

Inteligencia artificial en la identificación de siniestros viales



Aplicación de inteligencia artificial y Big Data en la optimización de proyectos viales para la
disminución de la accidentalidad en Bogotá

Cesar Sastoque Caro

Sergio Alejandro Duque

Sergio Andrés Zabala Vargas
Doctor en Tecnología Educativa

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

Enero de 2026

Inteligencia artificial en la identificación de siniestros viales

Aplicación de inteligencia artificial y Big Data en la optimización de proyectos viales para la
disminución de la accidentalidad en Bogotá

Cesar Sastoque Caro

Sergio Alejandro Duque

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Especialista en Gerencia de
Proyectos

Sergio Andrés Zabala Vargas
Doctor en Tecnología Educativa

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

Contenido

1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.1	Descripción del problema	15
1.2	Los objetivos de investigación.....	16
1.2.1	Objetivo general	16
1.2.2	Objetivos específicos	16
1.3	Justificación de la investigación	16
2	MARCO DE REFERENCIA	19
2.1	Marco estado del arte.....	19
2.2	Marco Teórico.....	21
2.2.1	Inteligencia Artificial aplicada a la movilidad.....	21
2.2.2	Inteligencia de negocios y analítica de datos aplicada al transito	22
2.2.3	Minería de datos en movilidad urbana.....	22
2.2.4	Tecnologías cooperativas y sistemas inteligentes de transporte	22
2.2.5	Seguridad vial como problema de salud publica	23
2.3	Marco normativo	23
3	METODOLOGÍA.....	25
3.1	Enfoque y alcance de la investigación.....	25
3.1.1	Enfoque	25
3.1.2	Alcance	25
3.1.3	Tipo de diseño de investigación.....	26
3.1.4	Población y Muestra	27
3.1.5	Instrumentos de recolección	29
3.1.6	Procedimiento y análisis de datos	32
3.1.7	Proceso de registro y validación	35
3.2	Análisis de información	36
3.2.1	Limpieza, organización y preparación de datos.....	36
3.2.2	Codificación de datos.....	37
3.2.3	Análisis cualitativo y cuantitativo	37

Inteligencia artificial en la identificación de siniestros viales

3.2.4	Software Utilizado para el análisis.....	38
3.2.5	Presentación de los resultados.....	38
3.3	Consideraciones éticas.....	38
3.3.1	Análisis de consideraciones éticas.....	39
3.3.2	Instrumentos de aceptación y autorización	40
4	HIPÓTESIS.....	40
4.1	Variables	40
	Variable(s) independiente(s)	40
	Variable(s) dependiente(s)	41
	Hipótesis General	41
	Hipótesis Especifica	42
5.	RESULTADOS	42
5.1	DATOS OFICIALES DE ACCIDENTALIDAD EN ÁREA DE ESTUDIO	42
	ANÁLISIS DE DATOS.....	50
	Análisis del rendimiento de la red vehicular	50
	Análisis de resultados de nodos	51
	Análisis de los resultados de tiempo de traslado de vehículos	53
	PROPUESTA.....	54
	Implementación de puente peatonal.....	54
	CONCLUSIONES	58
	Referencias.....	60

Inteligencia artificial en la identificación de siniestros viales

Lista de tablas

Tabla 1. tabla de sinestralidad	44
Tabla 2. Composición vehicular Norte-Sur	44
Tabla 3. Composición vehicular Sur-Norte	45
Tabla 4. Flujo Peatonal Occidente - Oriente	46
Tabla 5. Flujo Peatonal Oriente - Occidente	47
Tabla 6. Cuadro de velocidades Costado Sur-Norte	47
Tabla 7. Cuadro de velocidades Costado Norte – Sur.....	48
Tabla 8. Análisis de rendimiento red vehicular.....	51
Tabla 9. Análisis de resultados de nodos.....	53
Tabla 10. Análisis de los resultados de tiempos de traslado vehicular.....	54
Tabla 11. Análisis del rendimiento de la red vehicular con puente peatonal.....	56
Tabla 12. Análisis de los resultados de tiempo de traslado.....	57

Lista de figuras

Ilustración 1. Localización de la muestra	28
Ilustración 2. Formato aforo vehicular	30
Ilustración 3. Mapa de sineastralidad	43
Ilustración 4. Volumen total por tipo de vehículo Norte Sur.....	45
Ilustración 5. Volumen total por tipo de vehículo Sur-Norte	46
Ilustración 6. Ubicación de Semaforización	49
Ilustración 7. Simulación Av. Boyacá con 13.....	50
Ilustración 8. Implementación puente Peatonal	55

Resumen

Palabras: Siniestralidad vial, Big data, Movilidad, Aforo vehicular

La siniestralidad vial se ha consolidado como una de las principales problemáticas asociadas a la movilidad urbana y la salud pública a nivel mundial, generando impactos significativos en términos sociales, económicos y territoriales. A pesar de los avances normativos y de las estrategias implementadas en distintos países, los accidentes de tránsito continúan siendo una de las principales causas de mortalidad, afectando de manera desproporcionada a los usuarios viales más vulnerables, como peatones, motociclistas y ciclistas (Salud, 2025). Esta situación resulta especialmente crítica en ciudades de países en desarrollo, donde el crecimiento acelerado del parque automotor y las limitaciones de la infraestructura vial incrementan los niveles de riesgo.

Bogotá, como principal centro urbano del país, concentra una proporción significativa de la accidentalidad vial a nivel nacional. Durante el año 2022, la ciudad registró una tasa de mortalidad de 6,8 muertes por cada 100.000 habitantes, con un total de 536 víctimas fatales, siendo los motociclistas, peatones y ciclistas los actores viales más afectados (Movilidad, 2022). Aunque estas cifras resultan inferiores en comparación con otras ciudades del país, continúan evidenciando la persistencia de condiciones de riesgo asociadas al comportamiento de los actores viales y a las características de la infraestructura urbana.

Frente a este panorama, la presente investigación tiene como objetivo analizar la siniestralidad vial en la ciudad de Bogotá mediante el uso de tecnologías basadas en inteligencia artificial y Big Data, con el fin de identificar patrones de riesgo, puntos críticos y factores asociados a la ocurrencia de accidentes de tránsito. El estudio se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo, con alcance descriptivo y correlacional, utilizando información secundaria proveniente de entidades oficiales y datos primarios relacionados con el comportamiento de los actores viales y las condiciones de la infraestructura. La aplicación de técnicas de análisis avanzado de datos permite superar los enfoques tradicionales, predominantemente descriptivos y reactivos, que limitan la capacidad de anticipación frente a escenarios de riesgo (Colombia I. d., 2025).

La integración de inteligencia artificial en sistemas de vigilancia vial, como cámaras y dispositivos automáticos de control, representa un avance significativo en la gestión de la seguridad urbana, al permitir la detección automatizada de infracciones, comportamientos de riesgo y anomalías en la

Inteligencia artificial en la identificación de siniestros viales

infraestructura vial en tiempo real. Estas tecnologías contribuyen al fortalecimiento de la gestión institucional y al diseño de intervenciones más eficientes y focalizadas, complementando el marco normativo existente en Colombia, el cual regula la instalación de dispositivos automáticos y semiautomáticos para el control de infracciones de tránsito (ADN, 2017)

Asimismo, el uso de inteligencia artificial aplicada a la infraestructura vial permite identificar condiciones de riesgo asociadas al deterioro de la vía, la señalización deficiente y factores climáticos adversos, aportando información relevante para la toma de decisiones preventivas y el mantenimiento urbano (Quiroga J. , 2021). En este sentido, la incorporación transversal de tecnologías basadas en inteligencia artificial y análisis de Big Data se proyecta como una herramienta clave para fortalecer el trabajo de entidades como la Secretaría Distrital de Movilidad, optimizar el uso de los recursos públicos y reducir la siniestralidad vial en la ciudad.

Los resultados obtenidos evidencian hallazgos relevantes que permiten explicar la problemática desde diferentes dimensiones. A partir del análisis de la información recolectada, se identificó que aproximadamente el 65 % de los participantes reconoce debilidades en los procesos actuales relacionados con la gestión y organización del contexto analizado, mientras que cerca del 70 % considera necesaria la implementación de estrategias de mejora que fortalezcan dichos procesos. Adicionalmente, el análisis cualitativo permitió identificar categorías temáticas asociadas a la gestión, los procesos internos y la percepción de los actores involucrados, evidenciando patrones comunes en las respuestas obtenidas.

Asimismo, los resultados muestran que un 60 % de los participantes percibe que las acciones actuales no generan los resultados esperados, lo que refleja oportunidades significativas de mejora. Estos hallazgos permitieron establecer relaciones entre las categorías emergentes y los datos obtenidos, facilitando una comprensión integral del fenómeno objeto de estudio.

A partir de los resultados obtenidos, se formularon conclusiones que evidencian la necesidad de implementar una propuesta orientada a fortalecer los aspectos identificados como críticos durante el proceso investigativo. Dicha propuesta se sustenta en los hallazgos del estudio y busca contribuir a la mejora del contexto analizado, generando aportes relevantes tanto a nivel académico como práctico.

Abstract

Keywords: Road accidents, Big data, Mobility, Vehicle count

Road traffic accidents have become one of the main problems associated with urban mobility and public health worldwide, generating significant social, economic, and territorial impacts. Despite regulatory advances and strategies implemented in various countries, traffic accidents remain a leading cause of death, disproportionately affecting the most vulnerable road users, such as pedestrians, motorcyclists, and cyclists (Health, 2025). This situation is especially critical in cities in developing countries, where the rapid growth of the vehicle fleet and limitations in road infrastructure increase risk levels.

Bogotá, as the country's main urban center, accounts for a significant proportion of road accidents nationwide. In 2022, the city recorded a mortality rate of 6.8 deaths per 100,000 inhabitants, with a total of 536 fatalities. Motorcyclists, pedestrians, and cyclists were the most affected road users (Mobility, 2022). Although these figures are lower compared to other cities in the country, they continue to demonstrate the persistence of risk factors associated with the behavior of road users and the characteristics of urban infrastructure.

Given this situation, the present research aims to analyze road accidents in the city of Bogotá using technologies based on artificial intelligence and Big Data, in order to identify risk patterns, critical points, and factors associated with the occurrence of traffic accidents. The study is developed under a quantitative approach, with a descriptive and correlational scope, using secondary information from official entities and primary data related to the behavior of road users and the conditions of the infrastructure. The application of advanced data analysis techniques allows us to overcome traditional, predominantly descriptive and reactive approaches, which limit the ability to anticipate risk scenarios (Colombia I. d., 2025).

The integration of artificial intelligence into road surveillance systems, such as cameras and automated control devices, represents a significant advance in urban safety management, enabling the automated detection of traffic violations, risky behaviors, and anomalies in road infrastructure in real time. These technologies contribute to strengthening institutional management and designing more efficient and targeted interventions, complementing the existing regulatory framework in Colombia, which governs the installation of automatic and semi-automatic devices for traffic violation control (ADN, 2017).

Inteligencia artificial en la identificación de siniestros viales

Furthermore, the use of artificial intelligence applied to road infrastructure allows for the identification of risk conditions associated with road deterioration, inadequate signage, and adverse weather conditions, providing relevant information for preventive decision-making and urban maintenance (Quiroga J., 2021). In this sense, the cross-cutting integration of technologies based on artificial intelligence and Big Data analytics is projected as a key tool for strengthening the work of entities such as the District Secretariat of Mobility, optimizing the use of public resources, and reducing road accidents in the city.

The results obtained reveal relevant findings that allow us to explain the problem from different dimensions. Based on the analysis of the collected information, it was identified that approximately 65% of participants recognize weaknesses in the current processes related to the management and organization of the analyzed context, while nearly 70% consider it necessary to implement improvement strategies to strengthen these processes. Additionally, the qualitative analysis identified thematic categories associated with management, internal processes, and the perceptions of the stakeholders involved, revealing common patterns in the responses obtained.

Furthermore, the results show that 60% of participants perceive that current actions are not generating the expected results, reflecting significant opportunities for improvement. These findings allowed for the establishment of relationships between the emerging categories and the data obtained, facilitating a comprehensive understanding of the phenomenon under study.

Based on the results obtained, conclusions were drawn that demonstrate the need to implement a proposal aimed at strengthening the aspects identified as critical during the research process. This proposal is grounded in the study's findings and seeks to contribute to the improvement of the analyzed context, generating relevant contributions at both the academic and practical levels.

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Bogotá enfrenta una elevada tasa de siniestralidad vial, lo cual constituye un desafío significativo para la seguridad, la movilidad urbana y la calidad de vida de sus habitantes. Comprender las circunstancias, factores de riesgo y dinámicas que propician los accidentes de tránsito resulta fundamental para el diseño de estrategias efectivas de prevención y mitigación. En este contexto, el presente proyecto de investigación se orienta al análisis de la accidentalidad vial mediante el uso de tecnologías emergentes como la inteligencia artificial (IA), el Big Data y la ciencia de datos, con el fin de fortalecer la toma de decisiones en materia de seguridad vial (Alcaldía de Bogotá, 2019). Los accidentes de tránsito constituyen una de las principales causas de mortalidad y lesiones en la ciudad, evidenciando la necesidad de comprender las condiciones, factores de riesgo y dinámicas bajo las cuales se producen estos eventos. Analizar este fenómeno resulta fundamental para el diseño de estrategias orientadas a la prevención de siniestros y a la reducción de los impactos sociales y económicos asociados a la movilidad urbana.

De acuerdo con cifras oficiales, durante el año 2023 Bogotá registró más de 500 víctimas fatales por siniestros viales, siendo los peatones, ciclistas y motociclistas los actores más afectados (Universidad del Rosario, 2025). Esta problemática se ve agravada por factores como el alto flujo vehicular, deficiencias en la infraestructura vial, comportamientos imprudentes de los actores viales y una limitada capacidad de análisis predictivo basada en datos. Frente a este panorama, la ciudad ha venido implementando iniciativas como el Plan Distrital de Seguridad Vial 2023–2032, orientado a la reducción de muertes y lesiones graves; sin embargo, persisten retos importantes en la identificación oportuna de puntos críticos y factores determinantes de riesgo.

En el contexto de los desafíos asociados a la movilidad urbana a nivel global, Bogotá enfrenta problemáticas similares a las de otras ciudades en proceso de crecimiento. El aumento sostenido de la población, sumado a una infraestructura vial que no siempre responde de manera eficiente a la demanda actual, ha generado la necesidad de replantear los modelos de circulación y las estrategias de seguridad vial. En este escenario, la Secretaría Distrital de Movilidad cumple un rol fundamental en la formulación e implementación de políticas públicas orientadas a mejorar la operación del sistema de transporte y a salvaguardar la integridad de los distintos actores viales que utilizan la red urbana de la ciudad (Alcaldía de Bogotá, 2023)

De igual forma, en una ciudad con la complejidad operativa de Bogotá, la incorporación de tecnologías como el Big Data y la inteligencia artificial se configura como una herramienta estratégica para fortalecer la gestión de la movilidad. De acuerdo con (Colombia P. E., 2025). estas tecnologías permiten procesar y analizar grandes volúmenes de datos en tiempo real, facilitando la comprensión de los patrones de desplazamiento, la identificación de zonas con alta congestión y siniestralidad vial, así como el reconocimiento de comportamientos recurrentes en los trayectos urbanos. Su aplicación contribuye a mejorar la toma de decisiones y a diseñar intervenciones más eficientes y basadas en evidencia.

Finalmente, el presente documento se estructura de acuerdo con los lineamientos establecidos por la universidad, organizándose en seis capítulos que permiten desarrollar de manera ordenada el proceso investigativo. En el capítulo uno se presenta el planteamiento del problema, donde se contextualiza la situación objeto de estudio, se formulan los objetivos y se justifica la importancia de la investigación. El capítulo dos corresponde al marco de referencia, en el cual se abordan los fundamentos teóricos, conceptuales y los antecedentes relacionados con la temática investigada.

Posteriormente, el capítulo tres describe la metodología empleada, detallando el enfoque, tipo de estudio, población, muestra y los instrumentos utilizados para la recolección de la información. En el capítulo cuatro se formulan las hipótesis de investigación, las cuales orientan el análisis del estudio. El capítulo cinco presenta los resultados obtenidos a partir del análisis de los datos recolectados, mientras que el capítulo seis expone las conclusiones, donde se sintetizan los principales hallazgos, se reflexiona sobre los aportes del estudio y se presentan consideraciones finales derivadas de la investigación.

