



**GeoVialPereira: Análisis Espacial y Geovisor Web para Identificar Puntos  
Críticos de Siniestralidad Vial en Pereira durante los Años 2023 - 2024**

Gustavo Adolfo Vélez Bedoya

Eliana María Rodríguez Abreu

Tipo de documento para optar al título de Especialistas en Sistemas de Información

Geográfica

Director (a):

Esp. María Camila Betancourth Ossa

Universidad de Manizales

Facultad de Ciencias e Ingeniería

Especialización en Sistemas de Información Geográfica

Manizales, Caldas, Colombia

2025

|                            |  |
|----------------------------|--|
| <b>Cita</b>                | (Vélez Bedoya & Rodríguez Abreu, 2025)   |
| <b>Referencia</b>          | Vélez Bedoya, G. A., & Rodríguez Abreu, E. M. (2025). GeoVialPereira: Geovisor web para la identificación de puntos críticos de siniestralidad vial en Pereira durante los años 2023 y 2024 [Trabajo de grado especialización]. Universidad de Manizales. RIDUM: Repositorio Institucional Universidad de Manizales. |
| <b>Estilo APA 7 (2020)</b> |  |



Especialización en Sistemas de Información Geográfica - Virtual, II

Grupo de Investigación y Desarrollo en Informática y Telecomunicaciones

**Declaración de inteligencia artificial:** el o los autores de este trabajo de grado declaran que han utilizado herramientas de inteligencia artificial (IA), tales como ChatGPT, de manera ética y responsable, tal como se establece en el Acuerdo UManizales 002 (julio 26 de 2023) sobre propiedad intelectual e IA. Estas herramientas son empleadas como apoyo en la redacción, revisión gramatical y generación de ideas, pero en ningún caso sustituyen el análisis crítico, la argumentación académica ni la originalidad del trabajo. Asimismo, cualquier contenido generado con asistencia de IA está citado y referenciado adecuadamente, garantizando la integridad académica y el cumplimiento de los principios éticos de la investigación.

**Biblioteca y Centro de Recursos:** <https://biblioteca.umanizales.edu.co/>

**Repositorio Institucional:** <http://ridum.umanizales.edu.co/>

**Universidad de Manizales:** [www.umanizales.edu.co](http://www.umanizales.edu.co)

**Revistas:** <http://revistasum.umanizales.edu.co/>

**Fondo Editorial:** <https://editorialum.umanizales.edu.co/>

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Manizales ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

## Tabla de contenido

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| Resumen .....                      | 6  |
| Abstract .....                     | 7  |
| Introducción .....                 | 8  |
| 1 Planteamiento del problema ..... | 10 |
| 1.1 Antecedentes .....             | 11 |
| 2 Justificación.....               | 17 |
| 3 objetivos .....                  | 19 |
| 3.1 Objetivo general .....         | 19 |
| 3.2 Objetivos específicos.....     | 19 |
| 4 Hipótesis.....                   | 20 |
| 5 Marco teórico .....              | 22 |
| 6 Metodología .....                | 27 |
| 6.1 Procedimiento.....             | 29 |
| 6.1.1 Fase I:.....                 | 29 |
| 6.1.2 Fase II: .....               | 32 |
| 6.1.3 Fase III:.....               | 43 |
| 7 Resultados .....                 | 48 |
| 7.1 Fase I: .....                  | 48 |
| 7.2 Fase II:.....                  | 55 |
| 7.3 Fase III: .....                | 61 |
| 8 Discusión.....                   | 63 |
| 9 Conclusiones .....               | 65 |
| 10 Recomendaciones.....            | 67 |
| Referencias .....                  | 70 |

Anexos.....76

**Lista de tablas**

**Tabla 1** Descripción de las variables contenidas en la base de datos de siniestralidad vial.....29

**Tabla 2** Insumos geoespaciales utilizados para el diseño del geoproceso .....37

**Tabla 3** Parámetros configurados para el análisis Hot Spot (Getis-Ord  $G_i^*$ ) .....41

**Tabla 4** Parámetros configurados para el análisis Kernel Density.....42

**Tabla 5** Gravedad 2023–2024 .....50

**Tabla 6** Clase de accidente vial 2023–2024 .....52

**Tabla 7** Tipo de vehículo involucrado 2023–2024.....54

**Tabla 8** Tabla comparativa del número de celdas según rangos de siniestros viales en Pereira (2023–2024) .....55

**Tabla 9** Media y desviación estándar de siniestros viales por celda en Pereira. ....56

**Tabla 10** Priorización de tramos viales críticos según análisis de densidad Kernel (2023–2024)59

**Lista de figuras**

**Figura 1** Formato de Diligenciamiento de un accidente de Tránsito .....28

**Figura 2** Metodología elementos viales críticos.....33

**Figura 3** Red vial y límite municipal del municipio de Pereira .....34

**Figura 4** Modelo de geoproceso diseñado en ArcGIS Pro con ModelBuilder para el análisis espacial de siniestralidad vial en Pereira. ....36

**Figura 5** Generación y recorte de la retícula espacial dentro del límite municipal de Pereira. ....38

**Figura 6** Visualización de la cuadrícula recortada al perímetro municipal de Pereira – CuadrículaPClip. ....38

**Figura 7** Conteo de siniestros viales por área mediante la herramienta Spatial Join .....39

**Figura 8** Configuración de Summary Statistics para el campo Join\_Count en la capa AreasPSiniestros.....40

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 9</b> Configuración del análisis de autocorrelación espacial Global Moran’s I sobre la capa AreasPSiniestros..... | 40 |
| <b>Figura 10</b> Configuración del análisis Average Nearest Neighbor sobre la capa de siniestralidad vial.....              | 41 |
| <b>Figura 11</b> Modelo de priorización de tramos viales con base en densidad Kernel .....                                  | 43 |
| <b>Figura 12</b> Carga de Capas a Web Map.....  | 44 |
| <b>Figura 13</b> Página de Inicio y mensaje de Bienvenida. ....   | 45 |
| <b>Figura 14</b> Plantilla de Diseño .....  | 46 |
| <b>Figura 15</b> Widget o Controladores.....  | 47 |
| <b>Figura 16</b> Distribución espacial de los siniestros viales en Pereira (2023–2024).....                                 | 49 |
| <b>Figura 17</b> Distribución mensual de siniestros viales por gravedad, Pereira 2023–2024 .....                            | 50 |
| <b>Figura 18</b> Mapa de siniestros según gravedad en Pereira – Años 2023 y 2024.....                                       | 51 |
| <b>Figura 19</b> Distribución mensual por clase de accidente en Pereira (2023-2024).....                                    | 52 |
| <b>Figura 20</b> Mapa de siniestros según clase de accidente en Pereira – Años 2023 y 2024.....                             | 53 |
| <b>Figura 21</b> Distribución mensual de siniestros viales por tipo de vehículo involucrado, Pereira 2023–2024 .....        | 54 |
| <b>Figura 22</b> Mapa de siniestros según tipo de vehículo involucrado en Pereira – Años 2023 y 2024 .....                  | 55 |
| <b>Figura 23</b> Comparativo del Índice de Moran global de siniestros viales por celda en Pereira (2023–2024) .....         | 57 |
| <b>Figura 24</b> Comparativo Vecinos próximos de siniestros viales por celda en Pereira (2023–2024) .....                   | 58 |
| <b>Figura 25</b> Formato de Diligenciamiento de un accidente de Tránsito .....  | 76 |
| <b>Figura 26</b> Formato para realizar el croquis del Accidente .....   | 77 |

### **Siglas, acrónimos y abreviaturas**

|             |                                    |
|-------------|------------------------------------|
| <b>SIG</b>  | Sistemas de Información Geográfica |
| <b>Esp.</b> | Especialista                       |

## Resumen

El presente documento tiene como objetivo identificar y analizar los puntos críticos de siniestralidad vial en el municipio de Pereira durante los años 2023 y 2024, mediante el diseño de un geovisor web interactivo empleando herramientas de los Sistemas de Información Geográfica (SIG). La metodología se estructuró con base a la guía de Focalización de Elementos Viales críticos (2021) elaborada por la Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV) y comprende tres etapas: (i) depuración y evaluación de la calidad de los datos; (ii) tratamiento de la información mediante análisis espacial; y (iii) diseño del geovisor web.

El geovisor web “GeoVialPereira” se diseñó en un ambiente de ArcGIS Experience Builder, lo que permite explorar de forma dinámica los accidentes de tránsito, facilitando el análisis comparativo entre zonas y respaldando la toma de decisiones en la planificación vial. El diseño de GeoVialPereira combina y potencia tanto el análisis espacial de puntos críticos de siniestralidad como la difusión, validación y aplicación práctica de los resultados: el geovisor no es meramente una herramienta de visualización, sino una plataforma interactiva que integra los datos crudos, los procedimientos analíticos (p. ej., detección de hotspots, análisis temporal y clasificación por gravedad) y las funciones de consulta dinámica que permiten explorar hipótesis, reproducir procesos y actualizar hallazgos a partir de nuevas entradas. Al habilitar filtrado por tiempo, capas temáticas, métricas de riesgo y vínculos a la evidencia original, el geovisor facilita la interpretación por parte de técnicos y decisores, promueve la participación y la validación por actores locales, y acelera la traducción de resultados a intervenciones concretas.

Los resultados revelan que la accidentalidad vial se concentra en corredores estratégicos y en zonas de alto flujo vehicular. Finalmente, se concluye que el uso de Sistemas de Información Geográfica fortalece significativamente las capacidades institucionales para el diagnóstico, la prevención y la intervención integral en seguridad vial territorial.

***Palabras clave:*** Siniestros viales, Geovisor, Análisis espacial, Puntos críticos

## Abstract

This document aims to identify and analyze critical road traffic accident hotspots in the municipality of Pereira during the years 2023 and 2024, through the design of an interactive web geovisor using Geographic Information Systems (GIS) tools. The methodology was structured based on the *Guide for the Focalization of Critical Road Elements* (2021), developed by the National Road Safety Agency (ANSV), and comprises three stages: (i) data cleaning and quality assessment; (ii) data processing through spatial analysis; and (iii) design of the web geovisor.

The web geovisor “GeoVialPereira” was developed in an ArcGIS Experience Builder environment, allowing dynamic exploration of traffic accidents, facilitating comparative analysis between zones, and supporting decision-making in road planning. The development of GeoVialPereira combines and enhances both the spatial analysis of road accident hotspots and the dissemination, validation, and practical application of results. The geovisor is not merely a visualization tool, but an interactive platform that integrates raw data, analytical procedures (e.g., hotspot detection, temporal analysis, and severity classification), and dynamic query functions that enable hypothesis exploration, process replication, and updating of findings with new inputs. By enabling time-based filtering, thematic layers, risk metrics, and links to the original evidence, the geovisor facilitates interpretation by technicians and decision-makers, promotes participation and validation by local stakeholders, and accelerates the translation of results into concrete interventions.

The results reveal that road traffic accidents are concentrated along strategic corridors and in areas of high vehicular flow. Finally, it is concluded that the use of Geographic Information Systems significantly strengthens institutional capacities for diagnosis, prevention, and comprehensive intervention in territorial road safety.

**Keywords:** Road traffic accidents, Geovisor, Spatial analysis, Hotspots

## Introducción

Anualmente, miles de accidentes de tránsito se presentan en la red vial colombiana, y Pereira - Risaralda no se encuentra exenta de esta problemática, ocasionando múltiples consecuencias para los distintos actores viales como lesiones, pérdidas de vidas humanas, alteraciones a la movilidad, daños materiales y altos costos socioeconómicos, y pese a los esfuerzos institucionales, los recursos existentes no bastan, por lo que resulta clave conocer en qué lugares ocurren los accidentes de tránsito con mayor regularidad para tomar medidas más adecuadas.

En vista de esta necesidad, el presente proyecto propone diseñar “GeoVialPereira” un geovisor web, creado en un entorno ArcGIS Experience Builder con el fin de identificar y analizar los puntos críticos de siniestralidad vial en el municipio de Pereira durante los años 2023 y 2024 utilizando como base la cartografía oficial del Municipio. Gracias a esta herramienta cualquier persona, ya sea un funcionario público o un ciudadano del común puede identificar en un mapa interactivo las áreas donde ocurren más accidentes de tránsito, comprendiendo mejor el problema y tomando decisiones con mayor conocimiento.

En el proceso de su construcción se utilizaron datos oficiales proporcionados por el Instituto de Movilidad de Pereira (IMP) de los años 2023 y 2024, los cuales fueron tratados y organizados de manera rigurosa para garantizar su precisión y confiabilidad. A partir de ellos, se implementó la guía metodológica de Focalización de Elementos Viales críticos (2021) elaborada por la Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV), que incluyen estadísticas espaciales que permiten identificar patrones de concentración de eventos.

GeoVialPereira se convierte así en una apuesta por la innovación y el aprovechamiento de tecnologías geoespaciales al servicio de la seguridad vial del municipio, facilitando así, el trabajo de las autoridades responsables de planificar e intervenir la red vial local, además de poner al alcance de la ciudadanía en general información útil sobre el comportamiento de la siniestralidad en su entorno, fomentando una mayor conciencia ciudadana y un sentido de corresponsabilidad en la prevención de accidentes de tránsito.

Este proyecto representa un paso significativo hacia la construcción de una movilidad más segura, eficiente y sustentada en el análisis de datos y evidencia territorial. Con esta herramienta se busca fortalecer las capacidades del municipio frente a una de las problemáticas que incide de manera directa en la calidad de vida de sus habitantes y que demanda soluciones integrales, sostenibles y sobre todo estratégicamente focalizadas.

## 1 Planteamiento del problema

¿Cómo puede contribuir un geovisor web basado en datos geospaciales a la identificación de puntos críticos y al fortalecimiento de la toma de decisiones en seguridad vial en el municipio de Pereira?.

Los siniestros viales constituyen un fenómeno estocástico o probabilístico, en el que el riesgo de ocurrencia depende de la interacción de múltiples factores sociales, de infraestructura, de comportamiento y de planificación territorial, cuyo estudio integral resulta inabarcable en la práctica (Tobaruela Delgado, 2022). En el municipio de Pereira, la alta concentración de siniestros y la recurrencia en determinados puntos críticos reflejan la magnitud de la problemática y la necesidad de contar con herramientas efectivas para orientar acciones de mitigación.

Actualmente, la ausencia de mecanismos eficientes para visualizar, integrar y analizar datos geospaciales limita la capacidad institucional de comprender patrones de siniestralidad y, por tanto, actuar de manera oportuna. Frente a esta limitación, el diseño e implementación de un geovisor web que integre información geoespacial con variables clave como fecha, hora, clase del accidente y tipo de servicio representa un recurso estratégico. Esta herramienta no sustituye las medidas de mitigación, sino que las habilita al proveer diagnósticos espaciales y temporales, priorizar zonas críticas, identificar determinantes y fortalecer la planificación vial. En consecuencia, permite a las entidades responsables contar con una base objetiva para la formulación, monitoreo y evaluación de estrategias orientadas a reducir la accidentalidad y mejorar la seguridad vial en Pereira.

## 1.1 Antecedentes

Diversos estudios han enfrentado la seguridad vial desde enfoques observacionales, experimentales y estadísticos, con el fin de identificar factores de riesgo y promover intervenciones efectivas para la reducción de accidentes, y dentro de sus principales hallazgos destacan las mejoras en señalización en zonas escolares, el impacto positivo de las campañas de concientización sobre el uso del casco en motociclistas, y la implementación de tiempos exclusivos para peatones en cruces semaforizados, de igual forma, se han incorporado el uso de herramientas tecnológicas como los Sistemas de Información Geográfica (SIG), permitiendo identificar puntos críticos de siniestralidad, facilitando una planificación urbana más segura. Estas investigaciones y casos de estudio sirven como referencia para el diseño de estrategias de prevención adaptadas a distintos contextos geográficos y sociales (Universidad Nacional de Rosario, 2023).

Es así como Alam y Tabassum (2023) analizaron los patrones espaciales de accidentes de tránsito y su gravedad en el estado de Ohio en Estados Unidos, entre los años 2017 y 2020, utilizando los SIG y métodos estadísticos espaciales como el índice de Moran, entre otros, que le permitieron identificar zonas críticas de alta siniestralidad vial, además de incorporar para su análisis el índice de severidad de accidentes, como son muertes, lesiones y daños materiales, obteniendo como resultado que las áreas metropolitanas de la ciudades de Cleveland, Columbus, Cincinnati y Toledo presentan una alta concentración de accidentes graves, destacando que las condiciones climáticas y de iluminación no fueron factores determinantes, sino que el consumo de alcohol y la alta velocidad, especialmente entre conductores jóvenes, las principales causas, finalmente los escritores sostiene que el uso de Sistemas de información Geografía favorece la identificación más precisa de áreas de riesgo, aportando datos valiosos para políticas públicas de seguridad vial más eficientes, además, sugieren el desarrollo de bases de datos georreferenciadas y la aplicación constante de análisis espacial en la organización de acciones para disminuir los accidentes de tránsito.

Gómez Hernández (2022), en su estudio sobre la Unidad de Planeamiento Zonal (UPZ-44) "Américas" en ciudad de Bogotá - Colombia, empleo herramientas de análisis geoestadístico y Sistemas de Información Geográfica (SIG), con el fin de identificar los puntos críticos de siniestralidad vial entre los años 2018 y 2020, estas técnicas incluyeron la estimación de densidad de Kernel (Kernel Density) y análisis de conglomerados espaciales (Cluster), además caracterizó variables como tipo de actor vial, gravedad y localización de los siniestros, los resultados permitieron evidenciar concentraciones de accidentes en corredores viales de alto flujo y zonas comerciales, concluyendo que este tipo de análisis representa un antecedente importante en el uso de herramientas espaciales para la planificación urbana y la prevención de accidentes de tránsito.

En el trabajo denominado Diseño y creación de una herramienta geotecnológica para el análisis de la accidentalidad vial en la Ciudad de Toluca, México (González Aguilar, 2022), se propone la creación de una herramienta basada en Sistemas de Información Geográfica (SIG), con el fin de analizar espacial y temporalmente los accidentes de tránsito ocurridos en la ciudad, partiendo del reconocimiento de la siniestralidad vial como una problemática urbana creciente y proponiendo soluciones tecnológicas orientadas a la identificación de zonas de alto riesgo al integrar datos oficiales sobre accidentes de tránsito, que sirva de apoyo a la toma de decisiones en seguridad vial, los resultados permiten concluir la utilidad de estas tecnologías en la planificación urbana y en la reducción de siniestros viales, al facilitar la visualización precisa de los puntos críticos.

Afolayan, Easa, Abiola, Alayaki y Folorunso (2022) analizaron los puntos críticos de accidentes de tránsito en la autopista que va de la ciudad de Lokoja a Abuja en el estado de en Kaduna en la República Federal de Nigeria mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y técnicas de análisis espacial como el centro medio, la estimación de densidad Kernel (KDE) y autocorrelación espacial, para este estudio se utilizaron datos provenientes de los siniestros viales registrados entre los años 2013 al 2017. los resultados revelaron la existencia de patrones de concentración de accidentes en zonas con características geométricas complejas, como curvas, intersecciones y puentes, asimismo, se identificó una correlación entre el volumen de tráfico y la

frecuencia de accidentes, con mayor incidencia en zonas urbanas como Abají–Abuja. El estudio concluye que el análisis espacial con SIG es eficaz para detectar áreas de alto riesgo y resulta útil para orientar intervenciones en seguridad vial y optimizar la asignación de recursos para el mantenimiento de la infraestructura vial.

De acuerdo con la Cartilla de Movilidad en Salud Pública (Red de Escuelas de Salud Pública de América Latina, 2021), los siniestros viales son una de las principales motivos de muerte en América Latina, comprometiendo especialmente a personas jóvenes en edad productiva, este fenómeno es considerado como un problema crítico de salud pública, debido a su elevada carga de morbimortalidad y a la influencia de diversos determinantes sociales, como infraestructura vial deficiente, limitada aplicación de normativas, desigualdad en el acceso a servicios de emergencia y urbanización desorganizada, desde ese panorama se propone por parte de los autores, abordar esta problemática con un enfoque intersectorial e integral, posicionando la prevención como eje central de las políticas de salud pública, además, de impulsar el papel de la formación profesional, la investigación aplicada y la cooperación regional para fortalecer las capacidades institucionales en seguridad vial. Finalmente, promueve la movilidad académica como una estrategia clave para el intercambio de experiencias y buenas prácticas en la prevención de siniestros viales y lesiones.

La Alcaldía Mayor de Bogotá D. C. a desarrollado el Sistema Integrado de Información sobre Movilidad Urbana y Regional (SIMUR) (2021), que consiste en una plataforma tecnológica diseñada para centralizar y articular información relacionada con la movilidad urbana y regional, y cuyo propósito principal es servir como herramienta de consulta y análisis para ciudadanos, entidades públicas y privadas, investigadores y tomadores de decisiones, que integran múltiples fuentes de datos vinculadas al transporte público, movilidad peatonal, uso de bicicleta, tránsito vehicular, siniestralidad vial, infraestructura y transporte de carga, facilitando el acceso a datos actualizados, confiables y georreferenciados, entre las prestaciones más significativas se destacan los visores geográficos interactivos, que permiten visualizar elementos como accidentes de tránsito, ciclovías, estaciones y paraderos de transporte público, garantizando una efectiva disponibilidad de datos abiertos, que pueden ser utilizados para estudios técnicos, académicos o de planificación.

En la ciudad de Medellín existe GeoMedellín- Portal Geográfico del Municipio de Medellín, el cual contiene información de seguridad vial y desarrolla siete temas: salud y seguridad; ordenamiento territorial; movilidad; medio ambiente y hábitat; infraestructura y catastro; educación, cultura y recreación, y desarrollo económico y población. También se encuentran disponibles datos abiertos de fácil descarga, con el uso de los visores geográficos. En materia de seguridad vial, se cuenta con la sección titulada “Caracterización de los incidentes viales desde el año 2014”, que detalla de manera precisa y eficaz -por medio de tres tableros de control- la información concerniente a los accidentes de tránsito ocurridos en la ciudad, a través de variables como el número de accidentes, de muertos o heridos, gravedad, condición y caracterización de las víctimas, y fecha del suceso.

