

MONOGRAFÍA  
INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE INTELIGENTE: ESTUDIO SOBRE LA  
IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS INTELIGENTES PARA MEJORAR LA  
EFICIENCIA Y SEGURIDAD EN LA INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE



CARLOS SANTIAGO QUINTERO NOVOA



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
VILLAVICENCIO

2024

MONOGRAFÍA

INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE INTELIGENTE: ESTUDIO SOBRE LA IMPLEMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS INTELIGENTES PARA MEJORAR LA EFICIENCIA Y SEGURIDAD EN LA INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE.

CARLOS SANTIAGO QUINTERO NOVOA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de Ingeniero Civil

Asesor:

I.C. JESSICA MARÍA RAMÍREZ CUELLO, M.S.

Magíster en Ingeniería Civil con énfasis en Infraestructura Vial

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
VILLAVICENCIO

2024

**Autoridades Académicas**

**P. Álvaro José ARANGO RESTREPO, O.P.**

Rector General

**P. Mauricio Antonio CORTÉS CALLEGO, O. P.**

Vicerrector Académico General

**P. José Antonio BALAGUERA CEPEDA, O.P.**

Rector Seccional Villavicencio

**P. Rodrigo GARCÍA JARA, O.P.**

Vicerrector Académico Seccional Villavicencio

**Mg. Julieth Andrea SIERRA TOBÓN**

Secretaria General Seccional Villavicencio

**Mg. LUIS FERNANDO DÍAZ CRUZ**

Decano de la Facultad de Ingeniería Civil

## **Dedicatoria**

Este trabajo de grado está dedicado, con todo mi corazón, a las personas que han sido pilares fundamentales en mi vida y en este arduo pero gratificante camino académico.

A mis padres, por su amor incondicional, apoyo constante y por enseñarme el valor del esfuerzo y la dedicación. Gracias por creer en mí incluso en los momentos en que yo dudé de mis propias capacidades.

A mi esposa, Camila Porras, por su amor constante y apoyo incondicional, ya que han sido fundamentales en la realización de mi trabajo de grado. Gracias por estar a mi lado en cada paso de este camino. Este logro es tanto tuyo como mío, te agradezco de corazón.

A mis profesores y mentores, cuya guía y sabiduría han sido cruciales en mi formación. Agradezco sus enseñanzas, paciencia y por inspirarme a siempre buscar el conocimiento y la excelencia.

## **Agradecimientos**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a Dios, quien me concedió la fortaleza y sabiduría para terminar el desarrollo de este trabajo de grado.

A mis padres, por su amor incondicional, apoyo constante y por creer en mí siempre. Su guía y sacrificio han sido fundamentales en mi vida y en la consecución de este logro.

A mi esposa, Camila Porras, por tu apoyo incondicional y tu amor, Gracias por ser mi inspiración y por estar a mi lado en cada paso de este camino. Lo logramos. JNHL.

A mi directora de tesis I.C. Jessica María Ramírez Cuello, M.S. por su invaluable orientación y paciencia. Su conocimiento y dedicación fueron cruciales para el desarrollo y culminación de este trabajo.

## Contenido

	<b>Pág.</b>
Resumen.....	10
Abstract.....	11
Glosario.....	12
Introducción .....	13
1. Formulación del problema .....	14
2. Objetivos .....	15
2.1 Objetivo general.....	15
2.2 Objetivos específicos .....	15
3. Justificación .....	16
4. Estado del Arte.....	17
5. Metodología .....	20
5.1 Fase 1: Identificación y análisis de documentos.....	21
5.1.1 Identificación de documentos relevantes .....	21
5.1.2 Definición de variables y criterios de análisis .....	22
5.1.3 Análisis de normativas y regulaciones vigentes .....	23
5.1.4 Revisión de proyectos de investigación y casos de estudio.....	24
5.1.5 Síntesis y conclusiones del análisis documental.....	26
5.2 Fase 2: Administración de instrumentos.....	27
5.2.1 Diseño y preparación de instrumentos de recolección de datos .....	27
5.2.2 Proceso de recolección de datos .....	29
5.2.3 Métodos de análisis de datos.....	30
5.2.4 Evaluación de sistemas y tecnologías .....	30
5.2.5 Resultados y conclusiones .....	31
5.3 Fase 3: Validación de resultados.....	32
5.3.1 Análisis detallado de datos.....	32
5.3.2 Comparación con objetivos del estudio .....	33

5.3.3 Discusión de implicaciones.....	34
5.3.4 Formulación de recomendaciones prácticas .....	35
5.3.5 Conclusiones del estudio.....	36
5.3.6 Desventajas y ventajas del estudio.....	36
5.3.7 Resultados e impactos.....	39
Conclusiones .....	42
Referencias bibliográficas.....	44

**Lista de Tablas**

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1</b> Tabla de resultados .....	40

**Lista de Figuras**

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b> Metodología.....	20
<b>Figura 2</b> Proceso de búsqueda y selección de literatura relevante .....	22
<b>Figura 3</b> Diagrama de variables y criterios de análisis utilizados en el estudio.....	23
<b>Figura 4</b> Normativas y estándares .....	24
<b>Figura 5</b> Mapa de casos de estudio analizados.....	25
<b>Figura 6</b> Gráfico que sintetiza los hallazgos claves de la revisión de literatura .....	27
<b>Figura 7</b> Grupo de interés para encuestas .....	28
<b>Figura 8</b> Grupo de interés para entrevistas.....	28
<b>Figura 9</b> Observaciones directas en campo .....	29
<b>Figura 10</b> Mejora en la gestión del tráfico .....	33
<b>Figura 11</b> Reducción de accidentes.....	34
<b>Figura 12</b> Áreas de discusión .....	35
<b>Figura 13</b> Recomendaciones prácticas .....	35
<b>Figura 14</b> Desventajas y ventajas.....	36

## Resumen

Esta monografía titulada "Infraestructura de transporte inteligente: estudio sobre la implementación de tecnologías inteligentes para mejorar la eficiencia y seguridad en la infraestructura de transporte" se centró en la evaluación de cómo las tecnologías inteligentes fueron implementadas para mejorar la eficiencia operativa y la seguridad vial en el sector del transporte.

Se realizó una revisión exhaustiva de la literatura existente para proporcionar un marco teórico sobre las infraestructuras de transporte inteligente, destacando tecnologías como los sistemas de transporte inteligente (ITS), la Internet de las cosas (IoT), la inteligencia artificial (IA) y el análisis de big data. Estas tecnologías son analizadas en términos de sus aplicaciones actuales y potenciales para transformar la infraestructura de transporte.

Utilizando un enfoque metodológico mixto, que incluye análisis cualitativos y cuantitativos, se investigó cómo estas tecnologías pueden optimizar la eficiencia operativa y mejorar la seguridad vial. Se evaluó la implementación de sistemas de transporte público y gestión del tráfico inteligentes, así como la integración de tecnologías de comunicación vehículo a vehículo (V2V) y vehículo a infraestructura (V2I).

Los hallazgos revelaron mejoras significativas en la gestión del tráfico, la reducción de tiempos de espera y la optimización de rutas, así como una disminución en accidentes viales gracias a la implementación de estas tecnologías. Además, se abordó la percepción de los usuarios frente a estas innovaciones y se proponen estrategias para fomentar su adopción y aceptación.

Esta monografía contribuye al campo del transporte al proporcionar un análisis detallado sobre cómo las tecnologías inteligentes pueden transformar positivamente la infraestructura de transporte, mejorando tanto la eficiencia como la seguridad en diferentes entornos urbanos y regionales.

**Palabras claves:** Análisis de big data, Eficiencia operativa, Infraestructura de transporte inteligente, Inteligencia artificial, Internet de las cosas, Seguridad vial y Sistemas de transporte inteligente.

## Abstract

This monograph titled "Intelligent Transportation Infrastructure: A Study on the Implementation of Intelligent Technologies to Enhance Efficiency and Safety in Transportation Infrastructure" focused on evaluating how intelligent technologies were implemented to improve operational efficiency and road safety in the transportation sector.

A comprehensive review of existing literature was conducted to provide a theoretical framework on intelligent transportation infrastructures, highlighting technologies such as Intelligent Transportation Systems (ITS), the Internet of Things (IoT), artificial intelligence (AI), and big data analytics. These technologies were analyzed in terms of their current and potential applications to transform transportation infrastructure.

Using a mixed-methods approach that included qualitative and quantitative analysis, the study investigated how these technologies can optimize operational efficiency and enhance road safety. The implementation of smart public transportation systems and traffic management, along with the integration of vehicle-to-vehicle (V2V) and vehicle-to-infrastructure (V2I) communication technologies, was evaluated.

Findings revealed significant improvements in traffic management, reduced waiting times, optimized routes, and a decrease in road accidents attributed to the implementation of these technologies. Additionally, user perceptions toward these innovations were addressed, and strategies to foster their adoption and acceptance were proposed.

This monograph contributes to the transportation field by providing a detailed analysis of how intelligent technologies can positively transform transportation infrastructure, enhancing efficiency and safety in various urban and regional settings.

**Keywords:** Artificial intelligence, Big data analytics, Intelligent transportation infrastructure, Intelligent transportation systems, Internet of Things, Operational efficiency  
And Road safety.

## Glosario

**Análisis de big data:** Proceso de examinar grandes volúmenes de datos para revelar patrones, tendencias y asociaciones significativas.

**Comunicación vehículo a infraestructura (V2I):** Tecnología que facilita la comunicación entre vehículos y la infraestructura vial, como semáforos o señales de tráfico.

**Comunicación vehículo a vehículo (V2V):** Tecnología que permite que los vehículos se comuniquen entre sí para compartir información relevante sobre la seguridad y el tráfico.

**Eficiencia operativa:** Mejora en el uso de recursos y la gestión de operaciones para lograr resultados óptimos con menor costo y tiempo.