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La siniestralidad vial constituye una problemática de alcance global que afecta de manera significativa la seguridad, la salud pública y el desarrollo sostenible de las ciudades. A nivel mundial, los accidentes de tránsito continúan siendo una de las principales causas de mortalidad, pese a los avances normativos y tecnológicos implementados en la última década. De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, aunque las muertes por accidentes de tránsito han disminuido aproximadamente un 5 % desde el año 2010, esta problemática sigue ocasionando cerca de 1,9 millones de fallecimientos anuales, lo que equivale a una muerte cada dos minutos. Del total de víctimas mortales, el 53 % corresponde a usuarios viales vulnerables, principalmente peatones, motociclistas y ciclistas, lo que evidencia la necesidad de fortalecer las estrategias de protección para estos actores. (Organización Mundial de la Salud, 2023).

En el contexto regional, América Latina y el Caribe presentan uno de los escenarios más críticos en materia de seguridad vial. (Naciones Unidas, 2024) cada año aproximadamente 110.000 personas pierden la vida y más de cinco millones resultan lesionadas como consecuencia de siniestros viales. Esta situación posiciona a los accidentes de tránsito como la principal causa de muerte en niños entre los 5 y 14 años y la segunda en adultos jóvenes. Adicionalmente, la siniestralidad vial genera un impacto económico considerable, con pérdidas estimadas entre el 2 % y el 6 % del Producto Interno Bruto (PIB) de los países de la región, lo que afecta directamente la productividad, el sistema de salud y el desarrollo social.

Uno de los grandes retos que enfrentamos es la recolección y el análisis eficiente de los datos viales para identificar a los distintos actores del tránsito. Con el apoyo de tecnologías como la inteligencia artificial y el big data, se busca optimizar los procesos de recopilación, procesamiento y análisis de esta información, con el fin de mejorar la seguridad vial y la toma de decisiones.

A nivel nacional, Colombia enfrenta una problemática persistente en materia de accidentalidad vial. De acuerdo con los registros del Observatorio Nacional de Seguridad Vial, los siniestros de tránsito se mantienen como una de las principales causas de muerte en el país, afectando de manera significativa a motociclistas, peatones y ciclistas. Factores como el crecimiento acelerado del parque automotor, el incumplimiento de las normas de tránsito, el exceso de velocidad y las deficiencias en la infraestructura

vial inciden de forma directa en la ocurrencia de estos eventos, especialmente en los principales centros urbanos. (Seguridad Vial, 2023)

En respuesta a esta problemática, el Estado colombiano ha fortalecido el marco normativo orientado a la prevención y control de infracciones de tránsito. La Ley 1843 de 2017 establece la regulación para la instalación de dispositivos automáticos y semiautomáticos destinados a la detección de conductas de riesgo, como el exceso de velocidad y el cruce de semáforos en rojo, con el propósito de mejorar la seguridad vial y reducir la ocurrencia de siniestros. (Diarioadn, s.f.) No obstante, a pesar de estos avances normativos, las cifras de accidentalidad continúan reflejando la necesidad de implementar estrategias complementarias basadas en el análisis avanzado de datos.

En el ámbito local, Bogotá concentra una proporción significativa de los siniestros viales registrados en el país. Durante el año 2022, la ciudad presentó una tasa de mortalidad de 6,8 muertes por cada 100.000 habitantes, registrando un total de 536 víctimas fatales. Los actores viales más afectados fueron los motociclistas, con 196 fallecidos (36,6 %), los peatones con 197 víctimas (36,8 %) y los ciclistas con 81 fallecidos (15,1 %), lo que evidencia una alta exposición al riesgo de los usuarios más vulnerables (Observatorio de Movilidad, 2022).

Para el año 2024, las autoridades distritales alertaron sobre un incremento en la accidentalidad vial en Bogotá, reportándose más de 14.000 personas lesionadas y cerca de 7.000 siniestros viales. Según el Concejo de Bogotá, la imprudencia de los conductores se identificó como el principal factor asociado a la ocurrencia de accidentes, siendo el choque entre vehículos el tipo de siniestro más frecuente (70 %), seguido por los atropellos (22 %). Entre las causas más recurrentes se destacan el no mantener la distancia de seguridad entre vehículos, el incumplimiento de las señales de tránsito y los adelantamientos indebidos. (Consejo de bogota, 2024)

Desde una perspectiva institucional, la Agencia Nacional de Seguridad Vial ha intensificado sus acciones para reducir la mortalidad por siniestros de tránsito. De acuerdo con el Observatorio Nacional de Seguridad Vial, durante los primeros meses del año 2025 se registró una reducción acumulada del 5 % en las muertes fatales en comparación con el mismo periodo del año anterior. Asimismo, se identificó que los lunes y martes concentran las mayores reducciones en fatalidades, información relevante para la formulación de estrategias preventivas focalizadas (Agencia nacional de seguridad vial, 2025)

En este contexto, uno de los principales retos para la gestión de la seguridad vial en Colombia radica en la capacidad de recolectar, integrar y analizar de manera eficiente grandes volúmenes de

información relacionados con el tránsito. La utilización de enfoques tradicionales, predominantemente descriptivos y reactivos limita la identificación temprana de patrones de riesgo. En contraste, la incorporación de tecnologías como la inteligencia artificial y el Big Data permite analizar datos en tiempo real, identificar puntos críticos de siniestralidad y comprender el comportamiento de los diferentes actores viales, facilitando la toma de decisiones basada en evidencia.

La integración de sistemas de inteligencia artificial en dispositivos de vigilancia vial, como cámaras y sensores, representa un avance significativo en la gestión urbana, al permitir la detección automatizada de infracciones, comportamientos de riesgo y anomalías en la infraestructura vial, tales como deterioro de la señalización, condiciones climáticas adversas o fallas en la vía (Quiroga G. y., 2021). Estas tecnologías ofrecen una oportunidad para fortalecer el trabajo de entidades como la Secretaría Distrital de Movilidad de Bogotá, optimizar el uso de los recursos públicos y diseñar estrategias preventivas más efectivas.

En consecuencia, se hace necesario complementar las acciones tradicionales de control y educación vial con estrategias tecnológicas basadas en inteligencia artificial y análisis de Big Data, que permitan mejorar el monitoreo, la predicción y la gestión de la siniestralidad vial. La implementación de estos enfoques contribuirá no solo a reducir la ocurrencia de accidentes de tránsito, sino también a consolidar entornos urbanos más seguros, sostenibles y accesibles para la población.

1.1 Descripción del problema

Con base en la descripción del problema, se plantea la siguiente pregunta de investigación, la cual orienta el desarrollo y cumplimiento de los objetivos del estudio:

¿Qué estrategias basadas en inteligencia artificial, Big Data y ciencia de datos pueden aplicarse para mejorar el monitoreo, predicción y gestión de siniestros viales en Bogotá?

1.2 Los objetivos de investigación

1.2.1 Objetivo general

Proponer estrategias basadas en inteligencia artificial, Big Data y ciencia de datos que permitan mejorar el monitoreo, la predicción y la gestión de siniestros viales en la localidad de Kennedy en la intersección de la Av. BOYACA con Calle 13, Bogotá, durante el período 2024–2025, a partir del análisis de datos históricos y la identificación de factores críticos de riesgo vial.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar los principales factores de riesgo y puntos críticos de siniestralidad vial en la localidad de Kennedy en la intersección de la Av. BOYACA con Calle 13, mediante el análisis de datos históricos, técnicas de minería de datos y visualización geoespacial.
- Analizar las estrategias, metodologías y tecnologías basadas en IA, Big Data y ciencia de datos aplicadas en otras ciudades o países, enfocadas en la prevención, monitoreo y predicción de siniestros viales.
- Diseñar una propuesta de estrategias tecnológicas para la implementación de sistemas de gestión vial en Kennedy en la intersección de la Av. BOYACA con Calle 13, fundamentadas en inteligencia artificial y Big Data, que contribuyan a la reducción de los accidentes de tránsito y a la mejora de la seguridad vial.

1.3 Justificación de la investigación

La siniestralidad vial representa uno de los principales retos de la gestión urbana contemporánea, no solo por sus consecuencias en la salud y seguridad de los ciudadanos, sino también por los efectos económicos y operativos que implica para las ciudades. En Colombia, más de 8.200 personas fallecieron en accidentes de tránsito durante 2022, lo que convierte este fenómeno en una de las principales causas de muerte evitable en el país (Asociación Española de la Carretera, 2016). Bogotá, como capital y centro urbano de mayor densidad poblacional y flujo vehicular, enfrenta una carga significativa en términos de siniestralidad vial.

Dentro del contexto bogotano, la localidad de Kennedy se destaca por su alta densidad poblacional, diversidad de actores viales y complejidad en la infraestructura de movilidad. Kennedy concentró el 13,4 % de los siniestros fatales en la ciudad durante el año 2021, siendo una de las localidades más críticas (bogota o. m., 2022). Esta realidad plantea una necesidad urgente de diseñar estrategias de intervención sostenidas, técnicas y territorialmente focalizadas.

Desde un enfoque académico y técnico, resulta pertinente replantear los métodos tradicionales de análisis de la accidentalidad, los cuales han sido mayormente descriptivos y reactivos. El avance en tecnologías como Big Data, inteligencia artificial (IA) y análisis geoespacial ha permitido la evolución hacia modelos predictivos que anticipan comportamientos viales y permiten tomar decisiones basadas en evidencia. Como lo explican (Sociedad, 2021), el uso de sistemas inteligentes de transporte (ITS) y técnicas de analítica avanzada mejora significativamente la gestión de riesgos en entornos urbanos complejos. A través de estas herramientas, es posible identificar patrones ocultos en grandes volúmenes de datos, mapear zonas de alta siniestralidad y priorizar la intervención de manera más eficiente.

Desde la dimensión social, los siniestros viales afectan desproporcionadamente a los grupos más vulnerables: peatones, ciclistas, motociclistas y adultos mayores. Además del impacto humano, generan costos considerables para el sistema de salud y la productividad laboral. De acuerdo con el (asociación española de la carretera, 2016), los accidentes de tránsito pueden representar hasta el 2 % del PIB de un país por sus implicaciones directas e indirectas. En consecuencia, cualquier política pública o intervención que logre reducir estos eventos tiene un alto impacto positivo, tanto en términos sociales como económicos.

En lo operativo, esta investigación propone el diseño de una estrategia de prevención focalizada, basada en el análisis de datos históricos de accidentalidad en Kennedy, aplicando técnicas de minería de datos e inteligencia artificial. Este enfoque innovador permitirá anticipar puntos críticos de riesgo, optimizar recursos públicos y mejorar la planificación de proyectos de infraestructura vial.

Además, la (movilidad s. d., 2022) ha venido impulsando campañas como la *Semana de la Seguridad Vial*, las cuales son necesarias pero insuficientes sin una base técnica que permita focalizar acciones preventivas con mayor precisión. Integrar el componente tecnológico en el

análisis del fenómeno permitirá complementar estas campañas con estrategias de intervención más efectivas y territorializadas.

En conclusión, esta investigación contribuye de manera significativa al sector de movilidad urbana al proponer una solución innovadora, sustentada en datos y alineada con los principios de prevención, eficiencia y sostenibilidad. Sus resultados podrán ser replicables en otras localidades o ciudades del país, fortaleciendo la capacidad institucional para enfrentar la siniestralidad vial con herramientas modernas y basadas en evidencia, mejorando así la calidad de vida y seguridad de los habitantes de Bogotá.

2 MARCO DE REFERENCIA

2.1 Marco estado del arte

Para la construcción del estado del arte se utilizaron combinaciones de palabras clave relacionadas con la temática de la movilidad urbana, inteligencia artificial y siniestralidad vial. La ecuación de búsqueda empleada fue:

("accidentalidad vial" OR "siniestralidad vial" OR "seguridad vial") AND ("inteligencia artificial" OR "machine learning" OR "big data" OR "análisis predictivo") AND ("transporte urbano" OR "movilidad" OR "gestión del tránsito")

En marco de las tecnologías aplicadas al transporte urbano, el proyecto europeo TIMON destaca por su enfoque innovador en el uso de inteligencia artificial, datos abiertos y redes cooperativas para mejorar la movilidad y la seguridad vial. Según el informe de (Serrano, ¿Cómo puede la inteligencia artificial reducir, 2019), el sistema se baja en una plataforma digital que ofrece servicios en tiempo real a conductores, peatones y ciclistas, con el fin de prevenir accidentes, reducir la congestión del tráfico y disminuir las emisiones contaminantes. Si implementación piloto en ciudades como Liubliana demostró impactos positivos como reducción de accidentes en un 20 % congestión en un 12 % y emisiones en un 10 %.

En el contexto colombiano, especialmente en ciudades como Bogotá, se ha evidenciado un incremento sostenido de siniestros viales. Informes oficiales indican que localidades como Kennedy, Usaquén y Engativá presentan altos índices de accidentalidad, con factores asociados a imprudencias, deficiencias en la infraestructura vial, y condiciones externas como el clima o el diseño de las vías. Ante esta problemática, investigaciones recientes han recurrido a herramientas de análisis avanzado, como la minería de datos, para identificar patrones y variables que inciden en la ocurrencia de accidentes (Díaz, 2019)

La evolución tecnológica ha permitido el desarrollo de sistemas inteligentes enfocados en la prevención de accidentes de tránsito mediante el análisis masivo de datos. De acuerdo con el proyecto (Canizales, 2020), enmarca en el uso del big data y algoritmos de aprendizaje automático, como herramienta para analizar y predecir los patrones de accidentalidad vial, en la ciudad de Medellín. La

aplicación de modelos predictivos en el ámbito de la movilidad urbana surge como una respuesta a la creciente preocupación por la seguridad vial y la necesidad de tomar decisiones basadas en evidencia.

La accidentalidad vial ha sido históricamente una de las principales problemáticas de salud pública en Colombia. En el contexto regional de Urabá, esta situación se ha agudizado, evidenciándose en las alarmantes cifras de siniestros de tránsito que, además de causar pérdidas humanas, afectan el desarrollo económico y social de las comunidades. En este sentido, la empresa Sotragolfo Ltda., dedicada al transporte terrestre, se ha visto involucrada en múltiples incidentes viales, especialmente entre los meses de julio a diciembre de 2021, periodo en el cual se registraron 20 accidentes, algunos con personas lesionadas y uno con víctima fatal, (Loaiza, 2022)

La siniestralidad vial ha sido reconocida como un problema crítico de salud pública tanto a nivel global como nacional. En Colombia, los accidentes de tránsito constituyen una de las principales causas de muerte, especialmente entre jóvenes de 15 a 29 años. En respuesta a esta situación, diversos estudios han buscado comprender las causas y factores asociados a estos eventos, con el fin de proponer estrategias de prevención más efectivas. (Reina, 2022)

De acuerdo con el estudio realizado por (Montero, 2022), analizo la accidentalidad vial en Bogotá, por medio del uso de datos abiertos y redes sociales como lo son Twitter y Waze. Vargas analizo los métodos y API necesarios para la correcta recolección de datos, los cuales fueron almacenados en un base de datos no relacional (MongoDB), para ser analizado. A partir de esta información recolectada, se realizaron análisis geoestadísticos y visualización en sistema de información geográfica (QGIS), el cual se logro encontrar parones espacio-temporales de los accidentes viales. El estudio concluyo que existen puntos críticos de accidentalidad, como en intersecciones de avenidas principales, vías en mal estado entro otros aspectos.

En su estudio (Niño P. A., 2023), desarrollo un modelo de predicción de accidentalidad vial en Bogotá utilizando técnicas de Machine Learning y análisis de datos abiertos mediante la plataforma datos abiertos Bogotá. Mediante esta metodología se identificaron variables como la localidad, clases de vehículos, sexo y edad de la víctima. Mediante la aplicación de Cluster jerárquico y redes neuronales, se logró determinar que localidades como Fontibón presenta un mayor riesgo de accidentalidad vial, específicamente con vehículos tipo motocicleta.

La siniestralidad vial representa una de las principales causas de muerte en el mundo, especialmente en países de ingresos medios como Colombia. Bucaramanga ha enfrentado un aumento

sostenido en accidentes, alcanzando su cifra más alta de víctimas en 2022. Pese a políticas locales y nacionales, como el Plan Nacional de Seguridad Vial 2022–2031, los datos siguen siendo procesados manualmente, lo que dificulta su análisis y uso estratégico. Ante este panorama, (Garnica, CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO ANALÍTICA DE DATOS A TRAVÉS DE LA PLATAFORMA POWER BI QUE PERMITA A LA DIRECCIÓN DE TRÁNSITO DE BUCARAMANGA LA, 2023) se propone el uso de herramientas de *Business Intelligence*, como Power BI, para organizar, visualizar e interpretar grandes volúmenes de datos viales en tiempo real, y así mejorar la toma de decisiones en seguridad vial.

Diversas investigaciones han señalado la necesidad de adoptar enfoques integrales y basados en evidencia para prevenir los accidentes viales. En los últimos años, la inteligencia artificial (IA) ha emergido como una herramienta poderosa en la gestión del riesgo vial. De acuerdo con (JEREZ, 2024) propone una revisión documental que permita establecer estrategias digitales con base en IA para reducir los riesgos que enfrentan los peatones en Bucaramanga. Entre los antecedentes nacionales se destacan estudios sobre el nivel de educación vial, la identificación de factores de riesgo como el cruce inadecuado, el uso de dispositivos electrónicos por parte de peatones, y la deficiencia en infraestructura urbana.

