



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
CARRERA DE INDUSTRIAL**

**SISTEMA AVANZADO DE RASTREO VEHICULAR PARA EL ANÁLISIS Y  
OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO DE GASOLINA**

PROPUESTA TECNOLÓGICA PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL

**AUTOR:**

Donald Ronaldo Marrett Ramirez

**TUTOR:**

Ing. Jaime Hernan Acurio Masabanda

**LATACUNGA, MARZO 2026**

Latacunga, marzo del 2026

### DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Marret Ramírez Donald Ronaldo, con cedula de ciudadanía N° 0606342723, declaro ser autor del proyecto de titulación “**SISTEMA AVANZADO DE RASTREO DE VEHÍCULOS Y CONSUMO DE GASOLINA**”, siendo el Ing. Jaime Hernán Acurio Masabanda Mg., tutor del presente trabajo de titulación; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y al representante legal de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo de titulación, son de mi exclusiva responsabilidad.

---

Marret Ramírez Donald Ronaldo  
CC. 0606342723

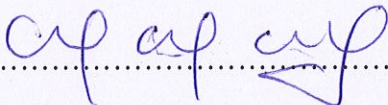


## **AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN**

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

**“SISTEMA AVANZADO DE RASTREO DE VEHÍCULOS Y CONSUMO DE GASOLINA ”**, de Marrett Ramírez Donald Ronaldo , de la carrera de Ingeniería Industrial, considero que dicho Proyecto Investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas técnicas, traducción y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre – defensa.

Latacunga, marzo del 2026



Ing. Jaime Hernan Acurio Masabanda Mg.

C.C. 0502574247

**TUTOR**

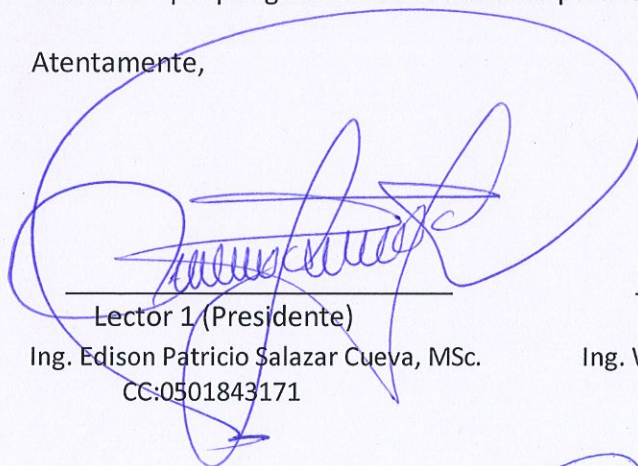
Latacunga 9, marzo 2026

### AVAL DE APROBACIÓN DE LECTORES

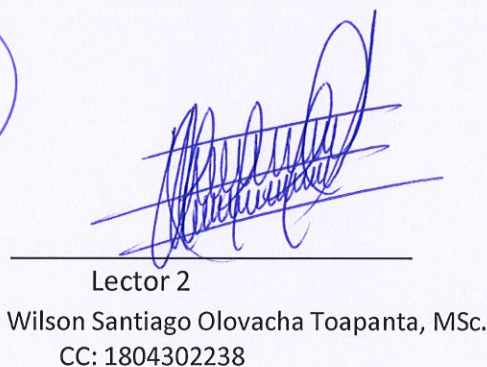
Cumpliendo con el Reglamento de Titulación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en calidad de Lectores de Tribunal de Proyecto de Investigación con el Título "**SISTEMA AVANZADO DE RASTREO DE VEHICULOS Y CONSUMO DE GASOLINA.**", propuesto por el estudiante Marrett Ramírez Donald Marrett, de la Carrera de Ingeniería Industrial, me permito indicar que el estudiante ha concluido todas las observaciones y realizado las correcciones señaladas por el Tribunal de Lectores, por lo cual presentamos el Aval de aprobación del Proyecto de Titulación correspondiente a la modalidad **Proyecto de Investigación** en virtud de lo cual el postulante puede presentarse a la Defensa de su Proyecto de Titulación.

Particular que pongo en su conocimiento para los fines legales pertinentes.

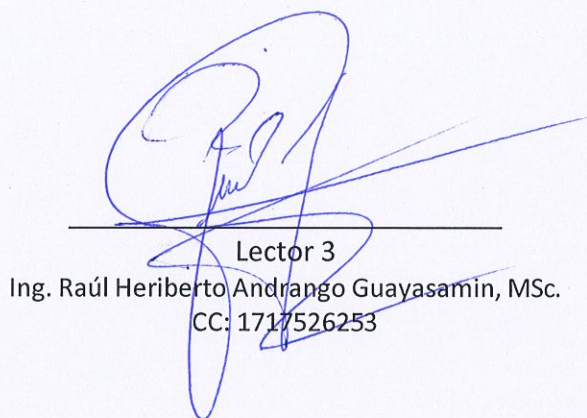
Atentamente,



\_\_\_\_\_  
Lector 1 (Presidente)  
Ing. Edison Patricio Salazar Cueva, MSc.  
CC:0501843171



\_\_\_\_\_  
Lector 2  
Ing. Wilson Santiago Olovacha Toapanta, MSc.  
CC: 1804302238



\_\_\_\_\_  
Lector 3  
Ing. Raúl Heriberto Andrango Guayasamin, MSc.  
CC: 1717526253

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco a Dios por darme la vida, la salud y la fortaleza necesaria para culminar esta etapa tan importante en mi formación profesional.*

*Expreso mi más profundo y sincero agradecimiento a mis padres, por su amor, esfuerzo y apoyo incondicional a lo largo de este camino. Gracias por ser mi guía, mi ejemplo y mi mayor motivación para seguir adelante y no rendirme ante las dificultades. Este logro también les pertenece.*

*A mis hermanos, por su compañía, apoyo y por estar presentes en cada momento, brindándome ánimo para continuar.*

*A mis docentes y tutores, por su conocimiento, orientación y paciencia en el desarrollo de este trabajo.*

*De igual manera, agradezco a todas las personas que, de una u otra forma, aportaron a la realización de esta tesis.*

*Finalmente, agradezco a la institución por abrirme las puertas y permitirme formarme como profesional.*

**Donald Marrett Ramirez**

## **DEDICATORIA**

*Dedico este logro principalmente a mis padres, por su amor, esfuerzo y sacrificio constante. Gracias por creer en mí incluso cuando el camino se volvió difícil. Todo lo que soy y este logro es también gracias a ustedes.*

*A mis hermanos, por su apoyo, compañía y por ser parte fundamental de mi vida, motivándome siempre a seguir adelante.*

*A todas las personas que estuvieron a mi lado en este proceso, brindándome su apoyo y palabras de aliento en los momentos más necesarios.*

*Finalmente, me la dedico a mí mismo, por no rendirme, por seguir adelante a pesar de las dificultades y por demostrar que con esfuerzo y constancia todo es posible.*

**Donald Marrett Ramirez**

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo desarrollar una solución tecnológica web para el registro, organización y análisis de recorridos vehiculares orientada a la optimización del consumo de diésel en la Distribuidora Ferretería Ludeña, ubicada en el cantón Quinindé, provincia de Esmeraldas. El estudio se sustentó en un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado, con alcance descriptivo y comparativo, y diseño no experimental de corte transversal. La metodología integró el análisis del contexto operativo de la empresa, la selección de recorridos representativos, el levantamiento de datos de distancia y tiempo de desplazamiento, el cálculo paramétrico del consumo estimado de gasolina y el desarrollo de una solución tecnológica web para el procesamiento y consulta de la información.

La infraestructura tecnológica del sistema se estructuró mediante una arquitectura web con Node.js y Express en la lógica del servidor, PostgreSQL como sistema gestor de base de datos, y HTML, CSS y JavaScript para la interfaz de usuario, complementada con Leaflet y OpenStreetMap para la visualización cartográfica. Google Maps se utilizó como herramienta de apoyo para el levantamiento y contraste de recorridos reales.

Los resultados evidenciaron que la solución tecnológica permitió organizar la información operativa de la empresa, registrar recorridos, comparar trayectos, calcular el consumo estimado de gasolina por ruta e identificar patrones relevantes para la toma de decisiones. Se concluyó que el sistema constituye una herramienta viable para fortalecer la gestión vehicular, mejorar la trazabilidad de los recorridos y apoyar la formulación de un plan de optimización del uso del combustible en el contexto real de la empresa.

**Palabras clave:** rastreo vehicular, gasolina, geolocalización, gestión vehicular, optimización de rutas, sistema web.

## **ABSTRACT**

This research aimed to develop a web-based technological solution for recording, organizing, and analyzing vehicle routes in order to optimize gasoline consumption at “Distribuidora Ferretería Ludeña”, located in Quinindé, Esmeraldas Province. The study adopted a quantitative and applied approach, with a descriptive and comparative scope and a non-experimental cross-sectional design. The methodology involved analyzing the company’s operational context, selecting representative routes, collecting data on distance and travel time, performing parametric calculations of estimated gasoline consumption, and developing of a web-based system for processing and consulting operational information.

The technological infrastructure was implemented on a web architecture based on Node.js and Express for server-side logic, PostgreSQL as the database management system, and HTML, CSS, and JavaScript for the user interface, complemented by Leaflet and OpenStreetMap for map visualization, while Google Maps served as a complementary tool for route validation and comparison.

The results demonstrated that the proposed solution made enabled the organization of operational data, route recording, trip comparison, estimation of gasoline consumption per route, and identification of relevant patterns for decision-making. It is concluded that the system represents a viable tool for strengthening vehicle management, improving route traceability, and supporting the development of a fuel optimization plan within the company’s real operational context.

**Keywords:** vehicle tracking, diesel, geolocation, vehicle management, route optimization, web system.

## *AVAL DE TRADUCCIÓN*

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma inglés de la propuesta tecnológica cuyo título versa: “**SISTEMA AVANZADO DE RASTREO VEHICULAR PARA EL ANÁLISIS Y OPTIMIZACIÓN DEL CONSUMO DE GASOLINA**” presentado por: **Donal Ronaldo Marret Ramírez**, egresado de la Carrera de: **Industrial**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicada**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, marzo del 2026

Atentamente,

-----

**María Fernanda Aguaiza Iza**

**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC**

**CI:050345849-9**



CENTRO  
DE IDIOMAS

## Contenido

RESUMEN .....	¡Error! Marcador no definido.
ABSTRACT .....	¡Error! Marcador no definido.
1. INFORMACIÓN GENERAL .....	14
1.1. Título del trabajo de titulación.....	14
1.2. Tipo de titulación .....	14
1.3. Mecanismo de titulación.....	14
1.4. Carrera .....	14
1.5. Proyecto de investigación vinculado .....	14
1.6. Equipo de trabajo.....	14
1.7. Área del conocimiento (Clasificación UNESCO).....	14
1.8. Línea de investigación .....	14
1.9. Sublínea de investigación .....	14
2. INTRODUCCIÓN.....	15
2.1. Situación problemática .....	15
2.2. Formulación del problema.....	16
2.3. Objeto de investigación .....	16
2.3.1. Objeto y campo de acción .....	16
2.3.2. Beneficiarios.....	16
2.4. Justificación.....	17
2.5. Objetivos.....	17
2.5.1. Objetivo general .....	18
2.5.2. Objetivos específicos.....	18
2.6. Hipótesis .....	18
2.7. Variables de investigación .....	18
2.8. Sistema de tareas .....	19
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	20

3.1. Antecedentes de la investigación.....	20
3.1.2. Antecedentes nacionales.....	21
3.1.3. Antecedentes locales.....	22
3.2. Bases teóricas.....	23
3.2.1. Sistemas de rastreo vehicular.....	23
3.2.2. Geolocalización y sistema GPS.....	25
3.2.3. Gestión de flotas vehiculares.....	27
3.2.4. Consumo de combustible y factores que influyen en su variación.....	28
3.2.5. Tecnologías de información aplicadas al control vehicular.....	30
3.2.6. Optimización de rutas y eficiencia operativa.....	31
3.3. Marco conceptual.....	33
3.4. Relación entre variables.....	36
4. METODOS Y PROCEDIMIENTOS.....	39
4.1. Enfoque, tipo y diseño de investigación.....	39
4.2. Contexto de aplicación: empresa de estudio.....	40
4.3. Población y muestra.....	41
4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	42
4.5. Procedimiento metodológico.....	44
4.6. Procedimiento de desarrollo de la solución tecnológica.....	45
4.7. Operacionalización de variables e indicadores de evaluación.....	47
4.8. Técnicas de análisis y validación de resultados.....	48
4.9. Consideraciones éticas y operativas.....	49
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	50
5.1. Diagnóstico inicial del control de recorridos y consumo de combustible.....	50
5.2. Determinación de parámetros para el plan de eficiencia del combustible.....	60
5.3. Selección de la infraestructura geoespacial y criterios técnicos de la solución...	62
5.4. Diseño y desarrollo de la solución tecnológica.....	68

5.4.1. Arquitectura general de la solución .....	68
5.4.2. Flujo de información .....	69
5.4.3. Módulos funcionales.....	70
5.4.4. Evidencia de implementación.....	71
5.5. Evaluación del desempeño de la solución tecnológica.....	72
5.5.1. Indicadores de desempeño .....	72
5.5.2. Identificación de patrones de consumo .....	73
5.5.3. Plan de optimización del uso de combustible.....	80
5.6. Comparación antes y después de la implementación .....	81
5.6.1. Resultados cuantitativos por recorrido .....	82
5.6.2. Análisis comparativo de ahorro por optimización de ruta.....	83
5.6.3. Resumen estadístico del sistema durante las pruebas funcionales .....	84
5.7. Discusión de resultados .....	86
5.7.1. Relación con los objetivos específicos .....	86
5.7.2. Relación con la fundamentación teórica.....	87
5.7.3. Limitaciones del estudio.....	87
5.7.4. Síntesis de resultados.....	87
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	88
6.1. Conclusiones.....	88
6.2. Recomendaciones .....	90
BIBLIOGRAFÍA .....	92

## Índice de tablas

Tabla 1: Síntesis comparativa de estudios previos sobre rastreo vehicular y consumo de combustible.....	22
Tabla 2: Indicadores de adopción de sistemas de rastreo/telemática en flotas comerciales (2023 vs. proyección 2028) .....	24
Tabla 3: Parámetros técnicos del GPS utilizados en el rastreo vehicular .....	26
Tabla 4: Indicadores utilizados en la gestión de flotas vehiculares .....	27
Tabla 5: Factores que influyen en la variación del consumo de diésel.....	29
Tabla 6: Tecnologías de información utilizadas en el control vehicular .....	30
Tabla 7: Impacto de variables de rastreo vehicular en el consumo de combustible .....	32
Tabla 8: Desglose conceptual de variables e indicadores.....	37
Tabla 10: Población y criterio muestral del estudio .....	41
Tabla 11: Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	43
Tabla 12: Etapas del procedimiento metodológico.....	44
Tabla 13: Fases del desarrollo de la solución tecnológica.....	46
Tabla 14: Operacionalización de variables e indicadores de evaluación.....	47
Tabla 15: Matriz diagnóstica del control de recorridos y consumo de combustible .....	51
Tabla 16: Parámetros definidos para el plan de eficiencia del combustible.....	61
Tabla 17: Criterios técnicos de la infraestructura seleccionada.....	62
Tabla 18: Arquitectura general de la solución tecnológica.....	69
Tabla 19: Flujo de información del sistema.....	70
Tabla 20: Módulos funcionales de la solución tecnológica.....	71
Tabla 21: Indicadores de desempeño de la solución tecnológica .....	72
Tabla 22: Patrones operativos identificados en el análisis de recorridos .....	73
Tabla 23: Plan de optimización del uso de combustible.....	80
Tabla 24: Comparación operativa antes y después del uso del sistema.....	82
Tabla 25: Resultados del procesamiento algorítmico por recorrido .....	83
Tabla 26: Análisis comparativo de ahorro de diésel por optimización de ruta.....	84
Tabla 27: Resumen estadístico del sistema web durante las pruebas funcionales.....	85

## Índice de figuras

Figura 1: Recorrido vehicular del sector MoDFocEC9u8HRx967. Google Maps.....	52
Figura 2: Recorrido vehicular hacia el sector El Duana.....	53
Figura 3: Recorrido vehicular hacia el sector Cube .....	54
Figura 4: Recorrido vehicular registrado en Google Maps .....	55
Figura 5: Recorrido vehicular registrado mediante geolocalización.....	56
Figura 6: Recorrido vehicular hacia el sector Cumbachira .....	57
Figura 7: Tarifario de costos logísticos por sector.....	58
Figura 8: Proceso de carga de materiales en el vehículo operativo.....	59
Figura 9: Descarga de materiales en punto de entrega .....	59
Figura 10: Recorrido vehicular hacia el sector Gallero.....	64
Figura 11: Recorrido vehicular hacia el sector Las Palmas.....	65
Figura 12: Recorrido vehicular hacia el sector Las Maravillas.....	66
Figura 13: Recorrido vehicular hacia el sector Balcón del Gallero.....	66
Figura 14: Recorrido vehicular hacia el sector Tras del Estadio.....	67
Figura 15: Recorrido vehicular por la vía Santo Domingo .....	68
Figura 16: Recorrido vehicular hacia el sector Rogelio Sánchez.....	74
Figura 17: Recorrido vehicular en el barrio El Cisne.....	75
Figura 18: Recorrido vehicular hacia el recinto Quispe.....	75
Figura 19: Vehículo operativo durante recorrido hacia el recinto Unión Manabita .....	76
Figura 20: Recorrido vehicular hacia el recinto Unión Manabita .....	77
Figura 21: Recorrido vehicular por el sector Calvario vía Zazara .....	78
Figura 22: Recorrido vehicular hacia la bajada al río Cube .....	79
Figura 23: Recorrido vehicular por la vía al recinto El Perú.....	80

## **1. INFORMACIÓN GENERAL**

En este capítulo se consigna la información institucional del trabajo de titulación, correspondiente a su identificación académica, su clasificación formal y su vinculación con las líneas de investigación de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

### **1.1. Título del trabajo de titulación**

El título del trabajo de titulación es: “Sistema avanzado de rastreo vehicular para el análisis y optimización del consumo de gasolina”.

### **1.2. Tipo de titulación**

El trabajo corresponde a una Propuesta Tecnológica.

### **1.3. Mecanismo de titulación**

El mecanismo de titulación adoptado es el Informe de Proyecto.

### **1.4. Carrera**

El proyecto se desarrolla en la carrera de Ingeniería Industrial.

### **1.5. Proyecto de investigación vinculado**

El trabajo de titulación se vincula al proyecto académico de optimización del uso de tecnologías de información aplicadas a la gestión y control vehicular.

### **1.6. Equipo de trabajo**

Tutor: Ing. Jaime Hernan Acurio Masabanda.

Autor: Donald Ronaldo Marrett Ramirez.

### **1.7. Área del conocimiento (Clasificación UNESCO)**

De acuerdo con la Clasificación UNESCO, el trabajo se ubica en el área 0613 – Software y desarrollo y análisis de aplicativos.

