between 15 and 20 students were selected for the testing phase using non-probabilistic convenience sampling. Data collection involved direct observation using a data sheet to record the buildings and their GPS coordinates, analysis of similar cases, and a survey of students to identify their orientation needs. The system was built using the XP agile methodology in an iterative manner, integrating React, React-Leaflet, and AR.js with Supabase, and deployed on Vercel. The results showed that all six planned user stories were fully completed, resulting in a functional system that allows users to view the campus map, access building information, activate augmented reality, determine their location in real time, and manage spaces. It is concluded that the solution meets its objectives and improves orientation and the onboarding experience for new students.

Keywords: augmented reality, geolocation, spatial orientation, web application, XP methodology.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto tuvo como fin desarrollar una aplicación web responsive con mapas interactivos y realidad aumentada por geolocalización, orientada a facilitar la ubicación de los estudiantes de nuevo ingreso dentro del campus de la PUCE Ibarra. Entonces, la variable independiente correspondió a la aplicación web con mapas interactivos y realidad aumentada. Por otro lado, la variable dependiente fue la orientación autónoma de los estudiantes nuevos dentro del campus.

Cuando un estudiante llega por primera vez a la universidad, no conoce dónde están las aulas, los laboratorios ni las oficinas administrativas. Por ende, tiene que preguntar a otras personas o guiarse por carteles y planos que muchas veces no están actualizados, debido a las obras y cambios que se realizan en el campus. Además, las aplicaciones de orientación desarrolladas en otras universidades del país fueron hechas en su mayoría solo para Android y con coordenadas fijas en el código. Por lo cual, se planteó una aplicación que funcione desde el navegador del celular, sin instalar nada, y que pueda actualizarse desde un panel de administración.

El objetivo general fue desarrollar una aplicación web responsive con mapas interactivos y realidad aumentada por geolocalización para mejorar la orientación de los estudiantes de nuevo ingreso en el campus de la PUCE Ibarra. Asimismo, los objetivos específicos fueron: analizar los requisitos del sistema mediante la observación del campus y la revisión de casos similares; diseñar la arquitectura, la base de datos y las interfaces del sistema; y desarrollar la aplicación integrando React, React-Leaflet, AR.js y Supabase.

El contenido de la investigación se organizó en tres capítulos. En el capítulo uno se desarrolló el estado del arte, donde se presentaron el problema de investigación, los trabajos relacionados, las brechas encontradas y la justificación del proyecto. Asimismo, en el capítulo dos se describieron la metodología de investigación y de desarrollo, los requisitos, las historias de usuario, las iteraciones de la metodología XP y el diseño del sistema. Finalmente, en el capítulo tres se expusieron los resultados obtenidos, las pruebas realizadas y la discusión de los hallazgos.

Como cierre del proyecto, se presentaron las conclusiones y recomendaciones. Por ende, las conclusiones resumen lo logrado en relación con los objetivos planteados, mientras que las recomendaciones proponen mejoras para futuras versiones del sistema.

1 CAPÍTULO I. ESTADO DEL ARTE

1.1 Contextualización y propósito

1.1.1 Contextualización

En la actualidad, muchas universidades utilizan herramientas digitales como mapas en línea, GPS y aplicaciones móviles para ayudar a los estudiantes y visitantes a ubicarse dentro de sus instalaciones. En este sentido, la realidad aumentada ha empezado a usarse para mostrar información sobre la imagen de la cámara del celular, de manera que el usuario pueda identificar un edificio con solo apuntar hacia él.

Dentro de este contexto, en Latinoamérica y en Ecuador se han desarrollado aplicaciones con geolocalización y realidad aumentada para campus universitarios, como las propuestas de la Universidad Nacional de Loja y la Universidad Técnica Particular de Loja (Miranda & Ordóñez, 2014; Saraguro Bravo, 2012). Por lo tanto, estas experiencias muestran que existe interés en usar la tecnología para reducir la pérdida de tiempo y la confusión que tienen los estudiantes nuevos al moverse por un campus que no conocen.

1.1.2 Propósito

El propósito de este capítulo fue revisar los trabajos y tecnologías relacionados con la orientación dentro de campus universitarios, especialmente aquellos que combinan mapas interactivos, geolocalización y realidad aumentada. Además, se buscó identificar qué tecnologías usaron, qué resultados obtuvieron y qué limitaciones presentaron.

De igual manera, esta revisión sirvió como base para elegir las tecnologías del sistema propuesto y definir sus funcionalidades para el campus de la PUCE Ibarra. Identificar y clasificar las aproximaciones técnicas empleadas .

Por ejemplo: SIG, GPS, IPS, RA, visión por computador.

1.2 Problema de Investigación

1.2.1 Contexto cuantitativo y demanda institucional

Cada año ingresa una gran cantidad de estudiantes a las universidades del Ecuador. Entre 2022 y 2025, el Sistema de Educación Superior registró 753 147 nuevos matriculados, la mayoría entre 19 y 25 años, grupo que representa el 56 % del total (SENESCYT, 2024). Por ende, las universidades necesitan formas más prácticas de recibir y orientar a estos estudiantes durante sus primeros días.

1.2.2 Situación en la PUCE Ibarra

En la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCE Ibarra), los estudiantes de reciente ingreso encuentran dificultades palpables para ubicarse en un campus con infraestructura compleja y en constante ampliación. La carencia de un sistema digital de navegación obliga a los recién ingresados a solicitar ayuda a terceros para localizar aulas, laboratorios, oficinas administrativas y servicios, lo cual ocasiona pérdida de tiempo, aumento del estrés y una primera experiencia institucional que no se ajusta a las expectativas tecnológicas de una universidad contemporánea.

1.2.3 Impacto de la desactualización de planos y la dinámica del campus

Se han detectado problemas recurrentes asociados a la localización de espacios en recintos extensos por parte de usuarios sin conocimiento previo, lo que provoca ineficiencias, frustración y demoras. En este escenario, la realidad aumentada se perfila como una herramienta capaz de proporcionar información detallada y contextual de manera dinámica y poco intrusiva en entornos de gran escala. En la PUCE Ibarra, las obras y cambios constantes en la infraestructura incrementan la obsolescencia de los planos estáticos disponibles, exacerbando la desorientación de los nuevos estudiantes.

1.2.4 Brechas tecnológicas y accesibilidad

Aunque en Ecuador existen aplicaciones de orientación para campus universitarios, muchas fueron desarrolladas solo para Android (Miranda & Ordóñez, 2014; Saraguro Bravo, 2012). Por ende, los estudiantes con celulares iOS o quienes no desean instalar una aplicación quedan fuera. En este contexto, el campus de la PUCE Ibarra carece de una herramienta accesible desde cualquier navegador que permita ubicar los espacios y mantener la información actualizada, situación que define el problema de la presente investigación.

1.3 Desarrollo Temático del Estado del Arte

1.3.1 Aplicaciones Web

Las aplicaciones web son sistemas que se usan desde un navegador, sin necesidad de instalarlos en el dispositivo. Por ende, cualquier estudiante puede entrar desde su celular o computadora sin importar si usa Android, iOS u otro sistema operativo. Además, al guardar la información en un servidor, los cambios que realiza el administrador llegan a todos los usuarios sin que tengan que actualizar nada.

1.3.2 Lenguaje de programación

- **JavaScript:** Lenguaje de programación que se ejecuta en el navegador y permite crear páginas dinámicas que responden a las acciones del usuario sin recargar la página. En este proyecto se utilizó para toda la lógica de la aplicación.
- **React:** Librería de JavaScript para construir interfaces de usuario mediante componentes reutilizables (React, s. f.). Cabe resaltar, que permitió dividir el sistema en partes como el mapa, el panel de administración y el login.
- **React-Leaflet y OpenStreetMap:** React-Leaflet ofrece componentes de React para trabajar con Leaflet, una librería de mapas interactivos (React-Leaflet, s. f.). Además, la cartografía se obtuvo de OpenStreetMap, un mapa libre y colaborativo (OpenStreetMap, s. f.).
- **AR.js y A-Frame:** AR.js es una librería para crear realidad aumentada en la web, que incluye la opción de ubicar contenido según coordenadas GPS (AR.js, s. f.). Por ende, se usó junto con A-Frame para mostrar las etiquetas de los edificios sobre la cámara.

- **Supabase:** Plataforma que utiliza PostgreSQL como base de datos y ofrece autenticación y políticas de seguridad por filas (Supabase, s. f.). En el proyecto almacenó los edificios, sus coordenadas y los administradores.

1.4 Organización / Categorías Principales

1.4.1 Investigaciones sobre aplicaciones web con mapas interactivos y realidad aumentada por geolocalización y su impacto en la orientación autónoma de nuevos ingresados en campus universitarios:

Diversos estudios han analizado el uso de mapas interactivos y realidad aumentada para ayudar a los estudiantes a ubicarse dentro de una universidad. Ortiz-Martínez et al. (2023) desarrollaron un sistema de orientación con realidad aumentada para universidades. Por ende, este tipo de herramientas puede reducir el tiempo que un estudiante nuevo necesita para conocer el campus.

La realidad aumentada por geolocalización funciona con las coordenadas de latitud y longitud de cada lugar. Es decir, el celular compara su posición con la del edificio y muestra una etiqueta sobre la imagen de la cámara cuando el usuario apunta hacia él. Por lo cual, en este proyecto se guardaron las coordenadas de cada edificio en Supabase para que AR.js las use al momento de mostrar las etiquetas.

De igual manera, Benítez Miranda et al. (2025) analizaron la adopción de la realidad aumentada en la educación en Latinoamérica. Cabe resaltar, que los estudiantes de nuevo ingreso de la PUCE Ibarra usan el celular todos los días, lo que facilita que puedan usar una herramienta de este tipo sin mayor dificultad.

1.5 Síntesis de los Hallazgos

La revisión de los trabajos relacionados mostró que la realidad aumentada y los mapas interactivos ayudan a que los estudiantes se orienten por su cuenta dentro de un campus. Además, se encontró que estos sistemas necesitan información que se pueda actualizar, porque los espacios de una universidad cambian con el tiempo.

Asimismo, se evidenció que una aplicación web responsive llega a más usuarios que una aplicación nativa, ya que no depende del sistema operativo ni requiere instalación. Por otro lado, la mayoría de trabajos se enfocaron en la parte técnica, como la precisión del GPS y el funcionamiento del

sistema. En cambio, pocos evaluaron la experiencia de los usuarios, como su satisfacción o si realmente lograron ubicarse solos.

En consecuencia, los antecedentes revisados respaldan el desarrollo de una aplicación web con mapa interactivo, realidad aumentada y panel de administración para el campus de la PUCE Ibarra, ya que en el contexto ecuatoriano no se encontró una solución que reúna estas tres partes.

1.6 Identificación de Brechas o Vacíos de Conocimiento

Las principales brechas encontradas fueron:

- **Brecha tecnológica:** Inexistencia de soluciones web para orientación universitaria con realidad aumentada en Ecuador, limitándose los desarrollos existentes a aplicaciones nativas para Android. Falta de sistemas de orientación universitaria con datos actualizables en tiempo real.
- **Brecha operativa:** Ausencia de sistemas con datos actualizables en tiempo real, pues las propuestas revisadas se restringen a contenidos estáticos sin paneles de administración institucional.
- **Brecha de precisión técnica:** Limitaciones en la exactitud del GPS para superponer etiquetas virtuales sobre objetos físicos reales, generando errores de posicionamiento en condiciones reales de uso.
- **Brecha de accesibilidad:** Escasa investigación sobre inclusión digital en sistemas de realidad aumentada universitarios, desarrollando soluciones que requieren hardware específico o conexiones de alta velocidad no siempre disponibles para todos los estudiantes.
- **Brecha integral:** Inexistencia de sistemas que combinen mapa interactivo, realidad aumentada geolocalizada y administración dinámica en una única plataforma web responsive, vacío que el presente proyecto busca cerrar en el contexto de la PUCE Ibarra.

