



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniería

Tema: Optimización de la Movilidad Urbana mediante una Plataforma Conversacional Asistida por IA para la Planificación de Rutas

Autores:

Obando Buitron, Camila Antonela & Gualpa Rivera, Mathias Elian

Tutor:

Ph.D. Benavides Astudillo, Diego Eduardo

Santo Domingo de los Tsáchilas, 04 Agosto 2026





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Agenda

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2. OBJETIVOS

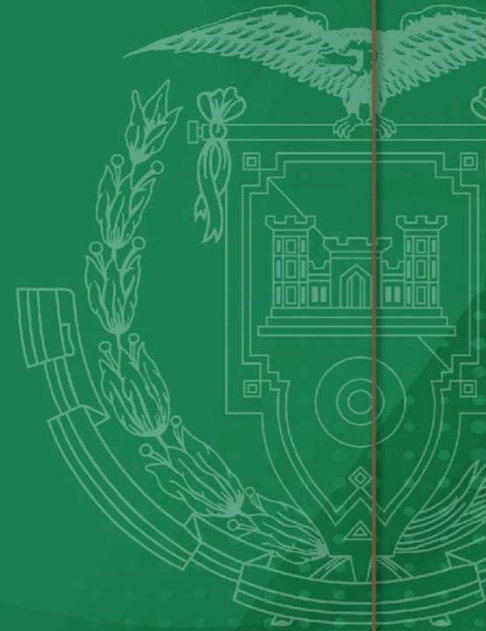
3. ESTADO DEL ARTE

4. METODOLOGIA

5. DESARROLLO

6. RESULTADOS OBTENIDOS

7. CONCLUSIONES

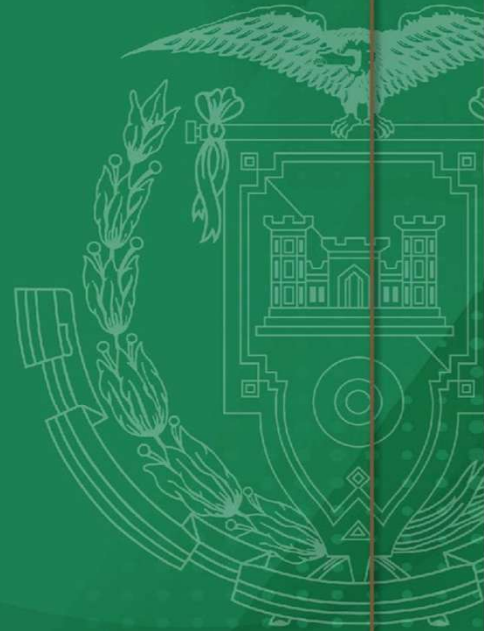




ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA



Planteamiento del problema

Contexto actual:

- Amplia red de rutas y paradas
- Información dispersa
- Poco accesible para los usuarios

Dificultades del usuario:

- Usuarios desconocen de rutas y paradas
- Usuarios utilizan referencias informales
- Las aplicaciones tradicionales no comprenden el lenguaje

Limitaciones Tecnológicas:

- Dependencia de referencias exactas
- Escasa información de rutas
- No se considera el contexto propio de Santo Domingo

Propuesta:

- Plataforma web convencional ChatBus
- Uso de Inteligencia Artificial
- Procesamiento de Lenguaje Natural
- Recomendaciones automáticas

PLANTEAMIENTO DEL

PROBLEMA

OBJETIVOS

ESTADO DEL ARTE

METODOLOGIA

DESARROLLO

RESULTADOS

OBTENIDOS

CONCLUSIONES

Planteamiento del problema

Problema:

La ciudad de Santo Domingo de los Tsáchilas cuenta con una amplia red de rutas y paradas de transporte público, lo que dificulta que los usuarios identifiquen qué línea deben utilizar para llegar a su destino. Las personas se orientan mediante referencias o lugares conocidos, en lugar de los nombres oficiales de las rutas o paradas. Las aplicaciones existentes no están enfocadas en el sistema de transporte urbano de Santo Domingo, o están diseñadas para otros tipos de movilidad, lo que limita su utilidad para los usuarios de la ciudad.

PLANTEAMIENTO DEL

PROBLEMA

OBJETIVOS

ESTADO DEL ARTE

METODOLOGIA

DESARROLLO

RESULTADO

OBTENIDOS

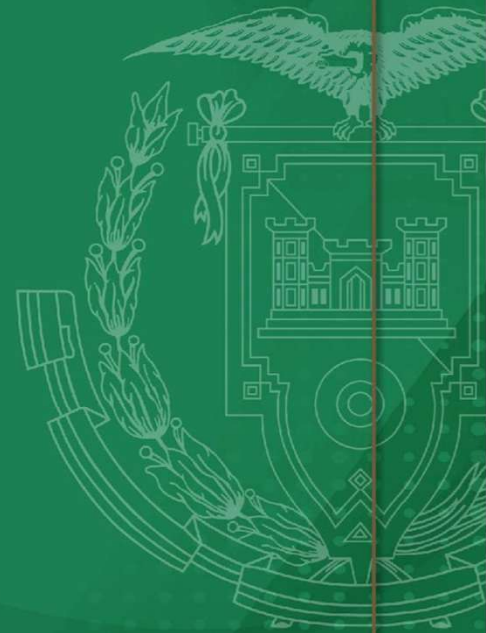
CONCLUSIONES



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

OBJETIVOS





Objetivo General



Desarrollar una plataforma web inteligente basada en un agente conversacional para la recomendación de rutas del sistema de transporte público urbano de Santo Domingo, mediante el procesamiento de lenguaje natural y modelos lógicos de grafos para optimizar la movilidad ciudadana.

PLANTEAMIENTO DEL

PROBLEMA

OBJETIVOS

ESTADO DEL ARTE

METODOLOGIA

DESARROLLO

RESULTADOS

OBTENIDOS

CONCLUSIONES

Objetivo Específicos

- ✓ Identificar las tecnologías y enfoques para la planificación inteligente de rutas del transporte público, analizando el estado del arte y los trabajos relacionados para determinar las técnicas más adecuadas para el desarrollo de la plataforma.
- ✓ Modelar la arquitectura de datos y el motor de procesamiento de lenguaje natural para la gestión inteligente de rutas en el entorno urbano Tsáchila.
- ✓ Desplegar la interfaz web interactiva y validar el desempeño del sistema mediante métricas de precisión y usabilidad con usuarios de la localidad.