Rahman et al. (Dammam 2020) se planteó analizar los patrones de siniestralidad vial en la ciudad de Dammam (Arabia Saudita) utilizando bases de datos de accidentes de tránsito ocurridos entre los años 2009 al 2016, junto con información general del uso del suelo, el estudio fue desarrollado con el software ArcGIS 10.6, y aplicó la técnica de Regresión Ponderada Geográficamente (GWR) para evaluar las relaciones espaciales entre las características de los siniestros y el entorno urbano, entre los principales hallazgos, se identificaron altas concentraciones de accidentes de tránsito en intersecciones congestionadas localizadas en zonas de alta densidad poblacional, siendo las áreas cercanas a intersecciones las más propensas a colisiones, permitiendo concluir la relación que existe entre los siniestros viales y la configuración urbana, proporcionando una base técnica para que las autoridades locales mejoren la gestión del tránsito y la asignación de recursos en seguridad vial.

En el estudio denominado Application of GIS to Traffic Accident Analysis: Case Study of Naypyitaw-Mandalay Expressway, Moe Moe Than (2020), se evalúa la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en el análisis de siniestros viales en una de la autopista de Myanmar - Sudeste Asiático, su objetivo fundamental fue identificar las zonas con alta ocurrencia de accidentes de tránsito y comprender sus causas subyacentes, para su desarrollo se utilizó la plataforma de ArcGIS 10.4, agregándole datos espaciales de accidentes ocurridos entre los años 2016 al 2018, lo que permitió visualizar puntos críticos (hotspots) y establecer correlaciones con

variables como visibilidad, condiciones climáticas y comportamiento del conductor, los resultados permitieron evidenciar concentraciones importantes de accidentes en segmentos específicos de la autopista, indicando la necesidad de intervenciones focalizadas para mejorar la seguridad vial, además se concluye que los SIG constituyen herramientas eficaces para la planificación y gestión del transporte, al proporcionar información espacial clave para la toma de decisiones orientadas a la prevención de siniestros viales.

El proyecto de Dávila (2020) identificó los puntos críticos de siniestralidad vial en la ciudad de Santiago de Cali en el Valle de Cauca durante los años 2016 al 2018, para su análisis se emplearon herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), empleando datos de eventos de tránsito reportados por la Secretaría de Movilidad de la ciudad y cartografía en formato shapefile proporcionada por el Departamento Administrativo de Planeación Municipal (DAPM), en su primera fase, se desarrolló un geocodificador que permitió ubicar espacialmente cada evento de tránsito dentro del área urbana. Posteriormente, se aplicó la herramienta de Densidad de Kernel en ArcGIS para generar mapas de concentración de siniestros (hotspots), identificando las zonas con mayor recurrencia, finalmente, los resultados fueron integrados en un aplicativo web que facilita su visualización y apoya la toma de decisiones en estrategias de mantenimiento y seguridad vial.

El estudio realizado por Galarza, Merino, Algora y Gómez (2017), tuvo como objetivo principal representar geoespacialmente la incidencia de siniestros viales en la Región Amazónica del Ecuador durante el año 2016, valiéndose del uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG), en su primera etapa los autores geocodificaron los accidentes de tránsito integrando variables de gravedad, con el propósito de determinar la distribución espacial de siniestros, lesiones y fallecimientos en la región. Los resultados evidenciaron que las provincias de Morona Santiago, Napo y Zamora Chinchipe concentraron el mayor número de accidentes, mientras que Sucumbíos y Morona Santiago presentaron los mayores niveles de letalidad, su identificación contribuye a orientar estrategias de prevención y fortalecer la seguridad vial, facilitando la planificación de la movilidad terrestre y el diseño de políticas públicas de seguridad vial.

En síntesis, los trabajos revisados constituyen un punto de partida fundamental al demostrar cómo los Sistemas de Información Geográfica se consolidan como herramientas clave para identificar patrones de siniestralidad y zonas críticas. Estas investigaciones, aplicadas en distintos contextos internacionales y nacionales, evidencian la utilidad de integrar análisis espaciales en plataformas tecnológicas que respalden la gestión institucional. A partir de ello, GeoVialPereira se plantea como una implementación que retoma y mejora estos enfoques, al fortalecer la consulta, el análisis comparativo y la toma de decisiones estratégicas en materia de seguridad vial para el municipio de Pereira.

## 2 Justificación

La implementación de un geovisor se plantea como una herramienta innovadora y de apoyo para la toma de decisiones frente a la siniestralidad vial en el municipio de Pereira, integrando datos geoespaciales con variables tomadas del Informe Policial de Accidentes de Tránsito. Esta propuesta no solo permitiría visualizar los eventos y factores asociados, sino también analizar sus causas y apoyar la búsqueda de soluciones, facilitando decisiones informadas por parte del Instituto de Movilidad y las entidades territoriales.

El geovisor permitiría identificar patrones y zonas críticas, sus principales beneficiarios serían las instituciones, los gobiernos locales y la ciudadanía, al poder brindar intervenciones más precisas y una asignación eficiente de recursos, enfocada en superar las problemáticas asociadas a la siniestralidad vial.

El uso de herramientas SIG permite no solo georreferenciar los eventos viales, sino también identificar patrones espaciales, correlaciones con variables del entorno (infraestructura vial, servicios, puntos de concentración) y tramos críticos, aportando al análisis técnico y al diseño de soluciones basadas en evidencia. Esta capacidad de análisis territorialmente diferenciado fortalece la toma de decisiones por parte del Instituto de Movilidad, planeadores urbanos y demás actores institucionales, facilitando intervenciones focalizadas y eficientes.

Asimismo, contribuiría una mayor equidad en la seguridad vial al mejorar el acceso a la información georreferenciada y optimizar la identificación de puntos críticos, considerando variables como la frecuencia, el tipo de accidente y las condiciones del entorno vial. En un contexto marcado por desigualdades territoriales y limitaciones en la infraestructura, contar con datos espacialmente desagregados permitiría abordar de manera específica las causas de la siniestralidad y promover intervenciones más efectivas, orientadas a proteger la vida y mejorar la movilidad para todos los ciudadanos.

En esencia, el geovisor vial se propone como una herramienta de consulta que fortalece la capacidad institucional y promueve una ciudadanía más informada, al integrar el estudio de los

eventos viales, sus causas y posibles soluciones con el uso de tecnologías espaciales orientadas a la toma de decisiones estratégicas.

### **3 objetivos**

#### **3.1 Objetivo general**

Diseñar un visor geográfico para el análisis espacial y la identificación de puntos críticos de siniestralidad vial ocurridos durante los años 2023 y 2024 en el municipio de Pereira, mediante el uso de herramientas SIG y la aplicación de metodologías de focalización de elementos viales críticos.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Depurar la base de datos suministrada por el Instituto de Movilidad de Pereira, garantizando su calidad para el análisis espacial
- Identificar los puntos críticos de siniestralidad vial en el municipio de Pereira, aplicando la guía metodológica de la Agencia Nacional de Seguridad Vial.
- Diseñar un geovisor interactivo para la visualización y consulta de los siniestros viales, utilizando ArcGIS Experience Builder.

## 4 Hipótesis

La siniestralidad en Colombia los diversos estudios realizados han caracterizado el problema, relacionándolo con la explosión de ventas de motocicletas y de vehículos, la fácil expedición de las licencias de conducción, la falta de control por parte de las autoridades a las escuelas que expiden estas licencias, la débil estructura de control, supervisión y sanción que existe en el país para la aplicación y el cumplimiento de la legislación ante los diversos comportamientos de los actores de la vía (la falta de regulación y control de formas específicas de transporte como moto taxis, motocarros, bici taxis, entre otros, los cuales en muchas partes del país están normalizados) (Hernández, 2019).

El municipio de Pereira se encuentra en el top 10 con mayor número de muertes por siniestralidad vial (El Diario, 2024), siendo este un problema que afecta principalmente a conductores y parrilleros de motos, ciclistas y peatones, representando el 80% de las víctimas por siniestralidad vial (Consejo Territorial de Seguridad Vial de Risaralda, 2024).

El proceso de gestión de la seguridad vial es un aspecto que cada organización encargada de la movilidad de un municipio debe estudiar exhaustivamente, con el fin de lograr disminuir las pérdidas humanas y económicas que un accidente o siniestro vial produce (Muñoz et al., 2023), convirtiéndose en una prioridad. Es por tal motivo que, la Agencia Nacional de Seguridad Vial desarrolló la Metodología para la Identificación de Sectores Críticos en la Siniestralidad Vial.

Por otra parte, una forma de contribuir en la minimización de que ocurran los siniestros viales, está en apoyarse en las tecnologías de información para generar diagnósticos de siniestralidad vial que sirvan como complemento en la recolección de información de áreas críticas, que promuevan la gestión y la toma de decisiones en términos de seguridad vial (Acuña-Pardo & Martínez-Briceño, 2022). En muchos casos, las entidades que necesitan estos datos deben invertir tiempo, recursos y personal para recopilar la información. En la mayoría de los casos, solo publican datos estadísticos, lo que limita la posibilidad de visualizar la ubicación geográfica de los accidentes más allá de una base de datos. Además, que el municipio de Pereira no cuenta con un

Sistema de Información Geográfica (SIG), lo que impide que la información capturada esté georreferenciada adecuadamente.

En síntesis, la problemática se desarrolla en un entorno de alta complejidad, insuficiencia de datos espacialmente detallados y debilidad institucional en el uso de herramientas tecnológicas para el análisis de los siniestros viales. Frente a esta situación, el diseño del geovisor GeoVialPereira se plantea como una solución innovadora para transformar la manera en que se analiza y actúa frente a los patrones de ocurrencia, fortaleciendo la capacidad institucional y promoviendo una ciudadanía más informada y participativa.

## 5 Marco teórico

Una de las principales causas de muerte a nivel mundial es la siniestralidad vial, la cual no solo se considera una causa de fallecimientos, sino también un problema de salud pública que requiere atención urgente. Según la Organización Mundial de la Salud (2023), aproximadamente 1,19 millones de personas mueren cada año a causa de accidentes de tránsito, siendo las poblaciones de ingresos bajos y medios las más afectadas. Estos territorios concentran hasta el 92 % de los fallecimientos y más del 60 % del parque automotor global, lo que evidencia la relación entre el nivel de desarrollo, la movilidad y la seguridad vial.

En Colombia, pese a las políticas y campañas implementadas, los siniestros viales continúan cobrando muchas vidas. En 2024, según la Agencia Nacional de Seguridad Vial, murieron 8.271 personas en accidentes de tránsito. Si bien representa una reducción del 2 % respecto al año anterior, sigue siendo una cifra alarmante. El Gobierno ha intentado intervenir, por ejemplo, con el programa “Intervención a Municipios”, que se enfoca en zonas donde la situación es crítica. Sin embargo, la realidad demuestra que aún falta mucho por hacer. Los motociclistas siguen siendo los más afectados, representando el 44 % de las muertes, seguidos por peatones y ciclistas, quienes tampoco están seguros en las vías.

En Pereira, la situación no es muy distinta. En 2023, más del 57 % de los accidentes de tránsito en Risaralda ocurrieron en esta ciudad. Y solo hasta agosto de 2024, ya se registraban 57 muertes por esta causa. La mitad correspondían a motociclistas, pero también hubo un número significativo de víctimas entre peatones (30,2 %) y ciclistas (8,3 %). Por ello, se han reforzado campañas como “Conduce a 50 km/h, Vive al 100”, que busca generar conciencia sobre los límites de velocidad en zonas urbanas. Esta iniciativa se articula con la Ley 2251 de 2022, que precisamente busca proteger a los actores viales más vulnerables.

Los accidentes de tránsito no deben analizarse de manera aislada, ya que son el resultado de múltiples factores interconectados, como el comportamiento humano, el estado del vehículo, las condiciones de las vías y el clima. La Teoría de la Exposición al Riesgo, propuesta por Haddon (1968), plantea que la probabilidad de sufrir un accidente aumenta con el tiempo de exposición al

riesgo, es decir, cuando una persona pasa más tiempo en la vía o recorre distancias más largas. Esta perspectiva ha sido ampliamente utilizada en estudios de seguridad vial para comprender por qué ciertos usuarios están más expuestos que otros.

A esta teoría se suma la visión geográfica propuesta por Tobler (1970), quien afirmó que “todo está relacionado con todo, pero las cosas más cercanas están más relacionadas que las distantes”. Esta ley, fundamental en la geografía, permite entender por qué los accidentes tienden a concentrarse en determinadas zonas, donde las condiciones del entorno son similares. Por ello, el análisis espacial es clave para identificar dónde y con qué frecuencia ocurren los siniestros viales.

En este contexto, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se convierten en herramientas esenciales para identificar patrones y zonas de concentración de accidentes. Una de las técnicas más utilizadas es la estimación de densidad de Kernel, que permite visualizar áreas donde los siniestros son más frecuentes (Silverman, 1986). También es fundamental la autocorrelación espacial de Moran, que evalúa si los accidentes tienden a agruparse o están distribuidos de manera aleatoria. Según Moran (1950), si existe autocorrelación positiva, los valores similares tienden a agruparse; si es negativa, se repelen; y si no hay correlación, están distribuidos al azar. Estas herramientas, junto con la regresión geográficamente ponderada, permiten un análisis más profundo de los factores que influyen en la distribución espacial de los accidentes en las ciudades.

Por ejemplo, Cerquera Escobar, Pérez Buitrago y Guío B. (2023) aplicaron estas metodologías en Tunja, Colombia, logrando identificar sectores urbanos con mayor ocurrencia de accidentes de tránsito, lo que facilitó la delimitación de áreas de riesgo y la formulación de estrategias de intervención. En el contexto nacional, estudios realizados en ciudades como Bogotá demuestran cómo el análisis espacial ha permitido identificar zonas con alta incidencia de siniestros y su relación con factores como el diseño vial, la iluminación, el flujo vehicular o el tipo de usuario afectado. De manera similar, la ANSV ha comenzado a aplicar metodologías geoespaciales para intervenir de manera focalizada en municipios como Pereira, priorizando las áreas de mayor riesgo (Agencia Nacional de Seguridad Vial, 2022).

Este enfoque metodológico también puede ser útil para el análisis de la siniestralidad vial en otras ciudades, como lo demuestra el estudio de Ortiz et al. (2015) sobre el análisis espacial del precio del suelo en Resistencia, Argentina. Aunque centrado en el precio del suelo, su metodología, que utiliza modelos de regresión lineal múltiple y SIG, es aplicable al estudio de la distribución espacial de los accidentes de tránsito. En este caso, variables como la densidad de hogares de alto nivel socioeconómico, la proximidad a áreas comerciales y los espacios verdes también pueden influir en la frecuencia y concentración de los siniestros. La combinación de SIG con análisis espaciales puede ofrecer una visión integral de los factores que afectan la seguridad vial en áreas urbanas.

A pesar de estos avances, persisten importantes desafíos, especialmente en lo que respecta a la integración de la información espacial con las bases de datos de accidentalidad y los elementos estructurales del entorno urbano. Esta falta de articulación limita la gestión efectiva de la seguridad vial basada en evidencia. En este contexto, se identifica un vacío que el presente estudio busca abordar: la necesidad de contar con una herramienta interactiva y accesible que permita visualizar, consultar y analizar los eventos viales ocurridos en Pereira durante el año 2024.

El diseño de un geovisor, sustentado en herramientas SIG y en metodologías para la focalización de elementos viales críticos, representa un aporte valioso tanto para la comprensión del fenómeno como para su gestión en el territorio. Tal como lo demuestra el proyecto Geotureco, los geovisores se consolidan como herramientas clave para la representación gráfica de datos espaciales, al facilitar la consulta y el análisis de información georreferenciada (Sánchez Fernández & Cristancho Santos, 2023).

Este tipo de solución tecnológica no solo mejora la exploración de datos en tiempo real, sino que también permite a los tomadores de decisiones intervenir de manera más oportuna y focalizada, promoviendo entornos viales más seguros y sostenibles.

La focalización de elementos viales críticos se desarrolla en varias fases. En primer lugar, se considera la escala de la red vial, un concepto clave en el análisis de la jerarquización y conectividad de las vías urbanas, que permite identificar los corredores con mayor exposición al riesgo. Según Guerrero-Barbosa y Santiago-Palacio (2016), identificar con precisión los sitios

peligrosos por accidentalidad permite a las entidades gubernamentales destinar adecuadamente las inversiones hacia los tramos viales realmente críticos.

La jerarquización parte de la idea de que las arterias principales concentran mayores volúmenes de tránsito, lo que incrementa el riesgo de siniestros. Como señala Upegui Pachón (2021), el análisis exploratorio de datos espaciales permite identificar la distribución de los accidentes y detectar patrones de concentración o dispersión del fenómeno.

Asimismo, la infraestructura vial debe evaluarse en términos de su capacidad para facilitar la conectividad intraurbana, elemento esencial tanto para la movilidad como para la seguridad. Este enfoque se vincula con teorías de accesibilidad urbana, donde la infraestructura cumple un papel fundamental en la equidad espacial y el desempeño funcional de las ciudades.

Una vez comprendida la red vial, el siguiente paso es la georreferenciación de la información de siniestralidad, es decir, la localización precisa de los accidentes en un sistema de coordenadas espaciales. Según Acuña-Pardo y Martínez-Briceño (2021), los SIG permiten diagnosticar y ubicar las zonas más vulnerables para los peatones, fortaleciendo así la planificación territorial.

Con la base de datos georreferenciada, se aplican técnicas de análisis estadístico espacial, como la estimación de densidad de Kernel y la autocorrelación de Moran. La primera permite estimar la concentración de eventos puntuales, como los accidentes, visualizando las zonas de mayor acumulación de riesgos. Este enfoque ha sido aplicado con éxito en ciudades como Ibagué, según Almanza Girón y Florido Tafur (2024), para identificar zonas calientes o hotspots.

Por su parte, la autocorrelación espacial de Moran permite determinar si los eventos viales están distribuidos aleatoriamente o tienden a agruparse en ciertos sectores, lo que sugiere la existencia de condiciones estructurales o contextuales comunes. Upegui Pachón (2021) destaca la utilidad de este enfoque para identificar agrupaciones significativas en siniestralidad vial.

Finalmente, se realiza el análisis de tramos críticos, es decir, aquellos segmentos viales que presentan una alta frecuencia de siniestros. Según Gómez Restrepo y Parra Molano (2013), este

tipo de análisis permite detectar condiciones físicas y operativas que favorecen la accidentalidad, como deficiencias geométricas, problemas de visibilidad o ausencia de señalización. Esta metodología posibilita intervenciones focalizadas, optimizando el uso de recursos y priorizando la mitigación del riesgo en zonas de mayor vulnerabilidad.

En conjunto, estas fases metodológicas permiten abordar la siniestralidad vial desde una mirada territorial, apoyándose en herramientas analíticas que facilitan la toma de decisiones. El objetivo es ofrecer una base técnica y visual para mejorar la comprensión del problema en Pereira, facilitando intervenciones más efectivas y focalizadas.

## 6 Metodología

Este proyecto se enmarca en un enfoque metodológico mixto, cuyo objetivo principal es interpretar y cuantificar los siniestros viales ocurridos en un periodo y espacio determinados, a través de herramientas geoespaciales, ya que estos resultados permitirán a las entidades tomar decisiones basadas en evidencia en cuanto a la seguridad vial del municipio. Según Frels, Frels y Onwuegbuzie (2011, p. 374), los Sistemas de Información Geográfica “pueden implicar la combinación de técnicas, métodos, enfoques y datos cuantitativos y cualitativos, dando lugar así a una investigación mixta”.

Para ello, se recurre a una variedad de instrumentos de recolección de información, tales como bases de datos, mapas temáticos, informes y guías metodológicas. Estos recursos permiten describir tanto los puntos críticos como las situaciones problemáticas, así como interpretar el significado de los hechos asociados a los siniestros ocurridos en el municipio.

En este caso, se busca comprender la siniestralidad vial a partir de una base de datos que contiene información geográfica sobre la ubicación de los accidentes, proporcionada por el Instituto de Movilidad de Pereira, construida a partir de la recolección del informe policial de accidentes de tránsito, la cual puede ser una herramienta efectiva para evidenciar los patrones de ocurrencia y, a través de su visualización y consulta en un geovisor, facilitar una mejor comprensión de los fenómenos asociados.

De acuerdo Código Nacional de Tránsito Terrestre (2012, Art. 144), cuando no se logra conciliación entre conductores, el agente de tránsito “levantará un informe descriptivo de sus pormenores...”. Este informe constituye la fuente primaria de datos para el análisis espacial en este estudio.

Figura 1 Formato de Diligenciamiento de un accidente de Tránsito

The image shows two pages of a traffic accident report form (IPAT) from the Instituto de Movilidad de Pereira. The left page contains sections for accident classification, location, vehicle characteristics, and driver information. The right page contains a grid for witness details and a section for vehicle damage and responsibility.

Nota: Fuente Instituto de Movilidad de Pereira (2023-2024). Informe policial de accidentes de tránsito [Base de datos no publicada].

La Figura 1 muestra el formato oficial del Informe Policial de Accidentes de Tránsito (IPAT), utilizado como fuente primaria para la recolección de datos en este estudio. Debido a limitaciones de resolución, se incluye la versión ampliada y detallada en el Anexo 1.

Ahora bien, los datos proporcionados por el Instituto de Movilidad de Pereira fueron entregados en formato Excel, incluyendo campos como número de expediente, fotocopia, gravedad, hora y fecha del accidente, clase de accidente, número de placa, heridos, muertos, dirección, coordenadas geográficas, entre otros. Aunque Excel no constituye una base de datos formal, se utilizó como fuente primaria cruda, y se procedió a seleccionar variables relevantes, excluyendo datos personales sensibles, y a estructurar la información de manera adecuada para su posterior análisis espacial.

**Tabla 1** Descripción de las variables contenidas en la base de datos de siniestralidad vial

| Variable        | Tipo de dato              | Descripción   |
|-----------------|---------------------------|---|
| fecha_accidente | Date (YYYY-MM-DD)         | Fecha del accidente   |
| hora_accidente  | Text (String)* (HH:MM:SS) | Hora en que ocurrió el accidente  |
| clase_accidente | Categorico Text (String)  | Tipo de accidente (choque, atropello, volcamiento, caída ocupante, incendio, otro)                    |
| desc_servicio   | Categorico Text (String)  | Tipo de servicio del vehículo involucrado en el accidente (diplomático, particular, oficial, público) |
| gravedad        | Categorico Text (String)  | Nivel de severidad del accidente (con muertos, con heridos, solo daños materiales)                    |
| latitud         | Double                    | Coordenada de latitud del lugar del accidente   |
| longitud        | Double                    | Coordenada de longitud del lugar del accidente  |

*Nota.* Fuente Elaboración propia con base en los datos proporcionados por el Instituto de Movilidad de Pereira (2023-2024).

