

CARACTERIZACIÓN DE LOS COMPORTAMIENTOS DE LOS BICIUSUARIOS Y
MOTOCICLISTAS, EN DOS DE LOS PUNTOS CON MAYOR ACCIDENTALIDAD
EN BOGOTÁ D.C.

RICARDO FLORIÁN PÉREZ

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN INFRAESTRUCTURA VIAL
BOGOTÁ D.C.
2021

CARACTERIZACIÓN DE LOS COMPORTAMIENTOS DE LOS BICIUSUARIOS Y
MOTOCICLISTAS, DOS DE LOS PUNTOS CON MAYOR ACCIDENTALIDAD EN
BOGOTÁ D.C.

RICARDO FLORIÁN PÉREZ

Trabajo de grado para optar por el título de:
Magister en Infraestructura Vial

Director de proyecto:
Sergio Miguel González Palacios
Magister Infraestructura Vial

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA
MAESTRÍA EN INFRAESTRUCTURA VIAL
BOGOTÁ D.C.
2021

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá D.C. 9 de diciembre del 2021

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por brindarme la oportunidad de crecer a nivel personal y profesional; a mi madre Ercilia Pérez, quien siempre ha confiado en mis capacidades, brindándome todo su apoyo en los momentos más difíciles; a Diana Torres por el apoyo incondicional en todos los aspectos de mi vida.

A la Universidad Santo Tomás por ofrecerme las herramientas para poder crecer académicamente, por medio de las diferentes materias para el desarrollo de la presente investigación.

Al ingeniero Sergio Miguel González Palacios por su orientación, apoyo y las diferentes recomendaciones ofrecidas durante la elaboración de este proyecto de grado.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	11
1. INTRODUCCIÓN	12
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
3. JUSTIFICACIÓN.....	16
4. LINEA DE INVESTIGACIÓN	17
5. OBJETIVOS.....	17
5.1. Objetivo General.....	17
5.2. Objetivos Específicos.....	17
6. ESTADO DEL ARTE	18
7. MARCO TEORICO	22
7.1. Análisis espacial	22
7.1.1. Análisis Exploratorio de Datos Espaciales	23
7.1.2. Autocorrelación Espacial.....	24
7.1.3. Índice de Moran.....	25
7.1.4. G de Getis-Ord.....	26
7.2. Sistemas de Información Geográfica.....	26
7.2.1. Álgebra de Mapas	27
7.3. Movilidad.....	28
7.4. Actores viales	29
7.5. Normativa	30
7.6. Velocidad	34
7.7. Infraestructura Vial.....	35
7.8. Accidentalidad	36
8. METODOLOGÍA	41
9. DETERMINACIÓN PUNTOS DE INTERÉS	43
9.1. Información Base	43
9.2. Análisis Exploratorio De Datos	46
9.2.1. Autocorrelación espacial	51
9.3. Interpolación por Distancia Inversa Ponderada (IDW)	53
9.4. Mallas de Cuadrícula	56

9.5. Zonificación puntos Accidentalidad.....	56
9.6. Toma de información	63
10. ANÁLISIS Y RESULTADOS	66
10.1. Variables de Tránsito, aspectos físicos de la infraestructura y disposición de señalización.....	66
10.2. Caracterización de los comportamientos inadecuados de los biciusuarios y motociclistas.	81
10.2.1. Avenida Ciudad de Cali con Calle 53 Sur	81
10.2.2. Avenida Agoberto Mejía con Avenida Ciudad de Villavicencio.	96
11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	111
12. BIBLIOGRAFÍA.....	115

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Técnicas del AEDE	24
Tabla 2. Fallecidos dos en accidentes de tránsito – 2020 – 2021.....	36
Tabla 3. Lesionados en accidentes de tránsito – 2020 – 2021	36
Tabla 4. Accidentes fatales por localidad – 2015 – 2020.....	39
Tabla 5. Atributos siniestros viales SIGAT II.	43
Tabla 6. Clasificación datos Z-score.	48
Tabla 7. Asignación de leyenda por tipo de clasificación.....	48
Tabla 8. Reclasificación de variables Hotspots.....	57
Tabla 9. Reclasificación cuadrícula de malla.	58
Tabla 10. Reclasificación IDW.	59
Tabla 11. Número de accidentes de tránsito Bogotá por día de ocurrencia.	64
Tabla 12. Codificación de los movimientos en las intersecciones.....	67
Tabla 13. Descripción de la señalización horizontal.	72
Tabla 14. Descripción de la señalización horizontal Av. Agoberto Mejía (Carrera 80) con la Avenida Ciudad de Villavicencio (Calle 43 Sur).	79
Tabla 15. Comportamientos inadecuados – Avenida Ciudad de Cali con Calle 53 Sur.	112
Tabla 16. Comportamientos inadecuados – Av. Agoberto Mejía con Av. Villavicencio.	112

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Herramientas para el análisis espacial.	22
Figura 2. Autocorrelación espacial y patrones espaciales.	25
Figura 3. Componentes de un SIG	27
Figura 4. Álgebra de mapas.....	28
Figura 5. Jerarquía del desplazamiento Urbano.	29
Figura 6. Jerarquía de la normativa colombiana.	31
Figura 7. Causales de siniestros viales.....	34
Figura 8. Ciudades con mayor número de muertes por siniestros viales – 2015 - 2020.....	37
Figura 9. Muertes por siniestros viales – 2015 - 2020	38
Figura 10. Lesionados por siniestros viales – 2011 - 2020	38
Figura 11. Pasajeros fallecidos en Bogotá por siniestros viales – 2015 – 2020	40
Figura 12. Proceso metodológico.	42
Figura 13. Buffer malla vial.	44
Figura 14. Accidentes por tipo de gravedad.	45
Figura 15. Distribución espacial de siniestros viales 2016-2019.....	45
Figura 16. Mapa Hot y Cold spots (izq) y Mapa Hotspots significativos (der).	47
Figura 17. Mapa de distribución de puntos por rangos Z-score.	49
Figura 18. Histograma de frecuencias.	50
Figura 19. Reporte Índice de Moran.	52
Figura 20. Reporte Getis-Ord G (Clustering alto/bajo).....	53
Figura 21. Mapa de Interpolación por Distancia Ponderada.	54
Figura 22. Comparación IDW- Holtspots.	55
Figura 23. Malla cuadrícula.	56
Figura 24. Mapa de reclasificación Hotspots.	57
Figura 25. Mapa reclasificación número de accidentes.	58
Figura 26. Mapa de reclasificación IDW.	59
Figura 27. Mapa de zonificación de accidentalidad.	60
Figura 28. Ubicación espacial del primer punto de estudio.....	61
Figura 29. Ubicación espacial del segundo punto de estudio.	62
Figura 30. Accidentes por día primer punto.	63
Figura 31. Tipo de gravedad accidentes primer punto.....	63
Figura 32. Accidentes por día segundo punto.	64
Figura 33. Tipo de gravedad accidentes segundo punto.	65
Figura 34. Fotos de la ubicación de las cámaras.....	65
Figura 35. Codificación de los movimientos en una intersección.....	66
Figura 36. Movimientos permitidos – Av. Ciudad de Cali con Calle 53 Sur.	68
Figura 37. Movimientos permitidos – Avenida Agoberto Mejía (Carrera 80) con la Avenida Ciudad de Villavicencio (Calle 43 Sur).	69
Figura 38. Señalización horizontal ideal - Av. Ciudad de Cali con Calle 53 Sur. ...	70
Figura 39. Señalización vertical a la Av. Ciudad de Cali con Calle 53 Sur.	71

Figura 40. Señalización horizontal existente - Av. Ciudad de Cali con Calle 53 Sur.	73
Figura 41. Pasos peatonales - Av. Ciudad de Cali con Calle 53 Sur.	73
Figura 42. Pasos peatonales sin señalización - Av. Ciudad de Cali con Calle 53 Sur.	74
Figura 43. Flechas de pavimento desgastados - Av. Ciudad de Cali con Calle 53 Sur.	74
Figura 44. Doble línea amarilla - Av. Ciudad de Cali con Calle 53 Sur.	75
Figura 45. Señalización de la ciclorruta - Av. Ciudad de Cali con Calle 53 Sur.	75
Figura 46. Daños en la infraestructura - Av. Ciudad de Cali con Calle 53 Sur.	76
Figura 47. Maniobras peligrosas - Av. Ciudad de Cali con Calle 53 Sur.	76
Figura 48. Señalización horizontal ideal - Av. Agoberto Mejía (Carrera 80) con la Avenida Ciudad de Villavicencio (Calle 43 Sur).	77
Figura 49. Señalización horizontal existente - Av. Agoberto Mejía (Carrera 80) con la Avenida Ciudad de Villavicencio (Calle 43 Sur).	78
Figura 50. Señalización horizontal existente - Av. Agoberto Mejía (Carrera 80) con la Avenida Ciudad de Villavicencio (Calle 43 Sur).	80
Figura 51. Señalización de inicio de obras - Av. Agoberto Mejía (Carrera 80) con la Avenida Ciudad de Villavicencio (Calle 43 Sur).	80
Figura 52. Daños en la infraestructura - Av. Agoberto Mejía (Carrera 80) con la Avenida Ciudad de Villavicencio (Calle 43 Sur).	81
Figura 53. Usuarios viales - Av. Ciudad de Cali con Calle 53 Sur.	82
Figura 54. Localización de las cámaras – Av. Ciudad de Cali con Calle 53 Sur.	82
Figura 55. Cruce de biciusuarios semáforo en rojo Punto1.	83
Figura 56. Motociclistas cruzando los semáforos en rojo Punto1.	83
Figura 57. Número de usuarios que cruzaron el semáforo en rojo Punto1.	84
Figura 58. Motociclistas transitando sobre la ciclorruta y andenes Punto1.	85
Figura 59. Número de motociclistas que transitan sobre el andén Punto1.	85
Figura 60. Motociclistas transitando en contra vía Punto1.	86
Figura 61. Biciusuarios transitando en contra vía Punto1.	86
Figura 62. Número de biciusuarios y motociclistas que transitan en contra vía Punto1.	87
Figura 63. Biciusuarios esperando en lugares inapropiados Punto1.	87
Figura 64. Número de biciusuarios y Motociclistas esperando en lugares inapropiados Punto1.	88
Figura 65. Biciusuarios realizando cruces inadecuados Punto1.	88
Figura 66. Motociclistas realizando cruces inadecuados Punto1.	89
Figura 67. Número de biciusuarios y Motociclistas esperando en lugares inapropiados Punto1.	89
Figura 68. Biciusuarios y motociclistas conduciendo en Zigzag Punto1.	90
Figura 69. Número de biciusuarios y Motociclistas conduciendo en Zigzag Punto1.	90
Figura 70. Biciusuarios sin casco ni elementos reflectivos Punto1.	91
Figura 71. Biciusuarios que no utilizan los elementos de protección reglamentarios Punto1.	91

Figura 72. Obstaculizar el paso de vehículos que están sobre la intersección Punto1.	92
Figura 73. Impedir el paso de vehículos que están sobre la intersección Punto1.	92
Figura 74. Cargas sobredimensionadas Punto1.	93
Figura 75. Uso de celulares por biciusuarios Punto1.	93
Figura 76. Exceso de velocidad de los motociclistas Punto1.	94
Figura 77. Motocicletas modificadas Punto1.	94
Figura 78. Comportamientos inadecuados de los bici taxis Punto1.	95
Figura 79. Cámara 1 accidente registrado – Av. Ciudad de Cali con Calle 53 Sur Punto1.	95
Figura 80. Cámara 2 accidente registrado – Av. Ciudad de Cali con Calle 53 Sur.	96
Figura 81. Usuarios viales - Av. Agoberto Mejía (Carrera 80) con la Avenida Ciudad de Villavicencio (Calle 43 Sur).	97
Figura 82. Localización de las cámaras - Av. Agoberto Mejía (Carrera 80) con la Avenida Ciudad de Villavicencio (Calle 43 Sur).	97
Figura 83. Cruce de semáforos en rojo por parte de biciusuarios Punto 2.	98
Figura 84. Cruce de semáforos en rojo por parte de motociclistas Punto2.	98
Figura 85. Número de usuarios que cruzaron el semáforo en rojo Punto2.	99
Figura 86. Motociclistas transitando sobre la ciclorruta y andenes Punto2.	99
Figura 87. Número de motociclistas que transitan sobre el andén Punto2.	100
Figura 88. Motociclistas transitando sobre la ciclorruta y andenes, con las luces apagadas.	100
Figura 89. Biciusuarios y Motociclistas transitando en contra vía Punto2.	101
Figura 90. Biciusuarios y Motociclistas que transitan en contra vía Punto 2.	101
Figura 91. Biciusuarios esperando en lugares inapropiados Punto2.	102
Figura 92. Motociclistas esperando en lugares inapropiados Punto2.	102
Figura 93. Número biciusuarios y Motociclistas esperando en lugares inapropiados Punto2.	103
Figura 94. Motociclistas realizando cruces prohibidos Punto2.	103
Figura 95. Biciusuarios realizando cruces prohibidos Punto2.	104
Figura 96. Número de biciusuarios y motociclistas haciendo cruces prohibidos Punto2.	104
Figura 97. Biciusuarios y motociclistas conduciendo en Zigzag Punto2.	105
Figura 98. Número biciusuarios y Motociclistas conduciendo en Zigzag Punto2.	106
Figura 99. Biciusuarios sin casco ni elementos reflectivos Punto 2.	106
Figura 100. Motociclista sin casco Punto2.	107
Figura 101. Número biciusuarios que no utilizan los elementos de protección reglamentarios Punto2.	107
Figura 102. Obstaculizar el paso de vehículos que están sobre la intersección Punto 2.	108
Figura 103. Transporte de cargas sobredimensionadas Punto2.	109
Figura 104. Uso de dispositivos electrónicos en la vía Punto2.	109
Figura 105. Incidente vial entre taxi y motociclista Punto2.	110

RESUMEN

La accidentalidad es la segunda causa de muerte violenta en el país, después de los homicidios y Bogotá se caracteriza por ser la ciudad que genera mayores números de siniestros viales en Colombia, con 377 muertos y 12870 lesionados en el año 2020 (Secretaría Distrital de Movilidad, 2020). El objetivo de este proyecto es caracterizar los comportamientos inadecuados de los biciusuarios y motociclistas, en dos de los puntos con mayor accidentalidad en la ciudad, caracterizando variables de tránsito, señalización, aspectos de la infraestructura y comportamientos de los actores viales que presentan un mayor crecimiento en las tasas de accidentalidad en el país.

Esta investigación se desarrolló con los datos de accidentalidad que involucraron biciusuarios y motociclistas, ocurridos durante los años 2016 y 2019. Por medio de análisis exploratorio de datos espaciales, índices de autocorrelación y sistemas de información geográfica, se determinaron dos de los puntos en donde se evidencia un gran número de siniestros viales para este grupo poblacional. Utilizando el atributo de gravedad del accidente para el desarrollo del procedimiento, como resultado se logró evidenciar que la mayoría de puntos de accidentes de tránsito que tiene una autocorrelación alta, se encuentran ubicados en la zona sur de Bogotá D.C., localizando el primero de ellos en la localidad de Bosa y el segundo en la localidad de Kennedy.

Una vez identificados los puntos, se recolectó la información de campo mediante la instalación de dos cámaras en cada intersección, las cuales registraron los datos durante un periodo de 15 horas continuas, de 5 am a 8 pm, brindando material suficiente para identificar y analizar las condiciones de señalización, el estado de la malla vial y la cantidad de comportamientos característicos de los biciusuarios y motociclistas, evidenciando que las dos intersecciones en estudio, no cuentan con señalización vertical, demarcación de pasos de peatonales, líneas de borde de pavimento, demarcación de ciclorruta y ciclobanda, líneas de restricción de bloqueo en intersecciones; la infraestructura presenta daños como agrietamientos, baches, fisuras longitudinales y transversales, reparcheo y desnivel en las tapas de alcantarillas; Los comportamientos inadecuados característicos en los puntos seleccionados, son los cruces del semáforo en rojo, transitar en contra vía, realizar cruces prohibidos, esperar el cambio de semáforo en lugares inapropiados y el tránsito de motos sobre los andenes, generando así un mayor riesgo para todos los actores viales.

Palabras clave: Análisis Exploratorio de datos, Índice Moran, Índice G de Getis Ord, Hotspots, IDW, accidentalidad, comportamientos, caracterización y señalización.

1. INTRODUCCIÓN

Los accidentes de tránsito son la segunda causa de muerte violenta en Colombia, representando el 26.7% de víctimas fatales en el país, para el año 2018 (Secretaría Distrital de Movilidad [SDM], 2018); los esfuerzos gubernamentales que se crean para enfrentar esta problemática, incluyen la integración de políticas en salud pública, seguridad de los ciudadanos y movilidad en el país, los cuales están enmarcados bajo el programa del Plan Nacional de Seguridad Vial (2011-2021). De esta manera, los trabajos de investigación sobre el estado de las vías, comportamientos de los usuarios, condiciones de los vehículos, factores climáticos, entre otros, son fundamentales para plantear análisis y medidas que se puedan integrar a los planes estratégicos viales de cada departamento, para prevenir y mitigar riesgos que puedan generar accidentes de tránsito.

Existen múltiples variables que pueden generar un siniestro vial, entre ellas está la clase de actor vial que se ve involucrado al momento del accidente. Para la Organización Mundial de Salud OMS (2017), los peatones, ciclistas y conductores o pasajeros de vehículos motorizados de dos ruedas, son los usuarios más vulnerables de la vía pública, debido a que este grupo poblacional representa la mitad de todas las muertes por siniestros viales en el mundo.

En Bogotá en promedio, 14 peatones, 15 ciclistas y 55 motociclistas están involucrados en siniestros viales a diario; el 89,4 % de accidentes fatales corresponden a usuarios vulnerables ([SDM], 2019). En cuanto a las interacciones entre los diferentes actores en la vía, las más significativas se encuentran entre peatones con motociclistas; volcamiento de motociclistas y motociclistas con buses de transporte de pasajeros ([SDM], 2018). Mediante este contexto, se decidió enfocar el estudio utilizando los accidentes que involucren motociclistas y biciusuarios, debido a que son los más relevantes en temas de accidentalidad vial.

Este proyecto permite integrar métodos de análisis espacial, herramientas SIG (Sistemas de Información Geográfica) y la captura de información mediante videos tomados en campo. Por medio de índices de autocorrelación, se plantea conocer el comportamiento espacial de los accidentes de tránsito que involucren a biciusuarios y motociclistas.

La metodología planteada en este documento, reúne las cifras oficiales de la Secretaría Distrital de Movilidad, en cuanto a siniestros viales para el periodo 2016 - 2019. Con esta información, se efectuó un preprocesamiento de datos y un AEDE (Análisis Exploratorio de Datos Espaciales), permitiendo la identificación de puntos

críticos de accidentes en donde se vieron involucrados los dos actores viales sujetos de estudio. Posteriormente, se ejecutó el levantamiento de la información por medio de un registro fílmico en las zonas identificadas, por un periodo de tiempo de 15 horas, observando de esta manera las variables de infraestructura vial, señalización y comportamientos de los usuarios de las vías, evidenciando los riesgos que sufren los biciusuarios y las motociclistas.

De acuerdo a las cifras ofrecidas por la Agencia Nacional de Seguridad Vial, para el mes de septiembre del 2021 hubo un aumento del 68.2% en accidentes de tránsito, para motociclistas en comparación con el 2020 (ANSV, 2021), convirtiéndose en uno de los actores viales que requieren una mayor priorización en campañas de sensibilización y seguridad vial. De esta forma, este proyecto tiene como fin, identificar cuáles son los comportamientos inadecuados más representativos para los biciusuarios y motociclistas, en las intersecciones seleccionadas.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Para la Organización Mundial de Salud OMS (2017) los accidentes de tránsito causan la muerte de más de 1.3 millones de personas al año. Las tasas de mortalidad son más altas en países de ingresos bajos y medianos. En África mueren aproximadamente 27 personas por cada 100.000 habitantes; en Latinoamérica, mueren 16 personas por cada 100.000 habitantes y en Europa la mortalidad es de 9 personas por cada 100.000 habitantes.

Los índices de accidentalidad disminuyen gracias a la aplicación de políticas sólidas, diseño de vías de tránsito seguras, campañas de sensibilización pública y adecuación de infraestructura vial, como la creación de carriles exclusivos para ciclistas. Estas medidas han contribuido a la reducción de accidentes de tránsito de 48 países de ingresos medios y altos, sin embargo, los países de bajos ingresos no han implementado las medidas suficientes para la reducción de sus índices de accidentalidad (OMS, 2018).

En América Latina, una de las principales causas de muerte violenta son los siniestros viales, con más de 100.000 muertes en el año y aproximadamente más de 5 millones de personas heridas (CISEV, 2018). Estas cifras han generado la creación de agencias gubernamentales, enfocadas a la seguridad vial y la elaboración de planes estratégicos conforme al Plan Mundial para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020.

Uno de los países que ha implementado métodos para fortalecer la seguridad vial, ha sido Chile, con la creación de lineamientos para disminuir los accidentes de tránsito de los motociclistas en el periodo comprendido del 2015-2020. Entre las medidas propuestas, se encuentra el fortalecimiento de los requisitos para adquirir las licencias de conducción, formación en seguridad vial, seguridad en vías, incluyendo el cuidado responsable sobre la tenencia de los animales callejeros, seguridad de los vehículos, entre otros (CONASET, 2015).

Para el año 2019, en Colombia se registraron 6.690 muertes por causa de un accidente vial (Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, 2019). De acuerdo a los registros de la Agencia Nacional de Seguridad Vial (2019), los motociclistas aportaron el mayor número de fallecidos (51.2%). Uno de los departamentos con menor índice de accidentalidad vial es Boyacá, el cual implementa planes de seguridad vial en épocas de vacaciones, como el plan denominado “Por Vía Suyita” generando cultura vial en aras de proteger la vida de

la comunidad en general, lo cual permitió que la accidentalidad disminuyera en uno de los departamentos más turísticos del país (Gobernación de Boyacá, 2017).

De acuerdo con la encuesta realizada por la Secretaría de Movilidad (2019), en Bogotá se presentan 13.359.728 viajes por día, de los cuales el 12.1% de ellos se realizaron utilizando como medio de transporte las motos y bicicletas. De las víctimas fatales en accidentes de tránsito, el 29.2% corresponden a motociclistas y el 12.5% a usuarios de la bicicleta, superados únicamente por los peatones los cuales corresponden al 47.7% de las víctimas fatales. El aumento de la cantidad de viajes en bicicleta corresponde al 44% desde el año 2015 al año 2019, pasando de 635.431 viajes a 880.367 viajes ([SDM], 2019).

La Alcaldía Mayor de Bogotá, de la mano con la Secretaría de Movilidad y la Secretaría de Educación, incentiva programas que promueven la responsabilidad vial, como, por ejemplo, el programa Al Colegio en Bici, el cual consiste en la inclusión de rutas seguras, para que los niños de la Ciudad de Bogotá utilicen la bicicleta para ir al colegio, como medio de transporte sano y sostenible. Estas rutas también incluyen ciclo expediciones por la ciudad, generando concientización por el respeto a las señales de tránsito, respeto a los peatones y el uso adecuado de la infraestructura vial (Alcaldía de Bogotá, 2018).

Teniendo en cuenta las cifras anteriores, es necesario identificar cuáles son las zonas en las que se presenta un mayor número de accidentes de tránsito que involucren a biciusuarios y motociclistas e identificar las causas del elevado número de accidentes y como poder mitigarlos.

3. JUSTIFICACIÓN

El uso de la bicicleta en la ciudad, representa una alternativa ideal para disminuir los problemas de movilidad y congestionamiento vial que a diario enfrentan millones de personas que buscan desplazarse de forma rápida y segura.

La implementación de la bicicleta y motocicleta como medio de transporte, ha venido en aumento debido a la inconformidad que tiene la población con respecto al transporte público de la ciudad y al aumento de tiempo de viaje por recorrido, según la encuesta de percepción ciudadana 2019, en la que 47% de los ciudadanos considera que el servicio de Transmilenio ha empeorado y el 34% considera que el SITP ha empeorado en los últimos años («Encuesta de Percepción Ciudadana 2019», 2019).

Un aspecto de vital importancia para lograr sistemas de transporte óptimos es la seguridad. Las personas se influyen más por la seguridad percibida que por las estadísticas de seguridad oficiales, por tal razón es necesario promover y crear un ambiente confiable, que invite al uso de la bicicleta como medio de transporte alternativo. En países como Holanda, se refleja el éxito del uso de la bicicleta como alternativa para mitigar la contaminación, congestión y accidentalidad vial, mediante la creación de redes integrales de ciclovías en todas las ciudades del país (Dutch Cycling Embassy, 2018).

El uso de la motocicleta ha aumentado de forma considerable, teniendo en cuenta diferentes aspectos como los bajos costos de consumo de combustible, reducción de tiempos de desplazamiento y una de las razones más importantes, la creación de nuevas aplicaciones que permiten de alguna manera, mitigar los índices de desempleo, como, por ejemplo, aplicaciones de domicilios, mensajería y en muchas ocasiones, el transporte informal.

Así mismo, el aumento del uso de las motos y bicicletas es directamente proporcional al aumento de los accidentes de tránsito en la ciudad. El fácil acceso a estos medios de transporte y la deficiencia en la regulación y normativas para su uso, hacen que estos medios de transporte sean vulnerables ([SDM], 2018). Por tal razón, este proyecto busca caracterizar el comportamiento de los biciusuarios y motociclistas en dos de los puntos que, de acuerdo con los registros de la Secretaría de Movilidad, presentaron un mayor índice de accidentalidad durante el periodo 2016 – 2019, con el objeto de generar conciencia en el uso de estos medios de transporte.

4. LINEA DE INVESTIGACIÓN

La línea de investigación para este proyecto corresponde al área de transportes, tránsito y movilidad.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

Caracterizar los comportamientos de los biciusuarios y motociclistas, en dos de los puntos con mayor accidentalidad, en la ciudad de Bogotá D.C.

5.2. Objetivos Específicos

- Determinar los dos sitios que presentan mayores índices de accidentalidad para biciusuarios y motociclistas, en la ciudad de Bogotá D.C.
- Caracterizar las variables de tránsito, aspectos físicos de la infraestructura vial y disposición de la señalización, en los dos puntos seleccionados por tener la mayor concentración de accidentes de biciusuarios y motociclistas, en Bogotá D.C.
- Caracterizar los comportamientos inadecuados de los biciusuarios y motociclistas, de acuerdo a la información obtenida en campo.

6. ESTADO DEL ARTE

La implementación de herramientas de análisis espacial, ha generado nuevos modelos de estudio, los cuales permiten identificar y procesar los puntos en donde se presentan accidentes de tránsito, con un alto grado de confiabilidad, debido a que es un problema latente en la población, permitiendo conocer y enfocar sus recursos en zonas específicas, para generar estrategias aptas en temas de seguridad vial.

El SIG (Sistemas de Información Geográfica) y la geoestadística, son herramientas que en conjunto pueden obtener estos datos, gracias a su capacidad de manejar diferentes tipos de variables geográficas y métodos estadísticos, permitiendo asociarlas a la localización del fenómeno, proporcionando precisión en la investigación (Madrid & Ortiz, 2019).

Basados en diferentes métodos estadísticos, se plantean soluciones que permitan encontrar los puntos críticos de accidentes de tránsito como es el caso de estudio de Romano & Jiang (2017) realizado en Nueva York en el periodo comprendido del 2012 al 2017, el cual genera una búsqueda Hotspots por medio de la Estimación de Densidad de Kernel de Red Espacio Temporal (STNKDE) y otros métodos de autocorrelación espacial como el NKDE (Network KDE), teniendo en cuenta las variables latitud, longitud, fecha y hora, encontrando que el enfoque STNKDE es el que tiene mayor relevancia, debido a que muestra cuando es más probable que ocurra un incidente de tránsito. De esta manera se logró ubicar el área en donde inicia el puente Queens boro por el lado de Manhattan, en donde se lograron evidenciar accidentes de tránsito que se distribuían de una forma equitativa a lo largo de los años, llegando a la conclusión que utilizando STNKDE proporciona un buen análisis de datos espacio temporales y que NKDE muestra puntos calientes en los datos en general; sin embargo, no captura el aspecto temporal de los datos.

Dereli & Erdogan (2017), utilizaron varios métodos estadísticos con el fin de identificar los puntos negros de accidentes de tránsito en Turquía durante 2005-2013; estos métodos fueron la regresión de Poisson, regresión binomial negativa y el método empírico bayesiano mediante un análisis estacional, mensual y por hora, obteniendo que los métodos de Poisson y de regresión binomial tienen resultados similares debido a que el segundo método es una versión mejorada del primero. La regresión de Poisson tiene como desventaja que funciona bajo el supuesto de que los datos del accidente de tránsito no estaban demasiado dispersos, mientras el método binomial si tiene en cuenta la dispersión de los datos. El método bayesiano fue el que mejor demostró la ubicación de los puntos negros, el cual tiene como ventaja la integración de los accidentes esperados con el número de accidentes

reales, generando un mapa en donde se observa el número de repeticiones dentro de un período de 9 años, en franjas de carreteras específicas. Los autores lo recomiendan para obtener datos más precisos. El cálculo de estas variables se realizó con los softwares Stata y ArcGIS.

En el caso de Latinoamérica, se implementan varios métodos de representaciones espaciales y análisis exploratorio de datos. Existen diferentes publicaciones que solo realizan representaciones cartográficas básicas que permiten solo observar la distribución de los accidentes para efectuar soluciones rápidas a la problemática en una población, como es el caso de estudio de Cantones de la Provincia de Pichincha-Ecuador (Algora et al., 2017) y en la Región Amazónica Ecuatoriana (Galarza et al., 2017), las cuales realizan una observación general con cifras que se pueden espacializar, creando una zonificación de mayores índices de accidentalidad para así poder tener un primer acercamiento a la problemática y dar paso a planes más minuciosos.

Los estudios con mayor detalle implementan diferentes modelos para la prevención de accidentes, utilizan varias formas de analizar las diferentes variables, como es el realizado por Castro (2018), en la zona de la avenida Insurgentes Norte, en el tramo que comprende el entronque de la autopista México Pachuca y el metro Indios Verdes-México; uno de estos modelos fue el de proyectar el número de accidentes en el tiempo ubicados en el área de estudio mediante el uso de Kriging, con el fin de generar un mapa de calor de estos, evidenciando los puntos con mayor frecuencia. El segundo modelo fue crear una red neuronal que permita proyectar a futuro los accidentes y el tercero fue de tipo dinámico, un modelo basado en agentes en donde se le incluyen variables que afectan y pueden determinar un accidente como lo es el tipo de vehículo y el comportamiento que puede tener un conductor. Obtuvieron que el modelo dinámico da la ventaja de representar el comportamiento de cada uno de sus elementos a nivel micro y adicionar las variables que se crean necesarias para realizar esta modelación.

Por medio de la autocorrelación espacial se puede determinar la distribución de accidentes, mediante el uso de Índice de Morant que permite observar la tendencia de los valores a agruparse o no en el espacio, Análisis Exploratorio de Datos Espaciales (AEDE) y la implementación de agrupamientos espaciales (o clústeres) con valores similares (Hernández, 2012).

Estas herramientas no solo sirven para la prevención de accidentes, también se pueden incluir en la mejora de espacios como lo son las ciclovías, analizando las condiciones físicas del terreno, condiciones demográficas y la infraestructura actual de las ciclovías. Se realizó un análisis exploratorio de datos, observando los lugares

de mayor concentración de rutas de viaje por los biciusuarios y de esta forma resaltar estas zonas para realizar un análisis por tramos que permita identificar los factores que afectan el manejo apropiado de la ciclovía (Millán, 2018).

El uso de estas herramientas se puede complementar con la integración de drones o VANT (Vehículos Aéreos no Tripulados), el cual nos permite observar la complejidad de movilidad y tránsito en las áreas metropolitanas y regionales, permitiendo abarcar la totalidad de sitios que han sido identificadas previamente por los métodos de exploración de datos espaciales (Candia et al., 2018).

A nivel nacional, el análisis de accidentalidad se ha implementado desde varios enfoques, Pérez & Herrera (2016), realizaron mediante encuestas a estudiantes universitarios y del SENA, en donde se les preguntaba si les había ocurrido alguno de estos tres sucesos; 1) lecciones por accidentalidad vial, 2) algún familiar o amigo había sido víctima de un accidente vial, y 3) algún familiar o amigo murió por accidente de tránsito, con una muestra total de 2.292 encuestas en 20 ciudades diferentes y realizando una comparación con los datos ofrecidos por el Instituto de Medicina Legal para la ciudad de Bogotá, por medio de análisis descriptivos se encontró la tipología de los accidentes, evidenciando la vulnerabilidad de ciertos usuarios de la vía como los niños, adultos mayores, peatones y conductores de motos o de bicicletas en las interacciones con automóviles y buses.

La identificación de actores con mayor probabilidad de estar involucrados en siniestros viales, genera proyectos específicos en donde se puede identificar sectores críticos para un grupo poblacional en particular. Esta el caso en la ciudad de Tunja en el que por medio de mapas de densidad de Kernel, se identificaron las zonas de mayor accidentalidad para los motociclistas utilizando como información la base de datos de los Bomberos de Tunja (Pérez, 2020).

Por otra parte, existen diferentes análisis de comportamiento de siniestros viales a nivel de ciudad, teniendo en cuenta todos los actores y variables que pueden estar incluidas en un accidente. Estos proyectos tienen enfoques similares como la implementación de diferentes modelos espaciales que permitan la zonificación y representación cartográfica de los puntos críticos en donde se registró algún tipo de siniestro, evidenciando los lugares con mayor vulnerabilidad en temas de seguridad vial; estos análisis se realizaron para las ciudades de Cali (R. A. Olaya, 2016) y Tunja (Sánchez, 2018).

En el caso particular de Bogotá, se han realizado investigaciones que detectan áreas con un mayor índice de accidentes de tránsito por medio de diferentes

métodos y herramientas SIG. Bermúdez (2019), se enfocó en el análisis espacio temporal de la accidentalidad en la Avenida Boyacá, mediante procesos geoestadísticos como la estimación de Índice de Moran, funciones Kernel y estimadores locales LISA, realizando un análisis tramo por tramo, detectando las zonas con mayor aglomeración de siniestros y generando un análisis temporal sobre los puntos críticos.

Castro & González (2019) realizaron la identificación de los comportamientos de los diferentes actores viales en Bogotá, con la ayuda de Vehículos Aéreos no Tripulados y métodos geoestadísticos. Por medio de un análisis exploratorio de datos espaciales, se ubicaron los Hotspots en las intersecciones con mayor concentración de accidentes de tránsito, para un periodo comprendido entre el año 2012 y el año 2015. También se realizaron técnicas de interpolación por distancia inversa pondera (IDW), la cual generó una capa con los diferentes tipos de siniestros viales previamente contemplados (solo daños, heridos y víctimas fatales) en un siniestro vial, realizando un proceso de álgebra de mapas mediante la suma de tres variables: Hotspots, IDW y estado de la malla vial.