### **1.8. Línea de investigación**

Tecnologías de la información y comunicación aplicadas a la gestión y optimización de procesos.

### **1.9. Sublínea de investigación**

Sistemas inteligentes de monitoreo, control y análisis de datos en tiempo real.

## **2. INTRODUCCIÓN**

En este capítulo se expone el problema de investigación que sustenta el trabajo de titulación. Se presenta la situación problemática, la formulación del problema, el objeto de investigación, los beneficiarios, la justificación, los objetivos, la hipótesis, las variables y el sistema de tareas, con el propósito de delimitar el alcance del estudio y orientar el desarrollo de la solución tecnológica propuesta.

### **2.1. Situación problemática**

El consumo estimado de diésel constituye uno de los factores de mayor incidencia en los costos operativos de las empresas que dependen del transporte vehicular para la distribución de productos. En este contexto, la ausencia de herramientas tecnológicas para registrar y analizar recorridos, distancias, tiempos de desplazamiento y consumo de combustible dificulta el control eficiente de la operación y limita la capacidad de tomar decisiones basadas en información objetiva.

En numerosas organizaciones, el control del combustible se realiza mediante registros manuales, cálculos empíricos o reportes aislados. Esta forma de gestión genera información dispersa, imprecisa y susceptible a errores humanos, lo que dificulta identificar rutas ineficientes, recorridos innecesarios y diferencias entre el gasto estimado y el gasto real asociado a cada trayecto. Una gestión deficiente del consumo de combustible incrementa los costos operativos y afecta la eficiencia de los sistemas de transporte (Sarker et al., 2020).

En el cantón Quinindé, provincia de Esmeraldas, opera la Distribuidora Ferretería Ludeña, empresa dedicada a la comercialización de materiales de construcción y productos de ferretería. Por la naturaleza de sus actividades, la empresa requiere movilizar mercadería hacia distintos destinos, tanto cercanos como lejanos, mediante unidades vehiculares de carga. Esta dinámica operativa obliga a mantener un control constante de recorridos, distancias, tiempos y consumo de combustible.

La operación de la flota representa un gasto significativo para la empresa, debido a que el consumo estimado de diésel varía en función de la distancia recorrida, el tipo de vehículo y las condiciones del trayecto. Cuando no se dispone de información técnica sobre estos elementos, se dificulta establecer con precisión el costo de cada recorrido y, en consecuencia, se afecta la planificación operativa y la determinación de valores asociados al servicio de transporte.

Ante esta situación, se evidencia la necesidad de desarrollar un sistema web de rastreo vehicular que permita registrar y analizar información geoespacial y operativa de los vehículos, con el fin de estimar el consumo estimado de diésel por trayecto, identificar patrones de uso y contribuir a la optimización del combustible en la empresa de estudio.

## **2.2. Formulación del problema**

¿De qué manera el desarrollo de un sistema web de rastreo vehicular puede contribuir al monitoreo y optimización del consumo de diésel en la flota de distribución de la Distribuidora Ferretería Ludeña, mediante el análisis de recorridos, distancias y tiempos de desplazamiento?

## **2.3. Objeto de investigación**

El objeto de investigación es el sistema web de rastreo vehicular aplicado al monitoreo y análisis del consumo de diésel en la flota de distribución de la Distribuidora Ferretería Ludeña.

### **2.3.1. Objeto y campo de acción**

El objeto de investigación se centra en el sistema de rastreo vehicular como solución tecnológica orientada al registro, procesamiento y análisis de información relacionada con la ubicación de los vehículos, los recorridos realizados y el consumo estimado de diésel por trayecto.

El campo de acción corresponde al desarrollo y análisis de aplicativos de software, clasificado en el área 0613 de la UNESCO, aplicado a la gestión operativa del transporte y al control del consumo de combustible.

### **2.3.2. Beneficiarios**

#### **Beneficiarios directos**

Los beneficiarios directos son la Distribuidora Ferretería Ludeña, su administración y los responsables de la operación de transporte, quienes dispondrán de una herramienta para registrar recorridos, analizar distancias, estimar consumo de diésel y contar con información de apoyo para la toma de decisiones. También se benefician los conductores, al disponer de criterios más claros para la ejecución de rutas y el uso eficiente del combustible.

#### **Beneficiarios indirectos**

Los beneficiarios indirectos son los clientes de la empresa, que pueden recibir un servicio de distribución mejor organizado; la comunidad académica, al contar con un caso aplicado de uso de tecnologías de información en la gestión vehicular; y la sociedad en general, debido a que un uso más eficiente del combustible contribuye a reducir consumos innecesarios y su impacto ambiental.

#### **2.4. Justificación**

El desarrollo de un sistema web de rastreo vehicular para el monitoreo y optimización del consumo de diésel se justifica por su relevancia tecnológica, operativa, económica y ambiental.

Desde el punto de vista tecnológico, la investigación aporta al uso aplicado de herramientas de geolocalización, procesamiento de datos y desarrollo de software para el control vehicular. La integración de estos elementos fortalece el estudio de soluciones informáticas orientadas a la gestión de recorridos y al análisis de consumo de combustible, en concordancia con las tendencias actuales de digitalización de procesos logísticos (Faccio et al., 2019).

En el ámbito operativo, la propuesta responde a la necesidad de disponer de información organizada sobre rutas, distancias y tiempos de desplazamiento, con el fin de mejorar el control de la flota y reducir la incertidumbre en la gestión del combustible. La disponibilidad de datos sistematizados permite identificar trayectos ineficientes y respaldar decisiones orientadas a mejorar el uso de los recursos.

Desde la perspectiva económica, la investigación resulta pertinente porque el consumo de diésel representa un componente significativo del costo de transporte. La estimación del combustible por trayecto y el análisis comparativo de recorridos aportan elementos para optimizar la operación vehicular y reducir gastos innecesarios.

En el ámbito social y ambiental, el uso eficiente del combustible contribuye a disminuir consumos evitables y a promover prácticas operativas más racionales. La optimización del uso de combustible en el transporte constituye un factor relevante para reducir impactos ambientales y avanzar hacia procesos más sostenibles (International Energy Agency, 2022).

#### **2.5. Objetivos**

Los objetivos orientan el desarrollo del trabajo de titulación y establecen los resultados que se pretende alcanzar mediante el desarrollo del sistema propuesto.

### ***2.5.1. Objetivo general***

Desarrollar un sistema web de rastreo vehicular para el monitoreo y análisis del consumo de diésel, con el fin de optimizar el uso del combustible y mejorar la operatividad de los vehículos de la Distribuidora Ferretería Ludeña.

### ***2.5.2. Objetivos específicos***

1. Determinar los parámetros operativos y de consumo necesarios para el desarrollo de un plan de eficiencia del combustible en las unidades de transporte de la empresa.
2. Seleccionar la infraestructura geoespacial y los componentes tecnológicos requeridos para el procesamiento de rutas, distancias y tiempos de desplazamiento.
3. Desarrollar el sistema web integrando módulos de geolocalización, gestión de recorridos y cálculo estimado del consumo de diésel por trayecto.
4. Evaluar el desempeño del sistema mediante el análisis de los datos obtenidos, con el propósito de identificar patrones de consumo y proponer acciones de optimización del uso de combustible.

### **2.6. Hipótesis**

El desarrollo de un sistema web de rastreo vehicular que integre datos de geolocalización, recorridos y cálculo estimado de consumo permitirá monitorear con mayor precisión el uso de diésel, identificar rutas ineficientes y contribuir a la optimización del consumo de combustible en la flota de la Distribuidora Ferretería Ludeña.

### **2.7. Variables de investigación**

**Variable independiente:** Sistema web de rastreo vehicular.

Se entiende como la solución tecnológica orientada al registro, procesamiento y análisis de información geoespacial y operativa de los vehículos.

**Variable dependiente:** Optimización del consumo de diésel.

Se refiere al uso más eficiente del combustible mediante el análisis de recorridos, distancias, tiempos de desplazamiento y consumo estimado por trayecto.

## **2.8. Sistema de tareas**

1. Levantar información sobre la flota vehicular, los recorridos habituales y las condiciones operativas relacionadas con el consumo de diésel en la empresa de estudio.
2. Determinar los parámetros técnicos y funcionales necesarios para el análisis del consumo y para el desarrollo del sistema de rastreo vehicular.
3. Analizar las alternativas de infraestructura geoespacial y seleccionar la opción más adecuada para el procesamiento de rutas y distancias.
4. Diseñar y desarrollar el sistema web con módulos de registro de vehículos, recorridos y cálculo estimado del consumo de diésel por trayecto.
5. Ejecutar pruebas funcionales con recorridos seleccionados para verificar el comportamiento del sistema y la consistencia de los datos obtenidos.
6. Procesar y analizar la información generada por el sistema para identificar patrones de consumo y formular acciones de optimización del uso de combustible.

2.2. Formulación del problema

¿De qué manera un sistema avanzado de rastreo vehicular puede contribuir al monitoreo y optimización del consumo de diésel en los vehículos de una empresa, mediante el análisis de datos de ubicación, recorrido y comportamiento vehicular en tiempo real?

### **3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

La fundamentación teórica tiene como propósito sustentar conceptualmente el presente trabajo de titulación mediante la revisión y análisis de teorías, conceptos, enfoques y estudios previos relacionados con los sistemas de rastreo vehicular y el monitoreo del consumo de diésel. Esta sección permite contextualizar la investigación dentro del campo académico y tecnológico, así como establecer las bases conceptuales que orientan el diseño y desarrollo del sistema propuesto.

El análisis teórico se enfoca en los principios de los sistemas de posicionamiento global, la gestión de flotas vehiculares, el consumo de combustible y el uso de tecnologías de información para la optimización de recursos. La integración de tecnologías de rastreo con herramientas de análisis de datos constituye un elemento clave para mejorar la eficiencia operativa y reducir costos asociados al transporte.

#### **3.1. Antecedentes de la investigación**

La revisión de antecedentes permite identificar los principales enfoques y aportes relacionados con el uso de sistemas de rastreo vehicular y el monitoreo del consumo de combustible, así como las tendencias actuales en la investigación aplicada a la gestión del transporte. Su análisis permite reconocer el estado del conocimiento disponible y justificar la pertinencia del sistema propuesto en el presente trabajo.

##### **3.1.1. Antecedentes internacionales**

En los últimos años, el uso de tecnologías de información aplicadas al sector del transporte ha experimentado un crecimiento significativo, especialmente en lo relacionado con el monitoreo vehicular y la optimización del consumo de combustible. El aumento del parque automotor y el incremento sostenido en los costos del combustible han impulsado el desarrollo de investigaciones orientadas a mejorar la eficiencia operativa mediante el uso de sistemas de rastreo vehicular y herramientas de análisis de datos.

Diversos estudios internacionales han analizado la importancia de integrar tecnologías de posicionamiento global con plataformas digitales para el control del comportamiento vehicular. Faccio et al. (2019) desarrollaron una investigación enfocada en la gestión inteligente de flotas, concluyendo que la implementación de sistemas de rastreo vehicular permite reducir entre un 10 % y un 20 % los costos operativos, principalmente mediante la optimización de rutas y el control del consumo de combustible.

De manera similar, Sarker et al. (2020) analizaron la relación entre los hábitos de conducción y el consumo de combustible, demostrando que factores como aceleraciones bruscas, exceso de velocidad y tiempos prolongados de ralenti pueden incrementar el consumo hasta en un 30 %. Los autores destacan que el monitoreo continuo mediante sistemas tecnológicos facilita la identificación de estos comportamientos y permite aplicar estrategias correctivas orientadas a la eficiencia energética.

Desde el enfoque tecnológico, Lin et al. (2020) propusieron un modelo de gestión vehicular basado en el análisis de datos provenientes de dispositivos GPS y sensores de operación. Los resultados evidenciaron mejoras significativas en la planificación de rutas y en la identificación de oportunidades de optimización de combustible, resaltando el valor del análisis integrado de información geoespacial y operativa.

Quddus et al. (2018) señalan que la evolución de los sistemas de rastreo ha permitido pasar de simples herramientas de localización a plataformas inteligentes capaces de generar información estratégica para la toma de decisiones. Esta evolución ha ampliado las aplicaciones del rastreo vehicular, incorporando variables relacionadas con el rendimiento energético y la eficiencia operativa.

Desde una perspectiva ambiental, la Agencia Internacional de la Energía resalta que la adopción de tecnologías de monitoreo y control del consumo de combustible en el transporte constituye una estrategia efectiva para reducir emisiones contaminantes y promover el uso eficiente de los recursos energéticos (International Energy Agency, 2022).

### ***3.1.2. Antecedentes nacionales***

En el plano nacional, la problemática del control vehicular y del consumo de combustible se relaciona con la necesidad de optimizar recursos en empresas que dependen del transporte para el desarrollo de sus actividades. La incorporación de sistemas de rastreo, plataformas de análisis y herramientas de control operativo constituye una línea de trabajo pertinente dentro de la aplicación de tecnologías de información a la gestión empresarial.

La revisión documental incorporada en el presente trabajo no registra estudios ecuatorianos específicos citados de manera expresa que desarrollen el mismo problema con el mismo nivel de integración entre rastreo vehicular, análisis de rutas y consumo de diésel. Esta situación evidencia la necesidad de fortalecer el estudio del tema en

contextos nacionales y justifica el desarrollo de propuestas aplicadas que respondan a necesidades operativas concretas.

En este sentido, el presente trabajo adquiere relevancia porque traslada al contexto empresarial ecuatoriano una problemática que ya ha sido ampliamente discutida a nivel internacional, adaptándola a un escenario real de distribución, planificación de recorridos y control del consumo de combustible.

### **3.1.3. Antecedentes locales**

En el ámbito local, el problema adquiere especial importancia debido a que numerosas empresas de distribución y transporte continúan gestionando sus recorridos con base en experiencia empírica, registros aislados y decisiones operativas no sustentadas en información técnica sistematizada. Esta situación limita el análisis preciso de distancias, tiempos de desplazamiento y consumo de combustible.

Dentro del contexto específico de la empresa de estudio, no se dispone de antecedentes formalizados sobre la aplicación de un sistema de rastreo vehicular orientado al análisis y optimización del consumo de diésel. Esta ausencia de antecedentes locales directos no debilita el estudio; por el contrario, fortalece su pertinencia, debido a que el proyecto se orienta a responder una necesidad real del entorno empresarial inmediato.

La necesidad de generar información confiable sobre recorridos, tiempos y consumo estimado de combustible en la empresa de estudio convierte a la presente investigación en una propuesta con valor práctico, local y aplicado, capaz de contribuir a la mejora de la gestión vehicular.

Tabla 1: Síntesis comparativa de estudios previos sobre rastreo vehicular y consumo de combustible

<b>Autor/año</b>	<b>Enfoque del estudio</b>	<b>Resultados relevantes</b>
Sarker et al. (2020)	Conducción y consumo	Aumento del consumo entre 10 % y 30 % por conducción ineficiente
Lin et al. (2020)	Optimización de rutas	Mejora de la eficiencia energética entre 15 % y 25 %

Quddus et al. (2018)	Gestión del transporte	Mejora del control operativo y de la toma de decisiones
International Energy Agency (2022)	Sostenibilidad y energía	Reducción de emisiones entre 5 % y 15 %

*Nota.* Los porcentajes corresponden a rangos reportados por los autores en contextos de aplicación real.

La Tabla 1 evidencia una coincidencia significativa entre los estudios revisados, los cuales destacan que el uso de sistemas de rastreo vehicular combinados con el monitoreo del consumo de combustible genera mejoras cuantificables en la eficiencia operativa. Los rangos de reducción de costos y consumo, que oscilan entre 10 % y 25 %, confirman el impacto positivo de estas tecnologías en la gestión vehicular.

Los estudios analizados resaltan que el comportamiento del conductor puede incrementar el consumo de combustible hasta en 30 %, lo que refuerza la necesidad de contar con sistemas que permitan el análisis detallado de patrones de conducción. Desde un enfoque teórico, estos resultados respaldan la integración de tecnologías de rastreo, análisis de datos y monitoreo del consumo como una base sólida para la optimización del uso del combustible y la sostenibilidad del transporte.

### **3.2. Bases teóricas**

El desarrollo de las bases teóricas permite explicar los conceptos y principios que sustentan el sistema propuesto. En esta investigación, la teoría se organiza en torno a los sistemas de rastreo vehicular, el GPS, la gestión de flotas, el consumo de combustible, las tecnologías de información y la optimización de rutas, debido a que estos elementos constituyen el núcleo conceptual del problema investigado.

#### **3.2.1. Sistemas de rastreo vehicular**

Los sistemas de rastreo vehicular son soluciones tecnológicas diseñadas para determinar la ubicación, desplazamiento y comportamiento de un vehículo mediante el uso de dispositivos electrónicos y plataformas de software. Estos sistemas se apoyan principalmente en tecnologías de posicionamiento global y redes de comunicación para transmitir información hacia centros de monitoreo o aplicaciones digitales.

De acuerdo con Quddus et al. (2018), un sistema de rastreo vehicular está compuesto por tres elementos fundamentales: el dispositivo de rastreo instalado en el vehículo, la infraestructura de comunicación para la transmisión de datos y la plataforma de software encargada del procesamiento y visualización de la información. La correcta integración de estos componentes permite obtener datos precisos sobre la ubicación del vehículo, las rutas recorridas y los tiempos de desplazamiento.

En el ámbito de la gestión vehicular, los sistemas de rastreo han evolucionado desde soluciones básicas de localización hasta plataformas avanzadas que integran múltiples variables operativas. Estas incluyen velocidad, tiempo de detención, aceleración y, en sistemas más avanzados, parámetros relacionados con el consumo de combustible y el estado del vehículo. Según Lin et al. (2020), esta evolución tecnológica ha permitido ampliar el uso de los sistemas de rastreo hacia aplicaciones orientadas a la optimización del desempeño vehicular y la eficiencia energética.

El uso de sistemas de rastreo vehicular resulta especialmente relevante en la administración de flotas, ya que facilita el control operativo, la planificación de rutas y la supervisión del uso adecuado de los vehículos. La disponibilidad de información estructurada permite detectar anomalías y tomar decisiones oportunas que contribuyen a mejorar la eficiencia del transporte y reducir costos operativos (Faccio et al., 2019).

Tabla 2: Indicadores de adopción de sistemas de rastreo/telemática en flotas comerciales (2023 vs. proyección 2028)

<b>Región y año</b>	<b>Penetración</b>	<b>Sistemas en uso</b>
Norteamérica (2023)	53,3 %	17,4 millones
Norteamérica (2028)	80,6 %	30,5 millones
Latinoamérica (2023)	19,1 %	6,5 millones
Latinoamérica (2028)	36,7 %	13,0 millones

*Nota.* Los valores corresponden a sistemas de gestión/rastreo vehicular en uso y tasas de penetración estimadas para vehículos comerciales.