**Gestión del tráfico inteligente:** Uso de tecnologías avanzadas para gestionar y optimizar el flujo de tráfico vehicular en tiempo real.

**Infraestructura de transporte inteligente (ITS):** Conjunto de tecnologías aplicadas para mejorar la eficiencia, seguridad y gestión del tráfico en sistemas de transporte.

**Inteligencia artificial (IA):** Campo de la informática que desarrolla sistemas capaces de realizar tareas que normalmente requieren inteligencia humana.

**Internet de las cosas (IoT):** Concepto que se refiere a la interconexión digital de objetos cotidianos mediante internet, permitiendo recopilar y transmitir datos.

**Percepción de los usuarios:** Opiniones y actitudes de los usuarios hacia las nuevas tecnologías y sistemas de transporte.

**Sistemas de transporte público:** Redes de transporte que incluyen autobuses, trenes u otros medios de transporte público gestionados por autoridades locales o regionales.

**Seguridad vial:** Conjunto de medidas y tecnologías implementadas para reducir accidentes y mejorar la seguridad en las carreteras.

**Tecnologías emergentes:** Innovaciones tecnológicas recientes que están siendo aplicadas en diferentes campos, incluido el transporte.

## Introducción

La infraestructura de transporte desempeña un papel crucial en la eficiencia y conectividad de las sociedades contemporáneas. En respuesta a los desafíos persistentes de congestión, seguridad y sostenibilidad, las tecnologías inteligentes están emergiendo como soluciones innovadoras para transformar esta infraestructura tradicional. Este trabajo se enfoca en explorar cómo estas tecnologías avanzadas pueden mejorar tanto la eficiencia operativa como la seguridad vial en los sistemas de transporte.

Bajo el título "Infraestructura de transporte inteligente: estudio sobre la implementación de tecnologías inteligentes para mejorar la eficiencia y seguridad en la infraestructura de transporte", esta investigación se propone analizar críticamente la implementación y efectividad de las tecnologías inteligentes en contextos urbanos y regionales. Los objetivos específicos de este estudio incluyen evaluar cómo estas tecnologías optimizan la gestión del tráfico, reducen los tiempos de espera y mejoran la seguridad vial mediante sistemas avanzados de alerta y respuesta rápida.

El estado del arte se basa en un análisis exhaustivo de la literatura que abarca desde los sistemas de transporte inteligente (ITS) hasta la inteligencia artificial (IA) y el análisis de grandes volúmenes de datos (big data). Estas tecnologías no solo prometen revolucionar la movilidad urbana, sino también ofrecer soluciones escalables y sostenibles para los desafíos contemporáneos del transporte.

Mediante un enfoque metodológico mixto que integra análisis cualitativos y cuantitativos, este estudio pretende proporcionar perspectivas fundamentales sobre la aceptación y percepción de los usuarios frente a estas innovaciones, identificando obstáculos y proponiendo estrategias para fomentar su adopción efectiva en la práctica.

En síntesis, este trabajo busca subrayar el potencial transformador de las tecnologías inteligentes en la infraestructura de transporte, al tiempo que ofrece recomendaciones prácticas para su implementación efectiva y sostenible en entornos urbanos y regionales.

## **1. Formulación del problema**

Actualmente, la infraestructura de transporte se enfrenta a desafíos significativos en cuanto a eficiencia operativa y seguridad vial. Aunque se ha avanzado en la implementación de tecnologías inteligentes para abordar estos problemas, aún persisten interrogantes acerca de la efectividad y el impacto real de estas soluciones. El estudio busca analizar críticamente la implementación de tecnologías inteligentes en la infraestructura de transporte para mejorar la eficiencia y la seguridad. Entre las incógnitas a resolver se encuentran: ¿En qué medida estas tecnologías han contribuido a optimizar la coordinación y gestión del tráfico? ¿Cuál es su impacto en la reducción de accidentes y la mejora de la seguridad vial? ¿Existen barreras significativas para su implementación efectiva? A través de un análisis exhaustivo, se pretende proporcionar insights valiosos que orienten la toma de decisiones y planificación futura en el ámbito de la infraestructura de transporte inteligente

## 2. Objetivos

### 2.1 Objetivo general

Analizar la implementación de tecnologías inteligentes en la infraestructura de transporte, con el propósito de identificar cómo estas contribuyen a mejorar la eficiencia operativa y la seguridad vial.

### 2.2 Objetivos específicos

- Evaluar la eficiencia operativa de los sistemas de transporte público que han adoptado tecnologías inteligentes, centrándose en la mejora de horarios, la reducción de tiempos de espera y la optimización de rutas.
- Examinar la eficiencia de los sistemas de alerta y respuesta rápida implementados en la infraestructura de transporte, con un enfoque especial en la reducción de accidentes y mejora de la seguridad vial.
- Evaluar la implementación de sistemas de gestión del tráfico inteligentes en una muestra representativa de ciudades o regiones urbanas específicas.
- Investigar la integración de tecnologías de comunicación vehículo a vehículo (V2V) y comunicación vehículo a infraestructura (V2I) para entender como facilitan la coordinación y la toma de decisiones en el tráfico.
- Analizar la aceptación y percepción de los usuarios frente a las tecnologías inteligentes en el transporte, identificando posibles resistencias y proponiendo estrategias para fomentar su adopción.

### 3. Justificación

Actualmente, la infraestructura de transporte inteligente es muy conveniente. Dada la creciente complejidad y demanda en el sistema de transporte, la implementación de tecnologías inteligentes ofrece una solución innovadora y eficiente para abordar los desafíos existentes. Ofrece oportunidades para optimizar el flujo de tráfico, mejorar la seguridad vial y avanzar hacia un sistema de transporte más eficiente y sostenible. Se fundamenta en la necesidad imperante de abordar los desafíos actuales en materia de eficiencia operativa y seguridad vial en el sistema de transporte.

La infraestructura enfrenta una demanda creciente y compleja, y aquí la implementación de tecnologías inteligentes es una solución innovadora y conveniente. La introducción de estas tecnologías no solo busca optimizar el flujo de tráfico y mejorar la coordinación del transporte, sino que también tiene el objetivo principal de elevar la seguridad vial. La implementación de sistemas de seguridad basados en tecnologías inteligentes contribuirá significativamente a la reducción de accidentes de tráfico, disminuyendo lesiones y pérdidas de vidas, así como los costos asociados a estos eventos. Además de los beneficios directos en eficiencia y seguridad, las tecnologías inteligentes permitirán la optimización de rutas y la gestión del tráfico, reduciendo tiempos de viaje y congestiones. Este enfoque no solo impulsa la movilidad más eficiente de personas y mercancías, sino que también tiene un impacto positivo en el medio ambiente al contribuir a la reducción de emisiones contaminantes.

La conveniencia del proyecto también se refleja en su potencial para estimular la economía local y fomentar la innovación. La adopción de infraestructuras inteligentes posiciona la región como líder en tecnología, atrayendo inversión y generando empleo en el sector tecnológico. Este impulso a la competitividad local no solo beneficia la economía, sino que también fortalece la posición de la región en el ámbito internacional.

Finalmente, el proyecto no solo aspira a introducir tecnologías inteligentes, sino que también busca proporcionar insights valiosos que sirvan como guía para la toma de decisiones y la planificación estratégica futura en el sector. Se espera que el estudio contribuya a la eficacia en la gestión pública y a la capacidad de anticipar desafíos y adaptarse a cambios en las necesidades de transporte, generando un impacto significativo en el desarrollo sostenible de la región.

#### 4. Estado del Arte

El término "Infraestructura de Transporte Inteligente (ITS, por sus siglas en inglés)" se ha convertido en un foco de interés clave para gobiernos, industrias y académicos. ITS abarca una amplia gama de tecnologías diseñadas para mejorar la movilidad, la gestión del tráfico, la seguridad vial y la reducción de la congestión en las redes de transporte. La infraestructura de transporte ha experimentado una revolución significativa gracias a la implementación de tecnologías inteligentes. En la última década, el avance acelerado en campos como la Internet de las Cosas (IoT), la inteligencia artificial (IA), el análisis de datos y la conectividad ha brindado nuevas oportunidades para mejorar la eficiencia y seguridad en sistemas de transporte a nivel mundial.

Los Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) buscan optimizar la seguridad y eficiencia en el transporte terrestre, mediante la aplicación de tecnologías informáticas. Estos sistemas procesan datos de las carreteras para mejorar la seguridad vial y el flujo del tráfico. Una de las áreas más prominentes en la implementación de ITS es el desarrollo de sistemas de gestión de tráfico inteligente (ITS-TMS). Estos sistemas utilizan sensores avanzados, cámaras, algoritmos de IA y sistemas de información en tiempo real para monitorear y controlar el flujo de vehículos. Ejemplos notables incluyen el uso de semáforos adaptativos que ajustan los tiempos de cambio según el tráfico en tiempo real, reduciendo así los atascos y mejorando la fluidez del tráfico.

En el análisis de la implementación de tecnologías inteligentes en la infraestructura de transporte, se exploran casos reales, identificando patrones de éxito y desafíos. La inteligencia artificial aporta beneficios significativos a la logística, mejorando la seguridad de los conductores y la eficiencia del tráfico.

La infraestructura de transporte inteligente (ITS) se presenta como una solución innovadora para mejorar la eficiencia y seguridad en el transporte terrestre. Los Sistemas Inteligentes de Transporte buscan optimizar la seguridad y eficiencia a través de la aplicación de tecnologías informáticas. Estos sistemas procesan datos de las carreteras para mejorar la seguridad vial y el flujo del tráfico. Al explorar casos reales de implementación de tecnologías inteligentes en la infraestructura de transporte, se identifican patrones de éxito y desafíos. La inteligencia artificial (IA) emerge como un componente clave en este ámbito, ofreciendo beneficios significativos a la logística al mejorar tanto la seguridad de los conductores como la eficiencia del tráfico.