Una vez identificados los puntos en un mapa de zonificación de la accidentalidad en Bogotá, se seleccionaron intersecciones viales con un alto riesgo de siniestros, procediendo después a realizar vuelos sobre estos puntos de interés por medio de un VANT (dron), analizando la disposición de la señalización, la infraestructura vial, condiciones de flujo vehicular y el comportamiento de los diferentes usuarios, generando recomendaciones en cada caso.

Por último, se encuentra Rojas (2020) “el cual expone la relación los eventos públicos con la incidencia en accidentes de tránsito por medio de minería de datos” (p. 35) utilizando web scraping extrajo la información de diferentes páginas web de eventos públicos realizados en la ciudad, creando tablas de bases de datos espaciales en PostGis, incluyendo en ellas los siguientes atributos: Nombre del evento, lugar, fecha, hora, latitud, longitud y dirección. Mediante procesos geoestadísticos se realizó un análisis multitemporal con los eventos públicos geoespacializados y los siniestros viales, evidenciando que no existía una autocorrelación espacial en la ocurrencia de estos dos fenómenos, debido a la dispersión de los siniestros (Rojas, 2020, p. 35).

Buscar las relaciones espaciales que pueden tener distintos fenómenos son objeto de muchos estudios, el poder determinar las herramientas técnicas necesarias para “identificar las particularidades de un evento son de vital importancia, generando así recomendaciones necesarias que permitan mitigar una problemática en específico” (Madrid & Ortiz, 2019, p. 35).

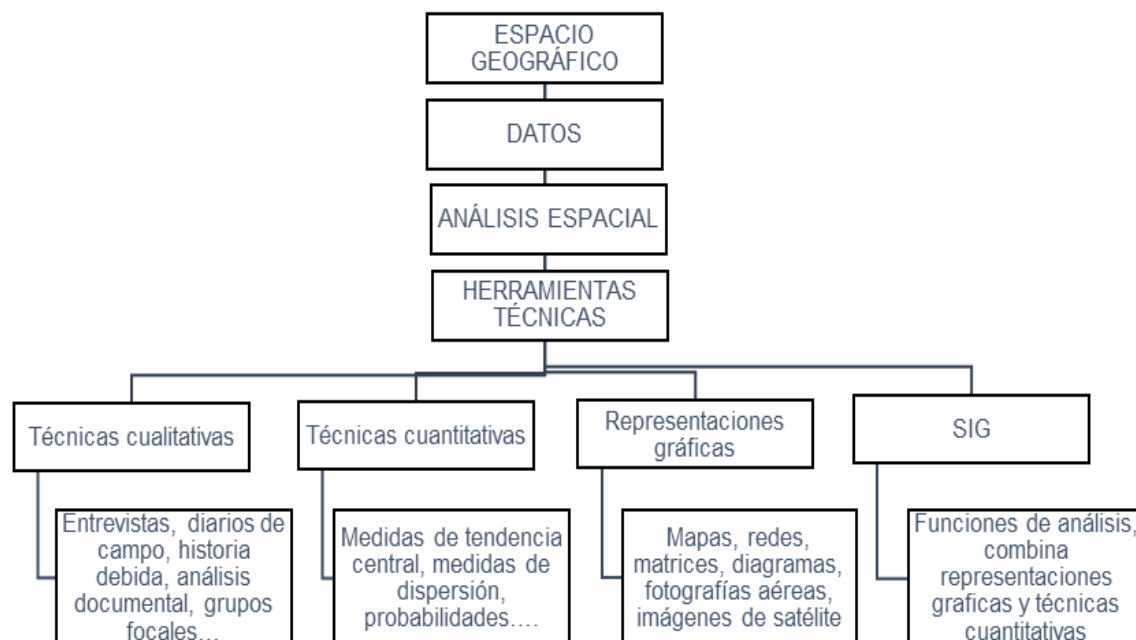
7. MARCO TEORICO

Los accidentes de tránsito son una problemática que afecta a gran parte de la población; el analizar el espacio geográfico de estos incidentes nos pueden revelar indicios sobre las causas de estos y cómo podemos crear estrategias para mitigarlos. En este capítulo se abarca conceptos relacionados con el análisis exploratorio de datos espaciales, los sistemas de información geográfica, movilidad e ingeniería de tránsito.

7.1. Análisis espacial

El análisis espacial se encarga de ver la relación que tiene el individuo con su entorno y su distribución en este, reflejando el “uso de diferentes técnicas, que tienen como fin procesar y clasificar datos, que contribuyan a la solución de un problema en específico, agregando variables como las de tiempo; implica descubrir las particularidades de un fenómeno para definir su participación dentro de la globalidad” (Madrid Soto & Ortiz López, 2005, p. 2). En la Figura 1 se observa las diferentes herramientas que utiliza el análisis espacial.

Figura 1. Herramientas para el análisis espacial.



Fuente: (Madrid Soto & Ortiz López, 2005)

Es la comparación entre variables espaciales, por medio del uso de diferentes herramientas técnicas que permiten observar la autocorrelación que existen entre ellas, de acuerdo su ubicación geográfica, de esta manera, el objetivo se centra en no solo responder la pregunta del “cuanto”, sino también es responder “cuanto es donde” (Schabenberger & Gotway, 2017), para así saber la correlación que puedan llegar a obtener los datos, generando herramientas que permitan solucionar problemáticas en específico al momento de identificar variables que las relacionen dependiendo de su ubicación.

7.1.1. Análisis Exploratorio de Datos Espaciales

Permite dar una aproximación a los datos y su distribución espacial, realizando procesos de estadística mediante herramientas de información geográfica. Para esto se debe de tener información sobre el comportamiento espacial de cada variable y sus relaciones espaciales con las demás, determinando errores de datos anómalos (outliers) y el poder plantear supuestos necesarios en la aplicación de test estadísticos (Buzai & Baxendale, 2009).

Las principales técnicas de la exploración de datos espaciales, tienen dos características primordiales: elementos de alisado “smooth” (global) y asperezas rough (local). El alisado tiene como propiedad, que en la parte temporal revisa la tendencia central de la variable, la cual es medida por medio de la mediana y su dispersión; en la parte geográfica adiciona variables globales, tendencias espaciales, autocorrelación espacial global, mientras que el rough se enfoca en datos localizados a determinadas distancias del elemento alisado (mediana) denominados datos atípicos “outliers”, ubicados bajo/sobre el primer/tercer cuartil de un diagrama de caja (Yrigoyen, 2003).

En la Tabla 1 se relacionan los diferentes métodos del análisis exploratorio de datos espaciales, a nivel global y local.

Tabla 1. Técnicas del AEDE

Distribución espacial	Univariante	Diagramas/mapa de caja
	Multivariante	Diagramas dispersión-caja
Asociación espacial	Global	Mapa de contigüidades espaciales
		Gráfico del retardo espacial
		Diagrama/mapa de dispersión de Moran
	Local	Puntos atípicos en el diagrama de dispersión de Moran
		Mapas LISA
		Diagramas de caja LISA
	Multivariante	Diagrama de dispersión multivariante de Moran
Heterogeneidad espacial		Mapa del histograma de frecuencias
		Diagrama de dispersión

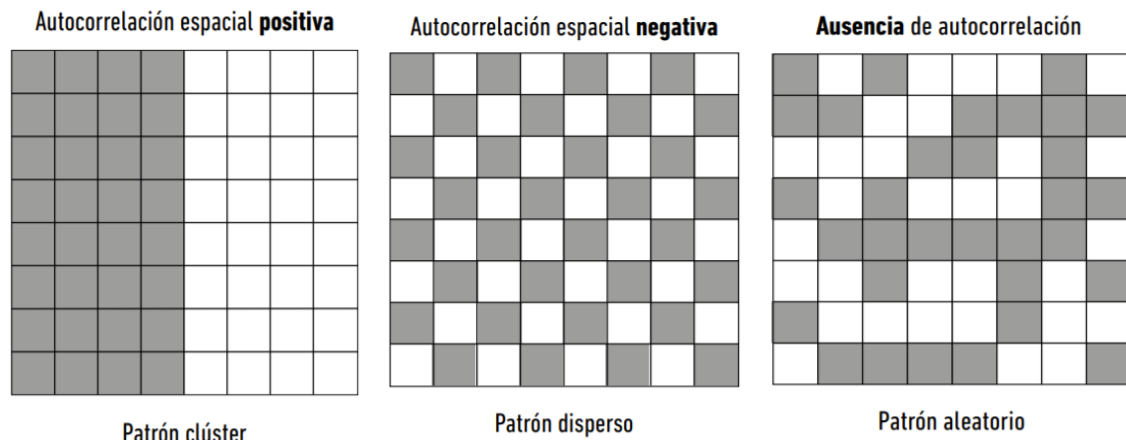
Fuente : (Lavado Yarasca, 2015)

7.1.2. Autocorrelación Espacial.

La autocorrelación espacial es la correlación de una variable consigo misma, la cual existe cuando una variable muestra un patrón regular sobre el espacio, es decir, que los valores en lugares cercanos tienden a ser parecidos, permitiendo comprender la variación de un fenómeno en específico (López, 2021).

Si este evento analizado tiende a agruparse en zonas semejantes, formando conglomerados o clusters, se evidencia la existencia de autocorrelación positiva; pero si las medidas del evento en las unidades colindantes son distintas, de tal manera que muestra un comportamiento disperso, en este caso la autocorrelación es negativa y si el evento se comporta de manera aleatoria y no se logra identificar algún tipo de comportamiento similar o estructurado, se define que no tiene algún tipo de correlación, es decir, que la presencia o falta de un atributo en un lugar específico no influye en la medida de este campo en los lugares vecinos (Siabato & Guzmán-Manrique, 2019). A continuación, se observa en la Figura 2, los diferentes tipos de autocorrelación posibles en un fenómeno.

Figura 2. Autocorrelación espacial y patrones espaciales.



Fuente: (Siabato & Guzmán-Manrique, 2019)

7.1.3. Índice de Moran

El índice de Moran tienen en cuenta los valores de vecindad, es decir, se enfoca en la relación que tienen los valores en un grupo de datos y se determina por una matriz de distancias, que definen los valores vecinos (Vilalta, 2005).

Según (López, 2021, p. 6) este índice define que “para cualquier variable continua se puede calcular X_i , una media y también se puede calcular la desviación de cualquier observación de esa media. El índice compara el valor de la variable en cualquier lugar con el valor en todos los demás lugares”.

El índice de moran se define con la siguiente ecuación:

$$I = \frac{N}{W} \frac{\sum_i \sum_j w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}$$

N es el número de unidades de análisis

X_i es el valor de una variable en una ubicación particular i

X_j es el valor de la misma variable en otra ubicación (donde i no es igual a j)

$W = \sum_i \sum_j w_{ij}$ corresponde al número total de vecindades

“El coeficiente de correlación estadístico, típicamente varía entre -1.0 y +1.0, un 1 alto indica una mayor autocorrelación espacial, que un valor 1 bajo, si la

autocorrelación es positiva, indica una agrupación de valores similares, mientras que cuando es negativo, indica una agrupación de valores diferentes. Un valor de cero indica autocorrelación espacial” (Lloyd, 2010, p. 80).

7.1.4. G de Getis-Ord

Es un índice de autocorrelación global que determina los valores que se encuentran en una distancia específica entre ellos. Este índice distingue entre hotspots y coldspots, lo cual el Índice de Moran no puede realizar. El G de Getis calcula la interacción espacial de los valores de una variable en específico con valores de esa misma variable en lugares cercanos (López, 2021).

El índice G de Getis- Ord se define con la siguiente ecuación:’

$$G = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} x_i x_j}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j} ; i \neq j$$

Con $i \neq j$ donde i y j son vecinos que se encuentra a una distancia d .

x : Corresponde a la variable de interés.

Según (Levine, 2013, p. 19) sostiene que:

Este índice puede distinguir entre la autocorrelación espacial positiva donde las zonas con valores altos están cerca de otras zonas con valores altos autocorrelación espacial positiva alta o hotspots), un valor de G alrededor de 0 indica que no hay autocorrelación espacial positiva (la cual no se puede detectar), y que el número de hotspots equilibra el número de coldspots. Se calcula con respecto a una distancia de búsqueda específica (definida por el usuario) en lugar de una distancia inversa, como con el Índice de Moran.

7.2. Sistemas de Información Geográfica.

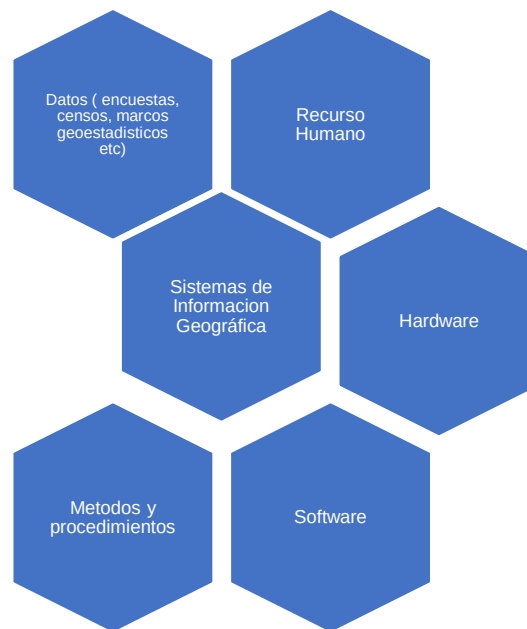
Un SIG es una herramienta que integra y abarca todas las funcionalidades que se necesita para el análisis con variables y elementos que se encuentran espacialmente localizados permite la lectura, edición y almacenamiento de datos espaciales, generando como resultados mapas, informes, gráficos y demás (V. Olaya, 2009).

El SIG es multidisciplinario esto quiere decir que se puede aplicar a cualquier tema de interés que cuente con información de tipo espacial, por ejemplo, el análisis de

coberturas y vegetación uniendo la tasa de analfabetismo de una zona en específico, puede ser que a simple vista no tengan ningún tipo de relación, pero mediante el análisis y la incorporación de varias herramientas espaciales se puede obtener su correlación y plasmarlo cartográficamente.

En la Figura 3 se observan los componentes que tiene un sistema de información geográfica, y como la interacción de este tipo de elementos es indispensable para el estudio de manera global sobre uno o varios tipos de fenómenos.

Figura 3. Componentes de un SIG



Fuente: Elaboración propia con base en (V. Olaya, 2009).

7.2.1. Álgebra de Mapas

Es un conjunto de geoprocesamientos, que se realizan sobre diferentes capas para obtener una información derivada, consiguiendo una nueva representación de una variable mediante la unión de diferentes datos base. Este procesamiento se puede realizar en datos de tipo vectorial o ráster, pero se asimila en su mayor parte con los datos de tipo ráster. Combinando diferentes capas o variables territoriales para obtener mapas alternativos de un aspecto determinado (Geoinnova, 2016), como se observa en la Figura 4.

Figura 4. Álgebra de mapas



Fuente: (Geoinnova, 2016)

7.3. Movilidad

La movilidad se puede definir como un conjunto de desplazamientos de tipo origen – destino, que relaciona variables como infraestructura, vehículos, condiciones sociales, políticas, económicas y culturales de sus usuarios (Gibson et al., 2011). Sin embargo, existen nuevas definiciones como la planteada por la Comisión de Comunidades Europeas, en el libro verde hacia una nueva cultura de la movilidad urbana, el cual sostiene:

Un nuevo concepto de movilidad urbana supone aprovechar al máximo el uso de todos los modos de transporte y organizar la «comodidad» entre los distintos modos de transporte colectivo (tren, tranvía, metro, autobús y taxi) y entre los diversos modos de transporte individual (automóvil, bicicleta y marcha a pie). También supone alcanzar unos objetivos comunes de prosperidad económica y de gestión de la demanda de transporte para garantizar la movilidad, la calidad de vida y la protección del medio ambiente. Por último, significa también reconciliar los intereses del transporte de mercancías y del transporte de pasajeros, con independencia del modo de transporte utilizado (Comunidad Europea, 2007, p. 2).

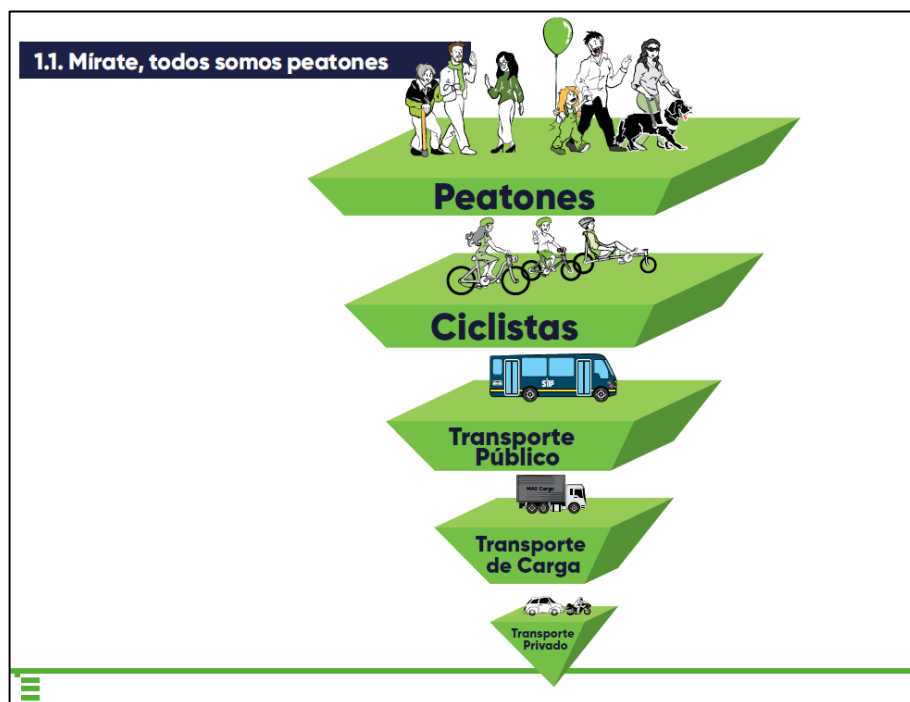
Actualmente, las ciudades se caracterizan por la acelerada expansión, la cual es continua y junto a ello, aumenta el número de vehículos particulares. La movilidad sostenible toma un papel relevante en el desarrollo de las grandes ciudades, debido a las problemáticas ambientales causadas por el uso del vehículo particular y las altas emisiones de gases. De acuerdo al Plan de Ordenamiento Territorial 2022 – 2035, la Ciudad de Bogotá requiere implementar los desplazamientos en modos de transporte activos, impulsando aún más, el uso de la bicicleta como medio de transporte sostenible («Plan de Ordenamiento Territorial - POT», 2021).

7.4. Actores viales

La infraestructura vial, debe satisfacer las necesidades de los diferentes actores viales que transitan por la ciudad, los cuales se definen como todas las personas que hacen uso de las vías, con el fin de desplazarse, clasificándolos como peatones, ciclistas, pasajeros de servicio público, motociclistas y conductores de vehículo particular (Ley 1702, 2013).

En la Figura 5 se puede observar la jerarquía en la movilidad urbana, estableciendo al peatón como la prioridad en el sistema de transporte.

Figura 5. Jerarquía del desplazamiento Urbano.



Fuente: Secretaría de Movilidad

- El peatón

De acuerdo al Manual del Peatón de la Secretaría de Movilidad (2020), todos somos peatones de alguna manera, ya que a diario se cumplen muchas de las funciones caminando. El decreto 319 de 2006, en el artículo 7, establece que el peatón debe mantener la prevalencia dentro del sistema de movilidad.

El peatón se caracteriza por ser quien camina por las vías públicas fuera de las áreas destinadas para el tránsito vehicular, por lo anterior, el tránsito se implementa sobre andenes, parques, cruces peatonales, puentes y en algunas ocasiones, compartiendo la vía con el parque automotor (Fuscaldo Jalkh & Cure Álvarez, 2018).

- El Ciclista

Un ciclista se define como toda persona que utiliza un vehículo no motorizado de dos o más ruedas en línea, para transitar por la ciudad, ya sea por la calzada vehicular, ciclorrutas y demás estructuras destinadas para tal fin (Ley 769, 2002). Los biciusuarios pueden compartir los carriles vehiculares y tienen prelación por su vulnerabilidad, lo cual implica, que los conductores de vehículos particulares, deben hacer todo lo posible por mitigar el riesgo al que está expuesto los usuarios de la bicicleta (Ley 1811, 2016).

- El Motociclista

Un motociclista se define como toda persona que utiliza un vehículo automotor de dos ruedas en línea, con capacidad para el conductor y un acompañante (Ley 769, 2002).

- El conductor

El conductor se define como toda persona que cumple con los requisitos legales, procedimientos y técnicas necesarias para utilizar un vehículo, es decir, cuenta con la experiencia suficiente para dominarlo (Fuscaldo Jalkh & Cure Álvarez, 2018).

- El automóvil

“Es todo aparato montado sobre ruedas, que permite el transporte de personas, animales o cosas, de un punto a otro por vía terrestre” (Ley 769, 2002).

- Transporte público

Hace referencia al transporte colectivo de pasajeros. De acuerdo a la Ley 769 de 2002 artículo 2, se define como “vehículo automotor destinado al transporte de pasajeros, carga o combinados, mediante el cobro de una tarifa o flete”.

7.5. Normativa

Debido a la problemática que se presenta en el sector del transporte, en Colombia se trabaja a diario para implementar normativa y mejorar la existente, con el fin de brindar mayor seguridad a los usuarios de las vías, en especial a los más

vulnerables. Para hablar un poco más de la normativa existente, es importante conocer la jerarquía de la normativa que se implementa en el país, como lo menciona (MAzzini, 2016). A continuación, en la Figura 6 se observa cómo es la jerarquía de leyes y decretos en el territorio nacional.

Figura 6. Jerarquía de la normativa colombiana.



Fuente: (Rodríguez, 1981)

La Constitución Política de Colombia en el artículo 24, establece que todo ciudadano puede circular de forma libre por el territorio nacional, siempre y cuando no infrinja las leyes establecidas para tal fin (Constitución política de Colombia, 1991).

El Ministerio de Transporte, es la máxima autoridad de tránsito a nivel nacional y se encarga de regular la normativa que le brinde a los usuarios seguridad, comodidad, acceso a todas partes del país, capacitaciones en temas de movilidad y señalización, entre otros.

Una de las primeras leyes que regula el tránsito en el país, es La ley 105 de 1993, la cual establece competencias del estado, entidades territoriales y particulares, regulando la prestación del servicio de transporte público y desde luego, haciendo énfasis en la importancia de la seguridad para los usuarios, así como la eficiencia para prestar el servicio (Ley 105, 1993).

Con el fin de llevar a cabo una mejora continua en temas de regulación del transporte público, la Ley 336 de 1996 adopta nuevas disposiciones para los diferentes medios de transporte, como complemento a la ley 105 de 1993,

nuevamente haciendo énfasis en la seguridad y protección de los usuarios, lo que califica como una prioridad en el sector del transporte (Ley 336, 1996).

Para llevar a cabo un control en la circulación de peatones, pasajeros, ciclistas, motociclistas, usuarios y entidades de control, se implementa la Ley 769 de 2002. Esta Ley permite identificar las autoridades encargadas de vigilar su cumplimiento, los derechos y deberes tanto de las entidades públicas como de los usuarios, el registro nacional ante el RUNT, capacitaciones y enseñanzas, aclarando las especificaciones para el manejo de transporte público y privado, licencias de conducción, requisitos para obtenerla, categorización, causales de suspensión, condiciones tecnicomecánica de los vehículos, clasificación, equipo de carreteras, seguros obligatorios, placas, registro de los mismos, autorizaciones para el cambio de características y lo más importante, normas de comportamiento generales y educación en el tránsito (Ley 769, 2002).

Sin duda alguna, esta ley es muy importante ya que regula el comportamiento de los usuarios en materia de tránsito, haciendo énfasis en el respeto de la señalización, velocidades, clasificación de las vías, maniobras de giro, cambio de carriles, condiciones de los vehículos, mejora del transporte público, uso adecuado del cinturón de seguridad y los elementos complementarios para los usuarios de motocicletas y bicicletas. Cabe aclarar que, mediante esta ley, se regula el tránsito de vehículos de tracción animal, actividades comerciales en vías públicas y desde luego, la protección ambiental (Ley 769, 2002).

Teniendo en cuenta la importancia de la Ley 769 de 2002, con el paso del tiempo se ha procurado mejorar las condiciones a nivel de transporte, por lo cual se han implementado modificaciones mediante las siguientes leyes:

Ley 903 de 2004, que permite cambiar los vehículos de servicio particular a público, para vehículos de carga, camperos o volquetas, por el difícil acceso en algunas zonas del país (Ley 903, 2004).

Ley 1005 de 2006, modificando y reglamentando la inscripción de todos los vehículos ante el RUNT, iniciando por la inscripción de vehículos, hasta las tarifas de recaudo y la forma de establecerlas (Ley 1005, 2006).

Una mejora sustancial para la Ley 769 de 2002, se generalizó mediante la Ley 1383 de 2010, la cual se refiere a las autoridades de tránsito, la jerarquía para asumir funciones y aplicarlas en el territorio nacional, modificaciones para adquirir la

licencia de tránsito, incluyendo pruebas teórico – prácticas y exámenes médicos, revisión y estado de los vehículos, señalización y comportamientos a la hora de conducir, entre otros (Ley 1383, 2010).

Debido a la flexibilidad de las leyes en materia de conductores en estado de embriaguez, así como el aumento de los accidentes de tránsito, la Ley 1548 de 2012 modifica el artículo 152, implementando los grados de alcoholemia de acuerdo a los grados de etanol consumidos por el conductor, así como la implementación de sanciones, de acuerdo al tipo de accidente causado, los heridos en el mismo y la intención de darse a la fuga (Ley 1548, 2012).

Uno de los principales inconvenientes para reducir los índices de accidentalidad, es la falta de educación vial, por tal razón, se implementó la Ley 1503 de 2011 (Modificada por la Ley 2851 de 2013), la cual define lineamientos generales en educación, para promover comportamientos más seguros en las vías, mejorando la armonía entre los actores viales. Mediante esta Ley, se establece una enseñanza obligatoria en todas las entidades estatales, con el fin de promover la constitución y la forma de resolver los conflictos que se pueden presentar, incluyendo los riesgos a los que están expuestos los peatones, pasajeros y conductores (Ley 1503, 2011).

A nivel de movilidad, la infraestructura juega un papel muy importante para el tránsito seguro de los usuarios, por tal razón, la Ley 1682 de 2013, reglamenta los proyectos de infraestructura, la articulación entre los diferentes tipos de transporte, así como el amoblamiento urbano (andenes, separadores, zonas verdes, franjas ambientales, entre otros) (Ley 1682, 2013).

La Ley 1696 de 2013 dicta disposiciones penales para sancionar a los conductores que ejerzan dicha actividad, bajo los efectos de sustancias psicoactivas o alcohol, advirtiendo a los usuarios, que, si se comprueba que el accidente ocurrió bajo los efectos de alguna de estas sustancias, las penas pueden aumentar desde las dos terceras partes, hasta el doble. Las sanciones también pueden implicar la cancelación de la licencia de conducción y las respectivas multas, de acuerdo al grado de alcoholemia (Ley 1696, 2013). La Agencia Nacional de Seguridad Vial es el máximo ente para aplicación de políticas y medidas de seguridad vial y fue creada mediante la Ley 1702 de 2013. La creación de la ANSV permite desarrollar un plan de seguridad vial, que permite mitigar el riesgo de muertes y lesiones de todos los usuarios, ya sea por medios motorizados o no motorizados (Ley 1702, 2013).

Con la implementación de nuevas tecnologías, se busca mejorar el control de los usuarios viales, por tal razón mediante la Ley 1843 de 2017, se instalan sistemas

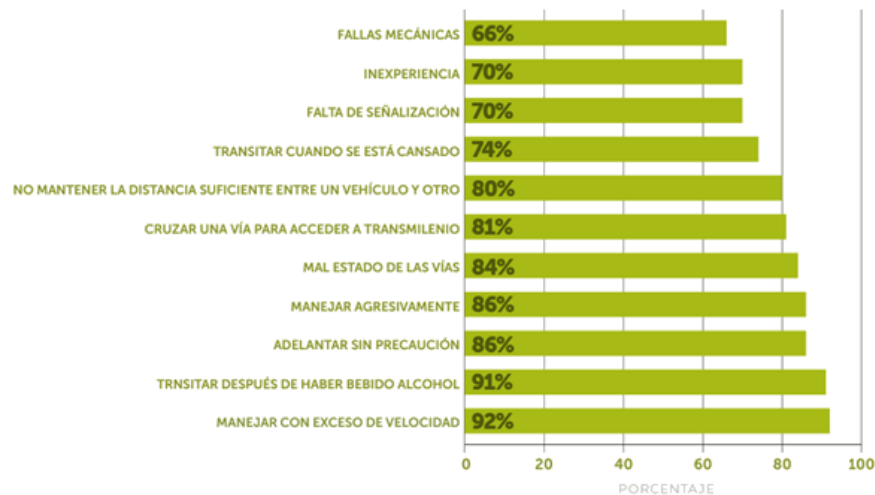
automáticos y otros medios tecnológicos para detectar las infracciones de los conductores. A pesar de que los usuarios están inconformes con este tipo de medidas, el sistema permite identificar los inconvenientes que se pueden presentar a nivel nacional, brindando la oportunidad de atender las emergencias que se presentan en tiempo real y controlar los inconvenientes que se puedan presentar.

7.6. Velocidad

La velocidad juega un papel muy importante en la sostenibilidad de la ciudad, garantizando el desplazamiento seguro de los actores viales. De acuerdo a la Ley 769 de 2002, el límite de velocidad en vías urbanas es de 80 km/h.

De acuerdo con la encuesta de percepción de riesgos viales 2019, realizada por la Alcaldía de Bogotá, se considera que las causas más frecuentes de siniestros viales, son el exceso de velocidad y conducir bajo los efectos del alcohol, como se muestra en la Figura 7.

Figura 7. Causales de siniestros viales.



Fuente: Encuesta de Percepción del Riesgo Vial 2019 – Secretaría Distrital de Movilidad [SDM]

Mediante el Decreto 126 de 2020, artículo 5 del de la Alcaldía de Bogotá, se estableció una velocidad máxima de 50 km/h, realizando las siguientes excepciones:

- Carriles para el uso exclusivo de vehículos de transporte público masivo: 60 km/h
- Zonas residenciales, escolares, proximidades a intersecciones, zonas con altos volúmenes peatonales y biciusuarios, zonas con reducción de visibilidad y de concentración de personas: 30 km/h

- Corredores que tengan un límite de velocidad inferior.
- “Corredores de la Calle 26, Autopista Norte, Carrera 7ª entre calles 93 y 95, Autopista Sur entre la carrera 74G y el límite con el Municipio de Soacha: 60 km/h” (Decreto 126, 2020, Art. 5).

7.7. Infraestructura Vial

La infraestructura vial es un insumo necesario para el crecimiento económico, garantizando la comunicación entre todas las regiones del país. La infraestructura del transporte es un sistema integrado por un conjunto de bienes tangibles e intangibles, caracterizados por ser eficientes, multimodales, sostenibles ambientalmente, seguros y de acceso a todas las personas y cargas, facilitando el transporte en todos sus modos (Ley 1682, 2013).

La infraestructura vial urbana, cuenta con la capacidad de implementar los sistemas de transporte público, sistemas integrados de transporte masivo, transporte público y transporte privado. Con el fin de integrar a todos los actores viales, la infraestructura vial contempla andenes, separadores, zonas verdes áreas de control ambiental, áreas de parqueo, ciclorrutas, paraderos, estaciones, terminales, entre otros (Ley 1682, 2013).

Una de las características principales de la infraestructura vial, es la accesibilidad a todos los modos de transportes de la población en general, haciendo énfasis en las personas con movilidad reducida.

Los andenes son franjas longitudinales destinados a la circulación de peatones, paralelos a las calzadas vehiculares que se articulan con otros elementos del espacio público como ciclorrutas, elementos ambientales, entre otros (Alcaldía de Bogotá, 2018). Bogotá es una ciudad que implementar una movilidad sostenible, privilegiando los desplazamientos en modos de transportes activos, de cero y bajas emisiones («Plan de Ordenamiento Territorial - POT», 2021).

Las vías ciclísticas, son aquellas destinadas únicamente para la circulación de bicicletas, evitando el traslapo con los demás usuarios. Las ciclorrutas se pueden encontrar a nivel de calzada, a nivel del andén o a nivel intermedio, unidireccional o en doble sentido, siempre llevando algún tipo de segregación física. Las ciclobandas son segregadas visualmente a través de marcas viales, color o similares. Una ciudad ciclo – inclusiva, es aquella en la que cualquier persona puede utilizar la bicicleta como medio de transporte, de forma cómoda y segura (Ministerio de Transporte, 2016).

7.8. Accidentalidad

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2021), cada año pierden la vida 1.3 millones de personas a causa de accidentes de tránsito, así como entre 20 y 50 millones de personas, sufren traumatismos que en ocasiones provocan una discapacidad.

Los factores de riesgo más comunes, son los relacionados con el exceso de velocidad, conducir abajo los efectos del alcohol o sustancias psicoactivas, no utilizar los elementos de seguridad como cascos, chalecos reflectivos, cinturón de seguridad, entre otros. Las distracciones ocasionadas por el uso de teléfonos móviles cada vez son más frecuentes entre los conductores, ocasionando cambios en la velocidad en la trayectoria, tendencias a no mantenerse en el carril correcto y disminuir las distancias con los vehículos aledaños (OMS, 2021).

El cumplimiento de las normas de tránsito, permite reducir los índices de accidentalidad, sin embargo, las cifras no son alentadoras, ya que, de acuerdo a la Agencia de Seguridad Vial, en el año 2020 se presentaron 14458 lesionados y 3596 fallecidos en accidentes de tránsito. Para lo recorrido en el año 2021 hasta el mes de octubre, se han presentado 13545 lesionados y 5256 fallecidos, como se observa en la Tabla 2 y Tabla 3.