PLANTEAMIENTO DEL

PROBLEMA

OBJETIVOS

ESTADO DEL ARTE

METODOLOGIA

DESARROLLO

RESULTADOS

OBTENIDOS

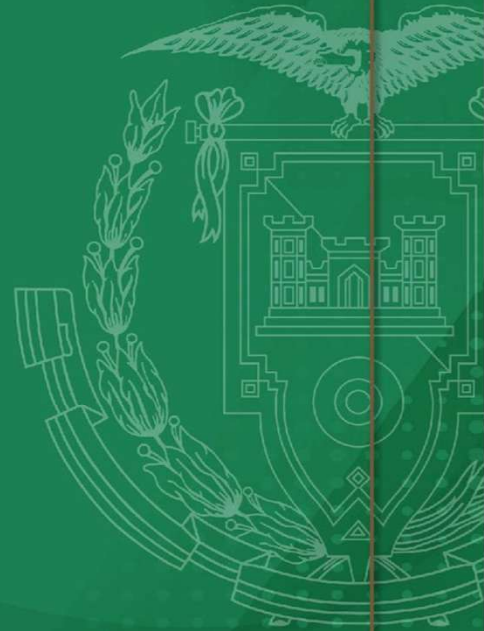
CONCLUSIONES



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

ESTADO DEL ARTE



Estado del arte

Características	Moovit	Waze	ChatBus
Planificación de rutas	✓	✓	✓
Transporte Publico	✓	✗	✓
Cobertura en Santo Domingo	✗	✓	✓
Comprende lenguaje natural	✗	✓	✓
Agente conversacional con IA	✗	✓	✓
Reconoce referencias locales	✓	✓	✓

PLANTEAMIENTO DEL

PROBLEMA

OBJETIVOS

ESTADO DEL ARTE

METODOLOGIA

DESARROLLO

RESULTADOS

OBTENIDOS

CONCLUSIONES

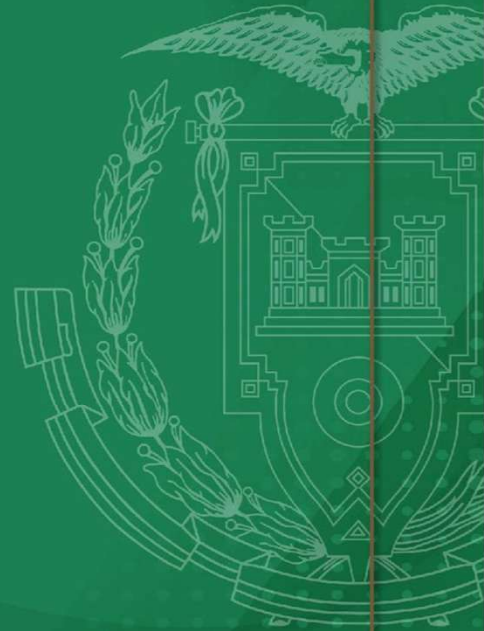


ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

METODOLOGIA



Metodología

Metodología Iterativa



Enfoque:
Desarrollo incremental basado en iteraciones.

Características

- Desarrollo por iteraciones.
- Entrega progresiva de funcionalidades.
- Validación continua.
- Retroalimentación y mejora constante.

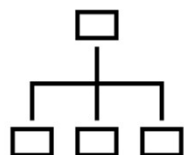
PLANTEAMIENTO DEL
PROBLEMA
OBJETIVOS
ESTADO DEL ARTE
METODOLOGIA
DESARROLLO
RESULTADOS
OBTENIDOS
CONCLUSIONES

Metodología

Iteraciones



Iteración 1:
Análisis,
planificación
y preparación
de la
información



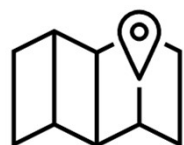
Iteración 2:
Desarrollo
de la
infraestructu
ra base



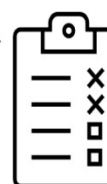
Iteración 3:
Integración del
procesamiento
conversacional



Iteración 4:
Construcción
y
optimización
del motor de
rutas



Iteración 5:
Integración
de servicios
geográficos
y
visualización



Iteración 6:
Pruebas,
corrección y
refinamiento

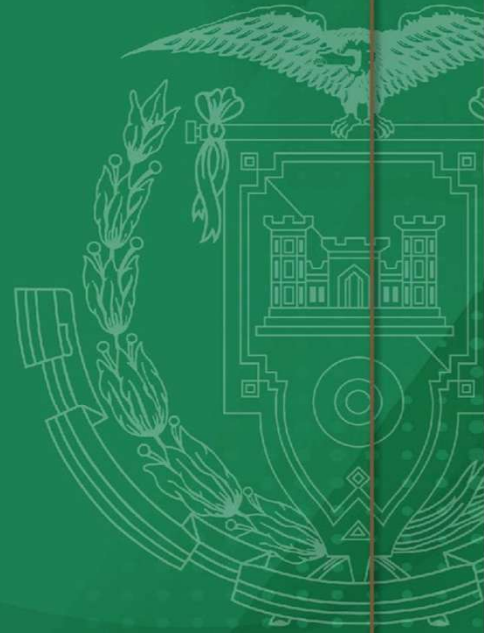
PLANTEAMIENTO DEL
PROBLEMA
OBJETIVOS
ESTADO DEL ARTE
METODOLOGIA
DESARROLLO
RESULTADOS
OBTENIDOS
CONCLUSIONES