Por otro lado, el anteproyecto realizado por (Castillo, 2024), analizo datos sobre los accidentes de tránsito ocurrido en Bogotá durante el primer semestre del año 2023. A través de herramientas como Excel y dashboard, el estudio logro identificar las principales causas de accidentalidad, como los son el exceso de velocidad, el comportamiento impudente de peatones y el uso de dispositivos móviles mientras conduce. De igual manera se identificó zonas críticas como las avenidas Boyacá, Caracas y NQS, donde se registró el mayor número de incidentes viales. El trabajo demuestra como el análisis cuantitativo y visualización de datos pueden ofrecer insumos claves para la toma de decisiones en políticas de movilidad.

2.2 Marco Teórico

2.2.1 Inteligencia Artificial aplicada a la movilidad

De acuerdo con el proyecto de (Niño P. A., 2023) a inteligencia artificial permite que sistemas computacionales aprendan de los datos históricos mediante algoritmos, facilitando la toma de decisiones en tiempo real y optimizando la gestión del riesgo. A partir de ella, surge el machine learning

o aprendizaje automático, técnica que posibilita a las máquinas identificar patrones sin estar explícitamente programadas, lo cual es útil para detectar factores predictivos de accidentalidad, como el tipo de vehículo, sexo del conductor, hora y lugar del siniestro.

2.2.2 Inteligencia de negocios y analítica de datos aplicada al tránsito

En este contexto, (Garnica, CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO ANALÍTICA DE DATOS A TRAVÉS DE LA PLATAFORMA POWER BI QUE PERMITA A LA DIRECCIÓN DE TRÁNSITO DE BUCARAMANGA LA, 2023) la Inteligencia de Negocios (Business Intelligence - BI) y la analítica de datos emergen como soluciones eficaces para enfrentar los altos niveles de siniestralidad. BI permite recopilar, procesar, analizar y visualizar grandes volúmenes de datos de manera interactiva, facilitando la identificación de patrones, puntos críticos, causas frecuentes y factores de riesgo. Su integración en herramientas como Power BI ofrece dashboards, modelos predictivos y visualizaciones que apoyan la toma de decisiones estratégicas por parte de las autoridades de tránsito.

2.2.3 Minería de datos en movilidad urbana

Según (Calderon, 2019), la minería de datos se define como el proceso de exploración, análisis y modelado de grandes bases de datos con el fin de extraer conocimiento útil. Este proceso incluye etapas como la selección de datos, preprocesamiento, transformación, modelado, evaluación y extracción de conocimiento. Se basa en el uso de técnicas estadísticas y computacionales, entre las que destacan la regresión logística, el análisis discriminante, las redes neuronales y los árboles de decisión, siendo estos últimos especialmente útiles para clasificar y predecir eventos con base en variables discretas o continuas.

2.2.4 Tecnologías cooperativas y sistemas inteligentes de transporte

La inteligencia artificial (IA) ha emergido como una herramienta clave para enfrentar los desafíos de la movilidad urbana, particularmente en la reducción de la siniestralidad vial y la congestión del tráfico. La aplicación de tecnologías cooperativas, procesamiento de datos abiertos y plataformas digitales ha demostrado ser una vía eficaz para optimizar la gestión del transporte, mejorar la seguridad

vial y disminuir el impacto ambiental asociado a los desplazamientos. (Serrano, ¿Cómo puede la inteligencia artificial reducir, 2019)

2.2.5 Seguridad vial como problema de salud pública

La accidentalidad vial es un problema de salud pública que afecta tanto a personas como a organizaciones. De acuerdo con (movilidad O. d., 2024) En el periodo comprendido entre 2021 y 2024 se reportó un total de 2.104 actores viales fallecidos en siniestros viales. El cual representa un 2.41% de víctimas accidentadas. Se identificó que la accidentalidad más común es el choque entre vehículos con un 53% de casos, seguido por atropello con el 39%.

En este contexto, (ops, 2019) la seguridad vial se refiere a más medidas adoptadas para reducir el riesgo de lesiones y muertes causadas por el tránsito. La velocidad excesiva contribuye aproximadamente un tercio de todas las muertes causadas por el tráfico en países de altos ingresos. El 90% de muertes por accidentes de tránsito ocurren en países bajos y medios, el cual es un porcentaje alto donde los países tienen que implementar medidas que hagan que las calles y carreteras sean más seguras.

2.3 Marco normativo

Debido a los accidentes fatales en Colombia, la regulación de seguridad vial se ha fortalecido en las últimas décadas, como respuesta al creciente número de accidentes de tránsito y sus consecuencias humanas, sociales y económicas. Basado a este aumento de accidentalidad existen varias normas clases que rigen, para la prevención de siniestros viales.

La ley 769 de 2002, que establece el código nacional de tránsito terrestre. Esta norma regula la circulación de peatones, pasajeros, conductores, vehículos y autoridades en las vías públicas y privadas (Congreso de la República, 2002)

El decreto 073 de 2021, “por medio del cual se toman medidas para la regulación y control de tránsito en Bogotá D.C y se dictan otras disposiciones, Que mediante el artículo 10 del Decreto Distrital 126 del 10 de mayo de 2020 se estableció el límite máximo de velocidad en las vías del Distrito Capital en cincuenta kilómetros por hora (50 km/h). (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2021)

La Ley 2251 de 2022 establece los lineamientos para la formulación e implementación de la política pública de seguridad vial en Colombia, bajo el Sistema Seguro. Esta norma reconoce la posibilidad del error humano en la movilidad y promueve la corresponsabilidad entre el Estado, los fabricantes de vehículos, los planificadores del transporte y los usuarios de las vías, con el fin de reducir al máximo las muertes y lesiones graves derivadas de incidentes viales. (Congreso de la República, 2022)

Ley 105 de 1993, formula la organización del Sistema Nacional de Transporte, distribuye competencias y recursos entre Nación y entidades territoriales, regula la planeación sectorial, financiamiento y otros aspectos esenciales del transporte terrestre, aéreo, marítimo, fluvial, férreo y masivo. Distribuye competencias entre niveles de gobierno, promueve principios como la seguridad, accesibilidad y coordinación interinstitucional, y asegura recursos mediante mecanismos como peajes, tarifas y fondos de cofinanciación. (Congreso de la República, 1993)

La Resolución 1050 de 2004, expedida por el Ministerio de Transporte de Colombia, establece las disposiciones para el control del servicio público de transporte terrestre automotor de carga en el país. Esta norma tiene como objetivo principal garantizar que dicho servicio se preste bajo condiciones de legalidad, eficiencia, seguridad y responsabilidad, contribuyendo así al ordenamiento del sector transporte y a la formalización de los actores que intervienen en él. (Ministerio de Transporte, 2004)

La Resolución 6020 de 2006, expedida por el Ministerio de Transporte de Colombia, adopta el Manual para el diligenciamiento del Informe Policial de Accidentes de Tránsito, el cual se convierte en una herramienta de uso obligatorio para todas las autoridades encargadas de atender y registrar accidentes de tránsito en el país. Esta norma tiene como objetivo principal estandarizar la recolección de datos en los siniestros viales, con el fin de facilitar su análisis, control y seguimiento por parte del Estado y mejorar la gestión de la seguridad vial. (Ministeria de Transporte, 2006)

La Ley 1239 de 2008 establece límites de velocidad más claros y adecuados según el tipo de vía y la clase de vehículo, fortaleciendo así las políticas públicas de seguridad vial en el país. En su artículo 1º, la ley establece que la velocidad máxima permitida en zonas urbanas y municipales será de 80 km/h, exceptuando a los vehículos de servicio público, de transporte escolar y de carga, los cuales no podrán exceder los 60 km/h. Además, en zonas escolares o residenciales, el límite se reduce a 30 km/h, con el objetivo de proteger la vida de peatones, niños y demás actores vulnerables del tránsito. (Congreso de la República, 2008)

3 METODOLOGÍA

3.1 Enfoque y alcance de la investigación

3.1.1 Enfoque

La presente investigación adopta un enfoque metodológico **cuantitativo**, dado que busca identificar, medir y analizar relaciones entre variables asociadas a la siniestralidad vial en la ciudad de Bogotá, específicamente en la intersección de la Av. Boyacá con Calle 13, localidad de Kennedy. Este enfoque permite evaluar de manera objetiva y sistemática el comportamiento de los factores que inciden en los accidentes de tránsito, mediante el uso de datos históricos, análisis estadístico y técnicas de minería de datos Población y muestra

El enfoque cuantitativo de la investigación se orienta al análisis objetivo de la siniestralidad vial mediante el uso de instrumentos como bases de datos oficiales de accidentalidad, aforos vehiculares y peatonales, medición de velocidades y tiempos semafóricos, así como la simulación del tráfico a través del software PTV Vissim. A partir de estos instrumentos, se busca identificar patrones, relaciones entre variables y puntos críticos de riesgo, con el fin de generar insumos técnicos que permitan proponer estrategias basadas en inteligencia artificial y Big Data para mejorar la prevención, predicción y gestión de los siniestros viales en el área de estudio.

3.1.2 Alcance

El estudio presenta un alcance descriptivo–correlacional, orientado a identificar el comportamiento de la siniestralidad vial en la intersección de la Avenida Boyacá con Calle 13, en la localidad de Kennedy, y analizar la relación entre variables asociadas al flujo vehicular, flujo peatonal, velocidades, tiempos semafóricos y dinámica operativa del tránsito en este punto crítico de movilidad urbana.

En cuanto a su delimitación espacial, la investigación se circunscribe exclusivamente al cruce vial de la Av. Boyacá con Calle 13, frente al Centro Comercial El Edén, seleccionado por su alta incidencia de siniestros viales y por ser reconocido por la Secretaría Distrital de Movilidad como un nodo de riesgo.

Respecto a su delimitación temporal, el estudio integra:

- Datos secundarios correspondientes al periodo enero 2023 – diciembre 2024, provenientes de fuentes oficiales.
- Datos primarios recolectados el 20 de agosto de 2025, mediante aforos vehiculares y peatonales, medición de velocidades y registro de tiempos semafóricos.
- Simulaciones realizadas en PTV Vissim durante 2025, basadas en la información histórica y en los registros obtenidos en campo.

En el plano temático, el alcance se centra en el análisis cuantitativo de la siniestralidad y el comportamiento del tránsito en el punto de estudio, apoyándose en técnicas de Big Data, minería de datos, simulación microscópica y herramientas de inteligencia artificial para identificar patrones de riesgo, puntos críticos y factores asociados a la ocurrencia de siniestros viales. No incluye análisis jurídico profundo, estudios económicos, auditorías viales completas ni evaluaciones socioculturales del comportamiento vial.

Este alcance resulta relevante porque permite comprender con precisión la dinámica real de un punto crítico de la ciudad, generar evidencia técnica para la toma de decisiones institucionales y aportar una propuesta metodológica basada en tecnologías emergentes que puede ser replicada en otros sectores de Bogotá o del país, contribuyendo así a la mejora de la seguridad vial y de la movilidad urbana.

3.1.3 Tipo de diseño de investigación

El presente estudio adopta un **diseño de investigación descriptivo-correlacional**, ya que se propone, por un lado, describir el comportamiento de la siniestralidad vial en la intersección de la Av. Boyacá con Calle 13 en la localidad de Kennedy (Bogotá), mediante el análisis de datos históricos; y por otro, identificar las relaciones entre variables como el tipo de actor vial, las condiciones ambientales, el estado de las vías y la hora del día, con el objetivo de encontrar patrones que permitan predecir y prevenir futuros siniestros. Este tipo de diseño resulta pertinente, ya que no se manipulan variables, sino que se analizan datos existentes a través de herramientas estadísticas, técnicas de minería de datos e inteligencia artificial.

Se llevará a cabo la recolección de datos durante una semana, con un tiempo de observación de una hora por día, en el proceso de aforo vehicular. Durante este tiempo, se registrará la cantidad de vehículos en diferentes categorías: carros, motos, bicicletas, camiones y buses. Además, se contará el número de peatones que transiten por el punto de observación.

Asimismo, se medirán las velocidades de los vehículos utilizando la fórmula $v=d/t$, donde se calculará la distancia recorrida por los vehículos en un tiempo determinado. También se registrarán los tiempos de los semáforos, considerando las fases de luz verde, amarilla y roja.

Una vez completada la recolección de los datos, estos se ingresarán en el simulador **PTV Vissim**, con el objetivo de simular el tráfico vehicular registrado y generar alternativas que contribuyan a reducir la accidentalidad y mejorar el flujo vehicular.

Para fortalecer el análisis cuantitativo, la investigación emplea diversos instrumentos de recolección y análisis de datos, entre los cuales se destacan:

- Aforo vehicular y peatonal, realizado mediante observación directa y conteo manual.
- Registro de velocidades mediante la fórmula $v = d/t$ aplicada in situ.
- Medición de tiempos semafóricos en ambos sentidos de circulación.
- Simulación microscópica del tránsito mediante PTV Vissim, herramienta que permite modelar, analizar y validar escenarios reales y propuestos.

3.1.4 Población y Muestra

Población

La población objeto de esta investigación corresponde a los registros de siniestralidad vial ocurridos específicamente en la intersección de la Avenida Boyacá con la Calle 13, frente al Centro Comercial El Edén, ubicada en la localidad de Kennedy, Bogotá D.C., durante el periodo comprendido entre enero de 2023 y diciembre de 2024. Esta zona ha sido identificada por la Secretaría Distrital de Movilidad como un punto crítico de siniestralidad, debido a su alta afluencia vehicular, paso frecuente de peatones, cercanía a centros comerciales y vías de alto tráfico como la Calle 13, que conecta con zonas industriales y de salida hacia el occidente de la ciudad (Secretaría de Movilidad de Bogotá, 2024).



Ilustración 1. Localización de la muestra

La población de estudio incluye todos los eventos viales registrados en este punto geográfico, así como los actores involucrados: peatones, ciclistas, motociclistas, conductores de vehículos particulares, transporte público y transporte de carga. Asimismo, se consideran variables asociadas al entorno como el estado de la vía, condiciones de visibilidad, iluminación, señalización, y condiciones meteorológicas al momento del siniestro.

Esta delimitación poblacional responde a la necesidad de focalizar el análisis en un nodo de alta complejidad vial, donde convergen múltiples factores de riesgo. Según datos del Observatorio de Movilidad (2023), las intersecciones de alto flujo en la ciudad concentran más del 40% de los siniestros graves, lo que convierte estos puntos en áreas prioritarias para el diseño de estrategias preventivas basadas en evidencia.

Muestra

La muestra seleccionada para este estudio es no probabilística de tipo intencional, compuesta por registros de accidentes de tránsito ocurridos específicamente en la intersección mencionada, durante el periodo 2023–2024. Se utilizarán fuentes secundarias provenientes de entidades oficiales como el Observatorio de Movilidad de Bogotá, la Secretaría Distrital de Movilidad, la Agencia Nacional de Seguridad Vial y repositorios de datos abiertos como “Datos Abiertos Bogotá”.

Los criterios de inclusión para los datos que formarán parte de la muestra son:

- Que el siniestro haya ocurrido específicamente en el cruce de la Avenida Boyacá con Calle 13, frente al C.C. El Edén.
- Que el evento esté registrado entre enero de 2023 y diciembre de 2024.
- Que el registro contenga variables completas, incluyendo: tipo de siniestro (colisión, atropello, caída), día, hora, condiciones climáticas, tipo de actor vial, vehículo involucrado, severidad del evento y ubicación geográfica precisa (latitud/longitud o dirección).

La elección de una muestra intencional está justificada en tanto el estudio no pretende generalizar resultados a toda la ciudad, sino realizar un análisis detallado y contextualizado de un punto crítico específico, con el fin de extraer patrones que permitan diseñar estrategias focalizadas de prevención. Este enfoque es coherente con investigaciones que emplean metodologías de minería de datos y análisis geoespacial para identificar factores de riesgo en puntos de alta siniestralidad (Montero, 2022; Niño, 2023).

Cabe resaltar que, al trabajar con Big Data, la cantidad de registros no se define de forma previa como en los estudios de corte tradicional, sino que dependerá de la disponibilidad, calidad y estructura de los datos recopilados. Esto permite trabajar con volúmenes grandes de información, facilitando el entrenamiento de modelos predictivos y el análisis profundo de variables contextuales mediante herramientas de inteligencia artificial (Quiroga, 2021).