Tabla 2. Fallecidos en accidentes de tránsito – 2020 – 2021

Actor vial	2020	2021
Usuario de moto	1859	3128
Peatón	747	1147
Usuario de vehículo	448	576
Usuario de bicicleta	283	339
Otros	4	8
Sin información	255	58
Total	3596	5256

Fuente: Elaboración propia con información de la Agencia Nacional de Seguridad Vial
Tabla 3. Lesionados en accidentes de tránsito – 2020 – 2021

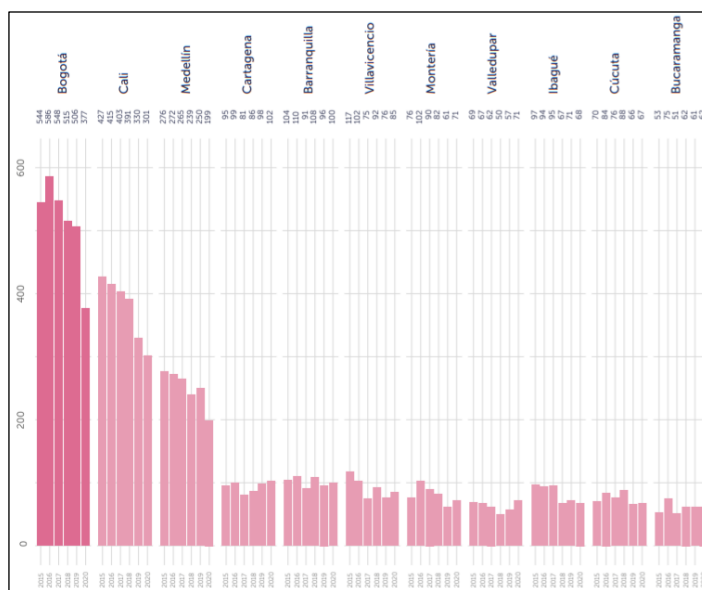
Actor vial	2020	2021
Usuario de moto	8645	8413
Peatón	2338	1944
Usuario de vehículo	1183	2048
Usuario de bicicleta	1418	1124
Otros	874	16
Total	14458	13545

Fuente: Elaboración propia con información de la Agencia Nacional de Seguridad Vial

Los motociclistas y biciusuarios son los actores viales que aportan un mayor número de víctimas fatales con relación al año anterior. De igual forma, las cifras de lesionados son muy cercanas a las del año 2020, lo cual refleja que no existe una disminución de accidentes en las vías Nacionales, a pesar de las múltiples campañas de seguridad vial y control en cuanto al cumplimiento de las normas de tránsito (ANSV, 2021).

De acuerdo con el DANE, Bogotá cuenta con 7.743.955 habitantes, siendo la ciudad con mayor población del país, por consiguiente, es la ciudad con mayor número de muertes en las vías del país, seguida por Cali y Medellín, como se observa en la Figura 8.

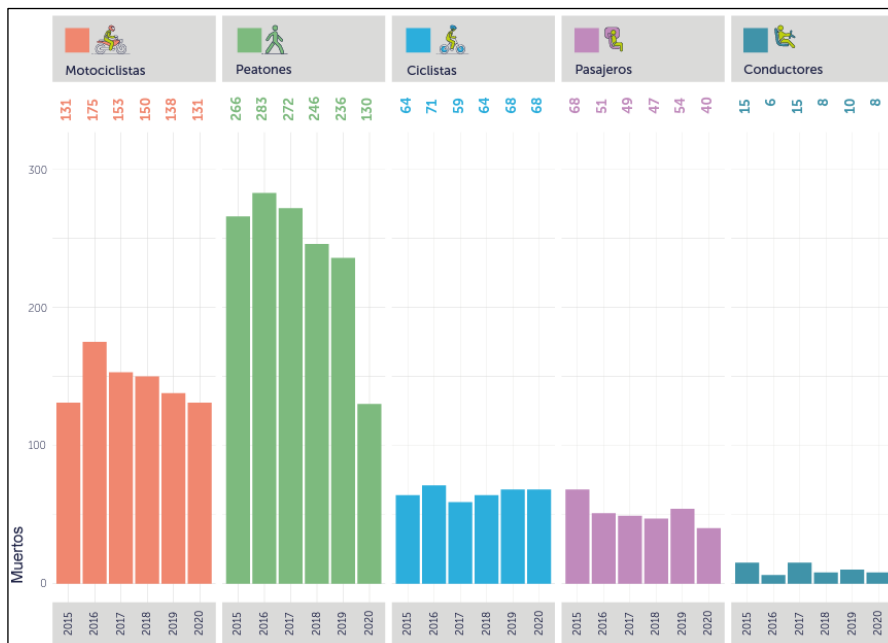
Figura 8. Ciudades con mayor número de muertes por siniestros viales – 2015 - 2020.



Fuente: Anuario de Siniestralidad 2020

Durante el año 2020, en Bogotá se registraron 377 víctimas fatales en accidentes de tránsito, de los cuales 131 corresponden a motociclistas, 130 peatones, 68 ciclistas, 40 pasajeros y 8 conductores (Anuario de Siniestralidad, 2020). En la Figura 9, se observan las víctimas fatales en Bogotá, durante el periodo comprendido entre el 2015 y 2020.

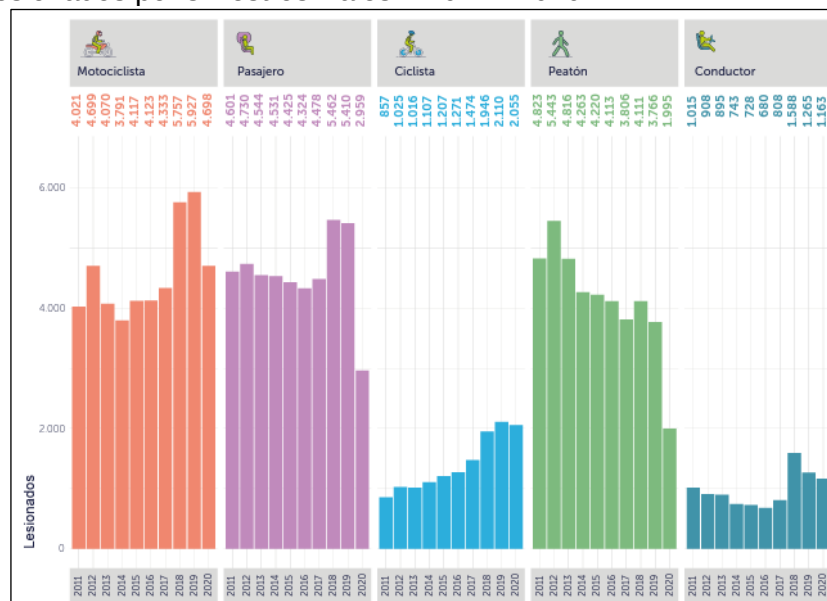
Figura 9. Muertes por siniestros viales – 2015 - 2020



Fuente: (Secretaría Distrital de Movilidad, 2020)

Durante el año 2020, se registraron 12870 lesionados por siniestros viales en Bogotá, de los cuales 4698 eran motociclistas, 2959 peatones, 2055 biciusuarios, 1995 peatones y 1163 conductores, como se observa en la Figura 10.

Figura 10. Lesionados por siniestros viales – 2011 - 2020



Fuente: (Secretaría Distrital de Movilidad, 2020)

Actualmente, la localidad de Kennedy, es la que presenta un mayor número de concentraciones de accidentes en la ciudad, seguida por las localidades de Suba y Engativá, como se observa en la Tabla 4.

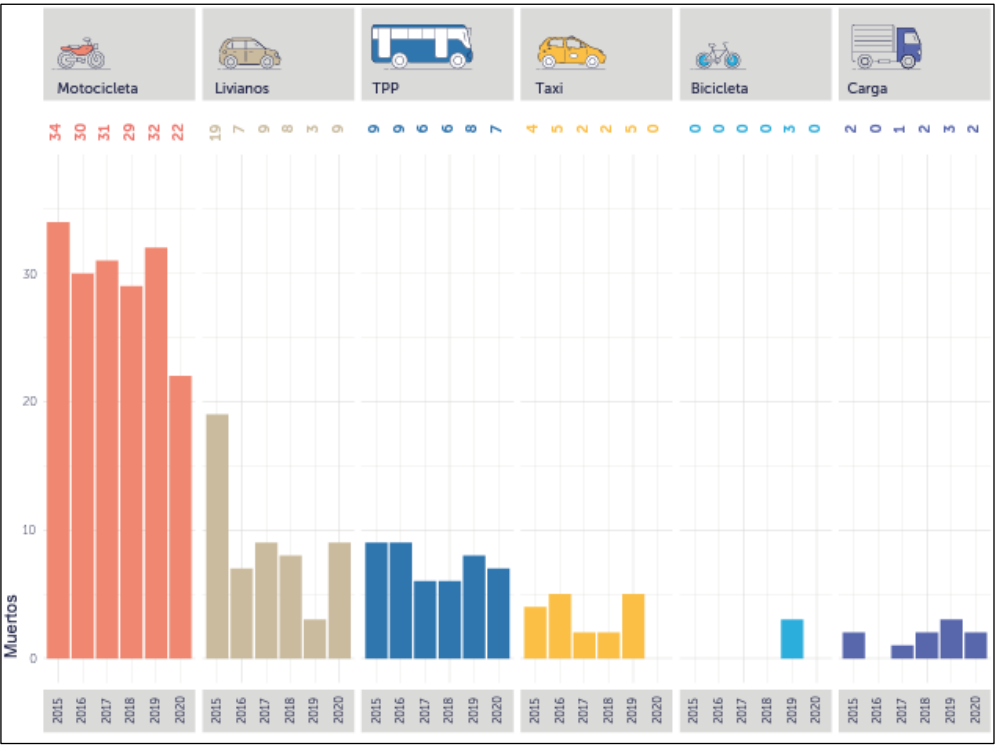
Tabla 4. Accidentes fatales por localidad – 2015 – 2020

Localidad	Siniestros Viales					
	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Antonio Nariño	278	278	296	390	292	278
Barrios Unidos	494	471	414	613	516	331
Bosa	665	683	676	914	902	665
Candelaria	62	52	52	55	76	42
Chapinero	449	489	386	507	529	283
Ciudad Bolívar	643	651	585	658	740	549
Engativá	1175	996	1011	1275	1137	730
Fontibón	605	643	633	800	800	550
Kennedy	1482	1547	1630	1688	1740	1266
Los Mártires	388	421	405	483	441	297
Puente Aranda	760	793	813	915	952	640
Rafael Uribe Uribe	436	464	444	428	502	363
San Cristóbal	452	427	406	550	620	401
Santa Fé	324	363	358	462	441	250
Suba	1061	997	958	1141	981	797
Sumapaz				1	2	2
Teusaquillo	541	458	453	599	526	306
Tunjuelito	398	425	390	436	517	358
Usaquén	710	692	681	833	797	513
Usme	344	295	328	361	352	310

Fuente: (Secretaría Distrital de Movilidad, 2020)

Con respecto a los pasajeros fallecidos, los usuarios de la motocicleta registran la mayor cantidad de víctimas, con un total de 22 para el año 2020, aunque se disminuyó el número con respecto a los anteriores años se convirtió en el actor vial como más víctimas fatales como se observa en la Figura 11.

Figura 11. Pasajeros fallecidos en Bogotá por siniestros viales – 2015 – 2020



Fuente: (Secretaría Distrital de Movilidad, 2020)

8. METODOLOGÍA

La ejecución del proyecto se divide en 3 Fases:

Fase I

La fase I corresponde a la adquisición de información suministrada por la Secretaría Distrital de Movilidad, correspondiente a las cifras oficiales de los accidentes viales ocurridos en el periodo 2015 – 2019, y a información de tipo vectorial para el análisis geográfico de los datos.

Fase II

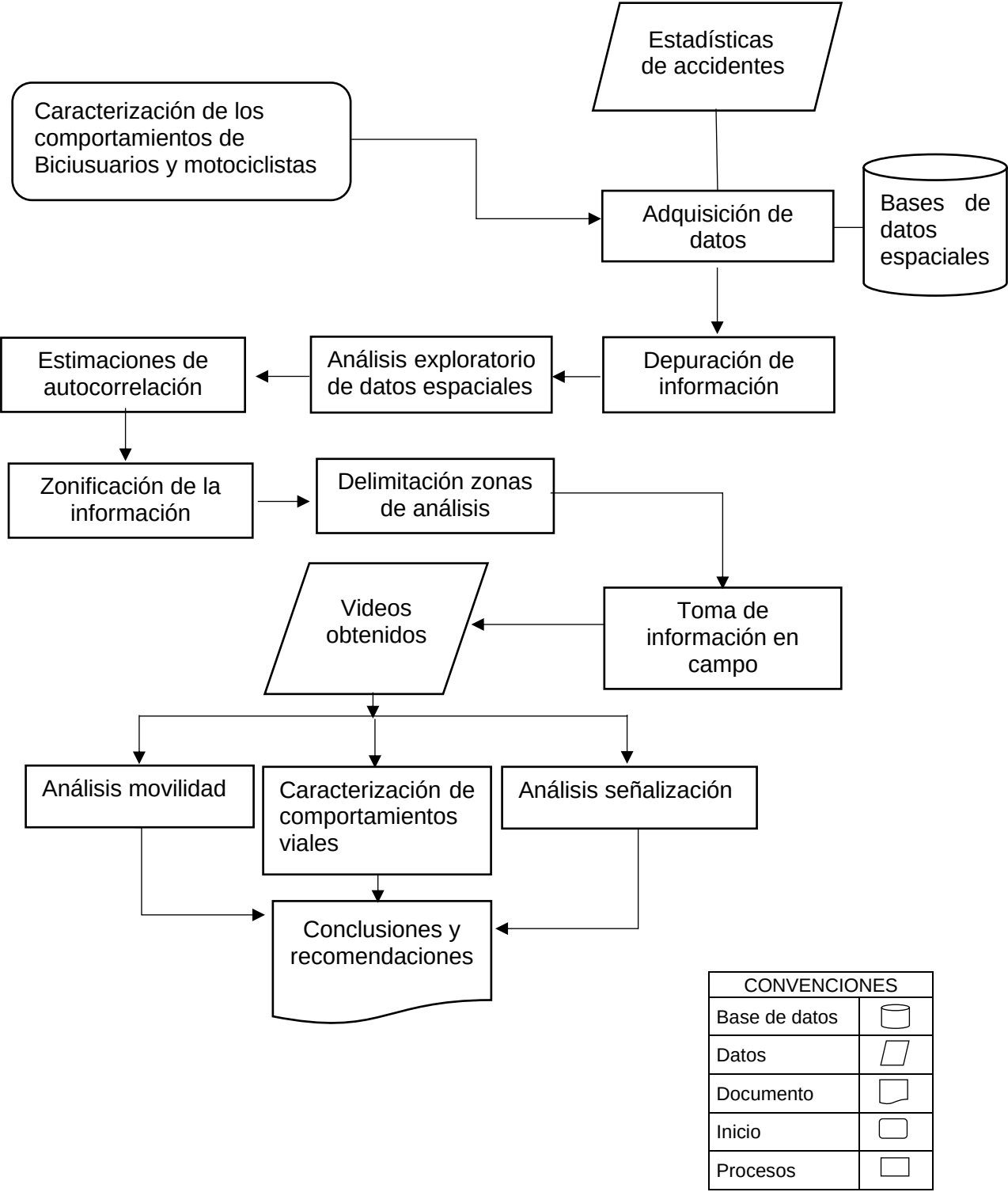
Por medio de procesos geoestadísticos, se realiza un análisis exploratorio de datos espaciales, análisis determinístico por el método de predicción por distancia inversa, índice de Moran y el análisis de Hotspots, identificando las dos zonas con mayor concentración de accidentes.

Fase III

Toma de información en campo por medio de cámaras de video sobre los dos puntos localizados en la Fase II. Realizar un análisis de la información obtenida con respecto a la movilidad, caracterización del comportamiento de los biciusuarios y motociclistas y análisis de señalización.

Generación de conclusiones y recomendaciones de la información obtenida en campo. A continuación, en la Figura 12 se observa el procedimiento metodológico a desarrollar.

Figura 12. Proceso metodológico.



Fuente: Elaboración propia

9. DETERMINACIÓN PUNTOS DE INTERÉS

En este capítulo se especifica los métodos y procesos realizados para la obtención de dos puntos de interés con mayor accidentalidad para biciusuarios y motociclistas, detallando las fuentes de información, las variables de interés y el proceso de selección de estos, mediante el análisis exploratorio de datos espaciales.

9.1. Información Base

Para la ejecución de esta investigación se utilizaron los datos de accidentalidad de la ciudad de Bogotá proporcionados por la Secretaría Distrital de Movilidad, los cuales son obtenidos de la base de datos del Sistema de Información Geográfica de Accidentes de Tránsito de Bogotá – SIGAT II, que tienen los accidentes reportados por la Policía de Tránsito por medio de IPAT (Informe Policial de Accidentes de Tránsito) de acuerdo a la Resolución 11268 de 2012 del Ministerio de Transporte, de acuerdo al radicado SDM-DIM-103739-2020, son capas georreferenciadas de siniestros viales en los cuales se ha visto involucrado por lo menos un motociclista y un ciclista, víctimas lesionadas y fallecidas desde el año 2016 hasta el año 2019.

Revisando la información suministrada por esta entidad sobre los datos de accidentes de tránsito, se encontró que vienen en una geometría tipo punto con coordenadas geográficas Datum MAGNA SIRGAS, relacionando 37.854 siniestros viales; en la Tabla 5 se observan los atributos que contiene esta capa.

Tabla 5. Atributos siniestros viales SIGAT II.

Nombre del Atributo	Descripción del Atributo
Codigo_Acc	Identificador del evento
Fecha_Ocur	Fecha de ocurrencia del evento
Hora_Ocurr	Hora de ocurrencia del evento
Ano_Ocurre	Año de ocurrencia del evento
Mes_Ocurre	Mes de ocurrencia del evento
Dia_Ocurre	Día de ocurrencia del evento
Dirección	Dirección en el lugar del siniestro vial
Gravedad	Gravedad del siniestro vial (Con heridos, con muertos, solo daños)
Clase_Acc	Clase del siniestro vial (Atropello, autolesión, caída de ocupante, choque, incendio, otro, volcamiento)
Localidad	Localidad en donde ocurrió el siniestro vial
Municipio	Municipio en donde ocurrió el siniestro vial
Fecha_Hora	Hora de ocurrencia del evento
Latitud	Latitud de la ubicación del siniestro vial
Longitud	Longitud de la ubicación del siniestro vial
Pk_Calzada	

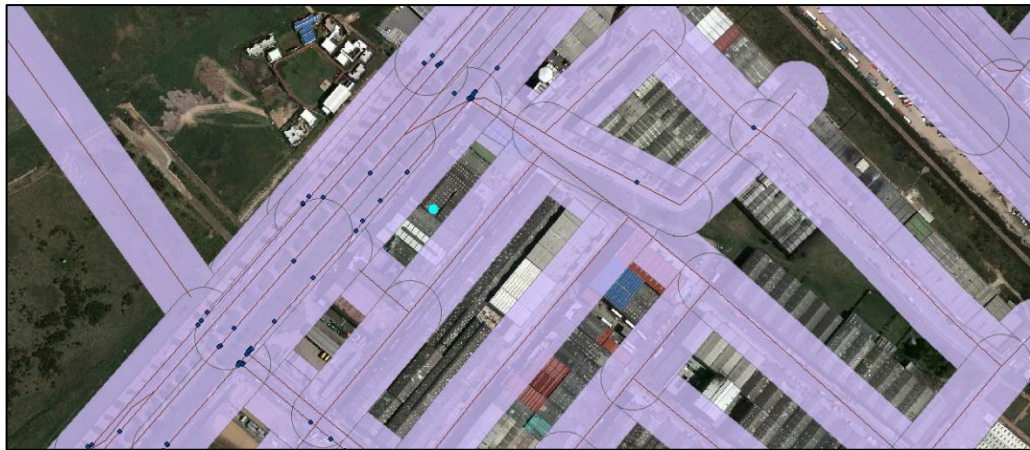
Fuente: Elaboración propia con información del SIGAT II

Para realizar la validación y depuración de la información de siniestros viales se estructuraron los eventos en un base de datos geográficas y se proyectaron los datos a coordenadas planas del sistema de referencia MAGNA Colombia Bogotá esto se hace con el fin de facilitar las operaciones espaciales, como segundo ítem se utilizó la capa de malla vial integral obtenida de la página de datos abiertos de Bogotá (www.datosabiertos.bogota.gov.co), esto con el fin de validar que todos los accidentes viales efectivamente se encuentren sobre la malla vial, mediante la implementación de la herramienta Buffer en sistemas de información geográfica SIG.

- Implementación de Buffers

Por medio del uso de esta herramienta de proximidad, se realiza un cruce de capas entre la malla vial y los puntos de los siniestros viales creando una zona de influencia a la capa de vías de 30 metros, obteniendo así un ancho de 60 m con el objetivo de garantizar que los puntos seleccionados se encuentran espacialmente sobre las vías, debido a que la capa de malla vial es de tipo línea y las zonas de influencia creadas son de tipo polígono permitiendo realizar este análisis como se observa en la Figura 13, de esta forma se depuraron los puntos que se ubicaban fuera de estos buffers. Una vez realizado este procedimiento, se obtuvieron 37.806 datos.

Figura 13. Buffer malla vial.



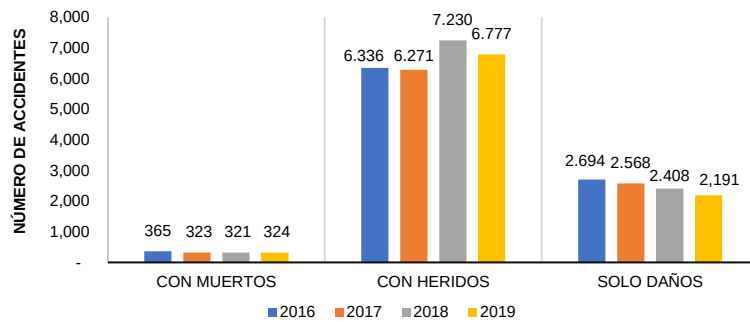
Fuente: Elaboración propia

- Distribución de los siniestros viales

En el análisis de los datos se tomó en cuenta el campo “Gravedad” de los atributos de la capa de puntos de los accidentes de tránsito, el cual se refiere al tipo de siniestro que sufrieron los diferentes tipos de actores viales, en este caso los biciusuarios y motociclistas, este campo se distribuye en tres grupos: solo heridos, con daños y con muertos. En la Figura 14 y Figura 15 se puede observar la distribución de los datos para el periodo de tiempo 2016 al 2019, destacando que la

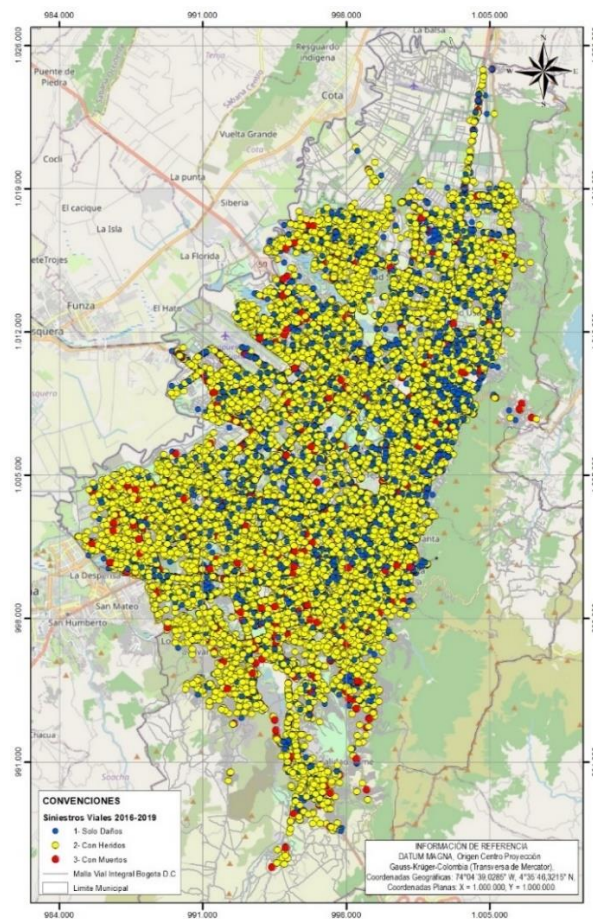
mayoría de los eventos fueron únicamente heridos con una participación de más del 70 %; también que en el año 2018 hubo una mayor cantidad de accidentes de tránsito en comparación con los diferentes años de estudio, llegando a reportar hasta 9.959 casos.

Figura 14. Accidentes por tipo de gravedad.



Fuente: Elaboración propia

Figura 15. Distribución espacial de siniestros viales 2016-2019.



Fuente: Elaboración propia

9.2. Análisis Exploratorio De Datos

Para este componente se realiza técnicas de análisis exploratorio de datos espaciales (AEDE) como la implementación de clústeres espaciales (hotspots), histogramas de frecuencias, análisis de autocorrelación espacial como los índices de Moran y el método de interpolación IDW (Ponderación de distancia inversa), con el fin de obtener los dos puntos con mayores incidentes de accidentalidad.

- Clústeres espaciales hotspots

Una vez depurada los datos espaciales de los accidentes de tránsito se le asigna una clasificación numérica con base en el campo llamado “Gravedad”, creando un nuevo campo en la tabla de atributos al cual se le asigna un valor o peso dependiendo de la gravedad de los accidentes de tránsito los valores asignados son los siguientes:

- 1- Solo Daños
- 2- Con Heridos
- 3- Con Muertos

Estos análisis se realizan en el software ArcGIS, en donde se crea una nueva capa de entidades que tienen unos atributos de z-score, p-value y un bin de nivel de confianza (Gi_Bin). Los valores que se generan en z-score y p-value permiten negar la hipótesis nula con relación a la organización espacial de los métodos de muestra, esto quiere decir que la hipótesis nula indica que la distribución espacial de los eventos se da de forma netamente aleatoria, al negar esta hipótesis se confirma que no existe aleatoriedad y que los datos se pueden agrupar espacialmente desde el punto de vista estadístico con su correspondiente valor de confianza (Vicens, 2019).

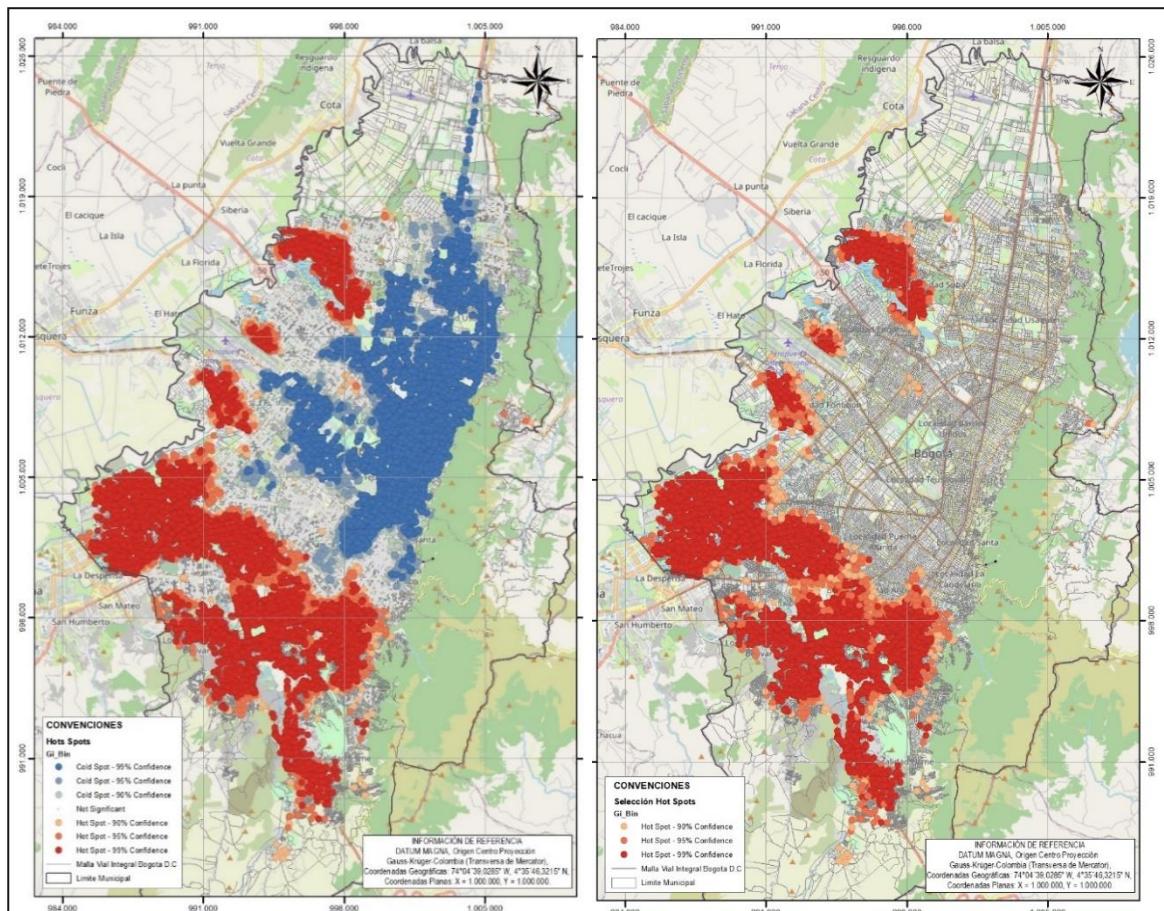
Si el p-value es muy pequeño se puede rechazar la hipótesis nula, debido a que representa la probabilidad de que un evento se haya creado por medio de un proceso aleatorio, si es muy baja quiere decir que es poco probable esta afirmación.(Molina Arias, 2017). Por su parte el z-score representan desviaciones estándar a medida que sea más alta (o más baja) la puntuación z, más fuerte va a ser el clustering. Un z-score cercano a cero sugiere que no hay un clustering espacial evidente (esri, s. f.-b).

El Gi_Bin determina puntos calientes y puntos fríos estadísticamente significativos, los colores azul y rojo que se observan a la izquierda de la Figura 16 representan

los coldspots y hotspots, el color gris hace referencia a los valores con un bin en 0 lo cual refleja que no es estadísticamente significativo. “Los datos en los bins ± 3 muestran una importancia estadística con un nivel de confianza del 99 por ciento; las entidades en los bins ± 2 bins reflejan una importancia estadística con un nivel de confianza del 95 por ciento; las entidades en los bins ± 1 bins reflejan una importancia estadística con un nivel de confianza del 90 por ciento” (esri, s. f.-a).

Para realizar este estudio se excluyeron los datos con un valor bin menor e igual a 0, es decir los valores que no son significativos y los coldspots. De esta manera se depuraron 23.717 datos, de los cuales 10.950 puntos no eran significativos y 12.767 representaba un comportamiento por debajo de la media global de los datos, y que a su vez están rodeados de vecinos que también se encuentran por debajo de la media. En Figura 16 se observa la generación y distribución de estos clústeres espaciales y la depuración de los eventos, obteniendo 14.089 datos que representan los hotspots en el mapa de lado derecho.

Figura 16. Mapa Hot y Cold Spots (izq) y Mapa Hotspots significativos (der).



Fuente: Elaboración propia

Una vez se tiene la información de los hotspots en la ciudad de Bogotá D.C., se realiza una clasificación a esta capa por el atributo Z-score, lo cual nos permite observar un clustering espacial de valores altos, es decir que tienen entidades agrupadas relacionadas.

Para los 14.089 datos, se encontraron rangos en el Z-score de 1.6 a 7.7, estos valores se dividieron por quintiles y se les asignó una clasificación, en la Tabla 6 se observa la distribución de estos rangos por clasificación asignada, las cuales fueron desde muy bajo hasta muy alto. Se observa que la mayor concentración de entidades está en los rangos de alto y muy alto, mostrando así una autocorrelación espacial.

Tabla 6. Clasificación datos Z-score.

Rangos Z-score	Clasificación	N° Datos
1,6 - 2,5	Muy bajo	2.763
2,6 - 3,3	Bajo	2.979
3,4 - 4,0	Moderado	2.538
4,1 - 4,8	Alto	2.973
4,9 - 7,7	Muy Alto	2.836
Total de Datos		14.089

Fuente: Elaboración propia

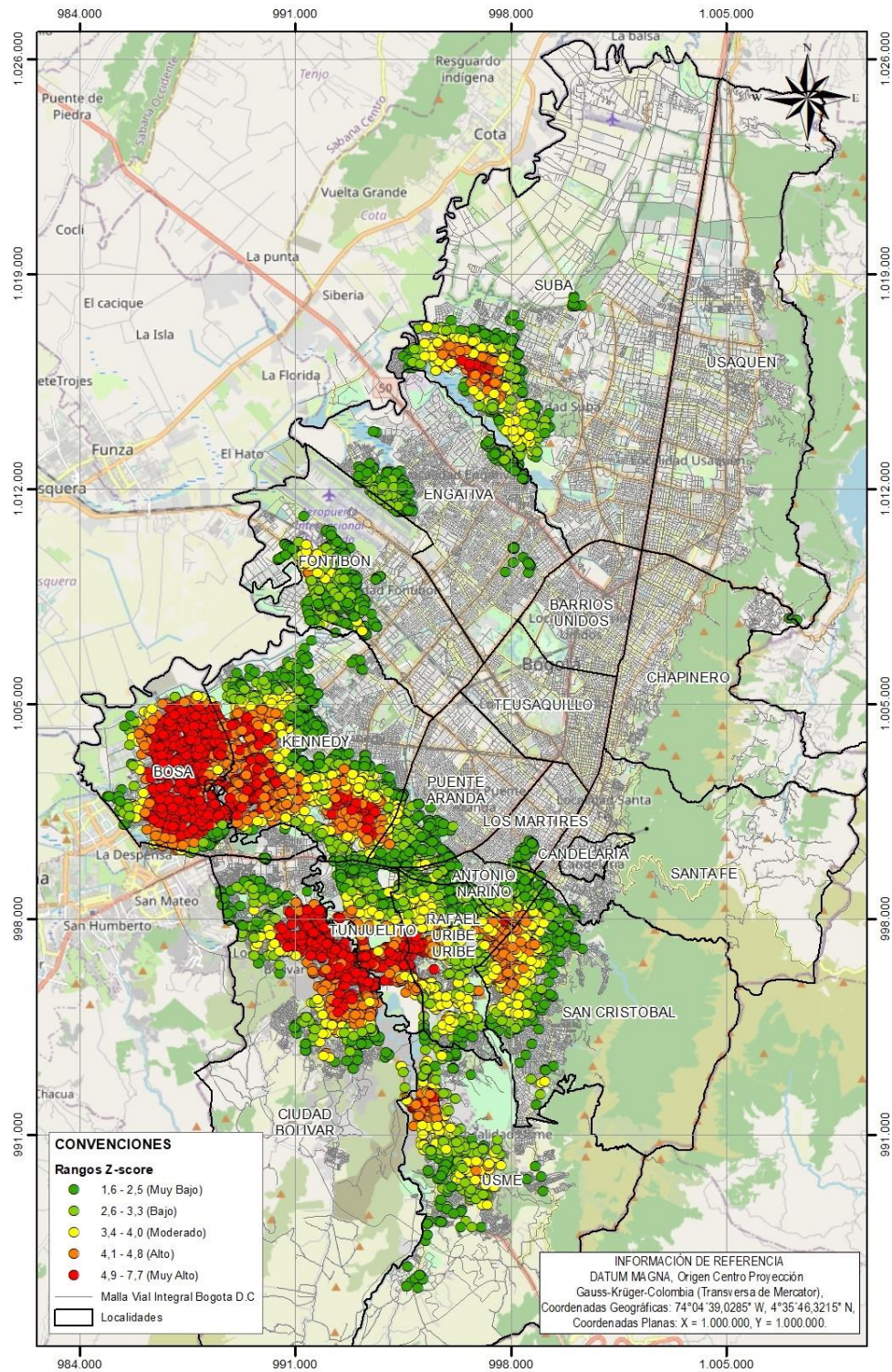
Con el fin de evidenciar la distribución espacial de estos eventos se le asigna un color a cada tipo de clasificación para la variable Z-score como se observa en la Tabla 7 y se representa en la Figura 17. En este mapa se muestra que la mayoría de los puntos están ubicados en el sur de la ciudad en las localidades de Kennedy, Bosa y Ciudad Bolívar.

