

Diagnóstico del estado físico de la ciclo-infraestructura del tramo comprendido entre la calle 5 y
56 de la carrera 21 del municipio de Bucaramanga

Edgar Andrés Carrillo Castro y Sebastián Guerra Ciro

Proyecto de Grado para optar al título de Ingeniero Civil

Director:

Sandra Milena Cote Vargas

M.Sc en Ingeniería Civil

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas

Escuela de ingeniería Civil

Bucaramanga

2021

Dedicatoria

A Dios por sus bendiciones, por cada día de vida concedido y por mostrarme el camino para alcanzar esta meta de mi proyecto de vida.

A mi madre Lucy Castro por su incondicional apoyo, por todas las enseñanzas y consejos que me alentaron a seguir adelante y me hicieron crecer como persona.

A mi padre José Eduardo Carrillo por su incondicionalidad, por todas las enseñanzas brindadas, por los valores enseñados y por su sacrificio para poder cumplir esta meta de ser profesional.

A mi abuela Raquel Ferreira por estar conmigo y apoyarme desde niño en toda mi formación como persona y académicamente.

A mis hermanos que estuvieron ahí cuando los necesité y fueron de gran apoyo en este camino para ser un profesional.

A todos mis familiares que fueron de gran apoyo durante mi formación, aportando un granito de arena para ser profesional.

A mis amigos que compartieron conmigo este proceso y que mutuamente nos apoyamos para avanzar hasta llegar a la meta que nos trazamos.

Edgar Andrés Carrillo Castro

Principalmente quiero agradecerle a papá Dios por darme la oportunidad de vivir cada día, quien me dio fortaleza y bendiciones para afrontar los obstáculos de la vida y la carrera.

A mi amada madre Gledinid Ciro Hoyos quien es esa parte fundamental de todo lo que soy hoy, gracias por inculcarme valores como el trabajo, esfuerzo, valentía y perseverancia, que con su amor, entrega y apoyo incondicional me ha permitido cumplir uno de mis tantos sueños.

A mi padre Ricardo Manuel Guerra Cárdenas por su sacrificio diario durante tantos años para que no nos faltara nada y aportar su granito para cumplir este sueño.

A mi querida abuela Milsa Isabel Hoyos Gil por ser gran parte de vida, por la crianza de pequeño, por enseñarme y darme consejos de la vida, y siempre estar ahí para mí cuando más lo necesito.

A mi abuela Amada Julia Cárdenas por sus consejos los cuales contribuyen en mi crecimiento personal, por ser un ejemplo para todos y por estar presente en momentos importantes.

A mi tía Norelia Ciro Hoyos por su apoyo incondicional todo este tiempo para poder alcanzar esta meta.

A toda mi familia quienes han aportado su granito de arena en este logro, por brindarme su amor y apoyo incondicional.

Sebastián Guerra Ciro.

Agradecimientos

A nuestra Alma mater la Universidad Industrial de Santander, a la Escuela de Ingeniería Civil en la cual tuvimos la oportunidad de ser formados como ingenieros por grandes profesores que con sus conocimientos y experiencias contribuyeron a un mejor futuro para nosotros y para nuestra sociedad.

A nuestra directora de tesis la Ingeniera Sandra Milena Cote Vargas, por brindarnos su conocimiento, por ser nuestra guía durante todo este proceso de nuestro proyecto grado, por aportar su tiempo, colaboración y enseñanza.

A todos muchas gracias por brindarnos tanto.

Contenido

	Pág.
Introducción.....	13
1. Antecedentes.....	14
1.1 Ciclo-infraestructura en Colombia.....	14
1.2 Ciclo-infraestructura en Bucaramanga.....	16
1.3 Tipología de la Ciclo-infraestructura.....	17
1.3.1 Vías ciclistas.....	17
1.3.2 Vías Ciclo-adaptadas.....	18
2. Metodología.....	22
2.1 Levantamiento y procesamiento de datos.....	25
2.2 Recolección de la información.....	27
2.2.1 Estado del Pavimento.....	27
2.2.2 Estado de la señalización horizontal.....	27
2.2.3 Estado de la señalización vertical.....	28
2.3 Procesamiento de la información.....	28
3. Revisión de los resultados de la inspección de campo.....	30
3.1 Estado del pavimento.....	30
3.2 Estado de la señalización horizontal.....	34
3.3 Estado de la señalización vertical.....	35
4. Conclusiones.....	38