1.7 Limitaciones de los Estudios Previos

Las principales limitaciones encontradas en los estudios revisados incluyen:

- **Tecnológicas:** Los desarrollos de la Universidad Nacional de Loja y la UTPL (Miranda & Ordóñez, 2014; Saraguro Bravo, 2012) dependían de Android, dejando fuera a usuarios de otros sistemas.

- **Precisión del GPS:** La señal GPS tiene un margen de error que aumenta cerca de edificios altos o con mal clima, lo cual hace que las etiquetas de realidad aumentada no siempre coincidan con el edificio real. Cabe resaltar, que los estudios reconocen este problema, pero no presentan una solución clara.
- **Metodológicas:** Varios proyectos fueron evaluados solo por el desarrollador, sin pruebas con estudiantes nuevos.
- **Continuidad:** Al ser trabajos de titulación individuales, muchos no tuvieron seguimiento por parte de la institución y dejaron de funcionar después de su defensa.

1.8 Justificación de la Investigación

La presente investigación se justificó por la necesidad de ayudar a los estudiantes de nuevo ingreso a ubicarse dentro del campus de la PUCE Ibarra. Es decir, al no conocer las instalaciones, pierden tiempo buscando aulas, laboratorios y oficinas, y dependen de otras personas para orientarse. Por lo tanto, esta situación afecta su primera experiencia en la universidad.

La revisión del estado del arte permitió identificar que las aplicaciones con mapas interactivos y realidad aumentada ayudan a mejorar la orientación en campus universitarios. Sin embargo, se evidenció que las soluciones en Ecuador se hicieron solo para Android y con información fija. Por ende, el proyecto tomó relevancia tecnológica al proponer una aplicación web responsive, accesible desde cualquier navegador, con datos que el administrador puede actualizar desde un panel.

Desde el ámbito social e institucional, el sistema aportó a que los estudiantes nuevos se adapten con mayor rapidez y a que la universidad cuente con una herramienta actualizable para recibirlos. Además, desde el ámbito académico, el proyecto permitió aplicar los conocimientos adquiridos en la carrera sobre desarrollo web, bases de datos y metodologías ágiles, y puede servir como referencia para trabajos futuros.

Por lo presentado, la investigación resultó conveniente y viable, debido a que respondió a una necesidad real del campus y utilizó tecnologías libres o de bajo costo.

2 CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Enfoque de la investigación

Este proyecto de titulación usa un enfoque mixto, combinando lo cuantitativo y lo cualitativo según la etapa del proceso investigativo.

Lo cuantitativo lo aplicamos en la fase de levantamiento de requerimientos. Para eso, haremos una encuesta con preguntas de opción múltiple a los estudiantes de nuevo ingreso de la PUCE Ibarra. Los datos obtenidos se tabularán y se representarán con gráficos estadísticos, lo que permitirá medir de forma objetiva las principales dificultades de orientación espacial que enfrentan los nuevos estudiantes, como identificar las funcionalidades prioritarias que debe tener el sistema. nos aseguramos de que las decisiones de diseño del software estén respaldadas por evidencia numérica verificable.

Por el lado cualitativo, este enfoque se aplica en la fase de observación directa dentro del campus de la PUCE Ibarra. Allí haremos el relevamiento físico de edificios, laboratorios, oficinas y áreas comunes, registrando sus características, ubicación y coordenadas GPS mediante una ficha de registro estructurada. También analizaremos, desde una mirada cualitativa, casos similares de aplicaciones de orientación universitaria ya existentes, para identificar patrones, limitaciones y buenas prácticas que orienten las decisiones arquitectónicas del sistema.

La integración de ambos enfoques responde a que este es un proyecto de investigación aplicada. En este tipo de trabajos, entender a fondo el contexto institucional y medir de manera objetiva las necesidades del usuario son dos insumos que se complementan y resultan indispensables para desarrollar una solución tecnológica pertinente y funcional.

2.2 Tipo de Investigación

El presente trabajo se enmarca en la investigación aplicada, porque su propósito es desarrollar una aplicación web responsive que incluya mapas interactivos y realidad aumentada por geolocalización. La idea es ofrecer una solución tecnológica al problema de orientación espacial que enfrentan los estudiantes de nuevo ingreso de la PUCE Ibarra. Este tipo de investigación permite convertir el conocimiento teórico en un producto de software funcional, enfocado directamente en resolver una necesidad real de la institución, que además ha sido identificada y comprobada dentro del contexto del campus. Para llevar esto a la práctica, la investigación aplicada

se concreta mediante dos métodos que se complementan. Por un lado, se utiliza el método de observación directa para hacer un relevamiento sistemático de las condiciones físicas actuales del campus. En esa etapa se registrarán coordenadas GPS, nombres y características de edificios, laboratorios, oficinas y áreas comunes, todo lo cual dará forma al mapa interactivo y al módulo de realidad aumentada. Por otro lado, se aplica el método de análisis de casos similares, que consiste en revisar aplicaciones de orientación universitaria ya existentes. Esto ayuda a identificar requerimientos, limitaciones y buenas prácticas que sirvan de base para las decisiones de diseño y desarrollo del sistema.

En cuanto al desarrollo del software, se ha elegido la metodología ágil XP (Programación Extrema). Esta metodología organiza el trabajo en ciclos cortos e iterativos, donde se planifica, diseña, codifica y prueba de forma continua. De esta manera, es más fácil adaptarse a cambios en los requerimientos y se pueden entregar versiones funcionales del sistema de manera incremental, todo dentro del plazo de cuatro meses que tenemos para el proyecto.

2.3 Diseño de la investigación

El diseño de esta investigación es no experimental. Esto significa que no manipulamos variables de manera deliberada ni trabajamos en condiciones controladas de laboratorio. En cambio, lo que hacemos es observar y analizar el problema de orientación espacial de los nuevos estudiantes de la PUCE Ibarra en su contexto natural, tal como ocurre día a día en el campus. A partir de esa información, desarrollamos la solución tecnológica propuesta.

Dentro de este diseño no experimental, el proyecto adopta una modalidad transversal. Que la recolección de datos, tanto la observación directa en el campus como las encuestas a estudiantes nuevos, se realiza en un momento específico del tiempo, sin hacer un seguimiento prolongado de los mismos participantes. Esta decisión resulta coherente con la naturaleza del proyecto y con la metodología ágil XP que adoptamos para el desarrollo del sistema.

El diseño se estructura en cuatro fases claramente delimitadas que corresponden a los sprints de la metodología XP:

Fase 1 —Análisis: Levantamiento de requerimientos funcionales y no funcionales mediante observación directa en el campus y análisis de casos similares. Aplicación de encuesta a estudiantes de nuevo ingreso para identificar las principales necesidades de orientación.

Fase 2 — Diseño: Definición de la arquitectura del sistema, diseño de la base de datos en Supabase y prototipado de las interfaces de usuario para los módulos de mapa interactivo, realidad aumentada y panel de administración.

Fase 3 — Implementación: Desarrollo iterativo de los módulos del sistema integrando React, React-Leaflet, AR.js y el cliente JavaScript de Supabase, con entregas funcionales al final de cada sprint.

Fase 4 — Pruebas: Validación del sistema en condiciones reales de uso en el campus de la PUCE Ibarra, verificación de la precisión GPS del módulo de realidad aumentada y corrección de errores identificados durante las pruebas en campo.

2.4 Población, Muestra, y Unidades de Estudio

2.4.1 Población

La población objeto de estudio del presente proyecto está conformada por los estudiantes de nuevo ingreso de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Ibarra (PUCE Ibarra) correspondientes al período académico en curso, quienes constituyen el grupo directamente afectado por la problemática de desorientación espacial identificada en el campus institucional. Este grupo se caracteriza por ser la primera vez que interactúa con la infraestructura física de la universidad, lo que los convierte en los usuarios directos y principales beneficiarios del sistema de orientación propuesto.

Complementariamente, la población incluye al personal administrativo y docente de la PUCE Ibarra responsable de la gestión de espacios físicos del campus, quienes constituyen los usuarios del módulo de administración del sistema y son los encargados de mantener actualizada la información de edificios y dependencias institucionales.

2.4.2 Muestra

Dado que el presente proyecto se enmarca en la investigación aplicada y su propósito central es el desarrollo y validación funcional de un sistema de software, se aplica un muestreo no probabilístico por conveniencia, seleccionando un grupo de entre 15 y 20 estudiantes de nuevo ingreso de la PUCE Ibarra que participarán en la fase de pruebas del sistema.

Este tamaño de muestra es coherente con investigaciones similares de desarrollo de software orientado a usuarios, donde la validación de usabilidad con grupos reducidos permite identificar los principales errores funcionales y de experiencia de usuario con suficiente profundidad. Nielsen (1994), referente clásico en evaluación de usabilidad, establece que con 5 usuarios se detecta aproximadamente el 85% de los problemas de usabilidad de un sistema, por lo que una muestra de 15 a 20 participantes garantiza una cobertura amplia y representativa para los fines del presente proyecto.

- Los criterios de selección de los participantes son los siguientes:
- Ser estudiante de nuevo ingreso de la PUCE Ibarra en el período académico vigente.
- No haber visitado el campus con anterioridad al inicio del período académico.
- Contar con un dispositivo móvil con acceso a internet y navegador Chrome actualizado.
- Aceptar voluntariamente participar en la prueba del sistema.

2.4.3 Unidades de estudio

Las unidades de estudio del presente proyecto son:

- **Estudiantes de nuevo ingreso de la PUCE Ibarra:** constituyen la unidad de análisis principal, sobre quienes se aplica la encuesta de requerimientos y la prueba de usabilidad del sistema mediante el cuestionario SUS (System Usability Scale).
- **Edificios, laboratorios y oficinas del campus PUCE Ibarra:** constituyen las unidades de registro del relevamiento de campo, sobre las cuales se documentan coordenadas GPS, nombre, tipo y descripción para ser incorporadas a la base de datos del sistema.
- **Administradores institucionales:** constituyen la unidad de análisis secundaria, sobre quienes se valida la funcionalidad del panel de administración del sistema.

2.5 Desarrollo Metodológico

Para el desarrollo del sistema de orientación interactiva con realidad aumentada para el campus de la PUCE Ibarra se aplicó la metodología ágil XP (Programación Extrema), seleccionada por sus ventajas en proyectos de software de corto plazo con requerimientos dinámicos. XP define practicas de desarrollo específicas como el desarrollo incremental, las pruebas continuas y la retroalimentación constante, manteniendo una comunicación directa con los interesados del proyecto y garantizando entregas funcionales al final de cada interacción.

Las fases principales de la metodología XP aplicadas en el proyecto incluyen:

- **Exploración:** se definen las historias de usuarios y se recopila información a través de la observación directa en el campus y el análisis de casos similares.
- **Planificación:** con base en las historias de usuario de ordenan por prioridad y se dividen en entregables funcionales al final de cada interacción.
- **Interacciones:** en cada interacción se diseñan, codifican y prueban las funcionalidades establecidas en las historias de usuario.
- **Despliegue:** implementación del sistema en la plataforma Vercel con HTTPS para su acceso desde dispositivos móviles y de escritorio.

2.5.1 Fase de Exploración

El desarrollo del sistema inicio con la fase de exploración, en la que se identificaron las funcionalidades del sistema mediante observación directa en el campus de la PUCE Ibarra y el análisis de casos similares de aplicaciones de orientación universitaria. Este análisis permite definir los requerimientos funcionales y no funcionales prioritarios del sistema.

2.5.1.1 Actores del Sistema

El sistema cuenta con dos actores principales:

Estudiantes de nuevo ingreso:

Usuario principal del sistema. Sus acciones principales incluyen:

- Visualizar el mapa interactivo del campus con los edificios registrados.
- Consultar información de cada edificio mediante los marcadores del mapa.