Tabla 7. Asignación de leyenda por tipo de clasificación.

Rangos Z-score	Clasificación	Leyenda
1,6 - 2,5	Muy bajo	
2,6 - 3,3	Bajo	
3,4 - 4,0	Moderado	
4,1 - 4,8	Alto	
4,9 - 7,7	Muy Alto	

Fuente: Elaboración propia

Figura 17. Mapa de distribución de puntos por rangos Z-score.



Fuente: Elaboración propia

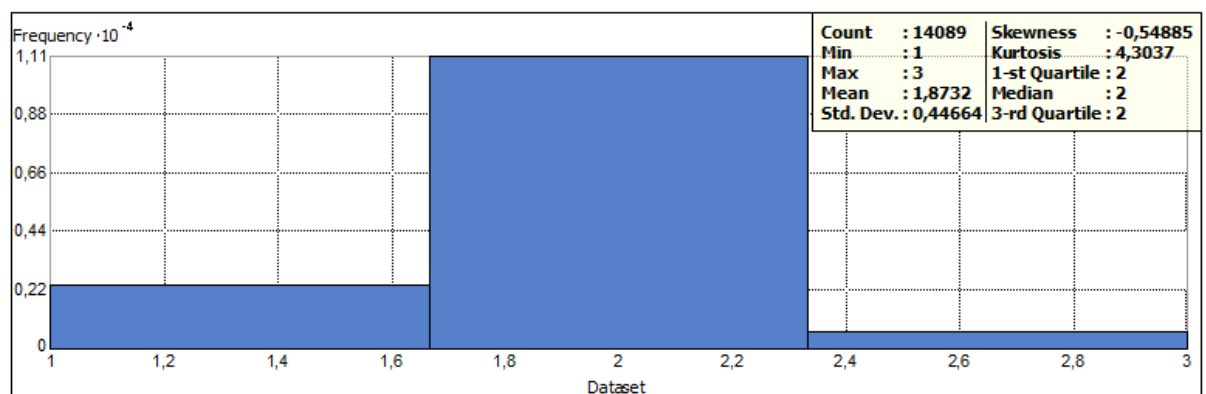
- Histogramas

Este análisis de datos se realiza a los 14.089 eventos, los cuales fueron el resultado del proceso de hotspots, el histograma corresponde a un gráfico de barras que relaciona la frecuencia de datos de naturaleza continua. Las barras simbolizan la distribución del conjunto de eventos de tránsito, en el eje X representa el rango de frecuencias absolutas y en el eje Y los intervalos de clases, los cuales se dividieron en 3.

En la Figura 18, se puede observar que el análisis se realizó con el atributo gravedad, en donde el valor mínimo de los datos está representado por 1 (solo daños) y el máximo es representado por 3 (Con muertos) que corresponden al valor asignado a cada evento, la clase que tiene la mayor frecuencia es la 2 que equivale al grupo de solo heridos

También se ejecuta el cálculo de valores estadísticos, en donde la media de estos datos dio un valor de 1.8732, desviación estándar fue de 0.44664 mostrando una tendencia de los datos al grupo de gravedad llamado “Con heridos” y “Solo Daños”, en donde los casos de víctimas fatales son reducidos, el nivel de asimetría es negativo, la curtosis tuvo un valor de 4.3037 mostrando que los datos se distribuyen de una forma lePuntocúrtica, es decir que existe una gran concentración de valores alrededor del promedio.

Figura 18. Histograma de frecuencias.



Fuente: Elaboración propia

9.2.1. Autocorrelación espacial

La autocorrelación espacial se da cuando una “variable muestra un patrón regular en un espacio determinado, en donde sus valores en un conjunto de ubicaciones dependen de los valores de esa misma variable en otras ubicaciones”, esta definición fue dada por (Odland,2020,p. 7).

Existen diferentes tipos de índices que sirven para evidenciar el agrupamiento de las variables en donde se rechaza la hipótesis nula de que los eventos estudiados se distribuyen de manera aleatoria. Los índices analizados son I Moran y Getis-Ord G.

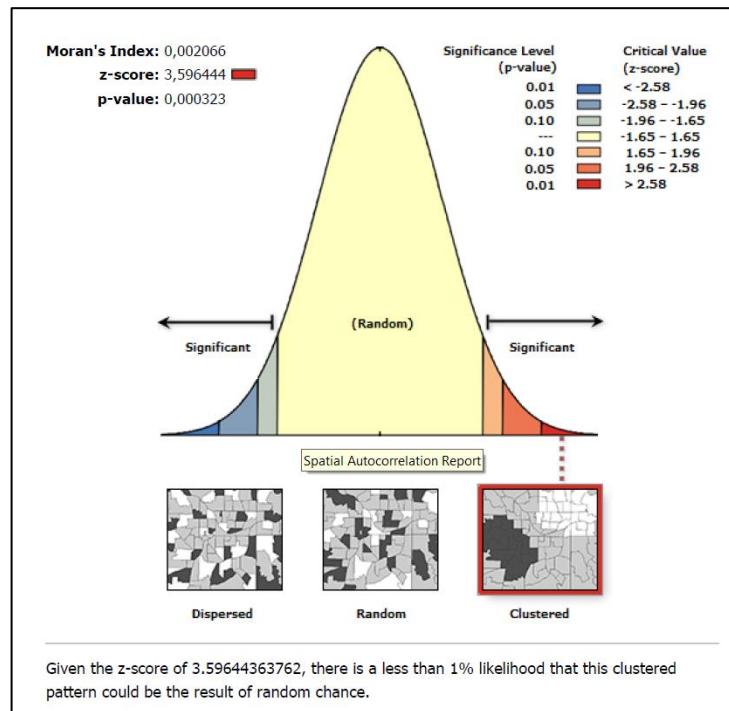
- Índice de Moran

Este índice analiza la autocorrelación de una variable entre los valores vecinos más cercanos, estos valores varían entre -1.0 y +1.0, cuando I es positivo muestra una agrupación de valores similares, mientras si I es negativo muestra una agrupación de valores diferentes una tendencia hacia la dispersión, cuando es de cero significa que no existe una autocorrelación espacial (López, 2021). Estos valores vienen asociados con un p-value y un z-score.

Cuando el p-value es muy pequeño, significa que es muy poco probable los eventos observados sea el resultado de procesos aleatorios, por lo tanto, puede rechazar la hipótesis nula (Molina Arias, 2017). En cambio, si el z-score es muy pequeño no existiría la suficiente evidencia estadística para rechazar esta hipótesis.

En la Figura 19 se observa el análisis de los datos de accidentes obtenidos después del proceso de hotspots. Se evidencia que p-value es estadísticamente significativo mientras z-score tiene valores mayores que cero, de esta forma se rechaza la hipótesis nula de estos datos observados debido a que es muy poco probable que el patrón espacial observado sea resultado de procesos aleatorios, también el índice de Moran es mayor a cero, lo que representa una autocorrelación espacial de los datos.

Figura 19. Reporte Índice de Moran.



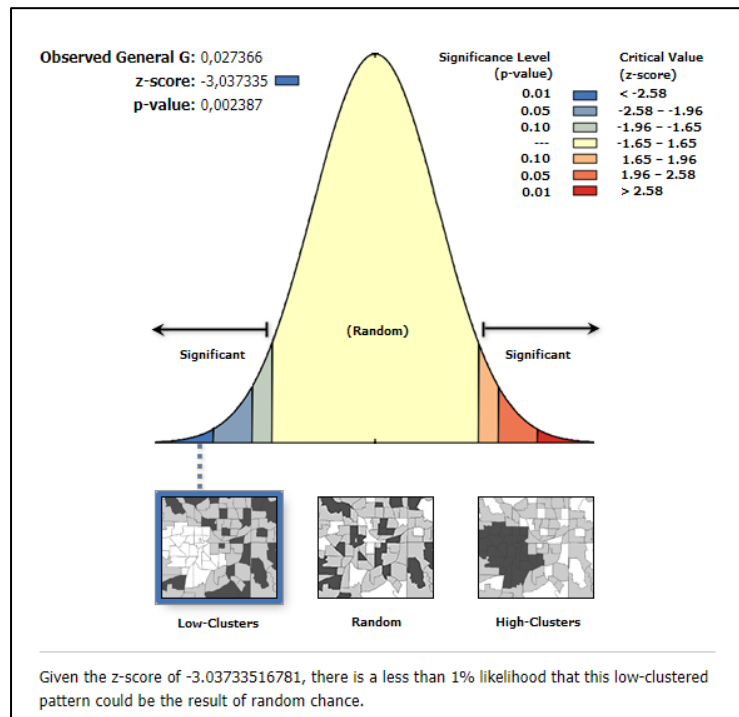
Fuente: Elaboración propia

- Getis-Ord G

Este índice de autocorrelación global calcula la interacción espacial en una región con los valores de esa misma variable en regiones cercanas, se diferencia del Índice de Moran porque solo identifica la autocorrelación espacial positiva, donde las regiones tienen un valor similar a sus vecinos, esta autocorrelación sucede cuando existen regiones con valores altos, cerca de otras regiones con valores altos es decir una autocorrelación espacial positiva alta, y la otra opción es la autocorrelación espacial positiva baja que sucede en regiones con valores bajos cerca de otras regiones con valores bajos (López, 2021).

En este caso un z-score positivo indica agrupación espacial de valores altos, mientras que un z-score negativo indica agrupación espacial de valores bajos. Cuando el p-value es estadísticamente significativo y la puntuación z es negativa, puede rechazarse la hipótesis nula (esri, s. f.-a), como se observa en la Figura 20 en donde se da un valor negativo de z-score y un p-value significativo, lo que muestra que la concentración de los puntos se está dando por los valores bajos.

Figura 20. Reporte Getis-Ord G (Clustering alto/bajo)



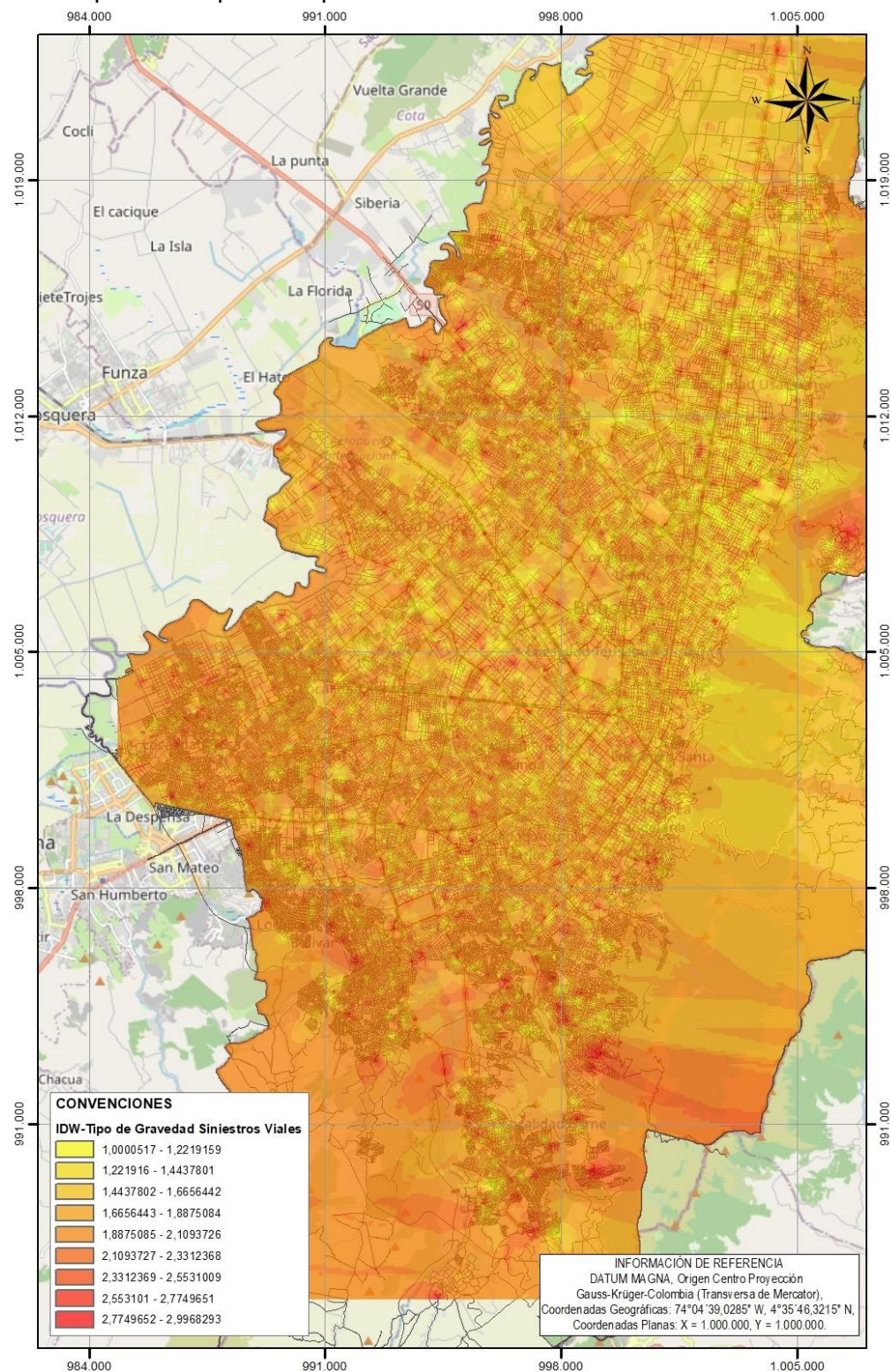
Fuente: Elaboración propia

9.3. Interpolación por Distancia Inversa Ponderada (IDW)

Este proceso se realizó para los eventos obtenidos después de la validación de la información es decir para los 37.806 datos, utilizando el atributo de gravedad. El IDW parte de la teoría de que el valor de un atributo o variable que es desconocido es un promedio de los valores de sus vecinos más cercanos, partiendo del supuesto de que son más parecidos, obteniendo un mayor peso sobre análisis del punto a estimar que sus vecinos más alejados (Murillo et al., 2012).

A continuación, en la Figura 21 se observa el mapa obtenido para la agrupación de los eventos que se encuentran clasificados en solo daños, heridos y víctimas fatales.

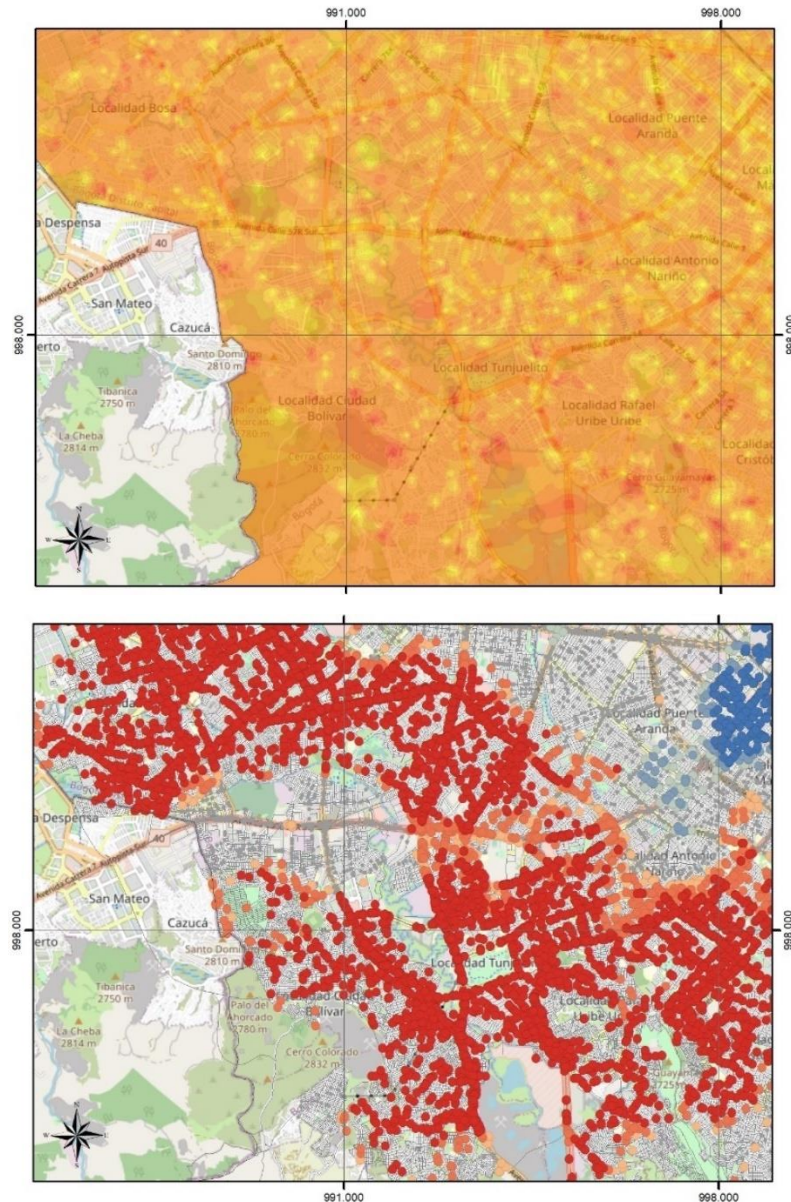
Figura 21. Mapa de Interpolación por Distancia Ponderada.



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 22 se observa la comparación de las zonas por IDW y Hotspots, por el atributo de tipo de gravedad en donde se ve la relación de estos dos métodos, en la parte del IDW el color rojo intenso se evidencian incidentes de mayor gravedad los cuales denotan las mismas zonas que corresponden a los hotspots, mientras las zonas con tonos amarillos tienen relación con los coldspots y los puntos que no son significativos.

Figura 22. Comparación IDW- Hotspots.



Fuente: Elaboración propia

9.4. Mallas de Cuadrícula

Con el objetivo de ver la concentración de número de accidentes por zonas, se crea una malla cuadriculada para los siniestros viales, de tal manera poder realizar un conteo de eventos por cada cuadro generado, esta malla se creó con una dimensión de 30 m x 30 m, debido a la zona de influencia que tiene una vía brindando de esta forma una estructura teselada que nos permita realizar este muestreo en la malla vial de Bogotá D.C.

El conteo se ejecuta mediante un procedimiento llamado unión espacial que permite unir los atributos de dos entidades según su ubicación espacial relativa, como se observa en la Figura 23.

Figura 23. Malla cuadricular.



Fuente: Elaboración propia

9.5. Zonificación puntos Accidentalidad

Para este procedimiento se rasteriza la información obtenida del mapa de Hotspots y las mallas de cuadrículas las cuales se encuentran en formato vector, para así poder realizar un álgebra de mapas junto con el IDW, y encontrar las zonas con mayor accidentalidad vial para biciusuarios y motociclistas.

- Reclasificación

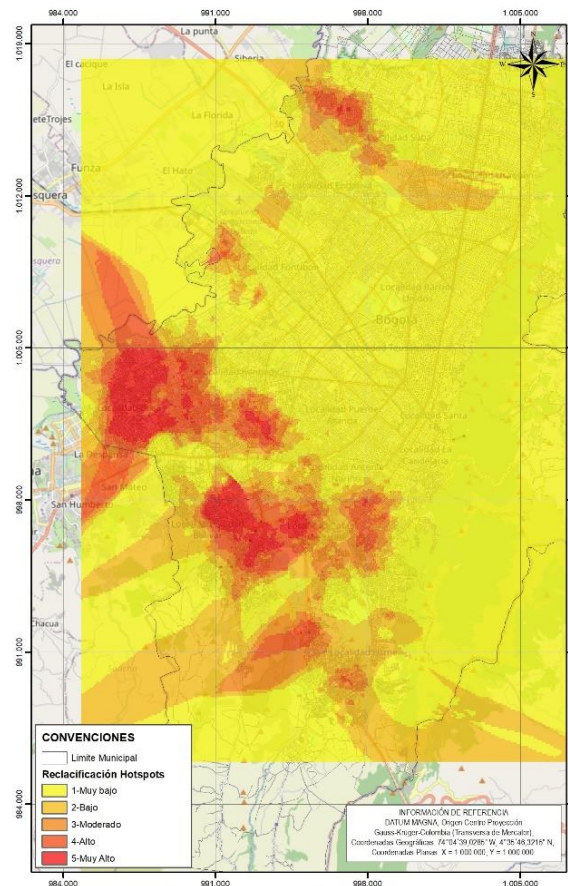
Primero se realiza un raster del proceso resultante de hotspots por el valor Z-score, el cual nos representa el evento por tipo de gravedad, después de esto se hace una reclasificación para los datos en este ráster, como se observa en la Tabla 8, en donde se encuentra el valor del atributo y por cuál ítem se va a reclasificar y en la Figura 24 el mapa resultante.

Tabla 8. Reclasificación de variables Hotspots.

Rangos Z-score	Clasificación	Reclasificación	Leyenda
1,6 - 2,5	Muy bajo	1	
2,6 - 3,3	Bajo	2	
3,4 - 4,0	Moderado	3	
4,1 - 4,8	Alto	4	
4,9 - 7,7	Medio	5	

Fuente: Elaboración propia

Figura 24. Mapa de reclasificación Hotspots.



Fuente: Elaboración propia

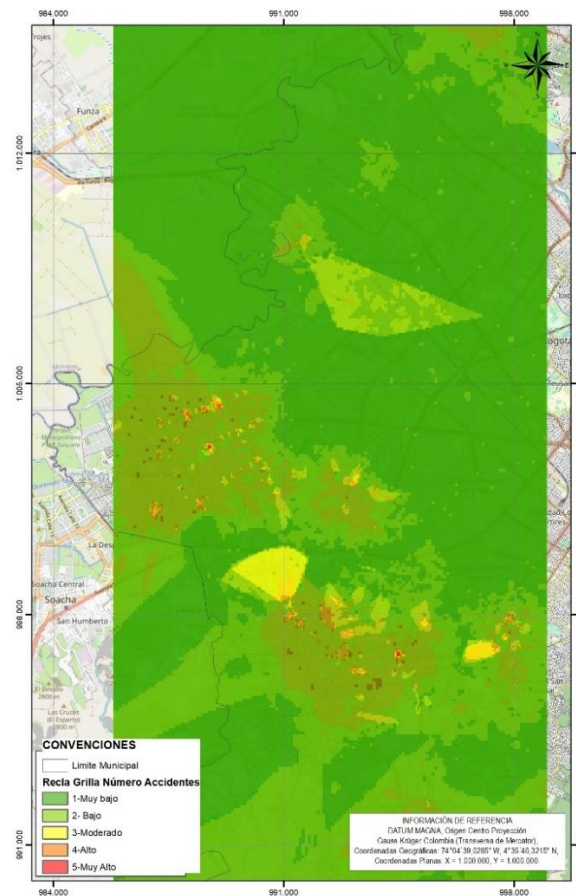
Después se realiza el mismo procedimiento para la cuadrícula de malla en donde el atributo por reclasificar es el número de accidentes, como se observa en la Tabla 9 y el mapa resultante en la Figura 25.

Tabla 9. Reclasificación cuadrícula de malla.

# de accidentes	Clasificación	Reclasificación	Leyenda
1-5	Muy bajo	1	
5- 10	Bajo	2	
10-15	Moderado	3	
15 - 20	Alto	4	
20 - 26	Muy Alto	5	

Fuente: Elaboración propia

Figura 25. Mapa reclasificación número de accidentes.



Fuente: Elaboración propia

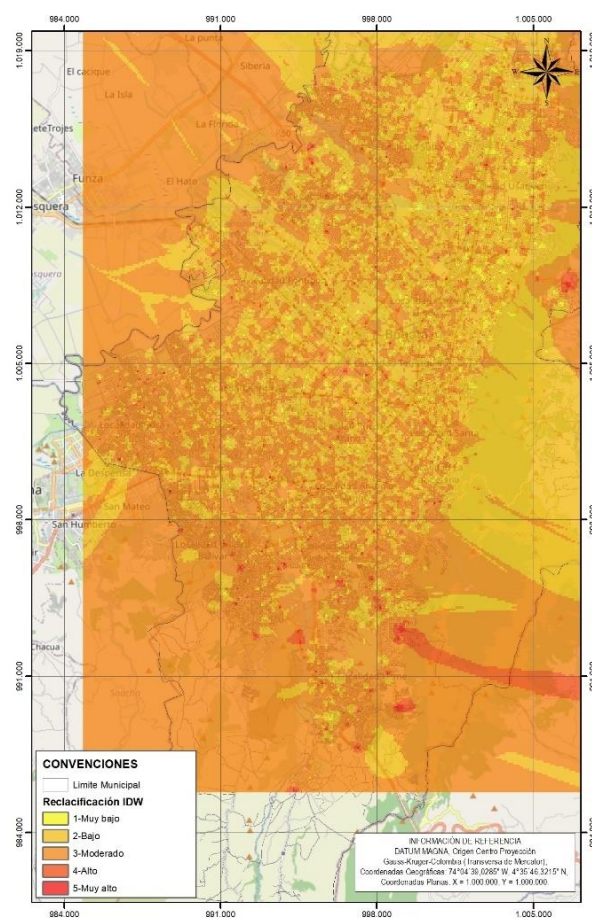
Por último, se hace una reclasificación del IDW, en la Tabla 10 se evidencia esta reasignación de valores y en la Figura 26 el resultado a nivel espacial.

Tabla 10. Reclasificación IDW.

Rangos IDW	Clasificación	Reclasificación	Leyenda
1,0 - 1,2	Muy bajo	1	
1,2 - 1,8	Bajo	2	
1,8 - 2,3	Moderado	3	
2,3 - 2,7	Alto	4	
2,7 - 3,0	Medio	5	

Fuente: Elaboración propia

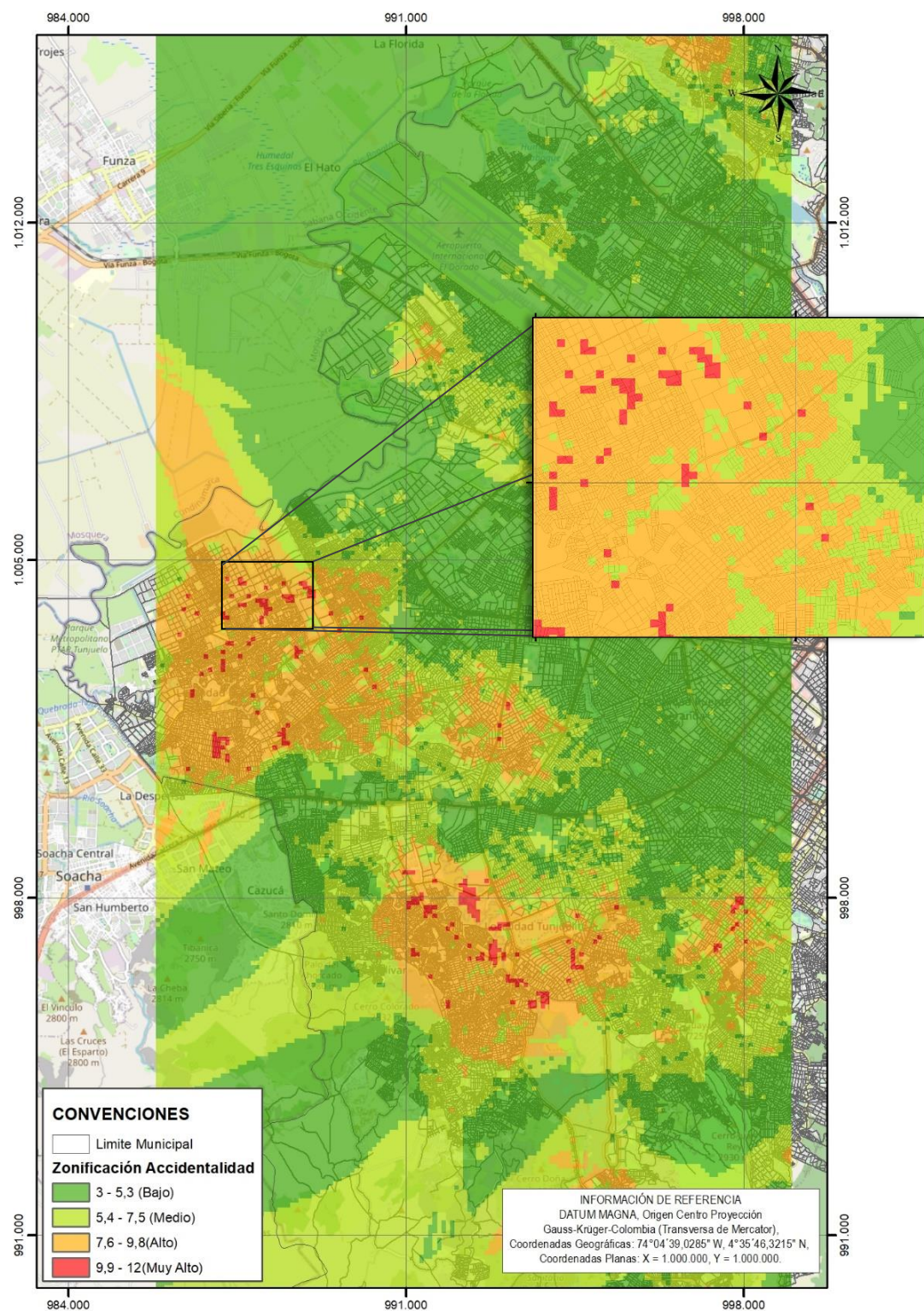
Figura 26. Mapa de reclasificación IDW.



Fuente: Elaboración propia

Al obtener estos rásters reclasificados, se procede a realizar un álgebra de mapas el cual nos permite crear un nuevo ráster que nos representa las zonas con mayor accidentalidad como observamos en la Figura 27.

Figura 27. Mapa de zonificación de accidentalidad.



Fuente: Elaboración propia

En la figura anterior se denota las zonas en donde hay una mayor concentración de eventos, mediante una relación espacial se le asigna este valor de pixel a los puntos de los siniestros viales para determinar los puntos que tienen una zona de accidentalidad mayor a 9, es decir, en la clasificación de “Muy alto”, obteniendo de esta forma los puntos de estudio, los cuales son:

- Punto 1: Se encuentra ubicado en la localidad de Bosa, en la Av. Ciudad de Cali con Cl 53 sur, como se observa en la Figura 28.

Figura 28. Ubicación espacial del primer punto de estudio.



Fuente: Elaboración propia

- Punto 2: Se encuentra ubicado en la localidad de Kennedy, en la Av. Ciudad de Villavicencio con Av. Agoberto Mejía, como se observa en la Figura 29.

Figura 29. Ubicación espacial del segundo punto de estudio.



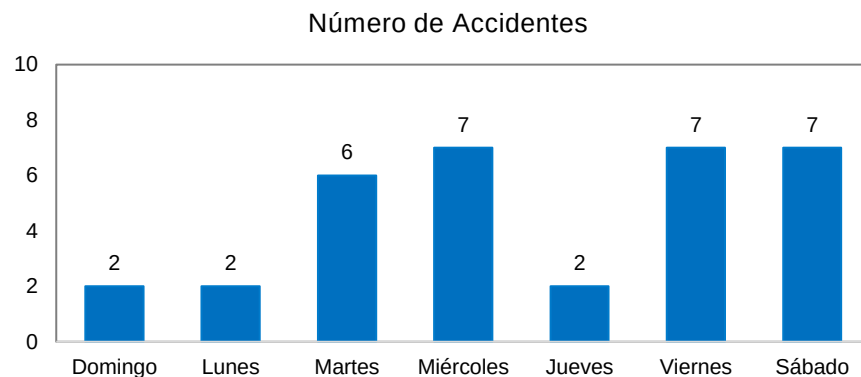
Fuente: Elaboración propia

9.6. Toma de información

Una vez obtenida los puntos de estudio, se procede a buscar los días con mayor registro de accidentes de tránsito y las zonas horarias en donde más ocurren estos eventos para las dos zonas de estudio; esta información se extrajo de la capa de siniestros viales la cual contiene los atributos llamados “Día Ocurrencia” y “Hora Ocurrencia”.

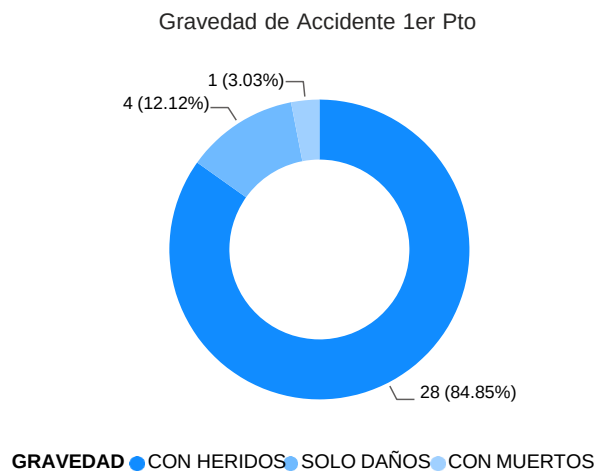
Los datos para el primer punto de estudio, es decir, para la Avenida Ciudad de Cali con Calle 53 sur, son los observados en la Figura 30, en donde se observa que durante el periodo del 2016-2019, ocurrieron como mínimo 33 accidentes, los cuales se presentaron en los días, miércoles, sábado y domingo. En la Figura 31 se muestra que la mayoría de los siniestros fueron de tipo “con heridos”.

Figura 30. Accidentes por día primer punto.



Elaboración propia

Figura 31. Tipo de gravedad accidentes primer punto.



Fuente: Elaboración propia

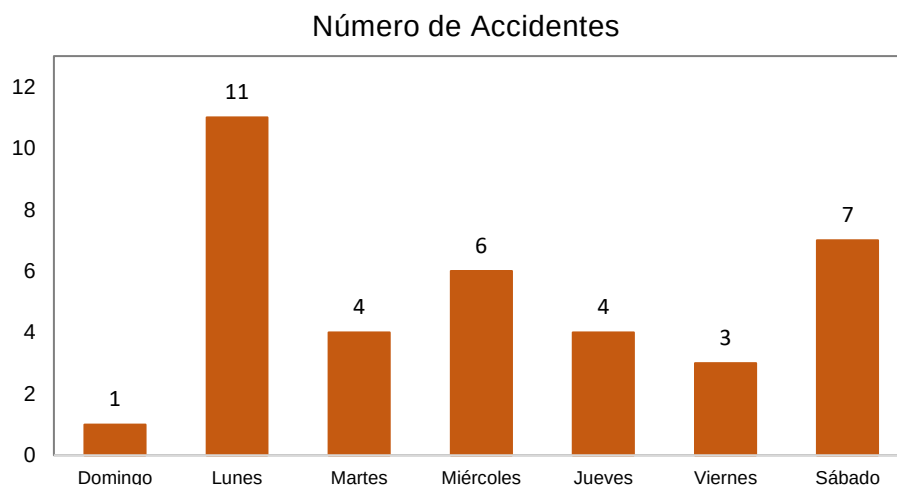
Debido a que se tienen tres días con los mismos valores se optó por hacer un análisis a nivel ciudad, dando como resultado que el día de mayor accidentalidad es el viernes con 5970 accidentes reportados en el periodo de estudio como se observa en la Tabla 11, de esta manera se escogió el día viernes para la toma de la información.