## 6.1 Procedimiento.

### 6.1.1 Fase I:

La fase inicial del proyecto se centró en la preparación y limpieza de la información relacionada con los siniestros viales, con el fin de garantizar su calidad y adecuación para el análisis espacial.

En ese sentido, se organizó la información en un archivo de Excel con las variables a utilizar, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- fecha\_accidente: Se estandarizó conservando la estructura año-mes-día.
- hora\_accidente: Se empleó el formato de 24 horas hh:mm:ss.
- Las variables clase\_accidente y gravedad estaban codificadas numéricamente según el informe policial; por tal motivo, se optó por describir explícitamente el significado de cada código.

La variable clase\_accidente contempla los siguientes tipos de eventos: choque (1), atropello (2), volcamiento (3), caída de ocupante (4), incendio (5) y otro (6). Por su parte, la variable gravedad se clasifica en: con muertos (1), con heridos (2) y solo daños (3).

Para el análisis espacial de los registros de siniestros viales, se eligió trabajar con ArcGIS Pro debido a su capacidad avanzada para la gestión de datos geográficos, herramientas integradas de depuración y análisis espacial, compatibilidad con múltiples formatos de archivo y facilidad para generar productos cartográficos de alta calidad. Esta elección permitió asegurar un flujo de trabajo eficiente y confiable en la preparación y visualización de la información espacial, frente a otras opciones de software GIS.

Posteriormente, el archivo de Excel fue convertido a formato .csv delimitado por comas (UTF-8) y cargado en el software ArcGIS Pro con el propósito de visualizar la información espacialmente. La información de cada año fue revisada de manera independiente y convertida a formato .shp para su adecuado manejo geográfico.

Los datos iniciales fueron entregados por el Instituto de Movilidad de Pereira en formato Excel, que se utilizó como fuente cruda para la recolección de información. Posteriormente, estos datos fueron depurados, seleccionando únicamente las variables relevantes y eliminando registros duplicados o con errores posicionales, y luego convertidos a archivos shapefile (.shp) para su análisis espacial en ArcGIS Pro. Aunque en ocasiones se hace referencia a “base de datos”, es importante aclarar que ni el archivo Excel ni los shapefiles constituyen una base de datos relacional formal; los shapefiles son simplemente un formato geográfico que permite asociar atributos a entidades espaciales. La estructura de los datos se organiza a través de los campos de atributos de cada shapefile, lo cual es suficiente para el tipo de análisis espacial realizado en este estudio, sin necesidad de generar diagramas entidad-relación ni transformar las coordenadas a un sistema cartográfico, dado que el sistema de referencia WGS 84 es suficiente para la visualización y depuración de los registros de accidentes.

En ese sentido, la depuración de la base de datos se realizó teniendo en cuenta los siguientes elementos, con el propósito de evaluar y reportar su calidad.

- 1. Completitud:** Se revisaron posibles omisiones en los datos. Las siete variables propuestas para el análisis cuentan con información completa, a excepción de la variable

desc\_servicio, cuyos datos correspondientes al mes de diciembre de 2024 no fueron compartidos inicialmente. Por esta razón, se decidió permitir su omisión en la base.

- 2. Consistencia lógica:** Aplicada con el objetivo de eliminar datos duplicados. Para este caso, se utilizó el criterio de que las siete variables tuvieran en sus campos los mismos valores. Cabe resaltar que el informe policial de tránsito se elabora para cada uno de los involucrados en un accidente, por lo que pueden existir múltiples registros asociados a un mismo evento. Se adoptó como criterio que, si existía alguna diferencia entre los registros se conservaba, de lo contrario, se mantenía únicamente uno.

El procedimiento anterior se realizó utilizando las siguientes herramientas espaciales en el software ArcGIS Pro:

- **Find Identical:** Se empleó inicialmente para detectar registros duplicados. Esta herramienta identifica elementos que comparten los mismos valores en uno o varios campos seleccionados considerando su geometría. El resultado es una tabla que agrupa los registros idénticos asignándoles un mismo IDENTICAL ID.
  - **Join:** Se realizó una unión entre la capa original de los datos y la tabla generada por *Find Identical*, lo que permitió visualizar y filtrar fácilmente los registros duplicados dentro del conjunto de datos.
  - **Delete Identical:** Finalmente, se aplicó esta herramienta para eliminar duplicados. Permite conservar un solo registro por cada grupo de elementos idénticos, con base en los campos seleccionados, asegurando así una base depurada.
- 3. Exactitud posicional:** Se evaluó la precisión de las coordenadas geográficas, comparando la ubicación registrada con su ubicación real, con el fin de verificar que los eventos estuvieran dentro del límite municipal de Pereira. Se identificaron registros localizados en municipios del área metropolitana, los cuales no fueron tenidos en cuenta en el presente estudio. Para este procedimiento, se utilizó la herramienta Clip, la cual permite recortar una capa de entidades con base en los límites definidos por otra capa (en este caso, el límite municipal de Pereira), conservando únicamente los registros contenidos dentro de dicha área.

No se realizó verificación de campo ni con ortofotos, dado que el presente estudio se centró en la depuración y análisis de la información proporcionada por el Instituto de Movilidad de Pereira. La exactitud posicional se garantizó mediante la comparación de las coordenadas de los registros con los límites municipales.

El conjunto de datos inicial se encontraba referenciado en el sistema de coordenadas geográficas WGS 84, el cual se mantuvo durante todo el procesamiento y análisis espacial. Si bien los datos consisten en puntos de accidentes y no en polígonos o líneas complejas, se realizó una verificación de la ubicación de cada registro para asegurar que se encontrara dentro del límite municipal de Pereira. Este procedimiento garantiza la consistencia espacial básica de los datos y cumple la función de control topológico aplicable a este tipo de información.

- 4. Exactitud temporal:** Se verificó la correspondencia entre la fecha en que ocurrió el evento y la fecha registrada en la base de datos. Este análisis se aplicó a los registros correspondientes a los años 2023 y 2024, que fueron los periodos trabajados en el presente estudio.

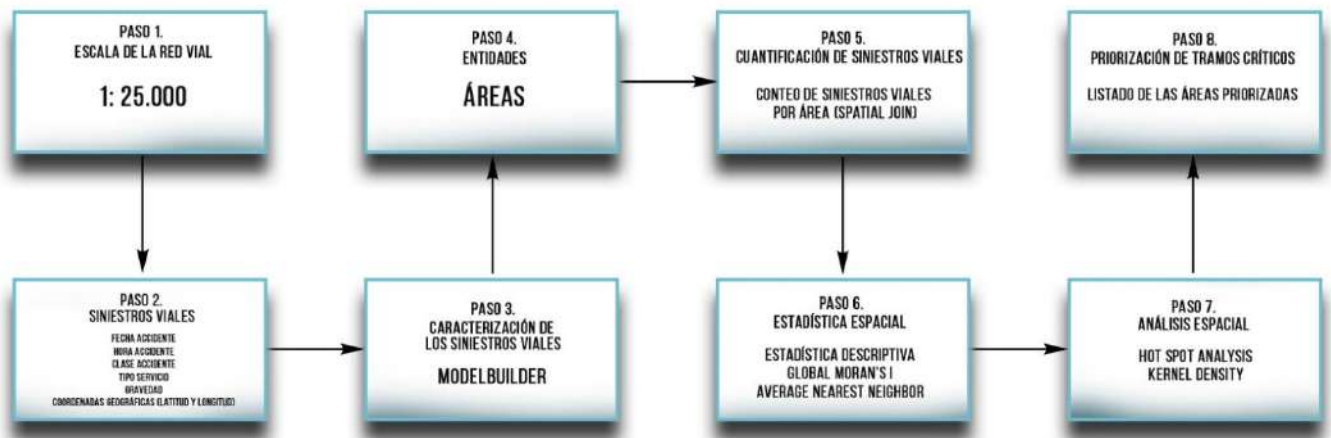
Como resultado del tratamiento de la información, se obtuvieron dos archivos **shp**, correspondientes a los años 2023 y 2024, garantizando que ambos conservaran una estructura de atributos uniforme. Las coordenadas geográficas se encuentran en el sistema de referencia **WGS 84**, tal como fueron entregadas inicialmente por el Instituto de Movilidad de Pereira.

### **6.1.2 Fase II:**

En este mismo sentido, a partir de la base de datos depurada, se continuará con el procedimiento para la identificación de puntos críticos de siniestralidad vial en el municipio de Pereira. Para ello, se utilizará la **Guía Metodológica para la Focalización de Elementos Viales Críticos**, elaborada por la Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV). Esta guía, mediante la presentación de un proceso secuencial, orienta su aplicación con el propósito de responder a la pregunta: ¿En qué ubicaciones se deben asignar más recursos?

La metodología propuesta requiere una priorización estratégica para reducir la siniestralidad vial, estandarizando los criterios de selección y los procesos a aplicar. Esto permite garantizar su replicabilidad en otros contextos y evidenciar la importancia de los tramos viales dentro de proyectos específicos.

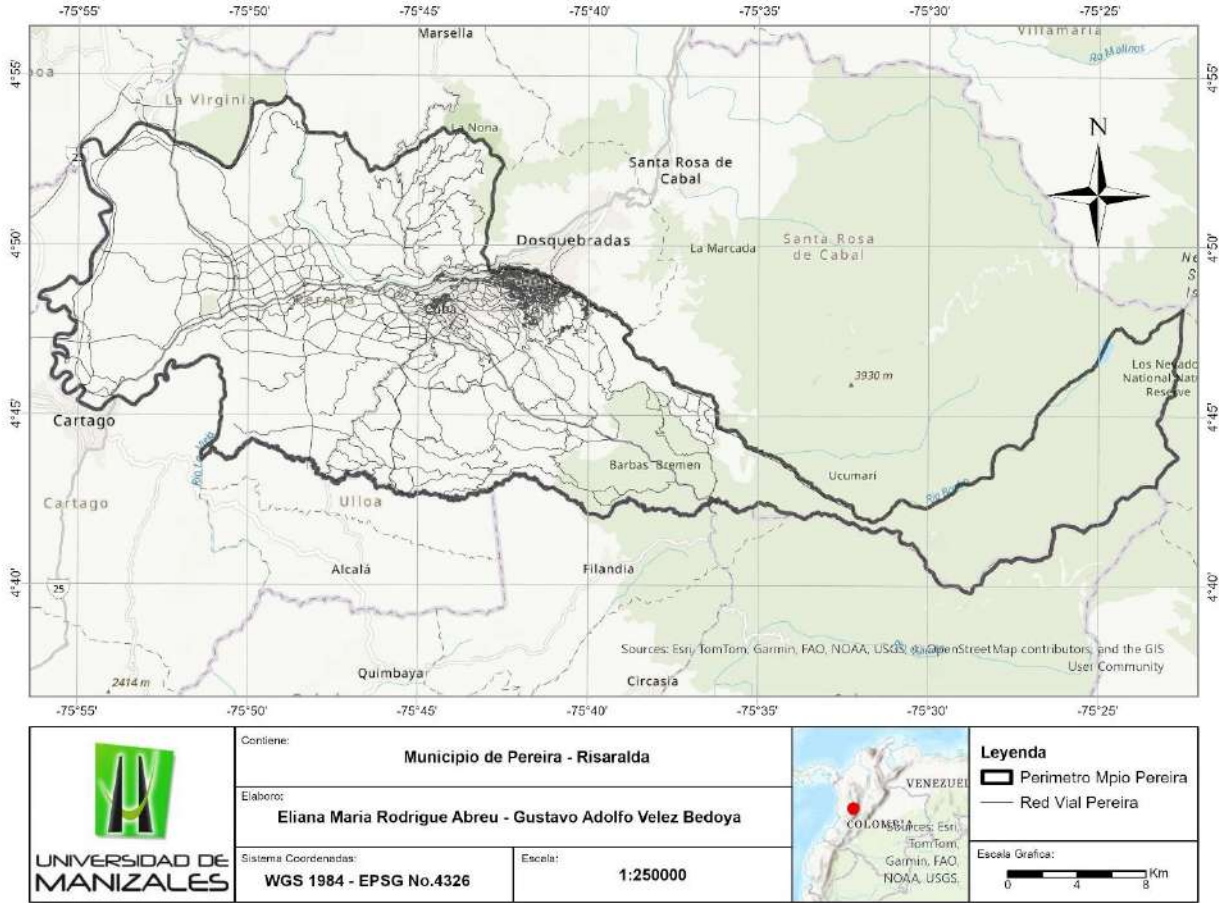
**Figura 2** Metodología elementos viales críticos



*Nota.* Fuente Elaboración propia

**Paso 1. Escala de la red vial:** La escogencia del ámbito de intervención parte de la siguiente pregunta: ¿cuál es el ámbito de intervención? Para efectos del proyecto y teniendo en cuenta que se dispone de datos de siniestralidad vial tanto para la zona urbana como rural del municipio de Pereira, se define como ámbito de intervención el límite municipal.

**Figura 3** Red vial y límite municipal del municipio de Pereira



*Nota.* Fuente Elaboración propia con base en datos oficiales. Escala 1:250.000. WGS 1984 (EPSG:4326).

En consecuencia, la delimitación geográfica de la red vial se realizó con base en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) vigente para Pereira (Acuerdo No. 35 de 2016), utilizando su versión en formato vectorial a una escala 1:25.000, la cual clasifica los ejes viales según su funcionalidad: arterias principales, secundarias, colectoras y locales. Esta delimitación garantiza coherencia con los datos de siniestralidad, al emplear un sistema de referencia de coordenadas geográficas común.

**Paso 2. Siniestros Viales** En línea con lo establecido en el segundo paso de la Guía Metodológica para Focalización de Elementos Viales Críticos de la ANSV, se cuenta con una base de datos georreferenciada que se ajusta a la escala de análisis definida para el municipio de Pereira. Esta base comprende un total de 1.203 registros correspondientes al año 2023 y 987 al año 2024,

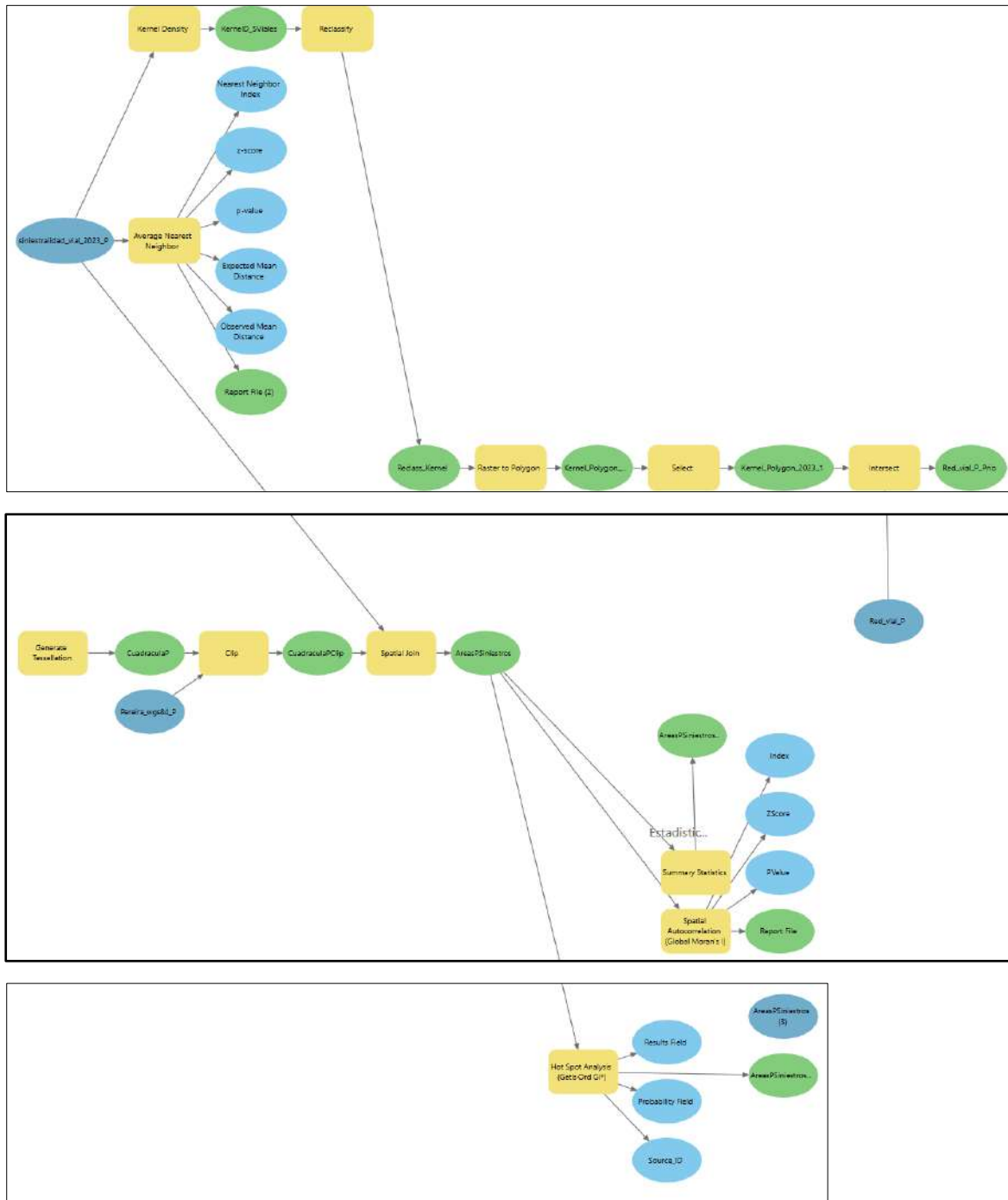
y ha sido depurada previamente para incluir únicamente las variables necesarias para el análisis: *fecha\_accidente*, *hora\_accidente*, *clase\_accidente*, *desc\_servicio*, *gravedad*, así como las *coordenadas geográficas* (latitud y longitud). Esta estructura permite una segmentación adecuada según los criterios del estudio y asegura la coherencia espacial con la red vial urbana, facilitando los procedimientos necesarios para la identificación de puntos críticos de siniestralidad vial.

**Paso 3. Caracterización de los siniestros viales** En esta etapa se realiza un análisis descriptivo de los siniestros viales registrados, con el propósito de identificar patrones y comportamientos relevantes a partir de las variables disponibles. Se generó una representación cartográfica preliminar en forma de una nube de puntos que incluye todos los registros, utilizando simbología diferenciada por gravedad, clase de siniestro y tipo de vehículo involucrado. Esta visualización resulta útil como una primera aproximación para identificar posibles zonas de acumulación de casos, aunque no permite aún realizar inferencias estadísticas. Esta caracterización espacial proporciona una base sólida para orientar los análisis posteriores de concentración e identificación de puntos críticos en el municipio de Pereira.

Los primeros pasos metodológicos se ejecutaron de forma independiente, con el propósito de garantizar la adecuada depuración, organización y visualización preliminar de los datos. Sin embargo, desde el Paso 4 hasta el Paso 8 se diseñó un geoproceto automatizado mediante la creación de una herramienta en **ArcGIS Pro** con **ModelBuilder**, siguiendo los lineamientos establecidos en la guía metodológica. Esta herramienta permitió integrar las operaciones espaciales y estadísticas requeridas en una secuencia lógica, facilitando la sistematización del análisis, su trazabilidad y replicabilidad dentro del municipio de Pereira.

Con base en lo expuesto, se construyeron dos modelos, correspondientes a los años 2023 y 2024, cuyos datos de entrada son los puntos de siniestralidad vial y el límite municipal del municipio de Pereira, ambos en formato *.shp*. Los archivos se encuentran proyectados en el sistema de referencia geográfica **WGS 84 (EPSG:4326)** y mantienen una estructura de atributos uniforme, lo que garantiza su compatibilidad y correcto funcionamiento dentro del geoproceto automatizado.

**Figura 4** Modelo de geoproceso diseñado en ArcGIS Pro con ModelBuilder para el análisis espacial de siniestralidad vial en Pereira.



*Nota.* Fuente: Elaboración propia con base en datos del Instituto de Movilidad de Pereira (2023) y lineamientos de la guía metodológica de la ANSV (2021).

**Paso 4. Entidades:** Una vez identificados y georreferenciados los siniestros viales, se cuenta con información desagregada sobre su localización espacial. El siguiente paso metodológico consiste en agrupar dichos datos, para lo cual es necesario definir las entidades espaciales de análisis, es decir, las unidades territoriales: tramos, intersecciones o áreas. En el marco del presente proyecto, el criterio adoptado corresponde a la opción de **áreas**, mediante la generación de una retícula cuadrículada, que permite agrupar los registros localizados dentro de cada uno de los cuadros establecidos.

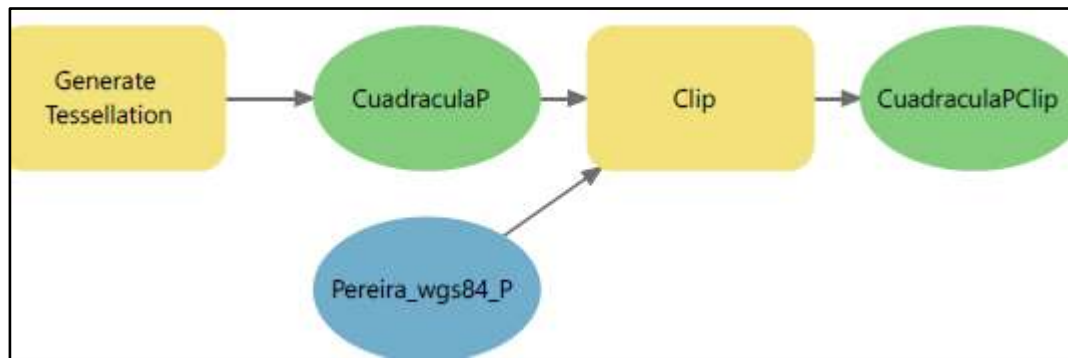
**Tabla 2** *Insumos geospaciales utilizados para el diseño del geoproceso*

| Insumos                      | Descripción  |
|------------------------------|--|
| Limite_Municipal_Pereira.shp | Polígono del límite administrativo del municipio de Pereira.                                 |
| RedVial_Pereira.shp          | Red vial urbana y rural contenida dentro del límite municipal.                               |
| Siniestros_2023.shp          | Puntos georreferenciados de siniestros viales ocurridos en el año 2023 dentro del municipio. |
| Siniestros_2024.shp          | Puntos georreferenciados de siniestros viales ocurridos en el año 2024 dentro del municipio. |

*Nota.* Fuente Elaboración propia con base en los datos proporcionados por el Instituto de Movilidad de Pereira (2023-2024).