- Activar el módulo de realidad aumentada para identificar edificios apuntando la cámara del celular.
- Ves su ubicación en tiempo real sobre el mapa del campus.

Administrador institucional

Usuario responsable de la gestión de contenidos del sistema. Sus acciones principales incluyen:

- Autenticarse en el sistema mediante credenciales verificadas en la base de datos.
- Agregar nuevos edificios, laboratorios u oficinas al sistema con sus coordenadas GPS.
- Editar la información de los espacios existentes ante cambios de infraestructura.
- Eliminar registros de espacios que ya no estén en uso.
- Cerrar sesión del panel de administración.

Determinación de Roles y Responsabilidades

Tabla 1

Roles y responsabilidades de los integrantes del equipo

NOMBRE	ROL	CATEGORIA PROFECIONAL	RESPONSABILIDAD
PUCE Ibarra	Dueño del sistema	Institución de Educación Superior	Brindar información del campus, validar las iteraciones y aprobar el producto final
Alexander Paul Llerena Jacome	Desarrollador	Estudiante de Tecnología en Desarrollo de Software	Diseñar, programar y probar el sistema, así como documentar el proceso
Cevallos Ramírez Álvaro Mauricio	Tutor del proyecto	Magíster	Responsable de hacer seguimiento al desarrollo del proyecto

Nota: evidencia la distribución de responsabilidades entre los actores del proyecto: la PUCE Ibarra como institución beneficiaria y validadora, el desarrollador como responsable de la ejecución técnica y el tutor como encargado del seguimiento metodológico. *Llerena A. (2026)*

2.5.1.2 Especificación de Requisitos del Software

Identificación de Requerimientos Funcionales

A continuación, desde la tabla 2 hasta la 7 se especifican las historias de usuario del sistema, definidas a partir de la observación directa y el análisis de requerimientos.

Tabla 2

Historia de usuario01: Visualización del mapa interactivo

Historia de usuario	
Numero	1
Usuario	Estudiante de nuevo ingreso
Titulo	Visualización del mapa interactivo del campus
Descripción	El sistema debe mostrar un mapa interactivo del campus de la PUCE Ibarra con marcadores sobre los edificios, laboratorios y oficinas registrados, permitiendo al estudiante explorar el campus de forma visual.
Criterios de aceptación	El mapa debe cargar los edificios desde la base de datos en tiempo real. Los marcadores deben ser clicables y mostrar información del edificio.
Prioridad	Alta
Esfuerzo	20

Nota: describe la historia de usuario correspondiente a la visualización del mapa interactivo, funcionalidad que constituye el punto de entrada del estudiante de nuevo ingreso al sistema. *Llerena A. (2026)*

Tabla 3

Historia de usuario 02: Geolocalización del usuario

Historia de usuario	
Numero	2
Usuario	Estudiante de nuevo ingreso
Titulo	Ubicación del usuario en tiempo real
Descripción	El sistema debe solicitar permiso de ubicación al usuario y mostrar su posición actual sobre el mapa del campus mediante un punto azul, actualizándose en tiempo real conforme el usuario se desplaza.
Criterios de aceptación	El mapa debe centrase automáticamente en la ubicación del usuario al otorgar el permiso. El punto de ubicación debe actualizarse en tiempo real.
Prioridad	Alta
Esfuerzo	15

Nota: detalla la historia de usuario de geolocalización en tiempo real, la cual permite al estudiante reconocer su posición respecto a los edificios cercanos y orientar su recorrido. *Llerena A. (2026)*

Tabla 4

Historia de usuario 03: Módulo de Realidad Aumentada

Historia de usuario	
Numero	3
Usuario	Estudiante de nuevo ingreso
Titulo	Identificación de edificios mediante realidad aumentada
Descripción	El sistema debe activar la cámara del dispositivo y superponer etiquetas informativas sobre los edificios del campus al apuntar hacia ellos, usando las coordenadas GPS almacenadas en la base de datos.
Criterios de aceptación	El mapa debe centrase automáticamente en la ubicación del usuario al otorgar el permiso. El punto de ubicación debe actualizarse en tiempo real.
Prioridad	Alta
Esfuerzo	30

Nota: recoge los requerimientos de la historia de usuario del módulo de realidad aumentada, considerada la funcionalidad de mayor complejidad técnica del sistema por integrar cámara, geolocalización y renderizado de etiquetas informativas. *Llerena A. (2026)*

Tabla 5

Historia de usuario 04: Autenticación del administrador

Historia de usuario	
Numero	4
Usuario	Administrador institucional
Titulo	Inicio de sesión del administrador
Descripción	El sistema debe permitir al administrador acceder al panel de gestión mediante correo institucional y contraseña, verificando sus credenciales contra la tabla de administradores en Supabase.
Criterios de aceptación	El sistema debe validar las credenciales en la base de datos. Debe mostrar mensaje de error si las credenciales son incorrectas. Debe redirigir al panel tras inicio exitoso.
Prioridad	Alta
Esfuerzo	15

Nota: presenta la historia de usuario de autenticación del administrador, funcionalidad que restringe el acceso al panel de gestión únicamente al personal institucional autorizado. *Llerena A. (2026)*

Tabla 6

Historia de usuario 05: Gestión de edificios del campus

Historia de usuario	
Numero	5
Usuario	Administrador institucional
Titulo	CRUD de edificios del campus
Descripción	El sistema debe permitir al administrador agregar nuevos edificios; editar la información de edificios existentes; y eliminar edificios que ya no estén en uso, reflejando los cambios inmediatamente en el mapa y la AR.
Criterios de aceptación	Los cambios deben reflejarse en tiempo real en el mapa y el módulo AR. El formulario debe validar que latitud y longitud sean valores numéricos válidos.
Prioridad	Alta
Esfuerzo	25

Nota: describe la historia de usuario del CRUD de edificios, funcionalidad central del panel de administración que permite mantener actualizada la información del campus sin modificar el código fuente. *Llerena A. (2026)*

Tabla 7
Historia de usuario 06: Cierre de sesión

Historia de usuario	
Numero	6
Usuario	Administrador institucional
Titulo	Cierre de sesión del administrador
Descripción	El sistema debe permitir al administrador cerrar su sesión activa desde el panel de administración, retornando a la pantalla de inicio de sesión sin acceso a las funciones de gestión.
Criterios de aceptación	Al cerrar sesión el administrador debe ser redirigido al formulario de login. No debe ser posible acceder al panel sin autenticación previa.
Prioridad	Media
Esfuerzo	5

Nota: corresponde a la historia de usuario de cierre de sesión, funcionalidad de prioridad media que refuerza la seguridad del panel administrativo. *Llerena A. (2026)*

2.5.1.3 Identificación de Requerimientos No Funcionales

A continuación, desde la tabla 8 hasta la 12 se describen los requisitos no funcionales del sistema.

Tabla 8
Requisito No Funcional 01: Usabilidad

Identificación del requerimiento	RNF01
Nombre	Usabilidad
Descripción	La interfaz debe ser intuitiva y accesible para estudiantes de nuevo ingreso sin conocimientos técnicos previos, con navegación clara entre el mapa, la realidad aumentada y el panel de administración.
Prioridad	Alta

Nota: define el requisito no funcional de usabilidad, orientado a garantizar una navegación intuitiva para estudiantes sin conocimientos técnicos previos. *Llerena A. (2026)*

Tabla 9

Requisito No Funcional 02: Compatibilidad

Identificación del requerimiento	RNF02
Nombre	Compatibilidad
Descripción	El sistema debe funcionar correctamente en navegadores Chrome y Safari en dispositivos Android e iOS, así como en navegadores de escritorio, sin necesidad de instalación de software adicional.
Prioridad	Alta

Nota: establece el requisito de compatibilidad, que asegura el correcto funcionamiento del sistema en distintos navegadores y sistemas operativos, tanto móviles como de escritorio. *Llerena A. (2026)*

Tabla 10

Requisito No Funcional 03: Seguridad

Identificación del requerimiento	RNF03
Nombre	Seguridad
Descripción	El panel de administración debe estar protegido mediante autenticación verificada en base de datos. El sistema debe operar bajo protocolo HTTPS para garantizar la seguridad en la transmisión de datos y el acceso a cámara y GPS.
Prioridad	Alta

Nota: detalla el requisito de seguridad, indispensable para proteger el acceso al panel de administración y la transmisión de datos mediante el protocolo HTTPS. *Llerena A. (2026)*

Tabla 11

Requisito No Funcional 04: Mantenibilidad

Identificación del requerimiento	RNF04
Nombre	Mantenibilidad
Descripción	El sistema debe permitir actualizar los datos del campus sin intervención técnica en el código fuente, mediante el panel de administración. El código debe estar organizado en componentes independientes para facilitar futuras modificaciones.
Prioridad	Alta

Nota: describe el requisito de mantenibilidad, orientado a permitir la actualización de la información del campus a través del panel de administración, sin intervención directa sobre el código fuente. *Llerena A. (2026)*

Tabla 12

Requisito No Funcional 05: Rendimiento

Identificación del requerimiento	RNF05
Nombre	Rendimiento
Descripción	El mapa interactivo debe cargar los edificios en menos de 3 segundos. El módulo de realidad aumentada debe inicializar la cámara y cargar las etiquetas en menos de 5 segundos bajo condiciones normales de conectividad.
Prioridad	Media

Nota: recoge el requisito de rendimiento, que fija los tiempos máximos aceptables de carga para el mapa interactivo y el módulo de realidad aumentada. *Llerena A. (2026)*

2.5.2 Fase de Planificación

La fase de planificación se inició con la revisión y refinación de las historias de usuario.

Cada historia fue analizada para verificar si podía descomponer en tareas más pequeñas. La tabla 13 muestra el refinamiento de las historias de usuario y la tabla 14 la planificación de iteraciones.

Tabla 13

Análisis y refinamiento de las historias de usuario

Prioridad	HU	ID Tarea	Tareas	Horas de esfuerzo
100	HU1	T1-1	Configurar conexión Supabase y estructura del proyecto React	10
		T1-2	Implementar componente Mapa Interactivo con React-Leaflet	10
100	HU2	T2-1	Integrar geolocalización del usuario con punto azul en tiempo real	15
100	HU3	T3-1	Desarrollar archivo ar.html con AR.js y A-Frame	15
		T3-2	Integrar coordenadas GPS de Supabase al módulo AR	15
100	HU4	T4-1	Crear tabla administradores en Supabase y pantalla de login	15
100	HU5	T5-1	Implementar formulario de agregar y editar edificios	15
		T5-2	Implementar función de eliminar edificios con confirmación	10
80	HU6	T6-1	Implementar botón de cierre de sesión en panel admin.	5

Nota: evidencia el desglose de las historias de usuario en tareas específicas, lo que permitió dimensionar el esfuerzo de desarrollo requerido para cada una de ellas. *Llerena A. (2026)*

El tiempo de duración de cada iteración se establece en dos semanas. La velocidad de desarrollo de estima en 20 horas por iteración, distribuidas en 4 horas diarias durante 5 días a la semana. La tabla 14 muestra la distribución de tareas por iteración.

Tabla 14

Planificación de iteraciones del proyecto

Iteración	Tarea	Esfuerzo
1	T1-1, T1-2	20
2	T2-1, T3-1	20
3	T3-2, T4-1	20
4	T5-1, T5-2	20
5	T6-1 + Integración y pruebas en campo	20

Nota: muestra la distribución de las tareas a lo largo de las cinco iteraciones del proyecto, organizadas conforme a la metodología ágil XP, con una velocidad de desarrollo estimada en 20 horas por iteración. *Llerena A. (2026)*

2.5.3 Fase de Iteraciones

Durante esta fase se ejecutó el desarrollo interactivo del sistema mediante la metodología XP. Cada iteración incluyo las etapas de planificación, diseño, codificación y pruebas.

2.5.3.1 Iteración 1

Planificación

T1-1: Configuración del proyecto React con Vite y conexión a Supabase.