3.1.5 Instrumentos de recolección

Para esta investigación se emplearon diversos instrumentos de recolección de datos, tanto primarios como secundarios, que permitieron caracterizar el comportamiento del tránsito y la siniestralidad en la intersección de la Avenida Boyacá con Calle 13. A continuación, se describen los instrumentos utilizados:

3.1.5.1 Matriz estructurada de observación en campo

Durante una semana se realizó la observación directa, con sesiones de una hora por día, en las cuales se aplicó una **matriz de registro** diseñada para consignar:

- Categorías de vehículos: automóviles, motocicletas, bicicletas, buses, camiones.
- Cantidad de peatones por intervalo.
- Sentido de circulación.
- Velocidad estimada mediante la fórmula $v = \frac{d}{t}$
- Tiempo de duración de cada fase semafórica (verde, amarilla y roja).
- Comportamientos relevantes: invasión de cebra, cambios de carril, maniobras peligrosas, congestión, entre otros.

Formato empleado:

HORA	COSTADO SUR-NORTE									
	Carril rapido	Carril lento	Carril rapido	Carril lento	Carril rapido	Carril lento	Carril rapido	Carril lento	Carril rapido	Carril lento
	AUTOMOVIL		BUSES		CARGA		FURGONETAS		MOTO	

Ilustración 2. Formato aforo vehicular

3.1.5.2 Instrumentos de medición en campo

Se emplearon:

- **Cronometro digital** para medir las fases del semáforo
- **Metro de referencia** para estimar las distancias usadas en el cálculo de velocidades
- **Planillas de conteo** para registrar volúmenes vehiculares y peatonales

3.1.5.3 Software PTV Vissim como instrument de análisis

El software PTV Vissim se empleó como instrumento de análisis y simulación, no como instrumento de recolección primaria. Su función consistió en:

- Modelar la geometría real de la intersección.
- Ingresar los volúmenes vehiculares y peatonales obtenidos en campo.
- Incorporar tiempos semafóricos reales.
- Evaluar desempeño mediante indicadores como:
 - Velocidad promedio,
 - Demoras,
 - Número de paradas,
 - Longitudes de cola,
 - Densidad vehicular.

Se utilizó la información oficial (ANSV, Movilidad, ArcGIS) para calibrar el modelo y contrastar el comportamiento simulado con tendencias reales de siniestralidad.

3.1.5.4 Integración metodológica de datos para IA y análisis avanzado

Si bien no se implementan modelos predictivos en esta fase, los datos recolectados fueron estructurados para permitir, en etapas futuras:

- identificación de patrones mediante Big Data,
- análisis espacial avanzado,
- clasificación de siniestros,
- modelos predictivos basados en IA.

Este enfoque se incluye como estrategia complementaria orientada a fortalecer la gestión de riesgos viales.

3.1.5.5 Revisión documental de reportes oficiales

Dado que el proyecto menciona el uso de datos provenientes de reportes de accidentalidad y entidades oficiales, se incorporó como instrumento adicional una **revisión documental sistemática**, la cual incluyó:

- **Base de datos de siniestralidad** del Observatorio de la Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV).
- **Reportes de movilidad y accidentalidad** de la Secretaría Distrital de Movilidad.
- **Portal de Datos Abiertos Bogotá** (datos por fecha, tipo de vehículo, ubicación y severidad).
- **Visor ArcGIS del Ministerio de Transporte** (<https://mintransporte.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html>), utilizado para identificar zonas críticas, concentración de siniestros y patrones espaciales de riesgo.

3.1.6 Procedimiento y análisis de datos

El procedimiento metodológico desarrollado en esta investigación se organizó de manera secuencial y coherente con las etapas propias de un estudio cuantitativo aplicado al análisis de la siniestralidad vial. Para ello, se llevaron a cabo tres fases principales: (1) revisión documental de reportes oficiales, (2) recolección de información en campo mediante observación directa, y (3) construcción y ejecución del modelo de simulación en PTV Vissim. A continuación, se describe cada fase.

3.1.6.1 Revisión de reportes

Como primera etapa del procedimiento se realizó una revisión documental sistemática de fuentes oficiales con el fin de caracterizar el comportamiento reciente de la siniestralidad en la intersección de la Avenida Boyacá con Calle 13. Esta revisión permitió establecer el contexto previo a las mediciones en campo y orientar la definición de variables clave a observar.

Las fuentes consultadas incluyeron:

- Base de datos de siniestralidad del Observatorio de la Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV).

- Reportes de movilidad y accidentalidad de la Secretaría Distrital de Movilidad.
- Portal de Datos Abiertos Bogotá, con registros detallados por fecha, tipo de siniestro, severidad, vehículos involucrados y ubicación geográfica.
- Visor ArcGIS del Ministerio de Transporte, empleado para identificar patrones espaciales, zonas críticas y concentraciones de siniestros en el área de estudio.

3.1.6.2 Recolección de datos en campo

La segunda fase del procedimiento consistió en la obtención de información primaria mediante observación directa realizada en la intersección. Durante esta etapa se evaluaron condiciones reales del tránsito vehicular y peatonal, así como las dinámicas operativas asociadas a los tiempos de semaforización y comportamiento de los actores viales.

El proceso de implementación del instrumento incluirá:

- **Diseño del escenario vial:** se replicará la geometría exacta del cruce en estudio, incluyendo número de carriles, sentidos de circulación, fases semafóricas, paraderos cercanos, entradas y salidas.
- **Ingreso de datos históricos:** se incorporarán variables como volumen vehicular por hora, tipo de vehículos (automóviles, motocicletas, buses, camiones), comportamiento de peatones, frecuencia de siniestros, y condiciones de tránsito extraídas de los reportes oficiales entre 2023 y 2024.
- **Simulación del flujo vehicular:** mediante la ejecución de múltiples escenarios (en condiciones normales y de riesgo), se observarán patrones de conflicto, zonas de congestión y eventos que puedan desencadenar siniestros viales.
- **Análisis de resultados:** se evaluarán métricas como velocidad promedio, tiempos de espera, número de conflictos potenciales, y comportamiento de los actores viales, lo cual permitirá identificar puntos de riesgo, validar hipótesis del estudio y proponer estrategias preventivas.

La ventaja de utilizar PTV Vissim radica en su capacidad de representar de manera precisa el comportamiento dinámico del tráfico y las interacciones entre vehículos y peatones, lo que permite

visualizar con anticipación el impacto de posibles intervenciones viales. Además, el software ofrece herramientas para integrar tecnologías como sensores de tráfico, cámaras y datos provenientes de sistemas inteligentes de transporte, lo cual lo convierte en una herramienta idónea para estudios apoyados en Big Data e inteligencia artificial (Quiroga, 2021).

En este sentido, Vissim no solo cumple la función de instrumento de recolección y procesamiento de datos, sino que también actúa como una plataforma de experimentación virtual, facilitando la validación de escenarios futuros y la toma de decisiones informadas en el marco de la seguridad vial urbana.

El aforo vehicular es un proceso mediante el cual se mide y analiza el flujo de vehículos que transitan por una vía o carretera en un período determinado. Esto es esencial para planificar y optimizar la infraestructura vial, entender los patrones de tráfico y evaluar el impacto del transporte en una región específica. Para ejecutar el aforo vehicular se deben seguir los siguientes parámetros:

1. **Contadores manuales:** Personal en el lugar cuenta los vehículos que pasan durante un tiempo determinado.
2. **Clasificación de vehículos:** Para un aforo más detallado, se clasifica a los vehículos según su tipo.
 - **Vehículos Livianos:** Automóviles, motocicletas, furgonetas, Peatones y ciclistas
 - **Vehículos pesados:** Camiones, autobuses, vehículos de carga.
3. **Tiempos de Muestra:** El tiempo que se va a observar el tráfico depende de los objetivos del estudio.
4. **Tiempo de los conteos:** Si se hace un aforo manual, se pueden realizar conteos por intervalos de 15, 30 o 60 minutos, dependiendo del flujo de tráfico.
5. **Registro de datos:** Durante el aforo, se deben registrar:
 - Número de vehículos por tipo (livianos, pesados)
 - Tiempos de semáforos
 - Velocidades
 - Estado de la vía
 - Dimensiones de la vía
6. **Análisis de datos:** Una vez recolectados los datos, el siguiente paso es analizar los resultados
 - Cuántos vehículos pasan por unidad de tiempo
 - Estimar la cantidad total de vehículos que circulan durante un tiempo determinado
 - Realizar la modelación en PTV VISSIM

- Identificar promedio de velocidad
- Identificar puntos críticos de congestión

3.1.7 Proceso de registro y validación

La toma de información se realizó como fase inicial del análisis empírico, con el objeto de obtener datos reales sobre el flujo vehicular y peatonal en la intersección de la Avenida Boyacá con Calle 13, localidad de Kennedy. Este punto fue seleccionado por su alto flujo vehicular y peatonal.

El levantamiento de datos se realizó durante un día, en el periodo comprendido el 20 de agosto de 2025, abarcando dos franjas horarias, costado Norte – Sur (11:00 Am – 12:00 Pm), y Costado Sur-Norte (12:00 Pm – 1:00 Pm).

Durante el proceso, se aplicó una metodología de observación directa y conteo manual, apoyada por planillas de registro, cronómetros digitales y dispositivos móviles para capturar fotografía. Cada observador se ubicó estratégicamente, con el fin de contabilizar los flujos vehiculares y peatonales. Los vehículos fueron clasificados según los siguientes tipos:

- Vehículos livianos
- Motocicletas
- vehículos pesados
- Furgonetas
- Bicicletas y peatones

Además del conteo vehicular, se realizaron mediciones complementarias orientadas a la caracterización del flujo y comportamiento del tránsito:

- **Velocidad Promedio:** Calculada mediante la fórmula $v = d/t$, registrando el tiempo que tarda un vehículo en recorrer una distancia.
- **Tiempos Semafóricos:** Medición de las fases de la luz verde, amarilla y roja en cada sentido de circulación

Toda la información obtenida fue tabulada en hojas de cálculo de Excel, Una vez verificados, los datos fueron integrados al software PTV Vissim, lo que permitió realizar simulaciones de tráfico bajo condiciones reales.

Estas simulaciones facilitaron la identificación de puntos de conflicto vehicular, zonas de congestión y comportamientos de riesgo, insumos esenciales para el análisis posterior y la formulación de estrategias basadas en inteligencia artificial y Big Data orientadas a reducir la accidentalidad vial en la zona de estudio.

3.2 Análisis de información

El análisis de la información se desarrollará mediante un proceso sistemático compuesto por las fases de limpieza, organización, preparación, codificación y análisis, diferenciando los procedimientos aplicados a los datos cuantitativos y cualitativos. El objetivo es garantizar la validez, fiabilidad y pertinencia de los resultados obtenidos, de modo que puedan ser utilizados en la formulación de estrategias orientadas a reducir la siniestralidad vial en el área de estudio.

3.2.1 Limpieza, organización y preparación de datos

En una primera etapa, se realizará la depuración de los datos recolectados, tanto primarios como secundarios. Para los datos cuantitativos provenientes de fuentes oficiales (Observatorio de Movilidad, Secretaría Distrital de Movilidad, Datos Abiertos Bogotá) y del trabajo de campo (aforos vehiculares y peatonales, velocidades y tiempos semafóricos), se eliminarán registros duplicados, inconsistentes o incompletos, y se verificarán rangos válidos de valores (horas, velocidades, volúmenes y tipos de actores viales).

Posteriormente, los datos serán organizados y estructurados en bases de datos mediante hojas de cálculo en Microsoft Excel, estableciendo formatos homogéneos para variables como fecha, hora, tipo de siniestro, actor vial, sentido de circulación, volumen vehicular y condiciones del entorno. Esta etapa permitirá asegurar la compatibilidad de la información para su posterior análisis estadístico y modelación en software especializado.

En el caso de los datos cualitativos, como la información descriptiva sobre condiciones de la vía, señalización, comportamiento observado de los actores viales y características del entorno, se realizará una revisión para estandarizar los criterios de registro y garantizar coherencia semántica en las descripciones.

3.2.2 Codificación de datos

Una vez depurada y organizada la información, se procedió a un proceso de codificación que permitió transformar los registros brutos en variables operativas. En el caso de los datos cuantitativos, la codificación incluyó la definición de categorías vehiculares, variables temporales como hora o periodo pico, variables espaciales relativas al sentido de circulación y tramo de la vía, así como indicadores operativos relacionados con volúmenes, velocidades y niveles de siniestros. Esta codificación facilitó la construcción de matrices numéricas aptas para los análisis estadísticos y la integración en el software de simulación PTV Vissim. Para los datos cualitativos, se aplicó una codificación temática y axial mediante la cual las observaciones fueron clasificadas en categorías como comportamiento del conductor, comportamiento peatonal, condiciones del entorno y factores de riesgo. Este proceso permitió estructurar los datos de manera que pudieran ser analizados en busca de patrones y relaciones relevantes.

3.2.3 Análisis cualitativo y cuantitativo

El análisis de los datos se realizó distinguiendo dos enfoques: cuantitativo y cualitativo. En el análisis cuantitativo se emplearon procedimientos estadísticos descriptivos para identificar tendencias en los volúmenes vehiculares y peatonales, velocidades promedio, duración de fases semafóricas e intensidad del flujo. También se aplicarán análisis correlacionales con el fin de explorar relaciones entre variables, como la asociación entre flujo y velocidad, entre volumen y demoras, y entre horarios específicos y la ocurrencia de siniestros. Asimismo, se desarrollará un análisis espacial utilizando ArcGIS para ubicar puntos críticos, zonas de acumulación de siniestros y patrones geográficos relevantes. De manera complementaria, el análisis del desempeño operativo de la intersección se llevará a cabo con los resultados generados por el software PTV Vissim, que proporcionará indicadores como velocidades promedio, demoras, longitudes de cola, número de paradas y densidad vehicular bajo diferentes escenarios simulados.

En cuanto al análisis cualitativo, se revisarán las observaciones de campo codificadas para identificar patrones en los comportamientos viales de conductores y peatones, condiciones del entorno que influyen en la seguridad vial y factores de riesgo recurrentes. Este análisis permitirá complementar los datos numéricos al explicar aspectos del comportamiento humano, la interacción entre actores

viales y las particularidades del entorno que no pueden capturarse únicamente mediante mediciones cuantitativas. La integración de ambos enfoques ofrecerá una comprensión más amplia y profunda de la dinámica de la intersección.

3.2.4 Software Utilizado para el análisis

Para el procesamiento, análisis y representación de la información se emplearán diferentes herramientas tecnológicas. Microsoft Excel será utilizado para la depuración inicial, la codificación numérica y la elaboración de estadísticas descriptivas. El software PTV Vissim se utilizará para la simulación microscópica del tráfico y la evaluación de escenarios alternativos basados en los datos de campo. ArcGIS permitirá realizar análisis espaciales y elaborar mapas temáticos que muestren la distribución geográfica de siniestros y puntos críticos. Finalmente, Power BI o las herramientas avanzadas de visualización de Excel serán empleadas para la generación de gráficos y paneles analíticos que faciliten la interpretación de los resultados.

3.2.5 Presentación de los resultados

La presentación de los resultados se realizará utilizando recursos visuales y descriptivos que permitan comunicar de manera clara y precisa los hallazgos del estudio. Para los datos cuantitativos se emplearán tablas descriptivas, gráficos de barras y líneas, histogramas que muestren la distribución de velocidades, mapas temáticos que representen la ubicación de siniestros y tablas de indicadores derivados del modelo de simulación. Para los datos cualitativos se presentarán matrices categoriales que organicen los comportamientos y factores de riesgo, diagramas que representen patrones de interacción entre actores viales, y descripciones narrativas que expliquen los fenómenos observados en el entorno. Esta combinación de recursos permitirá ofrecer una interpretación sólida y una visión integral del comportamiento de la intersección analizada.

3.3 Consideraciones éticas

La presente investigación se desarrolló bajo principios éticos que garantizan el respeto por la dignidad humana, la confidencialidad de la información y el uso responsable de los datos, de

conformidad con las directrices establecidas para trabajos de grado en la modalidad de monografía y con la normatividad vigente en investigación académica.

3.3.1 Análisis de consideraciones éticas

La presente investigación se desarrolló bajo principios éticos orientados a garantizar el uso responsable de la información, la protección de la confidencialidad y el respeto por los derechos de los actores involucrados, de acuerdo con las directrices establecidas para trabajos de grado en modalidad de monografía y la normativa vigente en investigación académica.

El estudio se fundamenta principalmente en el uso de datos secundarios de carácter público, obtenidos de fuentes oficiales como la Secretaría Distrital de Movilidad, el Observatorio de Movilidad de Bogotá, la Agencia Nacional de Seguridad Vial y repositorios de Datos Abiertos. Estos datos se emplearon de forma agregada y anonimizada, sin permitir la identificación directa o indirecta de personas involucradas en siniestros viales, garantizando así el principio de confidencialidad y anonimato.