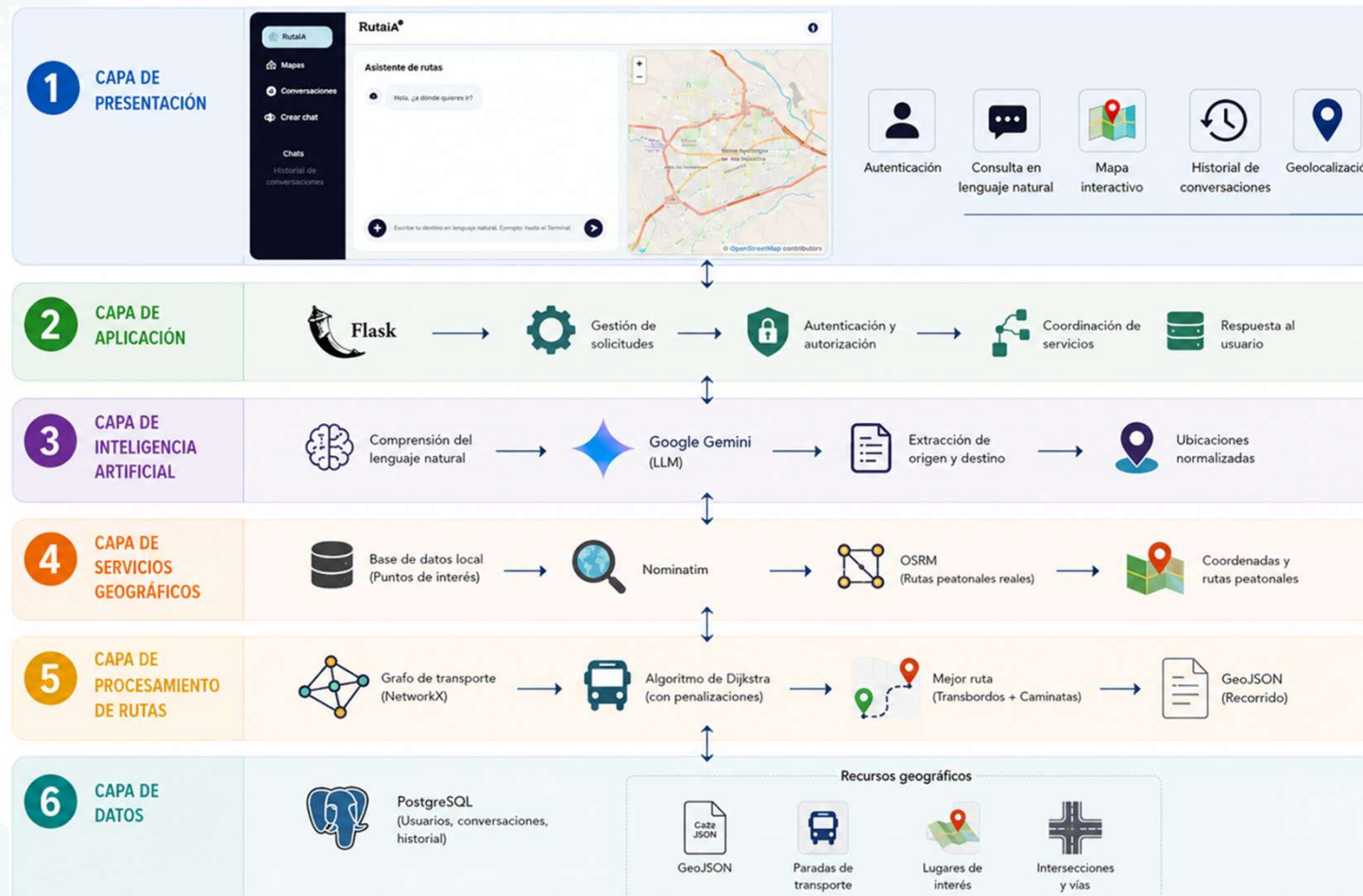
ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DESARROLLO



Arquitectura



PLANTEAMIENTO DEL

PROBLEMA

OBJETIVOS

ESTADO DEL ARTE

METODOLOGIA

DESARROLLO

RESULTADOS

OBTENIDOS

CONCLUSIONES

Iteración 1: Análisis, planificación y preparación

Analizar las necesidades del sistema y definir los requerimientos funcionales y no funcionales que servirían como base para el desarrollo de la plataforma.

Código	Requerimiento	Descripción
RF-001	Consulta mediante lenguaje natural	El sistema debe permitir que el usuario consulte rutas utilizando lenguaje natural indicando el origen y el destino del recorrido.
RF-002	Obtención de ubicación actual	El sistema tiene que identificar la ubicación geográfica del usuario a través del GPS correspondencias concedidas por el dispositivo.
RF-003	Identificación de lugares	El sistema tiene que determinar automáticamente el origen y el destino de la consulta a partir de inteligencia artificial y de la base de lugares necesaria ya almacenada dentro de la propia plataforma.
RF-004	Cálculo de rutas óptimas	El sistema tiene que calcular la mejor ruta de transporte a partir de grafos y del algoritmo de Dijkstra para los casos de las caminatas y de los transbordos.
RF-005	Visualización de la ruta	El sistema tiene que representar sobre un mapa la mejor ruta de transporte, las caminatas y las líneas de transporte que debe utilizar el usuario.

Código	Requerimiento	Descripción
RNF-001	Usabilidad	La plataforma debe proporcionar una interfaz intuitiva que facilite la interacción mediante lenguaje natural y un mapa interactivo.
RNF 002	Escalabilidad	El sistema estará preparado para la incorporación de nuevas rutas, lugares o líneas de transporte sin modificar lo que ahora está en funcionamiento.
RNF 003	Precisión	La plataforma estará preparada para proporcionar recomendaciones de rutas a partir de información geográfica en tiempo real, mediante algoritmos de búsqueda potentes.

PLANTEAMIENTO DEL

PROBLEMA

OBJETIVOS

ESTADO DEL ARTE

METODOLOGIA

DESARROLLO

RESULTADOS

OBTENIDOS

CONCLUSIONES

Iteración 1: Análisis, planificación y preparación

Estructurar la información geográfica del transporte urbano para disponer de un conjunto de datos confiable que permitiera construir el motor de planificación de rutas.