T1-2: Desarrollo del componente Mapa Interactivo con React-Leaflet.

Objetivo: Establecer la base técnica del proyecto y renderizar el mapa interactivo del campus con marcadores dinámicos cargados desde Supabase.

Diseño

- Estructura del proyecto organizada en src/components/, src/hooks/ y src/styles/.
- Base de datos Supabase con tabla edificios (id, nombre, descripción, latitud, longitud, tipo).

- Componente MapaInteractivo.jsx con TileLayer de OpenStreetMap y marcadores Leaflet.

Codificación

- Inicialización del proyecto con npm create vite@latest y configuración del cliente Supabase.
- Implementación del hook useEdificios.js para consumir los datos de edificios en tiempo real.
- Configuración de íconos personalizados de Leaflet para evitar el bug de imágenes faltantes.

Pruebas

- Verificación de conexión con Supabase mediante carga de edificios en consola del navegador.
- Prueba de renderizado del mapa en navegadores Chrome y Firefox de escritorio.

Entrega

Mapa interactivo funcional con marcadores y popups informativos cargados desde Supabase.

2.5.3.2 Iteración 2

Planificación

T2-1: Implementación de geolocalización del usuario en el mapa.

T3-1: Desarrollo del archivo ar.html con AR.js y A-Frame.

Objetivo: Permitir al estudiante ver su ubicación en tiempo real y desarrollar la base del módulo de realidad aumentada.

Diseño

- Componente UbicacionUsuario con useMap de React-Leaflet para centrar el mapa en la posición del usuario.
- Ícono personalizado con L.divIcon para representar la posición del usuario como punto azul pulsante.
- Estructura HTML de ar.html con escena A-Frame, cámara GPS y overlays de estado e instrucciones.

Codificación

- Integración de navigator.geolocation.watchPosition para actualización continua de posición.
- Configuración de gps-new-camera en A-Frame con AR.js para orientación por geolocalización.
- Solicitud explícita de GPS antes de la inicialización de AR.js para compatibilidad con Chrome Android.

Pruebas

- Verificación de solicitud de permiso de ubicación en Chrome Android.
- Prueba de activación de cámara en dispositivo móvil desde Vercel con HTTPS.

Entrega

- Mapa con punto azul de ubicación del usuario funcional.
- Módulo AR con cámara activa y carga de edificios desde Supabase.

2.5.3.3 Iteración 3

Planificación

T3-2: Integración de coordenadas GPS de Supabase al módulo AR.

T4-1: Desarrollo de pantalla de login y tabla de administradores.

Objetivo: Conectar las etiquetas AR con los datos reales de la base de datos y proteger el panel de administración con autenticación.

Diseño

- Entidades AR generadas dinámicamente con gps-new-entity-place usando latitud y longitud de Supabase.
- Tabla administradores en Supabase con campos: id, nombre, email, password.
- Pantalla de login con validación de credenciales contra la tabla administradores.

Codificación

- Fetch a la API REST de Supabase desde ar.html para obtener coordenadas de edificios en tiempo real.
- Generación dinámica de entidades A-Frame con cajas, textos y esferas de color para cada edificio.
- Componente de login en PanelAdmin.jsx con estado de autenticación gestionado por useState.

Pruebas

- Verificación de que los cambios de coordenadas en Supabase se reflejan en el módulo AR.
- Prueba de login con credenciales correctas e incorrectas.

Entrega

- Módulo AR conectado a Supabase con etiquetas dinámicas.
- Panel de administración protegido con autenticación verificada en base de datos.

2.5.3.4 Iteración 4

Planificación

T5-1: Implementación del formulario para agregar y editar edificios.

T5-2: Implementación de la función eliminar edificios.

Objetivo: Completar el CRUD de edificios del campus desde el panel de administración.

Diseño

- Formulario con campos: nombre, descripción, latitud, longitud y tipo (selector con opciones: Académico, Administrativo, Servicios, Deportivo).
- Tabla de edificios registrados con columnas: Nombre, Tipo, Latitud, Longitud, Acciones.
- Botones de Editar y Eliminar con estilos diferenciados por color.

Codificación

- Operaciones CRUD usando el cliente JavaScript de Supabase: insert, update, delete y select.
- Políticas RLS en Supabase para permitir lectura pública y escritura autenticada.
- Mensajes de confirmación y retroalimentación visual tras cada operación exitosa o fallida.

Pruebas

- Prueba de inserción de nuevo edificio y verificación en el mapa interactivo.
- Prueba de edición de coordenadas y verificación del reposicionamiento del marcador.
- Prueba de eliminación con confirmación del navegador.

Entrega

Panel de administración con CRUD completo y funcional.

2.5.3.5 Iteración 5

Planificación

T6-1: Implementación del cierre de sesión.

Integración general de módulos y pruebas en campo con usuarios reales.

Objetivo: Completar la integración de todos los módulos, realizar pruebas de usabilidad con estudiantes de nuevo ingreso y corregir errores identificados.

Diseño

- Botón de cierre de sesión que limpia el estado de autenticación y retorna al formulario de login.
- Navegación responsive con menú hamburguesa para dispositivos móviles.
- Diseño visual con paleta de colores azul y blanco institucional de la PUCE Ibarra.

Codificación

- Separación de responsabilidades: estilos en src/styles/, lógica en src/hooks/ y componentes en src/components/.
- Implementación de menú hamburguesa con estado menú Abierto para navegación en móvil.
- Publicación final en Vercel con HTTPS y sincronización automática con GitHub.

Pruebas

- Pruebas de usabilidad con 15 a 20 estudiantes de nuevo ingreso de la PUCE Ibarra.
- Aplicación del cuestionario SUS (System Usability Scale) para medir satisfacción del usuario.
- Pruebas en campo del módulo AR en el campus con coordenadas GPS reales relevadas en campo.

Entrega

Sistema completo, integrado y desplegado en https://puce-ibarra-orientacion.vercel.app/

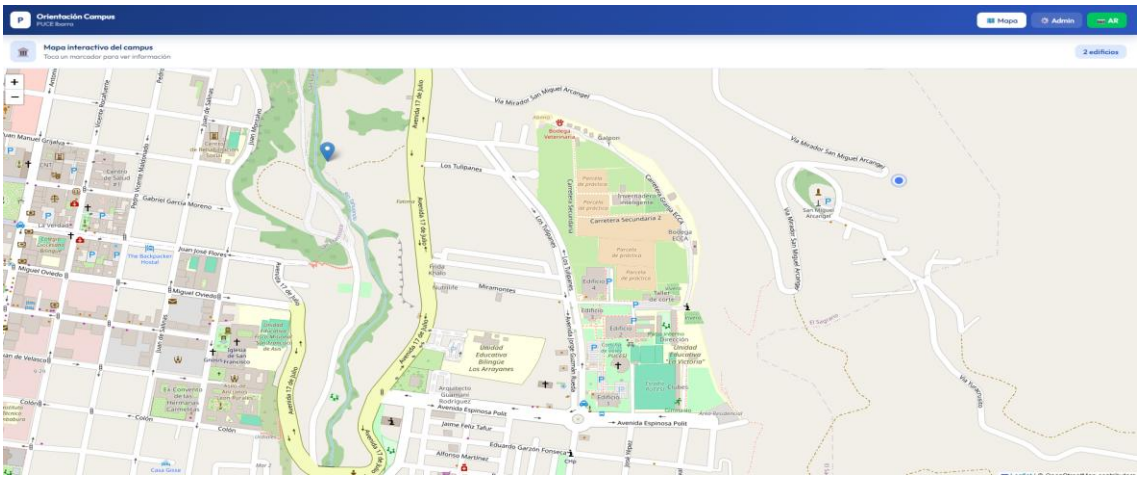
2.5.4 Diseño de la Interfaz Gráfica (GUI)

El diseño de la interfaz gráfica se enfoca en la facilidad de uso, considerando que la herramienta está dirigida a estudiantes de nuevo ingreso sin conocimientos técnicos previos. Por ello se prioriza una navegación clara, una estética coherente con la identidad institucional y un diseño responsive que permite interactuar con el sistema sin dificultad desde dispositivos móviles o de escritorio. A continuación, desde la figura 1 hasta la figura 8, se presentan las principales pantallas del sistema.

2.5.4.1 Pantalla principal: mapa interactivo del campus

La pantalla principal corresponde al mapa interactivo del campus y constituye el punto de entrada del estudiante al sistema. Sobre la cartografía de OpenStreetMap se muestran los marcadores de cada edificio, laboratorio y oficina, cargados en tiempo real desde la base de datos de Supabase. El estudiante puede desplazarse por el mapa, acercar o alejar la vista y reconocer de forma visual la distribución de los espacios del campus.

Figura 1
Mapa interactivo del campus

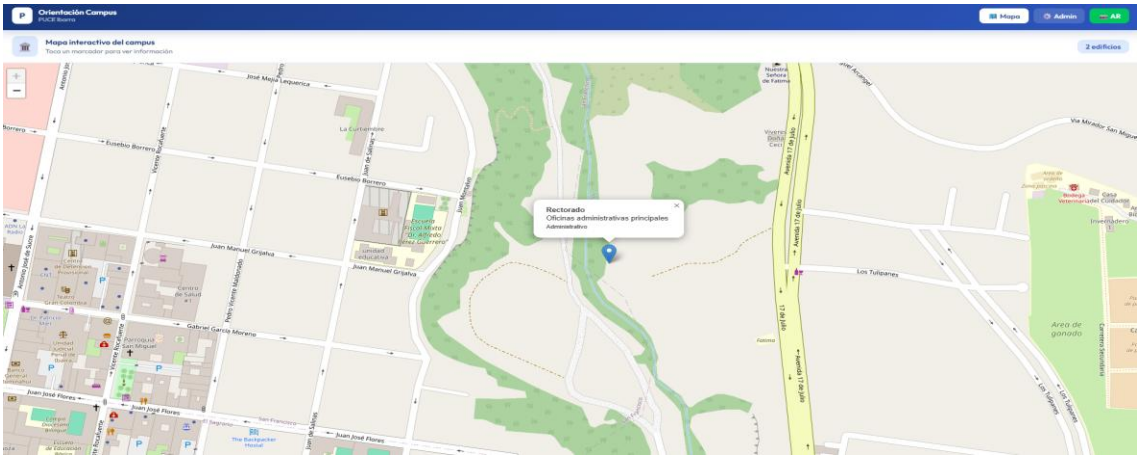


Nota: presenta la pantalla principal del sistema, en la que los marcadores corresponden a los edificios cargados desde la base de datos sobre la cartografía del campus. *Llerena A. (2026)*

2.5.4.2 Información del edificio

Al pulsar cualquiera de los marcadores del mapa, el sistema despliega una ventana emergente (popup) con el nombre del edificio, su tipo y una breve descripción de los servicios que ofrece. De esta manera, el estudiante obtiene información contextual de cada espacio sin necesidad de abandonar la vista del mapa.