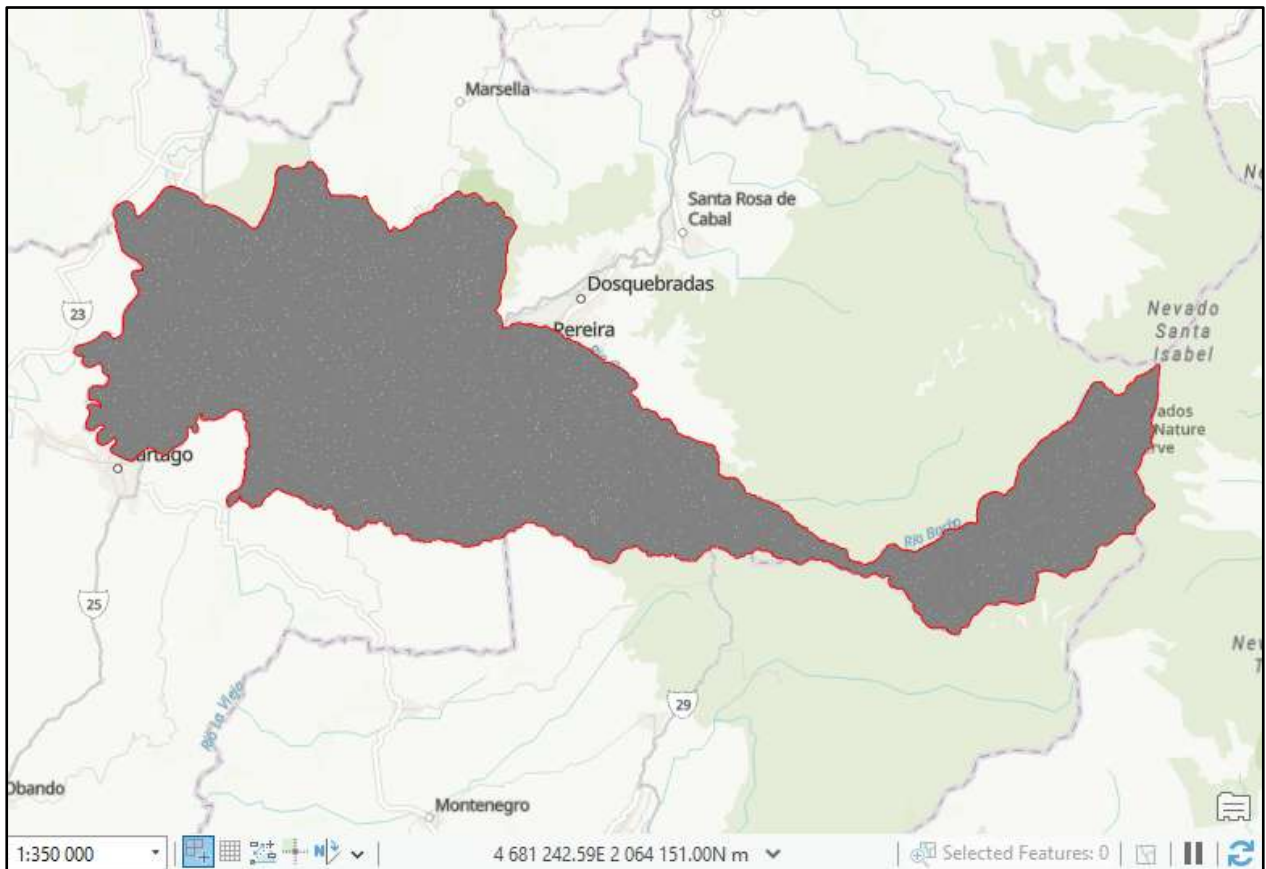
De acuerdo con los datos de entrada listados en la Tabla 2, se generó una retícula espacial regular de 50 x 50 metros (2.500 m<sup>2</sup> por celda) mediante la herramienta *Generate Tessellation*, la cual permite crear una malla de celdas de igual tamaño que cubre toda el área de estudio con el fin de distribuir uniformemente los registros georreferenciados de siniestros viales y facilitar su análisis espacial. Esta cuadrícula permite asociar cada accidente a una celda específica, lo que posibilita calcular densidades de siniestros e identificar patrones espaciales, preparando la información para los análisis estadísticos. La retícula fue luego recortada con el límite municipal de Pereira utilizando la herramienta *Clip*, dando como resultado la capa CuadrículaPClip, empleada como unidad de análisis.

**Figura 5** Generación y recorte de la retícula espacial dentro del límite municipal de Pereira.



*Nota.* Fuente Elaboración propia en ArcGIS Pro mediante ModelBuilder, con base en datos geospaciales del municipio de Pereira (2023).

**Figura 6** Visualización de la cuadrícula recortada al perímetro municipal de Pereira – CuadraculapClip.

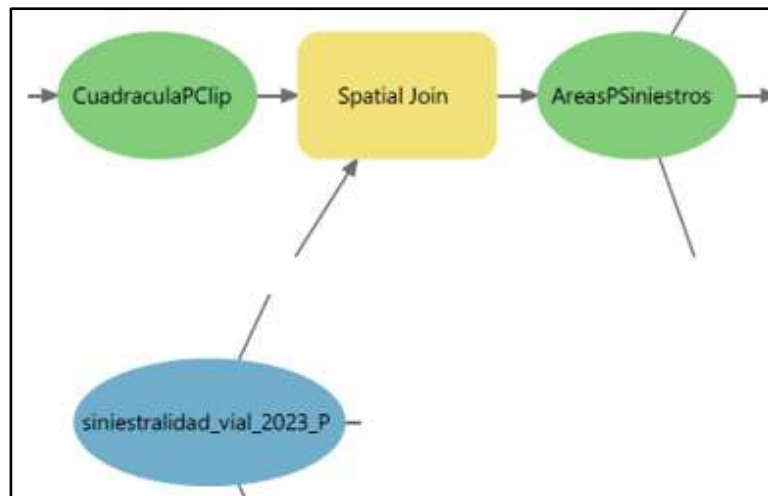


*Nota:* Fuente Elaboración propia con base en resultados del proyecto en ArcGIS Pro (2025).

**Paso 5. Cuantificación de siniestros viales:** La cuantificación de siniestros viales consiste en contar el número de eventos ocurridos dentro de unidades espaciales homogéneas, que en este caso corresponden a las áreas definidas mediante la retícula, lo que permite identificar zonas con

mayor concentración de casos. Para llevar a cabo este procedimiento, se empleó la herramienta **Spatial Join**, la cual permitió contar los siniestros por área utilizando la capa *CuadraculaPClip*, que representa una retícula espacial previamente recortada al límite municipal. Como resultado, se generó la capa *AreasPSiniestros*, en la que cada celda contiene el número de siniestros registrados en su respectiva área. Esta operación permitió obtener una visión cuantitativa y espacialmente distribuida de la siniestralidad vial dentro del municipio.

**Figura 7** *Conteo de siniestros viales por área mediante la herramienta Spatial Join*

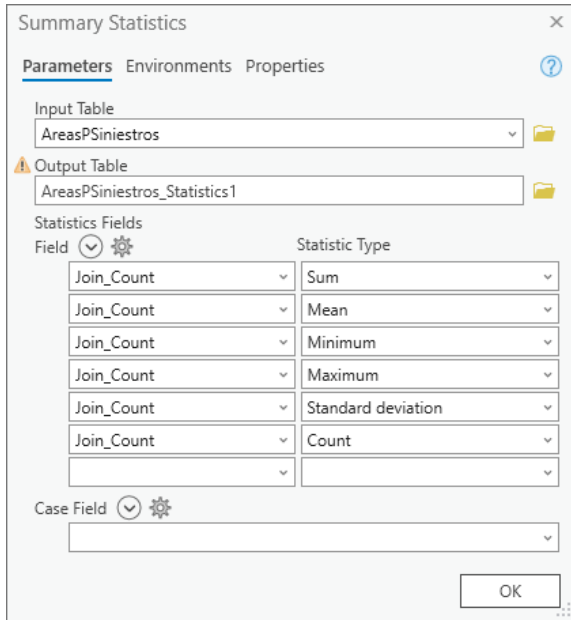


*Nota.* Fuente Elaboración propia en ArcGIS Pro mediante ModelBuilder, con base en datos geoespaciales del municipio de Pereira (2023).

**Paso 6. Estadística espacial:** A continuación, se aplicaron tres estadísticas espaciales con el fin de identificar patrones de distribución, concentración y agrupación de los siniestros viales en el área de estudio, lo que permitió realizar un análisis más detallado del comportamiento espacial de estos eventos.

- a. **Estadística descriptiva:** Como primer paso, se aplicó una estadística descriptiva sobre el campo Join\_Count de la capa *AreasPSiniestros* utilizando la herramienta Summary Statistics. Esta operación permitió obtener valores clave como la media ( $\mu$ ), la desviación estándar ( $\sigma$ ), el valor mínimo y máximo, así como la suma total de siniestros viales registrados en las celdas, evidenciando de manera general la distribución numérica de los eventos en el área de estudio.

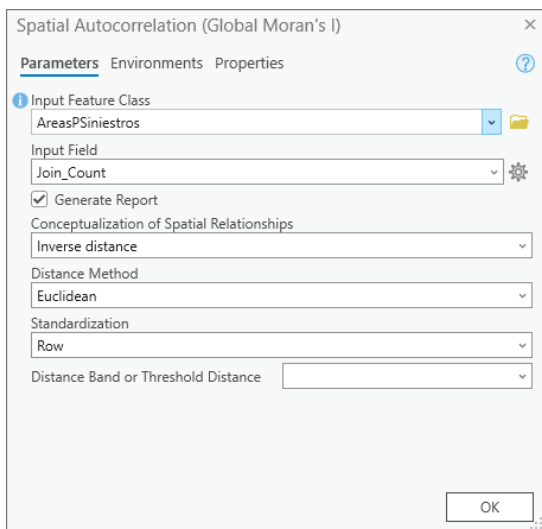
**Figura 8** Configuración de Summary Statistics para el campo Join\_Count en la capa AreasPSiniestros



*Nota:* Fuente Elaboración propia con base en resultados del proyecto en ArcGIS Pro (2025).

- b. Global Moran's I:** Evalúa si existe autocorrelación espacial entre las celdas. Esta estadística permitió determinar si los siniestros viales se distribuyen de forma aleatoria o si presentan un patrón espacial agrupado o disperso dentro del área de estudio.

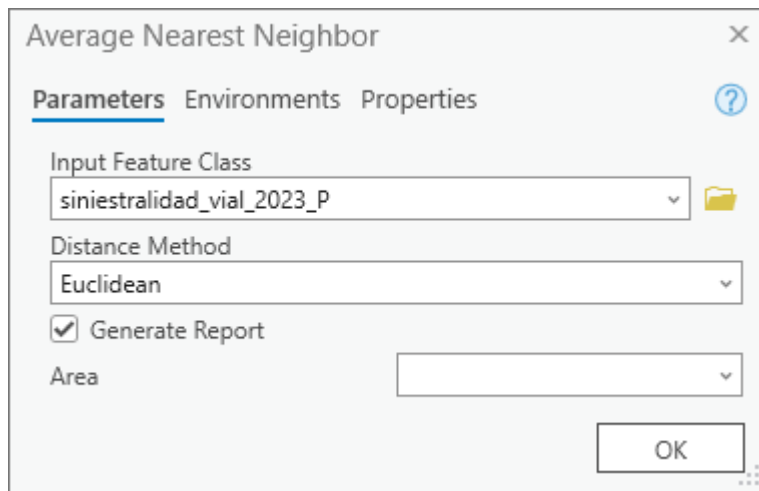
**Figura 9** Configuración del análisis de autocorrelación espacial Global Moran's I sobre la capa AreasPSiniestros



*Nota:* Fuente Elaboración propia con base en resultados del proyecto en ArcGIS Pro (2025).

c. **Average Nearest Neighbor:** Este análisis compara la distancia media observada entre los puntos reales de siniestralidad con la distancia media esperada en una distribución aleatoria, permitiendo identificar si los eventos presentan un patrón agrupado, disperso o aleatorio en el espacio.

**Figura 10** Configuración del análisis Average Nearest Neighbor sobre la capa de siniestralidad vial



Nota: Fuente Elaboración propia con base en resultados del proyecto en ArcGIS Pro (2025).

**Paso 7. Análisis espacial:** En el paso 7 se desarrolló el análisis espacial con el fin de identificar patrones y concentraciones significativas de siniestralidad vial dentro del área de estudio. Para ello, se aplicaron herramientas como:

a. **Hot Spot Analysis:** Detecta puntos calientes (hot spots) y puntos fríos (cold spots) con base en la intensidad del número de siniestros viales y su relación espacial con las celdas vecinas. El análisis Hot Spot (Getis-Ord  $G_i^*$ ) permitió identificar zonas con concentraciones significativamente altas o bajas de eventos, brindando información clave para la priorización de áreas críticas.

**Tabla 3** Parámetros configurados para el análisis Hot Spot (Getis-Ord  $G_i^*$ )

| Parámetro            | Valor asignado            |
|----------------------|---------------------------|
| Input Feature Class  | AreasPSiniestros          |
| Input Field          | Join_Count                |
| Output Feature Class | AreasPSiniestros_HotSpots |

|  |                     |
|--|---------------------|
| Conceptualization of Spatial Relationships | Fixed distance band |
| Distance Method                            | Euclidean           |

*Nota:* Fuente Elaboración propia con base en resultados del proyecto en ArcGIS Pro (2025).

- b. Kernel Density:** Genera una superficie continua que representa la densidad de siniestros viales en el territorio, facilitando la visualización de las zonas con mayor concentración de eventos.

**Tabla 4** *Parámetros configurados para el análisis Kernel Density.*

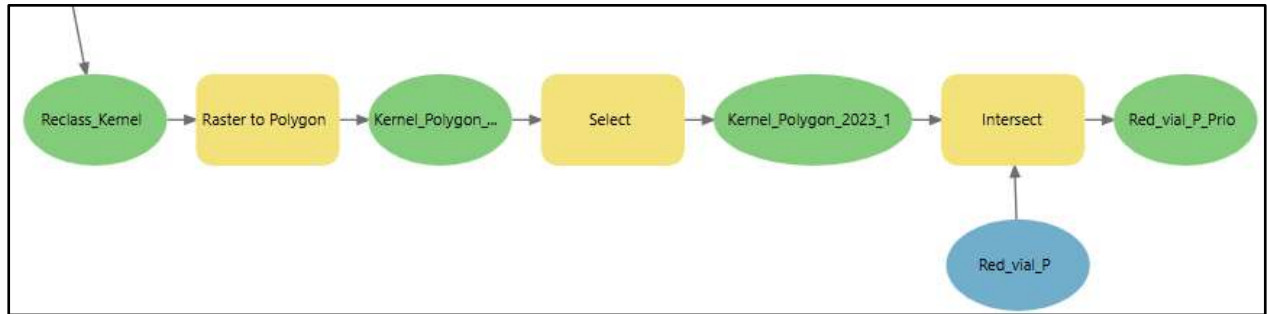
| Parámetro                        | Valor asignado                   |
|----------------------------------|----------------------------------|
| Input Point or Polyline Features | Puntos siniestralidad_vial       |
| Population Field                 | NONE (cada punto cuenta por uno) |
| Output Raster                    | KernelD_SViales                  |
| Output Cell Size                 | 50                               |
| Area Units                       | Square meters                    |

*Nota:* Fuente Elaboración propia con base en resultados del proyecto en ArcGIS Pro (2025).

**Paso 8. Priorización de tramos críticos:** En el procedimiento final de la metodología, se emplearon los resultados del análisis de densidad Kernel con el fin de identificar y priorizar los tramos viales del municipio de Pereira con mayor concentración de siniestros viales. Para ello, se utilizó la superficie ráster generada en el análisis, la cual representa la distribución continua de densidad de eventos en el territorio.

Inicialmente, se aplicó una reclasificación al ráster para aislar las celdas con valores de densidad altos, correspondientes a las zonas críticas del municipio. Luego, mediante un proceso de conversión de ráster a vector (polígono), se delimitó espacialmente el área de mayor concentración de siniestros. Posteriormente, se realizó una intersección espacial entre estos polígonos de alta densidad y la red vial oficial del municipio, identificando los tramos que se sobreponían parcial o totalmente con las zonas críticas.

Como resultado, se generó una capa geográfica de tramos priorizados que puede ser consultada en el geovisor desarrollado. Esta capa constituye un insumo estratégico para la planeación y focalización de acciones de intervención en seguridad vial, tanto en áreas urbanas como rurales.

**Figura 11** Modelo de priorización de tramos viales con base en densidad Kernel

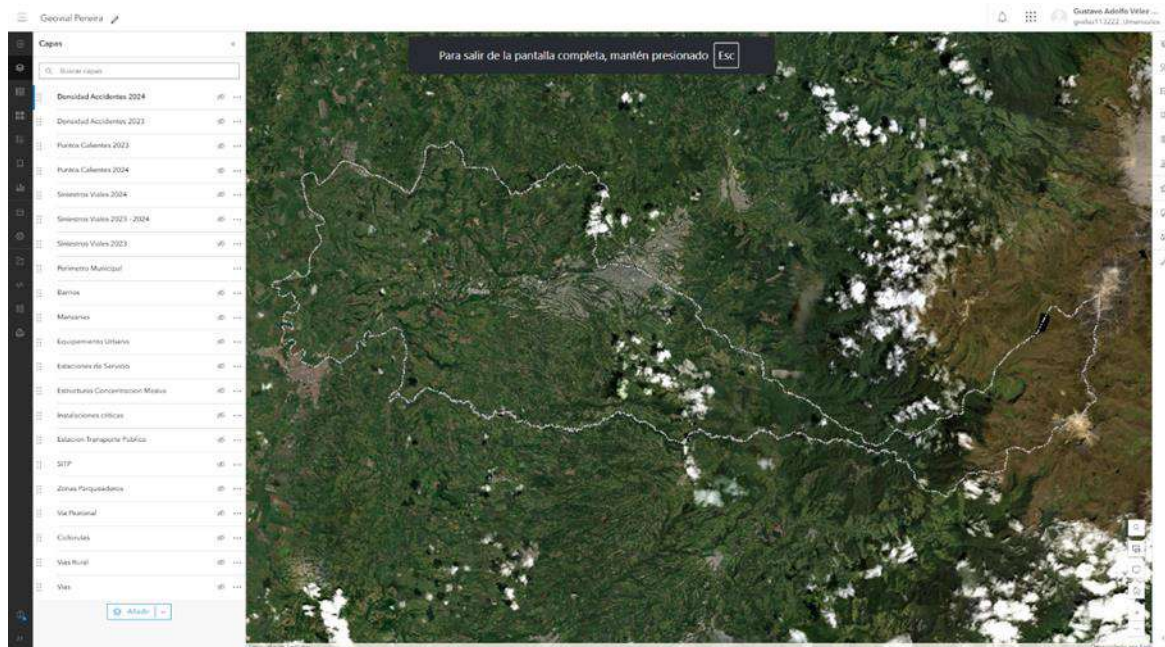
*Nota.* Fuente Elaboración propia en ArcGIS Pro mediante ModelBuilder, con base en datos geospaciales del municipio de Pereira (2023).

### 6.1.3 Fase III:

En esta fase se diseñó la estructura visual y funcional del geovisor web *GeoVialPereira* mediante el uso de ArcGIS Experience Builder, integrando los elementos esenciales para una visualización clara, accesible e institucionalmente coherente. Asimismo, el geovisor incorpora funciones interactivas de consulta, filtrado y superposición de capas que permiten explorar patrones espaciales y temporales de los siniestros viales, convirtiéndose en un componente activo para la interpretación y validación de los resultados obtenidos en las fases anteriores.

**Etapas No. 1. Carga de Capas a Web Map:** En el marco del proyecto *GeoVialPereira*, la creación de un Web Map en ArcGIS Online constituyó un paso clave para estructurar la aplicación interactiva en ArcGIS con Experience Builder. Este mapa web permite integrar y visualizar datos geospaciales relacionados con la siniestralidad vial en Pereira durante los años 2023 y 2024.

Al Web Map se le agregaron capas vectoriales provenientes del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del municipio, incluyendo red vial, límites administrativos, entre otros, que sirven como base para contextualizar los siniestros viales georreferenciados.

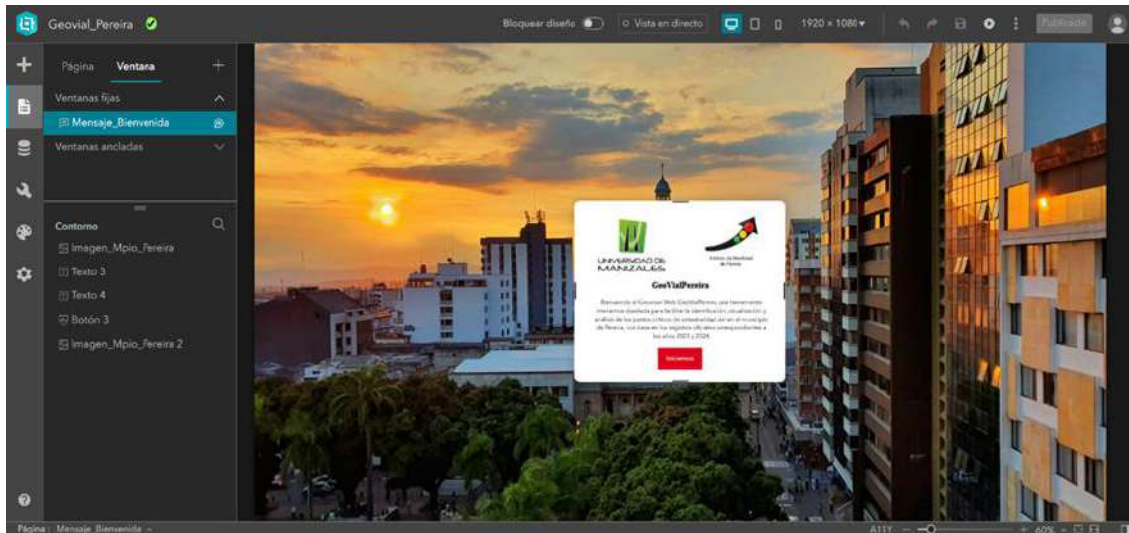
**Figura 12** *Carga de Capas a Web Map*

*Nota.* Fuente Elaboración propia con base en resultados del proyecto en ArcGIS Experience Builder.