Tabla 11. Número de accidentes de tránsito Bogotá por día de ocurrencia.

Día de Ocurrencia	Número de Accidentes
Domingo	3.575
Lunes	5.232
Martes	5.833
Miércoles	5.886
Jueves	5.743
Viernes	5.970
Sábado	5.615

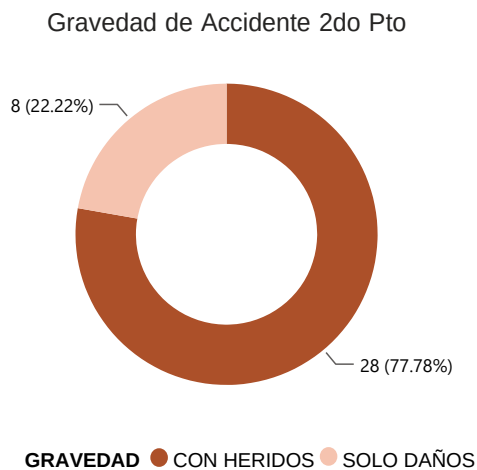
Para la Av. Ciudad de Villavicencio con Av. Agoberto Mejía que corresponde al segundo punto de estudio se realiza el mismo análisis por días en donde ocurrieron como mínimo 36 accidentes, el día que más tuvo accidentes fue el lunes, con un total de 11 siniestros viales. La mayoría de accidentes fueron de tipo “con heridos” con 28 eventos. A continuación, se observa los datos para este punto en la Figura 32 y Figura 33.

Figura 32. Accidentes por día segundo punto.



Fuente: Elaboración propia

Figura 33. Tipo de gravedad accidentes segundo punto.



Fuente: Elaboración propia

De esta forma para el punto número 2 se seleccionó el día lunes para la captura de información.

Los datos se tomaron en campo por medio de la instalación de cámaras en dos esquinas de cada intersección, con el fin de poder grabar los comportamientos de los dos actores viales del presente estudio, por un periodo de 15 horas continuas iniciando desde las 5 am hasta las 8 pm. En la Figura 34 se observa las imágenes de las cámaras que se instalaron.

Figura 34. Fotos de la ubicación de las cámaras.



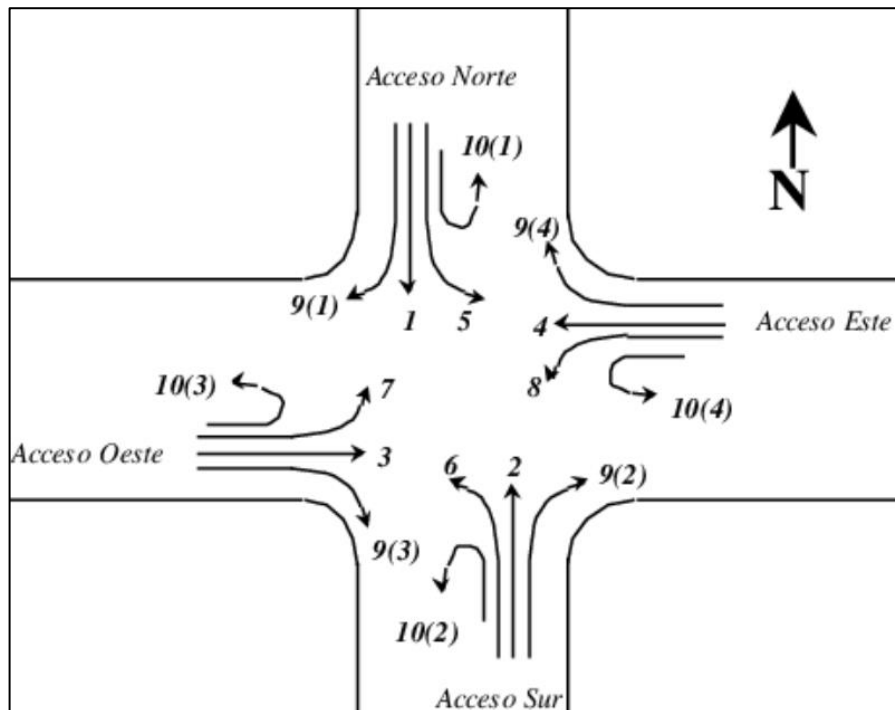
Fuente: Elaboración propia

10. ANÁLISIS Y RESULTADOS

10.1. Variables de Tránsito, aspectos físicos de la infraestructura y disposición de señalización.

Con el fin de identificar los comportamientos inadecuados por parte de los biciusuarios y motociclistas en los dos puntos seleccionados, es necesario identificar los movimientos permitidos en cada una de las intersecciones. De acuerdo al Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte de Bogotá, la codificación de los movimientos en una intersección, se presentan tal y como se indica en la Figura 35.

Figura 35. Codificación de los movimientos en una intersección.



Fuente: (Secretaría de Tránsito de Bogotá, 2005)

En la Tabla 12, se describe cada uno de los movimientos característicos de las intersecciones y su respectiva codificación.

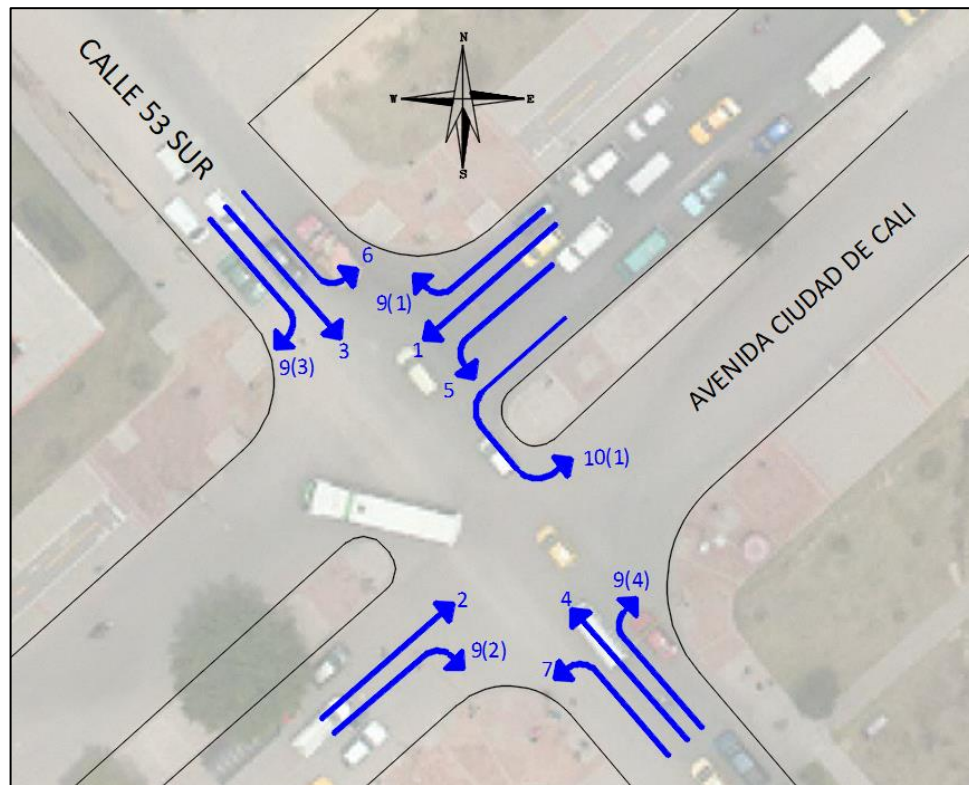
Tabla 12. Codificación de los movimientos en las intersecciones.

Acceso	Movimiento	Código
Norte	Derecho	1
	Giro a la izquierda	5
	Giro a la derecha	9(1)
	Giro en U	10(1)
Sur	Derecho	2
	Giro a la izquierda	6
	Giro a la derecha	9(2)
	Giro en U	10(2)
Oeste	Derecho	3
	Giro a la izquierda	7
	Giro a la derecha	9(3)
	Giro en U	10(3)
Este	Derecho	4
	Giro a la izquierda	8
	Giro a la derecha	9(4)
	Giro en U	10(4)

Fuente: (Secretaría de Tránsito de Bogotá, 2005)

En la Figura 36, se observan los movimientos permitidos en el primer punto, localizado en la Avenida Ciudad de Cali con Calle 53 Sur, se puede observar que está prohibido realizar el giro a la izquierda y respectivamente un giro en U, en el acceso oeste de esta intersección, los demás giros no presentan ningún tipo de restricción.

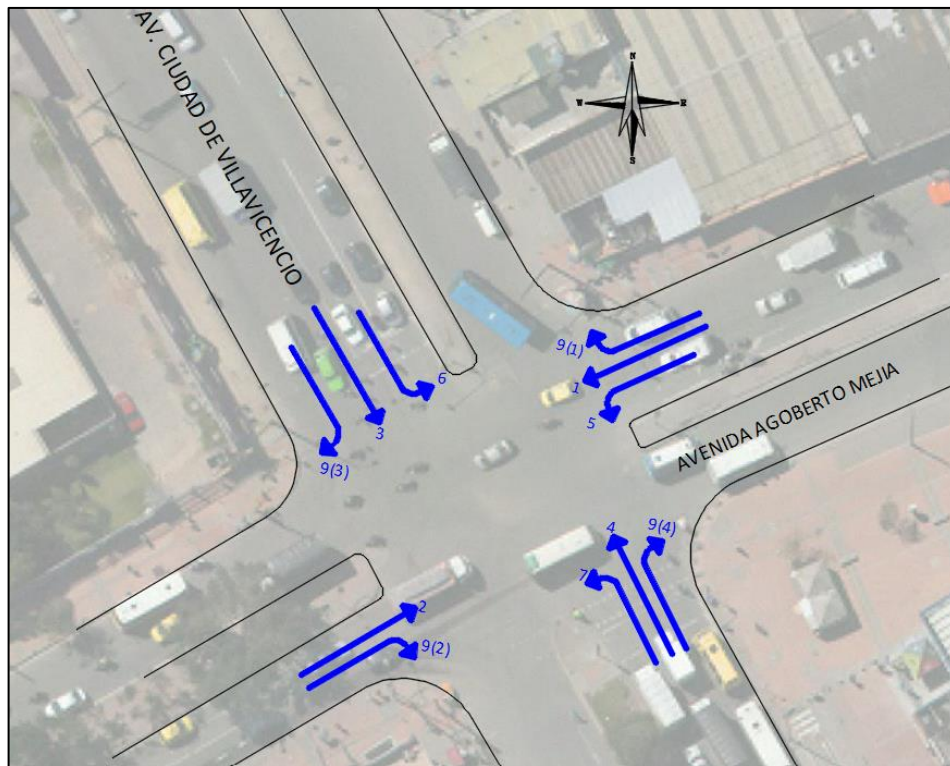
Figura 36. Movimientos permitidos – Av. Ciudad de Cali con Calle 53 Sur.



Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 37, se observan los movimientos permitidos en el segundo punto seleccionado, localizado en la Avenida Agoberto Mejía (Carrera 80) con la Avenida Ciudad de Villavicencio (Calle 43 Sur), en esta intersección también está prohibido el giro a la izquierda y en U, en el acceso oeste, los demás giros no presentan ningún tipo de restricción.

Figura 37. Movimientos permitidos – Avenida Agoberto Mejía (Carrera 80) con la Avenida Ciudad de Villavicencio (Calle 43 Sur).



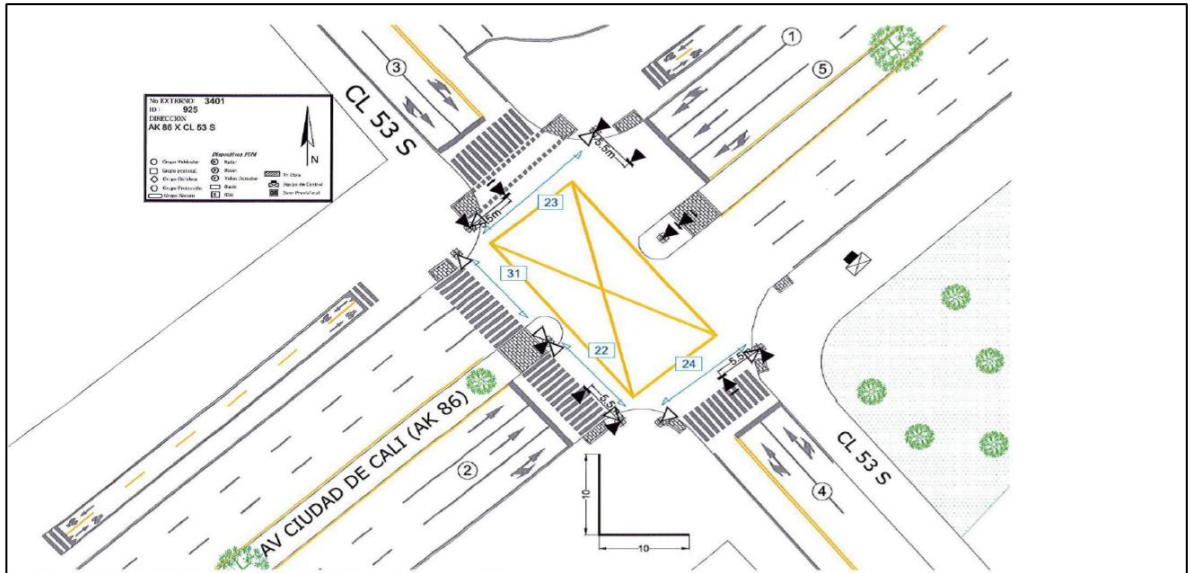
Fuente: Elaboración Propia

Es importante identificar los movimientos permitidos y controlados semafóricamente, para analizar cuáles son los que más generan comportamientos inadecuados o que generalmente no se respetan, por parte de los biciusuarios y motociclistas.

La señalización vial juega un papel muy importante, en aras de garantizar la seguridad a los usuarios, así como mitigar los riesgos a los que están expuestos los actores viales, en especial biciusuarios y motociclistas, los cuales son objeto del presente estudio.

Mediante radicado 20216121724372, la secretaría de Movilidad de Bogotá, suministró la información correspondiente a la señalización existente en los dos puntos seleccionados, información necesaria para realizar una evaluación de las condiciones existentes en las dos intersecciones. En la Figura 38, se observa la señalización que, en teoría, existe en el primer punto, correspondiente a la Avenida Ciudad de Cali con Calle 53 Sur.

Figura 38. Señalización horizontal ideal - Av. Ciudad de Cali con Calle 53 Sur.



Fuente: Secretaría Distrital de Movilidad [SDM].

De acuerdo a la información suministrada por la Secretaría de Movilidad, la intersección se caracteriza por ser regulada por semáforos, con pasos peatonales en los accesos sur, este y oeste, así como una demarcación de restricción de bloqueo (Rectángulo amarillo en medio de la intersección), que, de acuerdo al Manual de Señalización Vial, tiene por objeto notificar a los conductores la prohibición de obstruir por cualquier razón, la circulación transversal.

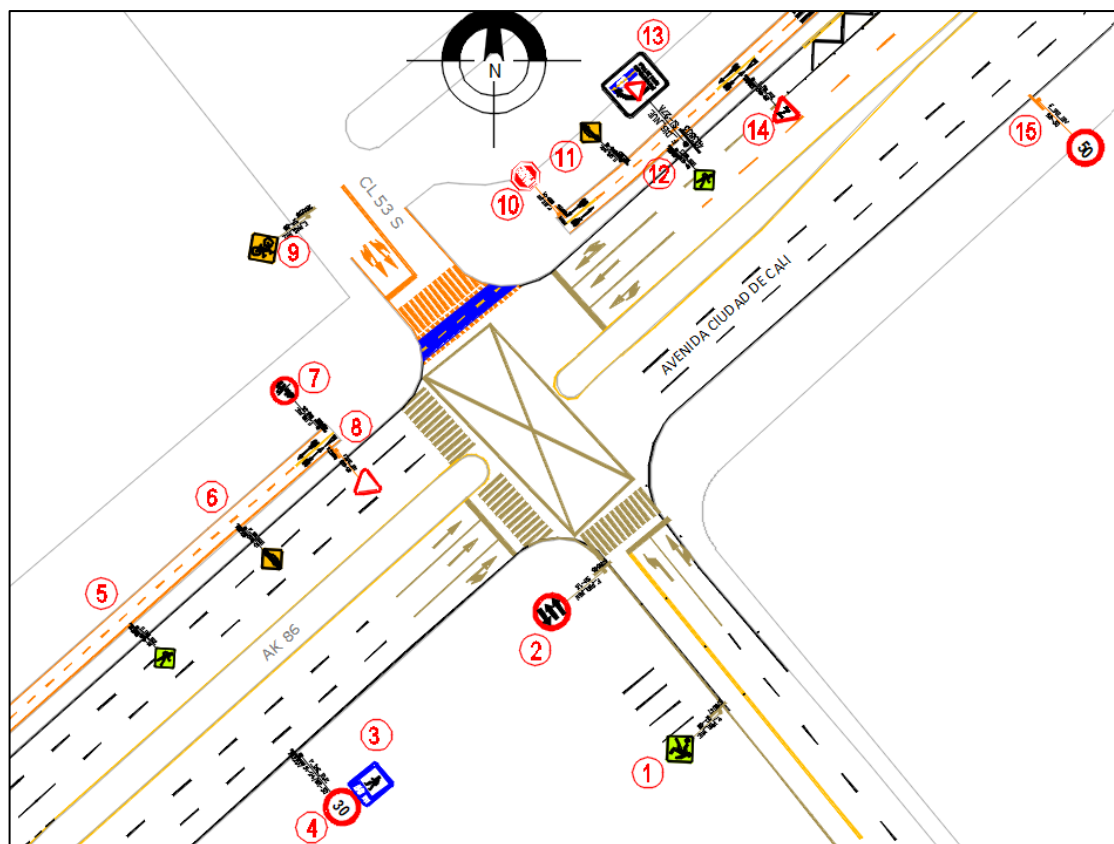
Sobre la Calle 53 Sur, en los accesos este y oeste, se encuentra la línea central continua doble (Dos líneas amarillas paralelas), que separan flujos opuestos y prohíben efectuar adelantamientos o cruces a la izquierda (Secretaría de Tránsito de Bogotá, 2005). Los cuatro accesos cuentan con líneas de borde de pavimento, las de color blanco que indican el costado derecho el pavimento en la dirección del flujo y las de color amarillo, indican el costado izquierdo en la dirección del flujo, en vías de dos o más calzadas con separador.

La intersección cuenta con las líneas de color blanco, que conducen los carriles en la misma dirección. La línea segmentada, significa que se puede hacer cambio de carril, sin ningún riesgo y la línea continua, implica una restricción para cruzar entre carriles, en este caso, entre 15 m y 20 m, antes de llegar a la intersección.

Los accesos de la intersección también incluyen las flechas marcadas sobre el pavimento, las cuales indican los sentidos de circulación permitidos para el tránsito, localizadas en cada carril. De acuerdo al Manual de señalización Vial, estas se deben emplear cuando las maniobras permitidas no son claras.

La demarcación de la ciclorruta, se caracteriza por las líneas de segregación de flujo, usadas para la separación de bicicletas y peatones, las cuales son continuas de color blanco. Cuando la ciclorruta atraviesa una vía vehicular, se delimita mediante líneas segmentadas por cuadros blancos, con ancho de 40 cm y espaciados 40 cm. La ciclorruta incluye la línea segmentada del eje, de color amarillo, que indica el permiso para adelantar. Esta demarcación se complementa con pictograma de bicicleta de color blanco, en dirección del movimiento del tráfico, en el centro de cada uno de los carriles. En la Figura 39, se observa la señalización vertical que, en teoría, existe en el primer punto, correspondiente a la Avenida Ciudad de Cali con Calle 53 Sur.

Figura 39. Señalización vertical a la Av. Ciudad de Cali con Calle 53 Sur.



Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por la Secretaría Distrital de Movilidad [SDM]

En la Tabla 13, se describe cada una de las señales existentes en la intersección de la Av. Ciudad de Cali con Calle 53 Sur, se puede apreciar que existen 15 señalizaciones para estas intersecciones, en donde la velocidad máxima permitida es de 30 km/h.

Tabla 13. Descripción de la señalización horizontal.

Identificación	Código de la señal	Descripción
1	SP-48	Niños jugando
2	SR-13	Tres carriles (Dos en contraflujo)
3	SI-24	Cruce peatonal
4	SR-30	Velocidad máxima permitida
5	SPB-46	Zona de peatones
6	SPC-01	Vehículos en la ciclorruta
7	SRC-03	Circulación no compartida
8	SRB-02	Ceda el paso
9	SP-59	Ciclistas en la vía
10	SRB-01	Pare
11	SPC-01	Vehículos en la ciclorruta
12	SPB-46	Zona de peatones
13	SI-27A	Prioridad Ciclistas
14	SRB-02	Ceda el paso
15	SR-30	Velocidad máxima permitida

Fuente: Elaboración Propia con base en el Manual de Señalización Vial

De acuerdo a la información tomada en campo, la Figura 40 muestra las condiciones de la señalización en la intersección de la Avenida Ciudad de Cali con Calle 53 Sur, la intersección carece de todo tipo de señalización horizontal, no cuenta con la demarcación de restricción de bloqueo, los únicos pasos peatonales visibles son los ubicados sobre la calle 53 Sur, como se puede ver en la Figura 41.

Figura 40. Señalización horizontal existente - Av. Ciudad de Cali con Calle 53 Sur.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 41. Pasos peatonales - Av. Ciudad de Cali con Calle 53 Sur.



Fuente: Elaboración Propia

El paso peatonal permitido en la intersección, es el localizado al costado sur de la intersección, sin embargo, en la Figura 42 se puede observar que no existe señalización al respecto.

Figura 42. Pasos peatonales sin señalización - Av. Ciudad de Cali con Calle 53 Sur.



Fuente: Elaboración Propia

La intersección no cuenta con las flechas marcadas sobre el pavimento en cada carril, las cuales indican el sentido de circulación permitido, como se observa en la Figura 43, se ven muy desgastadas y no son visibles para cualquier actor vial.

Figura 43. Flechas de pavimento desgastados - Av. Ciudad de Cali con Calle 53 Sur.



Fuente: Elaboración Propia

Sobre la calle 53 Sur, debe existir una línea doble amarilla que separa flujos opuestos, sin embargo, en la Figura 44 se puede observar que esta línea no existe, razón por la cual muchos de los vehículos, en especial motociclistas, recorren un tramo en contra vía, poniendo en riesgo a los demás actores viales.

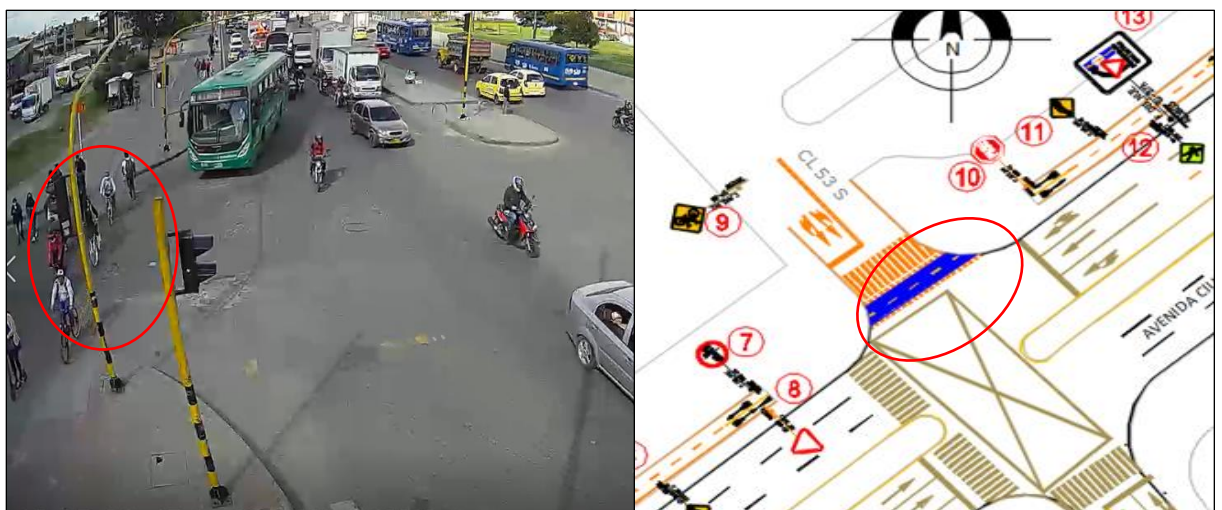
Figura 44. Doble línea amarilla - Av. Ciudad de Cali con Calle 53 Sur.



Fuente: Elaboración Propia

La señalización de la ciclorruta tiene deficiencias, las líneas de segregación están desgastadas y el paso por el sendero vehicular no está demarcado, como se muestra en la Figura 45.

Figura 45. Señalización de la ciclorruta - Av. Ciudad de Cali con Calle 53 Sur.



Fuente: Elaboración Propia

El pavimento refleja daños como fisuras longitudinales, transversales, agrietamientos tipo piel de cocodrilo, descascaramiento, parches y baches, como se puede observar en Figura 46.

Figura 46. Daños en la infraestructura - Av. Ciudad de Cali con Calle 53 Sur.



Fuente: Elaboración Propia

Los daños en la infraestructura no representan un alto riesgo para los vehículos, sin embargo, para los biciusuarios y motociclistas si generan inconvenientes en la circulación, generando maniobras peligrosas, inestabilidad al conducir y manejo en zigzag, como se observa en la Figura 47.

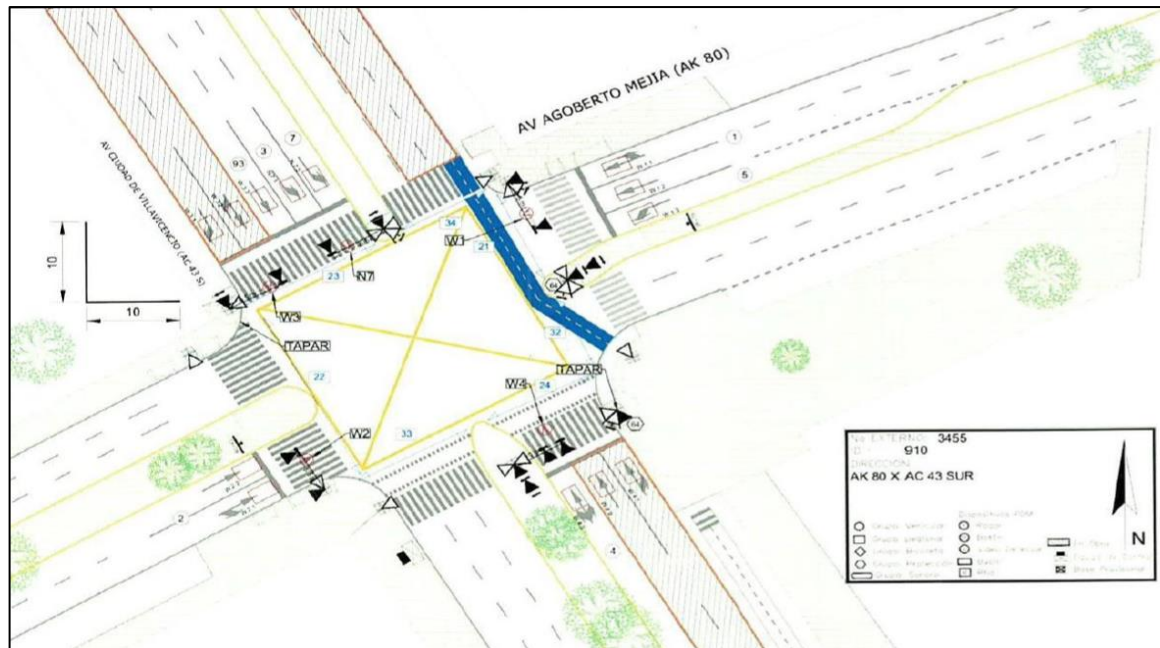
Figura 47. Maniobras peligrosas - Av. Ciudad de Cali con Calle 53 Sur.



Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 48, se observa la señalización que, en teoría, existe en el primer punto, correspondiente a la Avenida Agoberto Mejía (Carrera 80) con la Avenida Ciudad de Villavicencio (Calle 43 Sur).

Figura 48. Señalización horizontal ideal - Av. Agoberto Mejía (Carrera 80) con la Avenida Ciudad de Villavicencio (Calle 43 Sur).



Fuente: Secretaría Distrital de Movilidad [SDM].

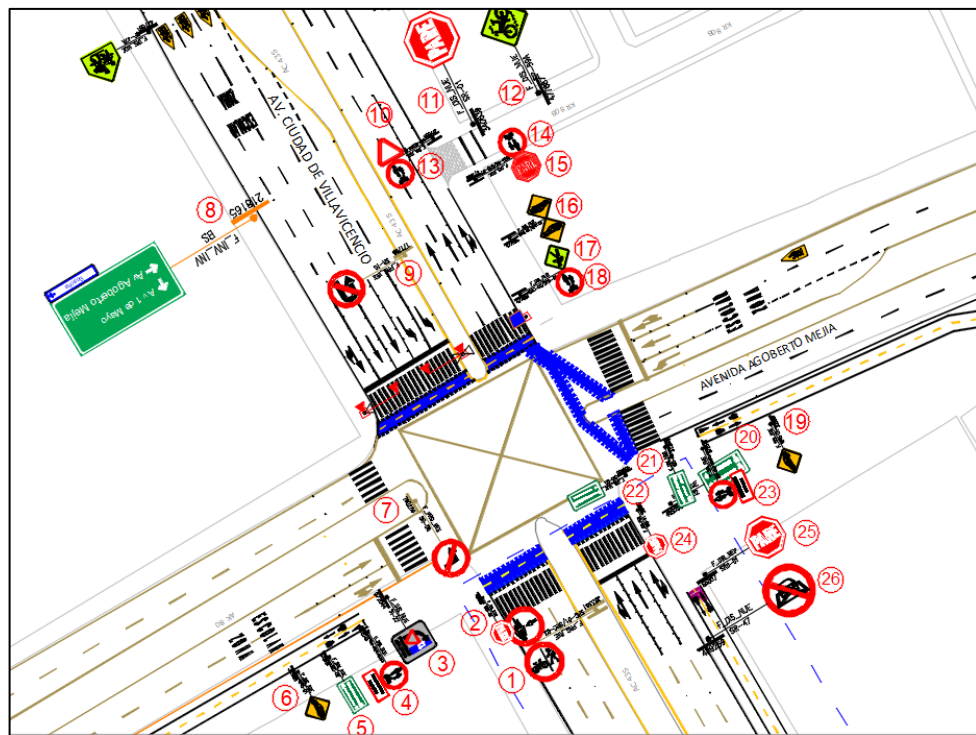
La intersección se caracteriza por ser regulada por semáforos, con pasos peatonales en todos los accesos, así como una demarcación de restricción de bloqueo (Rectángulo amarillo en medio de la intersección), para notificar a los conductores la prohibición de obstruir por cualquier razón, la circulación transversal. Los cuatro accesos cuentan con líneas de borde de pavimento, las de color blanco que indican el costado derecho el pavimento en la dirección del flujo y las de color amarillo, indican el costado izquierdo en la dirección del flujo, en vías de dos o más calzadas con separador.

Esta intersección cuenta con las líneas de color blanco, que conducen los carriles en la misma dirección. La línea segmentada, significa que se puede hacer cambio de carril, la línea continua, implica una restricción para cruzar entre carriles. Los accesos de la intersección también incluyen las flechas marcadas sobre el pavimento localizadas en cada carril.

La ciclobanda del acceso norte, cuenta con la señalización adecuada, señalizada con azul en el pavimento para fácil identificación por parte de los usuarios, conectando con el paso de la ciclorruta en el acceso este, el cual está delimitado por líneas segmentadas por cuadros blancos, con ancho de 40cm y espaciados 40cm.

En la Figura 49, se observa la señalización vertical que existe en el segundo punto, correspondiente a la Av. Agoberto Mejía (Carrera 80) con la Avenida Ciudad de Villavicencio (Calle 43 Sur), la cual consta de 25 tipos diferentes de señalización.

Figura 49. Señalización horizontal existente - Av. Agoberto Mejía (Carrera 80) con la Avenida Ciudad de Villavicencio (Calle 43 Sur).



Fuente: Elaboración propia con base en la información suministrada por la Secretaría Distrital de Movilidad [SDM]

En la Tabla 14, se describe cada una de las señales existentes en la intersección de la Av. Agoberto Mejía (Carrera 80) con la Avenida Ciudad de Villavicencio (Calle 43 Sur) con su respectivo código de señal, se puede observar que existe señalización para priorizar al ciclista en la vía.

Tabla 14. Descripción de la señalización horizontal Av. Agoberto Mejía (Carrera 80) con la Avenida Ciudad de Villavicencio (Calle 43 Sur).

Identificación	Código de la señal	Descripción
1	SRC-01/SRC-03	Conserve la derecha / Circulación no compartida
2	SRB-01	Pare
3	SI-27A	Prioridad Ciclistas
4	SCR-05	Circulación compartida
5	SIC-02	Dirección de la ciclorruta
6	SPC-01	Vehículos en la ciclorruta
7	SR-06	Prohibido girar a la izquierda
8	SI	Dirección
9	SR-10	Prohibido girar en U
10	SRB-02	Ceda el paso
11	SRB-01	Pare
12	SP-59A	Cruce de ciclistas
13	SCR-05	Circulación compartida
14	SCR-05	Circulación compartida
15	SRB-01	Pare
16	SPC-01	Vehículos en la ciclorruta
17	SPB-46	Zona de peatones
18	SCR-05	Circulación compartida
19	SPC-01	Vehículos en la ciclorruta
20	SIC-02	Dirección de la ciclorruta
21	SIC-02	Dirección de la ciclorruta
22	SIC-02	Dirección de la ciclorruta
23	SCR-05	Circulación compartida
24	SRB-01	Pare
25	SRB-01	Pare
26	SR-47	No bloquear cruce

Fuente: Elaboración Propia con base en el Manual de Señalización Vial.

De acuerdo a la información tomada en campo, en la Figura 50 se puede observar la señalización que actualmente mantiene la intersección, se denota el desgaste que presenta la señalización horizontal, no es clara la demarcación de restricción de bloqueo ni los pasos peatonales. La ciclobanda no mantiene la demarcación azul continua y está dividida, lo cual puede confundir a los biciusuarios para que realicen sus paradas en las islas peatonales.