Figura 2
Ventana emergente de información del edificio

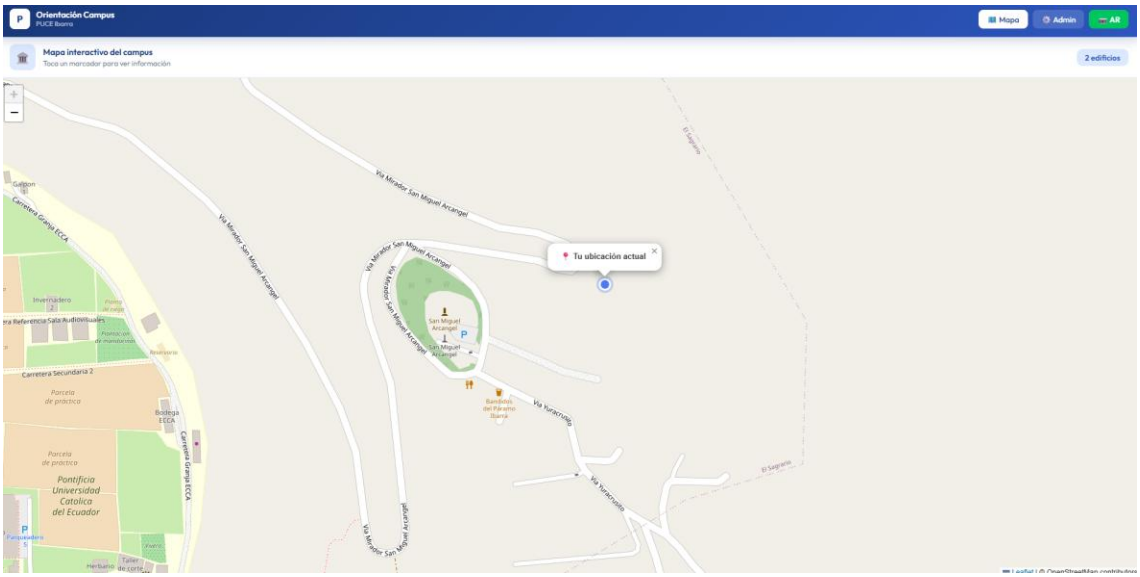


Nota: muestra la ventana emergente que se despliega al pulsar un marcador, con el nombre del edificio, su tipo y una breve descripción de los servicios que ofrece. *Llerena A. (2026)*

2.5.4.3 Ubicación del usuario en tiempo real

Cuando el estudiante concede el permiso de ubicación, el sistema representa su posición actual mediante un punto azul pulsante que se actualiza en tiempo real conforme se desplaza por el campus. El mapa se centra automáticamente en dicha posición, lo que le permite reconocer su ubicación respecto a los edificios cercanos y orientar su recorrido.

Figura 3
Geolocalización del usuario en el mapa

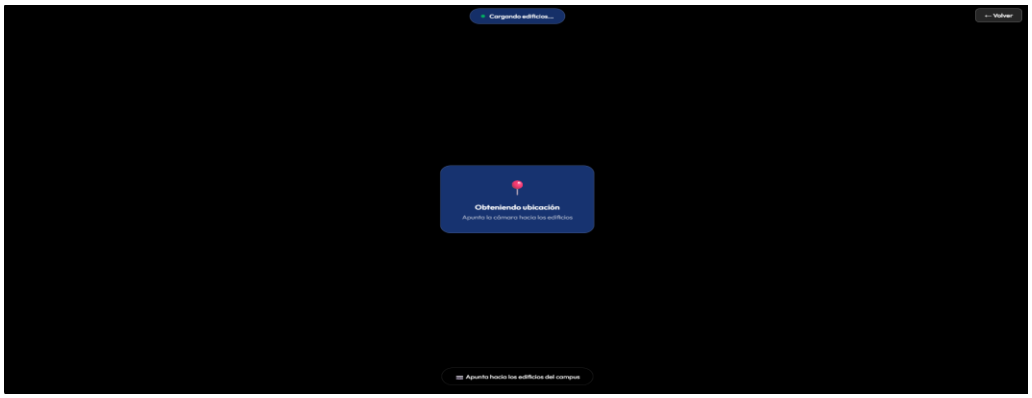


Nota: evidencia la ubicación del estudiante mediante el punto azul, mientras que los demás marcadores corresponden a los edificios registrados en el sistema. *Llerena A. (2026)*

2.5.4.4 Módulo de realidad aumentada

El módulo de realidad aumentada se activa desde la pantalla principal y solicita acceso a la cámara del dispositivo. Una vez iniciado, superpone sobre la imagen real del entorno etiquetas informativas posicionadas a partir de las coordenadas GPS almacenadas en Supabase. Al apuntar la cámara hacia un edificio, el estudiante visualiza su nombre y una breve referencia, lo que facilita la identificación inmediata de los espacios sin recurrir a planos estáticos.

Figura 4
Módulo de realidad aumentada

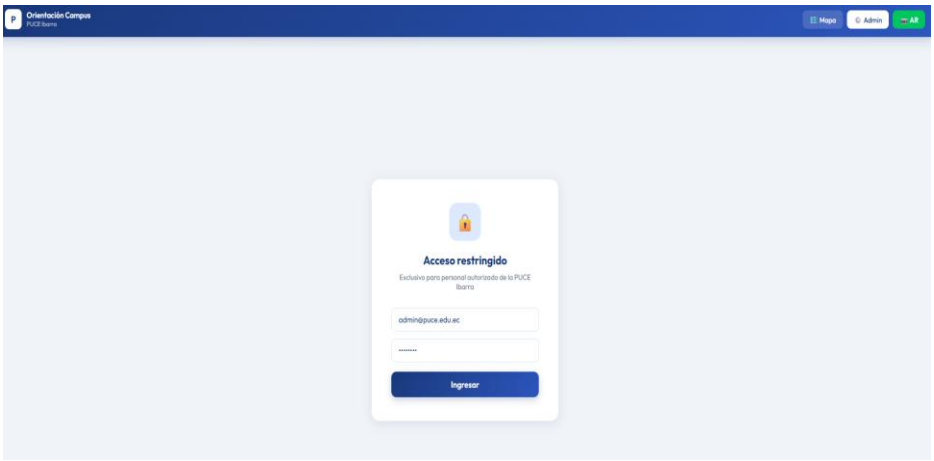


Nota: muestra las etiquetas informativas superpuestas sobre la imagen de la cámara, generadas a partir de las coordenadas de los edificios almacenadas en la base de datos. *Llerena A. (2026)*

2.5.4.5 Inicio de sesión del administrador

El acceso al panel de administración está protegido mediante una pantalla de inicio de sesión, en la que el administrador institucional ingresa su correo y contraseña. Las credenciales se verifican contra la tabla de administradores de Supabase; si los datos son incorrectos, el sistema muestra un mensaje de error y, de ser correctos, redirige al panel de gestión.

Figura 5
Pantalla de inicio de sesión del administrador

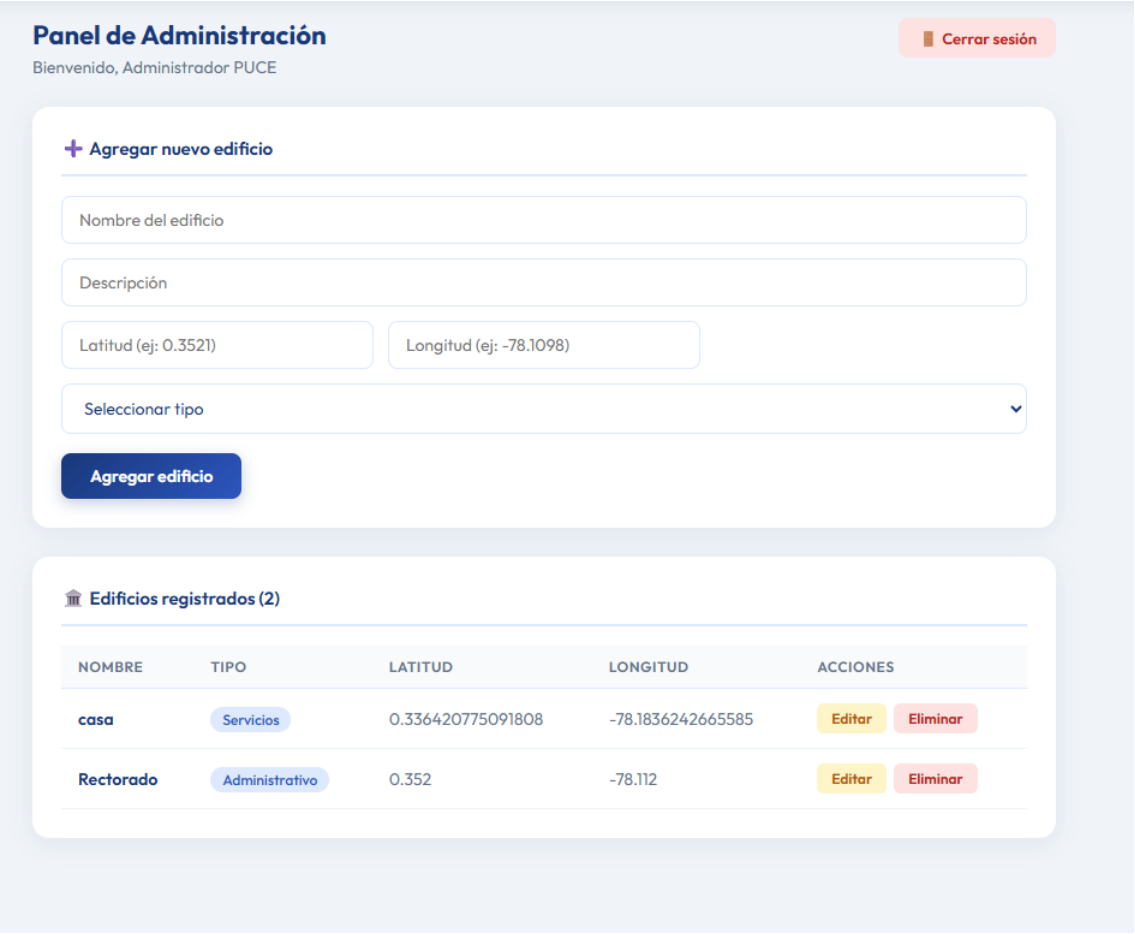


Nota: presenta la pantalla de acceso en la que el administrador ingresa el correo y la contraseña que se validan contra la tabla de administradores. *Llerena A. (2026)*

2.5.4.6 Panel de administración

Tras autenticarse, el administrador accede al panel de gestión, donde se presenta el listado de los edificios registrados en una tabla con las columnas de nombre, tipo, latitud y longitud. Desde esta vista, el administrador puede iniciar las operaciones de registro, edición y eliminación de espacios, así como cerrar su sesión de forma segura.