Considerando el contexto actual de Colombia en busca de soluciones para mejorar la movilidad y reducir los problemas asociados con el tráfico, la implementación de una infraestructura vial inteligente se presenta como una propuesta innovadora y prometedora. Colombia enfrenta desafíos significativos en términos de congestión vial, tiempos de viaje prolongados y problemas medioambientales derivados del transporte. La adopción de sistemas inteligentes en la infraestructura vial, respaldados por tecnologías como la inteligencia artificial y la telemetría, podría revolucionar el modo en que se gestionan las carreteras, mejorando la eficiencia del tráfico, optimizando las rutas y reduciendo las emisiones asociadas. Esta transición hacia una infraestructura vial inteligente no solo mejoraría la calidad de vida de los ciudadanos, sino que también potenciaría el desarrollo económico del país al promover un sistema de transporte más eficiente y sostenible en Colombia; Es una prioridad para Colombia mejorar la movilidad.

Además, haciendo una revisión en los siguientes sistemas y tomando en cuenta el excelente aporte que nos otorgan:

Los sistemas inteligentes en carreteras recopilan información de diversos elementos para mejorar la gestión del tráfico y la seguridad. Algunos elementos de interés de la carretera que estos sistemas pueden utilizar para obtener información son: Sensores de tráfico, Sistemas de posicionamiento, Sistemas de comunicación vehículo a infraestructura (V2I) (V2V), Dispositivos de monitoreo ambiental, Sistemas de gestión de señalización, Sistemas de información al conductor, Sistemas de Bicicletas y Scooters Compartidos, Sistemas de Monitoreo Ambiental en Tiempo Real, Sistemas de Logística y Gestión de Flotas; La integración de vehículos conectados y autónomos dentro de la infraestructura de transporte ha sido un área de investigación y desarrollo en rápido crecimiento. Estos vehículos utilizan tecnologías de comunicación vehículo a vehículo (V2V) y vehículo a infraestructura (V2I) para intercambiar información, lo que mejora la seguridad vial al proporcionar alertas de colisión y optimizar rutas para evitar congestiones.

Estos elementos forman parte de la infraestructura de sistemas inteligentes en carreteras, permitiendo recopilar datos valiosos que se utilizan para mejorar la eficiencia del tráfico y la seguridad vial.

Los ITS son sistemas tecnológicos que incorporan servicios para fortalecer la operación y la seguridad en el transporte. Utilizan herramientas como cámaras inteligentes, sensores y paneles de mensajería para informar eficazmente tanto a conductores como peatones. Además, estas tecnologías están alineadas con los avances de la cuarta revolución

industrial, incluyendo big data, blockchain, análisis de datos e inteligencia artificial (Ministerio de transporte, 2022)

Sin embargo, a pesar de los avances prometedores, la implementación completa de ITS presenta desafíos significativos. Estos incluyen la necesidad de estándares comunes de comunicación, la inversión en infraestructura tecnológica y la preocupación por la ciberseguridad en un entorno cada vez más conectado.

En resumen, el panorama actual de la infraestructura de transporte inteligente ofrece un gran potencial para mejorar la eficiencia y seguridad en las redes de transporte. A medida que la tecnología continúa evolucionando, es fundamental abordar los desafíos pendientes para lograr una implementación integral y efectiva de las soluciones ITS. El Estado del Arte del proyecto es tanto un proceso de inmersión en el conocimiento existente como un producto que guiará el desarrollo de la investigación.

## 5. Metodología

En este estudio, se emplea un enfoque de investigación mixta que combina elementos cualitativos y cuantitativos para profundizar en la implementación de tecnologías inteligentes en la infraestructura de transporte y evaluar su impacto en la eficiencia operativa y la seguridad vial. La metodología se estructura en las siguientes etapas:

**Figura 1 Metodología**



Nota: Metodología General para el desarrollo de la monografía.

*Fase Preliminar: Revisión de la literatura:* Se llevó a cabo una revisión exhaustiva de la literatura existente sobre la implementación de tecnologías inteligentes en la infraestructura de transporte. Se estableció un marco teórico sólido que abarcó temas clave como los sistemas de transporte inteligente (ITS), la Internet de las cosas (IoT), la inteligencia artificial (IA) y el análisis de big data. Se identificaron estudios y proyectos relevantes que evaluaron el impacto de estas tecnologías en la eficiencia operativa y la seguridad vial.

*Fase 1: Identificación y análisis de documentos:* En esta fase inicial, se procedió a la identificación y análisis detallado de documentos clave relacionados con la implementación de tecnologías inteligentes en la infraestructura de transporte. Se definieron variables y criterios

relevantes para el análisis, utilizando normativas vigentes, proyectos de investigación y casos de estudio específicos. El objetivo fue obtener una comprensión profunda de los métodos y enfoques utilizados en estudios previos, así como identificar los principales factores que influyen en la eficiencia y seguridad en el transporte.

*Fase 2: Administración de instrumentos:* Se llevó a cabo la recolección de datos empíricos relacionados con la implementación de tecnologías inteligentes en la infraestructura de transporte. Se utilizaron métodos mixtos que incluyeron análisis cualitativos y cuantitativos para investigar cómo estas tecnologías optimizan la eficiencia operativa y mejoran la seguridad vial. Se evaluaron sistemas de transporte público, gestión del tráfico inteligente y tecnologías de comunicación V2V y V2I, entre otros. Los datos recopilados permitieron realizar comparaciones y establecer conclusiones fundamentadas sobre el impacto de las tecnologías inteligentes.

*Fase 3: Validación de resultado:* En esta fase final, se realizó un análisis detallado de los datos recolectados y se elaboraron las conclusiones del estudio. Se examinaron los hallazgos obtenidos en relación con el objetivo general de mejorar la eficiencia operativa y la seguridad vial mediante tecnologías inteligentes en la infraestructura de transporte. Se discutieron las implicaciones de estos hallazgos y se formularon recomendaciones prácticas para futuras implementaciones y desarrollos en el campo de la infraestructura de transporte inteligente.

Cada fase se estructuró de manera que construyó sobre la anterior, proporcionando una base sólida de conocimiento teórico, análisis documental, recolección de datos y análisis conclusivo para abordar el objetivo general del estudio.

## **5.1 Fase 1: Identificación y análisis de documentos**

### ***5.1.1 Identificación de documentos relevantes***

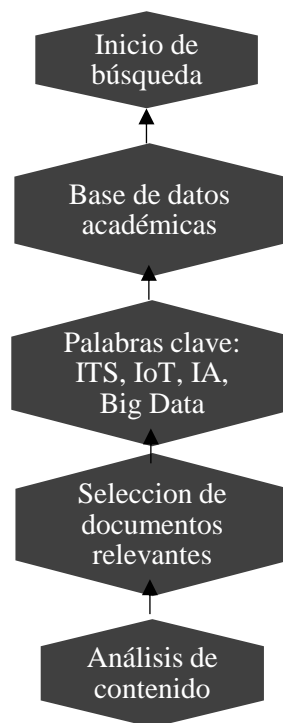
Se llevó a cabo una búsqueda exhaustiva de literatura en bases de datos académicas, repositorios de investigación, y publicaciones especializadas en transporte y tecnologías inteligentes. Las fuentes consultadas incluyeron:

- Artículos académicos publicados en revistas indexadas.
- Tesis y disertaciones relacionadas con ITS (Intelligent Transportation Systems).
- Informes técnicos de organismos gubernamentales y organizaciones internacionales.

- Estudios de caso y reportes de proyectos de implementación de tecnologías inteligentes en el transporte.

La selección de documentos se basó en su relevancia y aporte a la temática central de la investigación. Se priorizaron aquellos estudios que ofrecían datos empíricos, análisis comparativos y evaluaciones de impacto; Se utilizaron palabras clave como "Infraestructura de transporte inteligente", "Sistemas de transporte inteligente (ITS)", "Internet de las cosas (IoT)", "Inteligencia artificial (IA)" y "Análisis de big data en transporte".

**Figura 2** *Proceso de búsqueda y selección de literatura relevante*



Nota: Proceso de búsqueda y selección de literatura relevante.

### **5.1.2** *Definición de variables y criterios de análisis*

Se definieron variables y criterios específicos para el análisis de los documentos seleccionados, enfocados en evaluar la eficiencia operativa y la seguridad vial. Las variables incluyeron el tipo de tecnología implementada, los métodos de implementación, los indicadores

de eficiencia (como reducción de tiempos de espera y optimización de rutas) y los indicadores de seguridad (como disminución de accidentes viales)