Actividades

1. RECOPIACIÓN DE RECORRIDOS ORIGINALES

 Carpetas de operadores de transporte

- EJECUTRANS
- EJECUTRANS1
- EJECUTRANS2
- Rutas Rio Toachi
- TRANSMETRO1
- TRANSMETRO2
- TSACHILA
- TSACHILA1
- TSACHILA2

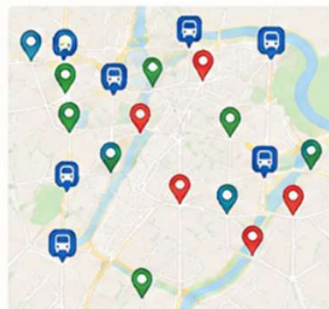
2. CONVERSIÓN Y ORGANIZACIÓN A GEOJSON

 Archivos GeoJSON por cada línea

- LINEA_06_A_RETORNO.geojson
- LINEA_06B_IDA.geojson
- LINEA_06B_RETORNO.geojson
- LINEA_06C_IDA.geojson
- LINEA_06C_RETORNO.geojson
- LINEA_07_IDA.geojson
- LINEA_07_RETORNO.geojson
- LINEA_08A_IDA.geojson
- LINEA_09A_IDA.geojson
- LINEA_09A_RETORNO.geojson
- LINEA_09B_IDA.geojson

3. PREPARACIÓN DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

-  Lugares de interés
- Paradas
- Intersecciones
- Zonas importantes



4. GENERACIÓN DE ARCHIVOS DE REFERENCIA

 Archivos JSON finales

- lugares.json
- lugares_final.json

```
{  
  "id": 125,  
  "nombre": "Terminal Terrestre",  
  "tipo": "terminal",  
  "lat": -0.2283,  
  "lon": -78.5247  
}
```

PLANTEAMIENTO DEL

PROBLEMA

OBJETIVOS

ESTADO DEL ARTE

METODOLOGIA

DESARROLLO

RESULTADOS

OBTENIDOS

CONCLUSIONES

Iteración 2: Desarrollo de Infraestructura base

Implementar la infraestructura principal de la plataforma, estableciendo la comunicación entre el frontend, el backend y la base de datos.

Componentes Implementados

Frontend

- React
- React Router
- Leaflet
- Axios

Backend

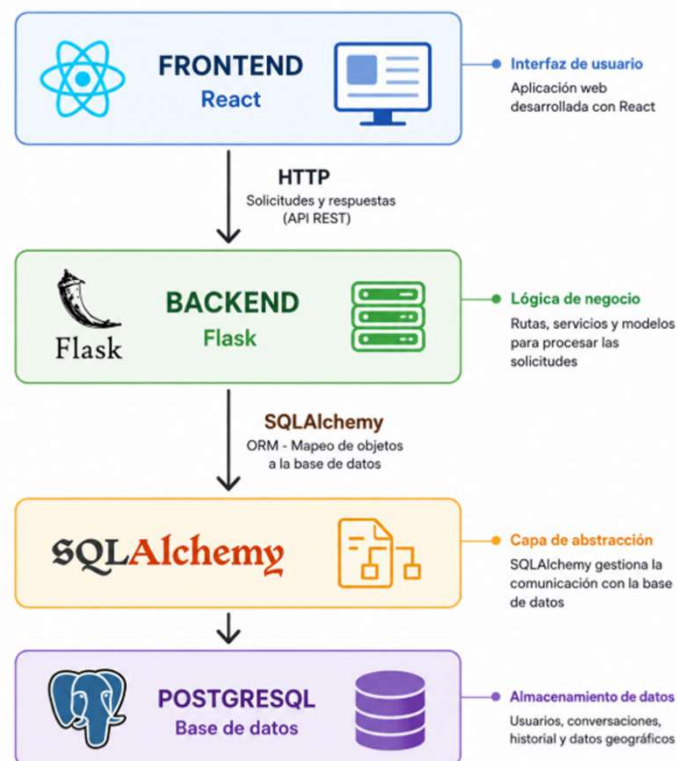
- Flask
- Rutas
- Servicios
- Modelos

Base de datos

- PostgreSQL
- SQLAlchemy

Funciones Implementadas

- Registro e inicio de sesión.
- Gestión de usuarios.
- Gestión de conversaciones.
- Historial de consultas.
- Comunicación mediante API REST.



PLANTEAMIENTO DEL

PROBLEMA

OBJETIVOS

ESTADO DEL ARTE

METODOLOGIA

DESARROLLO

RESULTADOS

OBTENIDOS

CONCLUSIONES



Iteración 2: Desarrollo de Infraestructura base

Organización del backend

Routes:

Endpoints de la API.

Services:

Lógica del negocio.

Models:

Entidades del sistema.

Database:

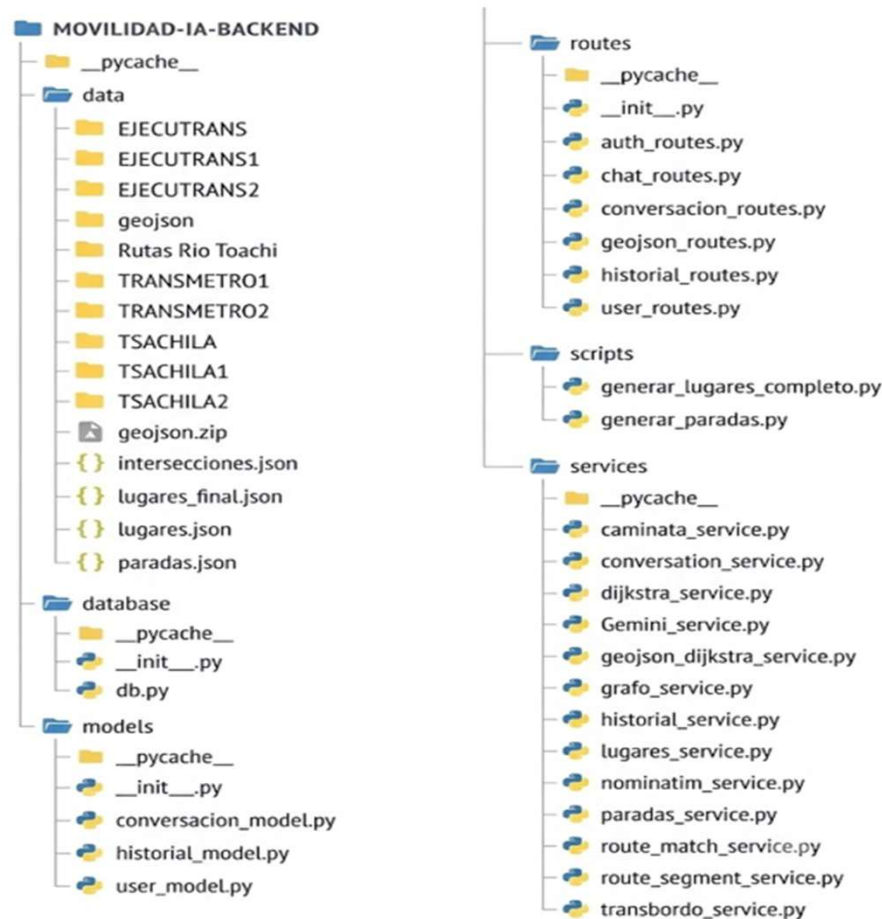
Conexión con PostgreSQL.