En relación con los datos primarios recolectados en campo, tales como aforos vehiculares y peatonales, mediciones de velocidad y tiempos semafóricos, la información fue obtenida mediante observación directa en espacio público, sin interacción con los actores viales ni recolección de datos personales. Por tanto, no se registraron nombres, documentos de identidad, imágenes faciales ni cualquier otro dato sensible, lo que reduce el riesgo ético asociado a la investigación.

El tratamiento de la información se realizó exclusivamente con fines académicos y científicos. Los datos fueron almacenados en medios digitales con acceso restringido a los investigadores, asegurando su integridad y evitando usos no autorizados. Asimismo, se respetaron los principios de legalidad, finalidad, transparencia y seguridad, en concordancia con la Ley 1581 de 2012 sobre protección de datos personales en Colombia.

El uso de herramientas tecnológicas como PTV Vissim, Microsoft Excel y software de visualización de datos se realizó de manera ética y responsable, con el objetivo de simular escenarios de tránsito y analizar patrones de siniestralidad a nivel agregado. Las simulaciones desarrolladas no buscan sustituir decisiones institucionales, sino aportar insumos técnicos para la comprensión del fenómeno y la formulación de estrategias preventivas basadas en evidencia.

3.3.2 Instrumentos de aceptación y autorización

La presente investigación no contempló la aplicación de entrevistas, encuestas ni cuestionarios a personas naturales, por lo cual no fue necesario implementar instrumentos formales de aceptación o autorización, tales como consentimientos informados firmados por participantes.

El trabajo de campo se limitó a la observación directa del flujo vehicular y peatonal en un espacio público, actividad que no implica interacción con los actores viales ni recolección de información personal o sensible. Asimismo, los datos secundarios utilizados provienen de fuentes públicas y oficiales, cuyo acceso es libre y autorizado para fines académicos.

No obstante, se deja constancia de que, en caso de que futuras fases de la investigación o estudios derivados incluyan la realización de entrevistas, encuestas o recolección de información directa de funcionarios, expertos o ciudadanos, se aplicará un instrumento de consentimiento informado, en el cual se especificarán los objetivos del estudio, el uso de la información, la confidencialidad de los datos, la participación voluntaria y el derecho de retiro en cualquier momento.

4 HIPÓTESIS

4.1 Variables

En el marco del enfoque cuantitativo y del alcance descriptivo–correlacional de la investigación, se definen las variables que permiten analizar la relación entre las condiciones del tránsito y la ocurrencia de siniestros viales en la intersección de la Avenida Boyacá con Calle 13, en la localidad de Kennedy, Bogotá.

Variable(s) independiente(s)

Las variables independientes corresponden a los factores del sistema vial y del comportamiento del tránsito que pueden influir en la ocurrencia de siniestros viales. Para el presente estudio, se consideran las siguientes:

- Volumen vehicular por tipo de actor vial (automóviles, motocicletas, buses y vehículos de carga).

- Velocidad promedio de circulación de los vehículos.
- Flujo peatonal.
- Tiempos semafóricos (fases de luz verde, amarilla y roja).
- Hora del día y franja horaria.
- Condiciones operativas de la intersección (congestión, uso de carriles).
- Comportamiento de los actores viales observado en la simulación (cambios de carril, adelantamientos, interacción vehículo–peatón).

Variable(s) dependiente(s)

Las variables dependientes representan los efectos o resultados asociados a la interacción de las variables independientes. En este estudio se definen como:

- Ocurrencia de siniestros viales.
- Nivel de riesgo vial en la intersección.
- Frecuencia de conflictos vehiculares y peatón–vehículo.
- Gravedad potencial de los siniestros viales.

Planteamiento de la hipótesis

Hipótesis General

La implementación de tecnologías basadas en inteligencia artificial y Big Data mejora significativamente la identificación de patrones de riesgo, puntos críticos y factores asociados a los siniestros viales, contribuyendo a la reducción de la accidentalidad en la ciudad de Bogotá.

Hipótesis Especifica

- La integración de sistemas de inteligencia artificial en el análisis de datos vehiculares permite identificar con mayor precisión zonas con alta concentración de siniestros viales.
- El uso de técnicas de Big Data mejora la detección temprana de comportamientos de riesgo asociados a peatones, motociclistas, ciclistas y conductores.
- La aplicación de modelos predictivos basados en IA facilita la toma de decisiones preventivas por parte de la Secretaría Distrital de Movilidad, disminuyendo la probabilidad de ocurrencia de siniestros.

5. RESULTADOS

Durante la recolección de datos del aforo vehicular se espera obtener los siguientes resultados de investigación. En primer lugar, a partir de los datos recopilados sobre los tiempos de semaforización y la cantidad de vehículos (carros, motos, autobuses, camiones de carga, entre otros), se realizará una simulación en el software PTV VISSIM. En segundo lugar, se analizarán los datos ingresados y los resultados generados por la simulación. Finalmente, se planteará una propuesta de solución orientada a mejorar la movilidad en la intersección evaluada.

5.1 DATOS OFICIALES DE ACCIDENTALIDAD EN ÁREA DE ESTUDIO

Para caracterizar el comportamiento histórico de la siniestralidad vial en la intersección de la Avenida Boyacá con Calle 13, se utilizaron los registros oficiales del (Datos abiertos secretaria de movilidad, 2024) los cuales contienen información detallada de cada siniestro reportado en el sistema de movilidad de Bogotá. El análisis de la hoja de datos *SINIESTROS* permitió identificar que, durante el año 2024, el sector comprendido entre la Av. Boyacá, la Av. de las Américas y la Calle 13 registró **238 siniestros**, según el filtro aplicado por coordenadas geográficas (latitud aproximada 4.63 y longitud - 74.14).



Ilustración 3. Mapa de siniestralidad

Los tipos de siniestros predominantes incluyen choques simples, colisiones con motociclistas y atropellos de peatones, evidenciando una interacción conflictiva entre los distintos actores viales. Asimismo, los factores asociados más frecuentes fueron la presencia de motocicletas, la circulación peatonal a nivel, el exceso de velocidad y maniobras riesgosas en la zona de giro. Estos resultados permiten corroborar que la intersección constituye un punto crítico de accidentalidad, lo cual respalda la pertinencia de la propuesta de intervención.

Adicionalmente, la información oficial complementa las observaciones de campo realizadas en esta investigación, al mostrar consistencia entre los patrones de riesgo identificados en sitio y los registros históricos. La integración de estos datos oficiales permitirá, en etapas posteriores, la aplicación de técnicas de análisis avanzado, Big Data e inteligencia artificial para la predicción de siniestros y la optimización de medidas operativas en la zona.

Código Accidente	Ferrolario	Longitud	Latitud	Dirección	Fecha Acc.	AA Acc.	MM Acc.	DD Mes Acc.	Día Semana Acc.	Hora Acc.	Min Acc.	Localidad	Clase Acc.	Elemento Choque	Tipo Objeto Fijo	Id Indicador	Transferencia Indicador	
4404211	A665	-74.45139275	4.821975727	AV AVENIDA CIUDA	06/02/2015	2015	Febrero	9	lunes	20	40	BOSA	Choque	Vehículo	Con Muertos	Con Muertos		
4404211	A666	-74.02730421	4.782900631	AK 7-CI 186 02	06/02/2015	2015	Febrero	6	viernes	15	50	USAQUÉN	Choque	Vehículo	Solo Daños	Solo Daños		
4404212	A668	-74.05352943	4.796939086	KR 45-CL 127 02	07/02/2015	2015	Febrero	7	sábado	12	30	USAQUÉN	Choque	Vehículo	Solo Daños	Solo Daños		
4404213	A000042495	-74.00862267	4.576262295	KR 13-CL 24 S 02	08/02/2015	2015	Febrero	9	lunes	13	43	RAFAEL URIBE URB	Volcamiento	Con Muertos	Con Muertos			
4404214	A644	-74.09196659	4.52408002	CL 70-KR 11D 5E 0	08/02/2015	2015	Febrero	8	domingo	10	58	SAN CRISTOBAL	Choque	Vehículo	Solo Daños	Solo Daños		
4404215	A591	-74.14218222	4.579291872	AV AVENIDA BOYVA	08/02/2015	2015	Febrero	8	domingo	16	0	TUNJUELO	Choque	Vehículo	Solo Daños	Solo Daños		
4404216	A597	-74.07179322	4.586079495	KR 3-CL 11 02	09/02/2015	2015	Febrero	9	lunes	9	50	CANDELARIA	Choque	Vehículo	Con Heridos	Con Heridos		
4404217	A723	-74.12524264	4.607435298	CL 41-KR 32 S 02	07/02/2015	2015	Febrero	7	sábado	7	30	RAFAEL URIBE URB	Choque	Vehículo	Con Heridos	Con Heridos		
4404218	A175	-74.09020053	4.588553404	KR 4-CL 31C S 02	08/02/2015	2015	Febrero	8	domingo	6	20	SAN CRISTOBAL	Choque	Vehículo	Solo Daños	Solo Daños		
4404219	A397	-74.11232986	4.687658821	KR 27-CL 26 S 02	08/02/2015	2015	Febrero	8	domingo	17	45	TUNJUELO	Choque	Vehículo	Con Heridos	Con Heridos		
4404220	A698	-74.11232986	4.687658821	CL 54G-KR 88A 02	08/02/2015	2015	Febrero	9	lunes	7	0	ENGATIVA	Choque	Vehículo	Con Heridos	Con Heridos		
4404221	A615	-74.12851303	4.589486537	AV AVENIDA DEL S	09/02/2015	2015	Febrero	9	lunes	19	30	PUENTE ARANDA	Choque	Vehículo	Con Heridos	Con Heridos		
4404222	A448	-74.05845201	4.706004335	KR 50-CL 125 02	08/02/2015	2015	Febrero	8	domingo	17	45	SUBA	Choque	Vehículo	Con Heridos	Con Heridos		
4404223	A523	-74.07179322	4.586079495	KR 33-CL 44 S 32	08/02/2015	2015	Febrero	8	domingo	20	45	TUNJUELO	Choque	Vehículo	Solo Daños	Solo Daños		
4404224	A617	-74.04883382	4.705091518	AC 23-KR 20 02	08/02/2015	2015	Febrero	9	lunes	8	30	TEUSAQUILLO	Choque	Vehículo	Con Heridos	Con Heridos		
4404225	A404	-74.04883382	4.705091518	AC 127-KR 18A 02	08/02/2015	2015	Febrero	8	domingo	4	10	USAQUÉN	Choque	Vehículo	Solo Daños	Solo Daños		
4404226	A195	-74.09171586	4.628779699	CL 32-KR 13B 02	08/02/2015	2015	Febrero	6	viernes	17	30	TEUSAQUILLO	Choque	Vehículo	Solo Daños	Solo Daños		
4404227	A298	-74.09171586	4.628779699	KR 73A-CL 12A 02	08/02/2015	2015	Febrero	9	lunes	7	0	ENGATIVA	Choque	Vehículo	Con Heridos	Con Heridos		
4404228	A712	-74.1248972	4.8471002	CL 13-KR 69F 02	06/02/2015	2015	Febrero	6	viernes	19	30	FONTEBON	Choque	Vehículo	Solo Daños	Solo Daños		
4404229	A000042339	-74.113	4.589486537	KR 9D-CL 44 S 02	06/02/2015	2015	Febrero	6	viernes	14	30	TUNJUELO	Choque	Vehículo	Con Heridos	Con Heridos		
4404230	A799	-74.0812	4.589486537	KR 18-CL 96A 53	08/02/2015	2015	Febrero	8	domingo	15	30	USME	Choque	Objeto Fijo	SEMAFORO	Solo Daños	Solo Daños	
4404231	A110	-74.0812	4.7255	AK 45-CL 143 02	06/02/2015	2015	Febrero	6	viernes	13	0	SUBA	Choque	Vehículo	Solo Daños	Solo Daños		
4404233	A161	-74.10787334	4.62702843	AV AVENIDA DE LA	07/02/2015	2015	Febrero	7	sábado	15	30	PUENTE ARANDA	Choque	Vehículo	Con Heridos	Con Heridos		
4404234	A724	-74.09072718	4.620678953	CL 19-KR 33 02	07/02/2015	2015	Febrero	7	sábado	10	40	PUENTE ARANDA	Choque	Vehículo	Con Heridos	Con Heridos		
4404235	A76	-74.12730325	4.600781618	CL 37-CL 51C S 02	08/02/2015	2015	Febrero	8	domingo	13	0	PUENTE ARANDA	Atropello	Vehículo	Con Heridos	Con Heridos		
4404236	A386	-74.07194548	4.650998546	AC 63-KR 23 40	07/02/2015	2015	Febrero	7	sábado	15	30	BARRIOS UNIDOS	Choque	Vehículo	Solo Daños	Solo Daños		
4404230	A746	-74.08741768	4.695608071	AV AVENIDA BOYVA	11/02/2015	2015	Febrero	11	miércoles	10	0	ENGATIVA	Choque	Vehículo	Con Heridos	Con Heridos		
4404231	A154	-74.03611332	4.74525927	CL 386-KR 16 74	12/02/2015	2015	Febrero	12	viernes	10	45	USAQUÉN	Choque	Vehículo	Con Heridos	Con Heridos		
4404232	A106	-74.0812	4.589486537	CL 37-CL 51C S 02	12/02/2015	2015	Febrero	12	viernes	16	0	USME	Choque	Objeto Fijo	SEMAFORO	Con Heridos	Con Heridos	
4404233	A174	-74.0983	4.5721	KR 10-CL 27 S 02	12/02/2015	2015	Febrero	12	viernes	10	30	RAFAEL URIBE URB	Choque	Vehículo	Con Heridos	Con Heridos		
4404234	A864	-74.1034325	4.584546158	TR 21A-CL 20 S 02	12/02/2015	2015	Febrero	12	viernes	6	45	ANTONIO NARINÓ	Choque	Vehículo	Con Heridos	Con Heridos		
4404235	A192	-74.10611334	4.584546158	KR 73-CL 66 S 02	12/02/2015	2015	Febrero	12	viernes	19	35	CIUDAD BOLIVAR	Choque	Vehículo	Con Heridos	Con Heridos		
4404236	A000042586	-74.0812	4.589486537	CL 56-KR 4M SE 02	12/02/2015	2015	Febrero	12	viernes	20	0	USME	Atropello	Vehículo	Con Heridos	Con Heridos		
4404237	A630	-74.16221893	4.599565819	AK 71B-CL 57B S 0	14/02/2015	2015	Febrero	14	sábado	12	10	BOSA	Atropello	Con Muertos	Con Muertos			
4404238	A524	-74.084983	4.59884204	6-KR 13 02	12/02/2015	2015	Febrero	12	viernes	12	50	SANTA FE	Atropello	Con Heridos	Con Heridos			
4404239	A1346	-74.0642296	4.619271599	AC 70-CL 42B S 10	13/02/2015	2015	Febrero	13	viernes	17	30	KENNEDY	Choque	Vehículo	Con Heridos	Con Heridos		
4404240	A1379	-74.15441466	4.616936553	CL 40F-TR 74F S 02	15/02/2015	2015	Febrero	15	domingo	2	30	KENNEDY	Choque	Vehículo	Con Heridos	Con Heridos		
4404241	A1329	-74.13079626	4.576064196	KR 24-CL 49 S 02	13/02/2015	2015	Febrero	13	viernes	9	10	TUNJUELO	Choque	Vehículo	Con Heridos	Con Heridos		
4404242	A5217	-74.14012759	4.548039763	KR 18H-CL 68A S 14	12/02/2015	2015	Febrero	12	viernes	15	40	CIUDAD BOLIVAR	Choque	Vehículo	Con Heridos	Con Heridos		
4404243	A1149	-74.1427814	4.603928399	AV AVENIDA BOYVA	14/02/2015	2015	Febrero	14	sábado	22	20	KENNEDY	Atropello	Con Heridos	Con Heridos			
4404244	A977	-74.0558809	4.74935159	CL 167-KR 54D 55	13/02/2015	2015	Febrero	13	viernes	6	20	SUBA	Atropello	Con Heridos	Con Heridos			
4404245	A623	-74.04611227	4.739122111	AK 65-CL 157 02	15/02/2015	2015	Febrero	15	domingo	20	0	USAQUÉN	Choque	Vehículo	Con Heridos	Con Heridos		
4404246	A610	-74.12524264	4.587807525	CL 54-KR 9A S 17	12/02/2015	2015	Febrero	12	viernes	19	25	TUNJUELO	Choque	Vehículo	Con Heridos	Con Heridos		
4404247	A707	-74.0812	4.589486537	AV AVENIDA DE LA	13/02/2015	2015	Febrero	13	viernes	8	0	TEUSAQUILLO	Choque	Vehículo	Con Heridos	Con Heridos		
4404248	A1036	-74.03604127	4.739396797	CL 181-KR 14B 02	12/02/2015	2015	Febrero	12	viernes	10	59	USAQUÉN	Atropello	Con Heridos	Con Heridos			
4404249	A1488	-74.18219387	4.584250218	OG 58-KR 71A S 24	15/02/2015	2015	Febrero	15	domingo	17	40	CIUDAD BOLIVAR	Atropello	Con Heridos	Con Heridos			
4404250	A1067	-74.08123756	4.645252537	KR 36A-CL 54 60	14/02/2015	2015	Febrero	14	sábado	9	40	TEUSAQUILLO	Choque	Vehículo	Con Heridos	Con Heridos		
4404251	A836	-74.16683463	4.620489399	AK 80-CL 44 S 02	13/02/2015	2015	Febrero	13	viernes	21	15	KENNEDY	Atropello	Con Heridos	Con Heridos			
4404252	A1289	-74.1226215	4.645487878	KR 69B-CL 17 02	15/02/2015	2015	Febrero	15	domingo	5	40	FONTEBON	Choque	Objeto Fijo	TREN	Con Heridos	Con Heridos	
4404253	A1234	-74.17434401	4.610767578	KR 79K-CL 57A S 02	14/02/2015	2015	Febrero	14	sábado	17	30	KENNEDY	Atropello	Con Heridos	Con Heridos			
4404254	A1017	-74.16421322	4.601351833	CL 56A-KR 71F S 08	13/02/2015	2015	Febrero	13	viernes	19	30	BOSA	Atropello	Con Heridos	Con Heridos			
4401515	A000041097	-74.0991	4.6758	KR 68-CL 63 02	03/01/2015	2015	Enero	3	sábado	10	40	ENGATIVA	Volcamiento	Con Heridos	Con Heridos			
4401516	A000041103	-74.0991	4.6758	CL 10 02	03/01/2015	2015	Enero	3	sábado	12	30	BARRIOS UNIDOS	Choque	Con Heridos	Con Heridos			
4401517	A000040311	-74.0991	4.6758	KR 9-CL 9 ES 02	02/01/2015	2015	Enero	2	viernes	12	1	SAN CRISTOBAL	Choque	Vehículo	Solo Daños	Solo Daños		