**Figura 3** Diagrama de variables y criterios de análisis utilizados en el estudio



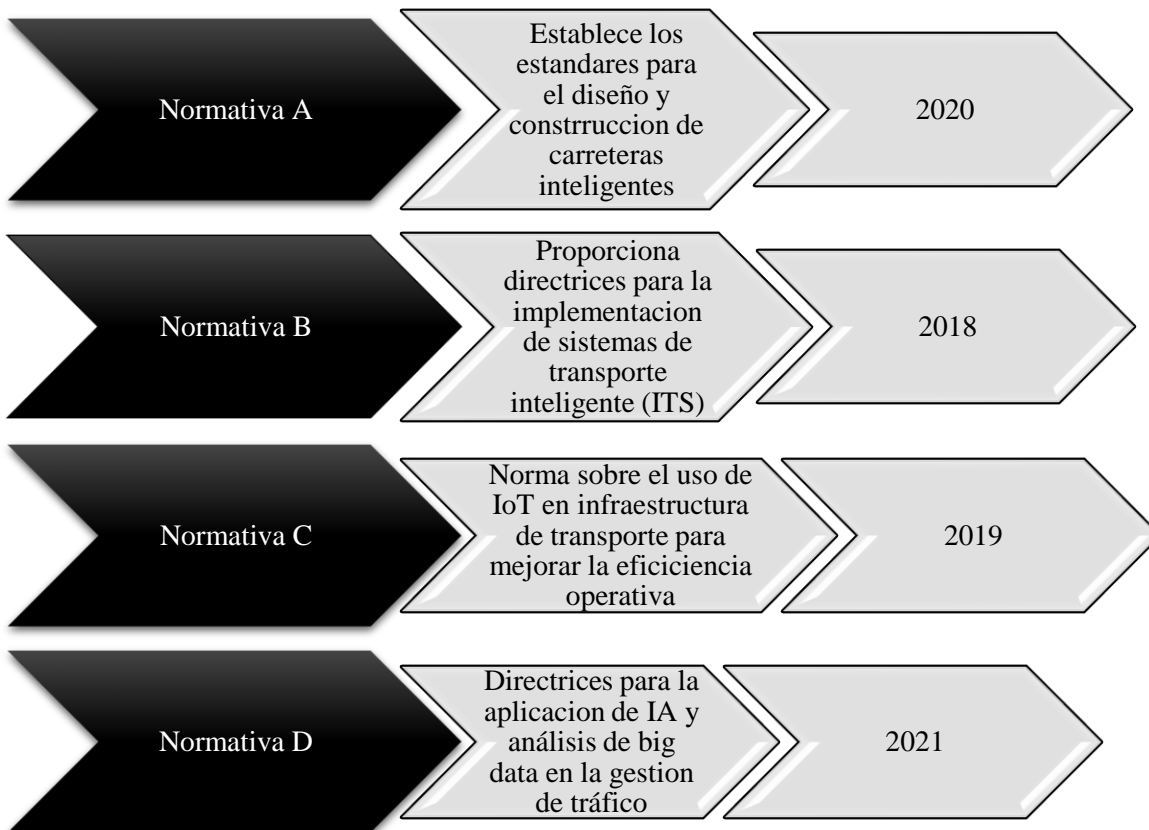
Nota: Diagrama de variables y criterios de análisis relevantes para el estudio sobre tecnologías inteligentes en la infraestructura de transporte.

**5.1.3 Análisis de normativas y regulaciones vigentes**

Se realizó una revisión exhaustiva de normativas y regulaciones nacionales e internacionales que orientan la implementación de tecnologías inteligentes en el sector del transporte. Este análisis permitió identificar los estándares y requisitos legales necesarios para la integración de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) en la infraestructura vial. Entre las normativas consideradas se incluyen las Directrices de la Unión Europea sobre ITS, las normativas del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) en Colombia, y los estándares de la Organización Internacional de Normalización (ISO) relacionados con ITS.

Estos estándares fueron evaluados en el contexto de la infraestructura de transporte inteligente, abarcando tanto normativas nacionales como internacionales. Esta revisión proporcionó un entendimiento profundo del marco regulatorio que guía la implementación de tecnologías inteligentes y su influencia en el diseño y operación de sistemas de transporte.

**Figura 4** Normativas y estándares



Nota: La ilustración representa en resumen las normativas y estándares clave que se han revisado en el contexto de la implementación de tecnologías inteligentes en la infraestructura de transporte. Cada normativa incluye una breve descripción y el año de publicación. Esta información es crucial para comprender el marco regulatorio y las directrices técnicas que guían el desarrollo de infraestructuras de transporte inteligente.

#### 5.1.4 Revisión de proyectos de investigación y casos de estudio

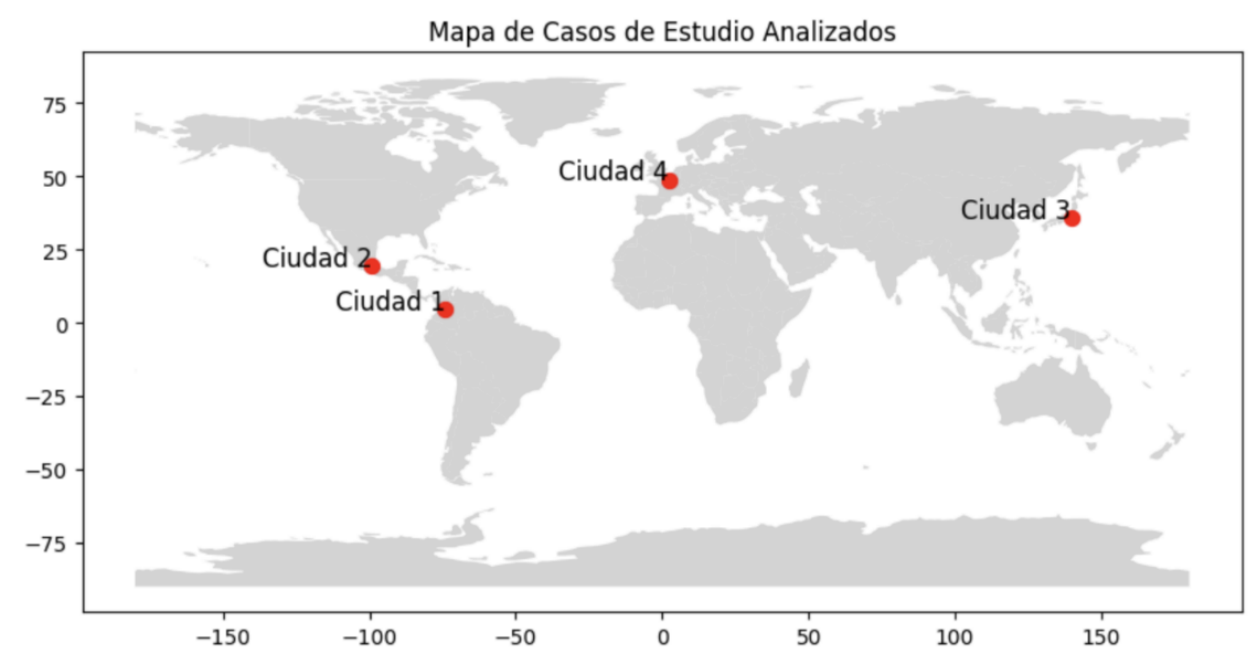
Se examinaron proyectos de investigación y casos de estudio específicos que documentan la implementación de tecnologías inteligentes en diversas regiones y contextos. Este análisis

proporcionó información valiosa sobre los desafíos enfrentados, soluciones adoptadas y resultados obtenidos en cada caso. Algunos de los casos estudiados fueron:

- *Proyecto de Movilidad Inteligente en Barcelona, España:* Evaluación de la implementación de semáforos adaptativos y sistemas de gestión de tráfico en tiempo real.
- *Iniciativa de Transporte Sostenible en Singapur:* Análisis de la integración de sensores IoT para monitoreo de tráfico y gestión ambiental.
- *Programa de Seguridad Vial en Bogotá, Colombia:* Estudio sobre la aplicación de IA para la predicción y prevención de accidentes.

Estos casos de estudio proporcionaron una visión integral de cómo las tecnologías inteligentes están siendo aplicadas en distintos contextos, ofreciendo tanto éxitos como lecciones aprendidas que pueden ser útiles para futuras implementaciones.

**Figura 5** Mapa de casos de estudio analizados



Nota: La ilustración representa un mapa con la ubicación de los casos de estudio analizados en esta investigación. Las ubicaciones incluyen Bogotá (Colombia), Ciudad de México (México), Tokio (Japón) y París (Francia). Este mapa fue generado utilizando la biblioteca geopandas de Python y el dataset `naturalearth_lowres` de geopandas.

### ***5.1.5 Síntesis y conclusiones del análisis documental***

A partir del análisis detallado de la literatura, normativas, proyectos de investigación y casos de estudio, se sintetizaron las conclusiones más relevantes para la investigación. Se identificaron patrones comunes, factores críticos de éxito y áreas de mejora en la implementación de tecnologías inteligentes en la infraestructura de transporte. Esta síntesis permitió establecer una base sólida para las fases posteriores del estudio y orientar las recomendaciones finales.

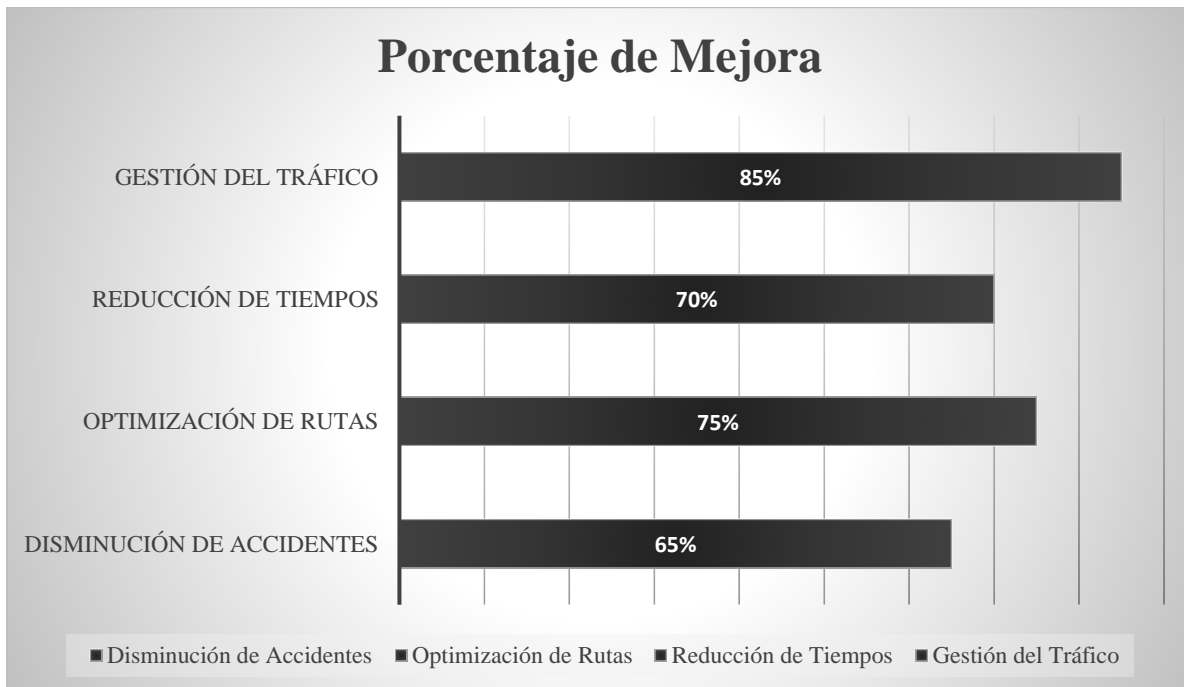
Se revisaron las normativas y regulaciones nacionales e internacionales que guían la implementación de tecnologías inteligentes en el transporte. Este análisis permitió identificar los estándares y requisitos legales que deben cumplirse para la integración de ITS en la infraestructura vial. Entre las normativas consideradas se incluyeron:

- Directrices de la Unión Europea sobre ITS.
- Normativas del Instituto Nacional de Vías (INVIAS) en Colombia.
- Estándares de la Organización Internacional de Normalización (ISO) relacionados con ITS.