La Tabla 2 evidencia que la adopción de sistemas de rastreo y telemática en flotas comerciales mantiene una tendencia creciente tanto en Norteamérica como en Latinoamérica. En el caso de Norteamérica, el crecimiento de 53,3 % a 80,6 % en penetración y de 17,4 a 30,5 millones de sistemas en uso confirma que esta tecnología se consolida como parte de la operación estándar de las flotas comerciales. En Latinoamérica, aunque la penetración es menor, el incremento proyectado de 19,1 % a 36,7 % y el aumento de 6,5 a 13,0 millones de sistemas evidencian una expansión significativa. Desde el punto de vista teórico, estos datos respaldan que los sistemas de rastreo vehicular no constituyen una tendencia aislada, sino una tecnología con aplicación creciente y valor operativo comprobado.

### ***3.2.2. Geolocalización y sistema GPS***

Las tecnologías de posicionamiento global constituyen la base fundamental de los sistemas de rastreo vehicular modernos. El Sistema de Posicionamiento Global (GPS, por sus siglas en inglés) es un sistema de navegación satelital que permite determinar la ubicación geográfica de un objeto en cualquier punto de la superficie terrestre mediante el uso de señales transmitidas por una constelación de satélites.

De acuerdo con Kaplan y Hegarty (2017), el funcionamiento del GPS se basa en el principio de trilateración, mediante el cual un receptor calcula su posición a partir del tiempo que tardan las señales emitidas por al menos cuatro satélites en llegar al dispositivo. Este proceso permite obtener coordenadas geográficas con un alto nivel de precisión, lo que ha favorecido la amplia adopción del GPS en aplicaciones de transporte y monitoreo vehicular.

En los sistemas de rastreo vehicular, el GPS permite registrar información relacionada con la ubicación del vehículo, la velocidad de desplazamiento, el rumbo y los tiempos de recorrido. Estos datos son fundamentales para el análisis del comportamiento del vehículo y la planificación eficiente de rutas. Según Groves (2015), la precisión y confiabilidad del GPS han mejorado significativamente en los últimos años gracias a avances en hardware, algoritmos de corrección de errores y la integración con otros sistemas de navegación.

La integración del GPS con plataformas de software facilita la visualización de los datos de localización en mapas digitales, lo que permite interpretar de manera clara la información generada por el sistema. Además, la combinación del GPS con tecnologías

de comunicación amplía las capacidades de monitoreo y control vehicular (Quddus et al., 2018).

En el contexto del monitoreo del consumo de diésel, la información proporcionada por el GPS resulta especialmente relevante, ya que permite relacionar el consumo de combustible con variables como la distancia recorrida, el tipo de ruta y las condiciones de conducción. Esta integración de datos contribuye al análisis del rendimiento del vehículo y a la identificación de oportunidades para optimizar el uso del combustible.

Tabla 3: Parámetros técnicos del GPS utilizados en el rastreo vehicular

<b>Parámetro</b>	<b>Unidad</b>	<b>Valor típico</b>
Precisión horizontal	metros	3 – 10 m
Precisión de velocidad	km/h	±0,2 km/h
Frecuencia de actualización	Hz	1 – 10
Número mínimo de satélites	unidades	4
Tiempo de posicionamiento (TTFF)	segundos	30 – 60

*Nota.* Los valores corresponden a receptores GPS civiles utilizados en aplicaciones de transporte.

Los parámetros técnicos presentados en la Tabla 3 evidencian que el GPS ofrece un nivel de precisión adecuado para el monitoreo vehicular. Una precisión horizontal de entre 3 y 10 metros permite identificar con fiabilidad la posición del vehículo dentro de una vía, mientras que la precisión en la medición de velocidad resulta suficiente para analizar patrones de conducción.

La frecuencia de actualización posibilita el registro continuo del movimiento del vehículo, lo cual es relevante para el análisis de trayectos y tiempos de recorrido.

Asimismo, el requisito mínimo de cuatro satélites garantiza la estabilidad del cálculo de posición. Desde el punto de vista teórico, estos indicadores justifican el uso del GPS como tecnología base en sistemas de rastreo vehicular orientados al análisis de rutas y consumo de combustible.

### 3.2.3. Gestión de flotas vehiculares

La gestión de flotas vehiculares se refiere al conjunto de procesos, técnicas y herramientas orientadas a la administración eficiente de vehículos utilizados por una organización para el desarrollo de sus actividades. Esta gestión abarca aspectos operativos, económicos y técnicos, tales como la planificación de rutas, el control del mantenimiento, la supervisión del comportamiento del conductor y el monitoreo del consumo de combustible.

De acuerdo con Faccio et al. (2019), una gestión eficiente de flotas permite reducir costos operativos, mejorar la productividad y prolongar la vida útil de los vehículos. Estos beneficios dependen en gran medida de la disponibilidad de información precisa y actualizada, lo cual requiere la implementación de sistemas tecnológicos que faciliten la recopilación y análisis de datos.

La incorporación de sistemas de rastreo vehicular ha transformado la forma en que se administran los vehículos, al proporcionar información continua sobre ubicación, recorridos y tiempos de operación. La integración del monitoreo del consumo de diésel dentro de los sistemas de gestión de flotas representa un avance significativo, ya que permite evaluar el desempeño energético de cada vehículo y detectar patrones de consumo ineficiente.

Además, la gestión de flotas apoyada en tecnologías de información contribuye a mejorar la toma de decisiones estratégicas, al proporcionar indicadores clave de desempeño relacionados con costos, eficiencia y sostenibilidad. El uso de plataformas digitales para la gestión vehicular permite optimizar procesos, mejorar el control operativo y fortalecer la planificación a largo plazo.

En el contexto del presente trabajo, la gestión de flotas vehiculares se aborda como un área de aplicación directa del sistema avanzado de rastreo propuesto, el cual busca integrar información de ubicación y consumo estimado de diésel para apoyar una gestión más eficiente, económica y sostenible de los vehículos.

Tabla 4: Indicadores utilizados en la gestión de flotas vehiculares

<b>Indicador</b>	<b>Unidad</b>	<b>Rango típico</b>
Costo operativo total	% del presupuesto	30 – 60
Consumo de combustible	% del costo total	35 – 45

Kilometraje anual por vehículo	km/año	20 000 – 60 000
Tiempo improductivo	% del tiempo total	10 – 25
Reducción de costos con telemetría	%	10 – 20

*Nota.* Los valores corresponden a promedios reportados en flotas comerciales que utilizan sistemas de gestión y rastreo vehicular.

Los indicadores presentados en la Tabla 4 evidencian que el consumo de combustible representa uno de los principales componentes del costo operativo total de una flota, alcanzando valores de entre 35 % y 45 %. Este dato resalta la importancia de integrar el monitoreo del consumo dentro de la gestión vehicular.

El tiempo improductivo, estimado entre 10 % y 25 %, refleja pérdidas asociadas a rutas ineficientes, tiempos muertos y deficiencias en la planificación. La implementación de sistemas de gestión apoyados en rastreo vehicular y telemetría permite una reducción de costos operativos de entre 10 % y 20 %, lo cual respalda teóricamente la adopción de estas tecnologías como herramientas estratégicas para la administración de flotas.

#### ***3.2.4. Consumo de combustible y factores que influyen en su variación***

El monitoreo del consumo de diésel es un componente fundamental en la gestión eficiente de vehículos, ya que permite evaluar el rendimiento energético, identificar ineficiencias operativas y reducir costos asociados al uso del combustible.

Tradicionalmente, el control del consumo se ha realizado mediante registros manuales o estimaciones basadas en el kilometraje recorrido, métodos que presentan limitaciones en términos de precisión y confiabilidad.

Según Sarker et al. (2020), el consumo de combustible en vehículos está influenciado por múltiples factores, entre los que se incluyen el tipo de motor, las condiciones de la vía, el tráfico, el mantenimiento del vehículo y el comportamiento del conductor. La ausencia de sistemas de monitoreo continuo dificulta la identificación de cómo estas variables inciden directamente en el gasto de combustible, lo que limita la aplicación de estrategias efectivas de optimización.

En contextos aplicados, el análisis del consumo puede realizarse mediante medición directa o mediante estimación técnica sustentada en variables como distancia recorrida, tiempo de desplazamiento y rendimiento promedio del vehículo. En el presente trabajo,

esta segunda alternativa resulta pertinente porque permite analizar tendencias, comparar rutas y evaluar el comportamiento del consumo a partir de datos reales de recorrido. Además de sus implicaciones económicas, el monitoreo del consumo de diésel tiene implicaciones ambientales relevantes. La optimización del uso del combustible contribuye a la disminución de emisiones contaminantes y al uso más responsable de los recursos energéticos. En este sentido, el desarrollo de un sistema que permita registrar recorridos y estimar el consumo por trayecto se presenta como una solución tecnológica pertinente para apoyar la toma de decisiones operativas.

Tabla 5: Factores que influyen en la variación del consumo de diésel

<b>Factor</b>	<b>Efecto sobre el consumo</b>
Tipo de motor y condiciones mecánicas	Puede incrementar o reducir el rendimiento energético
Estado de la vía y tipo de ruta	Modifica el esfuerzo operativo del vehículo
Tráfico y congestión	Aumenta tiempos de recorrido y consumo
Estilo de conducción	Influye en aceleración, frenado y gasto de combustible
Carga transportada	Incrementa la exigencia del motor
Tiempo de desplazamiento	Incide en la eficiencia del trayecto

*Nota.* La tabla resume los principales factores teóricos asociados a la variación del consumo de combustible en vehículos de operación.

Los factores presentados en la Tabla 5 evidencian que el consumo de diésel no depende exclusivamente de la distancia recorrida. Variables como tráfico, carga, tipo de ruta, condiciones de la vía y comportamiento de conducción modifican el rendimiento energético del vehículo y afectan el gasto total de combustible.

Desde una perspectiva teórica, esta variabilidad justifica que el análisis del consumo se realice de manera integrada con los datos de recorrido y tiempo de desplazamiento. Esta relación resulta central para el presente trabajo, ya que permite comprender el consumo

como una variable operativa que puede ser analizada y optimizada a partir del rastreo vehicular.

### **3.2.5. Tecnologías de información aplicadas al control vehicular**

Las tecnologías de la información han adquirido un papel fundamental en el control y gestión de los sistemas de transporte, debido a su capacidad para procesar grandes volúmenes de datos y transformarlos en información útil para la toma de decisiones. En el ámbito vehicular, estas tecnologías permiten integrar información proveniente de diferentes fuentes, como dispositivos de rastreo, plataformas de análisis y bases de datos, con el objetivo de mejorar la eficiencia operativa y el control de los recursos. Según Laudon y Laudon (2020), los sistemas de información aplicados a la gestión operativa facilitan la automatización de procesos, la reducción de errores y la generación de reportes analíticos que apoyan la planificación y el control. En el contexto del control vehicular, estas ventajas se reflejan en una mayor capacidad para supervisar el uso de los vehículos, optimizar rutas y evaluar el desempeño energético. El desarrollo de aplicaciones informáticas orientadas al control vehicular ha evolucionado hacia el uso de plataformas basadas en la web y aplicaciones móviles, que permiten el acceso remoto a la información. Estas plataformas facilitan la visualización de datos de ubicación y consumo mediante interfaces intuitivas, lo que mejora la comprensión de la información y fortalece la toma de decisiones.

El uso de bases de datos y herramientas de análisis permite almacenar y procesar información histórica, lo que resulta esencial para identificar patrones de consumo, tendencias de uso y comportamientos recurrentes en la operación de los vehículos. El análisis de datos históricos constituye un elemento clave para la optimización del consumo de combustible y la mejora continua de la gestión vehicular.

En el presente trabajo, las tecnologías de la información se consideran un componente esencial para el diseño del sistema web de rastreo vehicular, ya que permiten la recopilación, procesamiento y análisis de datos de ubicación y consumo estimado de diésel de manera eficiente, confiable y oportuna.

Tabla 6: Tecnologías de información utilizadas en el control vehicular

<b>Tecnología</b>	<b>Función</b>	<b>Indicador típico</b>
-------------------	----------------	-------------------------

Sistemas de información	Automatización de procesos	Reducción de errores de 20 % a 40 %
Plataformas web	Acceso remoto a datos	Disponibilidad 24/7
Aplicaciones móviles	Visualización de información	Latencia menor a 5 s
Bases de datos	Almacenamiento histórico	Años de registros
Herramientas de análisis	Procesamiento de datos	Mejora de eficiencia entre 10 % y 25 %

*Nota.* Los indicadores corresponden a rangos reportados en estudios de gestión vehicular y sistemas de información aplicados al transporte.

Los datos presentados en la Tabla 6 evidencian que la aplicación de tecnologías de información en el control vehicular genera impactos medibles en la eficiencia operativa. La automatización de procesos permite reducir errores administrativos en rangos de 20 % a 40 %, mientras que el uso de plataformas web y aplicaciones móviles garantiza la disponibilidad permanente de la información y tiempos de respuesta reducidos. El análisis de datos históricos contribuye a mejoras de eficiencia estimadas entre 10 % y 25 %, lo que respalda teóricamente el uso de estas tecnologías como herramientas estratégicas para el control vehicular. Desde la perspectiva conceptual, estos indicadores justifican la incorporación de sistemas de información como un elemento clave para integrar datos de ubicación y consumo de combustible dentro de la gestión vehicular.

### ***3.2.6. Optimización de rutas y eficiencia operativa***

La relación entre el rastreo vehicular y la optimización del consumo de combustible se fundamenta en la capacidad de los sistemas tecnológicos para integrar información de ubicación, desplazamiento y comportamiento del vehículo con datos relacionados con el uso del combustible. Esta integración permite analizar de manera objetiva cómo las condiciones de operación y los hábitos de conducción influyen directamente en el consumo.

Diversos estudios señalan que el rastreo vehicular, cuando se combina con el monitoreo del consumo de combustible, se convierte en una herramienta eficaz para identificar ineficiencias operativas. Variables como rutas extensas, desvíos innecesarios, exceso de velocidad, aceleraciones bruscas y tiempos prolongados de ralentí tienen un impacto directo en el incremento del consumo. El rastreo vehicular permite detectar estos comportamientos mediante el análisis de datos de recorrido y registros históricos. El uso de información geoespacial facilita la evaluación del consumo de combustible en función de la distancia recorrida y del tipo de ruta utilizada. El análisis comparativo entre diferentes trayectos permite identificar rutas más eficientes desde el punto de vista energético, lo que contribuye a la reducción del gasto de combustible y a una mejor planificación de recorridos.

Asimismo, el rastreo vehicular permite establecer indicadores de desempeño relacionados con la eficiencia del consumo, tales como consumo promedio por kilómetro, consumo por tipo de vía o consumo asociado a determinados estilos de conducción. Estos indicadores constituyen una base sólida para la toma de decisiones orientadas a la optimización del uso del combustible y la mejora continua de la gestión vehicular.

En este contexto, la relación entre el rastreo vehicular y la optimización del consumo de diésel se consolida como un eje central del presente trabajo, ya que el sistema propuesto busca aprovechar la integración de datos de localización y consumo estimado para generar información confiable que apoye la toma de decisiones y promueva una gestión vehicular más eficiente.

Tabla 7: Impacto de variables de rastreo vehicular en el consumo de combustible

<b>Variable monitoreada</b>	<b>Indicador</b>	<b>Impacto estimado</b>
Exceso de velocidad	Aumento del consumo	+5 % a 15 %
Aceleraciones bruscas	Aumento del consumo	+10 % a 30 %
Ralentí prolongado	Consumo innecesario	0,5 a 1,5 L/h
Desvíos de ruta	Incremento de distancia	+5 % a 20 %
Optimización de rutas	Reducción del consumo	-10 % a 20 %

*Nota.* Los valores corresponden a rangos reportados en estudios sobre conducción eficiente y gestión vehicular basada en rastreo.

Los datos presentados en la Tabla 7 evidencian que las variables identificadas mediante el rastreo vehicular tienen un impacto directo y cuantificable sobre el consumo de combustible. El exceso de velocidad y las aceleraciones bruscas pueden incrementar el consumo entre 5 % y 30 %, mientras que los periodos prolongados de ralenti generan un consumo innecesario constante.

Por otro lado, la optimización de rutas basada en información de rastreo permite reducir el consumo de combustible en rangos de 10 % a 20 %, lo que demuestra el potencial del rastreo vehicular como herramienta para mejorar la eficiencia energética. Desde un enfoque teórico, estos indicadores confirman que la integración de datos de localización y consumo constituye un elemento clave para la optimización del uso del combustible y la gestión eficiente del transporte.

### **3.3. Marco conceptual**

El marco conceptual referencial constituye uno de los componentes fundamentales del presente trabajo de titulación, ya que permite definir de manera clara y precisa los principales conceptos técnicos y operativos que sustentan el desarrollo del sistema avanzado de rastreo vehicular orientado al análisis y optimización del consumo de diésel.

Su elaboración tiene como finalidad establecer una base teórica común que facilite la comprensión del estudio, evitando interpretaciones ambiguas y garantizando coherencia entre el problema planteado, los objetivos de investigación, la metodología aplicada y la propuesta tecnológica desarrollada.

El marco conceptual permite identificar las variables involucradas en el estudio y comprender la relación existente entre el rastreo vehicular, el análisis de rutas y el comportamiento del consumo de combustible. Estos conceptos sirven como referencia durante el diseño del sistema, el análisis de los datos y la interpretación de los resultados obtenidos.

#### **Rastreo vehicular**

El rastreo vehicular se define como el conjunto de tecnologías, dispositivos electrónicos y procedimientos informáticos destinados al seguimiento continuo de vehículos mediante sistemas de posicionamiento global y plataformas de gestión digital.

Este proceso permite registrar información relacionada con la ubicación geográfica del vehículo, la trayectoria recorrida, los tiempos de desplazamiento y las condiciones operativas durante el viaje. Su aplicación ha evolucionado desde un enfoque básico de localización hacia sistemas inteligentes capaces de generar información estratégica para la toma de decisiones.

En el contexto de la gestión moderna del transporte, el rastreo vehicular constituye una herramienta fundamental para el control operativo, la planificación de rutas, la supervisión del comportamiento del conductor y la optimización del consumo de combustible, especialmente en organizaciones que dependen del uso constante de vehículos.

### **Geolocalización (GPS)**

La geolocalización es el proceso mediante el cual se determina la posición exacta de un objeto sobre la superficie terrestre mediante coordenadas geográficas obtenidas a partir de sistemas satelitales. El Sistema de Posicionamiento Global permite identificar la latitud, longitud, altitud, velocidad y tiempo de desplazamiento del vehículo.

La geolocalización constituye la base del sistema propuesto, debido a que permite registrar recorridos reales y transformar esa información en datos útiles para el análisis operativo.

### **Ruta**

La ruta es el trayecto que conecta un punto de origen con un punto de destino. Puede estar compuesta por diferentes tipos de vía y presentar variaciones en distancia, tiempo de desplazamiento, tránsito y condiciones operativas.

El análisis de rutas permite comparar alternativas de recorrido y determinar cuál resulta más conveniente desde el punto de vista operativo y energético.