Data:

Información geográfica.

Scripts:

Procesamiento de datos.



PLANTEAMIENTO DEL

PROBLEMA

OBJETIVOS

ESTADO DEL ARTE

METODOLOGIA

DESARROLLO

RESULTADOS

OBTENIDOS

CONCLUSIONES

Iteración 3: Integración de procesamiento conversacional

Permitir que los usuarios realicen consultas mediante lenguaje natural utilizando Google Gemini para identificar el origen y destino del recorrido.

Actividades Principales

- Integración de la API de Google Gemini.
- Diseño del prompt para interpretar consultas.
- Extracción automática del origen y destino.
- Normalización de nombres y expresiones.
- Validación con diferentes formas de consulta

PROCESAMIENTO DE CONSULTA

Mensaje recibido: Quiero ir desde el shopping hasta la bengala
Ubicación GPS: No proporcionada

INTERPRETACIÓN MEDIANTE IA

Origen identificado: shopping
Destino identificado: bengala

PLANTEAMIENTO DEL

PROBLEMA

OBJETIVOS

ESTADO DEL ARTE

METODOLOGIA

DESARROLLO

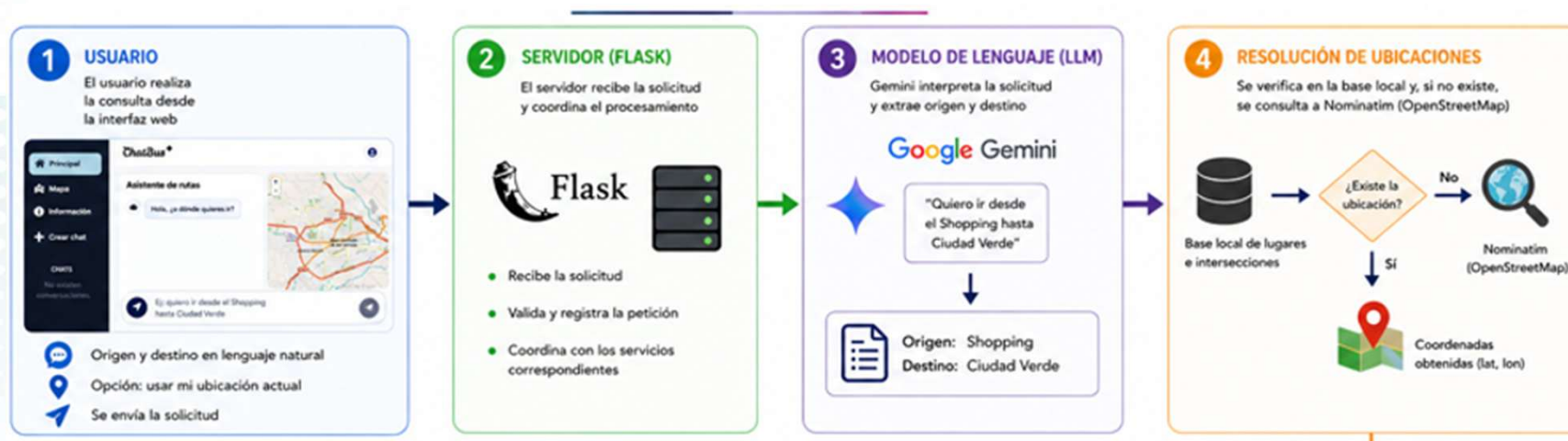
RESULTADOS

OBTENIDOS

CONCLUSIONES

Iteración 3: Integración de procesamiento conversacional

Explicar el flujo seguido por el sistema para interpretar la consulta del usuario y resolver las ubicaciones antes del cálculo de la ruta.



PLANTEAMIENTO DEL

PROBLEMA

OBJETIVOS

ESTADO DEL ARTE

METODOLOGIA

DESARROLLO

RESULTADOS

OBTENIDOS

CONCLUSIONES

Iteración 4: Construcción y optimización de motor de rutas

Desarrollar un motor de planificación capaz de calcular la mejor ruta del transporte público mediante modelos de grafos y el algoritmo de Dijkstra.

Actividades Principales

- Construcción del grafo dirigido con NetworkX.
- Representación de paradas como nodos.
- Conexión de recorridos mediante aristas.
- Cálculo del peso utilizando la distancia de Haversine.
- Implementación del algoritmo de Dijkstra.



PLANTEAMIENTO DEL

PROBLEMA

OBJETIVOS

ESTADO DEL ARTE

METODOLOGIA

DESARROLLO

RESULTADOS

OBTENIDOS

CONCLUSIONES

Iteración 4: Construcción y optimización de motor de rutas

Optimización del motor de rutas

Problemas detectados

- Selección de paradas poco accesibles.
- Exceso de transbordos.
- Selección del sentido incorrecto.
- Rutas poco eficientes.

Mejoras implementadas

- Evaluación de múltiples paradas candidatas.
- Penalización por transbordos.
- Distancia real de caminata.
- Radio máximo de búsqueda.
- Optimización del algoritmo de Dijkstra.