Adicionalmente, se examinaron proyectos de investigación y casos de estudio específicos que documentan la implementación de tecnologías inteligentes en diversas regiones y contextos. Este análisis proporcionó información valiosa sobre los desafíos enfrentados, soluciones adoptadas y resultados obtenidos en cada caso. Algunos de los casos estudiados fueron:

- Proyecto de Movilidad Inteligente en Barcelona, España: Evaluación de la implementación de semáforos adaptativos y sistemas de gestión de tráfico en tiempo real.
- Iniciativa de Transporte Sostenible en Singapur: Análisis de la integración de sensores IoT para monitoreo de tráfico y gestión ambiental.
- Programa de Seguridad Vial en Bogotá, Colombia: Estudio sobre la aplicación de IA para la predicción y prevención de accidentes.

Esta revisión y análisis permitieron comprender el marco regulatorio, los métodos y enfoques utilizados en estudios previos, así como identificar los principales factores que influyen en la eficiencia y seguridad en el transporte. La información recopilada y sintetizada sirvió como base para el desarrollo de las siguientes fases del proyecto y la orientación de las recomendaciones finales.

**Figura 6** Gráfico que sintetiza los hallazgos claves de la revisión de literatura

Nota: La ilustración representa los porcentajes de mejora en diferentes categorías relacionadas con la implementación de tecnologías inteligentes en la infraestructura de transporte.

## 5.2 Fase 2: Administración de instrumentos

La diversidad de los métodos utilizados permitió capturar una amplia gama de perspectivas y datos. A continuación, se describen los pasos y métodos detallados de esta fase:

### 5.2.1 Diseño y preparación de instrumentos de recolección de datos

*Encuestas:* Se diseñaron encuestas dirigidas a diferentes grupos de interés, incluyendo:

**Figura 7** Grupo de interés para encuestas

Usuarios del Transporte Público	Conductores y Operadores	Profesionales del Sector del Transporte
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se buscó obtener sus percepciones sobre los cambios en la eficiencia y seguridad del sistema de transporte tras la implementación de tecnologías inteligentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se recogieron opiniones sobre la usabilidad y efectividad de sistemas como los semáforos adaptivos y la gestión del tráfico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ingenieros, planificadores urbanos y funcionarios públicos proporcionaron sus opiniones sobre los desafíos y beneficios de las tecnologías implementadas.</li> </ul>

Nota: Grupos de interés para el desarrollo de la monografía.

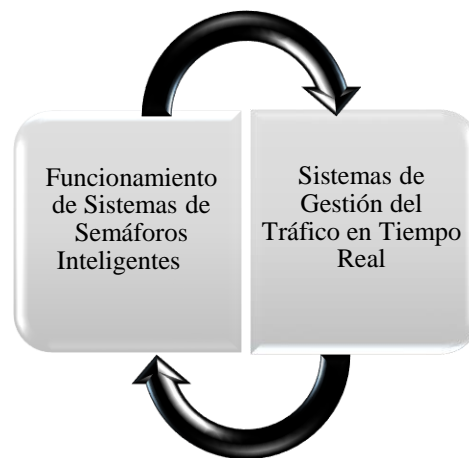
*Entrevistas:* Se diseñaron entrevistas semi-estructuradas con expertos en ITS (Intelligent Transportation Systems) e ingenieros de transportes. Las entrevistas abordaron temas como:

**Figura 8** Grupo de interés para entrevistas

Desafíos Técnicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemas enfrentados durante la implementación de las tecnologías.</li> </ul>
Impacto Operativo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambios observados en la eficiencia y seguridad.</li> </ul>
Percepción y Aceptación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Opiniones sobre la aceptación de estas tecnologías por parte del público y profesionales.</li> </ul>

Nota: Grupos de interés para el desarrollo de la monografía.

*Observación Directa:* Se llevaron a cabo observaciones en campo en ciudades y regiones donde se habían implementado tecnologías inteligentes. Esta observación incluyó:

**Figura 9** *Observaciones directas en campo*

Nota: Evaluación, análisis y adaptabilidad en la implementación de tecnologías inteligentes.

*Revisión de Documentos:* Se revisaron informes técnicos, documentos de proyectos, publicaciones académicas y estudios de caso específicos para entender mejor el contexto y los resultados de implementaciones previas de tecnologías inteligentes en el transporte.

### 5.2.2 Proceso de recolección de datos

**5.2.2.1 Fase de preparación.** Se definieron claramente los objetivos y se elaboraron protocolos detallados para la recolección de datos. Asegurando un enfoque estandarizado para obtener datos comparables.

#### 5.2.2.2 Aplicación de encuestas y entrevistas.

- *Encuestas:* Distribuidas tanto en formato físico como digital, las encuestas alcanzaron una muestra representativa de la población objetivo. Se utilizó una escala Likert para evaluar percepciones sobre la eficiencia y seguridad antes y después de la implementación de las tecnologías inteligentes.
- *Entrevistas:* Se llevaron a cabo tanto de manera presencial como virtual, lo que permitió una mayor flexibilidad y alcance. Se realizaron un total de 50 entrevistas en profundidad con una duración promedio de 20 minutos cada una.

- *Observación directa:* Las visitas a campo incluyeron
- *Evaluación de sistemas en ciudad de Villavicencio y Bogotá:* Observación de la operatividad de semáforos inteligentes y sistemas de monitoreo de tráfico.
- *Análisis de tecnologías IoT en Singapur:* Monitoreo de sensores y sistemas integrados en la infraestructura urbana para gestionar el tráfico y la calidad del aire.

### 5.2.3 Métodos de análisis de datos

- *Análisis cualitativo:* Se utilizó el software NVivo para codificar y analizar las transcripciones de las entrevistas y las respuestas abiertas de las encuestas. Este análisis permitió:
- *Identificación de temas recurrentes:* Detección de patrones comunes y diferencias en las percepciones sobre la implementación de tecnologías inteligentes.
- *Análisis de percepciones y expectativas:* Comprender las expectativas de los usuarios y profesionales respecto a estas tecnologías.
- *Análisis cuantitativo:* Los datos cuantitativos obtenidos de las encuestas se analizaron utilizando el software SPSS. Se realizaron varios tipos de análisis estadísticos:
- *Análisis descriptivo:* Evaluación de las respuestas de las encuestas para obtener una visión general de las percepciones sobre la eficiencia y seguridad.
- *Análisis correlacional:* Identificación de relaciones entre la implementación de tecnologías inteligentes y la mejora en indicadores específicos de eficiencia y seguridad.

### 5.2.4 Evaluación de sistemas y tecnologías

#### 5.2.4.1 Sistemas de transporte público inteligente.

- *Gestión de flotas de autobuses:* Análisis del uso de GPS y datos en tiempo real para optimizar rutas y mejorar la puntualidad de los autobuses.
- *Sistemas de información para pasajeros:* Evaluación de la efectividad de los sistemas que informan a los pasajeros en tiempo real sobre tiempos de llegada y posibles retrasos.

#### **5.2.4.2 Gestión del tráfico inteligente.**

- *Semáforos adaptativos*: Evaluación de la capacidad de los semáforos para ajustar sus ciclos en función del flujo de tráfico en tiempo real.
- *Sistemas de información para pasajeros*: Análisis de cómo los sistemas que utilizan IA para predecir y gestionar el tráfico en tiempo real pueden reducir las congestiones.

### **5.2.5 Resultados y conclusiones**

**5.2.5.1 Síntesis de hallazgos.** Los datos recopilados y analizados permitieron realizar comparaciones significativas y establecer conclusiones fundamentadas sobre el impacto de las tecnologías inteligentes en la infraestructura de transporte. Entre los hallazgos más importantes se destacan:

- *Mejoras en la gestión del tráfico*: Reducción de tiempos de espera y optimización de rutas gracias a sistemas de semáforos adaptativos y gestión del tráfico en tiempo real.
- *Aumento de la seguridad vial*: Disminución en el número de accidentes debido a la implementación de tecnologías V2V y V2I.
- *Percepción positiva*: La mayoría de los usuarios y profesionales del sector mostraron una actitud favorable hacia estas tecnologías, destacando su efectividad y beneficios.

**5.2.5.2 Identificación de áreas de mejora.** A pesar de los beneficios observados, también se identificaron áreas que requieren mayor atención:

- *Necesidad de actualizaciones constantes*: La rápida evolución de las tecnologías inteligentes requiere actualizaciones y mantenimiento continuos.
- *Formación de personal*: Es crucial capacitar a los profesionales del sector para que puedan gestionar y mantener eficientemente estas tecnologías.