5. Recomendaciones.....	40
Referencias Bibliográficas.....	41
Apéndices	43

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Convenciones usadas en Google My Maps.	23
Figura 2. Estado del pavimento en el K0+010-K0+020.....	24
Figura 3. Estado del pavimento en el K0+180-K0+190.....	25
Figura 4. Formato para levantamiento de información de pavimento. Ver Apéndice A.	26
Figura 5. Formato para levantamiento de información de señalización horizontal. Ver Apéndice B.	26
Figura 6. Formato para levantamiento de información de señalización vertical. Ver Apéndice C.	26
Figura 7. Consulta del estado del pavimento en K0+870-K0+880.....	29
Figura 8. Consulta del estado de la señalización vertical K0+010-K0+020.	29
Figura 9. Tipo de pavimento que compone la ciclo-infraestructura.	30
Figura 10. Estado del pavimento rígido.	31
Figura 11. Daños en el pavimento rígido.	31
Figura 12. Estado del pavimento flexible.....	32
Figura 13. Daños en el pavimento flexible.....	33
Figura 14. Severidad de los daños en el pavimento flexible.	33
Figura 15. Estado físico de la señalización horizontal.	34
Figura 16. Mantenimiento de la señalización horizontal.....	35
Figura 17. Tipo de señal verticales.	36

Figura 18. Estado físico de la Señalización Vertical.....37

Figura 19. Mapa completo en Google My Maps.38

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Vías Ciclistas.....	18
Tabla 2. Vías Ciclo-adaptadas.	18
Tabla 3. Principales ventajas e inconvenientes de las vías ciclistas.	20
Tabla 4. Principales ventajas e inconvenientes de las vías ciclo-adaptadas.....	21

Lista de Apéndices

	Pág.
Apéndice A. Formato para el levantamiento de información del pavimento.....	43
Apéndice B. Formato para el levantamiento de la señalización horizontal.	44
Apéndice C. Formato para el levantamiento de la señalización vertical.	45
Apéndice D. Formato para el levantamiento de la señalización vertical.	46
Apéndice E. Tablas de datos utilizados para generar las gráficas de resultado.....	47

Resumen

Título: Diagnóstico del estado físico de la ciclo-infraestructura del tramo comprendido entre la calle 5 y 56 de la carrera 21 del municipio de Bucaramanga *

Autores: Edgar Andrés Carrillo Castro y Sebastián Guerra Ciro**

Palabras Clave: Ciclo-infraestructura, Daño, Inspección visual, Mantenimiento, Malla vial, Pavimento, Señalización vial.

En el presente artículo se realiza la cuantificación y revisión del estado actual del tramo de la ciclo-infraestructura en estudio, señalización horizontal y vertical, esto se lleva a cabo tomando como base los parámetros y normas vigentes para un correcto diagnóstico, el tramo en estudio inicia en la calle 5 y finaliza en la calle 56 de la carrera 21, en el cual la demarcación que se realizó fue de cada 10 metros, la revisión se realizó por medio de 3 levantamientos de campos que inició principalmente con la revisión visual del estado actual del pavimento en estudio, para los otros 2 levantamientos se tomaron registros fotográficos con observaciones detalladas de cada una de las señales horizontales y verticales presentes, con lo cual se generó la recopilación de datos en cada tramo. La información recolectada de cada levantamiento por tramos se registró en formatos adaptados siguiendo los procedimientos publicados por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS), el Ministerio de Transporte y la Universidad Nacional de Colombia; los datos recolectados se procesaron en el software ArcGIS para generar un mapa interactivo para los usuarios en Google My Maps donde se evidencia el estado en general en el que se encuentra la malla vial y las señalizaciones.

* Proyecto de Grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Sandra Milena Cote Vargas. Ingeniera civil, M.Sc.

Abstract

Title: Diagnosis of the physical condition of the cycle-infrastructure of the stretch between 5th and 56th Street of race 21 of the municipality of Bucaramanga *

Authors: Edgar Andrés Carrillo Castro y Sebastián Guerra Ciro **

Key Words: Cycle-infrastructure, Damage, Visual inspection, Maintenance, road mesh, Pavement, road signs.