Figura 6
Panel de administración de edificios

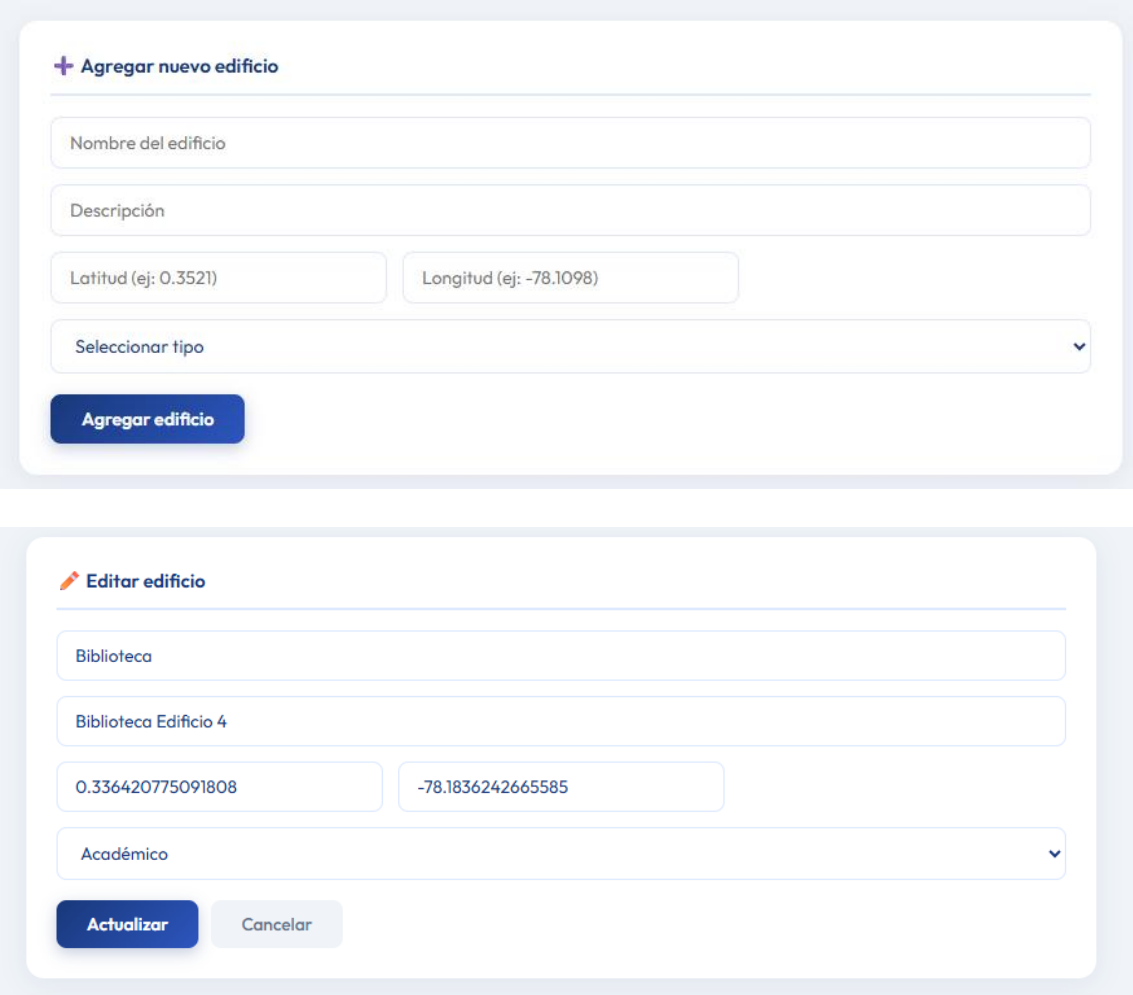


Nota: detalla el listado de los edificios registrados con las columnas de nombre, tipo, latitud y longitud, junto con las opciones de registro, edición y eliminación. *Llerena A. (2026)*

2.5.4.7 Registro y edición de edificios

El formulario de gestión permite agregar un nuevo edificio o modificar uno existente. Incluye los campos de nombre, descripción, latitud, longitud y un selector de tipo con las opciones Académico, Administrativo, Servicios y Deportivo. El sistema valida que las coordenadas correspondan a valores numéricos válidos antes de guardar y refleja los cambios de inmediato en el mapa interactivo y en el módulo de realidad aumentada.

Figura 7
Formulario de registro y edición de edificios



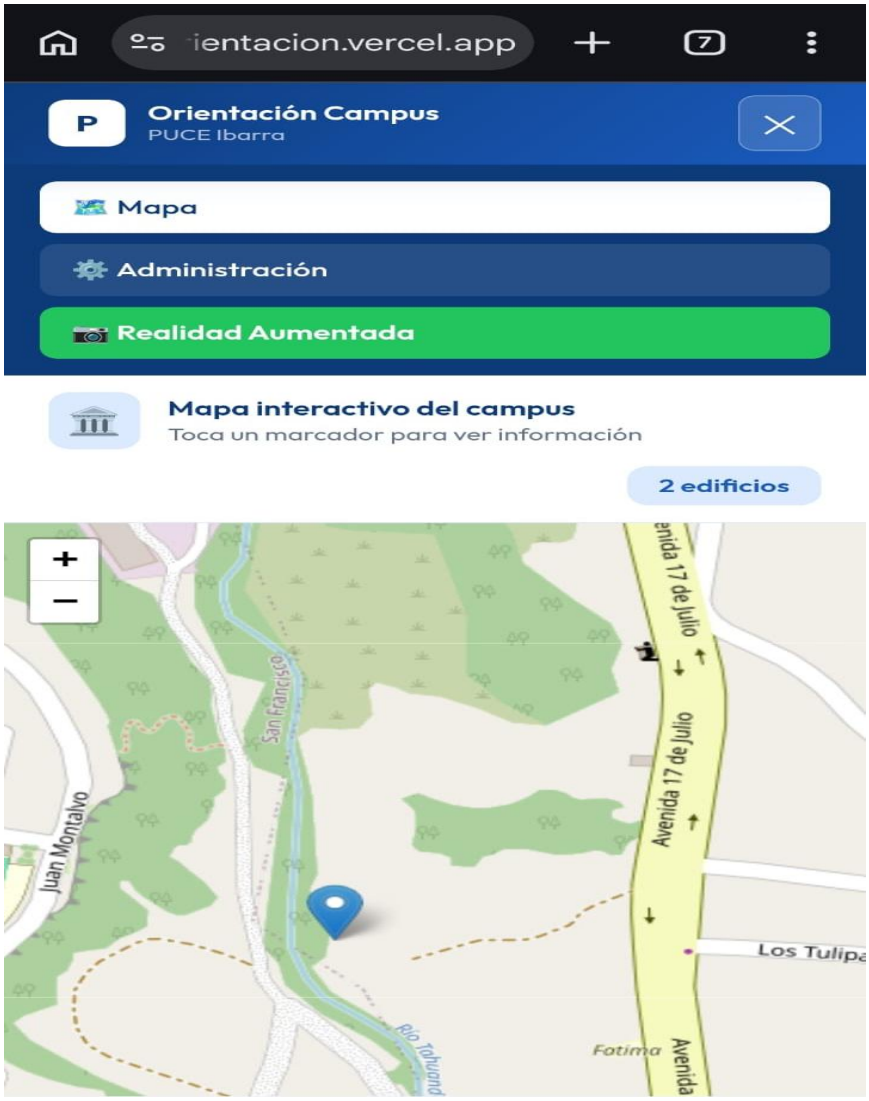
Nota: recoge el formulario de gestión de edificios: la imagen superior corresponde al registro de un nuevo espacio y la inferior a la edición de uno ya existente. *Llerena A. (2026)*

2.5.4.8 Vista responsive en dispositivos móviles

Dado que la mayoría de los estudiantes accede al sistema desde su teléfono, la interfaz se diseñó con un enfoque responsive. En pantallas pequeñas, la navegación se reorganiza en un menú hamburguesa que agrupa las opciones principales, garantizando que todos los módulos (mapa, realidad aumentada y administración) sean accesibles y legibles sin importar el tamaño del dispositivo.

Figura 8

Vista responsive en dispositivos móviles



Nota: evidencia la presentación de la interfaz en un teléfono, con el menú desplegable que agrupa las opciones principales del sistema. *Llerena A. (2026)*

2.5.5 Diseño de la base de datos

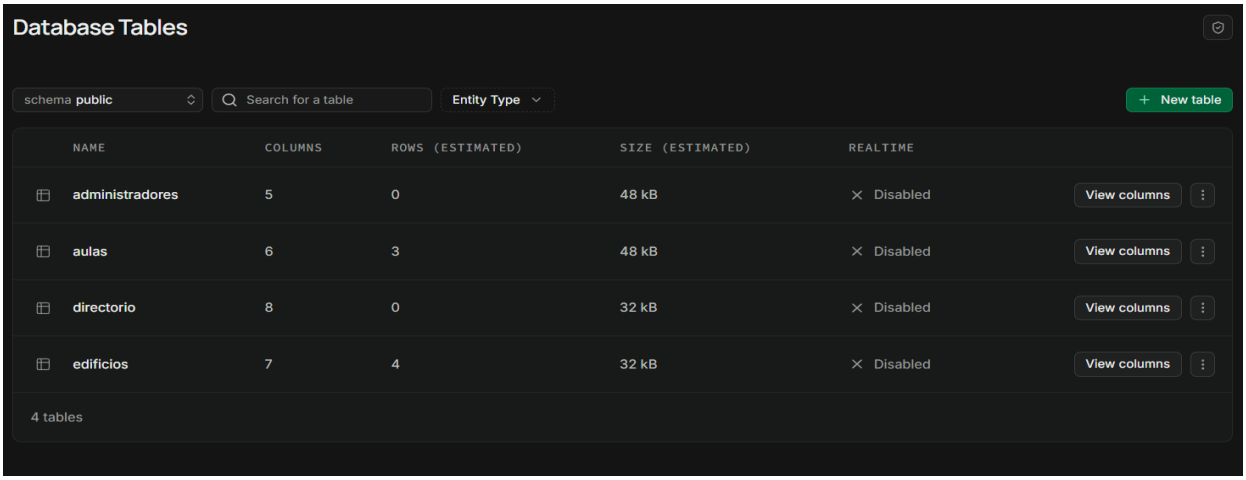
La base de datos del sistema se implementó en Supabase, plataforma que utiliza PostgreSQL como motor relacional. El modelo de datos se diseñó de forma sencilla y orientada a las necesidades del sistema, y está conformado por dos tablas principales que sostienen el funcionamiento del mapa interactivo, el módulo de realidad aumentada y el panel de administración.

a) Tabla edificios: almacena la información de cada espacio del campus que se muestra en el mapa y en la realidad aumentada. Contiene los campos id (identificador único), nombre, descripción, latitud, longitud y tipo, este último encargado de clasificar el espacio en Académico, Administrativo, Servicios o Deportivo.

b) Tabla administradores: almacena los datos del personal autorizado para gestionar los contenidos del sistema. Contiene los campos id, nombre, email y password, utilizados para validar el inicio de sesión en el panel de administración.

Para garantizar la seguridad y la disponibilidad de la información, se configuraron políticas de seguridad a nivel de fila (Row Level Security) en Supabase: la tabla edificios permite la lectura pública, de modo que cualquier estudiante pueda visualizar el mapa sin necesidad de autenticarse, mientras que las operaciones de escritura quedan restringidas a los administradores autenticados.

Figura 9
Modelo de la base de datos en Supabase



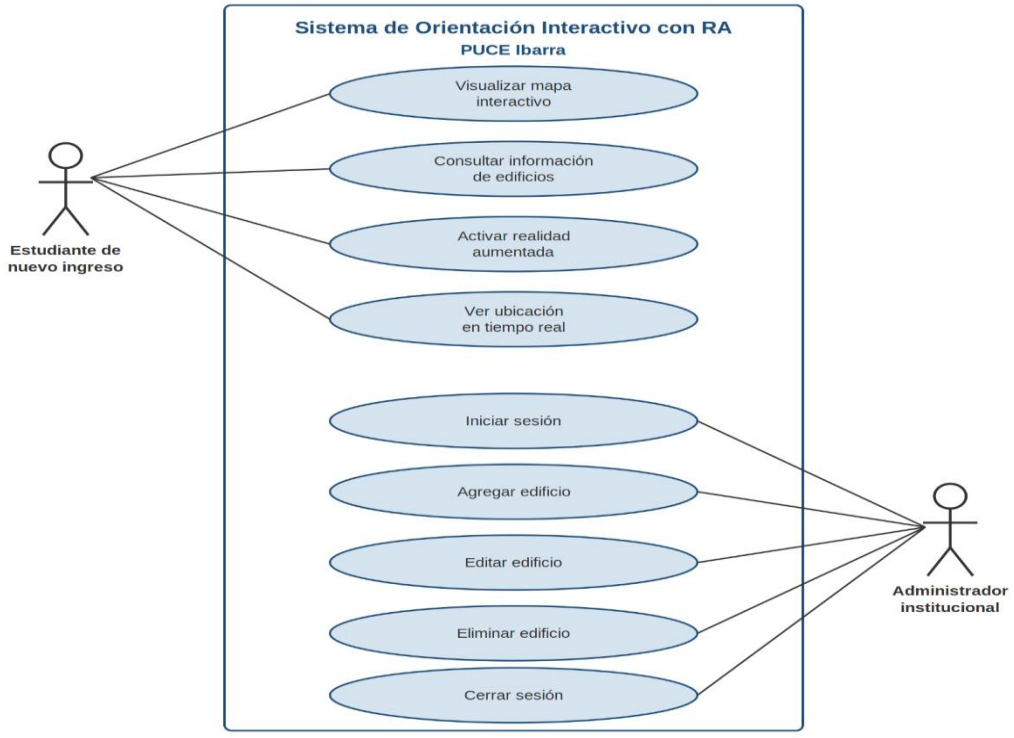
Nota: representa la estructura de las tablas edificios y administradores, con sus campos y los tipos de datos definidos en Supabase. *Llerena A. (2026)*

2.5.6 Diagrama de casos de uso

El diagrama de casos de uso representa los actores principales del sistema y las acciones que cada uno puede realizar. El sistema cuenta con dos actores: el estudiante de nuevo ingreso y el administrador institucional. El estudiante puede visualizar el mapa interactivo, consultar la información de los edificios, activar el módulo de realidad aumentada y ver su ubicación en tiempo real, sin necesidad de autenticarse. El administrador, por su parte, debe iniciar sesión para acceder al panel de gestión, desde donde puede agregar, editar y eliminar edificios, además de cerrar su sesión de forma segura.