PLANTEAMIENTO DEL

PROBLEMA

OBJETIVOS

ESTADO DEL ARTE

METODOLOGIA

DESARROLLO

RESULTADOS

OBTENIDOS

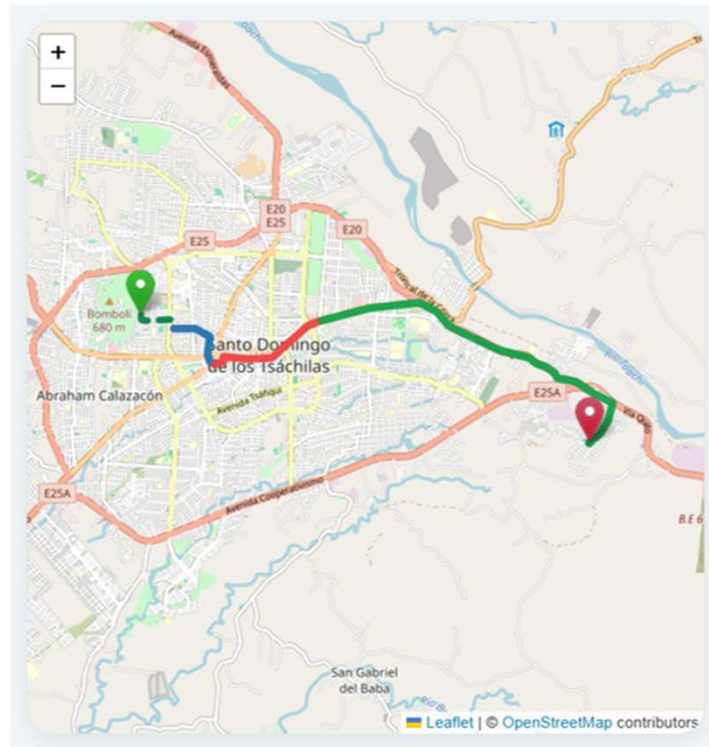
CONCLUSIONES

Iteración 5: Integración de servicios geográficos y visualización

Integrar los servicios geográficos para representar de forma visual la ruta calculada y permitir la interacción del usuario mediante un mapa.

Servicios integrados

- Leaflet : Visualización del mapa.
- OpenStreetMap: Mapa base.
- Geolocalización: Obtención de la ubicación actual.
- OSRM: Cálculo de caminatas.
- GeoJSON: Representación del recorrido.



PLANTEAMIENTO DEL

PROBLEMA

OBJETIVOS

ESTADO DEL ARTE

METODOLOGIA

DESARROLLO

RESULTADOS

OBTENIDOS

CONCLUSIONES



Iteración 6: Pruebas, corrección y refinamiento

Validar el funcionamiento integral de la plataforma mediante pruebas funcionales y realizar los ajustes necesarios para mejorar la precisión y estabilidad del sistema.

Pruebas Realizadas

- Interpretación de consultas.
- Búsqueda de lugares.
- Cálculo de rutas.
- Selección de líneas y transbordos.
- Visualización del recorrido.
- Recuperación del historial.

Mejoras implementadas

- Normalización de nombres de lugares.
- Optimización de la selección de rutas.
- Ajuste de penalizaciones.
- Corrección de la visualización mediante GeoJSON.

PLANTEAMIENTO DEL

PROBLEMA

OBJETIVOS

ESTADO DEL ARTE

METODOLOGIA

DESARROLLO

RESULTADOS

OBTENIDOS

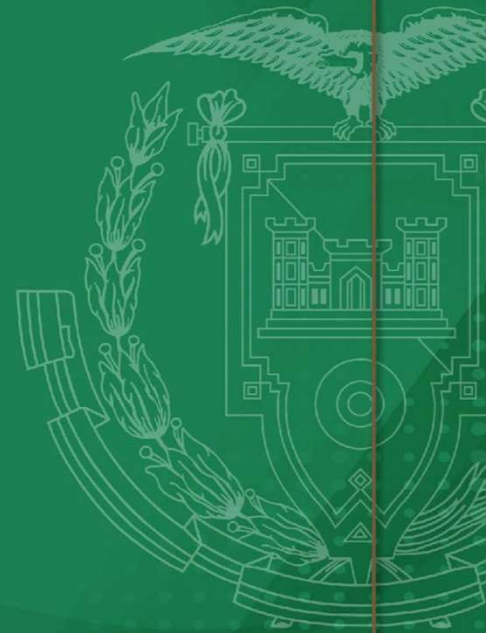
CONCLUSIONES



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

RESULTADOS OBTENIDOS





Resultados de la plataforma

- Plataforma web completamente funcional.
- Autenticación de usuarios.
- Consulta de rutas mediante lenguaje natural.
- Historial de conversaciones.
- Mapa interactivo con Leaflet

PLANTEAMIENTO DEL

PROBLEMA

OBJETIVOS

ESTADO DEL ARTE

METODOLOGIA

DESARROLLO

RESULTADOS

OBTENIDOS

CONCLUSIONES

ChatBus⁺

Asistente de rutas

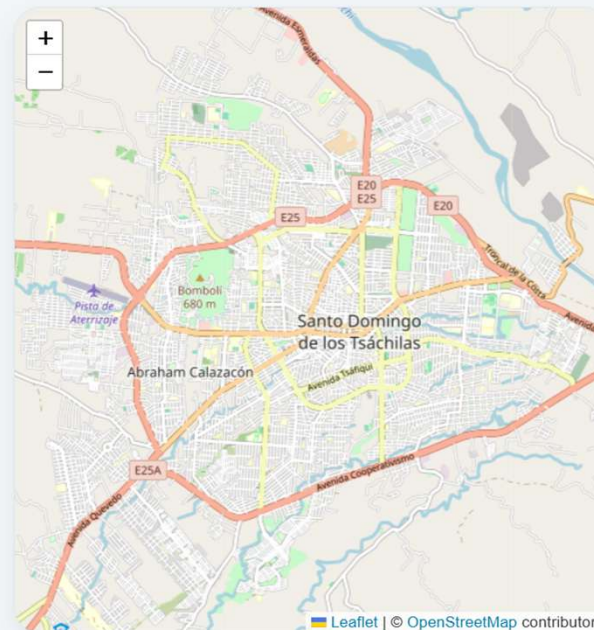
Desactivar Ubicación



Hola, ¿a dónde quieres ir?