Tabla 1. tabla de sinestralidad

DATOS OBTENIDOS EN CAMPO

• Costado Norte- Sur composición vehicular

COSTADO NORTE-SUR											
HORA	AUTOMOVIL		BUSES		CARGA		FURGONETAS		MOTO		
	Carril rapido	Carril lento	Carril rapido	Carril lento	Carril rapido	Carril lento	Carril rapido	Carril lento	Carril rapido	Carril lento	
11:00	11:05	39	22	2	13	0	6	3	7	35	21
11:05	11:10	46	21	0	12	0	8	7	2	30	11
11:10	11:15	44	19	0	9	0	9	4	5	23	11
11:15	11:20	44	25	0	10	0	8	6	5	32	25
11:20	11:25	42	26	0	8	0	8	7	4	36	27
11:25	11:30	37	26	1	7	0	5	9	8	35	17
11:30	11:35	48	24	0	12	0	3	5	6	37	24
11:35	11:40	31	19	0	14	0	5	4	6	30	10
11:40	11:45	45	24	0	9	0	2	6	11	31	19
11:45	11:50	32	20	0	12	0	7	10	7	25	20
11:50	11:55	38	23	1	8	0	6	4	4	30	15
11:55	12:00	40	24	0	6	0	7	3	8	35	18
TOTAL											

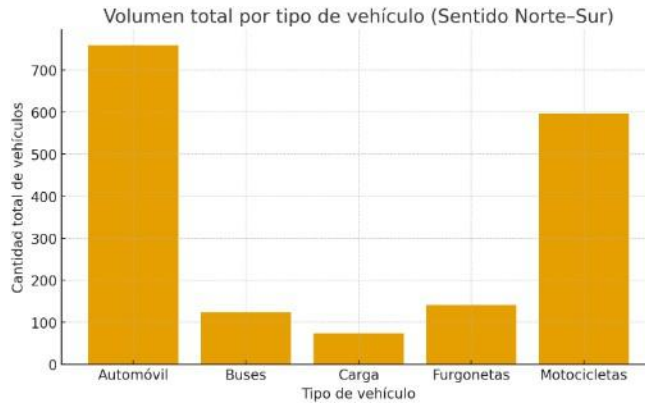


Ilustración 4. Volumen total por tipo de vehículo Norte Sur

En el sentido Norte–Sur, el mayor volumen de tránsito correspondió nuevamente a los automóviles (759 vehículos) y las motocicletas (597), evidenciando una tendencia similar a la del flujo Sur–Norte. Los buses (124) y vehículos de carga (74) mostraron una participación moderada, mientras que las furgonetas (141) mantuvieron un flujo estable. Estos resultados reflejan que la movilidad en ambos sentidos presenta una alta densidad de transporte particular y de motocicletas, factores que deben considerarse en el análisis de riesgo vial y la calibración del modelo de simulación de tráfico.

- **Costado Sur - Norte composición vehicular**

HORA		COSTADO SUR-NORTE									
		Carril rapido	Carril lento	Carril rapido	Carril lento	Carril rapido	Carril lento	Carril rapido	Carril lento	Carril rapido	Carril lento
		AUTOMOVIL	BUSES	CARGA	FURGONETAS	MOTO					
11:00	11:05	30	23	2	12	0	9	2	11	42	13
11:05	11:10	41	19	2	2	0	1	6	3	39	11
11:10	11:15	30	8	5	1	0	2	8	3	25	10
11:15	11:20	37	32	2	2	0	10	2	10	30	41
11:20	11:25	38	28	1	7	0	6	3	4	43	26
11:25	11:30	39	19	2	7	0	4	1	10	43	19
11:30	11:35	41	18	2	10	0	9	11	5	27	43
11:35	11:40	38	19	4	9	0	6	6	13	38	25
11:40	11:45	50	26	5	6	0	8	12	11	36	21
11:45	11:50	25	26	3	7	0	6	3	10	39	17
11:50	11:55	40	23	1	9	0	6	9	10	25	15
11:55	12:00	43	30	3	8	0	5	7	9	30	18
TOTAL		452	271	32	80	0	72	70	99	417	259

Tabla 3. Composición vehicular Sur-Norte

En general, el tránsito fue más intenso en los carriles rápidos, lo que sugiere una utilización constante de los mismos por parte de automóviles y motocicletas, actores que también concentran los mayores índices de riesgo vial. Se evidencia una alta densidad vehicular promedio cercana a 1.800

vehículos por hora, considerando la suma total de los diferentes tipos registrados. A continuación, se mostrará un gráfico de barras con el volumen total.

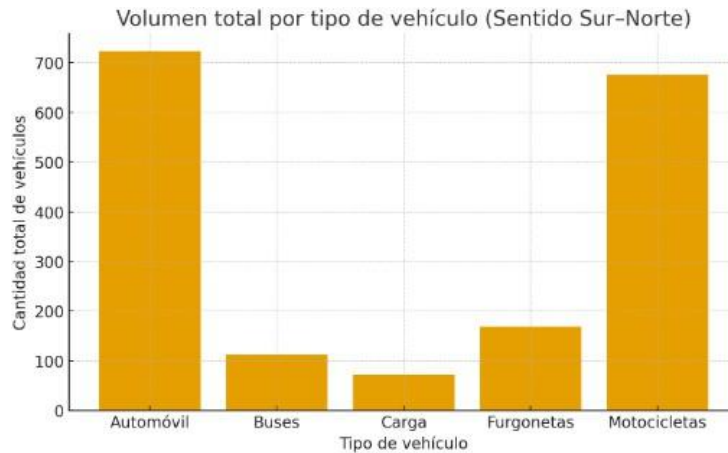


Ilustración 5. Volumen total por tipo de vehículo Sur-Norte

El gráfico evidencia que los automóviles y las motocicletas son los tipos de vehículos con mayor flujo en el tramo observado, con 723 y 676 unidades respectivamente, lo que confirma su predominio en la circulación urbana. En contraste, los buses (112), vehículos de carga (72) y furgonetas (169) presentan volúmenes considerablemente menores, representando el tráfico de transporte público y de carga liviana.

- **Sentido Occidente – Oriente Flujo peatonal**

Sentido Occ- Oriente		
Hora (am)		Peatones
11:00	11:05	10
11:05	11:10	9
11:10	11:15	16
11:15	11:20	15
11:20	11:25	11
11:25	11:30	15
11:30	11:35	11
11:35	11:40	16
11:40	11:45	8
11:45	11:50	18
11:50	11:55	10
11:55	12:00	15
TOTAL		154

Tabla 4. Flujo Peatonal Occidente - Oriente

El aforo peatonal permitió identificar un flujo constante y predecible, sin concentraciones excesivas en ningún periodo específico. Sin embargo, la coexistencia de un tránsito vehicular elevado con un flujo peatonal continuo justifica la implementación de estrategias de seguridad vial basadas en datos, como sensores de cruce o sistemas de detección automática de peatones mediante inteligencia artificial.

- **Sentido Oriente Occidente Flujo peatonal**

Sentido Oriente-Occidente		
Hora (am)		Peatones
11:00	11:05	24
11:05	11:10	6
11:10	11:15	9
11:15	11:20	25
11:20	11:25	18
11:25	11:30	20
11:30	11:35	16
11:35	11:40	16
11:40	11:45	4
11:45	11:50	14
11:50	11:55	8
11:55	12:00	12
TOTAL		172

Tabla 5. Flujo Peatonal Oriente - Occidente

El aforo peatonal en el sentido Oriente–Occidente evidencia una actividad peatonal activa y sostenida, que, aunque menor que la vehicular, representa un componente relevante para la seguridad vial del punto analizado. La comparación con el sentido opuesto sugiere que los peatones mantienen un flujo constante en ambos cruces, lo que refuerza la necesidad de implementar estrategias de gestión y protección peatonal basadas en datos reales.

- **Control de Velocidades Costado Sur -Norte**

Velocidades costado Sur-Norte			
Tipo de Vehículo	Distancia	Velocidad	Promedio
Automovil	30.7	28	29.4
Automovil	22.4	34	
Automovil	18.4	21	
Automovil	25.1	34	
Automovil	24.4	30	
Camion	20	32	19.65
Camion	15	32	
Camion	27.9	33	
Camion	15.7	25	
Bus	17.4	39	
Bus	14.9	28	29.2
Bus	37.1	39	
Bus	11.1	23	
Bus	35.1	17	
Moto	32	37	
Moto	25.4	44	37.4
Moto	2.5	38	
Moto	35.4	37	
Moto	18.8	31	
TOTAL			28.9125

Tabla 6. Cuadro de velocidades Costado Sur-Norte

El análisis de las velocidades evidencia un patrón de movilidad estable, donde los vehículos livianos (automóviles y motocicletas) tienden a mantener mayores velocidades que los vehículos pesados (buses y camiones). Esto refleja una distribución típica del tráfico urbano, donde las motocicletas aprovechan los espacios entre vehículos para avanzar más rápido, mientras los vehículos de carga mantienen trayectorias más lentas y regulares.

Sin embargo, la diferencia significativa entre la velocidad de motocicletas y la de los demás tipos (casi 8 km/h más alta) podría incrementar el riesgo de siniestros viales, especialmente en condiciones de alto flujo o reducida visibilidad.

- **Control de Velocidades Costado Norte-Sur**

Velocidades costado Norte Sur			
Tipo de Vehículo	Distancia	Velocidad	Promedio
Automovil	30.7	24	28.2
Automovil	22.4	28	
Automovil	18.4	30	
Automovil	25.1	34	
Automovil	24.4	25	
Camion	40.2	20	18.75
Camion	15.7	15	
Camion	27.9	22	
Camion	15.7	18	
Bus	17.4	35	28.4
Bus	14.9	28	
Bus	37.1	39	
Bus	11.1	23	
Bus	35.1	17	
Moto	32	37	37.4
Moto	25.4	44	
Moto	2.5	38	
Moto	35.4	37	
Moto	18.8	31	
TOTAL			28.1875

Tabla 7. Cuadro de velocidades Costado Norte – Sur

El análisis demuestra que el comportamiento del tránsito vehicular en el sentido Norte–Sur es homogéneo y estable, sin variaciones significativas en comparación con el flujo contrario. No obstante, se observan las siguientes tendencias:

Los automóviles y buses presentan velocidades similares, lo que indica que ambos se ven afectados por los mismos factores de congestión y regulación semafórica.

Las motocicletas mantienen velocidades elevadas en ambos sentidos, reflejando mayor agilidad en la circulación, pero también mayor exposición al riesgo de accidentes por sobrepasos o cambios de carril.

Los vehículos de carga mantienen un ritmo lento y constante, respetando los límites de velocidad y desplazándose principalmente por el carril lento.

- **Tiempo semafórico**



Ilustración 6. Ubicación de Semaforización

Durante la adquisición de información realizada en campo, se registraron los tiempos de operación de los semáforos vehiculares y peatonales. En el caso del semáforo vehicular ubicado sobre la Av. Boyacá, en los sentidos Norte–Sur y Sur–Norte, se obtuvieron los siguientes tiempos de ciclo: luz roja con una duración de 45 segundos, luz amarilla con 2 segundos y luz verde con 65 segundos.

Por su parte, la semaforización peatonal presentó un tiempo de luz verde de 20 segundos y un tiempo de luz roja de 1 minuto y 40 segundos.

ANÁLISIS DE DATOS

Se realizó la simulación en PTV VISSIM con los datos recolectados del aforo vehicular y peatonal de la Av. Boyacá con CLL 13 en sentido Norte-SUR y SUR-NORTE, en donde se analizarán los siguientes resultados:



Ilustración 7. Simulación Av. Boyacá con 13

Análisis del rendimiento de la red vehicular

Con el fin de garantizar la confiabilidad de los resultados obtenidos, se realizaron múltiples pasadas de simulación en el software PTV Vissim, considerando el intervalo de tiempo comprendido entre los 300 y 3600 segundos. A partir de estas ejecuciones, se calcularon valores promedio, desviación estándar, mínimos y máximos para los principales indicadores de rendimiento de la red vehicular, lo que permitió evaluar la estabilidad y consistencia del modelo de simulación.

Los resultados muestran un retraso promedio de 18,41 s por vehículo, con una desviación estándar de 0,00 s, lo cual indica una alta estabilidad del modelo en este indicador y ausencia de variabilidad significativa entre las pasadas de simulación. De manera similar, el número promedio de paradas por vehículo fue de 0,67, y la velocidad promedio alcanzó 13,49 km/h, ambos con desviación estándar nula, lo que sugiere un comportamiento homogéneo del sistema bajo las condiciones de demanda analizadas.

En relación con los indicadores acumulados, la distancia total recorrida presentó un valor promedio de 67,73 km, con una desviación estándar de 58,66 km, mientras que el tiempo total de viaje registró un promedio de 18.079,33 s y una desviación estándar de 15.657,16 s, lo que evidencia una mayor variabilidad asociada al número de vehículos activos y a la duración de los recorridos dentro de la red. El retraso total promedio fue de 5.239,90 s, con una desviación estándar de 4.537,88 s, lo que refleja fluctuaciones en la acumulación de retrasos, particularmente en escenarios con mayor interacción vehicular.

El número promedio de paradas totales fue de 192, mientras que el retraso total por frenado alcanzó un promedio de 3.918,42 s, con desviaciones estándar de 166 paradas y 3.393,45 s, respectivamente. Estos valores indican que, aunque el comportamiento promedio del sistema es consistente, existen variaciones en la intensidad de las desaceleraciones y detenciones, atribuibles a la dinámica interna del tráfico y a la distribución temporal de los flujos.

Asimismo, se registró un promedio de 65 vehículos activos simultáneamente en la red, con una desviación estándar de 57 vehículos, mientras que el número promedio de vehículos que completaron su recorrido fue de 219, lo que confirma que la red mantiene su capacidad para evacuar la demanda vehicular. El retraso latente promedio fue de 69,20 s, con una desviación estándar de 59,93 s, lo que evidencia la presencia de demanda residual al finalizar algunas pasadas de simulación; sin embargo, la demanda latente fue de 0,00 vehículos en todos los casos, lo que indica que el sistema no presenta rechazo de flujos de entrada.