### **Distancia recorrida (km)**

La distancia recorrida corresponde a la longitud total del trayecto efectuado por el vehículo durante un recorrido determinado, expresada en kilómetros. Este indicador constituye una de las variables centrales del análisis, debido a que influye de manera directa en el cálculo del consumo estimado de combustible.

En el proyecto, la distancia recorrida se obtiene a partir de datos GPS y plataformas cartográficas, lo que permite mayor precisión en el análisis.

### **Tiempo de desplazamiento (min).**

El tiempo de desplazamiento corresponde a la duración total del recorrido entre el punto de inicio y el punto final, expresado en minutos. Este indicador se ve influenciado por

factores como el tráfico, el estado de las vías, las intersecciones y las condiciones climáticas.

Desde el punto de vista operativo, el tiempo de desplazamiento resulta determinante para la productividad, ya que influye directamente en la planificación de actividades y en el cumplimiento de horarios.

### **Rendimiento del vehículo (km/L – L/100 km).**

El rendimiento del vehículo expresa la relación entre la distancia recorrida y la cantidad de combustible consumido. Este indicador puede representarse en kilómetros por litro o litros por cada 100 kilómetros.

El rendimiento depende de factores técnicos como el tipo de motor, el peso del vehículo, el mantenimiento y el estilo de conducción. En el presente trabajo, se utiliza un rendimiento promedio como parámetro de referencia para el cálculo del consumo estimado.

### **Consumo estimado de diésel (L)**

El consumo estimado de diésel corresponde a la cantidad aproximada de combustible utilizada durante un recorrido específico. Este valor se obtiene a partir de la distancia recorrida y del rendimiento promedio del vehículo.

Aunque se trata de una estimación, este indicador permite analizar tendencias, identificar diferencias entre rutas y evaluar el impacto energético de los trayectos seleccionados. El consumo estimado constituye una variable clave del sistema propuesto, ya que permite comparar alternativas de recorrido y apoyar la optimización del uso del combustible.

### **Optimización del consumo**

La optimización del consumo se define como el proceso orientado a reducir el gasto de combustible mediante la selección eficiente de rutas, la disminución de recorridos innecesarios y el análisis del comportamiento operativo del vehículo.

Este proceso no implica únicamente elegir la ruta más corta, sino encontrar un equilibrio entre distancia, tiempo y consumo energético. En este sentido, la optimización busca maximizar la eficiencia sin afectar de manera significativa la operatividad del transporte.

### **Indicadores de análisis.**

Los indicadores de análisis constituyen las métricas utilizadas para evaluar el desempeño del sistema y sustentar la toma de decisiones. Estos indicadores permiten

cuantificar el comportamiento del vehículo y comparar objetivamente las alternativas de recorrido.

Entre los principales indicadores considerados se incluyen la distancia total del trayecto, el tiempo total de desplazamiento, el consumo estimado de diésel, la relación tiempo–consumo y la comparación entre rutas alternativas.

El marco conceptual referencial establece las bases para la correcta interpretación de los resultados obtenidos durante la investigación. Su desarrollo permite comprender la relación existente entre el rastreo vehicular, el análisis de rutas y el consumo de diésel. Asimismo, este marco fortalece la coherencia metodológica del trabajo y respalda el diseño del sistema propuesto, garantizando que cada componente tecnológico responda a los objetivos planteados y contribuya a la optimización del consumo de combustible.

### **3.4. Relación entre variables**

La relación entre variables permite identificar los elementos fundamentales que intervienen en el desarrollo del presente trabajo de titulación, estableciendo la correspondencia entre la causa y el efecto del problema investigado. Su análisis resulta esencial para comprender cómo el uso de un sistema web de rastreo vehicular influye directamente en la optimización del consumo de diésel y en la eficiencia operativa de los vehículos.

En esta investigación se consideran dos variables principales: la variable independiente, asociada al sistema de rastreo vehicular, y la variable dependiente, relacionada con la optimización del consumo de diésel. La interacción entre ambas variables constituye el eje central del estudio y orienta el diseño de la solución tecnológica propuesta.

#### **Variable independiente: Sistema web de rastreo vehicular**

La variable independiente corresponde al sistema web de rastreo vehicular, entendido como el conjunto de tecnologías de información, herramientas de geolocalización y mecanismos de análisis que permiten registrar y procesar datos relacionados con la ubicación, recorrido y comportamiento operativo del vehículo.

Esta variable se caracteriza por integrar información proveniente del sistema GPS, permitiendo el monitoreo de rutas, distancias y tiempos de desplazamiento. Su utilización posibilita el análisis comparativo de recorridos y la generación de indicadores que apoyan la toma de decisiones operativas. El sistema de rastreo vehicular actúa como el factor causal del estudio, ya que su uso influye directamente en la forma en que se analizan los recorridos y se estiman los niveles de consumo de diésel.

### **Variable dependiente: Optimización del consumo de diésel**

La variable dependiente corresponde a la optimización del consumo de diésel, la cual se refiere al uso eficiente del combustible mediante la reducción de recorridos innecesarios, la selección de rutas más convenientes y el análisis del rendimiento vehicular.

Esta variable se ve afectada por factores como la distancia recorrida, el tiempo de desplazamiento y el comportamiento operativo del vehículo. A través del análisis de estos elementos, es posible identificar patrones de consumo ineficiente y proponer alternativas que permitan disminuir el gasto de combustible sin afectar significativamente la operación. La optimización del consumo de diésel se manifiesta mediante indicadores cuantificables, tales como consumo estimado por recorrido, consumo estimado por kilómetro y comparación entre rutas alternativas.

### **Relación entre las variables**

La relación entre las variables se establece a partir del principio de que el uso de un sistema web de rastreo vehicular permite obtener información precisa sobre los recorridos realizados, lo cual facilita el análisis del consumo de diésel y la identificación de oportunidades de optimización.

En este sentido, la variable independiente influye directamente sobre la variable dependiente, ya que el acceso a datos de geolocalización, distancia y tiempo permite seleccionar rutas más eficientes, reducir el consumo innecesario de combustible y mejorar la eficiencia operativa del transporte.

Tabla 8: Desglose conceptual de variables e indicadores

<b>Variable</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>
Sistema web de rastreo vehicular	Ubicación	Ubicación del vehículo
	Rutas	Trayectos realizados
	Rutas	Número de rutas alternativas
	Tiempo	Tiempo de desplazamiento
	Tiempo	Tiempo total por recorrido

	Distancia	Kilómetros recorridos
	Distancia	Distancia total del trayecto
Optimización del consumo de diésel	Consumo	Consumo estimado por recorrido
	Consumo	Consumo estimado por kilómetro
	Eficiencia	Rendimiento del vehículo
	Eficiencia	Consumo promedio
	Optimización	Comparación entre rutas
	Optimización	Identificación de oportunidades de optimización

**Nota.** Estructuración conceptual de las variables de estudio.

La estructuración conceptual de las variables permite vincular los fundamentos desarrollados en la teoría con indicadores observables dentro del estudio. De esta manera, se fortalece la coherencia entre el problema de investigación, los objetivos, la metodología y los resultados esperados, sirviendo como base para su posterior operacionalización metodológica.

## **4. METODOS Y PROCEDIMIENTOS**

El presente capítulo expone la metodología empleada para el desarrollo de la investigación y de la solución tecnológica propuesta para la Distribuidora Ferretería Ludeña. El estudio se orienta al análisis y optimización del consumo de diésel mediante el uso de un sistema web de rastreo vehicular, articulando el componente investigativo con el componente tecnológico. Desde la perspectiva metodológica, se trabajó con datos numéricos asociados a recorridos, distancias, tiempos de desplazamiento y consumo estimado de combustible, lo que ubica la investigación dentro del enfoque cuantitativo (Hernández-Sampieri et al., 2018). Desde la perspectiva de desarrollo, la solución tecnológica se organizó siguiendo una secuencia estructurada de fases, propia del modelo en cascada, adecuado para proyectos con requerimientos definidos y módulos funcionales delimitados (Royce, 1970).

### **4.1. Enfoque, tipo y diseño de investigación**

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, debido a que se basa en la recolección, organización y análisis de datos numéricos relacionados con la distancia recorrida, el tiempo de desplazamiento, el rendimiento de referencia del vehículo y el consumo estimado de diésel. Hernández-Sampieri et al. (2018) señalan que el enfoque cuantitativo permite medir variables, establecer comparaciones y analizar datos mediante procedimientos sistemáticos, lo que resulta coherente con la naturaleza del presente estudio.

Por su finalidad, la investigación es aplicada, porque busca resolver un problema real de carácter operativo en una empresa de distribución que requiere mejorar el control de sus recorridos y del consumo de combustible. Se trata de una investigación orientada a la solución de un problema concreto mediante el uso de conocimientos teóricos y tecnológicos ya existentes, lo que corresponde al propósito de la investigación aplicada según Hernández-Sampieri et al. (2018).

En cuanto a su alcance, el estudio es descriptivo y comparativo. Es descriptivo porque caracteriza el comportamiento de las rutas, los tiempos de recorrido, las distancias y el consumo estimado de diésel en el contexto de la empresa. Es comparativo porque contrasta recorridos, analiza rutas alternativas y examina diferencias entre la gestión tradicional de la información operativa y la información organizada mediante la solución tecnológica propuesta. Esta lógica es coherente con trabajos aplicados

orientados al análisis de flotas, optimización de rutas y control del consumo de combustible (Faccio et al., 2019; Lin et al., 2020).

El diseño de la investigación es no experimental y transversal. Es no experimental porque las variables no fueron manipuladas deliberadamente, sino observadas y analizadas en su contexto natural de operación, tal como plantean Hernández-Sampieri et al. (2018) para este tipo de estudios. Es transversal porque la información se recolectó y analizó dentro del periodo definido para el estudio, sin constituir un seguimiento longitudinal de largo plazo.

De forma complementaria, el desarrollo de la solución tecnológica se estructuró mediante el modelo en cascada. Este modelo permitió organizar el proceso en fases sucesivas de análisis, diseño, desarrollo, prueba y ajuste, favoreciendo la coherencia entre requerimientos funcionales, arquitectura del sistema y resultados esperados (Royce, 1970).

#### **4.2. Contexto de aplicación: empresa de estudio**

La investigación se desarrolló en la Distribuidora Ferretería Ludeña, empresa ubicada en el cantón Quinindé, provincia de Esmeraldas, dedicada a la venta y distribución de materiales de construcción y productos de ferretería. La operación logística de la empresa exige movilizar materiales hacia distintos sectores urbanos y rurales, lo que convierte al transporte vehicular en un componente central de su actividad económica. La empresa constituye un contexto de aplicación pertinente para el estudio porque el control de recorridos, tiempos de desplazamiento, consumo de combustible y costos logísticos incide directamente en la eficiencia de la distribución. La gestión de flotas y el análisis de rutas son procesos relevantes en organizaciones de este tipo, especialmente cuando la operación se desarrolla en trayectos con diferentes condiciones de acceso, estado de vía, distancia y tiempo de recorrido (Faccio et al., 2019; Lin et al., 2020).

En el diagnóstico inicial se identificó que la empresa utilizaba referencias operativas manuales, criterios empíricos de recorrido y tarifarios logísticos para estimar el costo del transporte. Esta situación dificultaba vincular con precisión la ruta realizada con la distancia recorrida, el tiempo de desplazamiento y el consumo estimado de diésel. Por ello, el contexto de la empresa resultó adecuado para desarrollar y evaluar una solución tecnológica orientada al registro, consulta, comparación y análisis de recorridos.

Asimismo, las rutas de operación de la empresa incluyen sectores urbanos, periurbanos y rurales, con variaciones de pendiente, tipo de vía y dificultad de acceso. Esta diversidad operativa permitió contar con un escenario suficientemente amplio para analizar el comportamiento del sistema propuesto en trayectos de distinta complejidad.

### 4.3. Población y muestra

La población de estudio estuvo conformada por tres unidades de análisis: la flota operativa utilizada en la distribución de materiales, los recorridos logísticos ejecutados por la empresa y los registros documentales disponibles sobre operación y costos de transporte.

Respecto de la flota vehicular, se trabajó con criterio censal sobre las unidades operativas disponibles para el estudio, debido a que se trata de un conjunto manejable y directamente accesible. Hernández-Sampieri et al. (2018) señalan que, cuando la población es pequeña y accesible, el tratamiento censal permite una observación integral del fenómeno sin recurrir a procedimientos de muestreo probabilístico.

En el caso de los recorridos, se utilizó un muestreo no probabilístico intencional. Se seleccionaron trayectos representativos en función de su frecuencia de uso, relevancia operativa, diversidad de distancia y condiciones de acceso. Este criterio permitió incorporar recorridos cortos, medios y largos, así como rutas urbanas, rurales y mixtas, con el fin de analizar de manera comparativa el comportamiento del consumo estimado de diésel.

Para el análisis documental, se utilizaron los registros internos disponibles durante el periodo de estudio, particularmente aquellos vinculados con tarifarios, referencias de recorridos y controles operativos empleados por la empresa.

Tabla 9: Población y criterio muestral del estudio

<b>Unidad de análisis</b>	<b>Población</b>	<b>Muestra</b>	<b>Criterio</b>
Flota operativa	Vehículos utilizados en la distribución	Unidades operativas disponibles	Censal

Recorridos logísticos	Rutas ejecutadas por la empresa	Recorridos representativos del periodo de estudio	Intencional
Registros documentales	Tarifarios y registros operativos	Documentación disponible y pertinente	Disponibilidad documental

*Nota.* Elaboración propia.

La combinación de criterio censal e intencional permitió trabajar con datos suficientes para el análisis técnico del problema sin sobredimensionar el alcance del estudio.

Además, esta decisión metodológica se ajusta al carácter aplicado y no experimental de la investigación.

#### **4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La recolección de información se desarrolló mediante técnicas e instrumentos acordes con el enfoque cuantitativo del estudio y con el carácter aplicado de la solución propuesta. Se utilizaron la observación directa, el análisis documental, el registro geoespacial de recorridos y el registro digital generado por el sistema web desarrollado. La observación directa se empleó para reconocer el contexto operativo de la empresa, la dinámica de carga y descarga, las condiciones generales de los trayectos y los factores que inciden en el tiempo de desplazamiento y en el rendimiento del vehículo.

Hernández-Sampieri et al. (2018) señalan que la observación constituye una técnica pertinente cuando se requiere registrar condiciones reales del contexto donde ocurre el fenómeno de estudio.

El análisis documental se utilizó para revisar los registros disponibles en la empresa, tales como tarifarios logísticos, referencias operativas y controles previos del proceso de distribución. Este análisis permitió establecer una línea base operativa y contrastarla posteriormente con la información procesada por el sistema.

El registro geoespacial de recorridos se realizó mediante plataformas cartográficas digitales. Google Maps se utilizó como instrumento de apoyo para la identificación y contraste de rutas, distancias y tiempos de desplazamiento, mientras que el análisis de la información geoespacial se complementó con los criterios teóricos sobre

posicionamiento global y precisión de ruta desarrollados en la fundamentación teórica (Kaplan & Hegarty, 2017; Groves, 2015).

El registro digital se efectuó mediante el sistema web desarrollado en el proyecto. Esta herramienta permitió almacenar vehículos, recorridos, parámetros de análisis y cálculos de consumo estimado, generando reportes y comparaciones entre rutas. Desde la perspectiva de los sistemas de información, esta función responde a la lógica de automatización, procesamiento y disponibilidad de datos descrita por Laudon y Laudon (2020).

Como apoyo para la consolidación comparativa de resultados, se utilizaron matrices de cálculo y tablas de procesamiento. Su función fue complementaria y estuvo orientada a la organización analítica de la información, no a la sustitución de la solución tecnológica principal.

Tabla 10: Técnicas e instrumentos de recolección de datos

<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Información recopilada</b>	<b>Propósito</b>
Observación directa	Guía de observación	Condiciones operativas, carga, descarga, características de ruta	Reconocer el contexto de operación
Análisis documental	Matriz de registro documental	Tarifarios, controles operativos, referencias de recorridos	Establecer línea base
Registro geoespacial	Google Maps y plataformas cartográficas	Distancia, tiempo estimado, trazado de ruta	Levantar y contrastar recorridos
Registro digital	Sistema web desarrollado	Vehículos, recorridos, comparación de rutas, consumo estimado	Procesar y organizar información

*Nota.* Elaboración propia.

Las evidencias gráficas y fotográficas obtenidas durante el proceso metodológico fueron conservadas como respaldo empírico del estudio; sin embargo, su análisis interpretativo

y su presentación formal corresponden al capítulo de resultados, por constituir evidencia del comportamiento observado y no una descripción del diseño metodológico.

#### 4.5. Procedimiento metodológico

El procedimiento metodológico se desarrolló de forma secuencial y articulada con los objetivos específicos del estudio. En una primera etapa se realizó el diagnóstico inicial, orientado a identificar cómo la empresa gestionaba sus recorridos, cómo estimaba sus costos logísticos y qué limitaciones presentaba el control previo de la operación.

En una segunda etapa se seleccionaron los recorridos de estudio. Se consideraron trayectos frecuentes, rutas con distinta longitud, sectores urbanos y rurales, y recorridos útiles para comparar distancia, tiempo de desplazamiento y consumo estimado. Esta fase permitió conformar la base operativa del análisis.

En una tercera etapa se efectuó el levantamiento de información geoespacial y operativa de cada trayecto seleccionado. Se registraron origen, destino, distancia total, tiempo estimado de desplazamiento y características generales de la ruta. Estos datos constituyeron la base para el análisis comparativo posterior.

En una cuarta etapa se organizó y depuró la información obtenida. Los datos fueron sistematizados en estructuras comparables para facilitar su procesamiento. A partir de la distancia recorrida y del rendimiento de referencia del vehículo, se estimó el consumo de diésel por trayecto mediante una relación proporcional entre recorrido y rendimiento. La expresión general utilizada fue la siguiente:

$$\textit{Consumo estimado} = \textit{Distancia recorrida} / \textit{Rendimiento de referencia del vehículo}$$

Cuando el rendimiento se expresó en kilómetros por litro, el resultado se obtuvo en litros. Cuando la parametrización operativa del sistema utilizó kilómetros por galón, el cálculo se expresó en galones. Esta precisión permitió conservar consistencia entre la formulación técnica y los parámetros operativos utilizados por la solución tecnológica.

En una quinta etapa se realizó el análisis comparativo de rutas y del comportamiento del consumo estimado. Esta fase permitió identificar diferencias entre trayectos, evaluar rutas alternativas y examinar el aporte del sistema web a la organización de la información operativa.

Tabla 11: Etapas del procedimiento metodológico

<b>Etapas</b>	<b>Actividad principal</b>	<b>Resultado</b>
---------------	----------------------------	------------------

Diagnóstico inicial	Observación directa y revisión documental	Caracterización del problema operativo
Selección de recorridos	Definición de rutas representativas	Conjunto de trayectos de estudio
Levantamiento de datos	Registro de origen, destino, distancia y tiempo	Base geoespacial del estudio
Organización y procesamiento	Depuración y cálculo de consumo estimado	Matrices comparativas
Análisis e interpretación	Comparación de rutas y evaluación de resultados	Hallazgos operativos

*Nota.* Elaboración propia.