**Etapas No. 2 Página de Inicio y mensaje de Bienvenida:** Para fortalecer la identidad institucional y territorial del proyecto GeoVialPereira, se diseñó una página de inicio personalizada que integra el logotipo de la Universidad de Manizales, el logo del Instituto de Movilidad de Pereira y fotografías del municipio, elementos claves que cumplen la función de brindar una bienvenida contextual al usuario y de reforzar la imagen del proyecto.

Adicionalmente, la página de inicio fue diseñada con enfoque responsivo, lo que garantiza su correcta visualización en distintos dispositivos (computadores, tabletas y teléfonos móviles), y con criterios básicos de accesibilidad.

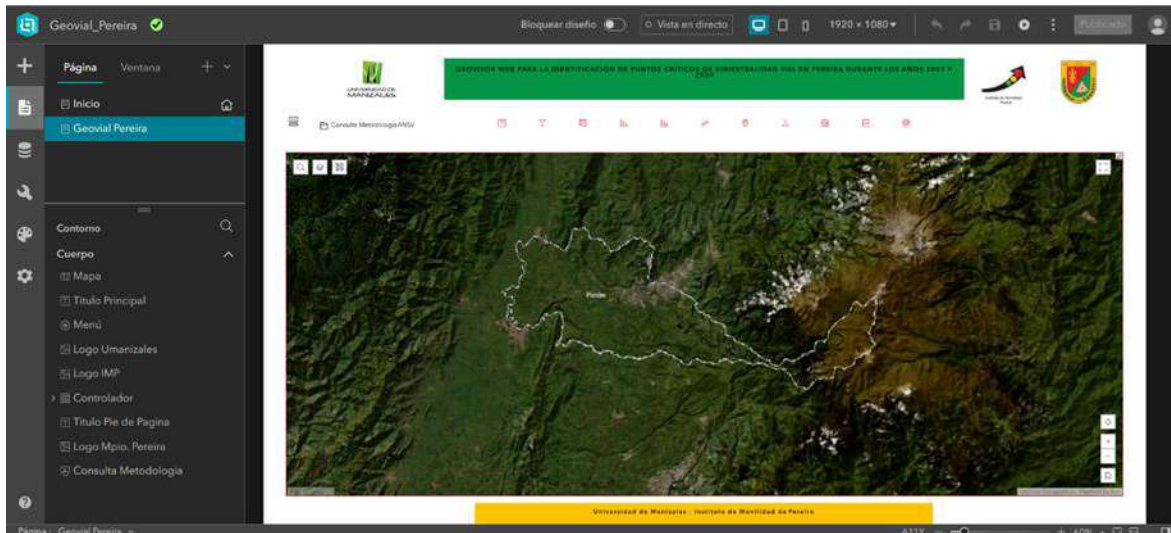
**Figura 13** *Página de Inicio y mensaje de Bienvenida.*



*Nota.* Fuente Elaboración propia con base en resultados del proyecto en ArcGIS Experience Builder.

**Etapa No. 3 Plantilla de Diseño:** La plantilla del Geovisor GeoVialPereira fue diseñada con base en modelos actuales de plataformas SIG, priorizando la usabilidad y una presentación clara. Se ubicaron las herramientas interactivas en la parte superior, acompañadas de una paleta de colores representativos y una disposición ordenada de los logotipos de la Universidad de Manizales, el Instituto de Movilidad de Pereira y la Alcaldía de Pereira, junto al título del proyecto.

Este diseño busca facilitar la navegación, reforzar la identidad institucional y mantener coherencia con estándares modernos en visualización geoespacial.

**Figura 14** *Plantilla de Diseño*

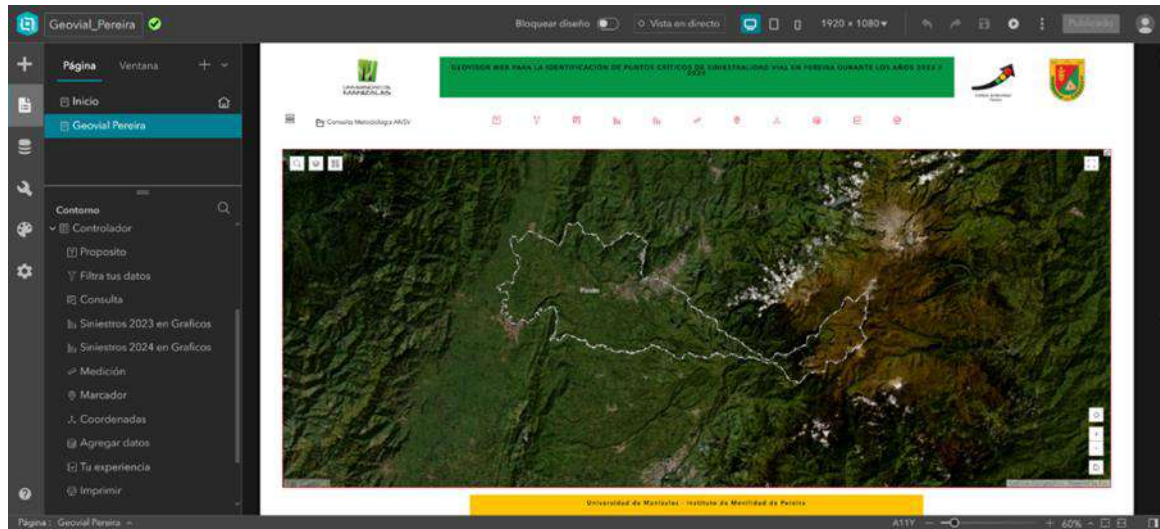
*Nota.* Fuente Elaboración propia con base en resultados del proyecto en ArcGIS Experience Builder.

**Eta***pa No. 4 Widget o Controladores:* Con el objetivo de ofrecer una experiencia interactiva clara, precisa y orientada al análisis de la siniestralidad vial, en el geovisor GeoVialPereira se incorporaron diversos widgets funcionales. Estos permiten al usuario explorar de forma dinámica la información geoespacial y estadística correspondiente a los años 2023 y 2024.

Entre los componentes integrados se encuentran: la visualización del propósito del proyecto, filtros por variables de los datos, consulta por fecha, gráficos comparativos de siniestralidad por año, herramientas de medición de distancia y área, marcadores de posición inicial, identificación de coordenadas geográficas, opción para agregar datos a la base gráfica, posibilidad de calificar la experiencia del visor y función para imprimir mapas.

Esta configuración busca facilitar la comprensión de los datos, mejorar la toma de decisiones y fortalecer el componente interactivo y pedagógico del visor.

**Figura 15** *Widget o Controladores*



*Nota.* Fuente Elaboración propia con base en resultados del proyecto en ArcGIS Experience Builder.

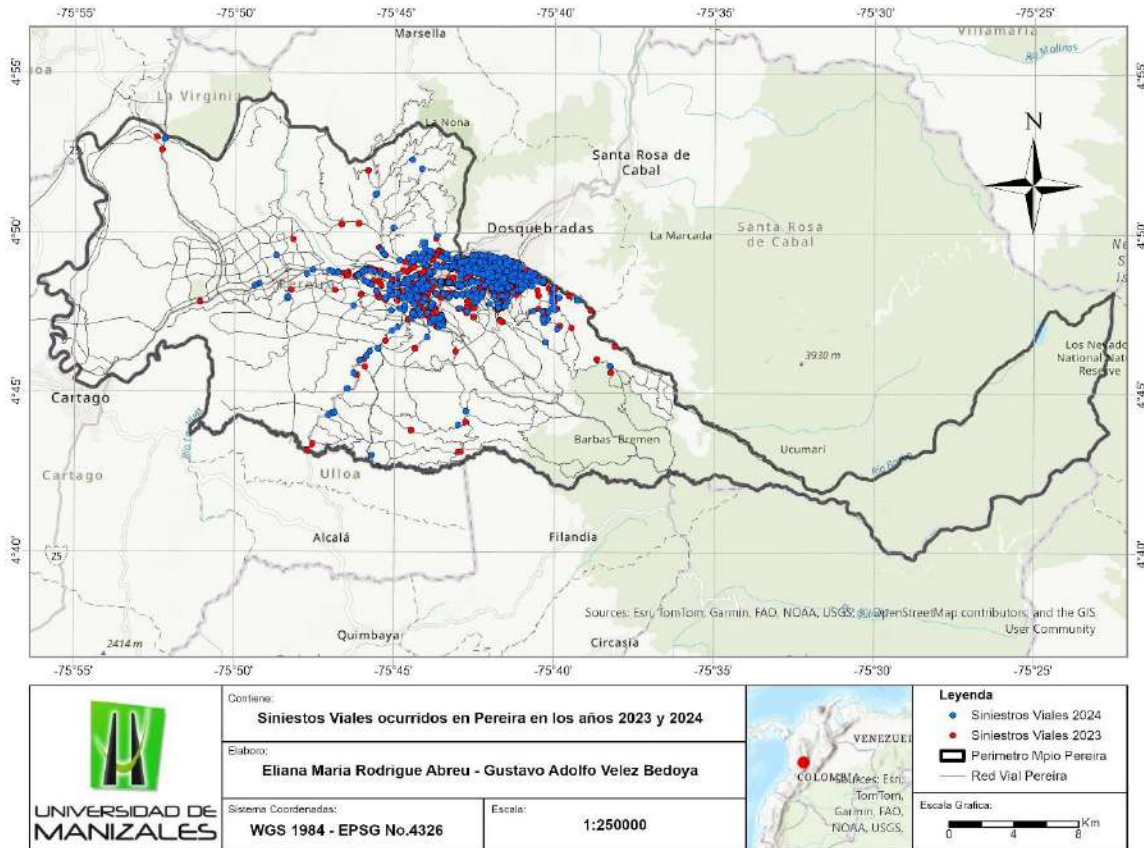
## **7 Resultados**

A continuación, con base en los objetivos propuestos, se exponen los principales resultados obtenidos durante el desarrollo del presente trabajo. La información se organiza de forma secuencial según cada objetivo específico, permitiendo evidenciar el cumplimiento de cada etapa metodológica y el aporte de los análisis espaciales en la identificación de zonas críticas de siniestralidad vial en el municipio de Pereira durante los años 2023 y 2024, combinando elementos cartográficos, estadísticos y descriptivos. Además, los resultados pueden ser consultados y analizados por unidades territoriales como barrios, veredas, corregimientos y centros poblados, lo que permite identificar sectores más afectados y evaluar la distribución de los siniestros de manera detallada y dinámica.

### **7.1 Fase I:**

La base de datos consolidada, luego del proceso de depuración, quedó compuesta por 1.203 registros del año 2023 y 987 registros del año 2024, lo que representa un total de 2.190 siniestros viales georreferenciados. Estos datos fueron validados en cuanto a su ubicación espacial, completitud de los campos requeridos y consistencia lógica, permitiendo contar con una base sólida para su caracterización.

**Figura 16** Distribución espacial de los siniestros viales en Pereira (2023–2024).



*Nota:* Fuente Elaboración propia con base en datos del Instituto de Movilidad de Pereira, 2025.

La figura 11 muestra la distribución espacial de los siniestros viales registrados en el municipio de Pereira durante los años 2023 y 2024. Se evidencia una mayor concentración de casos en la zona urbana del municipio, donde se localiza su centro y gran parte de la red vial urbana. Los puntos en color azul corresponden a los registros del año 2024, mientras que los puntos rojos representan los eventos ocurridos en 2023, lo cual permite identificar sectores con recurrencia en la ocurrencia de siniestros durante ambos periodos de tiempo.

La caracterización de los siniestros viales se realizó a partir del análisis mensual de variables clave como la gravedad, la clase de accidente y el tipo de vehículo involucrado. En ese sentido, este proceso permitió identificar patrones de ocurrencia, diferenciando los registros mes a mes en cada año. A continuación, se presentan los resultados obtenidos para cada una de estas variables, a partir de tablas, gráficos y mapas que facilitan su interpretación.

- **Gravedad**

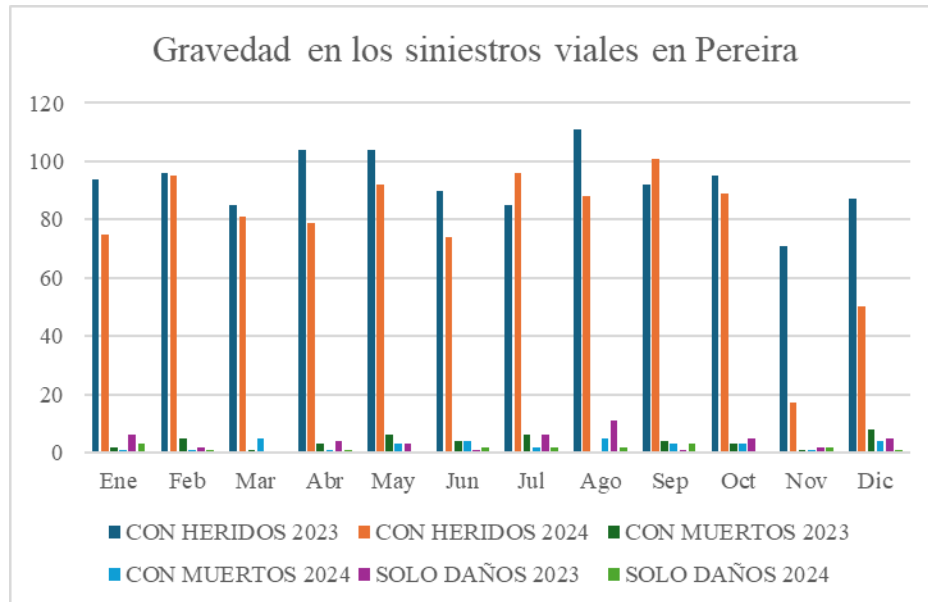
La variable gravedad permite clasificar los siniestros viales según su nivel de severidad, diferenciando entre eventos con personas fallecidas, con personas lesionadas y aquellos que solo ocasionaron daños materiales. Esta categorización es fundamental para establecer el nivel de impacto de los eventos y enfocar acciones de intervención en zonas donde predominan los casos más severos integrando los actores viales.

**Tabla 5** Gravedad 2023–2024

| Mes / Año            | Gravedad en los siniestros viales en Pereira |            |             |           |            |           |
|----------------------|--|------------|-------------|-----------|------------|-----------|
|                      | CON HERIDOS                                  |            | CON MUERTOS |           | SOLO DAÑOS |           |
|                      | 2023   | 2024       | 2023        | 2024      | 2023       | 2024      |
| Enero                | 94   | 75         | 2           | 1         | 6          | 3         |
| Febrero              | 96   | 95         | 5           | 1         | 2          | 1         |
| Marzo                | 85   | 81         | 1           | 5         | 0          | 0         |
| Abril                | 104  | 79         | 3           | 1         | 4          | 1         |
| Mayo                 | 104  | 92         | 6           | 3         | 3          | 0         |
| Junio                | 90   | 74         | 4           | 4         | 1          | 2         |
| Julio                | 85   | 96         | 6           | 2         | 6          | 2         |
| Agosto               | 111  | 88         | 0           | 5         | 11         | 2         |
| Septiembre           | 92   | 101        | 4           | 3         | 1          | 3         |
| Octubre              | 95   | 89         | 3           | 3         | 5          | 0         |
| Noviembre            | 71   | 17         | 1           | 1         | 2          | 2         |
| Diciembre            | 87   | 50         | 8           | 4         | 5          | 1         |
| <b>Total general</b> | <b>1114</b>                                  | <b>937</b> | <b>43</b>   | <b>33</b> | <b>46</b>  | <b>17</b> |

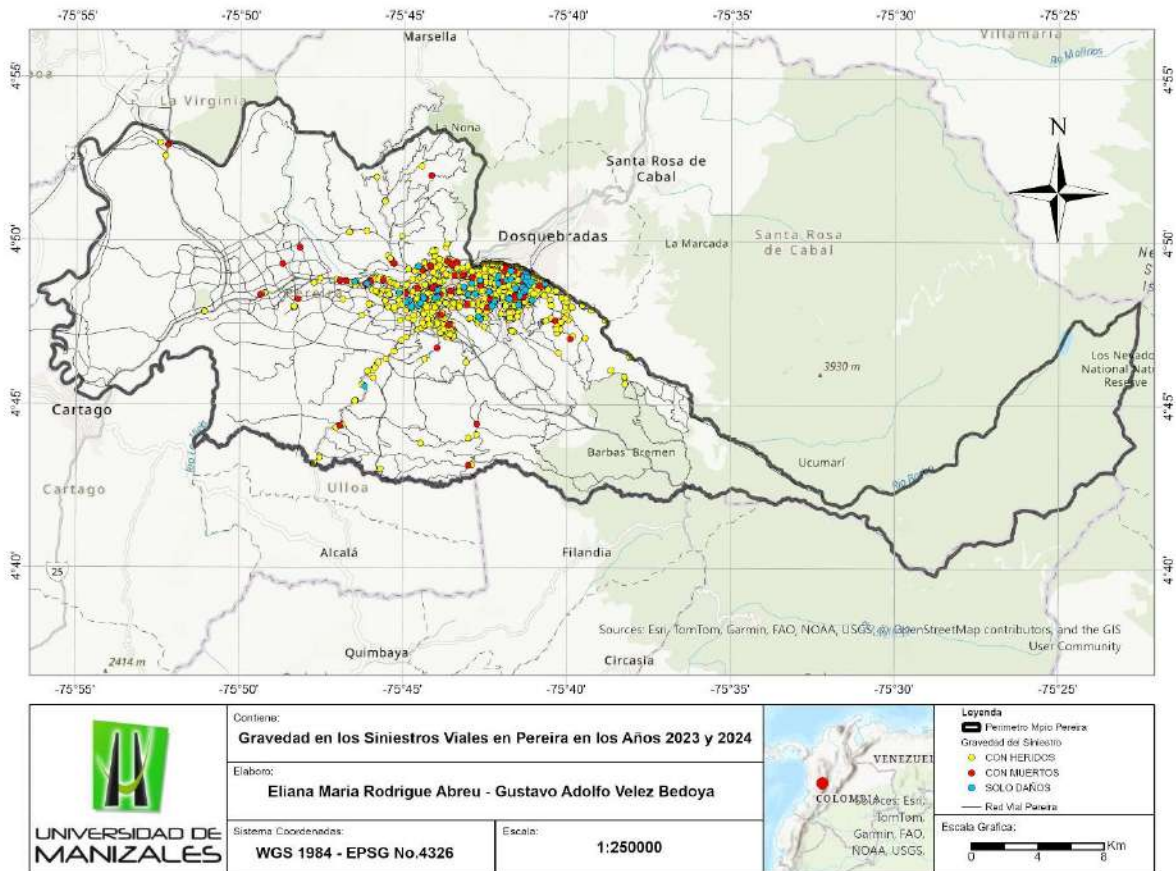
Nota: Fuente Elaboración propia con base en datos del Instituto de Movilidad de Pereira, 2025.

**Figura 17** Distribución mensual de siniestros viales por gravedad, Pereira 2023–2024



Nota: Fuente Elaboración propia con base en datos del Instituto de Movilidad de Pereira, 2025.

**Figura 18** Mapa de siniestros según gravedad en Pereira – Años 2023 y 2024



*Nota:* Fuente Elaboración propia con base en datos del Instituto de Movilidad de Pereira, 2025.

Al revisar la variable de gravedad, se identificó que en ambos años analizados predominan los siniestros con personas heridas, representa el 92,6 % en 2023 y el 94,9 % en 2024. Los eventos con víctimas fatales tienen una participación del 3,6 % y 3,3 % respectivamente. Por último, los casos que solo involucraron daños materiales disminuyen de un 3,8 % en 2023 a un 1,7 % en 2024. Estos resultados evidencian la alta severidad de los siniestros en Pereira, donde la mayoría deja personas lesionadas.

- **Clase de accidente**

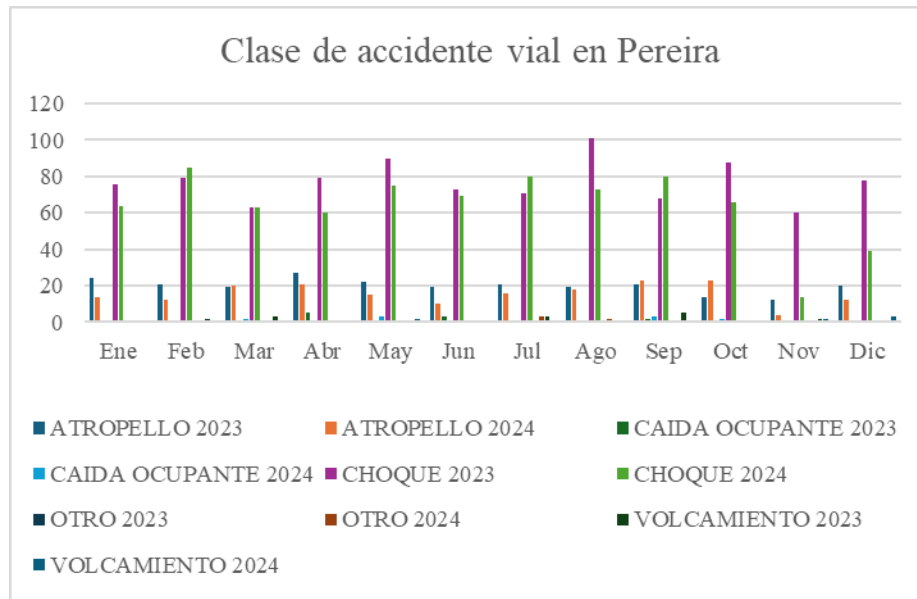
La variable clase de accidente permite clasificar los siniestros viales según la forma en que ocurrieron, diferenciando entre choques, atropellos, caídas, volcamientos y otras categorías definidas en los registros del Instituto de Movilidad. Esta información resulta útil para entender los tipos de interacción vial que generan mayor cantidad de incidentes, así como los comportamientos más frecuentes en la vía.