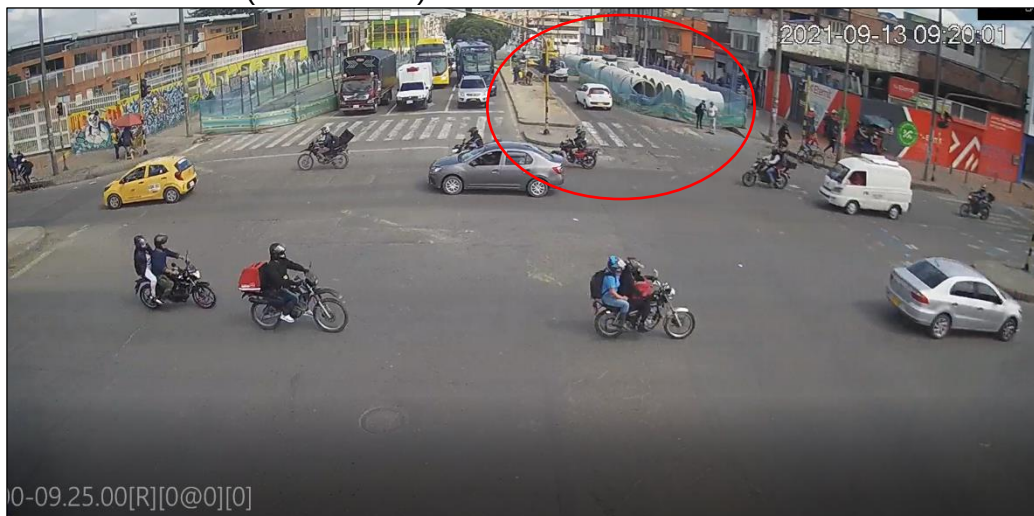
Figura 50. Señalización horizontal existente - Av. Agoberto Mejía (Carrera 80) con la Avenida Ciudad de Villavicencio (Calle 43 Sur).



Fuente: Elaboración Propia

En la actualidad, se adelantarán obras en los carriles compartidos sobre la Av. Villavicencio, sin embargo, no se cuenta con la señalización respectiva para adelantar obras de acuerdo al Capítulo 4 del Manual de señalización Vial, como se observa en la Figura 51, esto genera un riesgo para los diferentes tipos de actores viales que transitan por esta vía.

Figura 51. Señalización de inicio de obras - Av. Agoberto Mejía (Carrera 80) con la Avenida Ciudad de Villavicencio (Calle 43 Sur).



Fuente: Elaboración Propia

El pavimento refleja daños como fisuras longitudinales, transversales, agrietamientos, parches, baches sobre las ciclobandas y tapas de alcantarillas que tienen desnivel, como se puede observar en la Figura 52.

Figura 52. Daños en la infraestructura - Av. Agoberto Mejía (Carrera 80) con la Avenida Ciudad de Villavicencio (Calle 43 Sur).



Fuente: Elaboración Propia

10.2. Caracterización de los comportamientos inadecuados de los biciusuarios y motociclistas.

10.2.1. Avenida Ciudad de Cali con Calle 53 Sur

El primer punto, corresponde a la Avenida Ciudad de Cali (Carrera 86) con Calle 53 Sur esta intersección se encuentra ubicada en la localidad séptima Bosa, el cual presenta tráfico peatonal, vehicular, transporte público, transporte de carga y un alto flujo de biciusuarios y motociclistas, como se muestra en la Figura 53.

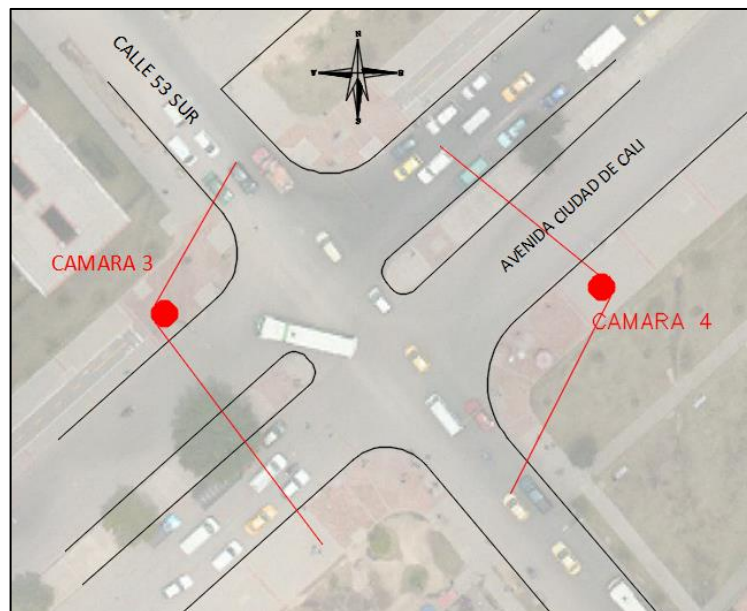
Figura 53. Usuarios viales - Av. Ciudad de Cali con Calle 53 Sur.



Fuente: Elaboración Propia

Para la elaboración de la caracterización de los comportamientos inadecuados, se instalaron 2 cámaras tal y como se muestra en la Figura 54, por un periodo de tiempo de 15 horas el día viernes 17 de septiembre, resultado del análisis aproximado sobre los días en donde más se presentan accidentes de tránsito para este punto de estudio.

Figura 54. Localización de las cámaras – Av. Ciudad de Cali con Calle 53 Sur.



Fuente: Elaboración Propia

Con base en el registro fílmico, iniciando a las 5 am y finalizando a las 8 pm, se identificaron comportamientos inadecuados por parte de los biciusuarios y los motociclistas. En la Figura 55, se puede observar el paso de biciusuarios, con el semáforo en rojo.

Figura 55. Cruce de biciusuarios semáforo en rojo Punto1.



Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 56, se observa el paso de motociclistas con el semáforo en rojo. Este comportamiento se presenta en todos los accesos de la intersección, aunque en menor cantidad que los cometidos por los biciusuarios.

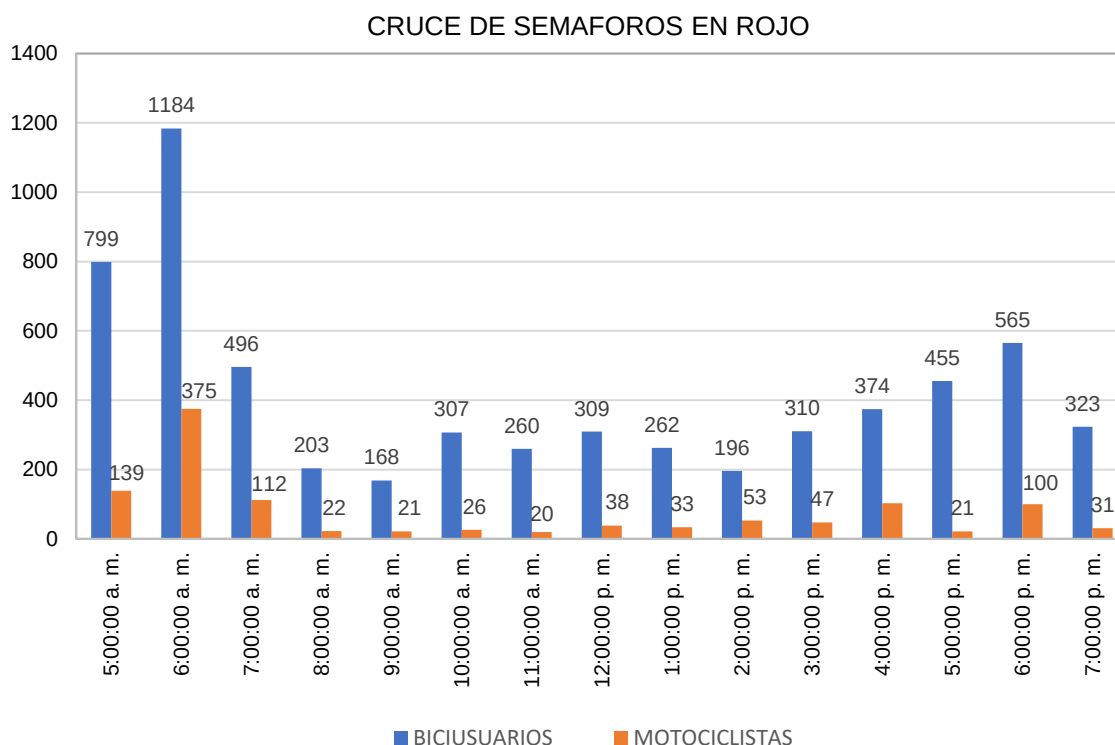
Figura 56. Motociclistas cruzando los semáforos en rojo Punto1.



Fuente: Elaboración Propia

Durante la toma de información, 6211 biciusuarios se pasaron el semáforo en rojo y 1141 motocicletas, realizaron este comportamiento. La hora más crítica en esta intersección, es a las 6 am, sin embargo, en horas de la tarde, se observa un leve incremento de los usuarios que no respetan el semáforo en rojo, como se muestra en la Figura 57.

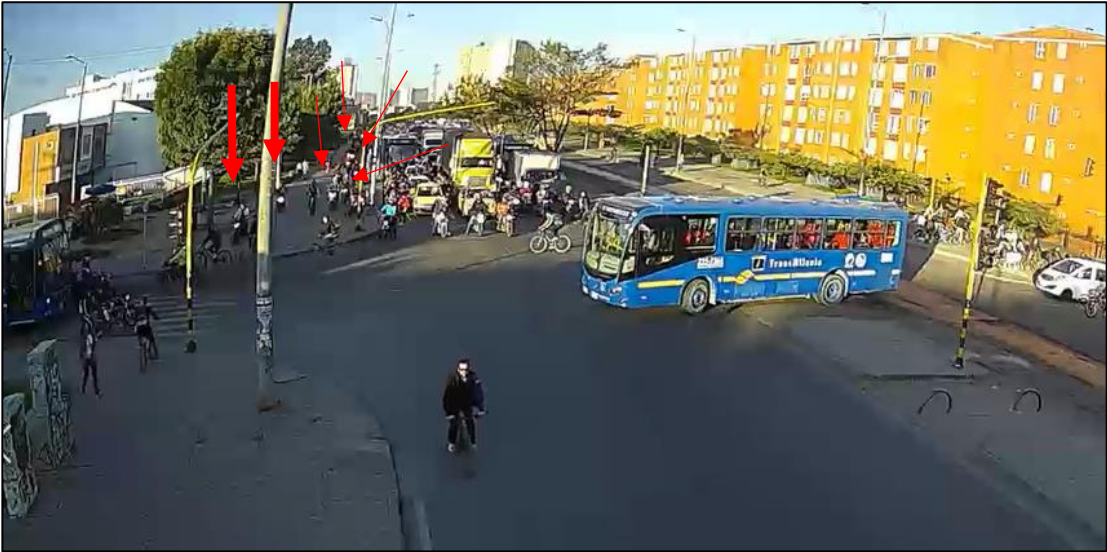
Figura 57. Número de usuarios que cruzaron el semáforo en rojo Punto1.



Fuente: Elaboración Propia

Unos de los inconvenientes reflejados en esta intersección, es la gran cantidad de motociclistas que transitan sobre los andenes, con el fin de evitar el tráfico vehicular. En la Figura 58, se puede observar a 6 motociclistas, transitando sobre el andén en el mismo intervalo de tiempo.

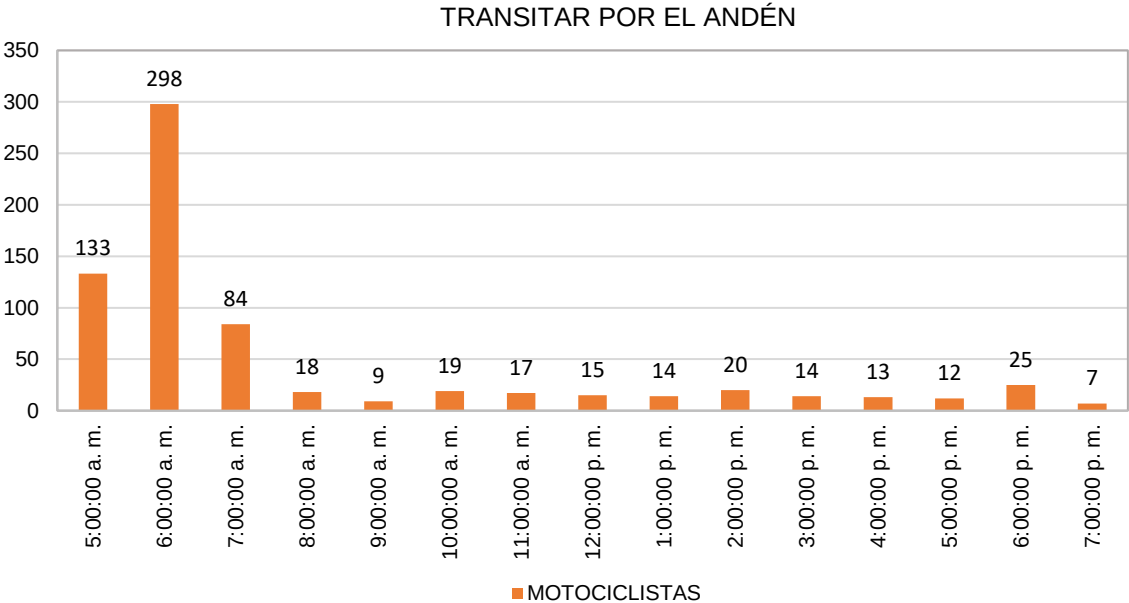
Figura 58. Motociclistas transitando sobre la ciclorruta y andenes Punto1.



Fuente: Elaboración Propia

Este tipo de comportamiento, se repitió 698 veces durante las 15 horas que duró la toma de la información. En la Figura 59, se observa que a la hora crítica es a las 6 am, en la que se presentaron 298 comportamientos de este tipo.

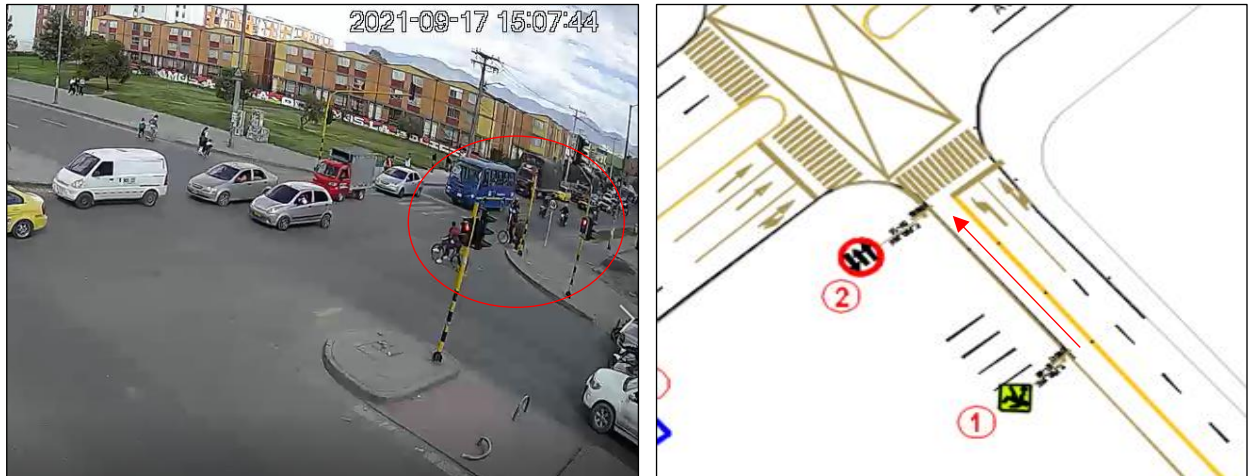
Figura 59. Número de motociclistas que transitan sobre el andén Punto1.



Fuente: Elaboración Propia

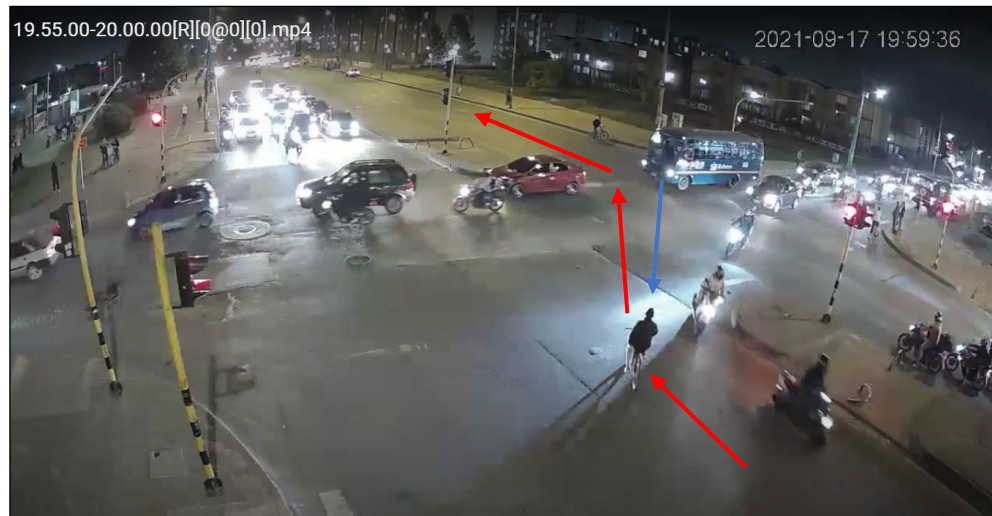
La intersección de la Av. Ciudad de Cali con Calle 53 Sur, presenta un comportamiento inadecuado recurrente y es conducir en contra vía, en especial sobre los accesos de la Calle 53 Sur, esto es a causa de la falta de señalización horizontal, tal y como se observa en la Figura 60 y Figura 61.

Figura 60. Motociclistas transitando en contra vía Punto1.



Fuente: Elaboración Propia

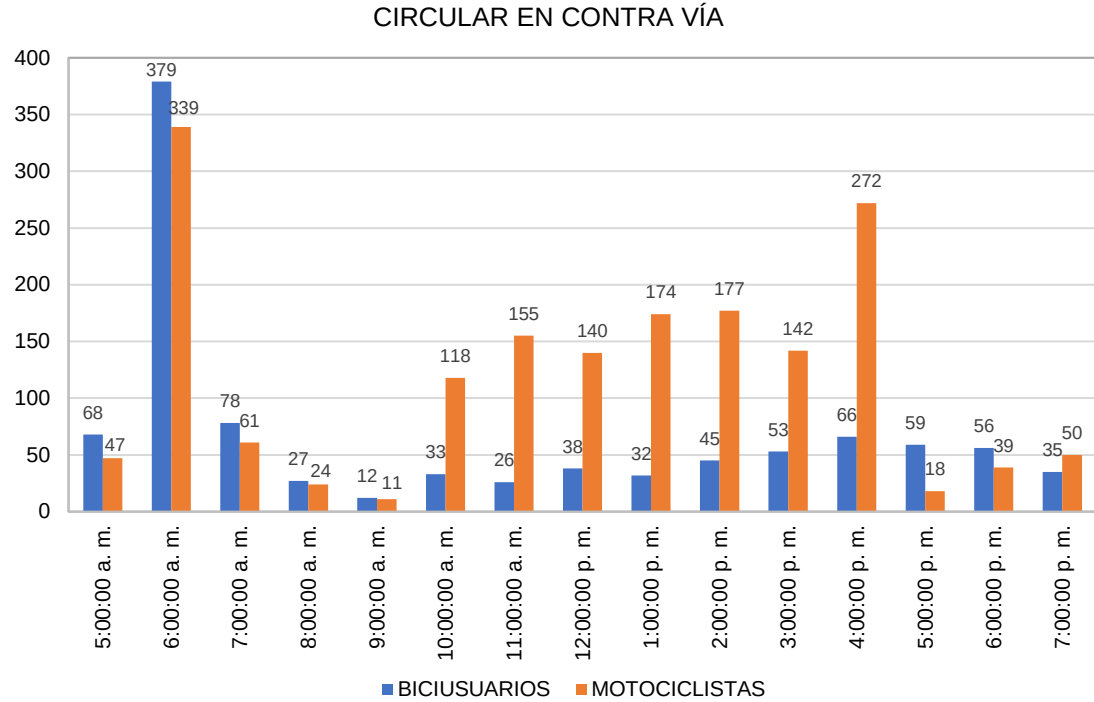
Figura 61. Biciusuarios transitando en contra vía Punto1.



Fuente: Elaboración Propia

Verificando la información tomada en campo, se logró evidenciar 1007 biciusuarios y 1767 motociclistas, que transitaban en contra vía. La hora en que más se comete este tipo de comportamiento es a las 6am y los motociclistas son los que más cometen este comportamiento inadecuado, como se observa en la Figura 62.

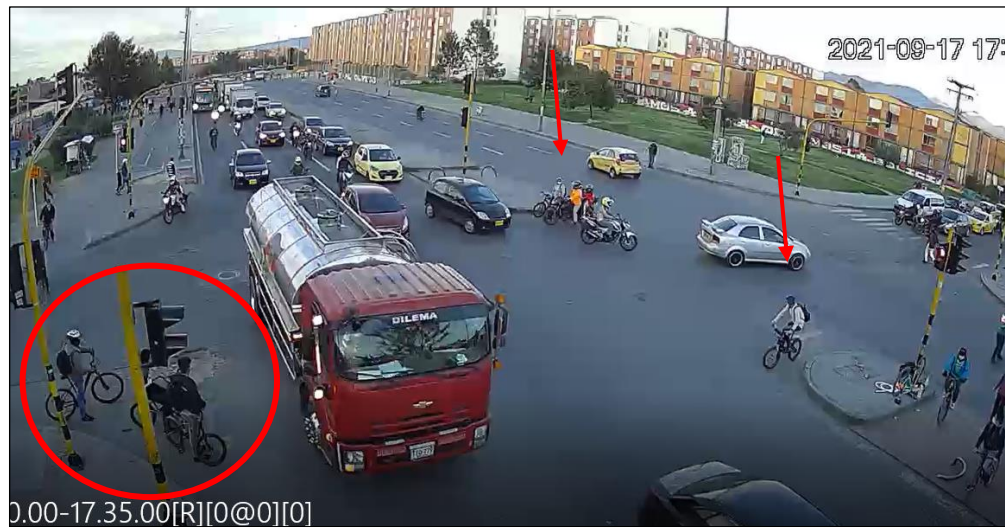
Figura 62. Número de biciusuarios y motociclistas que transitan en contra vía Punto1.



Fuente: Elaboración Propia

Esperar el cambio de semáforo en lugares inapropiados, es una de las principales causas de accidentalidad, debido a la invasión de la calzada que dificulta las maniobras de los vehículos pesados, como se observa en la Figura 63.

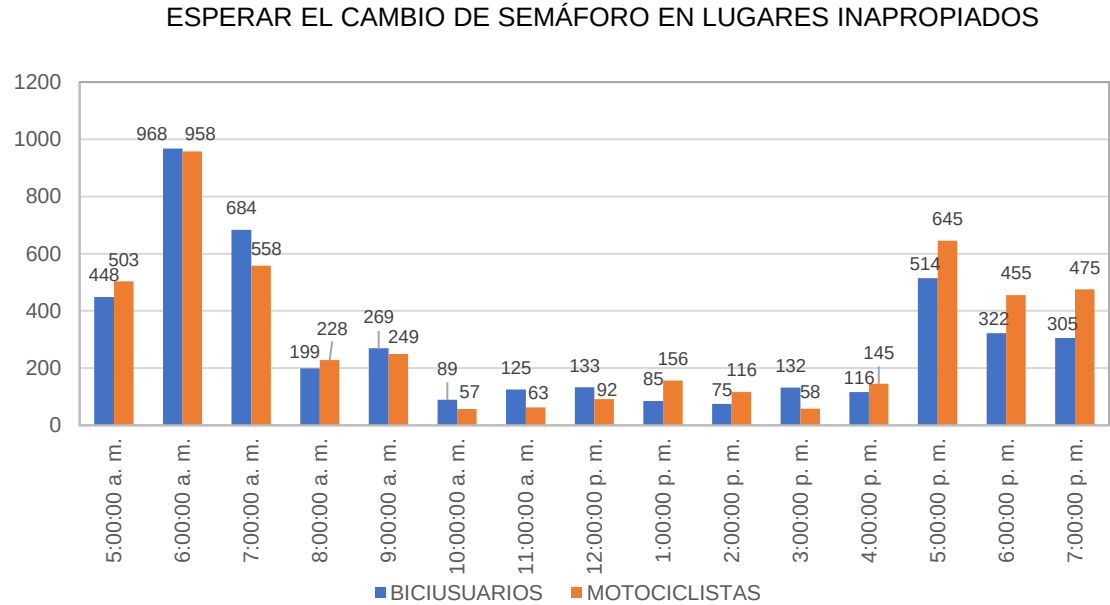
Figura 63. Biciusuarios esperando en lugares inapropiados Punto1.



Fuente: Elaboración Propia

En esta intersección, se registraron 4464 biciusuarios y 4758 motociclistas, que esperaron los cambios de semáforo en lugares inapropiados. Este comportamiento se produce en mayor proporción, de 5am a 7am y en la tarde, de 5pm a 7pm, como se observa en la Figura 64.

Figura 64. Número de biciusuarios y Motociclistas esperando en lugares inapropiados Punto1.



Fuente: Elaboración Propia

Un comportamiento característico de los biciusuarios y motociclistas, es realizar cruces y retornos inadecuados, con el fin de evitar la congestión vehicular, retornos a largas distancias y ahorro de tiempos de viaje, como se observa en la Figura 65 y Figura 66.

Figura 65. Biciusuarios realizando cruces inadecuados Punto1.



Fuente: Elaboración Propia

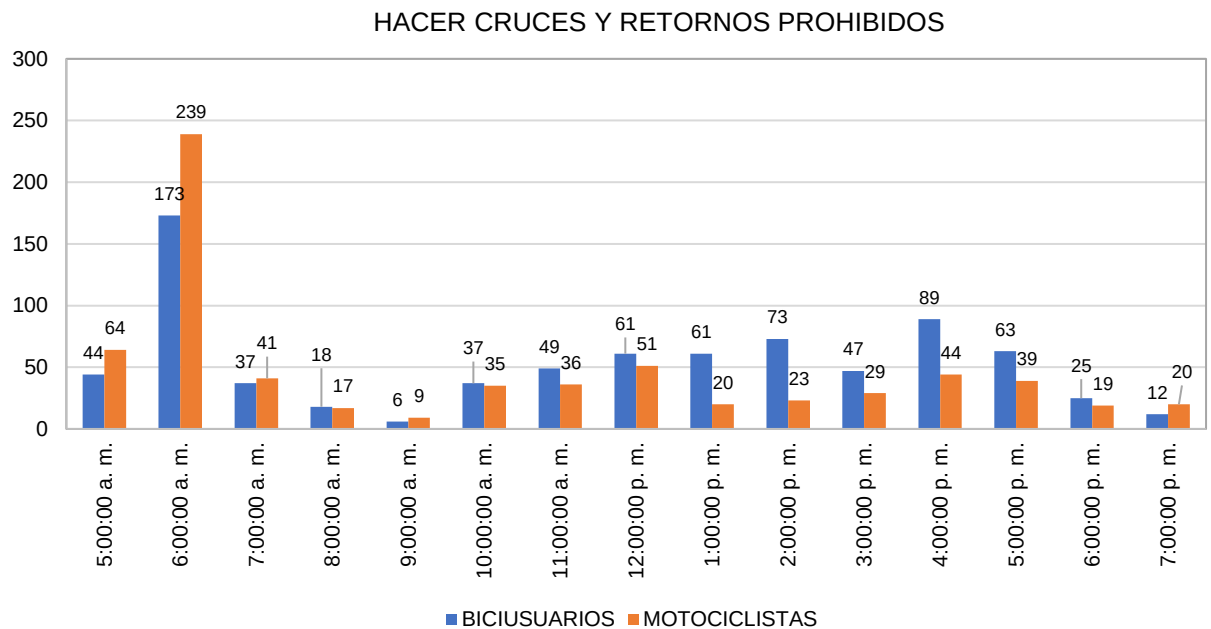
Figura 66. Motociclistas realizando cruces inadecuados Punto1.



Fuente: Elaboración Propia

Se registraron 795 biciusuarios y 686 motociclistas, realizando cruces y retornos prohibidos, durante las 15 horas de toma de información. La hora en que más se realizó este tipo de comportamiento, fue a las 6 am, como se observa en la Figura 67.

Figura 67. Número de biciusuarios y Motociclistas esperando en lugares inapropiados Punto1.



Fuente: Elaboración Propia

Debido a la falta de infraestructura y la congestión que se presenta en la intersección, los biciusuarios y motociclistas transitan en medio de los vehículos pesados, sobre las líneas de demarcación de carril, en forma de zigzag o culebreo, como se observa en la Figura 68.

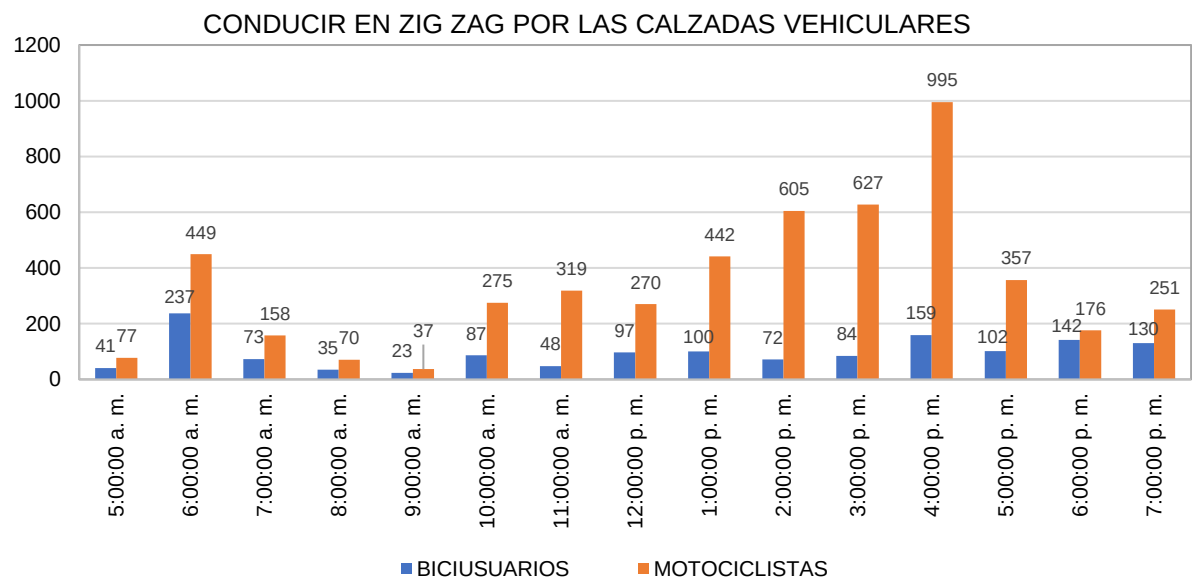
Figura 68. Biciusuarios y motociclistas conduciendo en Zigzag Punto1.



Fuente: Elaboración Propia

En la figura anterior se muestra como los biciusuarios y motociclistas transitan en medio de vehículos pesados, realizando maniobras de alto riesgo. Este tipo de comportamiento, se registró en 1430 biciusuarios y 5108 motociclistas. Las horas en que más se presenta este comportamiento, es de 1 pm a las 4 pm, sin embargo, a las 6 am se presentan 449 usuarios con este tipo de comportamiento, como se muestra en la Figura 69.

Figura 69. Número de biciusuarios y Motociclistas conduciendo en Zigzag Punto1.



Fuente: Elaboración Propia

El uso de casco, chalecos reflectivos, luces intermitentes de color rojo y blanco, reducen los riesgos de accidentalidad, sin embargo, en este punto la mayoría de los biciusuarios no utilizan estos elementos, como se observa en la Figura 70.

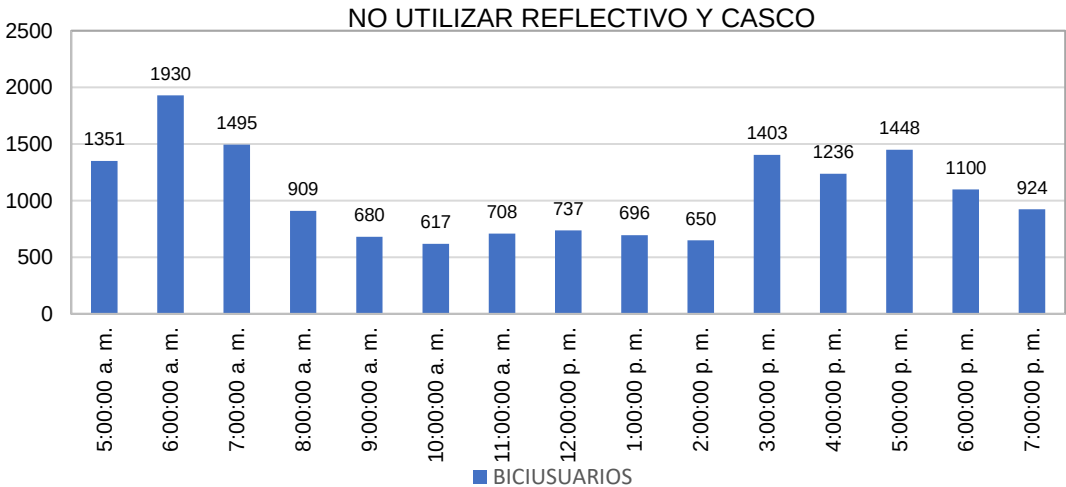
Figura 70. Biciusuarios sin casco ni elementos reflectivos Punto1.



Fuente: Elaboración Propia

Durante la toma de información, se identificaron 15884 biciusuarios que no portaban los elementos de protección, en especial los que comparten calzada con los vehículos particulares. Las horas en que más se registra este comportamiento, son de 5 am y 7 am y en la tarde de 3 pm a 6 pm, tal y como se observa en la Figura 71.

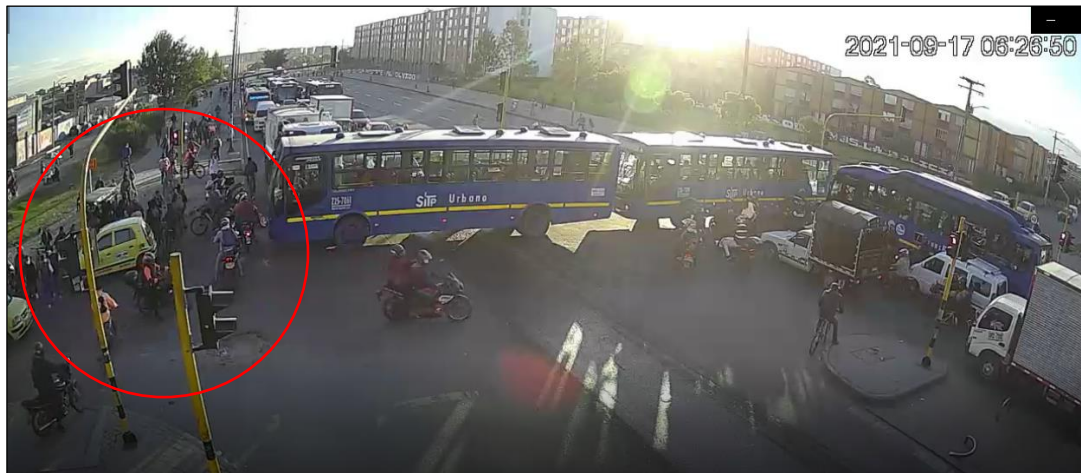
Figura 71. Biciusuarios que no utilizan los elementos de protección reglamentarios Punto1.