#### **4.6. Procedimiento de desarrollo de la solución tecnológica**

El desarrollo de la solución tecnológica se estructuró con base en el modelo en cascada, debido a que los requerimientos funcionales del sistema fueron definidos desde las primeras fases del proyecto y el producto previsto contaba con módulos claramente delimitados. Royce (1970) plantea este modelo como una secuencia ordenada de fases en la que cada etapa alimenta a la siguiente, lo que resultó pertinente para un proyecto académico con alcance funcional definido.

En la fase de análisis de requerimientos se identificaron las necesidades del sistema, particularmente en relación con el registro de vehículos, registro de recorridos, consulta de trayectos, comparación de rutas y cálculo estimado del consumo de diésel. También se definieron los datos mínimos requeridos para el funcionamiento de la herramienta y los criterios de salida esperados.

En la fase de diseño se estableció la arquitectura general de la solución. Se definió la organización lógica de la información, el flujo de entrada y salida de datos y la estructura del sistema. Para la implementación se consideró una arquitectura web compuesta por Node.js y Express en la lógica del servidor, PostgreSQL como sistema gestor de base de datos, y HTML, CSS y JavaScript en la interfaz de usuario. La visualización cartográfica se estructuró con Leaflet, apoyado en servicios cartográficos

digitales, mientras que Google Maps se utilizó como herramienta auxiliar de contraste para el levantamiento y validación de recorridos.

En la fase de desarrollo se implementaron los módulos funcionales del sistema. Entre ellos se incluyeron el registro de vehículos, el registro y almacenamiento de recorridos, la consulta de información, la comparación entre rutas y el cálculo estimado de consumo de diésel. Desde la perspectiva de los sistemas de información, esta fase responde al principio de captura, procesamiento y disponibilidad de datos útiles para la toma de decisiones (Laudon & Laudon, 2020).

En la fase de pruebas se verificó el comportamiento funcional del sistema. Se evaluó el registro, consulta, edición y eliminación de datos, así como la consistencia de los cálculos generados y la correspondencia entre los datos de entrada y los resultados producidos por el sistema. También se revisó la coherencia entre las rutas ingresadas y los resultados de comparación.

Finalmente, en la fase de ajuste se corrigieron aspectos funcionales detectados durante las pruebas y se consolidó la versión utilizada para la demostración del proyecto y el análisis de resultados.

Tabla 12: Fases del desarrollo de la solución tecnológica

<b>Fase</b>	<b>Actividad</b>	<b>Herramienta principal</b>	<b>Entregable</b>
Análisis	Definición de requerimientos	Matriz funcional	Especificación del sistema
Diseño	Arquitectura lógica y flujo de datos	Modelo de datos y diseño de interfaz	Estructura de solución
Desarrollo	Implementación de módulos	Node.js, Express, PostgreSQL, HTML, CSS, JavaScript, Leaflet	Sistema web funcional
Pruebas	Verificación funcional y de consistencia	Escenarios de prueba	Registro de validación
Ajuste	Correcciones y consolidación	Revisión técnica	Versión final del sistema

Nota. Elaboración propia.

#### 4.7. Operacionalización de variables e indicadores de evaluación

La operacionalización de variables permite traducir el problema de investigación a dimensiones e indicadores observables y medibles. Hernández-Sampieri et al. (2018) sostienen que la definición clara de indicadores fortalece la validez de los estudios aplicados, en tanto facilita la observación sistemática y la comparación de resultados. La variable independiente corresponde al sistema web de rastreo vehicular, entendido como la solución tecnológica que registra, procesa y organiza información geoespacial y operativa. La variable dependiente corresponde a la optimización del consumo de diésel, entendida como el uso más eficiente del combustible a partir del análisis comparativo de rutas, tiempos y distancias.

Tabla 13: Operacionalización de variables e indicadores de evaluación

<b>Variable</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Técnica</b>	<b>Instrumento</b>
Sistema web de rastreo vehicular	Registro operativo	Vehículos registrados	Registro digital	Sistema web
Sistema web de rastreo vehicular	Registro de recorridos	Rutas almacenadas	Registro geoespacial	Sistema web
Sistema web de rastreo vehicular	Análisis espacial	Distancia del trayecto	Medición	Plataforma cartográfica
Sistema web de rastreo vehicular	Análisis temporal	Tiempo estimado de desplazamiento	Medición	Plataforma cartográfica
Optimización del consumo de diésel	Consumo	Consumo estimado por trayecto	Cálculo	Fórmula técnica / sistema

Optimización del consumo de diésel	Eficiencia de recorrido	Relación distancia– consumo	Análisis comparativo	Matrices de resultados
Optimización del consumo de diésel	Comparación de rutas	Diferencia entre trayectos	Análisis comparativo	Reportes del sistema
Optimización del consumo de diésel	Apoyo operativo	Identificación de rutas más convenientes	Evaluación	Reportes y tablas comparativas

*Nota.* Elaboración propia.

Los indicadores definidos permiten evaluar tanto el funcionamiento de la solución tecnológica como su aporte al análisis operativo del transporte y al control del consumo estimado de diésel.

#### **4.8. Técnicas de análisis y validación de resultados**

El análisis de la información se sustentó en estadística descriptiva y análisis comparativo. La estadística descriptiva permitió resumir y organizar los datos mediante valores mínimos, máximos, promedios y variaciones de distancia, tiempo de desplazamiento y consumo estimado de diésel. Hernández-Sampieri et al. (2018) señalan que este tipo de análisis resulta pertinente cuando se busca describir el comportamiento de las variables y establecer comparaciones dentro de un conjunto de observaciones.

El análisis comparativo se aplicó para contrastar rutas alternativas, revisar diferencias entre recorridos y valorar la utilidad del sistema en la organización de la información operativa. Este procedimiento resulta coherente con estudios sobre optimización de flotas, donde la comparación entre trayectos y patrones de consumo constituye una base técnica para la toma de decisiones (Faccio et al., 2019; Lin et al., 2020).

La validación de resultados se realizó en dos niveles. El primero correspondió a la validación funcional de la solución tecnológica. En este nivel se verificó que el sistema registrara y recuperara información correctamente, ejecutara las operaciones previstas y generara cálculos consistentes. El segundo nivel correspondió a la validación de

consistencia de datos, revisando la coherencia entre origen, destino, distancia, tiempo y consumo estimado.

Se consideró que los resultados eran consistentes cuando el sistema reproducía de manera estable los mismos resultados a partir de idénticos datos de entrada, cuando la distancia y el tiempo registrados mantenían correspondencia con la fuente cartográfica utilizada y cuando el cálculo del consumo respondía adecuadamente al rendimiento parametrizado del vehículo.

Dado el alcance aplicado, descriptivo y comparativo del estudio, no se recurrió a pruebas de inferencia estadística ni a contrastes experimentales de causalidad fuerte. El análisis se concentró en la descripción, comparación y validación funcional de los resultados obtenidos.

#### **4.9. Consideraciones éticas y operativas**

El estudio consideró principios éticos orientados al uso responsable de la información operativa de la empresa. Los datos levantados y procesados se utilizaron exclusivamente con fines académicos y de análisis técnico, resguardando su confidencialidad y evitando su empleo con fines ajenos al objeto del trabajo. Esta decisión es coherente con los criterios de responsabilidad y uso ético de la información en investigaciones aplicadas desarrolladas en entornos organizacionales (Hernández-Sampieri et al., 2018).

Asimismo, se respetó el carácter no punitivo del estudio. La información generada por el sistema se utilizó para analizar recorridos, tiempos, distancias y consumo estimado de diésel, y no para realizar valoraciones personales sobre los conductores o para fines disciplinarios.

Desde la perspectiva operativa, se procuró que el levantamiento de datos, las observaciones de campo y las pruebas funcionales del sistema no interfirieran con la operación normal de la empresa. El proceso de captura y análisis se desarrolló manteniendo la continuidad del servicio de distribución.

También se consideró la calidad de la información como criterio operativo central. Para ello se verificó la coherencia de los registros, la consistencia entre las fuentes utilizadas y la estabilidad funcional del sistema durante las pruebas. Estas medidas fortalecieron la validez del estudio y contribuyeron a una aplicación metodológica responsable y técnicamente defendible.

## **5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

El presente capítulo expone el desarrollo de la solución tecnológica y los resultados obtenidos en el contexto de la Distribuidora Ferretería Ludeña. La estructura responde a la lógica de los objetivos específicos planteados en la investigación y organiza la evidencia empírica en cinco momentos: diagnóstico inicial, determinación de parámetros para el plan de eficiencia del combustible, selección de la infraestructura geoespacial, desarrollo de la solución tecnológica, evaluación de desempeño y comparación de la situación operativa antes y después del uso del sistema.

La información analizada se sustenta en recorridos reales de la empresa, registros operativos, observación directa de las condiciones de trabajo, análisis de rutas y datos de distancia y tiempo de desplazamiento. A partir de estos insumos, el sistema web de rastreo vehicular permitió organizar, procesar y consultar información útil para el análisis del consumo estimado de diésel, la comparación de trayectos y la toma de decisiones operativas. En consecuencia, el capítulo no se limita a describir el sistema, sino que presenta los hallazgos derivados de su aplicación y contrasta dichos resultados con el problema de investigación y con la literatura revisada.

### **5.1. Diagnóstico inicial del control de recorridos y consumo de combustible**

Esta sección responde al primer objetivo específico y presenta la situación operativa identificada en la empresa antes de la consolidación del sistema web de rastreo vehicular. El diagnóstico permitió establecer la línea base sobre la cual se estructuró la propuesta tecnológica y se evaluaron los resultados posteriores.

En la situación inicial se observó que el control de recorridos y costos de transporte dependía de referencias empíricas, registros manuales y criterios operativos no sistematizados. La empresa disponía de información útil para la operación diaria, pero no de una estructura organizada que relacionara de manera precisa distancia recorrida, tiempo de desplazamiento, ruta utilizada y consumo estimado de diésel. Esta limitación coincidía con lo señalado por Faccio et al. (2019), quienes sostienen que la ausencia de sistemas integrados de control vehicular reduce la capacidad de análisis y afecta la eficiencia operativa.

El diagnóstico también evidenció que la gestión del combustible no se apoyaba en indicadores normalizados por trayecto. El control se realizaba en términos generales y no por recorrido específico, lo que dificultaba identificar rutas ineficientes, diferencias operativas entre trayectos y relación entre condiciones de vía y gasto estimado de

combustible. En este sentido, la situación observada se relaciona con el planteamiento de Sarker et al. (2020), según el cual la falta de monitoreo continuo impide detectar factores que incrementan el consumo.

En el proceso de levantamiento se constató, además, que la empresa operaba en contextos viales diversos. La distribución incluía rutas urbanas, tramos de mediana distancia, vías rurales, zonas con pendientes y sectores con acceso menos favorable. Por ello, el diagnóstico no solo tenía que registrar recorridos, sino caracterizar el entorno operativo de cada trayecto para comprender mejor la variación del desempeño vehicular. La observación directa del proceso logístico permitió reconocer que la carga transportada, el tiempo de permanencia en el punto de entrega, el tipo de superficie de rodadura y la longitud del trayecto son variables relevantes para el análisis operativo. En consecuencia, el diagnóstico se planteó como una fase indispensable para convertir una práctica basada en experiencia en una gestión apoyada en información organizada.

Tabla 14: Matriz diagnóstica del control de recorridos y consumo de combustible

<b>Aspecto evaluado</b>	<b>Situación identificada</b>	<b>Implicación operativa</b>
Registro de recorridos	Predominio de referencias empíricas	Dificultad para reconstruir trayectos y comparar rutas
Control de combustible	Estimación general del gasto	Imposibilidad de relacionar consumo con cada recorrido
Información de tiempo	Basada en aproximaciones operativas	Baja precisión para planificar despachos
Información histórica	Dispersa y no sistematizada	Limitación para análisis comparativos
Selección de rutas	Basada en experiencia	Riesgo de mantener trayectos menos convenientes
Justificación de costos logísticos	Apoyo en tarifarios y criterio operativo	Débil relación entre costo, distancia y tiempo

*Nota.* Elaboración propia.

El diagnóstico confirmó la necesidad de una herramienta que permitiera registrar recorridos, comparar trayectos y organizar la información operativa en función de variables técnicas. A partir de esta línea base, fue posible definir con mayor precisión los parámetros de análisis y el alcance real de la solución tecnológica.

### **Figuras asociadas al diagnóstico inicial**

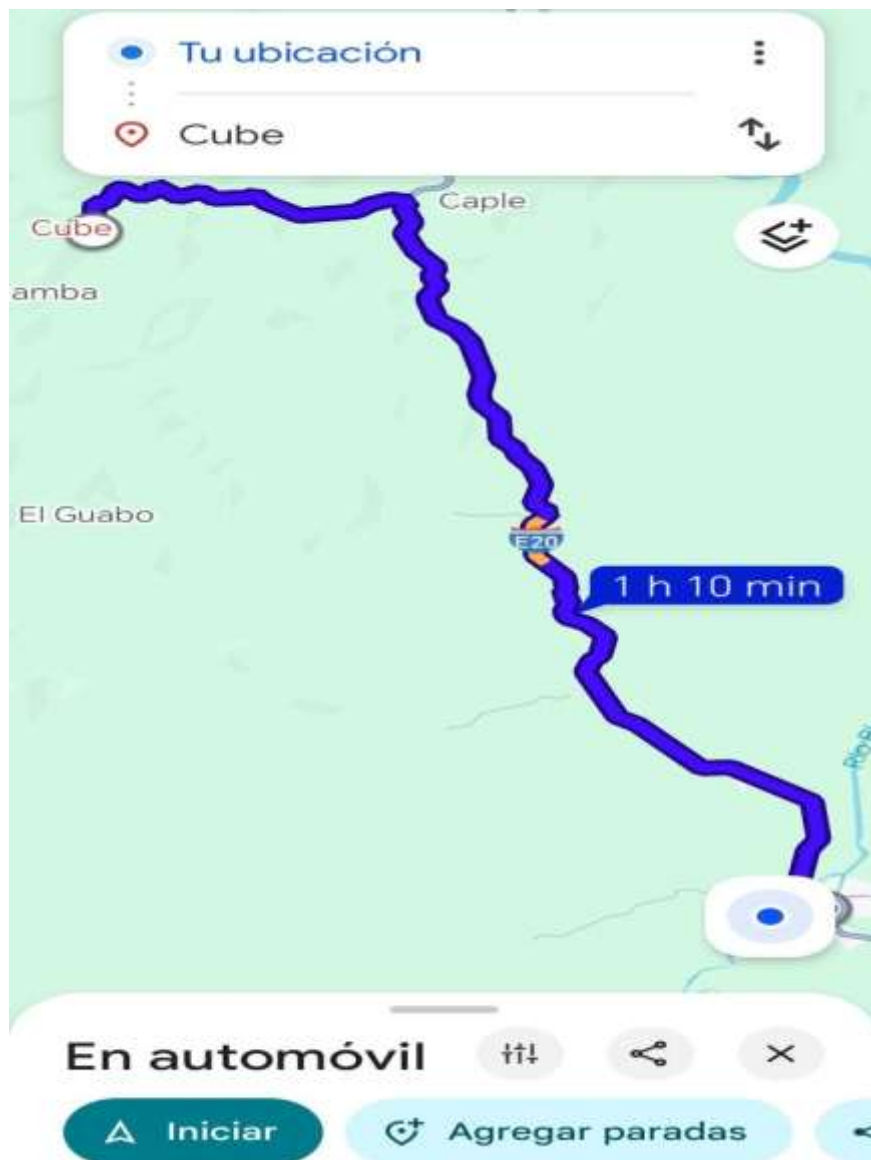


Figura 1: Recorrido vehicular del sector MoDFocEC9u8HRx967. Google Maps. La figura presenta un trayecto empleado durante el levantamiento inicial de información y permitió identificar distancia total y tiempo estimado de desplazamiento como variables base para el análisis operativo.



Figura 2: Recorrido vehicular hacia el sector El Duana

Corresponde a una ruta de tránsito frecuente dentro de la operación de la empresa y fue utilizada como referencia en el diagnóstico de trayectos de mediana distancia.

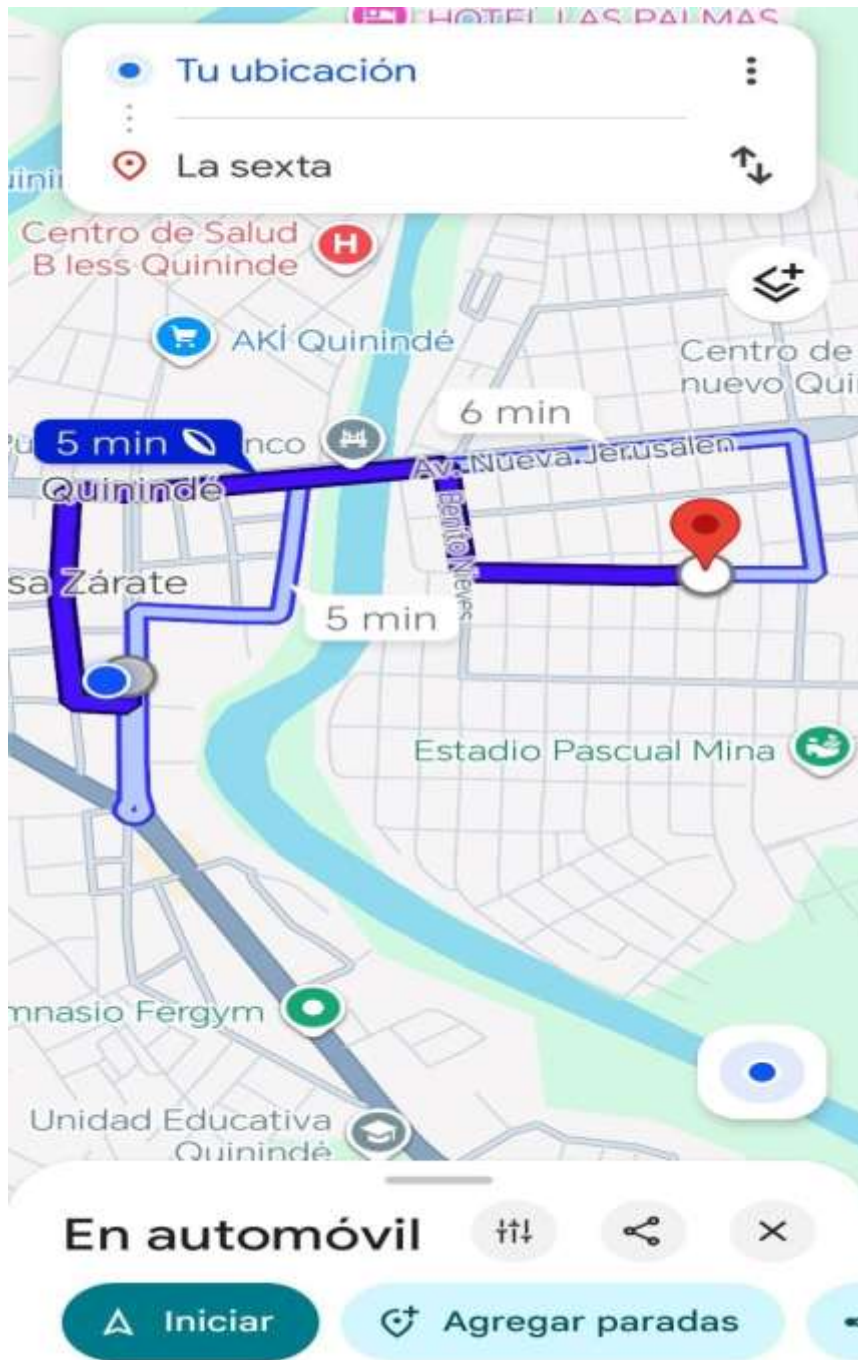


Figura 3: Recorrido vehicular hacia el sector Cube

El trayecto incluye condiciones mixtas de vía y permitió observar la relación entre entorno operativo, tiempo de desplazamiento y consumo estimado de diésel.