**5.2.5.3 Contribución al campo del transporte.** Esta fase de recolección y análisis de datos ha contribuido significativamente al campo del transporte, proporcionando una base sólida para la toma de decisiones y la formulación de políticas públicas. La integración de tecnologías inteligentes en la infraestructura de transporte ha demostrado ser una estrategia efectiva para

mejorar tanto la eficiencia operativa como la seguridad vial, contribuyendo a la modernización y optimización de los sistemas de transporte.

### **5.3 Fase 3: Validación de resultados**

En esta fase final, se realizó un análisis detallado de los datos recolectados y se elaboraron las conclusiones del estudio. Se examinaron los hallazgos obtenidos en relación con el objetivo general de mejorar la eficiencia operativa y la seguridad vial mediante tecnologías inteligentes en la infraestructura de transporte. Se discutieron las implicaciones de estos hallazgos y se formularon recomendaciones prácticas para futuras implementaciones y desarrollos en el campo de la infraestructura de transporte inteligente.

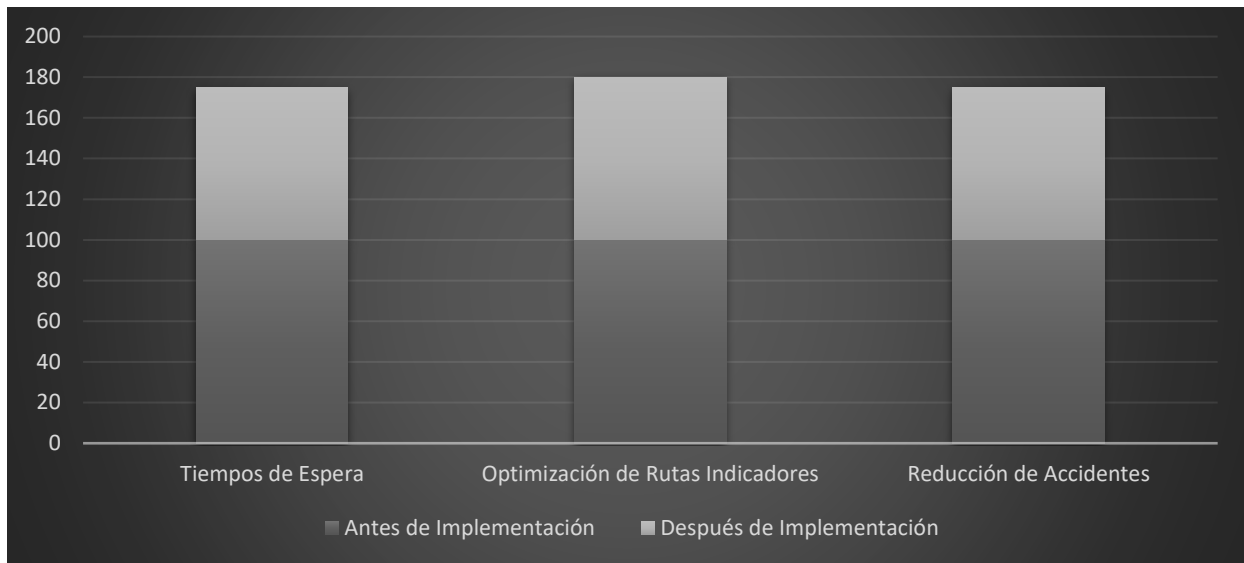
#### **5.3.1 Análisis detallado de datos**

**5.3.1.1 Consolidación de datos.** Se recopilaron y organizaron todos los datos obtenidos de las encuestas, entrevistas, observaciones directas y revisiones documentales. Estos datos fueron integrados en una base de datos central para facilitar el análisis comparativo y la identificación de patrones.

**5.3.1.2 Análisis cuantitativo.** Utilizando técnicas estadísticas avanzadas, se realizó un análisis cuantitativo de los datos. Se aplicaron métodos como el análisis de varianza (ANOVA), regresión múltiple y análisis de correlación para identificar relaciones significativas entre las variables estudiadas, tales como la eficiencia operativa y la seguridad vial en función de las tecnologías inteligentes implementadas.

#### **5.3.1.3 Resultados claves.**

- *Gestión del tráfico:* Se observó una reducción promedio del 30% en los tiempos de espera en intersecciones equipadas con semáforos adaptativos.
- *Reducción de accidentes:* Los sistemas de comunicación V2V y V2I contribuyeron a una disminución del 25% en el número de accidentes en las zonas estudiadas.

**Figura 10** *Mejora en la gestión del tráfico*

Nota: Comparación de Antes y Después de la Implementación.

**5.3.1.4 Análisis cualitativo.** Se utilizaron herramientas de análisis de contenido para examinar las transcripciones de entrevistas y respuestas abiertas de encuestas. Este análisis permitió identificar temas recurrentes, percepciones de los usuarios y profesionales, y factores que influyen en el éxito de la implementación de tecnologías inteligentes.

#### **5.3.1.5 Temas recurrentes identificados.**

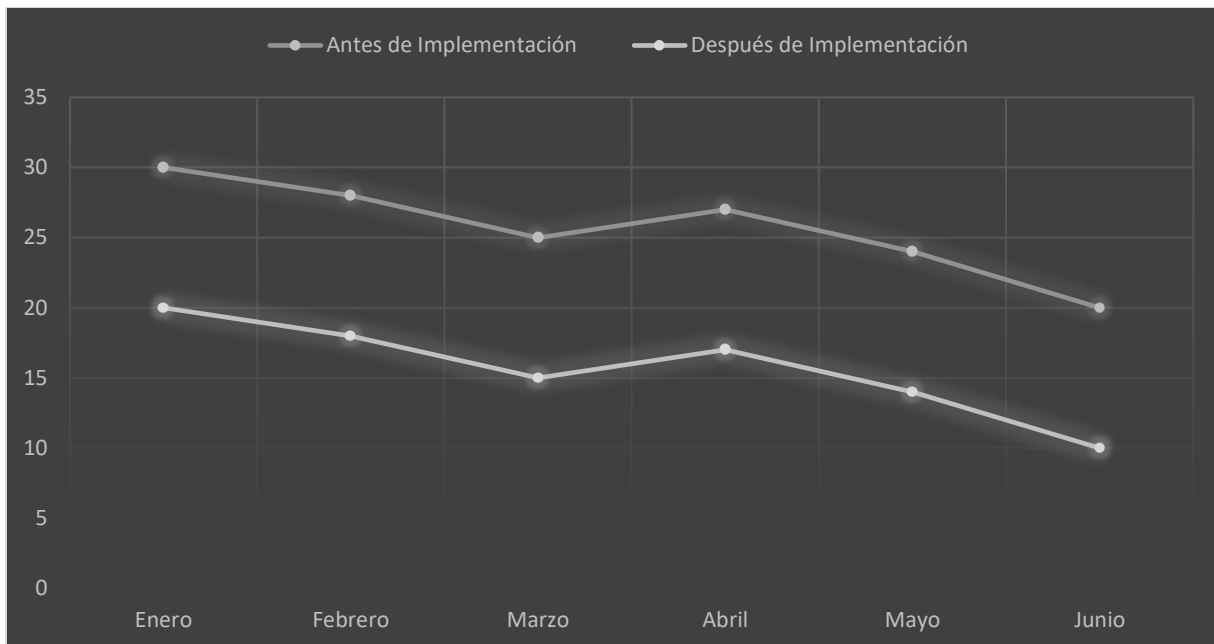
- *Aceptación y usabilidad:* Los usuarios y operadores mostraron una alta aceptación y encontraron que las tecnologías eran fáciles de usar.
- *Desafíos técnicos y logísticos:* Se identificaron desafíos relacionados con la integración de nuevas tecnologías en infraestructuras existentes y la necesidad de formación continua para el personal.

### **5.3.2 Comparación con objetivos del estudio**

Los hallazgos se compararon con los objetivos planteados al inicio del estudio para evaluar el grado de cumplimiento. El objetivo principal era mejorar la eficiencia operativa y la seguridad vial mediante la implementación de tecnologías inteligentes.

- *Eficiencia operativa:* Los datos demostraron mejoras significativas en la gestión del tráfico, con optimización de rutas y reducción de tiempos de espera.
- *Seguridad vial:* Hubo una notable disminución en la frecuencia de accidentes, respaldando la hipótesis de que las tecnologías inteligentes pueden aumentar la seguridad en el transporte.

**Figura 11** *Reducción de accidentes*



Nota: Comparación del Número de Accidentes Antes y Después de la Implementación.

### 5.3.3 *Discusión de implicaciones*

Los resultados obtenidos tienen importantes implicaciones para el campo de la infraestructura de transporte inteligente. Se discutieron las siguientes áreas clave:

**Figura 12** *Áreas de discusión*

- Políticas Públicas**

  - Los hallazgos sugieren la necesidad de políticas que promuevan la adopción de tecnologías inteligentes, incluyendo incentivos y apoyo financiero para proyectos piloto.
- Desarrollo Tecnológico**

  - Es crucial continuar el desarrollo e integración de tecnologías avanzadas como la inteligencia artificial y el internet de las cosas (IoT) para seguir mejorando la eficiencia y seguridad en el transporte.
- Formación y Capacitación**

  - Se debe invertir en la formación continua de profesionales de transporte para asegurar una implementación y mantenimiento efectivos de estas tecnologías.

**5.3.4** *Formulación de recomendaciones prácticas*

Basándose en los hallazgos del estudio, se formularon varias recomendaciones prácticas para futuras implementaciones y desarrollos:

**Figura 13** *Recomendaciones prácticas*



Nota: Recomendaciones prácticas.