Fuente: Elaboración Propia

Una de las características en los comportamientos de los biciusuarios y motociclistas en esta intersección, es la falta de cultura para ceder el paso. Si bien es cierto que las intersecciones deben estar libres sobre la zona demarcada con la línea de restricción de bloqueo, algunos vehículos quedan sobre esta área, producto de la congestión vehicular, como se muestra en la Figura 72.

Figura 72. Obstaculizar el paso de vehículos que están sobre la intersección Punto1.



Fuente: Elaboración Propia

Ante esta situación, lo ideal es permitir el paso de los vehículos que están obstaculizando la intersección, así el semáforo este en verde para el flujo contrario. Este tipo de comportamientos es muy común en los biciusuarios y motociclistas, aprovechando que los vehículos que manejan tienen cierta facilidad de maniobrar entre el tráfico, como se observa en la Figura 73.

Figura 73. Impedir el paso de vehículos que están sobre la intersección Punto1.



Fuente: Elaboración Propia

Para utilizar las motos y las bicicletas como vehículos de carga, deben cumplir unos requisitos establecidos en el Artículo 6 del decreto 21 del 26 de abril de 2020. Para ejercer esta actividad, los vehículos deben tener un habitáculo para el transporte de mercancías y no deben llevar cargas sobredimensionadas, sin embargo, en la Figura 74, se observa que no se está cumpliendo este requisito.

Figura 74. Cargas sobredimensionadas Punto1.



Fuente: Elaboración Propia

El uso de celular, es una de las principales causas de accidentalidad y es uno de los comportamientos inadecuados más comunes en los biciusuarios, como se observa en la Figura 75.

Figura 75. Uso de celulares por biciusuarios Punto1.



Fuente: Elaboración Propia

Es común ver a los motociclistas circular a altas velocidades, en especial en las horas de bajo flujo vehicular y es una de las principales causas de accidentalidad en la ciudad. En la Figura 76, se puede ver como un motociclista por poco choca contra una ambulancia, debido al exceso de velocidad.

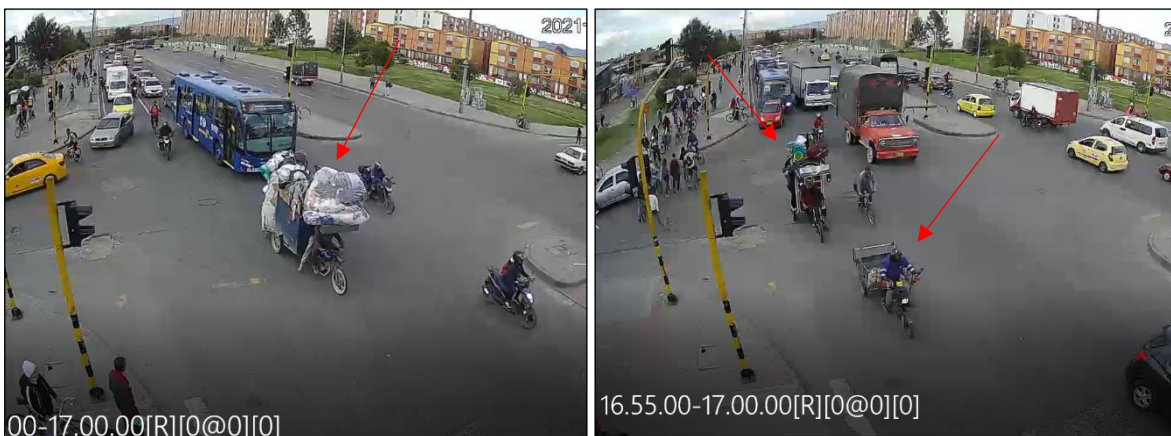
Figura 76. Exceso de velocidad de los motociclistas Punto1.



Fuente: Elaboración Propia

En la intersección de la Avenida Ciudad de Cali con Calle 53 Sur, circulan vehículos que son modificados y que, de alguna forma, generan un riesgo para todos los actores viales, como se observa en la Figura 77.

Figura 77. Motocicletas modificadas Punto1.



Fuente: Elaboración Propia

En esta intersección, es muy común el uso de bici taxis, debido a la cercanía con el Portal de Las Américas, por tal razón, muchas personas utilizan este servicio que les permite llegar más rápido que en un alimentador. Durante la toma de información, se pudo evidenciar algunos bici taxis cruzando semáforos en rojo,

haciendo cruces prohibidos e incluso, transitando en contra vía, como se observa en la Figura 78.

Figura 78. Comportamientos inadecuados de los bici taxis Punto1.



Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, durante la toma de información en campo, se pudo registrar un accidente de tránsito, en el que está involucrado un biciusuario y un motociclista. El accidente se produjo por el exceso de velocidad por parte del motociclista y el manejo en zigzag por parte del biciusuario, como se observa en la Figura 79.

Figura 79. Cámara 1 accidente registrado – Av. Ciudad de Cali con Calle 53 Sur Punto1.



Fuente: Elaboración Propia

Una vez ocurrido el accidente, el motociclista emprendió la huida, sin importar las lesiones que le pudo ocasionar al biciusuario, como se observa en la Figura 80.

Figura 80. Cámara 2 accidente registrado – Av. Ciudad de Cali con Calle 53 Sur.



Fuente: Elaboración Propia

10.2.2. Avenida Agoberto Mejía con Avenida Ciudad de Villavicencio.

El segundo punto, corresponde a la Avenida Agoberto Mejía (Carrera 80) con la Avenida Ciudad de Villavicencio (Calle 43 Sur), el cual presenta tráfico peatonal, vehicular, transporte público, transporte de carga y en especial, una alta demanda de biciusuarios y motociclistas, como se observa en la Figura 81.

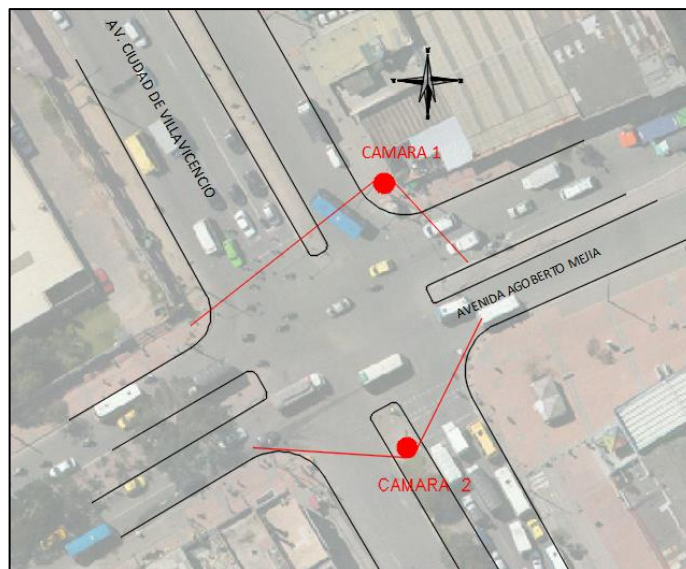
Figura 81. Usuarios viales - Av. Agoberto Mejía (Carrera 80) con la Avenida Ciudad de Villavicencio (Calle 43 Sur).



Fuente: Elaboración Propia

Para la elaboración de la caracterización de los comportamientos inadecuados, se instalaron 2 cámaras en esta intersección, tal y como se muestra en la Figura 82. La información se tomó de manera continua, por un periodo de 15 horas, iniciando a las 5 am y finalizando a las 8 pm, lo cual permitió visualizar y realizar un conteo de los comportamientos inadecuados más representativos, por parte de los biciusuarios y los motociclistas.

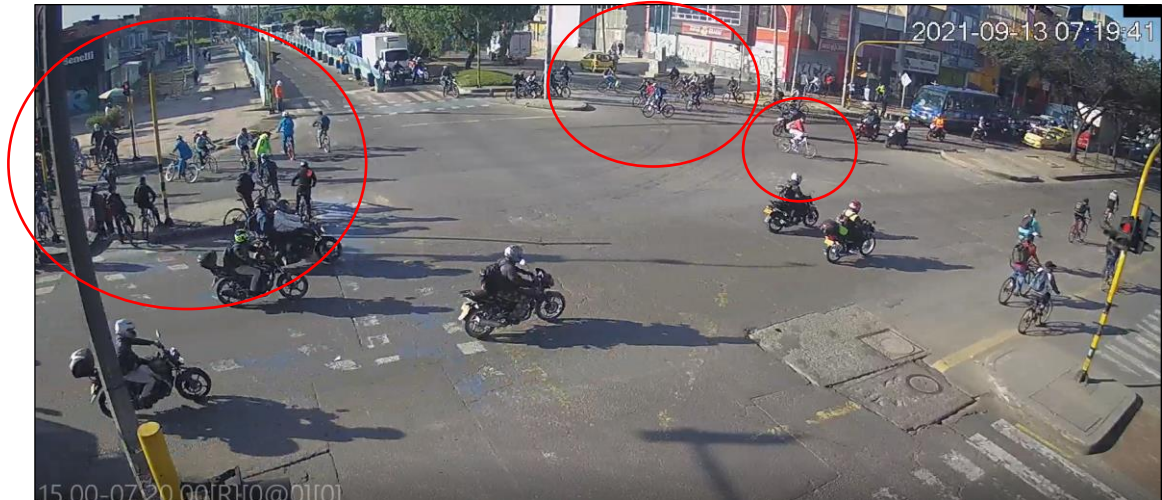
Figura 82. Localización de las cámaras - Av. Agoberto Mejía (Carrera 80) con la Avenida Ciudad de Villavicencio (Calle 43 Sur).



Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 83 se observa el paso de biciusuarios con el semáforo en rojo, el cual es más frecuente sobre el acceso sur este. Este comportamiento se realiza en grupos de más de 5 biciusuarios en la hora pico.

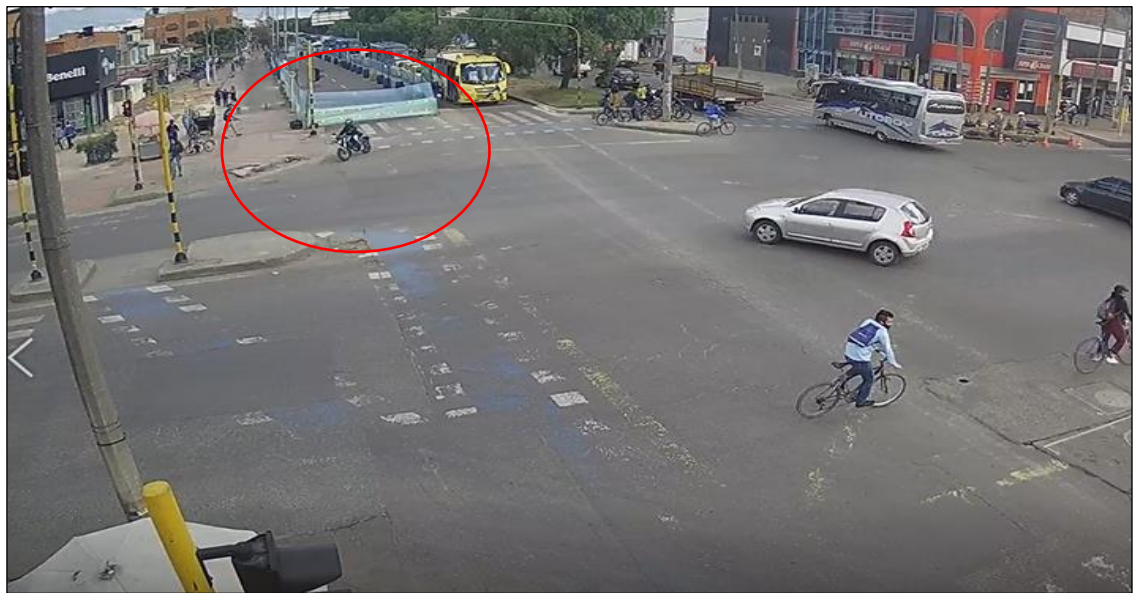
Figura 83. Cruce de semáforos en rojo por parte de biciusuarios Punto 2.



Fuente: Elaboración Propia

En la Figura 84, se observa el paso de motociclistas con el semáforo en rojo. Este comportamiento se presenta en todos los accesos de la intersección, aunque con menos frecuencia.

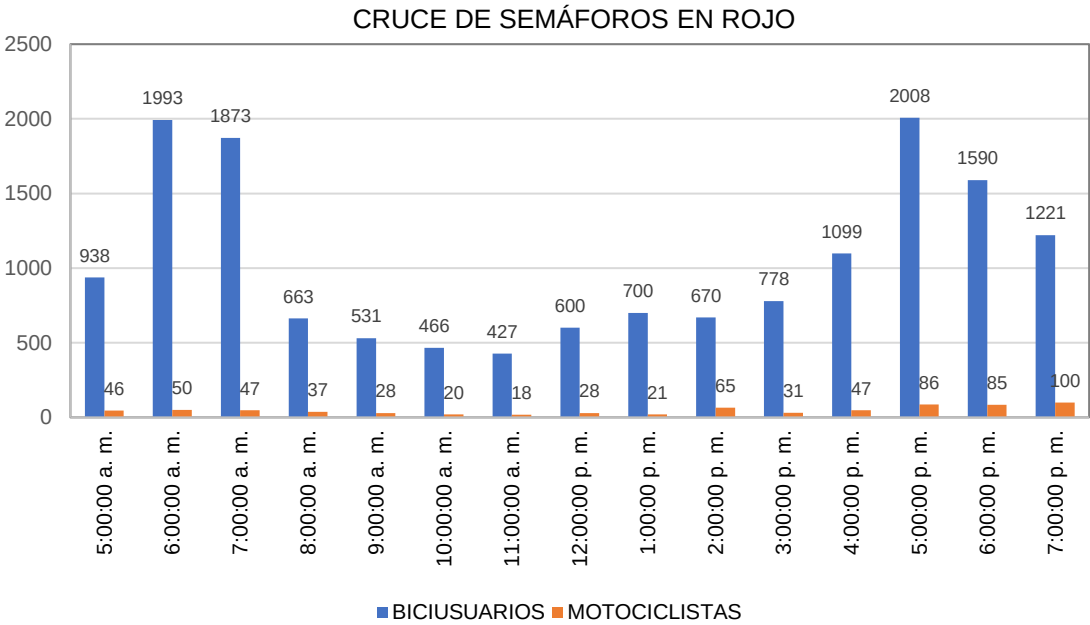
Figura 84. Cruce de semáforos en rojo por parte de motociclistas Punto2.



Fuente: Elaboración Propia

Durante las 15 horas de la toma de información, 15557 biciusuarios se pasaron el semáforo en rojo y 709 motocicletas realizaron este comportamiento. Las horas más críticas en la mañana fueron de 6 am a 8 am y en la tarde, de 5 pm a 7 pm, como se muestra en la Figura 85.

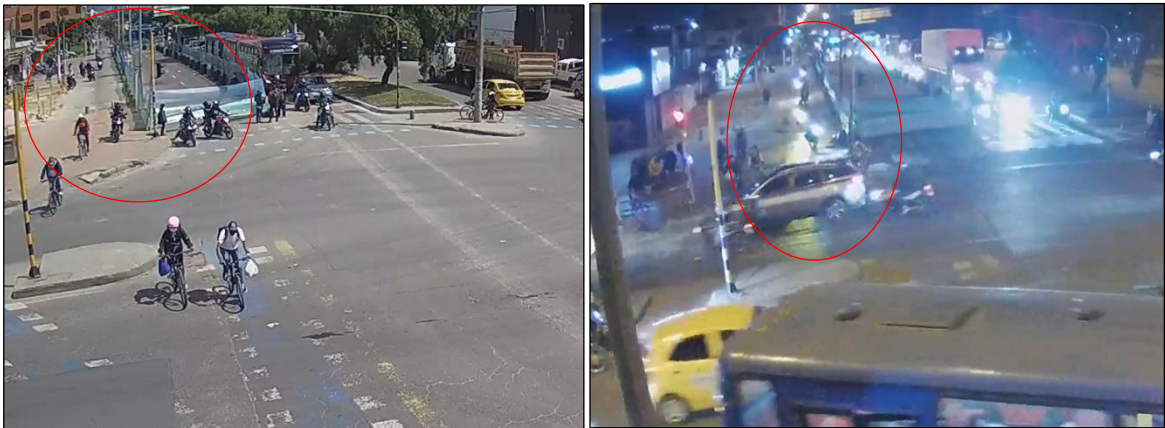
Figura 85. Número de usuarios que cruzaron el semáforo en rojo Punto2.



Fuente: Elaboración Propia

Con el fin de evitar el tráfico vehicular, los motociclistas transitan por los andenes, colocando en riesgo a los peatones y biciusuarios, como se muestra en la Figura 86.

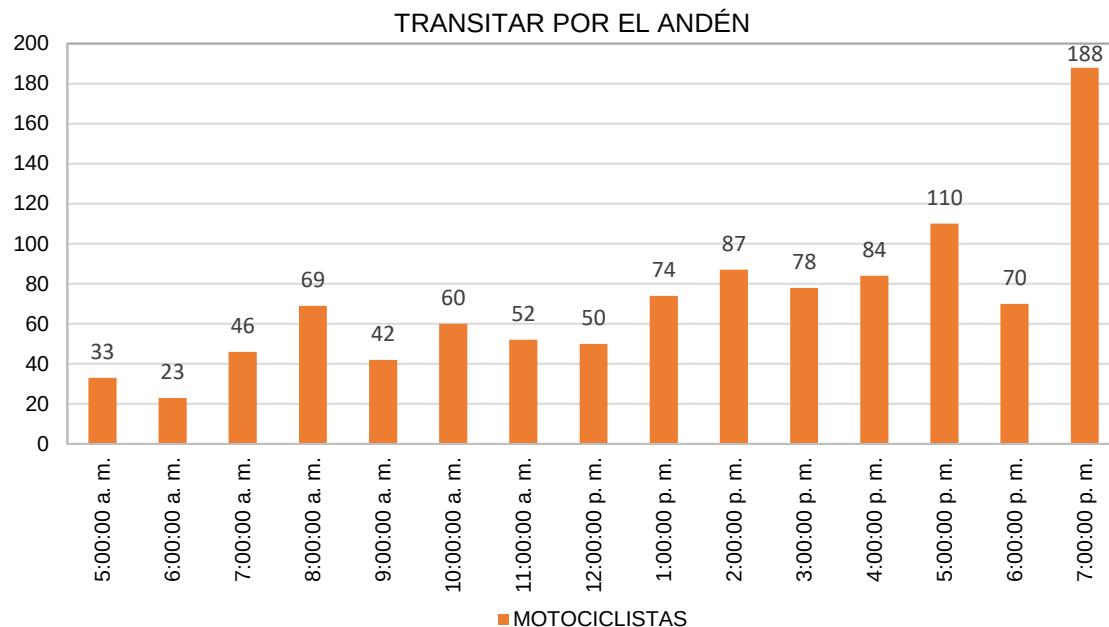
Figura 86. Motociclistas transitando sobre la ciclorruta y andenes Punto2.



Fuente: Elaboración Propia

Este tipo de comportamiento, se repitió 709 veces durante las 15 horas que duró la toma de la información. En la Figura 87, se observa que la hora en que más motociclistas transitan por el andén y la ciclorruta, es a las 7 de la noche, aprovechando la poca visibilidad por parte de las autoridades de tránsito.

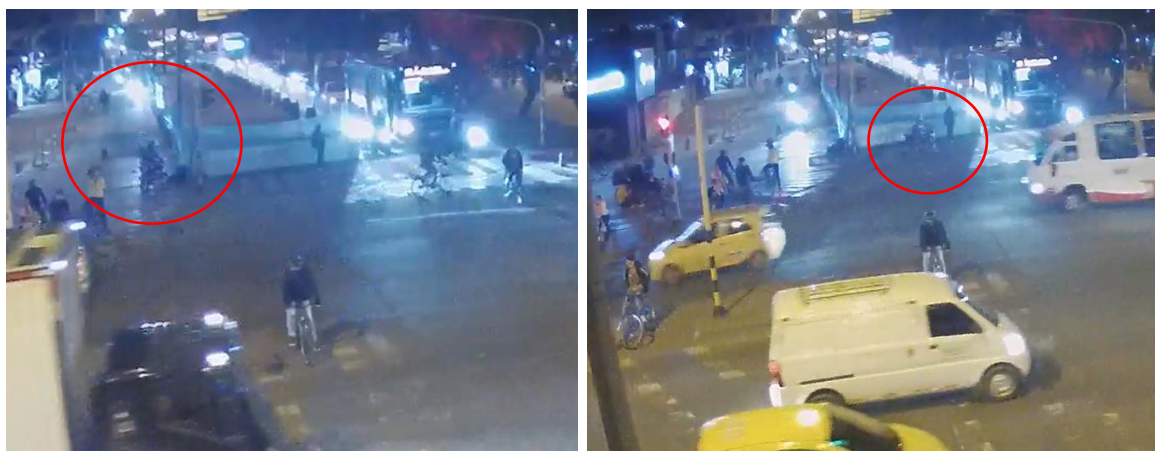
Figura 87. Número de motociclistas que transitan sobre el andén Punto2.



Fuente: Elaboración Propia

En horas de la noche, los motociclistas circulan sobre los andenes con la luz apagada, con el fin de no ser identificados por las autoridades de tránsito o las cámaras de control, como se observa en la Figura 88.

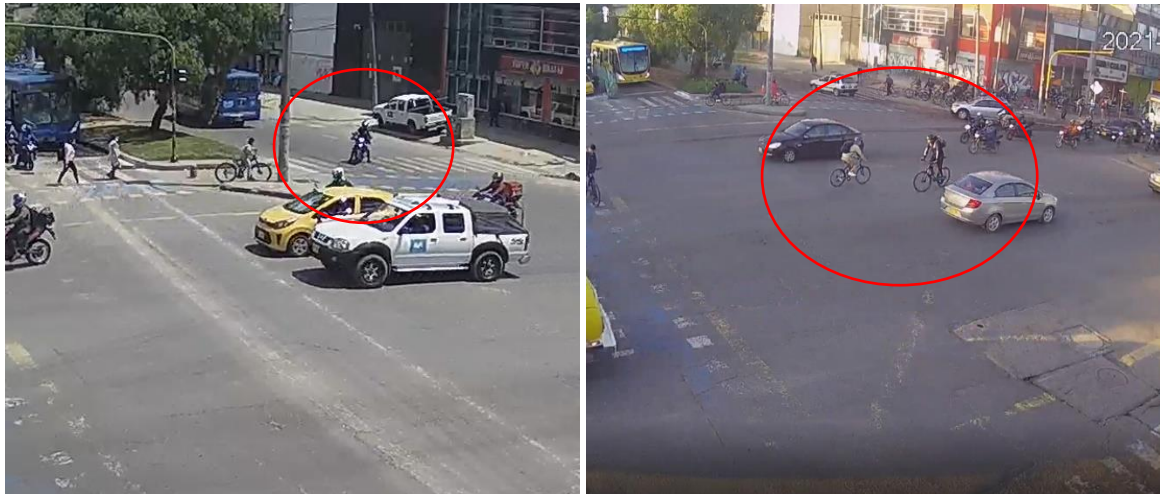
Figura 88. Motociclistas transitando sobre la ciclorruta y andenes, con las luces apagadas.



Fuente: Elaboración Propia

Conducir en contra vía, es una de los comportamientos inadecuados que más se presentan en esta intersección, tal y como se observa en la Figura 89.

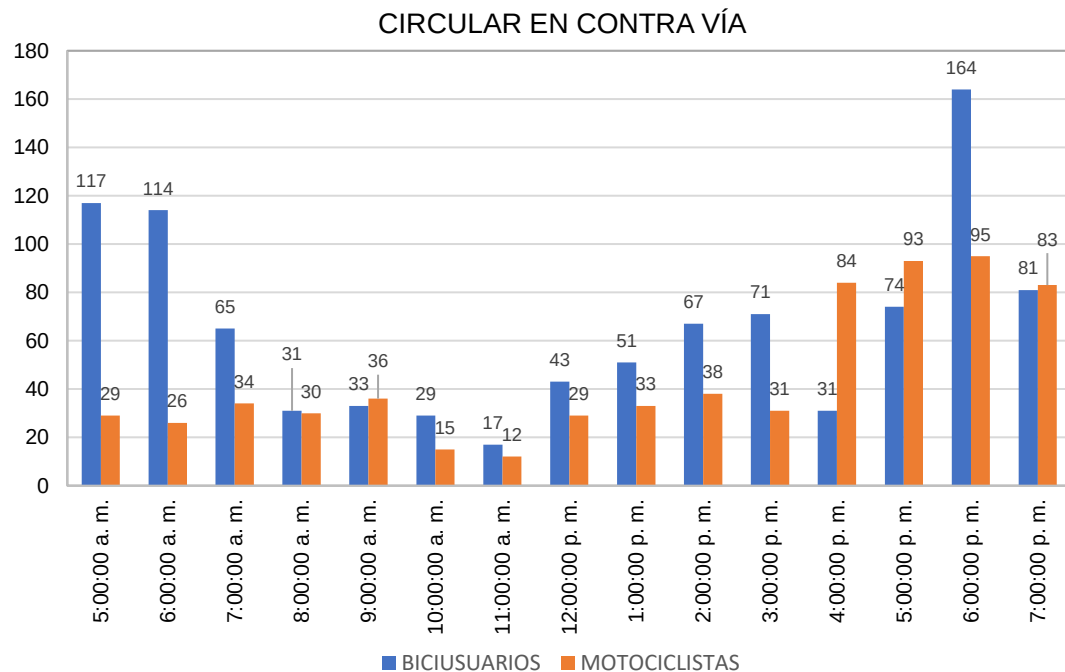
Figura 89. Biciusuarios y Motociclistas transitando en contra vía Punto2.



Fuente: Elaboración Propia

Durante la toma de información en campo, se registraron 988 biciusuarios y 668 motociclistas, que transitaron en contra vía. La hora en que más se comete este tipo de comportamiento, es de 6 pm a 7 pm, como se observa en la Figura 90.

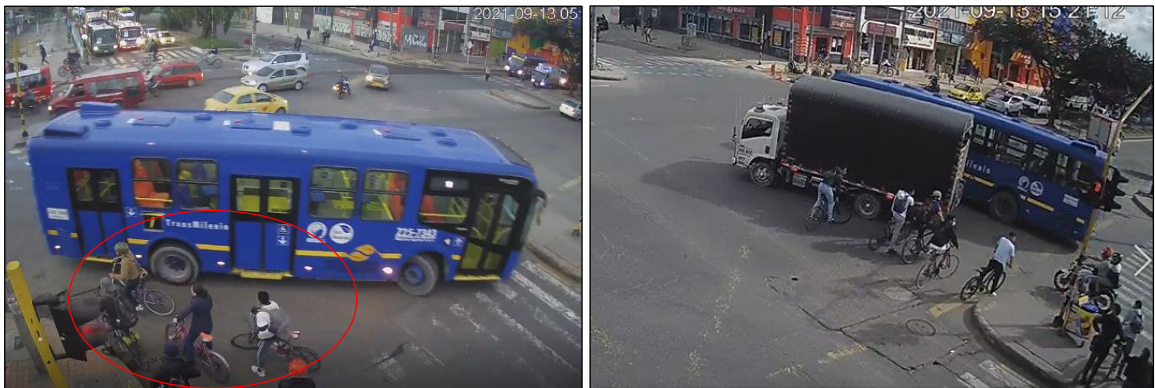
Figura 90. Biciusuarios y Motociclistas que transitan en contra vía Punto 2.



Fuente: Elaboración Propia

La intersección de la Avenida Agoberto Mejía (Carrera 80) con la Avenida Ciudad de Villavicencio (Calle 43 Sur), se caracteriza por presentar tránsito de vehículos pesados, los cuales presentan puntos ciegos, es decir, en los que no se pueden observar desde el puesto del conductor. Esperar el cambio de semáforo, en lugares inapropiados, es una de las principales causas de accidentalidad, debido a la invasión de la calzada que dificulta el giro de los vehículos pesados, como se observa en la Figura 91 y Figura 92.

Figura 91. Biciusuarios esperando en lugares inapropiados Punto 2.



Fuente: Elaboración Propia

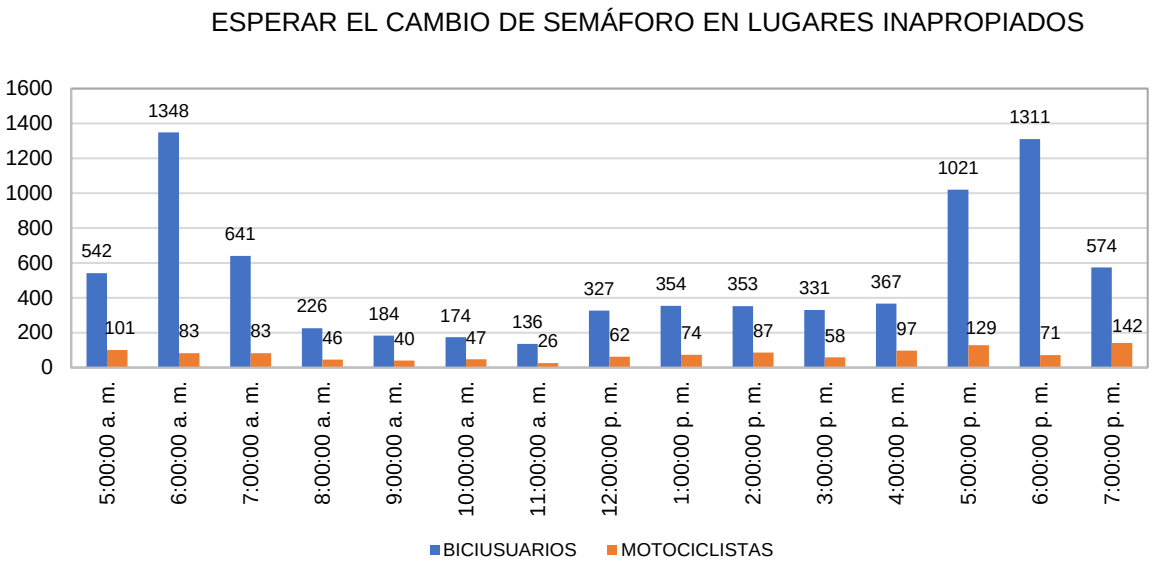
Figura 92. Motociclistas esperando en lugares inapropiados Punto2.



Fuente: Elaboración Propia

Durante la toma de información en campo, se registraron 7889 biciusuarios y 1146 motociclistas, que presentaron este comportamiento en la intersección, siendo las 6 am y las 6 pm, las horas que registraron la mayor cantidad de comportamientos de este tipo, tal y como se observa en la Figura 93.

Figura 93. Número biciusuarios y Motociclistas esperando en lugares inapropiados Punto2.



Fuente: Elaboración Propia

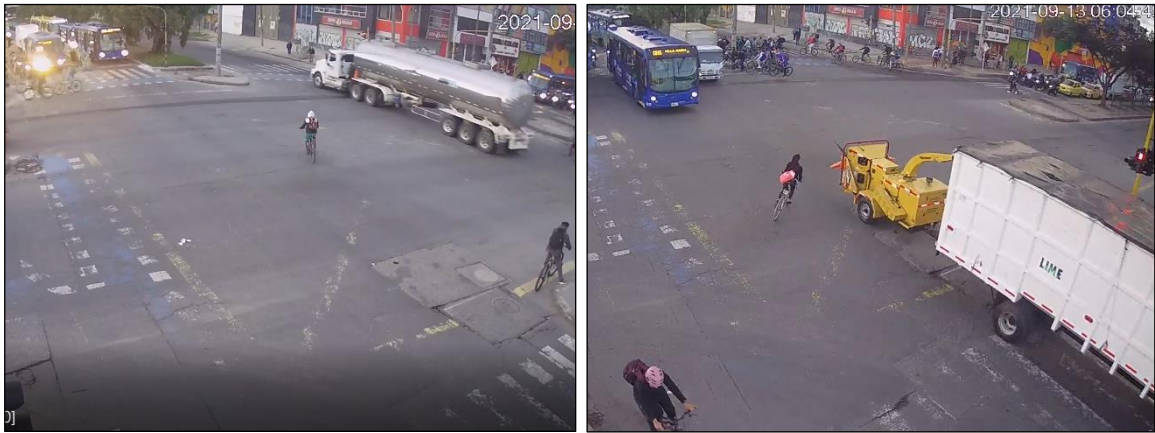
El uso de la motocicleta y la bicicleta como medio de transporte, facilitan realizar maniobras que pueden poner en riesgo a todos los actores viales. En la Figura 94 y Figura 95, se observan algunos comportamientos de este tipo.

Figura 94. Motociclistas realizando cruces prohibidos Punto2.



Fuente: Elaboración propia.

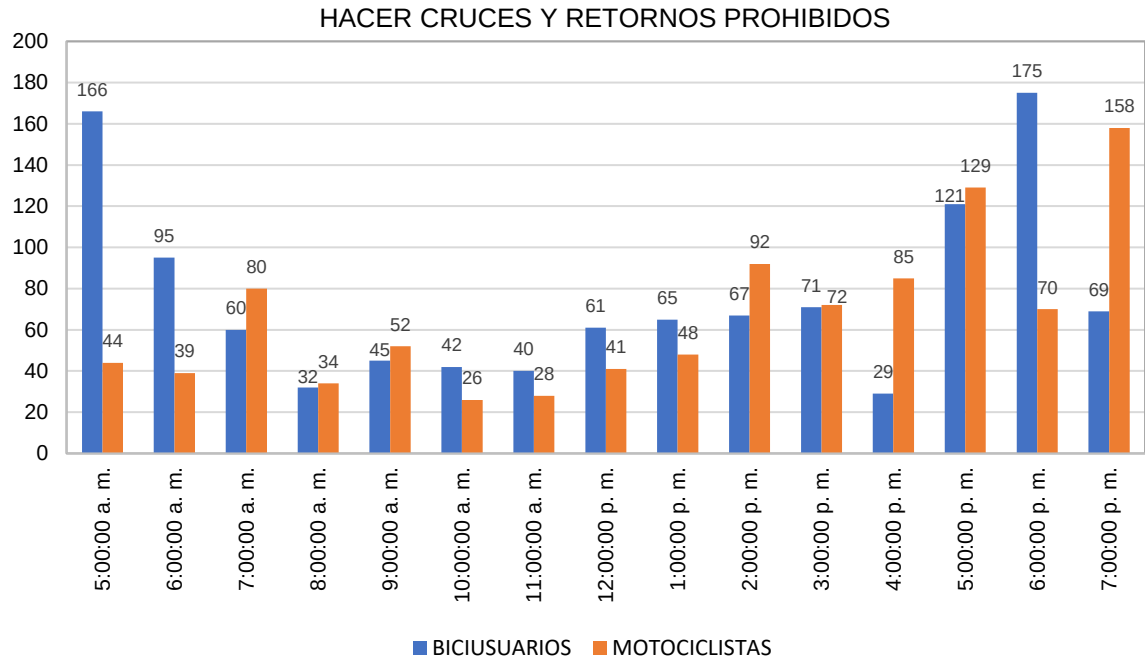
Figura 95. Biciusuarios realizando cruces prohibidos Punto2.