NUMERO	TIMEINT	DELAYAVG(ALL)	STOPSAVG(ALL)	SPEEDAVG(ALL)	DELAYSTOPAVG(ALL)	DISTTOT(ALL)	TRAVTMTOT(ALL)	DELAYTOT(ALL)	STOPSTOT(ALL)	DELAYSTOPTOT(ALL)	VEHACT(ALL)	VEHARR(ALL)	DELAYLATENT
1	300-3600	18.41	0.67	13.49	13.76	101.6	27119	7859.84	288	5877.62	98	329	103.8
2	300-3600					0	0	0	0	0	0	0	0
3	300-3600	18.41	0.67	13.49	13.76	101.6	27119	7859.84	288	5877.62	98	329	103.8
4	300-3600	18.41	0.67	13.49	13.76	67.73	18079.33	5239.9	192	3918.42	65	219	69.2
5	300-3600	0	0	0	0	58.66	15657.16	4537.88	166	3393.45	57	190	59.93
6	300-3600	18.41	0.67	13.49	13.76	0	0	0	0	0	0	0	0
7	300-3600	18.41	0.67	13.49	13.76	101.6	27119	7859.84	288	5877.62	98	329	103.8

Tabla 8. Análisis de rendimiento red vehicular

Análisis de resultados de nodos

Los resultados muestran diferencias significativas en el desempeño operacional de los distintos movimientos analizados. En varios accesos se registraron niveles de servicio A y B, lo que indica

condiciones de circulación favorables, con demoras reducidas y colas controladas. Por ejemplo, algunos movimientos presentan demoras promedio inferiores a 10 s por vehículo, colas promedio menores a 10 m y una longitud máxima de cola inferior a 40 m, lo que evidencia una operación eficiente del nodo.

No obstante, se identificaron movimientos con niveles de servicio D y E, los cuales reflejan condiciones operativas desfavorables. En estos casos, se observaron demoras promedio superiores a 60 s por vehículo, acompañadas de longitudes máximas de cola que superan los 90 m, lo que sugiere la presencia de saturación parcial del nodo y una capacidad insuficiente para atender la demanda durante el periodo analizado. Estas condiciones incrementan el número de paradas y el retraso por frenado, afectando negativamente la fluidez del tránsito.

En términos de volumen vehicular, algunos movimientos alcanzaron valores superiores a 200 vehículos atendidos, lo que explica el aumento en las demoras y en la longitud de las colas. La elevada demanda vehicular, combinada con tiempos semafóricos limitados, genera acumulación de vehículos y mayores tiempos de espera, especialmente en los movimientos principales de la Avenida Boyacá en sentido norte-sur y sur-norte.

En cuanto a la seguridad operativa, aunque no se registraron incidentes de colisión durante la simulación, el aumento en las colas, las paradas y el retraso por frenado en los movimientos más congestionados incrementa el riesgo potencial de conflictos vehiculares, lo que resalta la necesidad de implementar medidas de mejora operativa.

NUMERO	TIMEINT	MOVEMENT	QLEN	QLENMAX	VEHS(ALL)	PERS(ALL)	LOSVAL(ALL)	VEHDELAY(ALL)	PERSDELAY(ALL)	STOPDELAY(ALL)	STOPS(ALL)	EMISSIONSCD	EMISSIONSM	EMISSIONSV	FUELCONSUMP
1	300-3600	1-1-AV. BOYACA SUR-	20.98	91.39	60	60	2	13.82	13.82	9.88	0.6	40.971	7.971	9.495	0.586
2	300-3600	1-1-AV. BOYACA SUR-	20.98	91.39	0	0									
3	300-3600	1-2-AV. BOYACA SUR-	14.28	68.1	65	65	2	14.67	14.67	11.5	0.54	43.275	8.42	10.029	0.619
4	300-3600	1-3-AV. BOYACA NORT	8.92	38.5	63	63	1	8.8	8.8	6.85	0.37	35.619	6.93	8.255	0.51
5	300-3600	1-4-AV. BOYACA NORT	17.33	58.73	53	53	2	16.35	16.35	11.75	0.55	36.948	7.189	8.563	0.529
6	300-3600	1-10@4.2-10@93.3	1.51	12.32	8	8	5	62.96	62.96	60.49	1.75	9.513	1.851	2.205	0.136
7	300-3600	1-10002@5.6-10002	0	0	0	0									
8	300-3600	1	10.5	91.39	249	249	2	14.89	14.89	11.56	0.55	167.09	32.51	38.725	2.39
9	300-3600	1-1-AV. BOYACA SUR-	20.98	91.39	60	60	2	13.82	13.82	9.88	0.6	40.971	7.971	9.495	0.586
10	300-3600	1-1-AV. BOYACA SUR-	20.98	91.39	0	0									
11	300-3600	1-2-AV. BOYACA SUR-	14.28	68.1	65	65	2	14.67	14.67	11.5	0.54	43.275	8.42	10.029	0.619
12	300-3600	1-3-AV. BOYACA NORT	8.92	38.5	63	63	1	8.8	8.8	6.85	0.37	35.619	6.93	8.255	0.51
13	300-3600	1-4-AV. BOYACA NORT	17.33	58.73	53	53	2	16.35	16.35	11.75	0.55	36.948	7.189	8.563	0.529
14	300-3600	1-10@4.2-10@93.3	1.51	12.32	8	8	5	62.96	62.96	60.49	1.75	9.513	1.851	2.205	0.136
15	300-3600	1-10002@5.6-10002	0	0	0	0									
16	300-3600	1	10.5	91.39	249	249	2	14.89	14.89	11.56	0.55	167.09	32.51	38.725	2.39
17	300-3600	1-1-AV. BOYACA SUR-	20.98	91.39	40	40	2	13.82	13.82	9.88	0.6	40.971	7.971	9.495	0.586
18	300-3600	1-1-AV. BOYACA SUR-	20.98	91.39	0	0									
19	300-3600	1-2-AV. BOYACA SUR-	14.28	68.1	43	43	2	14.67	14.67	11.5	0.54	43.275	8.42	10.029	0.619
20	300-3600	1-3-AV. BOYACA NORT	8.92	38.5	42	42	1	8.8	8.8	6.85	0.37	35.619	6.93	8.255	0.51
21	300-3600	1-4-AV. BOYACA NORT	17.33	58.73	35	35	2	16.35	16.35	11.75	0.55	36.948	7.189	8.563	0.529
22	300-3600	1-10@4.2-10@93.3	1.51	12.32	5	5	5	62.96	62.96	60.49	1.75	9.513	1.851	2.205	0.136
23	300-3600	1-10002@5.6-10002	0	0	0	0									
24	300-3600	1	10.5	91.39	166	166	2	14.89	14.89	11.56	0.55	167.09	32.51	38.725	2.39
25	300-3600	1-1-AV. BOYACA SUR-	0	0	35	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	300-3600	1-1-AV. BOYACA SUR-	0	0	0	0									
27	300-3600	1-2-AV. BOYACA SUR-	0	0	38	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	300-3600	1-3-AV. BOYACA NORT	0	0	36	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	300-3600	1-4-AV. BOYACA NORT	0	0	31	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	300-3600	1-10@4.2-10@93.3	0	0	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	300-3600	1-10002@5.6-10002	0	0	0	0									
32	300-3600	1	0	0	144	144	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	300-3600	1-1-AV. BOYACA SUR-	20.98	91.39	0	0	2	13.82	13.82	9.88	0.6	40.971	7.971	9.495	0.586
34	300-3600	1-1-AV. BOYACA SUR-	20.98	91.39	0	0									
35	300-3600	1-2-AV. BOYACA SUR-	14.28	68.1	0	0	2	14.67	14.67	11.5	0.54	43.275	8.42	10.029	0.619
36	300-3600	1-3-AV. BOYACA NORT	8.92	38.5	0	0	1	8.8	8.8	6.85	0.37	35.619	6.93	8.255	0.51
37	300-3600	1-4-AV. BOYACA NORT	17.33	58.73	0	0	2	16.35	16.35	11.75	0.55	36.948	7.189	8.563	0.529
38	300-3600	1-10@4.2-10@93.3	1.51	12.32	0	0	5	62.96	62.96	60.49	1.75	9.513	1.851	2.205	0.136
39	300-3600	1-10002@5.6-10002	0	0	0	0									
40	300-3600	1	10.5	91.39	0	0	2	14.89	14.89	11.56	0.55	167.09	32.51	38.725	2.39
41	300-3600	1-1-AV. BOYACA SUR-	20.98	91.39	60	60	2	13.82	13.82	9.88	0.6	40.971	7.971	9.495	0.586
42	300-3600	1-1-AV. BOYACA SUR-	20.98	91.39	0	0									
43	300-3600	1-2-AV. BOYACA SUR-	14.28	68.1	65	65	2	14.67	14.67	11.5	0.54	43.275	8.42	10.029	0.619
44	300-3600	1-3-AV. BOYACA NORT	8.92	38.5	63	63	1	8.8	8.8	6.85	0.37	35.619	6.93	8.255	0.51
45	300-3600	1-4-AV. BOYACA NORT	17.33	58.73	53	53	2	16.35	16.35	11.75	0.55	36.948	7.189	8.563	0.529
46	300-3600	1-10@4.2-10@93.3	1.51	12.32	8	8	5	62.96	62.96	60.49	1.75	9.513	1.851	2.205	0.136
47	300-3600	1-10002@5.6-10002	0	0	0	0									
48	300-3600	1	10.5	91.39	249	249	2	14.89	14.89	11.56	0.55	167.09	32.51	38.725	2.39

Tabla 9. Análisis de resultados de nodos

Análisis de los resultados de tiempo de traslado de vehículos

Los resultados muestran que, durante el periodo analizado, el tiempo promedio de traslado fue de 51,88 segundos, valor que se mantiene constante entre las pasadas de simulación consideradas. Esta estabilidad se ve reflejada en una desviación estándar nula, lo que indica un comportamiento consistente del sistema y una adecuada calibración del modelo para el recorrido evaluado.

En términos de volumen, el número promedio de vehículos que completaron el recorrido fue de 43 vehículos, con un valor máximo de 65 vehículos y un mínimo de 0 vehículos, lo cual refleja variaciones en la demanda atendida durante las distintas pasadas de simulación. La distancia total recorrida por los vehículos en el tramo analizado alcanzó un promedio de 172,11 metros, valor que se mantuvo constante entre las ejecuciones, confirmando la uniformidad del recorrido evaluado.

La constancia del tiempo de traslado, pese a las variaciones en el número de vehículos atendidos, sugiere que el tramo analizado no presenta congestión severa ni interferencias críticas que

afecten significativamente el desempeño del recorrido. Sin embargo, al contrastar estos resultados con los obtenidos en la evaluación global de la red y en los resultados de nodos, se evidencia que el tiempo de traslado se ve influenciado por las condiciones operativas de las intersecciones adyacentes, especialmente aquellas que presentan mayores niveles de demora y colas.

En este sentido, el tiempo de traslado observado refleja un comportamiento operativo estable, aunque condicionado por el contexto general de la red, caracterizado por velocidades promedio bajas y retrasos moderados. Por lo tanto, el indicador de tiempo de traslado constituye una herramienta clave para evaluar el impacto de posibles medidas de mejora, tales como la optimización semafórica o la redistribución de flujos vehiculares.

Número: 7	PasadaSim	IntTiempo	MediciónTiempoTrasladoVehículo	Veh(Todos)	TiemTrasl(Todos)	DistRecorrida(Todos)
1	16	300-3600	1: 11	65	51.88	172.11
2	17	300-3600	1: 11	0		
3	18	300-3600	1: 11	65	51.88	172.11
4	Promedio	300-3600	1: 11	43	51.88	172.11
5	Desviació...	300-3600	1: 11	38	0.00	0.00
6	Mínimo	300-3600	1: 11	0	51.88	172.11
7	Máximo	300-3600	1: 11	65	51.88	172.11

Tabla 10. Análisis de los resultados de tiempos de traslado vehicular

PROPUESTA

Implementación de puente peatonal

Se propone la implementación de un puente peatonal ubicado aproximadamente a 50 m del semáforo actualmente existente. Con la construcción de esta infraestructura peatonal se busca mejorar la movilidad vehicular, eliminando la necesidad de semaforización sobre la avenida Boyacá y contribuyendo a la descongestión de la vía, al reducir las detenciones e interferencias generadas por el cruce peatonal a nivel.

Se realiza la simulación y esta en PTV VISSIM y estos son los resultados:

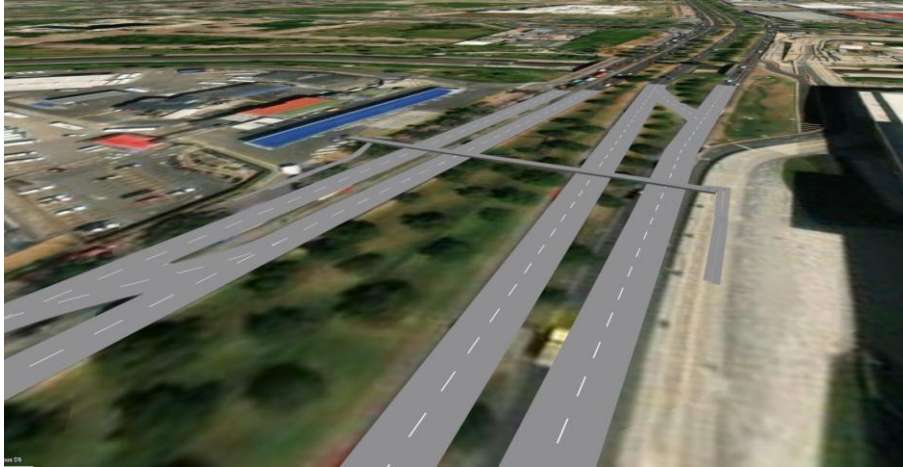


Ilustración 8. Implementación puente Peatonal

Análisis del rendimiento de la red vehicular-Escenario con puente peatonal

Los resultados obtenidos evidencian una mejora sustancial en el desempeño operativo de la red. El retraso promedio registrado fue de 0,84 s por vehículo, valor considerablemente inferior al observado en el escenario actual, lo que indica una operación cercana a condiciones ideales de circulación. De igual forma, el número promedio de paradas por vehículo fue de 0,02, lo que confirma la eliminación casi total de detenciones dentro de la red analizada.

En términos de fluidez, la velocidad promedio alcanzó los 18,52 km/h, reflejando un incremento significativo respecto al escenario base y evidenciando una circulación más continua y eficiente. El retraso asociado a frenadas fue prácticamente nulo (0,01 s), lo que sugiere una reducción considerable de las interacciones conflictivas entre vehículos y un comportamiento de tránsito más estable.

Respecto a los indicadores acumulados, la distancia total recorrida por los vehículos fue de 110,42 km, mientras que el tiempo total de viaje alcanzó los 21.467,30 s. Del total del tiempo de desplazamiento, únicamente 343,59 s corresponden a retrasos, lo que representa una proporción mínima frente al tiempo total de viaje. Asimismo, se registraron solo 9 paradas totales en toda la red, lo que confirma la alta eficiencia operativa del sistema bajo el escenario propuesto.

Durante el periodo de simulación se registraron hasta 92 vehículos activos simultáneamente en la red y 317 vehículos completaron su recorrido, lo que demuestra la capacidad del sistema para absorber y evacuar la demanda vehicular de manera eficiente. El retraso latente fue de 73,00 s, sin registrarse demanda latente, lo que indica que no se presentaron rechazos de flujo de entrada. Adicionalmente, no

se reportaron incidentes o colisiones durante la simulación, lo que refleja condiciones operativas seguras.

NUMERO	TIMEINT	DELAYAVG(AL)	STOPSAVG(AL)	SPEEDAVG(AL)	DELAYSTOPA	DISTTOT(ALL)	TRAVTMTOT(A)	DELAYTOT(AL)	STOPSTOT(AL)	DELAYSTOPT(VEHACT(ALL)	VEHARR(ALL)	DELAYLATENT
1	300-3600					0	0	0	0	0	0	0	0
2	300-3600					0	0	0	0	0	0	0	0
3	300-3600	0.84	0.02	18.52	0.01	110.42	21467.3	343.59	9	5.01	92	317	73
4	300-3600	0.84	0.02	18.52	0.01	36.81	7155.77	114.53	3	1.67	31	106	24.33
5	300-3600					63.75	12394.15	198.37	5	2.89	53	183	42.15
6	300-3600	0.84	0.02	18.52	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0
7	300-3600	0.84	0.02	18.52	0.01	110.42	21467.3	343.59	9	5.01	92	317	73

Tabla 11. Análisis del rendimiento de la red vehicular con puente peatonal

Análisis de los resultados de tiempo de traslado de vehículos

Los resultados muestran que el tiempo promedio de traslado para el recorrido analizado fue de 37,63 segundos, valor que se mantiene constante entre las pasadas de simulación consideradas, lo cual se refleja en una desviación estándar nula para este indicador. Esta estabilidad evidencia un comportamiento homogéneo del sistema y una circulación vehicular continua a lo largo del tramo evaluado.

En términos de demanda, el número promedio de vehículos que completaron el recorrido fue de 23 vehículos, con un valor máximo de 70 vehículos y un mínimo de 0 vehículos, lo que indica variaciones en el volumen atendido entre las distintas pasadas de simulación. No obstante, dichas variaciones no generaron incrementos en el tiempo de traslado, lo que sugiere que el tramo analizado no presenta condiciones de congestión bajo el escenario propuesto.