This article performs the quantification and review of the current state of the section of the cycle-infrastructure under study, horizontal and vertical signaling, this is carried out based on the parameters and regulations in force for a correct diagnosis, the section under study It begins on 5th Street and ends on 56th Street of Carrera 21, in which the demarcation that was made was every 10 meters, the review was carried out by means of 3 field surveys that began mainly with the visual review of the state current of the pavement under study, for the other 2 surveys, photographic records were taken with detailed observations of each of the horizontal and vertical signs present, with which the data collection was generated in each section. The information collected from each survey by section was recorded in adapted formats following the procedures published by the National Highway Institute (INVIAS), the Ministry of Transportation and the National University of Colombia; the data collected was processed in the ArcGIS software to generate an interactive map for users on Google My Maps showing the general state of the road network and the signs.

* Proyecto de Grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Sandra Milena Cote Vargas. Ingeniera Civil, M. Sc.

Introducción

Bucaramanga como capital del departamento de Santander está involucrada de manera directa en el crecimiento y desarrollo económico de la región, en la medida que nuestra tasa de crecimiento poblacional va en aumento, esto genera cientos de dificultades en la parte de movilidad y transporte, puesto que al transcurrir de los años al comparar la infraestructura vial con el parque automotor de la ciudad podemos observar que son deficientes para enfrentar la gran cantidad de autos, lo que genera a su vez el gran problema que afrontan las ciudades principales que es el congestionamiento vehicular, mala calidad de los transportes públicos, accidentabilidad, la contaminación y el sedentarismo, Causando inconvenientes a los habitantes el poder trasladarse de un lugar a otro. Por ende, en busca de una mejora en la movilidad de la ciudad se plantea el uso de la bicicleta para la movilidad urbana, teniendo en cuenta que es un hábito saludable con el medio ambiente y que beneficia a los bici-usuarios y a la comunidad en general, puesto que es una forma económica de transporte, el cual necesita de una ciclo-infraestructura para mejorar su movilidad dentro de la ciudad de un sitio a otro.

Teniendo en cuenta la importancia de mejorar el nivel de servicios de la ciclo-infraestructura, con un funcionamiento óptimo que cumpla y brinde seguridad a los usuarios a la hora de ser utilizada, razón por la cual se lleva a cabo la idea de realizar el diagnóstico acerca del estado físico y el funcionamiento del tramo de dicha vía, basándonos como material de apoyo las normas y guías del instituto nacional de vías (INVIAS) y el ministerio de transporte.

Esta investigación se hace con el fin de identificar partes del tramo que no cumpla con lo que se estipula en las normas vigentes y que necesiten intervenciones tanto en señalización como

en el estado físico del pavimento. Y de esta manera poder realizar el diagnóstico del estado en que se encuentra el tramo y poder hacer las recomendaciones en caso de que se presenten anomalías en cuanto a las exigencias que se estipulan en las normas para este tipo de infraestructuras.

1. Antecedentes

En la actualidad hemos visto un deterioro en la infraestructura vial y un alto crecimiento en la congestión vehicular esto ha conllevado a que la mayoría de los ciudadanos vean en la bicicleta un medio alternativo de transporte hacia a los puestos de trabajos, aulas o simplemente como algo recreativo, por tal motivo esto representa un reto debido a la necesidad de abarcar una mayor inversión en la parte de infraestructura vial.

1.1 Ciclo-infraestructura en Colombia

El gobierno nacional incluyó por primera vez a la bicicleta en el plano de las políticas públicas, como en el normativo de manera explícita en el Plan Nacional de Desarrollo (2014-2018) la cual esta expedida por la Ley 1753 de 2015, tanto en sus documentos bases como en el articulado de la Ley con los siguientes artículos:

Artículo 31: Financiación de sistemas de transporte públicos en donde se pueden realizar inversiones soportadas en “estrategias de articulación y fomento de la movilidad en medios no motorizados”.

Artículo 32: Apoyo a los sistemas de transporte: “acciones orientadas a incrementar y regular el uso de modos no motorizados y de energías limpias (viajes a pie, bicicleta o tricimóvil, entre otros), integración con otros modos y modalidades, especialmente en zonas de última milla”.