Fuente: Elaboración Propia

Este comportamiento inadecuado, se realizó 1138 veces por parte de los biciusuarios y 998 veces, por parte de los motociclistas. Las horas en que más se realizan este tipo de comportamientos, son las 5 am, 6 pm y 7 pm. En horas de la mañana, los biciusuarios son los que más cometen este tipo de comportamientos, sin embargo, a las 7 de la noche, los motociclistas son los que reflejan un aumento en este tipo de comportamientos, tal y como se puede evidenciar en la Figura 96.

Figura 96. Número de biciusuarios y motociclistas haciendo cruces prohibidos Punto2.



Fuente: Elaboración Propia

En la anterior figura, también se puede observar que de 7 am a 9 am y de 2 pm a 5 pm, los motociclistas realizan cruces prohibidos, en mayor proporción que los biciusuarios.

De acuerdo a la Ley 1239 de 2008, las motocicletas deben transitar ocupando un carril, sin embargo, esta ley no se aplica a nivel de movilidad en la ciudad. En la Figura 97, se observa como los biciusuarios y motociclistas, circulan en medio del tránsito vehicular, sobre las líneas de demarcación de carril (Culebreo o Zigzag).

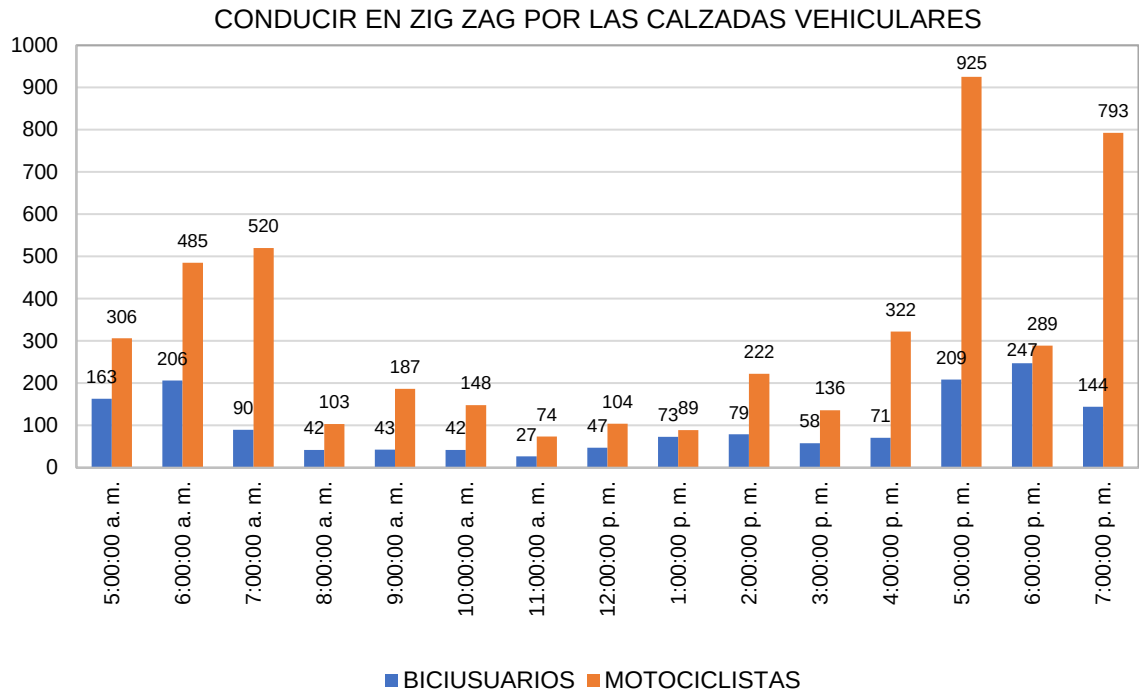
Figura 97. Biciusuarios y motociclistas conduciendo en Zigzag Punto2.



Fuente: Elaboración Propia

La anterior figura refleja la forma en que los biciusuarios y motociclistas realizan maniobras peligrosas, cambios de carril y el efecto de Zigzag, en medio de vehículos pesados, que se caracterizan por tener poca visibilidad por parte de los conductores, en ciertos puntos. Durante la toma de información, 1541 biciusuarios y 4703 motociclistas, realizaron comportamientos de este tipo. Las horas en que más comportamientos inadecuados se producen, son de 5 am a 7 am y de 5 pm a 7 pm, como se observa en la Figura 98.

Figura 98. Número biciusuarios y Motociclistas conduciendo en Zigzag Punto2.



Fuente: Elaboración Propia

Los elementos de protección personal, juegan un papel importante en la movilidad, en especial, para los actores más vulnerables como lo son los biciusuarios. En la intersección de la Agoberto Mejía con Av. Ciudad de Cali, se puede evidenciar la falta del uso de los elementos de protección como lo es el uso de casco, chaleco reflectivo, luces rojas en la parte trasera y luces blancas en la parte delantera, como se observa en la Figura 99.

Figura 99. Biciusuarios sin casco ni elementos reflectivos Punto 2.



Fuente: Elaboración Propia

Este comportamiento también se presenta para los motociclistas, aunque en menor proporción, como se muestra en la Figura 100, quien no solamente transita si utilizar el casco, también está en contra vía y sobre la ciclobanda.

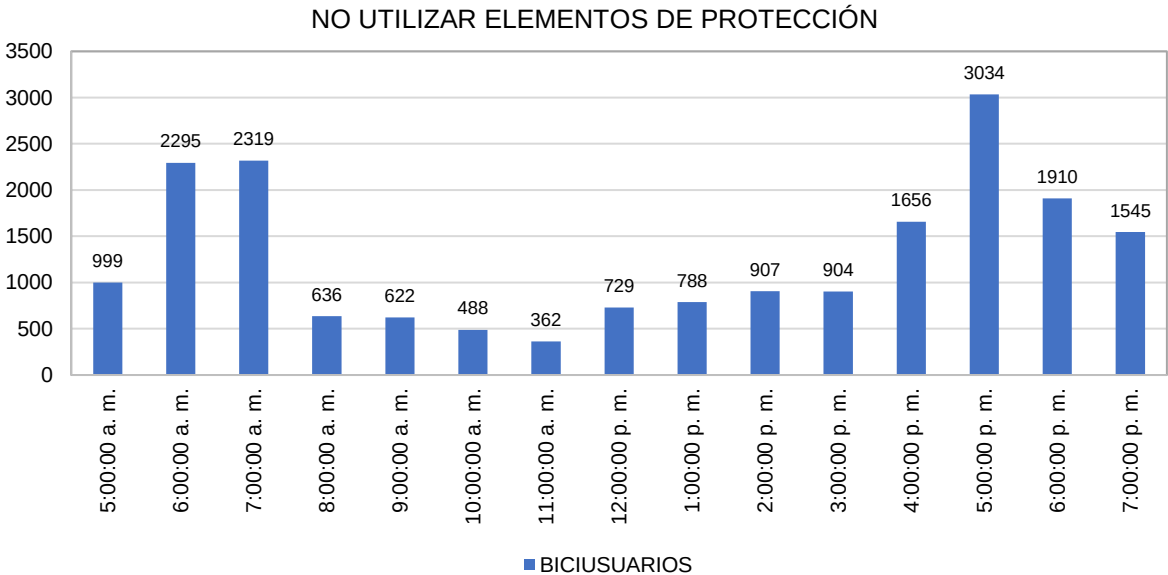
Figura 100. Motociclista sin casco Punto2.



Fuente: Elaboración Propia

Durante la toma de información, se identificaron 19194 biciusuarios que no portaban los elementos de protección. Las horas en que más se registra este comportamiento, son de 5 am y 7 am y en la tarde de 4 pm a 6 pm, tal y como se observa en la Figura 101.

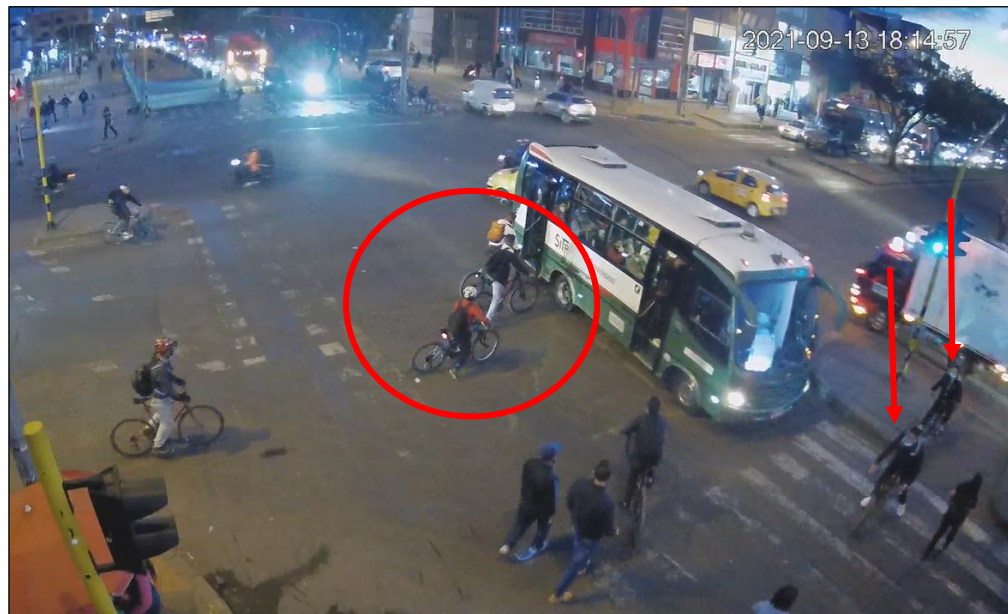
Figura 101. Número biciusuarios que no utilizan los elementos de protección reglamentarios Punto2.



Fuente: Elaboración Propia

Una de las características en los comportamientos de los biciusuarios y motociclistas, es que no existe la cultura de ceder el paso. En la Figura 102, se observa que un bus se quedó sobre la intersección, invadiendo la línea amarilla de restricción de bloqueo, debido a la congestión vehicular. Si bien es cierto que el paso en verde esta para los biciusuarios y peatones, lo recomendable en estos casos es ceder el paso al bus, para que no obstaculice la intersección, sin embargo, no existe esta cultura y el bus debe permanecer bloqueando la intersección hasta que una nueva fase semafórica, le permita seguir su circulación.

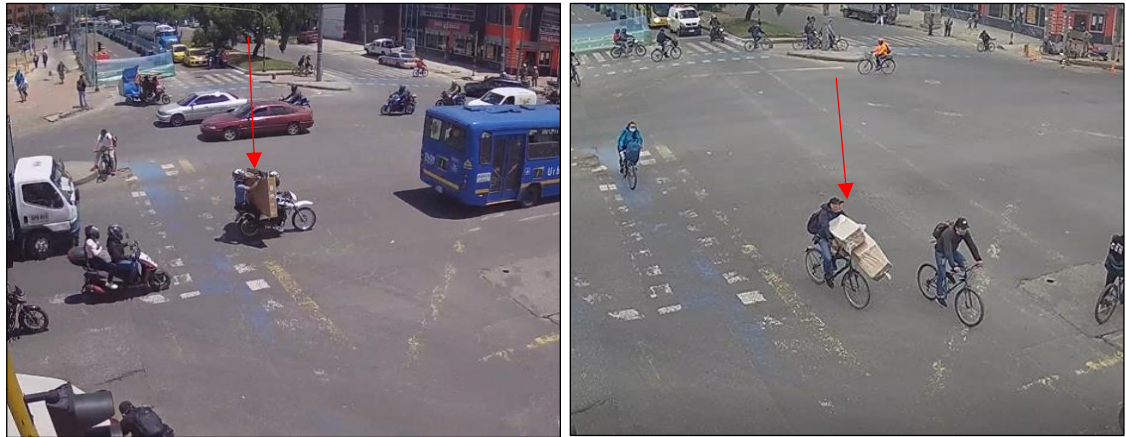
Figura 102. Obstaculizar el paso de vehículos que están sobre la intersección Punto 2.



Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a la Secretaría de Movilidad, en el artículo 6 del Decreto 121 del 26 de abril de 2020, las empresas que se dediquen a mensajería y domicilios, se deben inscribir para el transporte de cargas. Para ejercer esta actividad, los vehículos deben tener un habitáculo para el transporte de mercancías y no deben llevar cargas sobredimensionadas, sin embargo, en la Figura 103, se puede observar este tipo de vehículos, transportando cargas sobredimensionadas, que pueden desestabilizar a los conductores, ocasionando accidentes de tránsito.

Figura 103. Transporte de cargas sobredimensionadas Punto2.



Fuente: Elaboración Propia

Debido al crecimiento del uso de las plataformas de mensajería y domicilios, algunos biciusuarios y motociclistas, utilizan los celulares mientras manejan sus vehículos, aumentando el riesgo de accidentalidad, como se observa en la Figura 104.

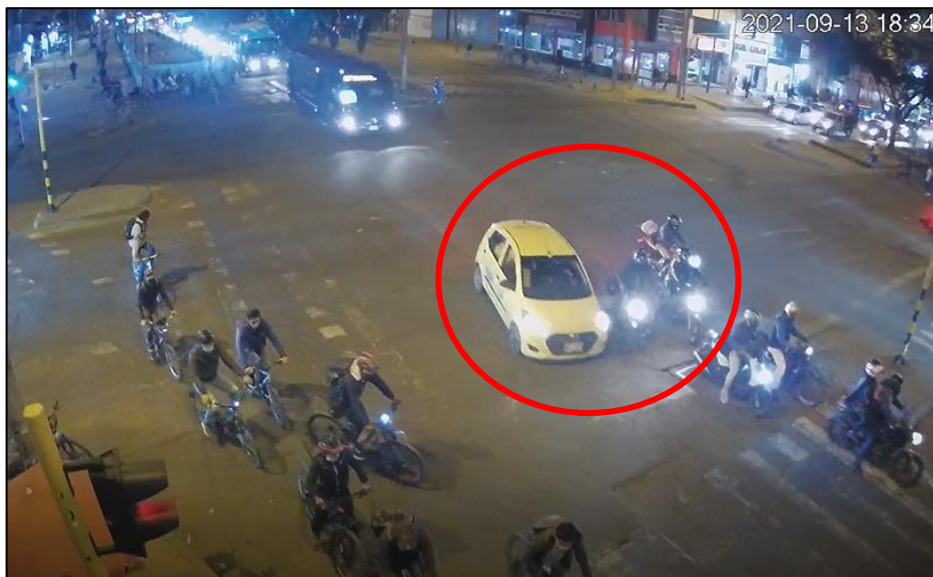
Figura 104. Uso de dispositivos electrónicos en la vía Punto2.



Fuente: Elaboración Propia

Cuando existe un flujo vehicular de tal magnitud, así como una gran cantidad de imprudencias por parte de los biciusuarios y motociclistas, se presentan incidentes que en la mayoría de los casos son menores, como se observa en la Figura 105, en la que un taxi y un motociclista presentaron un choque leve.

Figura 105. Incidente vial entre taxi y motociclista Punto2.



Fuente: Elaboración Propia

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La metodología utilizada para la elaboración del proyecto, permitió realizar un análisis geoestadístico con los datos suministrados por la Secretaría de movilidad, con respecto a los accidentes de biciusuarios y motociclistas, ocurridos durante los años 2016, 2017, 2018 y 2019, por medio de índices de autocorrelación como el de Moran y el índice de Getis-Ord G, se evidenció que los valores obtenidos sobre estos puntos estaban en los rangos para rechazar la hipótesis nula la cual partía del supuesto que los eventos eran resultado de procesos aleatorios.

Identificando el tipo de atributo que tienen un evento se puede observar la correlación que tiene éste en el espacio, al realizar este proceso por medio del método de hotspots con el atributo gravedad (solo heridos, solo daños, y con muertos) se identificó que la mayoría de los eventos se presentan en el sur de la ciudad; para poder escoger los puntos más representativos se realizó el análisis del atributo número de eventos por una zona de influencia, así uniendo temas de análisis estadístico espacial con sistemas de información geográfica, de esta manera poder tener un mayor grado de confiabilidad en la selección de los puntos de estudio, para que efectivamente reflejaran los riesgos en cuanto a la accidentalidad y los problemas de comportamiento por parte de los biciusuarios y motociclistas.

Las intersecciones de la Av. Ciudad de Cali con Calle 53 Sur y Av. Agoberto Mejía con Av. Villavicencio, no cuentan con señalización horizontal, la demarcación de los pasos peatonales está desgastada, no se puede identificar las líneas de demarcación de restricción de bloqueo, no se identifican líneas que separan el flujo vehicular y la demarcación de las ciclobandas, en los cruces semafóricos. Se recomienda la intervención inmediata, por parte de la Secretaría de Movilidad, ya que la señalización permite mitigar los riesgos a los que están expuestos todos los actores viales.

La toma de información por un periodo de 15 horas en cada intersección, permitió analizar los comportamientos inadecuados por parte de los biciusuarios y motociclistas, así como realizar un conteo de los comportamientos más recurrentes mostrando la hora o periodo más crítico en que se produce cada uno de ellos, lo cual se resume en las Tabla 15 y la Tabla 16, en donde se identifica que el periodo que más registra comportamientos inadecuados es de 6 am a 7 am.

Tabla 15. Comportamientos inadecuados – Avenida Ciudad de Cali con Calle 53 Sur.

Descripción	Cantidad de comportamientos inadecuados	Horas críticas de ocurrencia
Cruce de semáforos en rojo	7352	6am
Motociclistas que transitar sobre el andén	698	6am
Circular en contra vía	2774	6am/4pm
Esperar el cambio de semáforo, en lugares inapropiados	9222	6am/5pm-7pm
Hacer cruces y retornos prohibidos	1481	6am
Conducir en Zigzag por las calzadas vehiculares	6538	2pm-4pm
Biciusuarios que no utilizan los elementos de protección personal	15884	5am-7am/3pm-7pm

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 16. Comportamientos inadecuados – Av. Agoberto Mejía con Av. Villavicencio.

Descripción	Cantidad de comportamientos inadecuados	Horas críticas de ocurrencia
Cruce de semáforos en rojo	16266	6am-7am / 5pm-7pm
Motociclistas que transitar sobre el andén	1066	7pm
Circular en contra vía	1656	5am-6am / 4pm-7pm
Esperar el cambio de semáforo, en lugares inapropiados	9035	5am-7am / 5pm-7pm
Hacer cruces y retornos prohibidos	2136	5am / 5pm-7pm
Conducir en Zigzag por las calzadas vehiculares	6244	6am-7am / 5pm-7pm
Biciusuarios que no utilizan los elementos de protección personal	19194	6am-7am / 4pm-7pm

Fuente: Elaboración Propia

Los datos obtenidos son alarmantes, con respecto al número de comportamientos inadecuados que se pueden presentar en un periodo de 15 horas. Se requieren campañas de sensibilización y seguridad vial, un mayor control en el uso de los elementos de protección personal. La mayoría de comportamientos inadecuados, son realizados por los biciusuarios, sin embargo, la cantidad de motociclistas que transitan por los andenes (698 en la Av. Ciudad de Cali con Calle 53 Sur y 1066 en la Av. Agoberto Mejía con Av. Villavicencio) refleja una falta de educación vial por parte de este actor. Se recomienda ejercer un mayor control por parte de las autoridades de tránsito, ya que este comportamiento representa un gran riesgo para los peatones, quienes son los actores viales más vulnerables.

Existen otros tipos de comportamientos inadecuados que, aunque se presentan con menor frecuencia, representan un riesgo latente a la hora de transitar por las calles, como lo son el empleo de dispositivos móviles, exceso de velocidad y transitar con cargas sobredimensionadas. En la intersección de la Av. Ciudad de Cali con Calle 53 Sur, se observaron motocicletas adaptadas para el transporte de grandes cargas de material reciclable, las cuales no cumplen con las condiciones mínimas de seguridad.

Es evidente el aumento de los usuarios de bicicleta y motos, los cuales son vehículos utilizados para la generación de empleo y reducción de tiempos de viaje, por tal razón, se recomienda una intervención en la infraestructura vial existente, ya que se observa que no existe una capacidad suficiente para el tránsito de este tipo de usuarios. En la Av. Agoberto Mejía con Av. Villavicencio, la ciclobanda no permite la circulación del alto número de actores viales que se presentan en la hora pico, así como el poco espacio que tienen los usuarios, para esperar los cambios de semáforo, por esta razón, se ven obligados a invadir las calzadas vehiculares.

Verificando el registro fílmico tomado para cada intersección, se observaron incidentes menores, sin embargo, en la Avenida Ciudad de Cali con calle 53 Sur, a las 7:19 am se presentó un accidente entre un biciusuario y un motociclista, en el cual el motociclista siguió su camino sin importar la lesión que pudo sufrir el biciusuario, en este evento no hubo el acompañamiento de la policía de tránsito, de esta manera este incidente no va a hacer incluido en la base de datos del Sistema de Información Geográfica de Accidentes de Tránsito de Bogotá – SIGAT II, que a diario se presentan muchos accidentes de tránsito que no son registrados ante las autoridades competentes, lo que indica que las cifras con las que se realizaron los estudios del presente proyecto, son aún mayores.

Incentivar el uso de la bicicleta, como medio de transporte, permite disminuir los índices de contaminación y mejorar la calidad del aire, sin embargo, se requieren mejores condiciones en infraestructura y seguridad ciudadana, teniendo en cuenta que los biciusuarios hacen parte de los actores viales vulnerables.

Para futuras investigaciones, se recomienda elaborar un análisis espacial que permita identificar porque existen más Hotspots en la parte sur de la ciudad. Para esto, se puede incluir variables sociales o de geografía humana, estados de malla vial, número de población e índices de inseguridad, para evaluar si existe alguna correlación con los siniestros viales o con los actores viales.

Se recomienda realizar una evaluación sobre los comportamientos inadecuados de los actores viales que no son objetos del presente estudio, es decir, automóviles, buses, camiones, etc, ya que, de acuerdo con la información tomada en campo, estos usuarios viales también son responsables de muchos accidentes de tránsito y de esta manera, crear un análisis global de todos los actores viales en los puntos obtenidos.

12. BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía de Bogotá. (2018a). *Al colegio en Bici* | *Bogota.gov.co*.
<https://bogota.gov.co/mi-ciudad/movilidad/al-colegio-en-bici>
- Alcaldía de Bogotá. (2018b). *Cartilla de Andenes de Bogotá D.C.*
https://www.google.com/search?q=cartilla+espacio+p%C3%BAblico+bogot%C3%A1&ei=jYWAYbWWPPqG9u8P15yTwAl&oq=cartilla+espacio+p%C3%BAblico+bogot%C3%A1&gs_lcp=Cgdnd3Mtd2l6EAMyBggAEAcQHjIGCA AQBxAeOgcIABBHELADOgoILhCwAxBDEJMCog0ILhDHARCvARANEJMCogQIABANogglABAIEAcQHjoICAAQDRAFEB5KBAhBGABQ6ztY7kVgu0xoAXACeACAAakBiAG6CplBAzAuOZgBAKABAcgBCcABAQ&scient=gws-wiz&ved=0ahUKEwj1klevtfjzAhV6g_0HHVfOBCgQ4dUDCA4&uact=5
- Algora, F. A., Tapia, O. M., & Gómez, A. R. (2017). *Análisis espacial de los accidentes de tránsito en los Cantones de la Provincia de Pichincha, 2016*.
<http://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/3001>
- ANSV. (2019). *Agencia Nacional de Seguridad Vial*. ANSV. index.html
- ANSV. (2021). *Cifras año en curso*.
<https://ansv.gov.co/es/observatorio/estad%C3%ADsticas/cifras-ano-en-curso>
- Bermúdez, S. C. (2019). *Metodología para la evaluación espacio temporal de la accidentalidad vial en Bogotá: Caso Avenida Boyacá*.
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/59470>

- Buzai, G. D., & Baxendale, C. A. (2009). *Análisis exploratorio de datos espaciales*.
<http://ri.unlu.edu.ar/xmlui/handle/rediunlu/702>
- Candia, C. de, Kopacz, E., & Raggio, N. (2018). Uso de tecnología de drones para el relevamiento de información del tránsito. *ACTAS - Jornadas de Investigación*, 1660-1669.
- Castro, F. de J. (2018). La geosimulación, una herramienta para la prevención de los accidentes de tránsito. *Ingeniería, investigación y tecnología*, 19(2), 135-145. <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2018.19n2.012>
- Castro, M. A., & González, S. M. (2019). *Caracterización de los comportamientos de los usuarios viales por medio del empleo de VANT en intersecciones con mayor accidentalidad en Bogotá D.C.* <http://hdl.handle.net/11634/16537>
- CISEV. (2018). *Estadísticas | VI Congreso Ibero Americano de Seguridad Vial*.
<https://vicisev.institutoivia.org/estadisticas/>
- Comunidad Europea. (2007). *Libro Verde Hacia una nueva cultura de la movilidad urbana*. Bruselas: Comunidad Europea.
- CONASET. (2015). *Plan de motos*. CONASET. </motociclistas/plan-de-motos/>
- Constitución política de Colombia, (1991).
- Decreto 126, (2020).
<http://www.gobiernobogota.gov.co/sgdapp/?q=normograma/m%C3%A1rtires/decreto-no-126-del-10-de-mayo-de-2020>
- Dereli, M. A., & Erdogan, S. (2017). A new model for determining the traffic accident black spots using GIS-aided spatial statistical methods. *Transportation*

Research Part A: Policy and Practice, 103, 106-117.

<https://doi.org/10.1016/j.tra.2017.05.031>

Dutch Cycling Embassy. (2018). *Dutch Cycling Embassy—Organisation*.

<https://www.dutchcycling.nl/de/organization>

Ley 105, Pub. L. No. 105 (1993).

http://www.Secretaríasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0105_1993.html

Ley 336, (1996).

http://www.Secretaríasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0336_1996.html

Ley 903, (2004).

http://www.Secretaríasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0903_2004.html

Ley 1005, (2006).

http://www.Secretaríasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_1005_2006.html

Ley 1383, (2010).

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=39180>

Ley 1503, (2011).

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=45453>

Ley 1548, (2012).

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=48240>

Ley 1682, (2013).

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=55612>

Ley 1696, (2013).

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=55964>

- Ley 1702, (2013).
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=56286>
- Ley 1811, (2016). <http://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?id=30027024>
- Encuesta de Percepción Ciudadana 2019. (2019, noviembre 18). *Bogotá Cómo Vamos*. <https://bogotacomovamos.org/encuesta-de-percepcion-ciudadana-2019/>
- esri. (s. f.-a). *Análisis de punto caliente (Gi* de Getis-Ord)—Ayuda | ArcGIS Desktop*. Recuperado 24 de octubre de 2021, de <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-statistics-toolbox/hot-spot-analysis.htm>
- esri. (s. f.-b). *¿Qué es una puntuación z? ¿Qué es un valor P?* Recuperado 31 de octubre de 2021, de <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-statistics-toolbox/what-is-a-z-score-what-is-a-p-value.htm>
- Fuscaldo Jalkh, F., & Cure Álvarez, O. E. (2018). *Influencia de la implementación del Plan Nacional de Seguridad Vial en la muerte de los diferentes actores viales en Colombia 2015-2017*. <https://doi.org/10/4704>
- Galarza, L. A., Merino, P., Algora, A. F., & Gómez, A. R. (2017). Estudio geoespacial de los accidentes de tránsito en la Región Amazónica Ecuatoriana. *CienciAmérica*, 6(2), 31-36.
- Geoinnova. (2016, enero 28). *¿Qué es el álgebra de mapas?* Geoinnova. <https://geoinnova.org/blog-territorio/que-es-el-álgebra-de-mapas/>

- Gibson, C. D., Jolly, J.-F., Vilches, A. M., & Parra, F. R. (2011). Algunas reflexiones sobre la movilidad urbana en Colombia desde la perspectiva del desarrollo humano. *Papel político*, 16(2), 485-514.
- Gobernación de Boyacá. (2017). "Por vía suyita, transite como un santo por las vías de Boyacá", campaña de Semana Santa. *Gobernación de Boyacá*. <https://www.boyaca.gov.co/por-via-suyita-transite-como-un-santo-por-las-vias-de-boyaca-campana-de-semana-santa/>
- Hernández, V. (2012). Análisis exploratorio espacial de los accidentes de tránsito en Ciudad Juárez, México. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 31, 396-402. <https://doi.org/10.1590/S1020-49892012000500007>
- Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. (2019). *Boletines Estadísticos Mensuales—Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses*. <https://www.medicinalegal.gov.co/cifras-estadisticas/boletines-estadisticos-mensuales>
- Lavado Yarasca, J. C. (2015). *Evaluación de autocorrelación espacial global y local para zonas de tránsito*. <https://es.slideshare.net/juliocesarlavadoyarasca/paper-julio-lavado-xiii>
- Levine, N. (2013). Spatial autocorrelation statistics. Ned Levine & Associates, *The National Institute of Justice, CrimeStat IV: A spatial statistics program for the analysis of crime incident locations*, 5-1.
- Lloyd, C. D. (2010). *Local Models for Spatial Analysis*. CRC Press.

- López, P. E. B. (2021). Autocorrelación espacial-Índices para determinar su presencia en datos geográficos: Breve revisión de la literatura. *Universidad-Verdad*, 78, 48-61.
- Madrid, A., & Ortiz, L. M. (2019). *Análisis y síntesis en cartografía: Algunos procedimientos*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/2864>
- Madrid Soto, A., & Ortiz López, L. M. (2005). *Análisis y síntesis en cartografía: Algunos procedimientos*. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/2864>
- MAzzini, A. F. (2016). Hacia una ciudad para las personas, reduciendo las brechas para usuarios vulnerables en Perú. *La seguridad de los usuarios vulnerables. Experiencias en Iberoamérica*, 43.
- Millán, M. M. (2018). *La ciclovía como movilidad sustentable; una propuesta mediante el análisis espacial con geotecnologías, caso de estudio Zona Urbana de Toluca* [Universidad Autónoma del Estado de México]. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/99443>
- Ministerio de Transporte. (2016). *Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas*. https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/4853/publicacionesmovilidad_sostenibleguia_de_ciclo-infraestructura_para_ciudades_colombianas/
- Molina Arias, M. (2017). ¿Qué significa realmente el valor de p? *Pediatría Atención Primaria*, 19(76), 377-381.
- Murillo, D., Ortega, I., Carrillo, J. D., Pardo, A., & Rendón, J. (2012). Comparación de métodos de interpolación para la generación de Mapas de Ruido en

- entornos urbanos. *Ingenierías USBMed*, 3(1), 62-68.
<https://doi.org/10.21500/20275846.265>
- Odland, J. (2020). *Spatial Autocorrelation*. 1988.
<https://researchrepository.wvu.edu/rri-web-book/20>
- Olaya, R. A. (2016). *Modelo espacial de muertes por accidentes de tránsito en la zona urbana de Cali, Colombia durante el periodo 2004—2014*.
<http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/handle/6789/2527>
- Olaya, V. (2009). Sistemas de información geográfica. *Cuadernos internacionales de tecnología para el desarrollo humano*, 8, 15.
- OMS. (2017). *OMS | 10 datos sobre la seguridad vial en el mundo*. WHO; World Health Organization. <http://www.who.int/features/factfiles/roadsafety/es/>
- OMS. (2018). *OPS/OMS | Nuevo informe de la OMS destaca que los progresos han sido insuficientes en abordar la falta de seguridad en las vías de tránsito del mundo*. Pan American Health Organization / World Health Organization.
https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=14857:new-who-report-highlights-insufficient-progress-to-tackle-lack-of-safety-on-the-world-s-roads&Itemid=1926&lang=es
- OMS. (2021). *Traumatismos causados por el tránsito*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>
- Pérez, J. C. (2020). Análisis de accidentalidad vial de motocicletas mediante Sistemas de Información Geográfico. Caso estudio: Tunja-Boyacá. *Pensamiento y Acción*, 28, 3-17.

- Pérez, J. I. R., & Herrera, A. N. (2016). Accidentes de tránsito con heridos en Colombia según fuentes de información: Caracterización general y tipologías de accidentes. *Revista CES Psicología*, 9(1), 32-46.
- Plan de Ordenamiento Territorial—POT. (2021). *Bogotá Cómo Vamos*. <https://bogotacomovamos.org/plan-de-ordenamiento-territorial-pot/>
- Ley 769, (2002).
- Rodríguez, L. (1981). *Derecho administrativo: General y colombiano*. Editorial Temis Librería.
- Rojas, Y. A. (2020). *Relación entre los eventos públicos y los accidentes de tránsito a partir del análisis de datos en Bogotá* [Bogotá - Ingeniería - Maestría en Ingeniería - Ingeniería de Sistemas y Computación]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/77501>
- Romano, B., & Jiang, Z. (2017). Visualizing Traffic Accident Hotspots Based on Spatial-Temporal Network Kernel Density Estimation. *Proceedings of the 25th ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems*, 1-4. <https://doi.org/10.1145/3139958.3139981>
- Sánchez, J. H. (2018). *Estructuración de un mapa de riesgo de accidentes de tránsito en Tunja mediante SIG* [Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia]. <https://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/3091>
- Schabenberger, O., & Gotway, C. A. (2017). *Statistical Methods for Spatial Data Analysis*. CRC Press.
- Secretaría de Tránsito de Bogotá. (2005). *Manual de planeación y diseño para la administración del tránsito y el transporte*. Alcaldía Mayor.

- Secretaría Distrital de Movilidad. (2018). *Anuario de siniestralidad vial 2018*.
PRUDENCIA BOGOTÁ. <https://www.simur.gov.co/portal-simur/datos-del-sector/documentos/anuario-de-siniestralidad/>
- Secretaría Distrital de Movilidad. (2019). *Encuesta de Movilidad 2019*. Secretaría
Distrital de Movilidad.
https://www.movilidadbogota.gov.co/web/encuesta_de_movilidad_2019
- Secretaría Distrital de Movilidad. (2020). *Anuario de Siniestralidad Vial de Bogotá 2020*.
https://datosabiertos.bogota.gov.co/organization/sdm?sort=title_string+asc
- Siabato, W., & Guzmán-Manrique, J. (2019). La autocorrelación espacial y el
desarrollo de la geografía cuantitativa. *Cuadernos de Geografía: Revista
Colombiana de Geografía*, 28(1), 1-22.
<https://doi.org/10.15446/rcdg.v28n1.76919>
- Vicens, L. (2019, abril 23). Hotspots y coldspots: Más allá de los clústeres
estadísticos. *UNIGIS*. <https://www.unigis.es/hotspots-y-coldspots/>
- Vilalta, C. J. V. Y. (2005). Cómo enseñar autocorrelación espacial. *Economía
Sociedad y Territorio*. <https://doi.org/10.22136/est002005307>
- Yrigoyen, C. C. (2003). Métodos gráficos del análisis exploratorio de datos
espaciales. *Anales de economía aplicada* 2003, 204.