**Tabla 6** Clase de accidente vial 2023–2024

| Mes / Año            | Clase de accidente vial en Pereira |            |                |           |            |            |          |          |             |           |
|----------------------|------------------------------------|------------|----------------|-----------|------------|------------|----------|----------|-------------|-----------|
|                      | ATROPELLO                          |            | CAIDA OCUPANTE |           | CHOQUE     |            | OTRO     |          | VOLCAMIENTO |           |
|                      | 2023                               | 2024       | 2023           | 2024      | 2023       | 2024       | 2023     | 2024     | 2023        | 2024      |
| Enero                | 24                                 | 14         | 0              | 0         | 76         | 64         | 1        | 0        | 1           | 1         |
| Febrero              | 21                                 | 12         | 1              | 0         | 79         | 85         | 0        | 0        | 2           | 0         |
| Marzo                | 19                                 | 20         | 0              | 2         | 63         | 63         | 1        | 0        | 3           | 1         |
| Abril                | 27                                 | 21         | 5              | 0         | 79         | 60         | 0        | 0        | 0           | 0         |
| Mayo                 | 22                                 | 15         | 0              | 3         | 90         | 75         | 0        | 0        | 1           | 2         |
| Junio                | 19                                 | 10         | 3              | 0         | 73         | 69         | 0        | 0        | 0           | 1         |
| Julio                | 21                                 | 16         | 1              | 1         | 71         | 80         | 1        | 3        | 3           | 0         |
| Agosto               | 19                                 | 18         | 1              | 1         | 101        | 73         | 0        | 2        | 1           | 1         |
| Septiembre           | 21                                 | 23         | 2              | 3         | 68         | 80         | 1        | 0        | 5           | 1         |
| Octubre              | 14                                 | 23         | 0              | 2         | 88         | 66         | 0        | 0        | 1           | 1         |
| Noviembre            | 12                                 | 4          | 0              | 0         | 60         | 14         | 0        | 0        | 2           | 2         |
| Diciembre            | 20                                 | 12         | 1              | 1         | 78         | 39         | 1        | 0        | 0           | 3         |
| <b>Total general</b> | <b>239</b>                         | <b>188</b> | <b>14</b>      | <b>13</b> | <b>926</b> | <b>768</b> | <b>5</b> | <b>5</b> | <b>19</b>   | <b>13</b> |

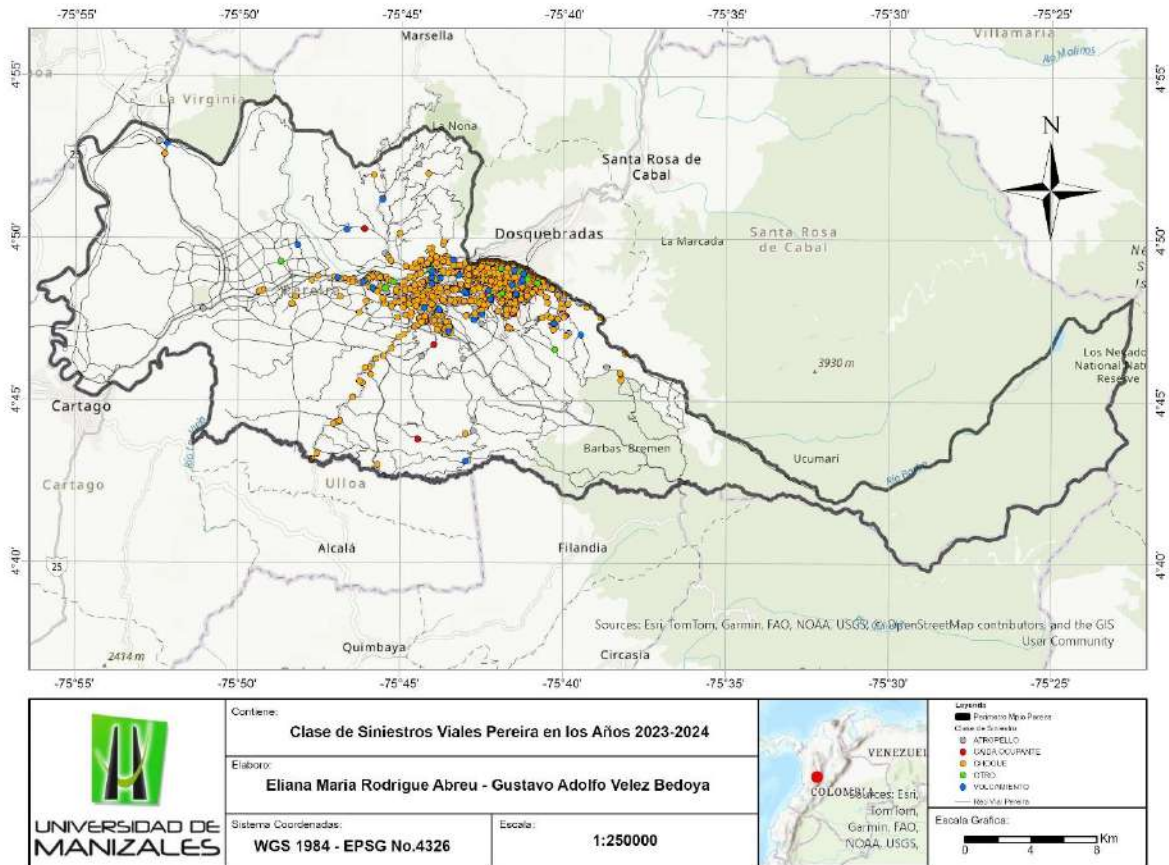
Nota: Fuente Elaboración propia con base en datos del Instituto de Movilidad de Pereira, 2025.

**Figura 19** Distribución mensual por clase de accidente en Pereira (2023-2024)



Nota: Fuente Elaboración propia con base en datos del Instituto de Movilidad de Pereira, 2025.

**Figura 20** Mapa de siniestros según clase de accidente en Pereira – Años 2023 y 2024



*Nota:* Fuente Elaboración propia con base en datos del Instituto de Movilidad de Pereira, 2025.

La variable clase de accidente se identificó que el tipo de siniestro más común fue el choque entre vehículos, representando el 77,0 % del total en 2023 (926 casos) y el 77,8 % en 2024 (768 casos). Continuando los atropellos, que alcanzaron 239 casos en 2023 (19,9 %) y 188 en 2024 (19,0 %). Las demás clases de siniestro presentan una menor participación, los volcamientos sumaron 19 eventos en 2023 y 13 en 2024, mientras que los casos de caída de ocupante se mantuvieron estables con 14 y 13 reportes. Estos resultados confirman que los siniestros por colisión son los que predominan en la ciudad, con una alta recurrencia mensual y una presencia sostenida en las principales vías urbanas del municipio.

- **Tipo de vehículos**

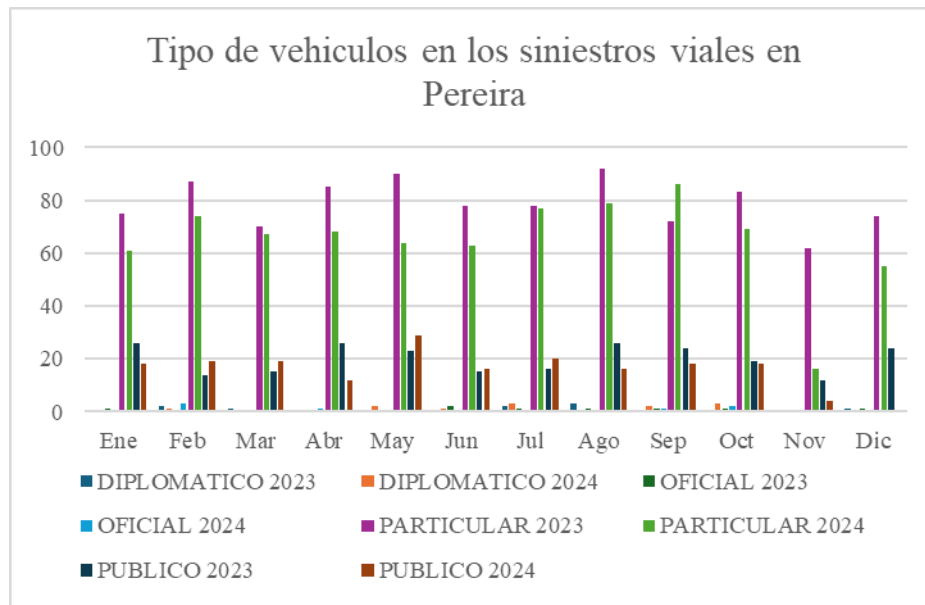
El tipo de vehículo involucrado en los siniestros viales permite comprender con mayor detalle las dinámicas de la movilidad en el municipio y los modos de transporte más vulnerables.

**Tabla 7** Tipo de vehículo involucrado 2023–2024

| Tipo de vehículos en los siniestros viales en Pereira |             |           |          |          |            |            |            |            |
|---|-------------|-----------|----------|----------|------------|------------|------------|------------|
| Mes / Año   | DIPLOMATICO |           | OFICIAL  |          | PARTICULAR |            | PUBLICO    |            |
|   | 2023        | 2024      | 2023     | 2024     | 2023       | 2024       | 2023       | 2024       |
| Enero   | 0           | 0         | 1        | 0        | 75         | 61         | 26         | 18         |
| Febrero   | 2           | 1         | 0        | 3        | 87         | 74         | 14         | 19         |
| Marzo   | 1           | 0         | 0        | 0        | 70         | 67         | 15         | 19         |
| Abril   | 0           | 0         | 0        | 1        | 85         | 68         | 26         | 12         |
| Mayo  | 0           | 2         | 0        | 0        | 90         | 64         | 23         | 29         |
| Junio   | 0           | 1         | 2        | 0        | 78         | 63         | 15         | 16         |
| Julio   | 2           | 3         | 1        | 0        | 78         | 77         | 16         | 20         |
| Agosto  | 3           | 0         | 1        | 0        | 92         | 79         | 26         | 16         |
| Septiembre  | 0           | 2         | 1        | 1        | 72         | 86         | 24         | 18         |
| Octubre   | 0           | 3         | 1        | 2        | 83         | 69         | 19         | 18         |
| Noviembre   | 0           | 0         | 0        | 0        | 62         | 16         | 12         | 4          |
| Diciembre   | 1           | 0         | 1        | 0        | 74         | 55         | 24         | 0          |
| <b>Total general</b>                                  | <b>9</b>    | <b>12</b> | <b>8</b> | <b>7</b> | <b>946</b> | <b>779</b> | <b>240</b> | <b>189</b> |

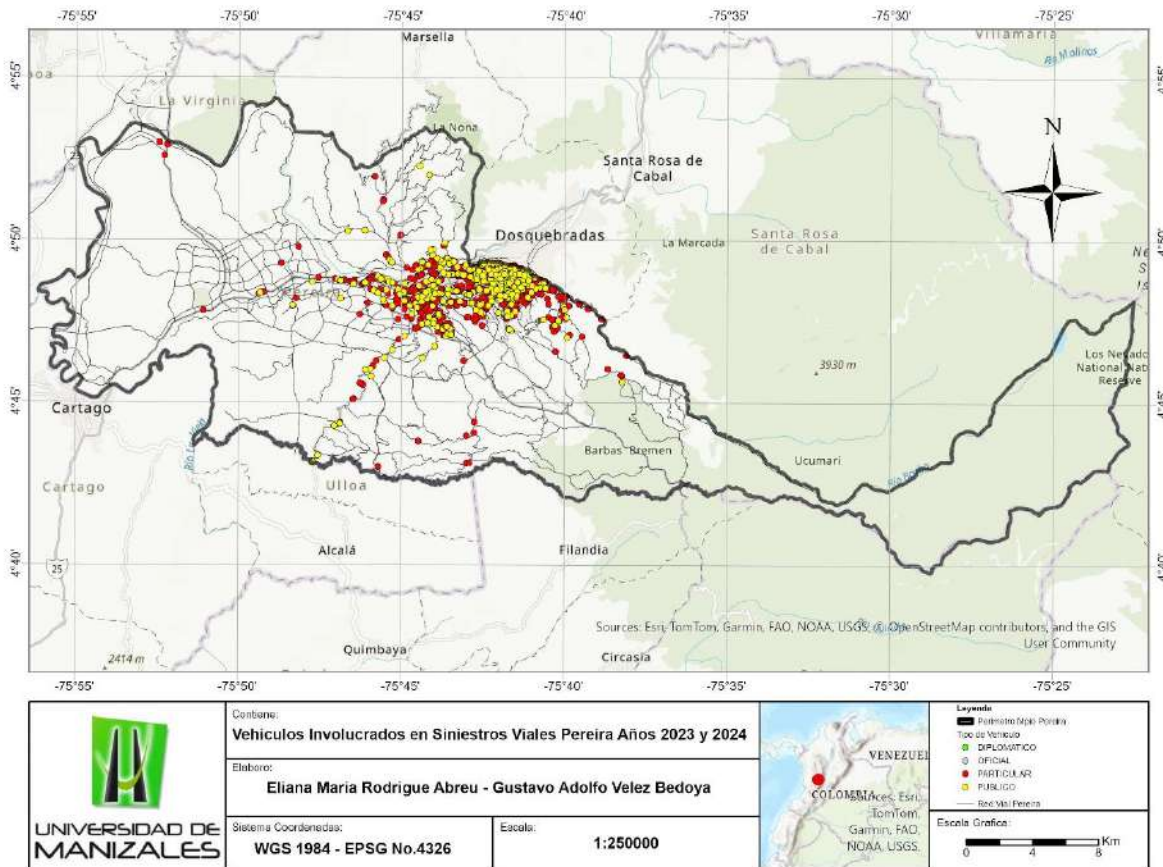
Nota: Fuente Elaboración propia con base en datos del Instituto de Movilidad de Pereira, 2025.

**Figura 21** Distribución mensual de siniestros viales por tipo de vehículo involucrado, Pereira 2023–2024



Nota: Fuente Elaboración propia con base en datos del Instituto de Movilidad de Pereira, 2025.

**Figura 22** Mapa de siniestros según tipo de vehículo involucrado en Pereira – Años 2023 y 2024



*Nota:* Fuente Elaboración propia con base en datos del Instituto de Movilidad de Pereira, 2025.

### 7.2 Fase II:

Ahora bien, los resultados derivados de la metodología aplicada inician con la cuantificación de los siniestros viales registrados en el municipio de Pereira durante el año 2023 y 2024. Este análisis se fundamenta en el conteo de eventos por cada unidad espacial definida en la retícula CuadrículaPClip, lo cual permite identificar la distribución y concentración de los siniestros a lo largo del territorio municipal.

**Tabla 8** Tabla comparativa del número de celdas según rangos de siniestros viales en Pereira (2023–2024)

| Rangos siniestros | Celdas 2023 | Celdas 2024 | Observación                                |
|-------------------|-------------|-------------|--|
| 0                 | 245.47      | 245.547     | Leve aumento de celdas sin siniestros      |
| 1–5               | 658         | 589         | Disminución en la dispersión leve          |
| 6–10              | 17          | 12          | Disminución en zonas con media recurrencia |

|     |   |   |   |
|-----|---|---|---|
| >10 | 3 | 0 | No se presentan celdas con alta concentración en 2024 |
|-----|---|---|---|

*Nota:* Fuente Elaboración propia con base en la capa AreasPSiniestros (2023–2024).

Como parte del análisis espacial, se realizó una descripción estadística del número de siniestros viales registrados por celda dentro del municipio de Pereira, utilizando la retícula previamente construida como unidad espacial de referencia. A continuación, se presentan los principales estadísticos obtenidos para cada año 2023 y 2024.

- a. Estadística descriptiva:** La media de siniestros viales por celda fue de 0.02 en 2023 y de 0.00 en 2024, mientras que la desviación estándar fue de 0.27 y 0.10 respectivamente.

**Tabla 9** Media y desviación estándar de siniestros viales por celda en Pereira.

| Estadístico                      | 2023 | 2024 |
|----------------------------------|------|------|
| Media ( $\mu$ )                  | 0.02 | 0.00 |
| Desviación estándar ( $\sigma$ ) | 0.27 | 0.10 |

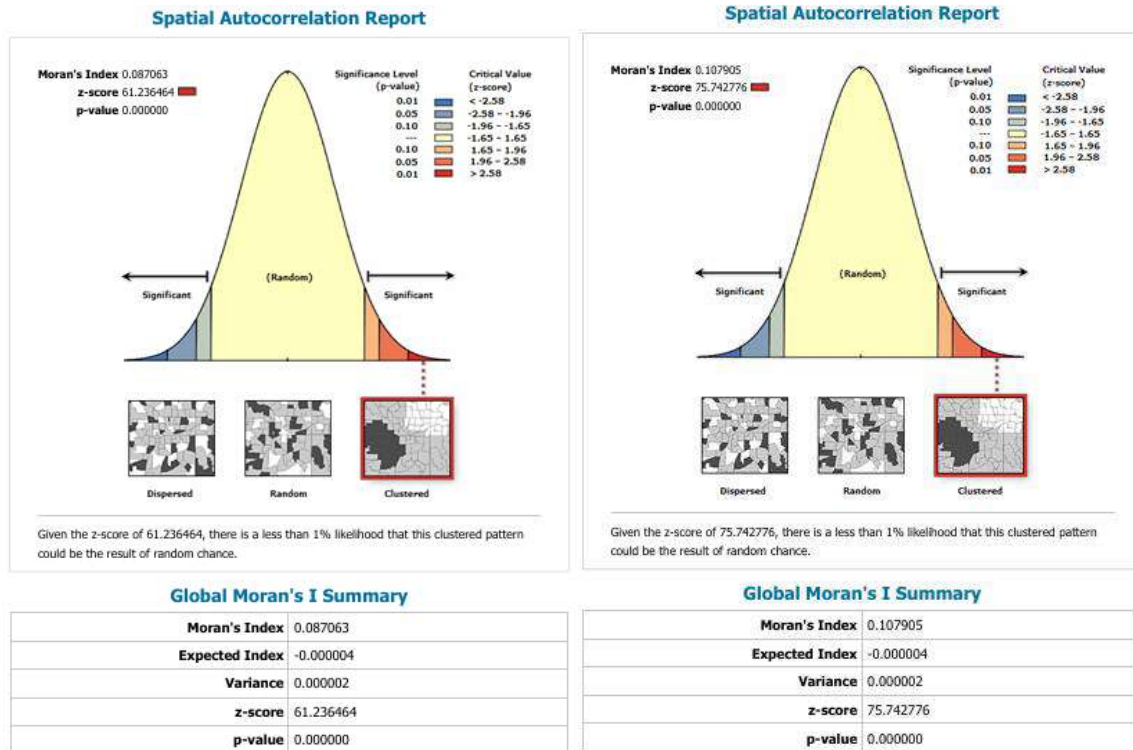
*Nota:* Fuente Elaboración propia a partir de la capa AreasPSiniestros, calculada con el campo Join\_Count mediante herramienta Statistics en ArcGIS Pro (años 2023–2024).

De acuerdo con la metodología, los valores de media y desviación estándar permiten establecer rangos para clasificar las celdas según el nivel de ocurrencia de siniestros viales. En el caso de Pereira, los resultados muestran una media baja o nula y una desviación estándar también baja, especialmente en 2024. Esto indica que la mayoría de las celdas registran muy pocos o ningún siniestro, y solo unas pocas presentan una concentración ligeramente mayor. Así, se puede interpretar que la siniestralidad vial en Pereira tiene una distribución espacial predominantemente baja y dispersa, con escasa presencia de áreas con alta ocurrencia. Esta situación puede deberse a un bajo número de eventos totales o a una adecuada dispersión del tránsito en el territorio. No obstante, las celdas que superan los umbrales de media +  $2\sigma$  o + $3\sigma$  deben considerarse zonas focales para intervenciones puntuales, dado que concentran una cantidad significativamente mayor de siniestros respecto al promedio municipal.

- b. Global Moran's I:** Es una medida que permite conocer el grado de autocorrelación espacial para las áreas, mediante la aplicación de una prueba estadística donde la hipótesis nula considera que los datos de siniestralidad vial se distribuyen de forma aleatoria, y en este caso se rechaza la hipótesis nula cuando el valor del estadístico Z es

mayor a 1,65 o menor a menos (-1.65), lo que nos permite afirmar para cada año si la ocurrencia de los siniestros viales es resultado de una probabilidad aleatoria o no.

**Figura 23** Comparativo del Índice de Moran global de siniestros viales por celda en Pereira (2023–2024)



*Nota:* Fuente Elaboración propia a partir del análisis de autocorrelación espacial (*Spatial Autocorrelation – Global Moran's I*) aplicado sobre la capa *AreasPSiniestros* en ArcGIS Pro.

Teniendo en cuenta lo anterior, el Índice de Moran global evidencia la existencia de un patrón espacial “agrupado” en la ocurrencia de siniestros viales para ambos años, para el 2023 el valor del índice fue de 0.087063, con un z-score de 61.23 y un p-valor de 0.000000, mientras que en 2024 el índice aumentó a 0.107905, con un z-score de 75.74 y el mismo nivel de significancia estadística.