Figura 10

Diagrama de casos de uso del sistema



Nota: representa las acciones disponibles en el sistema mediante elipses y a los actores estudiante y administrador mediante las figuras ubicadas a los costados. *Llerena A. (2026)*

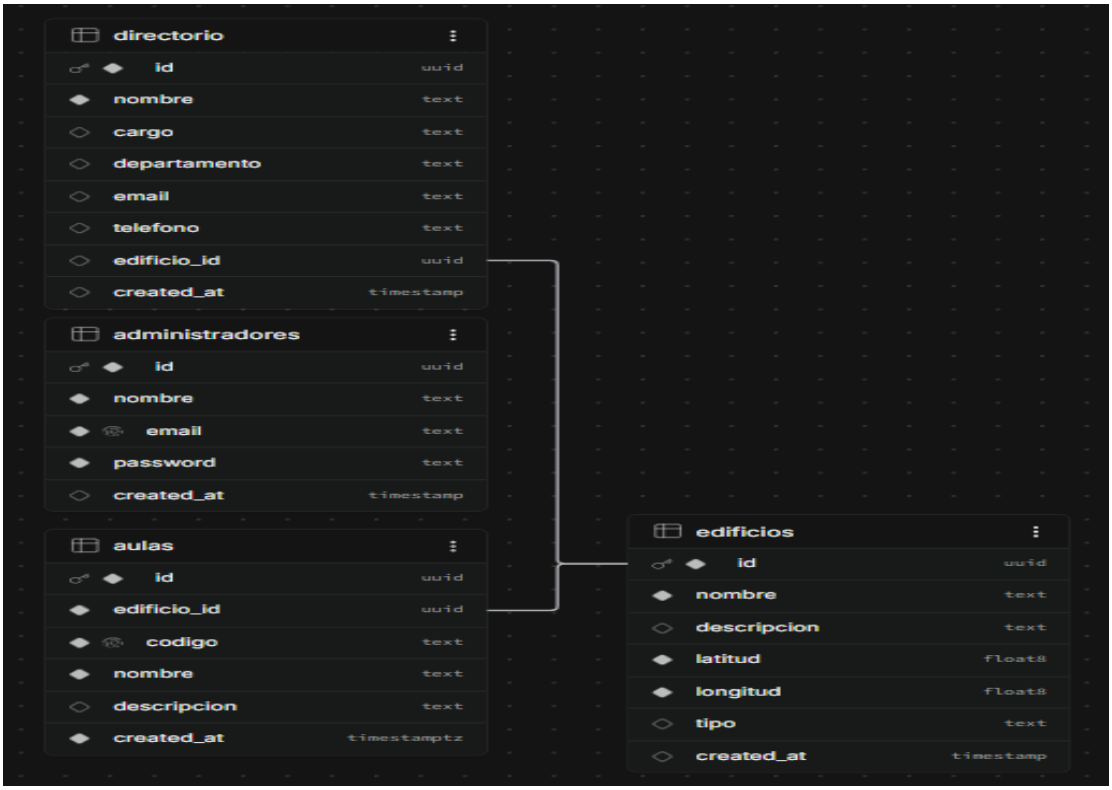
2.5.7 Diagrama de clases

El diagrama de clases representa la estructura de las principales entidades del sistema y la relación entre ellas, lo que ayuda a comprender la lógica con la que se organiza la información.

a) Clase Edificio: representa cada espacio del campus (edificio, laboratorio u oficina) que se muestra en el mapa y en el módulo de realidad aumentada. Incluye los atributos id, nombre, descripción, latitud, longitud y tipo.

b) Clase Administrador: representa al personal institucional autorizado para gestionar los contenidos del sistema. Incluye los atributos id, nombre, email y password, y es la responsable de las operaciones de creación, edición y eliminación que se aplican sobre la clase Edificio.

Figura 11
Diagrama de clases del sistema



Nota: representa las clases Edificio y Administrador con sus atributos, así como la relación establecida entre ambas. *Llerena A. (2026)*

3 CAPITULO III. RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1 Presentación de resultados

En este apartado se presentaron los resultados obtenidos luego del desarrollo del sistema de orientación para el campus de la PUCE Ibarra. Por ende, los resultados se evaluaron según el cumplimiento de las historias de usuario y las pruebas realizadas en cada módulo. Asimismo, se analizaron la carga de los edificios desde la base de datos, la ubicación de los marcadores, el funcionamiento de la realidad aumentada y el uso del panel de administración.

3.1.1 Cumplimiento de Historia de Usuario:

HU1 – Visualización del mapa interactivo. Esta historia de usuario permite al estudiante de nuevo ingreso visualizar el mapa interactivo del campus sobre el cual se muestran los marcadores de los edificios, laboratorios y oficinas cargados en tiempo real desde Supabase. Constituye el punto de entrada al sistema, ya que permite reconocer de forma visual la distribución de los espacios y se desarrolló durante la Iteración 1.

HU2 – Geolocalización del usuario. Esta historia de usuario permite mostrar la ubicación del estudiante en tiempo real mediante un punto azul que se actualiza conforme se desplaza por el campus. Su implementación facilita que el usuario reconozca su posición respecto a los edificios cercanos y oriente su recorrido; se desarrolló en la Iteración 2.

HU3 – Módulo de Realidad Aumentada. Esta funcionalidad permite activar la cámara del dispositivo y superponer etiquetas informativas sobre los edificios a partir de las coordenadas GPS almacenadas en Supabase. De esta manera, el estudiante identifica los espacios apuntando el teléfono hacia ellos, sin depender de planos estáticos. Se desarrolló entre las Iteraciones 2 y 3.

HU4 – Autenticación del administrador. Esta historia de usuario describe el acceso seguro al panel de administración mediante correo y contraseña verificados en la base de datos, garantizando que únicamente el personal autorizado pueda gestionar la información del sistema. Se desarrolló en la Iteración 3.

HU5 – Gestión de edificios del campus. Esta funcionalidad permite al administrador agregar, editar y eliminar edificios, laboratorios u oficinas junto con sus coordenadas GPS. Los cambios realizados se reflejan de inmediato en el mapa interactivo y en el módulo de realidad aumentada, lo que mantiene actualizada la información del campus. Se desarrolló en la Iteración 4.

HU6 – Cierre de sesión. Esta historia de usuario permite al administrador finalizar su sesión de forma segura desde el panel de administración, evitando accesos no autorizados una vez concluida la gestión de la información. Se desarrolló en la Iteración 5, junto con la integración y las pruebas en campo.

En síntesis, las seis historias de usuario planificadas se completaron en su totalidad, alcanzando un cumplimiento del 100 % y cubriendo las funcionalidades principales del sistema: mapa interactivo, geolocalización, realidad aumentada y administración de la información.

3.1.2 Métrica de calidad de software

Para evaluar la calidad del software desarrollado se consideraron métricas relacionadas con la cobertura de las funcionalidades y la detección y corrección de errores, tomando en cuenta el entorno tecnológico utilizado, que incluye React con React-Leaflet para el mapa, AR.js y A-Frame para la realidad aumentada, y Supabase (PostgreSQL) como base de datos, junto con la cartografía de OpenStreetMap.

La cobertura de las funcionalidades se evaluó de manera manual mediante procesos de depuración (debug) y revisión de la consola y los registros del navegador, verificando la ejecución correcta de los módulos principales: la carga de marcadores desde Supabase, la geolocalización del usuario, la activación de la cámara y el posicionamiento de las etiquetas en realidad aumentada, la autenticación del administrador y las operaciones de registro, edición y eliminación de edificios. Este enfoque permitió confirmar que los módulos críticos del sistema se ejecutaron y probaron durante los escenarios de uso definidos.

En cuanto a la tasa de errores, durante las pruebas se identificaron fallos relacionados principalmente con el desfase de algunos marcadores respecto a la posición real del edificio, el alineamiento de las etiquetas de realidad aumentada, la validación de las coordenadas en el formulario de gestión y la correcta aplicación de las políticas de seguridad (RLS) al iniciar sesión. Los errores detectados se registraron y se corrigieron de forma progresiva, logrando una reducción de incidencias a medida que avanzaba el proceso de depuración. En conjunto, estas métricas demuestran que el software alcanzó un nivel de calidad adecuado para su implementación en un entorno real.

3.1.3 Precisión del sistema

La precisión del sistema se evaluó mediante la comparación entre la ubicación física real de los edificios del campus y la posición con la que estos se representan en el mapa y en el módulo de realidad aumentada tras la implementación. Antes de contar con el sistema, el estudiante de nuevo ingreso se orientaba principalmente mediante la señalética física, planos estáticos o preguntando a otras personas, lo que generaba confusiones y recorridos innecesarios, sobre todo durante los primeros días de clases.

Con la implementación del sistema, las coordenadas de latitud y longitud de cada espacio se almacenan en Supabase y se verificaron contra la posición real de los edificios, de modo que los marcadores del mapa y las etiquetas de realidad aumentada coinciden con la ubicación observada en el campus dentro del margen propio de la señal GPS del dispositivo. Esta estandarización asegura que la información mostrada al estudiante refleje de manera fiel la distribución real de los espacios. Como resultado, se evidenció una mejora en la exactitud de la orientación, disminuyendo las discrepancias entre lo que el estudiante esperaba encontrar y lo que el sistema le indicaba.

3.1.4 Automatización de procesos

La automatización de procesos se evidenció principalmente en el tiempo requerido para que un estudiante de nuevo ingreso ubique un espacio del campus antes y después de utilizar el sistema. Previamente, el estudiante debía recorrer el campus, revisar la señalética o preguntar a terceros, lo que podía tomarle varios minutos y, en ocasiones, llevarlo a lugares equivocados.

Con el uso del sistema, el estudiante puede localizar directamente el edificio en el mapa interactivo o apuntando la cámara con el módulo de realidad aumentada, reduciendo de forma considerable el tiempo de orientación. De igual manera, del lado del administrador se automatizó la actualización de la información: en lugar de depender de planos impresos o señalética que debía reemplazarse manualmente, el administrador registra o modifica un espacio desde el panel de gestión y el cambio se refleja de inmediato en el mapa y en la realidad aumentada. Esto optimiza el proceso de orientación y reduce la carga de mantener actualizada la información del campus.

3.1.5 Generación de reportes

El sistema permite consultar, a través del panel de administración, un listado consolidado de todos los espacios registrados, con su nombre, tipo, latitud y longitud. Este consolidado funciona como un reporte del estado del catálogo de espacios del campus y resulta útil para la gestión institucional, ya que permite identificar rápidamente qué edificios, laboratorios y oficinas se encuentran cargados en el sistema y detectar posibles vacíos de información.

Esta información respalda la toma de decisiones relacionada con la orientación de los estudiantes, pues facilita planificar qué espacios conviene priorizar o completar. El listado puede servir además como base para generar, en trabajos futuros, reportes exportables que fortalezcan la gestión de la información del campus.