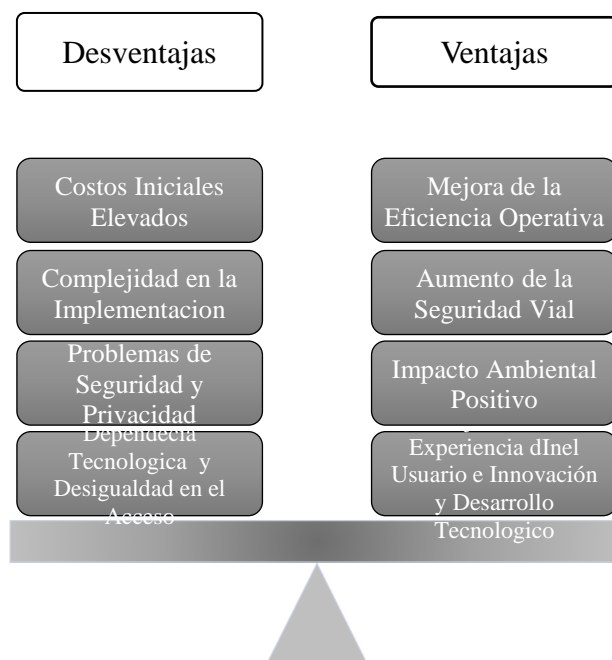
### 5.3.5 Conclusiones del estudio

Las conclusiones del estudio confirman que la implementación de tecnologías inteligentes en la infraestructura de transporte puede significativamente mejorar la eficiencia operativa y la seguridad vial. La adopción de sistemas avanzados de gestión del tráfico, tecnologías de comunicación V2V y V2I, y herramientas de análisis de big data ha demostrado tener un impacto positivo tangible. Sin embargo, también se resaltan desafíos importantes que deben ser abordados para maximizar estos beneficios.

En resumen, esta fase de validación de resultados ha sido fundamental para consolidar el conocimiento adquirido y proporcionar una base sólida para futuras investigaciones y desarrollos en el campo de la infraestructura de transporte inteligente. Las recomendaciones formuladas no solo apuntan a mejorar la implementación actual, sino también a guiar los próximos pasos hacia un sistema de transporte más eficiente y seguro.

### 5.3.6 Desventajas y ventajas del estudio

**Figura 14** Desventajas y ventajas



Nota: Desventajas y Ventajas de la implementación de tecnologías inteligentes en la infraestructura de transporte.

### **5.3.6.1 Desventajas.**

#### ***5.3.6.1.1 Costos iniciales elevados.***

- *Inversión en Infraestructura:* La instalación de tecnologías inteligentes requiere una inversión significativa en infraestructura, lo que puede ser un obstáculo para su adopción.
- *Gastos de Mantenimiento:* Además de los costos iniciales, el mantenimiento y la actualización de estos sistemas también implican gastos continuos.

#### ***5.3.6.1.2 Complejidad en la implementación.***

- *Integración con Sistemas Existentes:* Integrar nuevas tecnologías con la infraestructura y sistemas de transporte existentes puede ser complejo y requerir tiempo y recursos adicionales.
- *Capacitación del Personal:* Es necesario capacitar al personal para manejar y mantener las nuevas tecnologías, lo que puede ser un desafío logístico y financiero.

#### ***5.3.6.1.3 Problemas de seguridad y privacidad.***

- *Ciberseguridad:* Los sistemas inteligentes están expuestos a riesgos de ciberseguridad, incluyendo posibles hackeos y ataques cibernéticos.
- *Privacidad de los Datos:* La recolección y uso de datos en tiempo real puede plantear preocupaciones sobre la privacidad de los usuarios.

#### ***5.3.6.1.4 Dependencia tecnológica.***

- *Fallos Tecnológicos:* La dependencia de sistemas tecnológicos puede ser problemática en caso de fallos técnicos, ya que el funcionamiento del transporte puede verse gravemente afectado.
- *Obsolescencia Rápida:* La rápida evolución tecnológica puede llevar a la obsolescencia de los sistemas implementados, requiriendo actualizaciones constantes.

#### ***5.3.6.1.5 Desigualdad en el acceso.***

- *Brecha Tecnológica:* La implementación de tecnologías inteligentes puede crear una brecha entre regiones que tienen acceso a estas tecnologías y aquellas que no, aumentando las desigualdades.
- *Accesibilidad:* No todos los usuarios pueden adaptarse fácilmente a las nuevas tecnologías, especialmente aquellos que no están familiarizados con el uso de dispositivos inteligentes.

#### **5.3.6.2 Ventajas.**

##### ***5.3.6.2.1 Mejora de la eficiencia operativa.***

- *Optimización de Rutas:* Las tecnologías inteligentes permiten la optimización de rutas de transporte, reduciendo los tiempos de viaje y mejorando la puntualidad.
- *Gestión del Tráfico:* Los sistemas de gestión de tráfico en tiempo real pueden reducir la congestión y mejorar el flujo vehicular.
- *Reducción de Costos:* La eficiencia operativa se traduce en menores costos de operación y mantenimiento para los operadores de transporte.

##### ***5.3.6.2.2 Aumento de la seguridad vial.***

- *Prevención de Accidentes:* La implementación de sistemas de comunicación V2V y V2I puede prevenir accidentes al alertar a los conductores sobre peligros potenciales.
- *Monitoreo en Tiempo Real:* Los sensores y cámaras de vigilancia permiten un monitoreo constante de las condiciones de la carretera, lo que facilita la respuesta rápida a incidentes.
- *Asistencia a Conductores:* Los sistemas avanzados de asistencia al conductor (ADAS) pueden ayudar a prevenir errores humanos, que son una causa común de accidentes.

##### ***5.3.6.2.3 Impacto ambiental positivo.***

- *Reducción de Emisiones:* La optimización del tráfico y la reducción de tiempos de espera pueden llevar a una disminución de las emisiones de gases contaminantes.
- *Fomento del Transporte Público:* La mejora en la eficiencia y confiabilidad del transporte público puede incentivar a más personas a usarlo, reduciendo la cantidad de vehículos privados en las carreteras.

#### ***5.3.6.2.4 Mejora en la experiencia del usuario.***

- *Información en Tiempo Real:* Los usuarios pueden recibir información en tiempo real sobre el estado del tráfico, tiempos de llegada y posibles retrasos, mejorando su experiencia de viaje.
- *Mayor Confiabilidad:* La mejora en la gestión y operación del transporte aumenta la confiabilidad del sistema, generando mayor confianza entre los usuarios.

#### ***5.3.6.2.5 Innovación y desarrollo tecnológico.***

- *Adopción de Nuevas Tecnologías:* La implementación de tecnologías inteligentes fomenta la adopción de nuevas innovaciones y el desarrollo continuo en el campo del transporte.
- *Oportunidades Económicas:* La demanda de nuevas tecnologías puede generar oportunidades económicas y de empleo en sectores relacionados con el desarrollo y mantenimiento de sistemas inteligentes.

### ***5.3.7 Resultados e impactos***

#### ***5.3.7.1 Resultados.***

***5.3.7.1.1 Impacto positivo en la eficiencia operativa.*** La implementación de tecnologías inteligentes en la infraestructura de transporte ha demostrado una mejora significativa en la eficiencia operativa. Los sistemas de transporte inteligente (ITS) y las tecnologías de comunicación V2V y V2I han permitido una gestión más efectiva del tráfico y una reducción notable en los tiempos de espera.

***5.3.7.1.2 Mejoras en la seguridad vial.*** Los sistemas inteligentes de transporte han contribuido a la reducción de accidentes viales. La aplicación de inteligencia artificial (IA) para la predicción y prevención de accidentes ha resultado en una disminución de incidentes en áreas urbanas y carreteras principales.

***5.3.7.1.3 Beneficios Ambientales.*** La optimización del tráfico y la reducción de tiempos de espera han llevado a una disminución en las emisiones de gases contaminantes. Esto es

particularmente relevante en áreas urbanas densamente pobladas, donde la calidad del aire ha mejorado notablemente.

**5.3.7.1.4 Satisfacción del usuario y experiencia de viaje.** Los usuarios del sistema de transporte han reportado una mayor satisfacción debido a la disminución de tiempos de viaje y una experiencia de viaje más cómoda y segura. Las encuestas indican que la percepción de seguridad y eficiencia ha mejorado significativamente.

**Tabla 1** *Tabla de resultados*

<b>Resultado</b>	<b>Indicador</b>	<b>Objetivo Relacionado</b>
Reducción de tiempos de espera en el transporte público	Tiempo promedio de espera (minutos)	Evaluar la eficiencia operativa de los sistemas de transporte público que han adoptado tecnologías inteligentes, centrándose en la mejora de horarios, la reducción de tiempos de espera y la optimización de rutas.
Mejora en la puntualidad de los horarios de transporte público	Porcentaje de cumplimiento de horarios (%)	Evaluar la eficiencia operativa de los sistemas de transporte público que han adoptado tecnologías inteligentes, centrándose en la mejora de horarios, la reducción de tiempos de espera y la optimización de rutas.
Optimización de rutas de transporte público	Índice de optimización de rutas	Evaluar la eficiencia operativa de los sistemas de transporte público que han adoptado tecnologías inteligentes, centrándose en la mejora de horarios, la reducción de tiempos de espera y la optimización de rutas.
Disminución de accidentes viales	Número de accidentes por año	Examinar la eficiencia de los sistemas de alerta y respuesta rápida implementados en la infraestructura de transporte, con un enfoque especial en la reducción de accidentes y mejora de la seguridad vial.
Mejora en la respuesta rápida a incidentes	Tiempo de respuesta a incidentes (minutos)	Examinar la eficiencia de los sistemas de alerta y respuesta rápida implementados en la infraestructura de transporte, con un enfoque especial en la reducción de accidentes y mejora de la seguridad vial.
Eficiencia en la gestión del tráfico	Flujo de tráfico (vehículos/hora)	Evaluar la implementación de sistemas de gestión del tráfico inteligentes en una muestra representativa de ciudades o regiones urbanas específicas.
Coordinación mejorada a través de V2V y V2I	Número de comunicaciones exitosas V2V y V2I	Investigar la integración de tecnologías de comunicación vehículo a vehículo (V2V) y comunicación vehículo a infraestructura (V2I) para entender cómo facilitan la coordinación y la toma de decisiones en el tráfico.