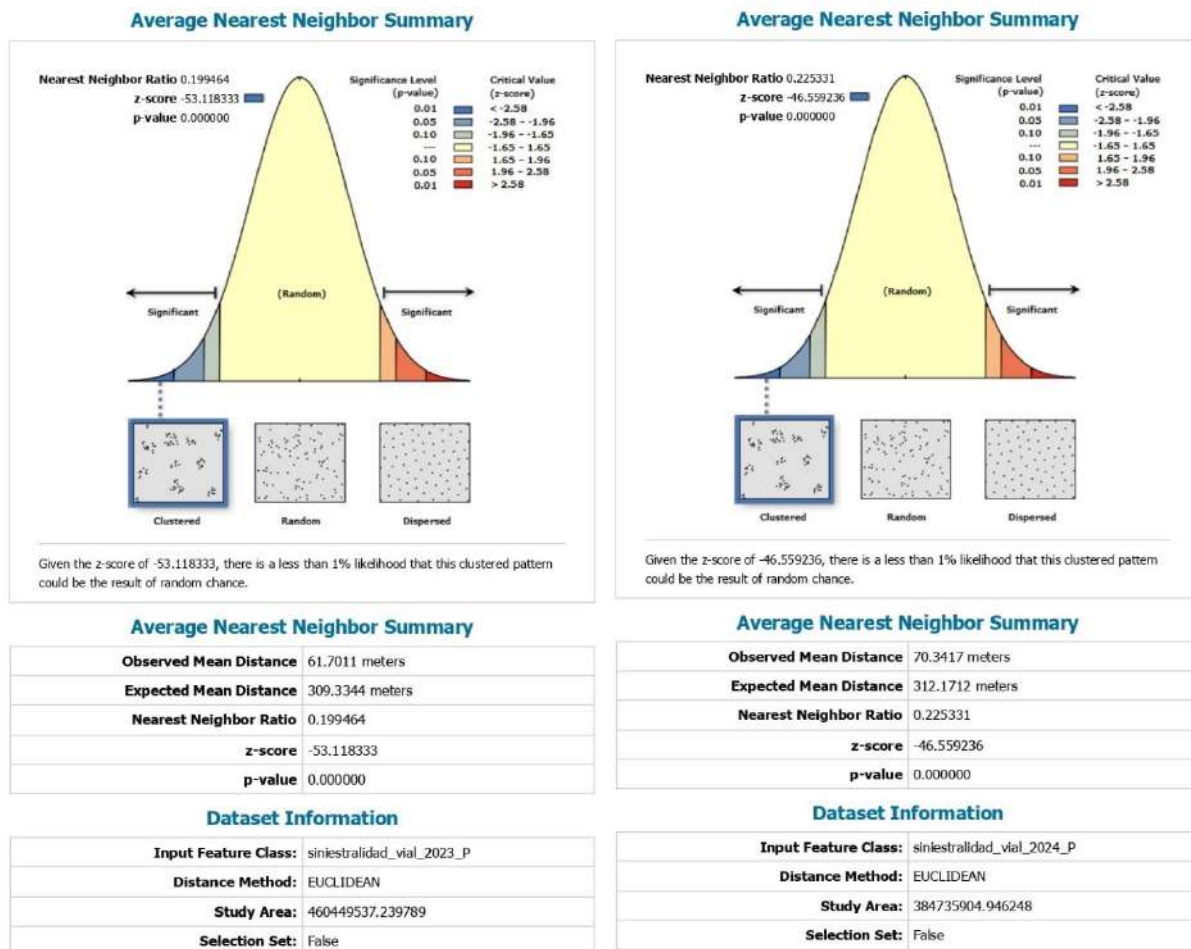
Con los resultados de los años, para los valores del z-score superan ampliamente el umbral crítico de  $\pm 1.65$ , lo que permite rechazar la hipótesis nula de aleatoriedad y confirmar que la distribución de los siniestros responde a una concentración no aleatoria dentro del territorio municipal.

- c. **Average Nearest Neighbor:** La prueba de vecinos próximos permite obtener la distancia media observada entre las agrupaciones de los siniestros viales, el resultado de esta prueba debería generar un valor similar al de la media de los siniestros viales.

En 2023 se observó una media de 61.70 metros de distancia, un valor significativamente menor a la distancia prevista de 309.33 metros. Esto resultó en un índice ANN de 0.199, un z-score de -53.11 y un p-valor de 0.000000, lo que identifica una agrupación espacial con relevancia estadística. Asimismo, en 2024 se evidencio un patrón similar, una distancia de 70.34 metros en comparación con una prevista de 312.17 metros, con un índice ANN de 0.225, un z-score de -46.55 y el mismo grado de significancia.

Por consiguiente, los resultados permiten rechazar la hipótesis nula de aleatoriedad y confirman que los eventos de siniestralidad vial no solo presentan autocorrelación espacial, sino que suelen suceder próximos entre sí, lo cual es consistente con la identificación de zonas críticas o clústeres viales dentro del municipio.

**Figura 24** Comparativo Vecinos próximos de siniestros viales por celda en Pereira (2023–2024)



*Nota:* Fuente Elaboración propia a partir del análisis Average Nearest Neighbor aplicado sobre la capa *AreasPSiniestros* en ArcGIS Pro.

En la fase final de la metodología se lleva a cabo la identificación de las áreas críticas de siniestralidad vial en el municipio de Pereira, a partir del análisis espacial mediante las herramientas *Hot Spot Analysis* y *Kernel Density*.

El análisis espacial tipo *Hot Spot*, basado en el estadístico Getis-Ord  $G_i^*$ , permitió identificar zonas del municipio de Pereira donde la ocurrencia de siniestros viales presenta una concentración estadísticamente significativa. Se evidencian zonas calientes (*Hot Spots*) principalmente en sectores urbanos con alta movilidad y en corredores viales estratégicos de la zona rural. Estas concentraciones presentan un nivel de confianza del 99%, lo que indica una alta significancia estadística.

En contraste, algunas zonas rurales y periféricas mostraron zonas frías (*Cold Spots*), con baja frecuencia de siniestros viales, reflejando una menor intensidad de la problemática en dichos sectores.

El análisis de densidad kernel, permite cuantificar para todo el territorio el número de siniestros viales no agrupados, por medio de ráster (cuadrículas pequeñas) y un radio definido. En este estudio, el resultado generó una superficie de densidad que permitió identificar tramos con mayor concentración de eventos viales, destacándose principalmente los corredores urbanos con alta movilidad y sectores de acceso a la zona céntrica. En el área rural, aunque con menor intensidad, se observaron focos de densidad en vías secundarias y tramos de conexión interveredal. Como resultado, se identificaron 46 tramos para el año 2023 y 81 para el año 2024.

**Tabla 10** *Priorización de tramos viales críticos según análisis de densidad Kernel (2023–2024)*

| Nº | Tramos críticos 2023                             | Tramos críticos 2024  |
|----|--|---|
| 1  | Av. del Ferrocarril carrera 11                   | Av. 30 de Agosto, Av. Circunvalar, Calle 17 y Av. Ferrocarril |
| 2  | Av. Ferrocarril a calle 12                       | Av. del Ferrocarril carrera 11                                |
| 3  | Avenida del ferrocarril a Calle 24               | Calle 12 a 14   |
| 4  | Calle 12 a 14                                    | Calle 14 a 18   |
| 5  | De la Av. Bavaria a la carrera 9                 | Calle 15 carrera 14   |
| 6  | De la Av. del Ferrocarril a la calle 14          | Calle 17 a 18   |
| 7  | De la Av. Del Rio a la carrera 5                 | Calle 18 a 25   |
| 8  | De la Av. Santander a la Avenida del Ferrocarril | Calle 18 a 27   |
| 9  | De la Avenida del Ferrocarril a la calle 14      | Calle 9 Bis   |
| 10 | De la calle 10 a la calle 13                     | Carrera 12 Bis a 29   |

|    |  |  |
|----|--|--|
| 11 | De la calle 10 a la calle 13                                       | carrera 13 a 14  |
| 12 | De la calle 10 al Puente La Maquina, límite Mpal con Dosquebradas. | Da la calle 15 a la calle 16                                       |
| 13 | De la calle 11 a la calle 13                                       | De la Av. Bavaria a la carrera 9                                   |
| 14 | De la calle 11 a la calle 13                                       | De la Av. Circunvalar a la carrera 15                              |
| 15 | De la calle 11 a la calle 14                                       | De la Av. Circunvalar a la carrera 15                              |
| 16 | De la calle 13 a la calle 24                                       | De la Av. Circunvalar a la carrera 15                              |
| 17 | De la calle 14 a la calle 17                                       | De la Av. Del Ferrocarril a la Av. Circunvalar                     |
| 18 | De la calle 14 a la calle 24                                       | De la Av. Del Ferrocarril a la Av. Circunvalar                     |
| 19 | De la calle 14 a la calle 24                                       | De la Av. del Ferrocarril a la calle 14                            |
| 20 | De la calle 14 a la calle 24                                       | De la Av. Santander a la Avenida del Ferrocarril                   |
| 21 | De la Calle 2 a la calle 11 (Av. Ferrocarril)                      | De la Avenida del Ferrocarril a la calle 14                        |
| 22 | De la calle 2 a la calle 11 (Av. Ferrocarril)                      | De la Calle 10 a la calle 11                                       |
| 23 | De la calle 4 a la Av. del Ferrocarril                             | De la calle 10 a la calle 13                                       |
| 24 | De la calle 5 a la Av. del Ferrocarril                             | De la calle 10 a la calle 14                                       |
| 25 | De la calle 9 a la calle 11  | De la calle 10 al Puente La Máquina, límite Mpal con Dosquebradas. |
| 26 | De la carrera 10 a la carrera 12                                   | De la calle 11 a la calle 13                                       |
| 27 | De la carrera 10 a la carrera 12                                   | De la calle 11 a la calle 12                                       |
| 28 | De la carrera 11 a la carrera 15 Bis                               | De la calle 11 a la calle 13                                       |
| 29 | De la carrera 12 a la carrera 13                                   | De la calle 11 a la calle 14                                       |
| 30 | De la carrera 3 a la carrera 8                                     | De la calle 14 a la calle 15                                       |
| 31 | De la carrera 3Bis a la carrera 7                                  | De la calle 14 a la calle 17                                       |
| 32 | De la carrera 4 a la carrera 12 Bis                                | De la calle 14 a la calle 24                                       |
| 33 | De la carrera 4 a la carrera 6                                     | De la calle 14 a la calle 24                                       |
| 34 | De la carrera 4 a la carrera 6                                     | De la calle 14 a la calle 24                                       |
| 35 | De la carrera 5 a la carrera 10                                    | De la calle 16 a la calle 17                                       |
| 36 | De la carrera 5 a la carrera 7                                     | De la calle 16 a la calle 26                                       |
| 37 | De la carrera 6 a la carrera 10                                    | De la calle 17 a la calle 23                                       |
| 38 | De la Carrera 7 a calle 17   | De la calle 17 a la calle 23                                       |
| 39 | De la carrera 7 a la carrera 9                                     | De la calle 17 a la calle 27                                       |
| 40 | De la carrera 8 a la carrera 11                                    | De la Calle 2 a la calle 11 (Av. Ferrocarril)                      |
| 41 | De la carrera 9 a la Av. Del Ferrocarril                           | De la calle 2 a la calle 11 (Av. Ferrocarril)                      |
| 42 | De la carrera 9 a la carrera 10                                    | De la Calle 2 Este a la Av. Ferrocarril                            |
| 43 | De la carrera 9 a la carrera 10                                    | De la Calle 3 a la calle 11  |
| 44 | De la carrera 9 a la carrera 12                                    | De la calle 3 a la calle 13 (Av. Ferrocarril)                      |
| 45 | De la vía Sestiadero La Popa a la Av. Circunvalar                  | De la calle 4 a la Av. del Ferrocarril                             |
| 46 | Sobre la Avenida del Ferrocarril con carrera 8                     | De la calle 5 a la Av. del Ferrocarril                             |
| 47 |  | De la calle 9 a la calle 11  |
| 48 |  | De la carrera 10 a la carrera 12                                   |
| 49 |  | De la carrera 10 a la carrera 12                                   |
| 50 |  | De la carrera 11 a la carrera 14                                   |
| 51 |  | De la carrera 11 a la carrera 15 Bis                               |
| 52 |  | De la carrera 12 a la carrera 13                                   |
| 53 |  | De la carrera 12 a la carrera 15 Bis                               |
| 54 |  | De la Carrera 12 Bis a la Av. del Ferrocarril                      |

|    |  |
|----|--|
| 55 | De la Carrera 12 Bis a la Av. del Ferrocarril                        |
| 56 | De la carrera 13 a la carrera 14                                     |
| 57 | De la carrera 13 a la carrera 15 bis                                 |
| 58 | De la carrera 14 a la carrera 18                                     |
| 59 | De la carrera 3 a la carrera 8                                       |
| 60 | De la carrera 3Bis a la carrera 7                                    |
| 61 | De la carrera 4 a la carrera 12 Bis                                  |
| 62 | De la carrera 5 a la carrera 10                                      |
| 63 | De la carrera 5 a la carrera 13                                      |
| 64 | De la carrera 5 a la carrera 7                                       |
| 65 | De la carrera 5 a la carrera 8                                       |
| 66 | De la carrera 5 a la carrera 9                                       |
| 67 | De la carrera 6 a la carrera 10                                      |
| 68 | De la Carrera 7 a calle 17   |
| 69 | De la carrera 7 a la carrera 9                                       |
| 70 | De la carrera 8 a carrera 11   |
| 71 | De la carrera 8 a la carrera 11                                      |
| 72 | De la carrera 9 a la Av. Del Ferrocarril                             |
| 73 | De la carrera 9 a la carrera 10                                      |
| 74 | De la carrera 9 a la carrera 10                                      |
| 75 | De la carrera 9 a la carrera 10                                      |
| 76 | De la carrera 9 a la carrera 12                                      |
| 77 | De la carrera 9 a la carrera 12                                      |
| 78 | De la carrera 9 a la carrera 13                                      |
| 79 | De la vía Sestiadero La Popa a la Av. Circunvalar                    |
| 80 | Sobre la Avenida del Ferrocarril con carrera 8                       |
| 81 | Sobre la Avenida del Ferrocarril, De la carrera 12 Bis a la calle 16 |

*Nota.* Fuente Elaboración propia con base en resultados del proyecto en ArcGIS PRO.

### 7.3 Fase III:

Los resultados obtenidos de los análisis espaciales Hot Spot y densidad Kernel se integraron en el geovisor web creado como resultado final de este proyecto, esta herramienta le ofrece al usuario la posibilidad de visualizar de manera interactiva las áreas con relevancia estadística en la concentración de siniestros viales (Hot Spots), así como las áreas con mayor densidad de sucesos (Kernel Density) para los años 2023 y 2024.

Adicionalmente, el geovisor incorpora una serie de capas temáticas que enriquecen el análisis y permiten contextualizar espacialmente los siniestros viales en el municipio de Pereira.

Entre estas se incluyen capas de referencia territorial como el perímetro municipal, barrios, manzanas y la red vial diferenciada por tipo (vías principales, rurales, ciclorrutas y vía peatonal).

De la misma manera, se agregaron elementos de infraestructura urbana relevantes, tales como estaciones de servicio, zonas de parqueaderos, equipamientos urbanos, estaciones de transporte público, instalaciones críticas, estructuras con alta concentración de personas y el sistema integrado de transporte público (SITP). Lo anterior, facilita la interpretación espacial tanto en la zona urbana y rural del fenómeno y respalda la toma de decisiones en cuanto a seguridad vial.

El geovisor desarrollado puede ser consultado a través del siguiente enlace: <https://experience.arcgis.com/experience/f6c9fb17d08f4a2795f4c463a4e14e09>, donde se encuentra disponible la información espacial procesada en este proyecto, permitiendo su exploración interactiva por parte de los usuarios interesados.

## 8 Discusión

Uno de los principales aportes del presente trabajo es la validación de una metodología que combina análisis espacial, herramientas SIG y criterios técnicos de focalización, la cual demostró ser efectiva para identificar áreas críticas de siniestralidad vial en el municipio de Pereira. Esta metodología, basada en datos oficiales y respaldada por la Guía Metodológica para Focalización de Elementos Viales Críticos de la ANSV, no solo permitió generar resultados consistentes y visualmente accesibles, sino que también ofrece un esquema replicable en otros municipios del país que cuenten con información mínima de siniestros viales y cartografía base. La posibilidad de adaptación y escalabilidad hace que esta propuesta pueda contribuir a políticas locales y regionales de seguridad vial.

Asimismo, el uso de herramientas SIG permitió combinar información geográfica con datos asociados, contribuyendo a una comprensión más detallada del fenómeno y a la delimitación precisa de las áreas de interés. En particular, el geovisor desarrollado cumple un papel central al ofrecer una plataforma dinámica para visualizar y consultar los siniestros viales, permitiendo identificar los sectores más críticos y analizar la distribución de accidentes por barrios, veredas, corregimientos y centros poblados. Esto facilita la toma de decisiones basada en evidencia espacial, optimizando la priorización de medidas de seguridad vial y recursos en áreas de mayor riesgo.

Ahora bien, el análisis desarrollado se planteó para todo el perímetro del municipio de Pereira, de acuerdo con los resultados obtenidos muestran una mayor concentración de siniestros viales y patrones significativos en la zona urbana. Lo anterior, se debe a factores externos de la dinámica del territorio, por ejemplo, la densidad poblacional, el volumen de tránsito y la complejidad de la infraestructura vial presente en el casco urbano. Esta mayor exposición al riesgo también se refleja en el contexto nacional. En 2023, los peatones fueron el segundo actor vial más afectado en Colombia, con 1.819 fallecimientos y 122.541 personas lesionadas. La vulnerabilidad de este grupo, que carece de protección física en las vías, es evidente y refuerza la necesidad de identificar tramos críticos en zonas con alta densidad peatonal (Agencia Nacional de Seguridad Vial, 2024). La integración de estos datos en el geovisor permite, además, visualizar simultáneamente la ubicación de accidentes con el tipo de actor vial afectado, lo que facilita priorizar intervenciones en las áreas más sensibles.

Comparando los resultados en las zonas rurales, la siniestralidad presenta una distribución más dispersa y requiere estrategias complementarias que consideren aspectos como la accesibilidad, el estado de las vías terciarias y la limitada cobertura de datos. Esto evidencia que la metodología aplicada debe ser adaptada según la complejidad y características de cada territorio. La baja calidad y cobertura de datos en estas zonas constituye una limitación significativa, ya que dificulta la identificación precisa de puntos críticos y puede generar subestimaciones del riesgo. Sin embargo, el geovisor permite agregar, filtrar y consultar los registros disponibles por unidades territoriales rurales, lo que contribuye a realizar análisis comparativos y estratégicos aun cuando la información es limitada.

En términos de análisis cuantitativo, la aplicación de métodos SIG, como el análisis de densidad kernel, permitió identificar tramos con mayor concentración de accidentes y evidenciar patrones espaciales no visibles a simple vista. Este enfoque, combinado con la visualización interactiva del geovisor, ofrece una herramienta poderosa para la gestión de seguridad vial, al permitir explorar diferentes escenarios y realizar consultas estadísticas por zona, tipo de accidente o gravedad. De esta manera, los resultados espaciales y estadísticos se convierten en un soporte directo para la planificación de medidas preventivas, campañas de sensibilización y priorización de recursos.

En general, el uso de Sistemas de Información Geográfica fue determinante para la integración, análisis y visualización de los datos espaciales. Los SIG no solo facilitaron la representación cartográfica de los tramos críticos, sino que, al integrarse con el geovisor, permitieron consolidar la información de manera dinámica y accesible, convirtiendo los resultados en una solución práctica frente a la problemática de identificación y priorización de zonas de alto riesgo vial en el municipio de Pereira.

## 9 Conclusiones

Durante los años 2023 y 2024 se georreferenciaron un total de 2.190 siniestros viales en el municipio de Pereira, correspondientes a 1.203 casos en 2023 y 987 en 2024, consolidando una base de datos teniendo en cuenta criterios de calidad para la caracterización de los eventos viales y la identificación de patrones espaciales relevantes. El proceso incluyó variables clave como fecha, hora, tipo de siniestro, clase de servicio y número de víctimas, junto con información contextual del entorno vial tomada de fuentes oficiales.

Asimismo, se identificaron 46 y 81 tramos críticos para los años 2023 y 2024 respectivamente, lo cual evidencia un incremento del 76% en el número de áreas críticas detectadas. Es importante mencionar, que estos tramos se localizan en el caso urbano específicamente en la zona centro del municipio, caracterizada por una alta dinámica de movilidad, infraestructura vial compleja y elevada densidad poblacional.

El uso de herramientas SIG fue clave para la estructuración de un modelo espacial automatizado mediante *ModelBuilder* en un *Toolbox* personalizado. Este enfoque permitió definir un geoproceto que, con solo ingresar datos básicos como el límite municipal, la red vial y los puntos de siniestralidad, puede ser replicado fácilmente para diferentes periodos de tiempo. Esta característica no solo garantiza eficiencia en la actualización del análisis, sino que también facilita su aplicación en otros municipios o contextos territoriales. De la misma manera, permitió validar la ubicación de los siniestros y realizar un análisis espacial contextualizado que responda a las dinámicas reales del territorio.

Se diseñó e implementó un visor interactivo que permite explorar de manera dinámica la distribución de los siniestros viales ocurridos en Pereira durante 2023 y 2024, junto con variables contextuales asociadas. Las funcionalidades del visor posibilitan el análisis comparativo de diferentes sectores del municipio mediante herramientas visuales como simbología por colores, filtros temáticos y capas superpuestas, lo que facilita una interpretación clara, analítica y territorialmente diferenciada de la información geográfica disponible.

El geovisor integró exitosamente múltiples capas de información espacial relevantes para el análisis de la siniestralidad vial en todo el municipio de Pereira, abarcando tanto áreas urbanas como rurales. Entre estas capas se incluyeron barrios, manzanas, estaciones de servicio, equipamientos urbanos, estructuras de concentración masiva, instalaciones críticas, zonas de

parqueaderos y sistemas de transporte público. Esta integración permitió contextualizar los eventos viales en relación con el entorno físico y funcional, facilitando un análisis más completo de los factores asociados a la ocurrencia de siniestros viales.

Se logró desarrollar satisfactoriamente un geovisor funcional que permite la visualización clara y estructurada de las áreas con relevancia estadística en la concentración de siniestros viales. La herramienta ofrece una interfaz amigable e intuitiva, que facilita la navegación y exploración del mapa, permitiendo al usuario identificar rápidamente patrones geográficos relacionados con el fenómeno de la siniestralidad en el municipio.

El geovisor diseñado constituye la herramienta principal del presente trabajo, ya que permite integrar, visualizar y analizar de manera dinámica la información de siniestralidad vial en todo el municipio de Pereira. Su interfaz amigable y la posibilidad de interactuar con múltiples capas de datos facilitan la identificación de patrones espaciales y sectores críticos, ofreciendo un apoyo concreto para la toma de decisiones en seguridad vial. Además, su estructura replicable y automatizada mediante ModelBuilder garantiza que el análisis pueda actualizarse periódicamente o aplicarse en otros contextos territoriales, consolidando al geovisor como un recurso estratégico para la gestión y prevención de accidentes de tránsito.

## 10 Recomendaciones

Que el Instituto de Movilidad de Pereira (IMP) adopte de manera permanente herramientas geoespaciales como el geovisor GeoVialPereira, integrándolas dentro de sus procesos de análisis, diagnóstico y planificación de intervenciones viales. Esta herramienta debe considerarse como un insumo técnico clave para el diseño de políticas públicas, planes de seguridad vial y proyectos de infraestructura.

La base de datos utilizada en este proyecto fue clave para lograr resultados precisos. Por ello, se recomienda establecer un protocolo institucional para la recolección y estandarización de la información, incluyendo validaciones geográficas, limpieza de duplicados, y revisión de campos sensibles. Se sugiere que esta tarea sea coordinada entre la Policía de Tránsito y el Instituto de Movilidad de Pereira.

Es fundamental establecer canales de comunicación y convenios técnicos con entidades como la Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV), el Ministerio de Transporte y otras autoridades locales, para compartir datos, acceder a nuevas metodologías, validar resultados y promover el uso de herramientas SIG de manera articulada en diferentes niveles de gobierno.