Ej: quiero ir hasta Ciudad Verde

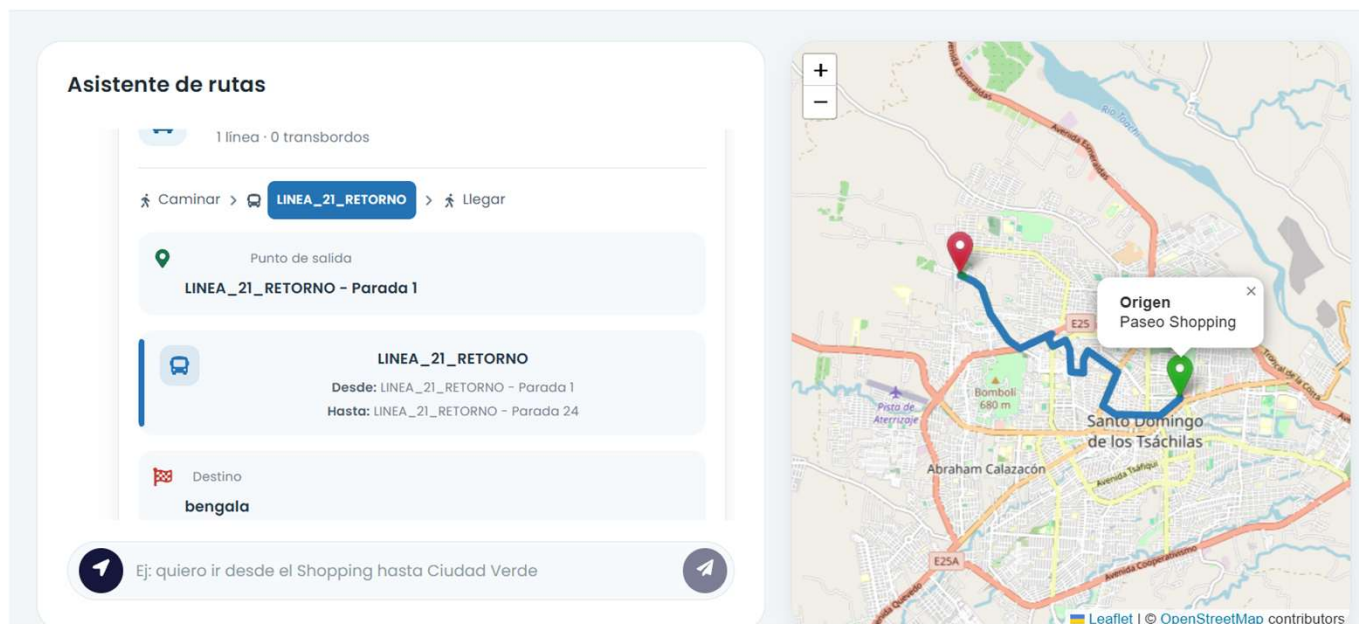




Resultados de procesamiento de rutas

- Interpretación correcta del lenguaje natural.
- Localización automática de lugares.
- Generación de la mejor ruta.
- Visualización gráfica del recorrido.

ChatBus⁺



PLANTEAMIENTO DEL

PROBLEMA

OBJETIVOS

ESTADO DEL ARTE

METODOLOGIA

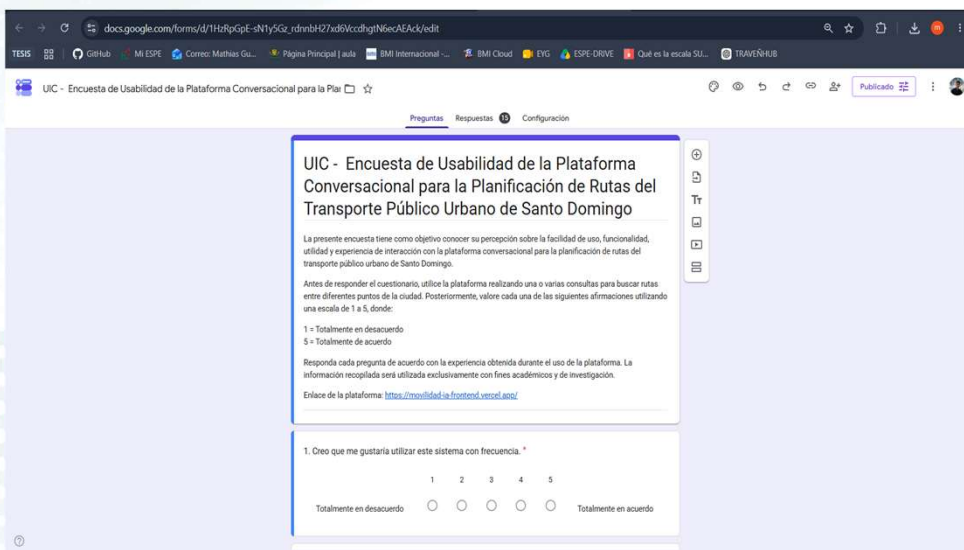
DESARROLLO

RESULTADOS

OBTENIDOS

CONCLUSIONES

Validación del sistema (SUS)



UIC - Encuesta de Usabilidad de la Plataforma Conversacional para la Planificación de Rutas del Transporte Público Urbano de Santo Domingo

La presente encuesta tiene como objetivo conocer su percepción sobre la facilidad de uso, funcionalidad, utilidad y experiencia de interacción con la plataforma conversacional para la planificación de rutas del transporte público urbano de Santo Domingo.

Antes de responder el cuestionario, utilice la plataforma realizando una o varias consultas para buscar rutas entre diferentes puntos de la ciudad. Posteriormente, valore cada una de las siguientes afirmaciones utilizando una escala de 1 a 5, donde:

1 = Totalmente en desacuerdo
5 = Totalmente de acuerdo

Responda cada pregunta de acuerdo con la experiencia obtenida durante el uso de la plataforma. La información recopilada será utilizada exclusivamente con fines académicos y de investigación.

Enlace de la plataforma: <https://usabilidadia-frontent.vercel.app/>

1. Creo que me gustaría utilizar este sistema con frecuencia. *

1 2 3 4 5
Totalmente en desacuerdo Totalmente en acuerdo

Resultado obtenido: La plataforma alcanzó un puntaje promedio de 80,33, clasificándose en la categoría A, lo que evidencia una alta usabilidad, facilidad de aprendizaje y una experiencia satisfactoria para los usuarios.