3.2 Discusión de resultados

La discusión de resultados se basa en el análisis crítico de la información obtenida mediante la observación directa realizada en el campus y la consulta a estudiantes de nuevo ingreso de la PUCE Ibarra, complementada con la revisión de otras fuentes y el estudio de sistemas similares de orientación universitaria. Los hallazgos evidencian que los medios tradicionales de orientación (señalética física y planos estáticos) presentan limitaciones importantes, principalmente por su rápida desactualización frente a una infraestructura en constante ampliación, lo que dificulta que los recién ingresados localicen aulas, laboratorios y oficinas durante sus primeros días.

Asimismo, el análisis comparativo muestra que otras soluciones de orientación universitaria incorporan funcionalidades como mapas interactivos y realidad aumentada; sin embargo, muchas de ellas se han desarrollado como aplicaciones nativas para Android, lo que limita su alcance. Desde la perspectiva del cliente, la PUCE Ibarra requiere una herramienta tecnológica accesible y actualizable que facilite la acogida de los estudiantes de nuevo ingreso; mientras que, desde el punto de vista del usuario, se resalta la necesidad de una aplicación intuitiva, ágil y accesible desde cualquier dispositivo sin instalación, lo que respalda la pertinencia de la solución propuesta

3.2.1 Respuesta al cambio

Durante el desarrollo del sistema, la metodología XP permitió una adecuada adaptación frente a los cambios en los requerimientos. Inicialmente, el sistema contemplaba únicamente la visualización de los espacios a partir de coordenadas fijas; sin embargo, a partir de las necesidades

identificadas junto con la institución, se determinó la importancia de que la información del campus pudiera actualizarse sin modificar el código fuente, debido a la constante ampliación de la infraestructura de la PUCE Ibarra. Esta decisión implicó incorporar un panel de administración conectado a Supabase, mediante el cual el personal autorizado puede agregar, editar o eliminar edificios y sus coordenadas GPS, reflejando los cambios de inmediato en el mapa y en el módulo de realidad aumentada.

Gracias al enfoque iterativo de la metodología, fue posible ajustar la estructura del sistema sin afectar su funcionamiento general, permitiendo la incorporación progresiva de nuevas funcionalidades, como la clasificación de los espacios por tipo (Académico, Administrativo, Servicios y Deportivo) y el rediseño de la interfaz con un enfoque responsive para su uso desde dispositivos móviles. Este proceso de adaptación evidenció la flexibilidad del sistema para responder a los cambios solicitados, asegurando que la solución final se alineara con las necesidades reales de orientación de los estudiantes.

3.2.2 Contraste con la literatura

Al comparar el sistema desarrollado con los trabajos de Miranda y Ordóñez (2014) y Saraguro Bravo (2012), se evidenció que todos tuvieron como objetivo facilitar la ubicación dentro de un campus universitario mediante geolocalización y realidad aumentada. Por añadir, en todos los casos se utilizó la posición GPS para mostrar información de los edificios.

Sin embargo, esos proyectos se desarrollaron como aplicaciones para Android y con coordenadas fijas en el código. En cambio, el sistema de la PUCE Ibarra se desarrolló como aplicación web responsive, accesible desde cualquier navegador. Además, incorporó un panel de administración que permite agregar, editar y eliminar edificios, reflejando los cambios de inmediato en el mapa y en la realidad aumentada.

En consecuencia, la comparación permitió evidenciar que el proyecto mantuvo lo que la literatura señala como útil, que es combinar mapas y realidad aumentada, y agregó mejoras en accesibilidad y en la actualización de la información.

3.2.3 Satisfacción del cliente/usuario

En cuanto a la satisfacción del cliente, la PUCE Ibarra, en su calidad de propietaria del sistema, participó en la validación de las iteraciones a lo largo del desarrollo y aprobó el producto final. Este acompañamiento continuo, propio de la metodología XP, permitió verificar que cada entrega respondiera a los requerimientos institucionales definidos, lo que refleja la conformidad de la institución con la solución desarrollada.

Respecto a los usuarios finales, el sistema se diseñó siguiendo criterios de usabilidad orientados a que resulte intuitivo y accesible para estudiantes de nuevo ingreso sin conocimientos técnicos previos, mediante una navegación clara entre el mapa, la realidad aumentada y el panel de administración, y sin necesidad de instalar aplicaciones adicionales. No obstante, en el marco de este trabajo no se aplicó una evaluación formal de satisfacción a los estudiantes mediante encuestas o entrevistas posteriores a la implementación; por ello, la medición sistemática de la experiencia de usuario se plantea como una línea de trabajo futuro que permitiría respaldar de forma cuantitativa estos resultados.

3.2.4 Análisis de costo-beneficio o impacto

El desarrollo del sistema tuvo una inversión principalmente asociada al tiempo destinado al análisis, diseño, programación y pruebas. Además, se usaron tecnologías gratuitas o de código abierto, tales como React, OpenStreetMap, AR.js, A-Frame y los planes gratuitos de Supabase y Vercel. Por ende, no se generaron costos por licencias ni por servidores.

Desde el punto de vista de los beneficios, el sistema ayudó a reducir el tiempo y la confusión de los estudiantes nuevos al buscar un espacio del campus, disminuyó la necesidad de preguntar a otras personas y permitió a la institución actualizar la información sin cambiar planos ni código. En conjunto, los beneficios obtenidos superaron los costos del desarrollo, generando un impacto positivo para los estudiantes y para la PUCE Ibarra.

4 CONCLUSIONES

El desarrollo de la aplicación web con mapas interactivos y realidad aumentada por geolocalización permitió mejorar la orientación de los estudiantes de nuevo ingreso dentro del campus de la PUCE Ibarra. Por ende, los estudiantes pudieron ubicar edificios, laboratorios y oficinas desde su celular, sin instalar aplicaciones y sin depender de otras personas, cumpliéndose el objetivo general de la investigación.

- Se analizaron los requisitos del sistema mediante la observación directa en el campus y la revisión de aplicaciones similares. Por ende, este análisis permitió identificar los problemas de orientación de los estudiantes nuevos y definir las funciones principales del sistema: mapa interactivo, realidad aumentada y panel de administración, las cuales se plasmaron en las historias de usuario y los requisitos.
- Se diseñó la arquitectura del sistema, la base de datos en Supabase y las interfaces de cada módulo, junto con los diagramas de casos de uso y de clases. Cabe resaltar, que el uso de políticas de seguridad por filas permitió que cualquier estudiante vea el mapa, mientras que solo los administradores pueden modificar la información.
- Se desarrolló la aplicación web utilizando React, React-Leaflet, AR.js y Supabase, siguiendo la metodología XP en cinco iteraciones. Además, se logró cumplir las seis historias de usuario planificadas, obteniendo un sistema funcional y publicado en Vercel.

5 RECOMENDACIONES

- Se recomienda aplicar una evaluación de satisfacción a un grupo más amplio de estudiantes de nuevo ingreso, para conocer su opinión sobre el sistema y mejorar las funciones que lo necesiten. (Ajusta si aplicaste la Versión A.)
- Resulta conveniente agregar un directorio de docentes y oficinas, para que los estudiantes puedan ubicar no solo los espacios sino también al personal de la universidad.
- Se aconseja mejorar la precisión de las etiquetas de realidad aumentada, probando otras formas de corregir la señal GPS o usando marcadores visuales en los edificios.
- Sería valioso incorporar reportes exportables desde el panel de administración, para llevar un mejor control de los espacios registrados.
- Es fundamental que la institución designe a una persona encargada de mantener actualizada la información del campus y de dar a conocer la herramienta a los estudiantes nuevos cada semestre.

6 BIBLIOGRAFÍA

AR.js. (s. f.). *AR.js documentation*. https://ar-js-org.github.io/AR.js-Docs/

Benítez Miranda, R. S., Cevallos Illicachi, J. R., Pilla Zuñiga, W. I., & Sancho Aguilera, D. (2025). Realidad aumentada y realidad virtual en la educación en Latinoamérica: análisis de su adopción, desafíos y oportunidades. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(2), 5528–5545. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2.17311

Brooke, J. (1996). SUS: A "quick and dirty" usability scale. En P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester e I. L. McClelland (Eds.), *Usability evaluation in industry* (pp. 189–194). Taylor & Francis.

Cárdenas Castellanos, J., Camacho Vázquez, M. R., Adaile Benítez, N. T., & Pérez Méndez, J. (2024). Realidad aumentada en educación universitaria. *Emerging Trends in Education*, 7(13), 117–128. https://doi.org/10.19136/etie.a7n13.6300

Mendoza-Garrido, R., Cabarcas-Álvarez, A., Puello-Beltrán, J. J., Fabregat-Gesa, R., & Baldiris-Navarro, S. M. (2021). Heritage education experience supported in augmented reality. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, (99), 52–62. https://doi.org/10.17533/udea.redin.20200582

Miranda, S., & Ordóñez, P. (2014). *Aplicación móvil con realidad aumentada y geolocalización en la Universidad Nacional de Loja*. Universidad Nacional de Loja.

Nielsen, J. (1994). *Usability engineering*. Morgan Kaufmann.

OpenStreetMap. (s. f.). *OpenStreetMap*. https://www.openstreetmap.org

Ortiz-Martínez, E.-F., Benavides-Zúñiga, D.-A., Amador-Donado, S., Márceles-Villalba, K., & Camacho-Ojeda, M.-C. (2023). Orientation system using augmented reality for universities. *Revista Facultad de Ingeniería*, 32(64). http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-11292023000200001

React. (s. f.). *React*. https://react.dev

React-Leaflet. (s. f.). *React-Leaflet documentation*. https://react-leaflet.js.org

Saraguro Bravo, R. D. (2012). *Aplicación móvil Android de realidad aumentada y geolocalización para la UTPL*. Universidad Técnica Particular de Loja.

SENESCYT. (2024). *Sistema Nacional de Información de Educación Superior del Ecuador (SNIESE)*. https://infoeducacionsuperior.gob.ec/

Supabase. (s. f.). *Supabase documentation*. https://supabase.com/docs

7 ANEXOS

ANIVERSARIO 50 PUCE Pontificia Universidad Católica del Ecuador | Ibarra

Ibarra, 16 de septiembre de 2026

Sr.
Llerena Jacome Alexander Paul

Estudiante de Tecnología en Desarrollo de Software

Presente.-

Asunto: Autorización para el despliegue de proyecto de titulación

De nuestra consideración:

En atención a su solicitud presentada ante la Oficina de Comunicación y Relaciones Institucionales, relacionada con el despliegue en el sitio web institucional de su proyecto de titulación denominado **"SISTEMA DE ORIENTACIÓN INTERACTIVO CON REALIDAD AUMENTADA PARA EL CAMPUS DE LA PUCE IBARRA"**, nos permitimos comunicarle que **se autoriza el despliegue del proyecto en el sitio web institucional**, de acuerdo con los lineamientos y disposiciones establecidos por la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra.

Valoramos y reconocemos la iniciativa desarrollada, orientada a facilitar la ubicación y orientación de estudiantes, docentes, personal administrativo y visitantes dentro de las instalaciones del campus mediante el uso de tecnología de realidad aumentada.

Para el proceso de publicación y despliegue, se deberá coordinar con la Oficina de Comunicación y Relaciones Institucionales y atender las indicaciones técnicas, comunicacionales e institucionales que correspondan, a fin de garantizar que la implementación se ajuste a los criterios establecidos por la Universidad.

Extendemos nuestras felicitaciones por la iniciativa y le deseamos éxitos en la culminación de su proyecto de titulación.

Atentamente,

Micaela Espinosa
Firmado digitalmente por Micaela Espinosa
Fecha: 2026.08.17 15:27:45 -05'00'

OFICINA DE COMUNICACIÓN Y RELACIONES INSTITUCIONALES

Dirección: Av. Jorge Guzmán Rueda y Av. Aurelio Espinosa Pólit, Ciudadela "La Victoria".
Telef: (593) 06 2994700 **Ext.** 1000 **Cel.** 099 236 2594 / 098 138 5498
Ibarra - Ecuador / www.puc