Los sectores identificados con alta concentración de siniestros viales deben integrarse en los instrumentos de planeación municipal, tales como el Plan de Ordenamiento Territorial (POT), el Plan de Movilidad y los proyectos de infraestructura vial. Esto permitirá canalizar inversiones de forma estratégica, priorizando corredores donde los riesgos son más evidentes.

Se sugiere que, a partir de los resultados del análisis espacial (Kernel Density, Hot Spot Analysis y autocorrelación espacial), se diseñen planes de acción por sector, que incluyan intervenciones como mejoramiento de señalización, rediseño de intersecciones, iluminación, control de velocidad y campañas de educación vial dirigidas a los actores viales más expuestos.

Aunque el foco principal ha sido la zona urbana de Pereira, se identificaron sectores rurales con alta recurrencia de siniestros. Por tanto, se recomienda profundizar en el análisis en zonas

rurales, donde las condiciones viales, el acceso a servicios de emergencia y la infraestructura vial presentan retos específicos.

El Geovisor no debe ser solo una herramienta técnica para uso institucional. Se recomienda organizar jornadas de socialización y formación comunitaria para explicar sus resultados, incentivar la participación ciudadana y empoderar a la comunidad sobre los riesgos viales presentes en su entorno.

Las campañas de prevención vial deben estar dirigidas a los sectores y actores más vulnerables, basadas en los patrones identificados en el análisis. Por ejemplo, si en ciertos barrios predominan los atropellos de peatones o caídas de motociclistas, las campañas pueden diseñarse con mensajes específicos y adaptados a cada contexto.

La experiencia de Pereira puede servir como referente para municipios como Dosquebradas, La Virginia y Santa Rosa de Cabal, donde también se reporta alta siniestralidad vial. Se recomienda compartir el modelo metodológico, las herramientas utilizadas y los resultados obtenidos, promoviendo una red regional de análisis y prevención vial basada en SIG.

Implementar indicadores que permitan medir el impacto real de las acciones tomadas a partir de los hallazgos del geovisor. Estos indicadores pueden incluir la reducción del número de siniestros en zonas intervenidas, cambios en el comportamiento de los actores viales y mejora en la percepción de seguridad. Un sistema de seguimiento estructurado permitirá ajustar las estrategias y garantizar la sostenibilidad del proyecto en el tiempo.

Proyectar el Geovisor Web “GeoVialPereira” hacia una segunda fase de investigación aplicada, es decir, que integren nuevas fuentes de información y metodologías avanzadas basadas en SIG, tales como análisis espaciotemporales, modelos predictivos de siniestralidad y evaluación de escenarios futuros mediante simulaciones geográficas, permitiendo profundizar en la comprensión de los factores de riesgo y anticipar tendencias.

Explorar la incorporación de datos abiertos, sensores urbanos (IoT), imágenes satelitales y herramientas de inteligencia artificial espacial, que pueden enriquecer el análisis y ampliar el impacto del proyecto, esta ampliación posicionaría a GeoVialPereira como una plataforma de referencia para la investigación, planificación y gestión inteligente de la seguridad vial en contextos urbanos y regionales.

Por último, se recomienda avanzar en la sistematización continua de la información de siniestralidad vial, de modo que el geovisor no sea únicamente una herramienta de visualización, sino una solución integral y operativa. Esto implica que, mediante la ejecución de herramientas internas de análisis y consulta dentro del visor, se puedan generar diagnósticos ágiles, identificar patrones críticos de manera automática y facilitar la toma de decisiones estratégicas en materia de seguridad vial. La integración de estas funcionalidades consolida al geovisor como un recurso técnico activo, capaz de transformar la información en acciones concretas y efectivas para la gestión del riesgo vial.

## Referencias

Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV). (2023). Tramos críticos nacionales [Informe]. <https://ansv.gov.co/es/observatorio/publicaciones/tramos-criticos-nacionales>

Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV). (2024, febrero 14). Reducción de siniestralidad vial en ciudades [Comunicado]. <https://www.ansv.gov.co/es/prensa-comunicados/11123>

Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV). (2024, febrero 20). Reducción de siniestralidad vial en motociclistas [Comunicado]. <https://ansv.gov.co/es/prensa-comunicados/12244>

Alfaro, E. (2016). Factores de riesgo en la seguridad vial: Un enfoque integral. Editorial Universitaria.

Alison, M. (1998). Índice de Moran: Un análisis de la distribución espacial. RPubS. <https://rpubs.com/Alison1998/918900>

Anderson, J. (2009). Spatial analysis and GIS applications in road safety studies. Springer.

Bíl, M., Andrášik, R., & Janoška, Z. (2013). Identification of hazardous road locations of traffic accidents by means of kernel density estimation and cluster significance evaluation. *Accident Analysis & Prevention*, 55, 265–273.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2023). Informe sobre la seguridad vial en América Latina. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/2f6daeba-d431-4644-9fe2-1b60583c405b/content>

Congreso de la República. (2002). Ley 769 de 2002: Código Nacional de Tránsito Terrestre. Diario Oficial.

Elvik, R., Høye, A., Vaa, T., & Sørensen, M. (2009). The handbook of road safety measures. Emerald Group Publishing.

Esri. (s.f.). ¿Cómo funciona la densidad kernel? <https://enterprise.arcgis.com/es/portal/11.2/use/how-kernel-density-works.htm>

Gómez, A. (2021). Análisis geoespacial de la seguridad vial en ciudades intermedias. *Cuadernos Geográficos*, 40(1), 45–58. <https://revistaseug.ugr.es/index.php/cuadgeo/article/view/18025>

Hernández, M. (2022). Impacto de la seguridad vial en el desarrollo urbano. *Revista de Ingeniería*, 40(2), 12–27. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/24300>

La Torre, A., Domenichini, L., & de Luca, M. (2007). Safety performance indicators for the evaluation of traffic policies in urban areas. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 10(2), 164–173.

Martínez, C. (2023). Estudio sobre el comportamiento vial y su relación con la seguridad en la ciudad [Tesis de pregrado, Escuela de Ingeniería]. <https://repositorio.escuelaing.edu.co/entities/publication/fc2103ca-774f-458f-b2f4-43a18b58bd3b>

Martínez, L. (2021). El contexto social de la movilidad en México: Análisis y perspectivas. *Espiral: Cuadernos del Pensamiento Moderno*, 24(69), 115–130. <https://www.scielo.org.mx/pdf/espiral/v24n69/1665-0565-espiral-24-69-00115.pdf>

Ministerio de Transporte de Colombia. (2024). Estudio sobre seguridad vial. <https://mintransporte.gov.co/info/mintransporte/media/anexos/8EUMSAZg.pdf>

Molina, J., López, P., & Villegas, R. (2005). Geospatial technologies for traffic accident analysis in urban environments. *Transportation Research Journal*, 12(3), 45–60.

Municipio de Pereira. (2016). Acuerdo 035 de 2016: Por el cual se adopta la revisión ordinaria del Plan de Ordenamiento Territorial de Pereira. Concejo Municipal de Pereira.

Nieto Masot, A., Navazo Arenas, G., & Moreno Marcos, C. (2016). Uso de los SIG en la planificación del tráfico urbano: Un análisis de casos. *Revista de Geografía Aplicada*, 28(2), 102–120.

Organización Mundial de la Salud. (2021, mayo). Lesiones por tráfico en las carreteras. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>

Ortiz, R. G., Arias, F. C., Da Silva, C. J., & Cardozo, O. D. (2015). Análisis espacial del precio del suelo con modelos de regresión lineal múltiple (MRLM) y Sistemas de Información Geográfica (SIG), Resistencia (Argentina). *Revista Geográfica de Valparaíso*, 51, 57–74. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/37475>

Quddus, M. A. (2008). Modelling area-wide count outcomes with spatial correlation and heterogeneity: An analysis of London crash data. *Accident Analysis & Prevention*, 40(4), 1486–1497.

Rocha Daza, E. (2024). Modelos predictivos de accidentalidad vial basados en SIG [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia].

Secretaría de Movilidad de Pereira. (2024). Plan estratégico 2024–2027. Alcaldía de Pereira.

[https://movilidadpereira.gov.co/Documentos/Dependencias/2025/planeacion/Plan\\_estrategico\\_2024-2027.pdf](https://movilidadpereira.gov.co/Documentos/Dependencias/2025/planeacion/Plan_estrategico_2024-2027.pdf)

Universidad Católica de Colombia. (2023). Evaluación de la seguridad vial en áreas metropolitanas [Trabajo de investigación].

<https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/48ea4ee3-3cdb-4855-af07-7aa8d4f7e985>

Universidad Distrital Francisco José de Caldas. (2023). Estudio sobre las infraestructuras viales y su impacto en la seguridad en Bogotá. <https://repository.udistrital.edu.co/items/743d66e5-6f75-4790-ab9b-95e77c365a5f>

Universidad Pontificia Bolivariana. (2023). Análisis de seguridad vial y políticas públicas en Colombia [Trabajo de investigación]. <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/1209>

Universidad de Ibagué. (2023). Estudio sobre la siniestralidad vial en las principales ciudades colombianas [Trabajo de investigación].

<https://repositorio.unibague.edu.co/entities/publication/23aaadae-e7a5-4045-91dd-62c025b4b74f>

Wegman, F. (2013). Road safety policy: It's time to further embrace the Safe System Approach. *Transportation Research Record*.

Xie, Z., & Yan, J. (2013). Kernel density estimation of traffic accidents in a network space. *Computers, Environment and Urban Systems*, 39, 33–43.

Universidad Nacional de Rosario. (2023). Investigaciones y casos de estudio en seguridad vial. Editorial UNR. <https://editorial.unr.edu.ar>.

Alam, M. S., & Tabassum, N. J. (2023). Spatial pattern identification and crash severity analysis of road traffic crash hot spots in Ohio. *Heliyon*, 9(6), e16303. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16303>.

Gómez Hernández, J. (2022). Análisis geoestadístico de los puntos críticos de siniestralidad vial en la UPZ 44 “Américas” localidad de Kennedy [Trabajo de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. Repositorio Institucional.

González Aguilar, J. A. (2022). Diseño y creación de una herramienta geotecnológica para el análisis de la accidentalidad vial en la Ciudad de Toluca, México [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de México]. Repositorio Institucional UAEMex.

Islam, M. K., Reza, I., Gazder, U., Akter, R., Arifuzzaman, M., & Rahman, M. M. (2022). Predicting road crash severity using classifier models and crash hotspots. *Applied Sciences*, 12, 11354. <https://doi.org/10.3390/app122211354>.

Afolayan, A., Easa, S. M., Abiola, O. S., Alayaki, F. M., & Folorunso, O. (2022). GIS-based spatial analysis of accident hotspots: A Nigerian case study. *Infrastructures*, 7(8), 103. <https://doi.org/10.3390/infrastructures7080103>.

Jeong, H., Kim, I., Han, K. y Kim, J. (2022). Análisis exhaustivo de accidentes de tráfico en Seúl: Principales factores y tipos que afectan la gravedad de las lesiones. *Applied Sciences*, 12, 1790.

Alcaldía Mayor de Bogotá D. C. (2021). Sistema Integrado de Información sobre Movilidad Urbana y Regional. <https://www.simur.gov.co/>

Alcaldía de Medellín (2021). GeoMedellín – Portal Geográfico del Municipio de Medellín. <https://www.medellin.gov.co/geomedellin/index.hyg>

Azimian, A., y Pyrialakou, D. (2020). Análisis exploratorio de datos espaciales en seguridad vial. *Revista Internacional de Investigación Geoespacial y Ambiental*, 7 (1), Artículo 4. <https://dc.uwm.edu/ijger/vol7/iss1/4>

Congreso de Colombia. (2002). Ley 769 de 2002, Por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre y se dictan otras disposiciones. 06 de Julio de 2002. [http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_0769\\_2002.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0769_2002.html).

Ley 769 de 2002. Por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial 44.893 de agosto 07 de 2002 y en el 44.932 de septiembre 13 de 2002 (esta última publicación, se realizó por errores de transcripción en el Diario Oficial inicial). Bogotá D.C (Colombia, Congreso de la República., 2002).

Ley 1383 de 2010. Por la cual se reforma la Ley 769 de 2002 - Código Nacional de Tránsito, y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial 47.653 de marzo 16 de 2010. Bogotá D.C (Colombia, Congreso de la República., 2010).

Ley 1503 de 2011. Por la cual se promueve la formación de hábitos, comportamientos y conductas seguros en la vía y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial 48298 de 30 de diciembre de 2011. Bogotá D.C (Colombia, Congreso de la República., 2011).

Ley 1548 de 2012. Por la cual se modifica la Ley 769 de 2002 y la Ley 1383 de 2010 en temas de embriaguez y reincidencia y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial No. 48482 de julio 5 de 2012. Bogotá D.C (Colombia, Congreso de la República., 2012).

Ley 1702 de 2013. Por la cual se crea la Agencia Nacional de Seguridad Vial y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial No. 49016 de diciembre 27 de 2013. Bogotá D.C (Colombia, Congreso de la República., 2013).

Ley 2050 de 2020. Por medio de la cual se modifica y adiciona la ley 1503 de 2011 y se dictan otras disposiciones en seguridad vial y tránsito. Diario Oficial No. 51.404 de agosto 12 de 2020. Bogotá D.C (Colombia, Congreso de la República., 2020).

Ley 2251 de 2022. Por la cual se dictan normas para el diseño e implementación de la política de seguridad vial con enfoque de sistema seguro y se dictan otras disposiciones -ley Julián Esteban. Diario Oficial No. 52.095 de Julio 14 de 2022. Bogotá D.C (Colombia, Congreso de la República., 2022).

Ley 2294 de 2023. Por el cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2022- 2026 “Colombia potencia mundial de la vida. Diario Oficial No. 52.400 de mayo 19 de 2023. Bogotá D.C (Colombia, Congreso de la República., 2023).

Decreto 1079 de 2015. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Transporte. (Colombia, Presidencia de la República., 2015).

Decreto 1252 de 2021. Por el cual se modifica el literal a del artículo 2.3.2.1 del Título 2 de la Parte 3 del Libro 2 y se sustituye el Capítulo 3 del Título 2 de la Parte 3 del Libro 2 del Decreto 1079 de 2015, único Reglamentario del Sector Transporte, en lo relacionado con los Planes Estratégicos de Seguridad Vial (Colombia, Presidencia de la República., 2021).

Decreto 1430 de 2022. Por medio del cual se aprueba el "Plan Nacional de Seguridad Vial 2022-2023" (Colombia, Presidencia de la República., 2022).

Agencia Nacional de Seguridad Vial ANSV (2021). Guía metodológica de focalización de elementos viales críticos. Bogotá, Colombia.

Agencia Nacional de Seguridad Vial. (2023). Tramos críticos 2023. ANSV.

Agencia Nacional de Seguridad Vial. (2022). Informe anual de siniestralidad vial en Colombia. ANSV.

Alfaro, E. (2016). Factores de riesgo en la seguridad vial: Un enfoque integral. Editorial Universitaria.

- Anderson, J. (2009). *Spatial analysis and GIS applications in road safety studies*. Springer.
- Bíl, M., Andrášik, R., & Janoška, Z. (2013). Identification of hazardous road locations of traffic accidents by means of kernel density estimation and cluster significance evaluation. *Accident Analysis & Prevention*, 55, 265-273.
- Congreso de la República. (2002). *Ley 769 de 2002: Código Nacional de Tránsito Terrestre*. Diario Oficial.
- Elvik, R., Høye, A., Vaa, T., & Sørensen, M. (2009). *The handbook of road safety measures*. Emerald Group Publishing.
- La Torre, A., Domenichini, L., & de Luca, M. (2007). Safety performance indicators for the evaluation of traffic policies in urban areas. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 10(2), 164-173.
- Molina, J., López, P., & Villegas, R. (2005). Geospatial technologies for traffic accident analysis in urban environments. *Transportation Research Journal*, 12(3), 45-60.
- Municipio de Pereira. (2016). *Acuerdo 035 de 2016: Por el cual se adopta la revisión ordinaria del Plan de Ordenamiento Territorial de Pereira*. Concejo Municipal de Pereira.
- Nieto Masot, A., Navazo Arenas, G., & Moreno Marcos, C. (2016). Uso de los SIG en la planificación del tráfico urbano: Un análisis de casos. *Revista de Geografía Aplicada*, 28(2), 102-120.
- Quddus, M. A. (2008). Modelling area-wide count outcomes with spatial correlation and heterogeneity: An analysis of London crash data. *Accident Analysis & Prevention*, 40(4), 1486-1497.
- Rocha Daza, E. (2024). *Modelos predictivos de accidentalidad vial basados en SIG*. Universidad Nacional de Colombia.
- Secretaría de Movilidad de Pereira. (2024). *Plan estratégico 2024-2027*. Alcaldía de Pereira. [https://movilidadpereira.gov.co/Documentos/Dependencias/2025/planeacion/Plan\\_estrategico\\_2024-2027.pdf](https://movilidadpereira.gov.co/Documentos/Dependencias/2025/planeacion/Plan_estrategico_2024-2027.pdf)
- Wegman, F. (2013). Road safety policy: It's time to further embrace the Safe System Approach. *Transportation Research Record*.

Anexos

Anexo 1.

En este anexo se presenta el formato oficial del Informe Policial de Accidentes de Tránsito (IPAT), utilizado como fuente primaria para la recolección de datos en este estudio.

Figura 25 Formato de Diligenciamiento de un accidente de Tránsito

**INFORME POLICIAL DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO N° 00000000**

Logo oficina de tránsito

1. OFICINA: 1 1 0 0 1 0 0 0      2. GRAVEDAD: CON MUERTOS (1), CON HERIDOS (2), SOLO DAÑOS (3)

SECRETARÍA DE TRÁNSITO Y TRANSPORTE DE BOGOTÁ      República de Colombia Ministerio de Transportes

3. CLASE DE ACCIDENTE: CHOQUE (1), CAIDA OCUPANTE (4), ATROPELLO (2), INCENDIO (5), VOLCAMIENTO (3), OTRO (6)

4. LUGAR: X      COORDENADA GEOGRÁFICA: Y

4.1 LOCALIDAD O COMUNA: VIA Y KILOMETRO O SITIO, DIRECCIÓN Y CIUDAD

5. FECHA Y HORA: DIA, MES, AÑO (L M M J Y S D)      HORA OCURRENCIA, HORA LEVANTAMIENTO

6. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR: 6.1 AREA (MILITAR, URBANA, RURAL), 6.2 SECTOR (RESIDENCIAL, INDUSTRIAL, COMERCIAL, ESCOLAR), 6.3 ZONA (PASO INFERIOR, PASO A NIVEL), 6.4 DISEÑO (TRAMO DE VIA, VIA PEATONAL, PASO ELEVADO), 6.5 TIEMPO (NORMAL, LLUVIA, VIENTO, NIEBLA), 6.6 GLORIETA, 6.7 PUENTE, 6.8 VIA TRONCAL, 6.9 LOTE O PREDIO, 6.10 CICLORRUTA

7. CARACTERÍSTICAS DE LAS VIAS: 7.1 GEOMETRICAS (RECTA, CURVA, PLANO, PENDIENTE, CON BERMAS, CON ACERAS), 7.2 UTILIZACIÓN (UN SENTIDO, DOBLE SENTIDO, REVERSIBLE, CICLOVIA), 7.3 CALZADAS (UNA, DOS, TRES), 7.4 CARRILES (VARIABLE, CUATRO O MAS), 7.5 MATERIAL (ASFALTO, CONCRETO, AFIRMADO, TIERRA), 7.6 ESTADO (BUENO, MALA), 7.7 CONDICIONES (EN REPARACIÓN, HUNDIMIENTOS, DERRUMBES, PARCHEO, RIZADO, INUNDADA, SECA, HÚMEDA, MATERIAL SUELTO, ACEITE, ILUMINACIÓN ARTIFICIAL), 7.8 A (CON, SIN, BUENA, MALA), 7.9 CONTROLES (AGENTE, SEMAFORO, OPERANDO, INTERMITENTE, CON DAÑOS, APAGADO), 7.10 VISUAL DISMINUIDA POR (VEHICULO ESTACIONADO, ARBOL, VEGETACION, CONSTRUCCION O CASETA, AVISOS, VALLAS, POSTE, OTRA), 7.11 DEMARCACION (ZONA PEATONAL, LINEA DE PARE, LINEA CENTRAL, LINEA DE BORDE, LINEA DE GARRIL, OTRA), 7.12 REDUCTOR VELOCIDAD (NINGUNA)

8. CONDUCTORES, VEHICULOS, PROPIETARIOS: 8.1 CONDUCTOR (1er APELLIDO, 2do APELLIDO Y NOMBRE, DCC, IDENTIFICACION No., NACIMIENTO, SEXO, DIRECCION DOMICILIO, CIUDAD, TELEFONO, MUERTO, HERIDO, LICENCIA No., HOSPITAL, CLINICA O SITIO DE ATENCION, SE LLEVO A ENBRAGUE, EXAMEN DE DROGA, NEGAT, POSIT, GRADO, CASCO), 8.2 VEHICULO (PLACA, MARCA, LINEA, MODELO, CARGA TONS, No. PASAJEROS, COLOR, EMPRESA, INMOVILIZADO EN, A DISPOSICION DE, POLIZA No., COMPANIA ASEGURADORA, VENCIMIENTO, SEGURO OBLIGATORIO), 8.3 PROPIETARIO (1er APELLIDO, 2do APELLIDO Y NOMBRE, DCC, IDENTIFICACION No., EL MISMO CONDUCTOR), 8.4 CLASE (AUTOMOVIL, BUS, BUSETA, CAMION, FURGON, CAMIONETA, CAMPERO, MICROBUS, TRACTOCAMION, VOLQUETA, MOTOCICLETA, M. AGRICOLA, M. INDUSTRIAL, BICICLETA, MOTOCARRO, TRACCION ANIMAL, OTRO, MOTOCICLO, NO IDENTIFICADO), 8.5 SERVICIO (OFICIAL, PUBLICO, PARTICULAR, DIPLOMATICO, ESCOLAR), 8.6 SEGURO DE RESPONSABILIDAD CIVIL (SI, NO), 8.7 NACIONALIDAD (COLOMBIANA, EXTRANJERO), 8.8 FALLAS EN (FRENOS, DIRECCION, LUCES, BOCINA, LLANTAS, SUSPENSION)

TODA PERSONA RETENIDA SE NOTIFICA DE LOS DERECHOS CONFORME AL CODIGO DE PROCEDIMIENTO PENAL.