Suma	Puntaje SUS	PROMEDIO	DESVIACION ESTANDAR
37	92,5		
33	82,5		
36	90		
30	75		
35	87,5		
32	80		
40	100		
30	75	80,33333333	17,54755444
34	85		
37	92,5		
36	90		
36	90		
20	50		
13	32,5		
33	82,5		

PLANTEAMIENTO DEL

PROBLEMA

OBJETIVOS

ESTADO DEL ARTE

METODOLOGIA

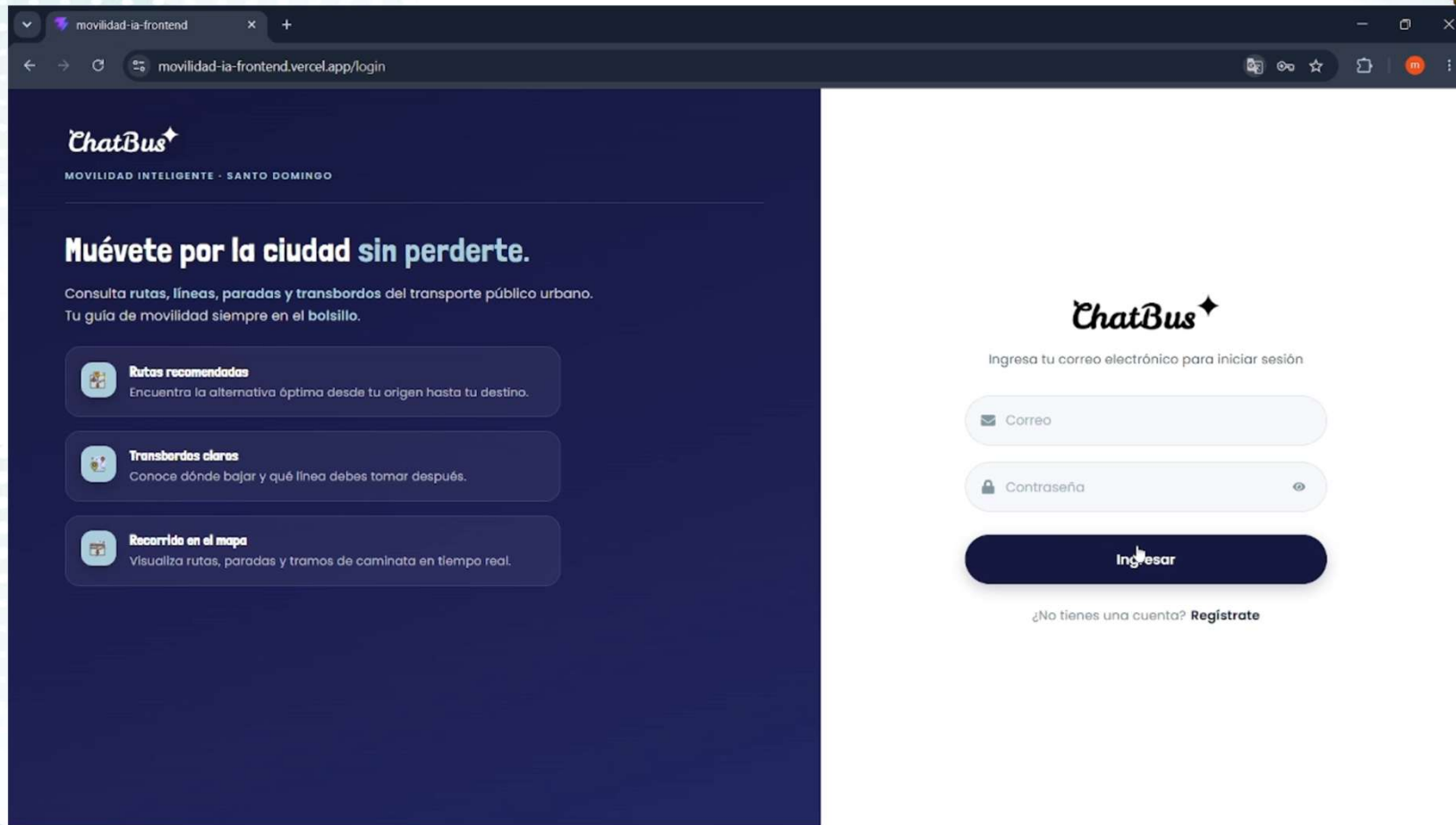
DESARROLLO

RESULTADOS

OBTENIDOS

CONCLUSIONES

Funcionamiento



Enlace al video:

<https://1drv.ms/v/c/91651e7d62f8ee58/IQA0AUFMQnNbR7O0KDWyBJjjARAUubTMnFPUS8N3x9sA9QM?e=gZvp19>

PLANTEAMIENTO DEL

PROBLEMA

OBJETIVOS

ESTADO DEL ARTE

METODOLOGIA

DESARROLLO

RESULTADOS

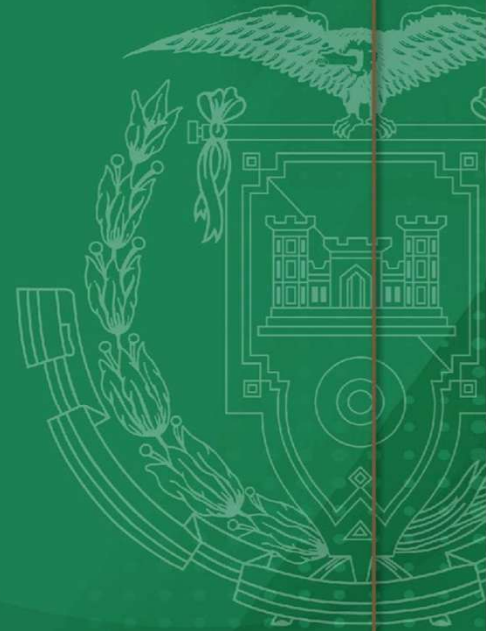
OBTENIDOS

CONCLUSIONES



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CONCLUSIONES





Conclusiones

- ✓ Se desarrolló una plataforma web inteligente para la planificación de rutas del transporte público mediante IA y teoría de grafos.
- ✓ El análisis del estado del arte permitió definir las tecnologías y la arquitectura por capas de la solución.
- ✓ La integración de Nominatim y OSRM mejoró la precisión de las rutas y el cálculo de caminatas.
- ✓ La plataforma obtuvo una alta usabilidad, alcanzando un puntaje SUS de 80,33 (Categoría A).

PLANTEAMIENTO DEL

PROBLEMA

OBJETIVOS

ESTADO DEL ARTE

METODOLOGIA

DESARROLLO

RESULTADOS

OBTENIDOS

CONCLUSIONES



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



MUCHAS GRACIAS

Autores:

Obando Buitron, Camila Antonela
caobando9@espe.edu.ec

Gualpa Rivera, Mathias Elian
megualpa@espe.edu.ec

Santo Domingo de los Tsáchilas, 04 Agosto 2026