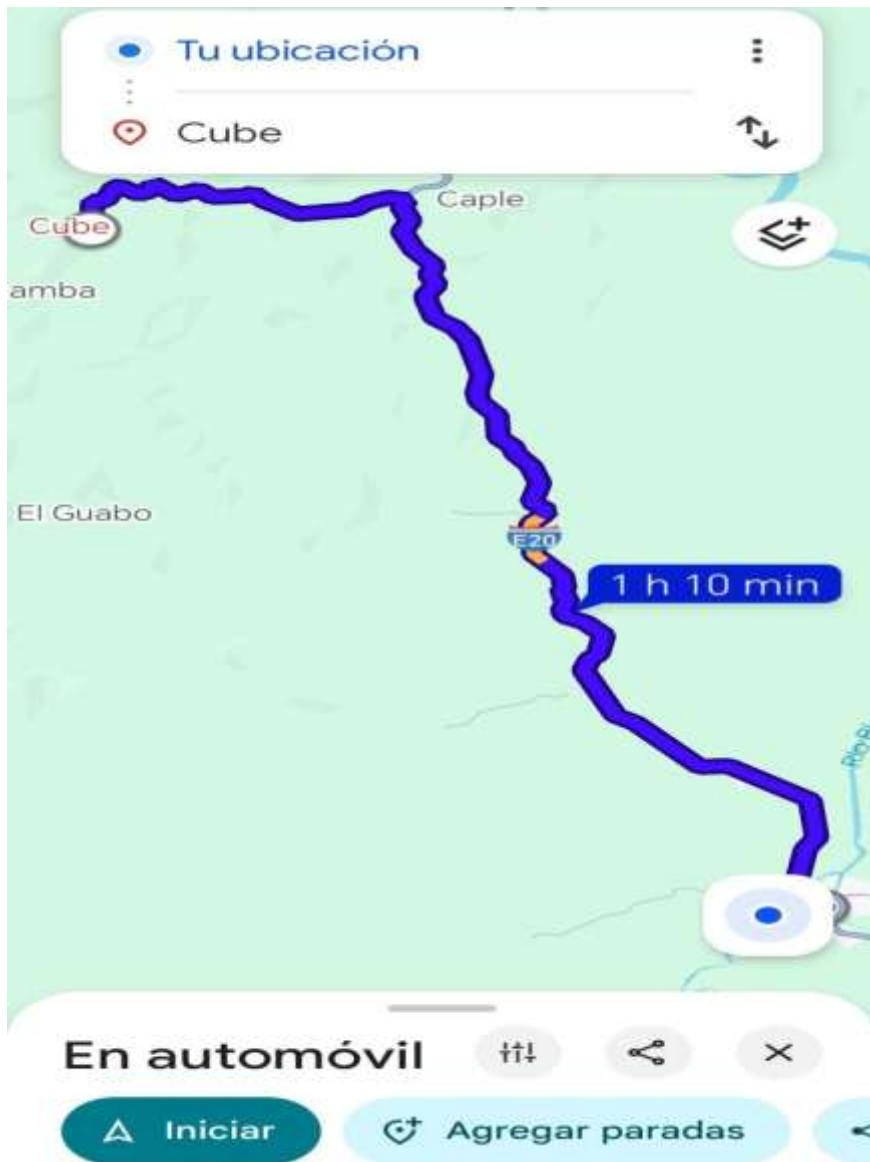


Figura 4: Recorrido vehicular registrado en Google Maps

La figura documenta un recorrido utilizado para verificar la coherencia entre origen, destino, distancia y tiempo estimado.

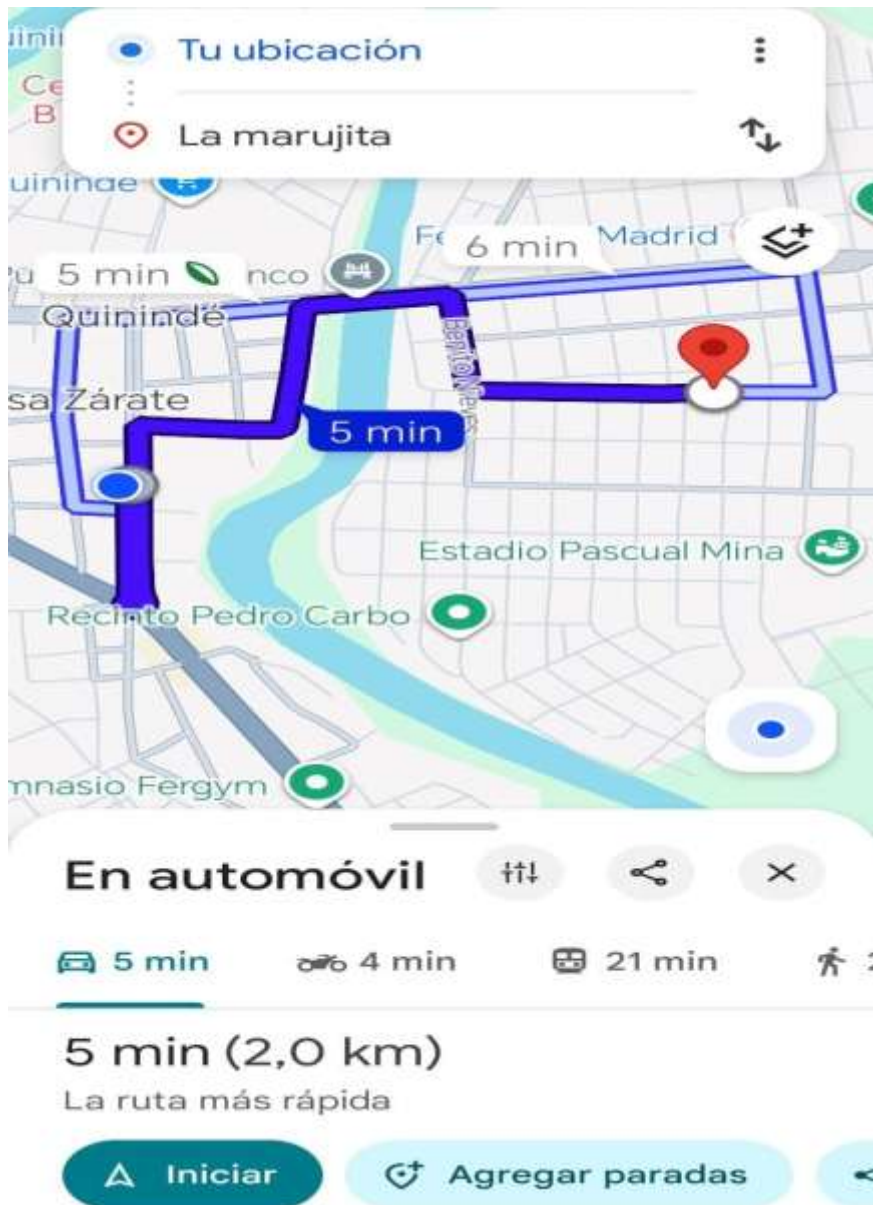


Figura 5: Recorrido vehicular registrado mediante geolocalización

El trayecto fue empleado para contrastar distancia, tiempo y consumo estimado frente a otros recorridos analizados.

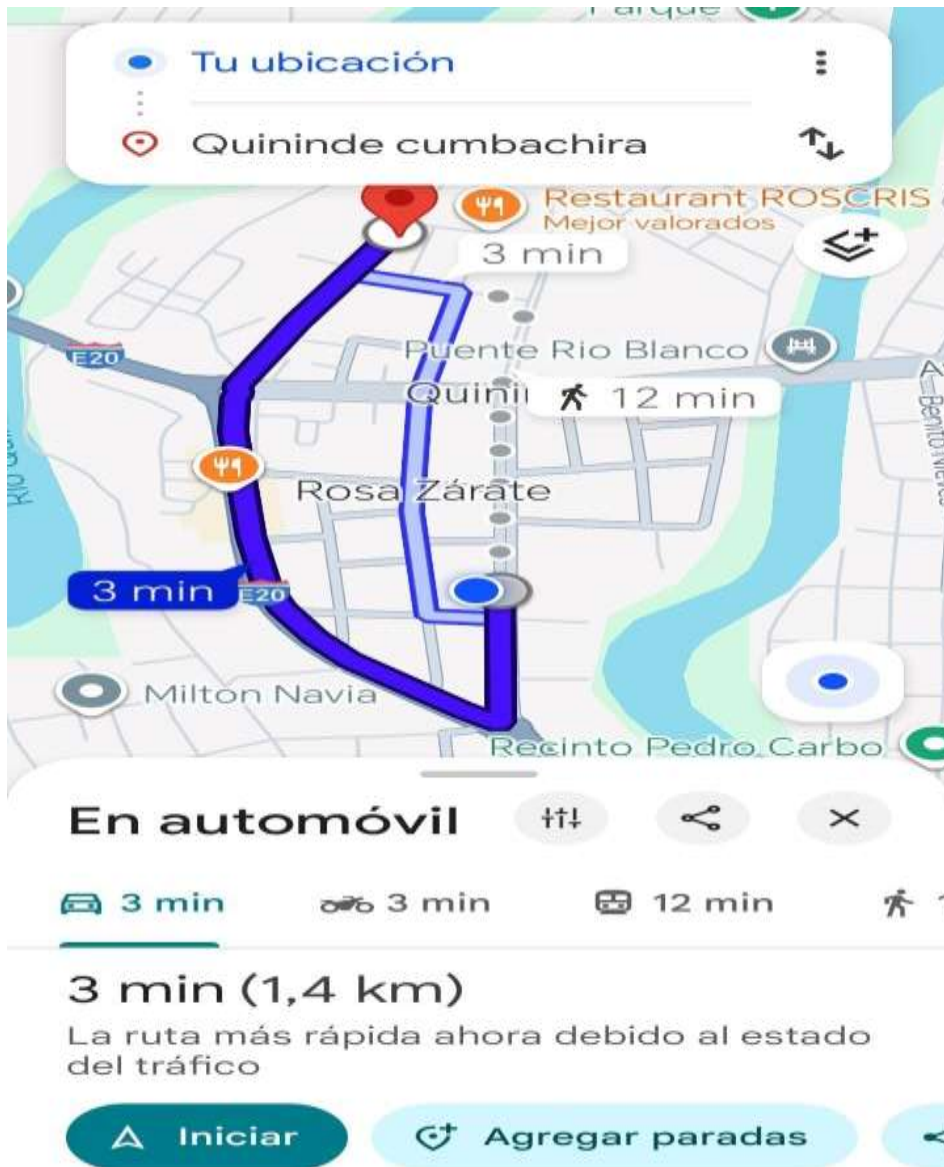


Figura 6: Recorrido vehicular hacia el sector Cumbachira

La figura muestra un recorrido corto utilizado como referencia de trayectos urbanos de baja longitud y permitió comparar el comportamiento del sistema en distancias reducidas.

LOGISTICA	
CUMANCHE	\$15,00
SAN RAMON	\$12,00
SAN PABLO	\$20,00
SAN ROQUE	\$15,00
LA COMUNA	\$5,00
LA PIMIENTA	\$12,00
EL DUANA	\$ 25,00
LA QUINTA	\$ 25,00
LA SEXTA	\$30,00
GOLONDRINAS	\$15,00
SANTA ELVIRA	\$20,00
EL MIRADOR	\$35,00
LA JUANITA	\$35,00
VICHE	\$60,00
SADE	\$50,00
CUBE	\$ 50,00
Y DE LA LAGUNA	\$ 25,00
HERRERA	\$ 12,00
200	\$ 10,00
PUEBLO NUEVO	\$ 15,00
LA MARUJITA	\$ 35,00
VELEZ TAPAJE	\$ 20,00
5 DE AGOSTO	\$ 40,00
UNION MANABITA	\$ 12,00
CUMBANCHIRA	\$ 15,00
ZAPOTAL BAJO	\$ 40,00
SAN CARLOS	\$ 40,00
BRAZO LARGO	\$ 30,00
EL BOTADO	\$ 40,00
CHURA	\$ 30,00
SAN ANTONIO MALIMPIA	\$ 25,00
SABALITO	\$ 25,00

Figura 7: Tarifario de costos logísticos por sector

El tarifario permitió identificar la forma en que la empresa relacionaba previamente los sectores de reparto con costos operativos, sin una integración directa con distancia, tiempo y consumo estimado de diésel.



Figura 8: Proceso de carga de materiales en el vehículo operativo

La figura evidencia la preparación de la unidad antes del desplazamiento y confirma que la condición de carga constituye una variable relevante para el análisis operativo.



Figura 9: Descarga de materiales en punto de entrega

La imagen muestra la etapa final del recorrido y permitió considerar el tiempo operativo asociado al despacho y entrega de materiales.

## **5.2. Determinación de parámetros para el plan de eficiencia del combustible**

Una vez establecido el diagnóstico inicial, se definieron los parámetros necesarios para estructurar el plan de eficiencia del combustible. Esta etapa permitió traducir el problema operativo en variables técnicas observables y medibles, de modo que el sistema web pudiera procesar la información de manera útil para el análisis.

Los parámetros definidos respondieron a la lógica del estudio y a las condiciones reales de operación de la empresa. Se consideraron la distancia recorrida, el tiempo de desplazamiento, el tipo de ruta, las condiciones de la vía, la naturaleza de la carga, la categoría del vehículo, el rendimiento de referencia y el consumo estimado de diésel. La selección de estos elementos fue coherente con la literatura revisada, en la que se reconoce que el comportamiento del consumo depende de factores espaciales, temporales y operativos, y no únicamente de la longitud del trayecto (Sarker et al., 2020; Lin et al., 2020).

La distancia recorrida se definió como la variable principal para el cálculo del consumo estimado. El tiempo de desplazamiento se incorporó como variable de contextualización operativa, ya que permite interpretar diferencias entre trayectos con longitudes similares pero con comportamientos distintos de circulación. Asimismo, el tipo de ruta y las condiciones de la vía fueron considerados como variables explicativas de variación, especialmente en tramos urbanos, rurales y con pendientes.

El consumo de diésel se trató metodológicamente como consumo estimado por trayecto. Esto significa que no se trabajó con medición física directa del combustible, sino con una estimación técnica derivada de la relación entre distancia recorrida y rendimiento de referencia del vehículo. Esta decisión fue coherente con el alcance del estudio y con la metodología previamente establecida.

La relación básica de cálculo utilizada fue la siguiente:

**Consumo estimado** = Distancia recorrida / Rendimiento de referencia del vehículo

Cuando se requirió estimar el costo operativo del trayecto, se utilizó además la relación entre consumo estimado y precio unitario del diésel. Esta formulación permitió mantener coherencia entre el análisis energético y la valoración económica del recorrido.

Tabla 15: Parámetros definidos para el plan de eficiencia del combustible

<b>Parámetro</b>	<b>Descripción operativa</b>	<b>Utilidad analítica</b>
Distancia recorrida	Longitud total del trayecto	Base para estimar consumo
Tiempo de desplazamiento	Duración total del recorrido	Contextualiza el comportamiento operativo
Tipo de ruta	Urbana, rural o mixta	Permite comparar condiciones de circulación
Condición de la vía	Pavimentada, no pavimentada, con pendientes o mixta	Explica variaciones de desempeño
Condición de carga	Presencia y naturaleza de materiales transportados	Relaciona operación logística y rendimiento
Categoría de vehículo	Tipo de unidad utilizada	Permite ajustar el análisis al desempeño esperado
Rendimiento de referencia	Relación técnica distancia–consumo	Parámetro de cálculo del consumo estimado
Consumo estimado de diésel	Gasto aproximado del trayecto	Indicador central del análisis
Costo operativo estimado	Valor económico asociado al recorrido	Relaciona eficiencia energética y gestión logística

*Nota.* Elaboración propia.

La determinación de estos parámetros permitió establecer una estructura coherente para el análisis comparativo de rutas. También hizo posible que el sistema web no se limitara a registrar trayectos, sino que procesara información relevante para la toma de decisiones.

### 5.3. Selección de la infraestructura geoespacial y criterios técnicos de la solución

Esta sección responde al segundo objetivo específico y presenta los criterios utilizados para definir la infraestructura geoespacial y tecnológica de la solución. La selección de la infraestructura no se limitó a la consulta de un servicio cartográfico, sino que implicó decidir qué herramientas serían utilizadas para levantamiento, contraste, visualización, almacenamiento y procesamiento de la información.

En la etapa de levantamiento y contraste de rutas se empleó Google Maps como fuente de apoyo para identificar recorridos, distancias y tiempos estimados de desplazamiento.

Esta herramienta resultó útil por su disponibilidad, claridad visual y capacidad de representar rutas reales bajo condiciones operativas accesibles para la empresa.

Sin embargo, para la solución web desarrollada se definió una infraestructura tecnológica más amplia. La visualización cartográfica se estructuró mediante Leaflet y OpenStreetMap, mientras que la lógica de procesamiento se apoyó en Node.js y Express, y el almacenamiento de datos se realizó mediante PostgreSQL. Esta combinación permitió separar con claridad la función de levantamiento y contraste de rutas de la función propia del sistema web.

Los criterios técnicos considerados fueron la disponibilidad de información geoespacial, la facilidad de integración con una solución web, la posibilidad de registrar y consultar rutas, la organización de datos históricos y la capacidad de soportar módulos funcionales para gestión de recorridos y consumo estimado. Desde la perspectiva de los sistemas de información, esta decisión se alinea con el planteamiento de Laudon y Laudon (2020), quienes destacan que la automatización y organización de datos fortalecen la capacidad analítica de una solución tecnológica.

Tabla 16: Criterios técnicos de la infraestructura seleccionada

<b>Componente</b>	<b>Función dentro del proyecto</b>	<b>Criterio de selección</b>
Google Maps	Levantamiento y contraste de rutas	Claridad visual, disponibilidad y referencia operativa
Leaflet	Visualización cartográfica en la solución web	Integración con entorno web y flexibilidad de representación

OpenStreetMap	Soporte cartográfico	Acceso abierto y compatibilidad con Leaflet
Node.js y Express	Lógica de procesamiento	Organización de módulos y manejo de flujo de datos
PostgreSQL	Almacenamiento estructurado	Persistencia, organización y consulta de información
HTML, CSS y JavaScript	Interfaz del sistema	Construcción de entorno de interacción y consulta

*Nota.* Elaboración propia.