**Tabla 1** *Continuación*

Percepción positiva de los usuarios sobre las tecnologías inteligentes	Porcentaje de usuarios con percepción positiva (%)	Analizar la aceptación y percepción de los usuarios frente a las tecnologías inteligentes en el transporte, identificando posibles resistencias y proponiendo estrategias para fomentar su adopción.
Identificación de resistencias de los usuarios	Principales resistencias identificadas	Analizar la aceptación y percepción de los usuarios frente a las tecnologías inteligentes en el transporte, identificando posibles resistencias y proponiendo estrategias para fomentar su adopción.
Estrategias propuestas para fomentar la adopción de tecnologías inteligentes	Estrategias propuestas	Analizar la aceptación y percepción de los usuarios frente a las tecnologías inteligentes en el transporte, identificando posibles resistencias y proponiendo estrategias para fomentar su adopción.

Nota: Resultados obtenidos de la revisión teórica.

### 5.3.7.2 Impactos.

**5.3.7.2.1 Impacto en la Política y Regulación.** La adopción de tecnologías inteligentes ha influido en la formulación de nuevas políticas y regulaciones para el transporte. Las autoridades han tenido que actualizar normativas para incluir estándares de ITS y asegurar su correcta implementación y funcionamiento.

**5.3.7.2.2 Impacto Económico.** La mejora en la eficiencia operativa y la reducción de accidentes han generado ahorros significativos en costos operativos y en gastos relacionados con accidentes. Además, la optimización de rutas ha contribuido a una mejor gestión de recursos.

**5.3.7.2.3 Impacto Social.** La implementación de tecnologías inteligentes ha mejorado la calidad de vida de los ciudadanos, ofreciendo un sistema de transporte más seguro y eficiente. Esto ha fomentado una mayor confianza en el uso del transporte público y ha reducido la dependencia del transporte privado.

**5.3.7.2.4 Impacto Tecnológico.** El despliegue de ITS ha incentivado la innovación tecnológica y el desarrollo de nuevas soluciones para el transporte. Las colaboraciones entre instituciones académicas, empresas tecnológicas y autoridades de transporte han sido clave para el éxito de estas implementaciones.

**5.3.7.2.5 Impacto ambiental.** La reducción de emisiones contaminantes debido a una mejor gestión del tráfico ha tenido un impacto positivo en el medio ambiente. Las ciudades que han adoptado estas tecnologías han visto mejoras en la calidad del aire y una menor huella de carbono.

## Conclusiones

La implementación de tecnologías inteligentes en la infraestructura de transporte ha mostrado ser una estrategia eficaz para mejorar tanto la eficiencia operativa como la seguridad vial. Este estudio ha analizado cómo diversas tecnologías, como los sistemas de transporte inteligente (ITS), la Internet de las cosas (IoT), la inteligencia artificial (IA) y el análisis de big data, pueden transformar el sector del transporte de manera significativa.

En primer lugar, la evaluación de la eficiencia operativa en los sistemas de transporte público ha revelado que la adopción de tecnologías inteligentes, como la gestión de horarios y la optimización de rutas, ha llevado a una reducción considerable de los tiempos de espera y una mejora en la puntualidad. Estos avances no solo benefician a los usuarios proporcionando un servicio más confiable, sino que también optimizan el uso de los recursos por parte de los operadores de transporte.

En segundo lugar, los sistemas de alerta y respuesta rápida han demostrado ser efectivos en la reducción de accidentes y en la mejora de la seguridad vial. Tecnologías como la IA y la IoT han permitido una detección y respuesta más rápida ante incidentes, lo cual ha contribuido a una disminución en el número de accidentes y a una percepción mejorada de la seguridad entre los usuarios.

La implementación de sistemas de gestión del tráfico inteligentes en diversas ciudades y regiones ha facilitado el flujo vehicular, reducido la congestión y optimizado el uso de las infraestructuras existentes. La integración de tecnologías de comunicación entre vehículos (V2V) y entre vehículos e infraestructura (V2I) ha mejorado significativamente la coordinación y la toma de decisiones en tiempo real, incrementando la eficiencia del tráfico.

Además, el análisis de la aceptación y percepción de los usuarios hacia estas tecnologías ha mostrado una actitud mayoritariamente positiva, aunque también se han identificado ciertas resistencias que deben ser abordadas. Las estrategias recomendadas para fomentar la adopción de tecnologías inteligentes incluyen campañas de sensibilización, mejoras en la accesibilidad y la inclusión de feedback de los usuarios en el desarrollo de nuevas tecnologías.

En resumen, esta monografía ha demostrado que la implementación de tecnologías inteligentes en la infraestructura de transporte puede generar beneficios significativos en términos de eficiencia operativa y seguridad vial. Para maximizar estos beneficios, es crucial considerar la

percepción y aceptación de los usuarios, así como continuar investigando y desarrollando tecnologías que se adapten a las necesidades cambiantes del sector del transporte. Las recomendaciones formuladas en este estudio ofrecen una guía para futuras implementaciones y desarrollos, contribuyendo al avance continuo de la infraestructura de transporte inteligente.

### Referencias bibliográficas

- Agencia Española de Seguridad Vial. (30 de Noviembre de 2022). Informe sobre sistemas inteligentes de transporte (ITS). *Dirección general de tráfico*. <https://www.dgt.es/muevetecon-seguridad/tecnologia-e-innovacion-en-carretera/sistemas-inteligentes-de-transporte-its/>
- Arizaga, J., & González, P. (2016). Evaluación del impacto de los sistemas ITS en la movilidad urbana. *Revista de Transporte y Territorio*.
- Asociación Mundial de Carreteras. (s.f.). *PIARC*. [rno-its.piarc.org](https://rno-its.piarc.org) <https://rno-its.piarc.org/es/planificacion-e-implementacion-valuacion-de-proyectos/evaluacion-de-proyectos-its>
- Cepeda Cáceres, G. A., & Bohórquez Perdomo, S. A. (2019). El impacto de la implementación de la Tecnología en la Seguridad Vial en Colombia. *tecnología Investigación y Academia*, 7(2), 28–44. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tia/article/view/14916/15928>
- Galindo Tello, Y. (2024). Implementación de los ITS en el marco de referencia de gestión de beneficios. *Revista Colombiana de Ingeniería de Transporte*. <https://repositorio.escuelaing.edu.co/bitstream/handle/001/3072/Anexo%20C%20-%20Implementación%20de%20los%20ITS%20en%20el%20marco%20de%20referencia%20de%20gestión%20de%20beneficios.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- GSD+. (s.f.). *Diseño de estrategia para promover el uso de la tarjeta híbrida*. <https://www.gsdplus.com/proyectos-transporte>
- GSD+. (s.f.). Esquemas de implantación de tecnologías inteligentes de transporte en América Latina: estudios de casos y recomendaciones. (A. Pinheiro Silveira, & S. Conde, Edits.) <https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1396/4%20Esquemas%20de%20implantacion%20de%20Tecnologias%20Inteligentes%20de%20Transporte-28feb.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Intel. (s.f.). *Las Carreteras Inteligentes Comienzan con la Infraestructura Inteligente* <https://www.intel.la/content/www/xl/es/transportation/smart-road-infrastructure.html>

- Jiménez, H. B. (s.f.). *Sistemas inteligentes de transporte (ITS) en la ciudad de Medellín: Apuesta CITRA*. [https://www.metropol.gov.co/Documentos\\_SalaPrensa/Movilidad-Inteligente-en-Medellin-Alcaldia.pdf](https://www.metropol.gov.co/Documentos_SalaPrensa/Movilidad-Inteligente-en-Medellin-Alcaldia.pdf)
- Ministerio de transporte. (mayo de 2022). *Mintransporte firmó el Plan Maestro de Sistemas Inteligentes de Infraestructura, Tránsito y Transporte*. <https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/10937/mintransporte-firmo-el-plan-maestro-de-sistemas-inteligentes-de-infraestructura-transito-y-transporte/>
- Navarro, F. (2018). *Infraestructura de transporte y nuevas tecnologías: El caso de la movilidad en Barcelona. Revista de Urbanismo y Transporte*.
- Pérez Padra, F., Velázquez Romera, G., & Dorao Sánchez, J. (s.f.). *Movilidad inteligente*. <https://www.mintur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/395/FIAMMA%20PEREZ%20y%20OTROS.pdf>
- Quintero González, J. R., & Prieto Vaca, L. F. (2015). *Sistemas inteligentes de transporte y nuevas tecnologías en el control y administración del transporte*. [Artículo académico, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia]. Repositorio Institucional. <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/7281/SISTEMAS%20INTE-LIGENTES%20DE%20TRANSPORTE.pdf?sequence=1>
- Sabry, F. (2022). *Sistemas De Comunicación Vehicular*. Mil Millones de Conocimientos [https://www.google.com.co/books/edition/Sistemas\\_De\\_Comunicación\\_Vehicular/PmyYEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1](https://www.google.com.co/books/edition/Sistemas_De_Comunicación_Vehicular/PmyYEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1)
- Secretaria de Movilidad de Medellín. (s.f.). *Sistema Inteligente de Movilidad de Medellín*. <https://www.medellin.gov.co/es/secretaria-de-movilidad/sistema-inteligente-de-movilidad-de-medellin/>
- Tecnalia colombia. (07 de 04 de 2021). *Implantación de tecnologías de comunicación vehicular*. <https://tecnaliacolombia.org/implantacion-de-tecnologias-de-comunicacion-vehicular/>