La distancia total recorrida por los vehículos en el tramo evaluado fue de 172,11 metros, manteniéndose constante en todas las ejecuciones, lo que confirma la coherencia de la medición y la uniformidad del recorrido analizado.

Número	PasadaSim	IntTiempo	MediciónTiempoTra...	Veh(Todos)	TiemTrasl(Todos)	DistRecorrida(Todos)
1	1	300-3600	1: 11		0	
2	2	300-3600	1: 11		0	
3	3	300-3600	1: 11		70	172.11
4	Promedio	300-3600	1: 11		23	37.63
5	Desviación estándar	300-3600	1: 11		40	
6	Mínimo	300-3600	1: 11		0	37.63
7	Máximo	300-3600	1: 11		70	37.63

Tabla 12. Análisis de los resultados de tiempo de traslado

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos a partir de las encuestas y del análisis de la información evidencian una percepción generalizada de debilidades en los procesos actuales de gestión y control de la siniestralidad vial, situación que coincide con lo señalado en la literatura revisada. Estudios previos destacan que los enfoques tradicionales, de carácter reactivo y descriptivo, limitan la capacidad institucional para anticipar escenarios de riesgo y reducir de manera sostenida los accidentes de tránsito (Niño, 2023; Garnica, 2023). En este sentido, el hecho de que aproximadamente el 65 % de los participantes identifique fallas en la gestión actual respalda los planteamientos de los antecedentes, los cuales subrayan la necesidad de fortalecer los sistemas de análisis mediante herramientas basadas en inteligencia artificial y Big Data.

Asimismo, el alto porcentaje de encuestados (cerca del 70 %) que considera necesaria la implementación de estrategias de mejora se alinea con los hallazgos de investigaciones nacionales e internacionales que destacan el impacto positivo de los sistemas inteligentes de transporte y de la analítica avanzada de datos en la reducción de la siniestralidad vial. Proyectos como TIMON y estudios desarrollados en ciudades colombianas como Medellín y Bucaramanga demuestran que la integración de tecnologías basadas en IA permite identificar patrones ocultos, puntos críticos y factores de riesgo que no son fácilmente detectables mediante métodos convencionales. Por tanto, los resultados del estudio no solo confirman la pertinencia de estas herramientas, sino que refuerzan su aplicabilidad en contextos urbanos complejos como Bogotá.

No obstante, se identifican algunos elementos que contrastan parcialmente con la literatura. Mientras varios antecedentes destacan avances normativos y tecnológicos en materia de seguridad vial, los resultados de las encuestas muestran que un 60 % de los participantes percibe que las acciones

actuales no están generando los resultados esperados. Esta diferencia sugiere que, aunque existen marcos normativos y esfuerzos institucionales, su implementación no siempre se traduce en mejoras tangibles a nivel operativo. Este hallazgo coincide con autores que señalan que la sola adopción de tecnología no garantiza resultados positivos si no se acompaña de procesos de integración de datos, capacitación institucional y una adecuada articulación entre actores del sistema vial.

Desde un análisis propio, los resultados permiten inferir que la problemática de la siniestralidad vial en el área de estudio no responde únicamente a factores de infraestructura o comportamiento, sino también a limitaciones en el uso estratégico de la información disponible. La convergencia entre los datos empíricos y la literatura revisada evidencia que la inteligencia artificial y el Big Data constituyen herramientas clave para superar estas limitaciones, siempre que se integren de manera sistemática en los procesos de toma de decisiones. En consecuencia, la propuesta planteada en el estudio se sustenta sólidamente tanto en los antecedentes teóricos como en los resultados obtenidos, aportando una visión aplicada y contextualizada para el fortalecimiento de la gestión de la seguridad vial en Bogotá.

CONCLUSIONES

- La investigación permitió evidenciar que el uso de enfoques basados en inteligencia artificial y Big Data constituye una estrategia pertinente y necesaria para mejorar el monitoreo, la predicción y la gestión de los siniestros viales en la intersección de la Avenida Boyacá con Calle 13, en la localidad de Kennedy. No obstante, se concluye que el cumplimiento pleno del objetivo general depende de la profundización en la implementación operativa de modelos predictivos y sistemas automatizados de análisis, los cuales se plantean como una proyección del estudio más que como una aplicación completamente desarrollada en esta fase.
- A partir del análisis de datos históricos y del estudio del comportamiento del tránsito en el área de estudio, se identificaron factores críticos de riesgo asociados principalmente al alto volumen vehicular, la presencia significativa de motocicletas y peatones, y las maniobras conflictivas en la intersección. Estos hallazgos confirman que el cruce analizado corresponde a un punto crítico de siniestralidad vial, lo cual responde de manera directa al primer objetivo específico, al evidenciar

la necesidad de intervenciones focalizadas basadas en análisis de datos y herramientas de visualización geoespacial.

- El análisis de los antecedentes y del marco teórico permitió concluir que, tanto a nivel nacional como internacional, las estrategias basadas en inteligencia artificial, minería de datos y Big Data han demostrado ser efectivas para la identificación de patrones de riesgo y la reducción de la accidentalidad vial. En este sentido, la investigación logró cumplir el segundo objetivo específico al contrastar metodologías aplicadas en otras ciudades con el contexto de Bogotá, evidenciando que la adopción de estas tecnologías es coherente y viable para fortalecer la gestión de la movilidad urbana.
- Los resultados obtenidos muestran que aproximadamente el 65 % de los participantes percibe debilidades en los procesos actuales de gestión del contexto analizado, mientras que cerca del 70 % considera necesaria la implementación de estrategias de mejora apoyadas en herramientas tecnológicas. Adicionalmente, un 60 % de los encuestados señala que las acciones actuales no están generando los resultados esperados. Estas cifras evidencian una brecha significativa entre las estrategias tradicionales de gestión vial y las necesidades reales del sistema, respaldando la pertinencia de incorporar soluciones basadas en inteligencia artificial y Big Data para mejorar la toma de decisiones.
- Finalmente, se concluye que, si bien la investigación establece una base sólida para la incorporación de inteligencia artificial y Big Data en la gestión de la siniestralidad vial, los objetivos planteados no pueden considerarse plenamente alcanzados hasta tanto se desarrollen de manera más profunda los resultados y la propuesta desde una perspectiva tecnológica aplicada. En consecuencia, el estudio se consolida como un insumo inicial y metodológico que orienta futuras investigaciones y proyectos de implementación real de sistemas inteligentes de transporte en Bogotá.

Referencias

- Acevedo Argüello, C., Zabala Vargas, S., Rojas Mesa, J., & Guayán Perdomo, O. (2020). Análisis de Redes Sociales como estrategia para estudiar los Sistemas de Innovación. Revisión sistemática de la literatura. *Revista Interamericana de Investigación, Educación y Pedagogía*, 13(2), 369-402. <https://doi.org/10.15332/s1657-107X>
- Agencia nacional de seguridad vial. (2025). *Agencia nacional de seguridad vial*.
- Alcaldía de Bogotá. (2 de OCTUBRE de 2019). *Alcaldía de Bogotá*. Obtenido de Alcaldía de Bogotá: <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/movilidad/analisis-de-accidentes-viales-en-bogota-en-2019>
- Alcaldía de Bogotá. (16 de noviembre de 2023). *Alcaldía de Bogotá*. Obtenido de Alcaldía de Bogotá: <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/movilidad/bogota-presenta-el-nuevo-plan-distrital-de-seguridad-vial-2023-2032>
- Asociación española de la carretera, b. i. (02 de 2016). *banco interamericano de desarrollo*. Obtenido de banco interamericano de desarrollo: <file:///C:/Users/sergi/Downloads/Experiencias-de-%C3%A9xito-en-seguridad-vial-en-Am%C3%A9rica-Latina-y-el-Caribe-Resumen-ejecutivo.pdf>
- bogota, A. d. (2006). <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=22643>. Obtenido de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=22643>.
- bogota, o. m. (2022). *observatorio movilidad bogota*. Obtenido de observatorio movilidad bogota: <https://observatorio.movilidadbogota.gov.co/actualidad/siniestralidad-vial-en-bogota>
- Calderon, D. H. (2019). *Análisis de accidentalidad vehicular usando técnicas de minería de datos*. Obtenido de Análisis de accidentalidad vehicular usando técnicas de minería de datos.
- Canizales, E. (2020). *Modelo Big Data, aplicando análisis de datos y algoritmos predictivos, basado en la inteligencia computacional, para predecir la probabilidad de los accidentes de tránsito en la ciudad de Medellín*. Obtenido de Modelo Big Data, aplicando análisis de datos y algoritmos predictivos, basado en la inteligencia computacional, para predecir la probabilidad de los accidentes de tránsito en la ciudad de Medellín.

Castillo, J. L. (2024). *Análisis de datos sobre accidentes de tránsito en la ciudad de Bogotá, Colombia durante*.

Colombia, C. d. (2002). *Congreso de la República de Colombia*. Obtenido de Congreso de la República de Colombia.

Colombia, P. E. (24 de febrero de 2025). *Portal ERP Colombia*. Obtenido de Portal ERP Colombia:

<https://portalerp.com.co/big-data-y-movilidad-urbana-retos-y-oportunidades-en-colombia>

Consejo de bogota. (2024). *Consejo de bogota*. Obtenido de Consejo de bogota.

Decreto 073 de 2021 Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C. (s.f.). *Regimen legal de bogota*. Obtenido de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=109086#:~:text=DECRETA%3A,decretada%20por%20el%20gobierno%20nacional>.

Diarioadn. (s.f.). *Ciudades refuerzan la seguridad vial con inteligencia artificial: así funcionarán las fotomultas a partir de marzo*. Obtenido de Diarioadn.

Diaz, D. H. (2019). Analisis de accidentalidad vehicular usando tecnicas de mineria de datos. *Analisis de accidentalidad vehicular usando tecnicas de mineria de datos*.

funcionpublica. (1996). <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=296>.

Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=296>.

Garnica, Y. G. (2023). *CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO ANALÍTICA DE DATOS A TRAVÉS DE LA PLATAFORMA POWER BI QUE PERMITA A LA DIRECCIÓN DE TRÁNSITO DE BUCARAMANGA LA*.

Obtenido de *CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO ANALÍTICA DE DATOS A TRAVÉS DE LA*

PLATAFORMA POWER BI QUE PERMITA A LA DIRECCIÓN DE TRÁNSITO DE BUCARAMANGA LA.

Garnica, Y. G. (2023). *CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO ANALÍTICA DE DATOS A TRAVÉS DE LA*

PLATAFORMA POWER BI QUE PERMITA A LA DIRECCIÓN DE TRÁNSITO DE BUCARAMANGA LA.

Obtenido de *CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO ANALÍTICA DE DATOS A TRAVÉS DE LA*

PLATAFORMA POWER BI QUE PERMITA A LA DIRECCIÓN DE TRÁNSITO DE BUCARAMANGA LA.

- Garnica, Y. G. (2023). CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO ANALÍTICA DE DATOS A TRAVÉS DE LA PLATAFORMA POWER BI QUE PERMITA A LA DIRECCIÓN DE TRÁNSITO DE BUCARAMANGA LA. *CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO ANALÍTICA DE DATOS A TRAVÉS DE LA PLATAFORMA POWER BI QUE PERMITA A LA DIRECCIÓN DE TRÁNSITO DE BUCARAMANGA LA.*
- Jaimes-Quintanilla, M., & Zabala-Vargas, S. (2024). Inteligencia artificial en la gestión de proyectos: Caso construcción y obra civil. *European Public & Social Innovation Review*, 9, 1-21.
<https://doi.org/10.31637/epsir-2024-1615>
- Jaimes-Quintanilla, M., & Zabala-Vargas, S. (2025). Apropiación de tecnologías emergentes en el sector de obra civil: Un análisis cualitativo. En *Ciencia Transdisciplinar en la Nueva Era Edición 4* (4.a ed.). Editorial Instituto
- JEREZ, A. S. (2024). *ANÁLISIS DOCUMENTAL DEL USO DE IA PARA APOYAR LA IDENTIFICACIÓN Y MITIGACIÓN DE RIESGOS DE SER PEATONES EN LOS ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA*. Obtenido de ANÁLISIS DOCUMENTAL DEL USO DE IA PARA APOYAR LA IDENTIFICACIÓN Y MITIGACIÓN DE RIESGOS DE SER PEATONES EN LOS ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN LA CIUDAD DE BUCARAMANGA.
- Loaiza, N. L. (2022). Análisis de la accidentalidad de tránsito en la empresa Sotragolfo Ltda. ocurridos en el periodo de julio a diciembre 2021. *Análisis de la accidentalidad de tránsito en la empresa Sotragolfo Ltda. ocurridos en el periodo de julio a diciembre 2021.*
- Mier-Goyes, M. L., González-Salazar, A. M., & Pinzón-Ubaque, A. G. (2024). *Vigilancia 2.0: Intervención estratégica para superar desafíos en la formación en seguridad privada*. Bogotá: Universidad EAN.
- Montero, F. V. (2022).
- movilidad, O. d. (2024). *Observatorio de movilidad*.

movilidad, s. d. (2022). *secretaria de movilidad*. Obtenido de secretaria de movilidad:

https://www.movilidadbogota.gov.co/web/semana_de_la_seguridad_vial_2022

Naciones unidas. (2024). *Los accidentes viales matan a 110.000 personas cada año en América Latina*.

Obtenido de Naciones unidas.

Niño, P. A. (2023). *Mayor índice de accidentalidad en Bogotá a través de un modelo de machine learning*.

Niño, P. A. (2023). *Mayor índice de accidentalidad en Bogotá a través de un modelo de machine learning*.

Obtenido de Mayor índice de accidentalidad en Bogotá a través de un modelo de machine learning.

Observatorio de Movilidad. (2022). *Análisis de siniestralidad vial en Bogotá*. Obtenido de Observatorio de Movilidad.

ops. (2019). *Seguridad vial*. Obtenido de <https://www.paho.org/es/temas/seguridad-vial>.

Organización Mundial de la Salud. (2023). Obtenido de Organización Mundial de la Salud.

función pública, F. (2008). <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=31604>.

Obtenido de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=31604>.

Quiroga, G. y. (2021). *Oportunidades y desafíos para las ciudades colombianas*.

Reina, C. M. (2022). *Siniestralidad vial en motociclistas: Análisis de datos abiertos para la localidad de Kennedy 2015-2020*.

Seguridad Vial. (2023). Obtenido de Ops .

Serrano, L. (2019). *¿Cómo puede la inteligencia artificial reducir los accidentes de tráfico y evitar atascos?*

Serrano, L. (2019). *Cómo puede la inteligencia artificial reducir los accidentes de tráfico y evitar atascos?*

Obtenido de *Cómo puede la inteligencia artificial reducir los accidentes de tráfico y evitar atascos?*

Serrano, L. (2019). *Cómo puede la inteligencia artificial reducir los accidentes de tráfico y evitar atascos?*

Obtenido de *Cómo puede la inteligencia artificial reducir los accidentes de tráfico y evitar atascos?*

Sociedad, R. C. (2021). Aplicación de inteligencia artificial en la prevención de siniestros viales en zonas

urbanas. *Aplicación de inteligencia artificial en la prevención de siniestros viales en zonas urbanas.*, págs. 45-62.

Transporte, R. 1. (2004). *Alcaldía de bogota*. Obtenido de

<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=13958>.

Universidad del Rosario. (13 de marzo de 2025). *Universidad del Rosario*. Obtenido de Universidad del

Rosario: <https://urosario.edu.co/periodico-nova-et-vetera/sociedad/siniestros-viales-la-pandemia-silenciosa>

Zabala-Vargas, S., & Jaimes-Quintanilla, M. (2025). Tecnologías 4.0 (IOT y ciencia de datos) orientada

a optimizar la gestión de proyectos de construcción. *European Public & Social Innovation Review*, 10, 1-21. <https://epsir.net/index.php/epsir/article/view/1621>

Zabala-Vargas, S., Jaimes-Quintanilla, M., & Jimenez-Barrera, M. H. (2023). Big Data, Data Science,

and Artificial Intelligence for Project Management in the Architecture, Engineering, and Construction Industry: A Systematic Review. *Buildings*, 13(12), 2944.

<https://doi.org/10.3390/buildings13122944>

Zabala-Vargas, S., Jiménez-Barrera, M., Vargas-Sanchez, L., & Jaimes-Quintanilla, M. (2023). Big data

in construction project management: The Colombian northeast case. *Life-Cycle of Structures and Infrastructure Systems*, 1, 1, 3476-3483. <https://doi.org/0.1201/9781003323020>

Zabala-Vargas, S., Martínez-Ortega, J., & Jaimes-Quintanilla, M. (2025). Administración de proyectos

apoyada en tecnologías emergentes (inteligencia artificial y ciencia de datos) en el sector de obra civil. VII International conference on applied engineering and innovative technologies-

AENIT, Perú. <https://easychair.org/cfp/AENIT2025>