La selección de esta infraestructura permitió resolver una de las contradicciones más importantes del manuscrito original: diferenciar claramente entre la fuente auxiliar de rutas empleada para el levantamiento y la solución tecnológica desarrollada para el registro, procesamiento y comparación de información operativa.

**Figuras asociadas a la selección geoespacial y diversidad de trayectos**





Figura 11: Recorrido vehicular hacia el sector Las Palmas

El trayecto permitió contrastar el tiempo estimado de desplazamiento y reforzó el análisis comparativo entre rutas operativas.



Figura 12: Recorrido vehicular hacia el sector Las Maravillas

La figura se incorporó al análisis por tratarse de una ruta útil para observar variaciones de consumo asociadas al terreno y al tiempo de recorrido.



Figura 13: Recorrido vehicular hacia el sector Balcón del Gallero

El recorrido permitió identificar la relevancia del desnivel y de las pendientes sobre el comportamiento operativo del trayecto.



Figura 14: Recorrido vehicular hacia el sector Tras del Estadio

Se trata de un recorrido urbano que aportó evidencia para el análisis de trayectos con paradas frecuentes y tiempos operativos de corta duración.



Figura 15: Recorrido vehicular por la vía Santo Domingo

La figura representa un trayecto de vía principal útil para contrastar el comportamiento operativo de rutas con mayor continuidad de circulación.

#### **5.4. Diseño y desarrollo de la solución tecnológica**

Esta sección responde al tercer objetivo específico y presenta el diseño y desarrollo de la solución web propuesta. Aquí se separa con claridad la explicación de la solución tecnológica de la exposición de resultados, evitando la mezcla entre propuesta conceptual, ejemplo didáctico y evidencia empírica que presentaba el manuscrito original.

##### ***5.4.1. Arquitectura general de la solución***

La solución tecnológica se estructuró como un sistema web de rastreo vehicular orientado al registro, almacenamiento, consulta y comparación de recorridos. La arquitectura general integró una capa de interfaz, una capa de procesamiento y una capa de almacenamiento de datos.

La interfaz fue concebida para permitir el registro y consulta de vehículos y recorridos, así como la visualización cartográfica y la comparación entre trayectos. La capa de

procesamiento se diseñó para ejecutar la lógica de negocio del sistema, organizar los datos de entrada y producir salidas analíticas útiles para el usuario. La capa de almacenamiento se destinó a conservar la información operativa de manera estructurada, garantizando su posterior consulta y comparación.

Desde una perspectiva funcional, la arquitectura respondió a la necesidad de transformar datos de ubicación y recorrido en información organizada para la gestión vehicular. Esta lógica es coherente con la concepción de los sistemas de información como herramientas destinadas a capturar, procesar, almacenar y comunicar datos útiles para la toma de decisiones (Laudon & Laudon, 2020).

Tabla 17: Arquitectura general de la solución tecnológica

<b>Capa del sistema</b>	<b>Función principal</b>	<b>Componentes asociados</b>
Interfaz	Ingreso, consulta y visualización de información	HTML, CSS, JavaScript, Leaflet
Procesamiento	Lógica de negocio y cálculo de resultados	Node.js, Express
Almacenamiento	Registro estructurado de datos	PostgreSQL
Soporte cartográfico	Representación espacial de recorridos	OpenStreetMap y Google Maps como apoyo de contraste

*Nota.* Elaboración propia.

#### **5.4.2. Flujo de información**

El flujo de información del sistema se estructuró de forma secuencial. El proceso inicia con el ingreso o selección de datos relacionados con el vehículo y el recorrido.

Posteriormente, el sistema organiza la información espacial y operativa, procesa la distancia y el tiempo del trayecto y ejecuta el cálculo del consumo estimado.

Finalmente, los resultados son almacenados y presentados en forma de consultas, comparaciones y reportes operativos.

Este flujo permite comprender que la solución no opera como una simple visualización de mapas, sino como un sistema que transforma datos de entrada en información

analizable. En términos funcionales, el sistema convierte un recorrido en una unidad de análisis operativa, asociada a distancia, tiempo, consumo estimado y comparación con otras alternativas de trayecto.

Tabla 18: Flujo de información del sistema

<b>Etapa</b>	<b>Entrada</b>	<b>Proceso</b>	<b>Salida</b>
Registro	Datos de vehículo y recorrido	Organización de información inicial	Datos de operación estructurados
Procesamiento	Distancia y tiempo del trayecto	Cálculo y relación de variables	Consumo estimado y datos comparables
Almacenamiento	Información procesada	Registro en base de datos	Histórico de recorridos
Consulta y análisis	Datos almacenados	Comparación y visualización	Reportes y apoyo a decisiones

*Nota.* Elaboración propia.

### **5.4.3. Módulos funcionales**

La solución tecnológica incorporó módulos funcionales orientados a cubrir las necesidades identificadas en el diagnóstico. El primer módulo corresponde al registro de vehículos, mediante el cual se organiza la información básica de las unidades utilizadas en la operación. El segundo módulo corresponde al registro de recorridos, destinado a almacenar la información de trayectos y asociarla a variables operativas.

El tercer módulo corresponde a la comparación de rutas, función clave dentro del estudio, ya que permite contrastar trayectos alternativos en función de distancia, tiempo y consumo estimado. El cuarto módulo se relaciona con el cálculo del consumo estimado de diésel, que constituye uno de los resultados analíticos centrales de la solución. Finalmente, el sistema integra un módulo de consulta y visualización, orientado a facilitar la revisión y uso de la información generada.

Tabla 19: Módulos funcionales de la solución tecnológica

<b>Módulo</b>	<b>Función</b>	<b>Resultado operativo</b>
Registro de vehículos	Organiza información básica de unidades	Identificación estructurada de la flota
Registro de recorridos	Almacena trayectos y datos operativos	Historial de rutas y trazabilidad
Comparación de rutas	Contrasta trayectos alternativos	Apoyo a la selección de recorridos
Cálculo de consumo estimado	Procesa distancia y rendimiento de referencia	Estimación técnica por trayecto
Consulta y visualización	Presenta la información al usuario	Acceso ordenado a datos operativos

*Nota.* Elaboración propia.

#### **5.4.4. Evidencia de implementación**

La evidencia de implementación de la solución tecnológica se sustenta en la demostración funcional del sistema y en la consistencia entre la arquitectura diseñada y el comportamiento esperado de sus módulos. El sistema permitió registrar vehículos, almacenar recorridos, consultar información, comparar trayectos y calcular el consumo estimado de diésel por ruta.

En términos funcionales, se comprobó que la solución organiza la información operativa en un entorno único de consulta, superando la dispersión propia de los registros manuales. De esta forma, el valor del sistema no reside únicamente en mostrar un trayecto, sino en convertir el recorrido en una unidad de análisis técnico y operativo.

La evidencia empírica del proyecto en esta sección debe centrarse en el funcionamiento del sistema y no en ejemplos exploratorios externos al contexto empresarial. Por ello, la implementación se entiende como el proceso mediante el cual la solución tecnológica logra organizar y procesar la información real de la empresa, articulando datos geoespaciales, registros de recorridos y consumo estimado de diésel.

## 5.5. Evaluación del desempeño de la solución tecnológica

La evaluación del desempeño se orientó a examinar si la solución tecnológica cumplía con la función prevista en el estudio: registrar, organizar, comparar y procesar información útil para el análisis del consumo estimado de diésel. La evaluación no se planteó como una verificación exclusivamente informática, sino como un análisis del comportamiento de la solución en relación con la necesidad operativa de la empresa.

### 5.5.1. Indicadores de desempeño

Para evaluar el desempeño de la solución se consideraron indicadores funcionales y operativos. Entre los indicadores funcionales se incluyeron la capacidad de registrar vehículos, almacenar recorridos, consultar información y comparar rutas. Entre los indicadores operativos se incluyeron la obtención de distancia, tiempo estimado de desplazamiento, cálculo de consumo estimado y posibilidad de distinguir trayectos más convenientes.

Estos indicadores permitieron verificar que el sistema no se limitaba a replicar la información del mapa, sino que aportaba una estructura analítica para el estudio de los recorridos. En este sentido, la solución tecnológica respondió a la necesidad de convertir datos dispersos en información organizada y comparable.

Tabla 20: Indicadores de desempeño de la solución tecnológica

<b>Indicador</b>	<b>Evidencia de desempeño</b>	<b>Interpretación</b>
Registro de vehículos	La información básica puede organizarse y consultarse	Facilita la identificación de unidades
Registro de recorridos	Los trayectos se almacenan de forma estructurada	Permite construir histórico operativo
Distancia del trayecto	El sistema organiza la métrica del recorrido	Favorece el análisis espacial
Tiempo estimado de desplazamiento	El sistema integra el dato temporal del recorrido	Permite contextualizar la eficiencia
Consumo estimado por trayecto	Se calcula con base en distancia y rendimiento de referencia	Apoya el análisis energético

Comparación entre rutas	Se contrastan trayectos alternativos	Facilita la selección operativa
-------------------------	--------------------------------------	---------------------------------

*Nota.* Elaboración propia.

### **5.5.2. Identificación de patrones de consumo**

El análisis de los recorridos permitió identificar patrones de comportamiento asociados a distintos tipos de trayecto. En las rutas urbanas de corta distancia se observó una mayor relevancia de las paradas frecuentes y del tiempo de desplazamiento relativo. En los recorridos rurales y en trayectos con superficie menos favorable se identificó una mayor incidencia del contexto vial sobre el desempeño esperado del vehículo. En rutas con pendientes y desniveles se evidenció la necesidad de interpretar el consumo estimado junto con las condiciones del terreno. En vías principales, por el contrario, la continuidad del trayecto resultó útil para analizar desplazamientos más estables. Estos patrones coinciden con la literatura que reconoce que el consumo de combustible depende de la interacción entre distancia, tiempo, tipo de vía, tráfico y comportamiento operativo (Sarker et al., 2020; Lin et al., 2020). Por ello, la solución tecnológica mostró utilidad no solo para medir trayectos, sino para interpretar de manera comparativa sus condiciones de operación.

Tabla 21: Patrones operativos identificados en el análisis de recorridos

<b>Tipo de recorrido</b>	<b>Característica predominante</b>	<b>Implicación para el consumo estimado</b>
Urbano de corta distancia	Paradas frecuentes y variación temporal	El tiempo adquiere mayor relevancia relativa
Urbano de alta frecuencia	Repetición de trayectos	Útil para construir referencias operativas
Ruta principal	Mayor continuidad de circulación	Permite contrastar trayectos más estables
Ruta con pendientes	Desnivel y exigencia operativa	Requiere interpretar la distancia junto con el terreno

Ruta rural	Vías no asfaltadas o mixtas	Incrementa la relevancia de las condiciones de vía
Ruta mixta	Cambios de entorno urbano y rural	Favorece el análisis comparativo de condiciones

*Nota.* Elaboración propia.

**Figuras asociadas a la evaluación del desempeño y patrones operativos**



Figura 16: Recorrido vehicular hacia el sector Rogelio Sánchez

El trayecto se utilizó para verificar la continuidad del monitoreo operativo dentro de recorridos de distribución de la empresa.



Figura 17: Recorrido vehicular en el barrio El Cisne

La figura representa recorridos urbanos de corta distancia y alta frecuencia operativa, útiles para analizar patrones repetitivos de distribución.



Figura 18: Recorrido vehicular hacia el recinto Quispe

El trayecto aportó evidencia para el análisis de consumo estimado de diésel en zonas rurales.



Figura 19: Vehículo operativo durante recorrido hacia el recinto Unión Manabita

La imagen muestra una unidad de carga en contexto real de operación y refuerza el análisis de trayectos con condiciones de vía menos favorables.



Figura 20: Recorrido vehicular hacia el recinto Unión Manabita

El trayecto fue empleado para analizar rutas de mayor extensión y tiempos prolongados de desplazamiento.



Figura 21: Recorrido vehicular por el sector Calvario vía Zazara

La ruta presenta condiciones mixtas y se utilizó para valorar el comportamiento operativo en trayectos de transición.



Figura 22: Recorrido vehicular hacia la bajada al río Cube

La figura permitió considerar el efecto de pendientes pronunciadas en la interpretación del recorrido.



Figura 23: Recorrido vehicular por la vía al recinto El Perú

El trayecto complementó la validación del sistema en escenarios diversos de distribución.

### ***5.5.3. Plan de optimización del uso de combustible***

Con base en el diagnóstico inicial, los parámetros operativos definidos y los patrones identificados durante las pruebas funcionales del sistema web, se elaboró un plan de optimización del uso de combustible orientado a transformar los hallazgos del análisis en acciones operativas aplicables dentro de la Distribuidora Ferretería Ludeña.

El plan se fundamenta en la selección de rutas convenientes, la organización del historial de recorridos, la revisión periódica de trayectos frecuentes, la consideración del contexto de vía y la utilización de los reportes generados por el sistema como soporte para la toma de decisiones. De igual manera, incorpora la necesidad de revisar la asignación de vehículos según el tipo de recorrido y la condición operativa del despacho.

Tabla 22: Plan de optimización del uso de combustible

<b>Acción propuesta</b>	<b>Finalidad</b>	<b>Indicador de seguimiento</b>
-------------------------	------------------	---------------------------------

Revisar recorridos frecuentes	Identificar rutas operativamente convenientes	Comparación entre trayectos repetidos
Organizar histórico de rutas	Sustentar decisiones con información acumulada	Número de recorridos registrados
Relacionar trayecto y contexto vial	Evitar análisis aislado de distancia	Tipo de ruta y condición de vía
Utilizar el sistema en la planificación	Mejorar la asignación de recorridos	Consulta previa de distancia y tiempo
Revisar asignación de unidades	Adecuar vehículo al contexto operativo	Relación vehículo–trayecto
Analizar recorridos con mayor exigencia	Detectar rutas de mayor impacto operativo	Trayectos rurales, con pendiente o alta duración

*Nota.* El plan se formuló a partir de los resultados obtenidos durante el análisis de recorridos reales y de las capacidades funcionales del sistema web desarrollado.

El plan no plantea acciones ajenas al alcance del estudio, sino medidas directamente vinculadas con la información generada por la solución tecnológica. En consecuencia, constituye una propuesta operativa coherente con la evidencia obtenida y con la capacidad real del sistema para registrar, comparar y procesar recorridos.

### **5.6. Comparación antes y después de la implementación**

La comparación entre la situación previa y posterior al uso del sistema permitió valorar el cambio en la gestión de la información operativa. Antes de la implementación, la empresa dependía de referencias generales, experiencia del conductor, tarifarios y controles manuales. Después del uso del sistema web, la información pudo organizarse por trayecto, distancia, tiempo estimado y consumo estimado de diésel.

La principal diferencia entre ambos escenarios no radica únicamente en la disponibilidad de datos, sino en la posibilidad de convertirlos en información útil para la

toma de decisiones. Antes del sistema, la empresa no contaba con una estructura técnica que permitiera relacionar de forma ordenada las variables del recorrido. Después del sistema, la información operativa pudo analizarse con criterios más claros, comparar rutas alternativas y sostener de mejor manera la planificación del transporte.

Tabla 23: Comparación operativa antes y después del uso del sistema

<b>Aspecto</b>	<b>Situación previa</b>	<b>Situación posterior</b>
Registro de recorridos	Manual o empírico	Organizado mediante sistema
Información de tiempo	Aproximada	Asociada al trayecto
Información de distancia	General o estimada	Disponible por ruta
Relación consumo–trayecto	Débil	Estructurada mediante consumo estimado
Comparación entre rutas	Limitada	Posible y analizable
Historial de información	Disperso	Almacenable y consultable
Apoyo a decisiones	Basado en experiencia	Basado en información organizada

*Nota.* La comparación evidencia el cambio entre una gestión apoyada en criterios empíricos y una gestión respaldada por información estructurada a partir de la solución tecnológica.

### ***5.6.1. Resultados cuantitativos por recorrido***

Con el propósito de respaldar empíricamente la funcionalidad del sistema, se analizaron recorridos reales de distribución procesados durante las pruebas funcionales del sistema web. Los valores de distancia y tiempo corresponden a trayectos obtenidos y validados mediante la infraestructura geoespacial utilizada en el proyecto, mientras que el consumo paramétrico de diésel fue calculado automáticamente por el sistema a partir del rendimiento de referencia del vehículo de carga pesada, establecido en 15 km/galón. Los datos presentados en la siguiente tabla constituyen salidas directas del sistema web durante la fase de pruebas funcionales y evidencian la capacidad de la solución

tecnológica para transformar datos geoespaciales en métricas operativas útiles para la empresa.

Tabla 24: Resultados del procesamiento algorítmico por recorrido

<b>Sector de destino</b>	<b>Distancia validada (km)</b>	<b>Tiempo de desplazamiento (min)</b>	<b>Tipo de vía</b>	<b>Consumo paramétrico calculado (gal)</b>
Cumbachira	1.4	5	Urbana corta	0.09
El Duana	12.5	25	Periurbana	0.83
Cube	45.0	65	Rural mixta	3.00
Vía Santo Domingo	90.0	110	Provincial principal	6.00

*Nota.* Los valores de consumo paramétrico fueron generados por el sistema web mediante la relación entre distancia validada y rendimiento de referencia de 15 km/galón para camión de 5 toneladas.

Los resultados muestran un comportamiento coherente entre la longitud del trayecto y el consumo calculado por el algoritmo. En recorridos de corta distancia, como Cumbachira, el consumo paramétrico es reducido, mientras que en trayectos provinciales extensos, como la vía Santo Domingo, el sistema registra un incremento proporcional del consumo. Esta capacidad de cálculo automático confirma la utilidad del sistema para convertir recorridos reales en información cuantificable para la gestión operativa.

### ***5.6.2. Análisis comparativo de ahorro por optimización de ruta***

Además del cálculo individual por trayecto, el sistema permitió contrastar rutas empíricas frente a rutas optimizadas para un mismo destino. Esta comparación constituye una de las funciones más relevantes de la solución tecnológica, ya que permite identificar kilómetros muertos, trayectos menos convenientes y oportunidades directas de ahorro de diésel.

Los datos siguientes corresponden a pruebas de comparación ejecutadas mediante el módulo de análisis de rutas del sistema. En todos los casos se trabajó con el mismo rendimiento de referencia, por lo que la diferencia de consumo se explica por la reducción de distancia conseguida mediante la selección del trayecto más conveniente.

Tabla 25: Análisis comparativo de ahorro de diésel por optimización de ruta

<b>Destino de distribución</b>	<b>Distancia ruta empírica (km)</b>	<b>Distancia ruta optimizada (km)</b>	<b>Ahorro en distancia (km)</b>	<b>Ahorro proyectado de diésel (gal)</b>
Recinto Quispe	38.5	34.0	4.5	0.30
Las Maravillas	22.0	18.5	3.5	0.23
Balcón del Gallero	15.0	13.5	1.5	0.10

*Nota.* El ahorro proyectado de diésel se calculó a partir de la reducción de kilómetros entre la ruta empírica y la ruta optimizada, utilizando un rendimiento de referencia de 15 km/galón.

La comparación evidencia que la optimización de rutas no constituye una mejora meramente descriptiva, sino un resultado operativo cuantificable. En los tres casos analizados se observó una disminución de la distancia recorrida y, en consecuencia, una reducción proporcional del consumo de diésel. Este hallazgo confirma que la comparación entre rutas permite generar decisiones más eficientes antes de ejecutar el despacho.

### **5.6.3. Resumen estadístico del sistema durante las pruebas funcionales**

Con el fin de consolidar el comportamiento global de la solución tecnológica, se elaboró un resumen estadístico a partir de los recorridos procesados durante las pruebas funcionales. Este resumen permite observar los rangos de operación del sistema y sintetizar el desempeño de las variables centrales del estudio.

Tabla 26: Resumen estadístico del sistema web durante las pruebas funcionales

<b>Indicador de gestión logística</b>	<b>Mínimo registrado</b>	<b>Máximo registrado</b>	<b>Promedio operativo</b>	<b>Interpretación</b>
Distancia procesada por recorrido (km)	1.4	90.0	37.23	El sistema procesó trayectos de corta, mediana y larga distancia
Tiempo de desplazamiento (min)	5	110	51.25	El sistema registró recorridos con diferente complejidad operativa
Consumo paramétrico estimado (gal)	0.09	6.00	2.48	El sistema generó cálculos consistentes y comparables por trayecto
Ahorro por optimización de ruta (gal)	0.10	0.30	0.21	La comparación de rutas permitió identificar reducción directa de consumo

*Nota.* El resumen estadístico se obtuvo a partir de los recorridos procesados y de las comparaciones de rutas realizadas durante las pruebas funcionales del sistema.

La síntesis estadística demuestra que el sistema opera de manera consistente en trayectos de diferente naturaleza y que la comparación de rutas genera información concreta sobre ahorro potencial de diésel. En este sentido, la evidencia cuantitativa fortalece la validez operativa de la solución tecnológica y complementa el análisis cualitativo desarrollado en las secciones anteriores.

## **5.7. Discusión de resultados**

La discusión de resultados permite contrastar los hallazgos del presente trabajo de titulación con los objetivos planteados en el Capítulo II y con los aportes teóricos revisados en el Capítulo III. Este análisis resulta fundamental para determinar si el sistema web de rastreo vehicular cumple con su propósito de monitorear y optimizar el consumo de diésel en el contexto de una empresa real.

### ***5.7.1. Relación con los objetivos específicos***

En relación con el objetivo específico 1, los resultados demuestran que fue posible identificar los parámetros operativos y de consumo necesarios para estructurar un plan de eficiencia del combustible. El diagnóstico inicial y las Tabla 14 y Tabla 15 evidencian que variables como distancia, tiempo de desplazamiento, tipo de ruta, condición de vía, tipo de vehículo y rendimiento de referencia son determinantes para el análisis del consumo de diésel y para la formulación de acciones de mejora.

Respecto del objetivo específico 2, la selección de la infraestructura geoespacial y tecnológica permitió diferenciar claramente entre la herramienta de apoyo para el levantamiento y contraste de rutas y la solución tecnológica desarrollada para el sistema. Esta precisión técnica se refleja en la capacidad del sistema para procesar recorridos reales, integrando datos geoespaciales y módulos funcionales orientados al análisis operativo, tal como se muestra en la Tabla 16.

En cuanto al objetivo específico 3, el desarrollo del sistema web permitió registrar recorridos, calcular distancias, estimar consumos y comparar rutas con base en parámetros técnicos definidos. Las Tabla 17, Tabla 18 y Tabla 18 muestran la arquitectura, el flujo de información y los módulos funcionales del sistema, mientras que la Tabla 24 evidencia que la solución tecnológica generó salidas cuantitativas coherentes a partir de recorridos reales procesados durante las pruebas funcionales.

En relación con el objetivo específico 4, la evaluación del desempeño del sistema mostró que la solución no solo organiza información, sino que produce indicadores útiles para la toma de decisiones. Las Tabla 20 y Tabla 21 evidencian la identificación de patrones operativos, la Tabla 22 presenta el plan de optimización formulado, y las Tabla 23, Tabla 25 y Tabla 26 confirman la mejora en la organización de la información, el ahorro por optimización de rutas y la síntesis cuantitativa del comportamiento del sistema.

### ***5.7.2. Relación con la fundamentación teórica***

Los resultados obtenidos guardan coherencia con la fundamentación teórica revisada en el Capítulo III. Faccio et al. (2019) sostienen que la gestión vehicular mejora cuando la organización dispone de herramientas que permiten relacionar trayecto, desempeño y consumo. En el presente estudio, esta relación se materializó en una solución web capaz de convertir recorridos reales en indicadores operativos y energéticos.

Del mismo modo, Sarker et al. (2020) señalan que el consumo de combustible depende de múltiples variables operativas y contextuales. Los resultados del estudio respaldan esta idea, ya que los recorridos analizados mostraron diferencias de distancia, tiempo y ahorro según el tipo de ruta, la continuidad del trayecto y las condiciones de operación. Los hallazgos también se relacionan con Lin et al. (2020), quienes destacan el valor del análisis geoespacial y de datos para mejorar la planificación de recorridos. En esta investigación, el sistema permitió comparar rutas y proyectar ahorros directos de diésel, reforzando el papel del análisis geoespacial dentro de la gestión del transporte.

Asimismo, la utilidad del sistema como herramienta de organización y apoyo a decisiones coincide con la visión de Laudon y Laudon (2020), quienes afirman que el valor de los sistemas de información reside en su capacidad para transformar datos operativos en insumos útiles para la gestión.

### ***5.7.3. Limitaciones del estudio***

El presente estudio presenta limitaciones que deben considerarse en la interpretación de los resultados. En primer lugar, el consumo de diésel fue tratado como consumo paramétrico estimado, calculado a partir de recorridos reales y del rendimiento de referencia del vehículo, y no como medición física directa del tanque. En segundo lugar, los resultados cuantitativos corresponden a pruebas funcionales del sistema dentro del alcance del proyecto, por lo que su ampliación futura dependerá de la continuidad del registro operativo y del crecimiento del historial de datos.

Estas limitaciones no invalidan la investigación, sino que delimitan su alcance y precisan el tipo de evidencia que el estudio aporta: organización operativa, trazabilidad de recorridos, estimación técnica del consumo y comparación entre rutas.

### ***5.7.4. Síntesis de resultados***

En síntesis, el sistema web de rastreo vehicular desarrollado permitió transformar datos reales de recorrido en información cuantitativa y cualitativa útil para la gestión de la

Distribuidora Ferretería Ludeña. La solución tecnológica hizo posible registrar recorridos, comparar trayectos, estimar consumo paramétrico de diésel y generar criterios objetivos para la planificación operativa.

La incorporación de los resultados cuantitativos fortalece la validez del capítulo, al demostrar que la solución tecnológica no se limita a una descripción conceptual, sino que produce salidas verificables durante las pruebas funcionales. En consecuencia, los resultados obtenidos confirman que el sistema propuesto constituye una herramienta aplicada y coherente con los objetivos de la investigación, capaz de aportar a la optimización del consumo de diésel y a la mejora de la gestión vehicular en el contexto empresarial estudiado

## **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

El presente capítulo expone las conclusiones y recomendaciones derivadas del desarrollo de la investigación y de la solución tecnológica aplicada en la Distribuidora Ferretería Ludeña. Las conclusiones se organizan en correspondencia con el objetivo general y los objetivos específicos del estudio, con el fin de mantener coherencia entre el problema de investigación, la metodología empleada y los resultados obtenidos. Las recomendaciones se formulan a partir de dichos hallazgos y se orientan al fortalecimiento gradual de la gestión vehicular y del análisis del consumo de diésel.

### **6.1. Conclusiones**

#### **Conclusión general**

El desarrollo de la investigación permitió diseñar y aplicar una solución tecnológica web orientada al registro, organización y análisis de recorridos vehiculares en la Distribuidora Ferretería Ludeña. A partir de esta solución fue posible disponer de información estructurada sobre distancia, tiempo de desplazamiento, comparación de rutas y consumo estimado de diésel por trayecto, lo que fortaleció el control operativo y aportó criterios técnicos para la toma de decisiones. Durante las pruebas funcionales, la plataforma permitió procesar recorridos reales, estimar consumos paramétricos de diésel y comparar rutas alternativas, generando información cuantificable para el análisis operativo. En consecuencia, se comprobó la viabilidad de la propuesta como herramienta de inteligencia de negocios para la gestión logística en el contexto real de la empresa.

### **Conclusión correspondiente al objetivo específico 1**

El diagnóstico inicial permitió determinar los parámetros operativos necesarios para estructurar un plan de eficiencia del combustible. Se evidenció que, antes del uso de la solución tecnológica, la empresa gestionaba sus recorridos y costos de transporte mediante referencias empíricas y tarifarios manuales no sistematizados, lo que dificultaba relacionar con precisión la distancia recorrida, el tiempo de desplazamiento y el gasto real de diésel. La identificación de esta asimetría de información permitió definir como parámetros centrales del análisis la distancia absoluta, el tiempo, el tipo de ruta, la condición de la vía, la categoría del vehículo de carga y su rendimiento de referencia.

### **Conclusión correspondiente al objetivo específico 2**

La evaluación de las fuentes geoespaciales y de los componentes tecnológicos permitió seleccionar una infraestructura adecuada para el propósito del estudio. El levantamiento y contraste de rutas mediante plataformas cartográficas (API), junto con la incorporación de una arquitectura web apoyada en componentes de visualización interactiva, procesamiento lógico en el servidor y almacenamiento estructurado en bases de datos relacionales, proporcionaron una base técnica rigurosa para registrar recorridos, comparar trayectos y organizar datos operativos de manera coherente con las necesidades de la empresa.

### **Conclusión correspondiente al objetivo específico 3**

Se logró diseñar y desarrollar una solución tecnológica web *Full-Stack* con módulos de registro de vehículos, registro de recorridos, comparación de rutas y cálculo paramétrico del consumo de diésel por trayecto. El aporte principal de esta fase consistió en transformar coordenadas geoespaciales en información financiera útil para la gestión. Asimismo, se estableció con claridad que el análisis del combustible se sustentó en una estimación algorítmica a partir de la distancia recorrida y del rendimiento mecánico del vehículo, demostrando que es posible optimizar la flota sin requerir la instalación de costosos sensores físicos de flujo en los tanques. Esta precisión permitió mantener coherencia entre el alcance real del proyecto, la viabilidad económica y la evidencia presentada.

### **Conclusión correspondiente al objetivo específico 4**

La evaluación del desempeño de la solución tecnológica evidenció que el sistema erradicó la latencia en el cálculo de fletes y mejoró la trazabilidad de la información operativa. La comparación algorítmica entre rutas permitió identificar trayectos más

convenientes, proyectando ahorros directos en el consumo de diésel al evitar kilómetros muertos. Asimismo, el reconocimiento de patrones asociados a rutas urbanas, rurales y mixtas reforzó la utilidad del sistema como apoyo a la toma de decisiones gerenciales. El resultado más sólido del estudio radica en la transformación de la gestión logística: se transitó de una planificación basada en la costumbre hacia una optimización fundamentada en datos exactos, permitiendo la formulación de un plan operativo de eficiencia de combustible.

## **6.2. Recomendaciones**

### **Recomendación general**

Se recomienda a la Distribuidora Ferretería Ludeña considerar una fase de uso piloto ampliado y controlado de la solución tecnológica desarrollada, con seguimiento técnico de sus resultados, antes de avanzar hacia una adopción operativa de mayor alcance. Este procedimiento permitiría consolidar el funcionamiento del sistema web con base en evidencia progresiva y mantener coherencia entre el nivel de validación alcanzado en el estudio y una eventual implementación institucional permanente.

### **Recomendación correspondiente al objetivo específico 1**

Se recomienda actualizar periódicamente los parámetros operativos de la flota en la base de datos, especialmente los relacionados con el rendimiento de referencia de cada camión o camioneta (km/galón), el tipo de ruta y las características de carga. La revisión sistemática de estos parámetros mecánicos permitirá garantizar la precisión a largo plazo del cálculo algorítmico del consumo de diésel y fortalecer el plan de eficiencia del combustible.

### **Recomendación correspondiente al objetivo específico 2**

Se sugiere mantener criterios técnicos uniformes para el levantamiento de recorridos, verificando de manera periódica la coherencia entre los trayectos utilizados por los conductores y la información geoespacial procesada por la API cartográfica. En caso de que la empresa decida ampliar el uso de la solución y el volumen de despachos incrementa, convendría evaluar la migración de la base de datos hacia servidores en la nube (*Cloud Computing*) para garantizar la estabilidad y disponibilidad ininterrumpida de la información.

### **Recomendación correspondiente al objetivo específico 3**

Se recomienda fortalecer la solución tecnológica mediante la creación de manuales de usuario, control de accesos por roles (despachador, gerencia) y rutinas de respaldo

automático de la información (*backups*). Si la empresa decide avanzar hacia una etapa de escalamiento comercial, sería pertinente desarrollar una implementación controlada que integre de manera más estable este sistema logístico con el *software* de facturación o contabilidad de la operación diaria.

#### **Recomendación correspondiente al objetivo específico 4**

Se aconseja aplicar de manera estricta el plan de optimización del uso del combustible, utilizando el panel de control (Dashboard) del sistema para pre-aprobar trayectos frecuentes, comparar rutas alternativas y mejorar la asignación de vehículos pesados o livianos según la exigencia del recorrido. Del mismo modo, conviene construir una base histórica de información a partir del uso sostenido del sistema, de modo que, en el futuro, la empresa cuente con la densidad de datos (Big Data) necesaria para implementar análisis predictivos sobre el desgaste de su flota.

## BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, J., & Ríos, P. (2020). Sistemas GPS aplicados a la gestión vehicular. *Revista Ciencia y Tecnología*, 13(2), 55–69.
- Berg Insight. (2024). *Fleet management and vehicle telematics market in Latin America*. Berg Insight AB.
- Boriah, S., Chandola, V., & Kumar, V. (2019). Data-driven fleet analytics. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 20(3), 1134–1145. <https://doi.org/10.1109/TITS.2018.2856241>
- Chen, S., & Lin, Y. (2021). Intelligent vehicle monitoring systems using GPS. *Sensors*, 21(6), 2140. <https://doi.org/10.3390/s21062140>
- Faccio, M., Gamberi, M., Bortolini, M., & Pilati, F. (2019). Vehicle routing problem and fuel consumption optimization. *International Journal of Production Economics*, 214, 121–132. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.03.018>
- García, J., & López, A. (2021). Sistemas inteligentes de transporte y su impacto en la eficiencia vehicular. *Revista Iberoamericana de Ingeniería*, 15(2), 45–60.
- Groves, P. D. (2015). *Principles of GNSS, inertial, and multisensor integrated navigation systems* (2nd ed.). Artech House.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2018). *Metodología de la investigación* (6.ª ed.). McGraw-Hill.
- International Energy Agency. (2022). *Transport energy outlook 2022*. IEA Publications.
- Kaplan, E. D., & Hegarty, C. J. (2017). *Understanding GPS/GNSS: Principles and applications* (3rd ed.). Artech House.
- Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2020). *Management information systems: Managing the digital firm* (16th ed.). Pearson.
- Lin, Y., Zhang, X., Wang, Y., & Ma, L. (2020). Intelligent vehicle fleet management based on GPS and big data. *IEEE Access*, 8, 192371–192382. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3032687>
- Liu, H., Wang, J., & Zhao, Z. (2021). GPS trajectory analysis for route optimization. *Journal of Advanced Transportation*, 2021, 1–14.
- Moreno, P., & Sánchez, R. (2020). Optimización de rutas vehiculares mediante sistemas GPS. *Revista Tecnológica ESPOL*, 33(1), 87–98.

- Nunes, P., & Hernández, J. (2021). Internet de las cosas aplicado al transporte inteligente. *Journal of Smart Systems*, 12(3), 211–225.
- Ortiz, D., & Paredes, M. (2022). Gestión de flotas y control del consumo de combustible. *Revista Científica Multidisciplinaria*, 6(1), 33–47.
- Quddus, M., Ochieng, W., & Zhao, L. (2018). *Intelligent transport systems and travel behaviour*. Springer.
- Ramos, A., & Torres, L. (2020). Análisis del rendimiento vehicular en entornos urbanos. *Ingeniería y Desarrollo*, 38(2), 59–72.
- Rodríguez, F., & Gómez, C. (2021). Sistemas de monitoreo vehicular en tiempo real. *Revista Latinoamericana de Tecnología*, 14(1), 25–40.
- Sarker, A., Hossain, M., & Islam, R. (2020). Driving behavior analysis and fuel consumption modeling. *Transportation Research Part D*, 86, 102112. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102112>
- Singh, S., & Kaur, P. (2021). Fuel efficiency optimization using telematics data. *Journal of Transportation Engineering*, 147(4), 04021020.
- Sivak, M., & Schoettle, B. (2019). Eco-driving and fuel efficiency. *Transportation Research Institute*, 12(4), 1–15.
- Sun, Z., Wang, J., & Zhang, Y. (2020). Route optimization based on GPS trajectory data. *Sensors*, 20(9), 1–18.
- Taha, H. A. (2017). *Operations research: An introduction* (10th ed.). Pearson.
- Tiwari, G., & Jain, D. (2019). Urban transport and energy efficiency. *Energy Policy*, 129, 675–684.
- Torres, J., & Hidalgo, P. (2022). Sistemas de información aplicados al transporte. *Revista Tecnológica Andina*, 9(2), 66–80.
- UNESCO. (2015). *International standard classification of education fields of study*. UNESCO Institute for Statistics.
- United States Department of Transportation. (2020). *ITS strategic plan 2020–2025*. USDOT.
- Wang, H., & Li, X. (2021). GPS-based vehicle performance monitoring. *Journal of Advanced Transportation*, 2021, 1–12.
- World Bank. (2022). *Transport and fuel efficiency indicators*. World Bank Publications.
- Xu, Y., Liu, Z., & Chen, J. (2020). Data-driven fleet management systems. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 21(9), 3812–3824.

- Zhang, L., & Zhao, Y. (2019). Fuel consumption modeling in vehicle fleets. *Energy Procedia*, 158, 3292–3297.
- Zhou, M., Wang, D., & Li, K. (2020). Intelligent transportation and sustainability. *Sustainable Cities and Society*, 62, 102113.
- Zito, R., & D'Este, G. (2018). Vehicle telematics and route efficiency. *Transportation Research Record*, 2672(8), 1–10.
- Zuluaga, C., & Medina, J. (2021). Análisis del consumo energético vehicular. *Revista Colombiana de Ingeniería*, 40(3), 91–104.