Artículo 204: Estímulos para el uso de la bicicleta y los tricimóviles no motorizados en la cual se “realizara acciones tendientes a promover el uso de bicicletas, tricimóviles y transporte peatonal en todo el territorio colombiano”. (Ministerio de Transporte de Colombia., 2016). (Ministerio de Transporte de Colombia., 2016)

Con el fin de incentivar el uso de la bicicleta como medio de transporte público, se encuentra que en Colombia algunas ciudades y municipios tuvieron el primer acercamiento como lo es el que se encuentra en el acuerdo municipal 84 de 2009 (Alcaldía de Medellín), el Decreto 596 de 2014 (Alcaldía de Bogotá), en los cuales manifiestan un sistema de bicicletas públicas (SBP) que harán parte del Plan de movilidad de la ciudad, siendo complementario al sistema de transporte, compuesto por estaciones de parqueo, elementos y equipos en puntos estratégicos de la ciudad.

Por otro lado, mediante el Proyecto de Acuerdo No 45 (2017) del municipio de Pereira y con la prueba piloto de Tunja (2017) son algunos municipios que han adoptar y seguir de cerca esta iniciativa de estimular el uso de la bicicleta.

Todo este acercamiento o iniciativa del territorio nacional se debe a que a nivel mundial uno de los mayores retos que enfrentan las naciones es la mitigación de las emisiones emitidas por el parque automotor, por su parte Colombia tiene como objetivo incondicional la reducción de emisiones en un 20% con respecto al escenario sin cambios para el 2030, y como objetivo condicional la ambición de reducir del 20% con respecto al escenario sin cambios al 30% para el

2030 (Sujeto al apoyo internacional). (Acuerdo de Paris,2015). (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015)

1.2 Ciclo-infraestructura en Bucaramanga

La Alcaldía de Bucaramanga y el área Metropolitana de Bucaramanga en cumplimiento de una de las metas de su Plan de Desarrollo “Gobierno de las Ciudadanas y Ciudadanos” (2016-2019) conllevó a la realización de la estrategia de la bicicleta la cual se desarrollará en los períodos 2019-2030, como objetivo específico y primordial está en promover modos de transporte no motorizados, a través de la implementación de sistemas de transporte más amigables con el ciudadano del común, incentivando y mejorando la calidad del servicio al usuario, además es saludable para el medio ambiente tanto como para el usuario, este es un reto principal del gobierno que se desarrollará a través de la ley 1811 de 2016.

En lo dispuesto por el Plan de Desarrollo 2016-2019 “Gobierno de las Ciudadanas y Ciudadanos” que fue adoptado por el consejo de Bucaramanga contempla una meta de 20 km de ciclorruta, los cuales son distribuidos en 12 corredores:

- Corredor 1 en la Calle 9 (Eje estudiantil norte)
- Corredor 2 en la carrera 21 (Eje norte-sur a lo largo de la ciudad, entre calle 5 y 56)
- Corredor 3 en la carrera 25 (Conexión Metrolínea – UIS)
- Corredor 4 Bulevar Santander – Calle 14 (Eje diagonal San francisco)
- Corredor 5 en Real de Minas (Eje conexión Real de Minas)
- Corredor 6 en la calle 33 (Eje oriente – occidente, Norte del centro)
- Corredor 7 en la calle 52 (Conexión oriente – occidente, Cabecera)

- Corredor 8 en la Calle 41 – La Rosita (Eje oriente – occidente, Sur del centro)
- Corredor 9 en Cabecera Alta (Eje norte – sur, Cabecera Alta)
- Corredor 10 Articulación Guarín (Conexión entre ciclo-infraestructura en sector Guarín)
- Corredor 11 La Victoria (Ruta local, Barrio La Victoria)
- Corredor 12 en Cabecera Baja (Eje norte – sur, Cabecera Baja)

1.3 Tipología de la Ciclo-infraestructura

La ciclo-infraestructura se diferencia entre dos tipos de espacios de movilidad para las bicicletas, las cuales están en función de la relación que existe con otros usuarios de la vía pública; las vías ciclistas propiamente dichas y las vías ciclo-adaptadas. (Ministerio de Transporte de Colombia., 2016)

1.3.1 Vías ciclistas

Las vías ciclistas son espacios reservados exclusivamente a la movilidad de las bicicletas, que no se traslapan con el espacio de otros usuarios y su variedad está en la relación con otros modos de movilidad (integración / segregación), su trazado (parque o vías) y sus elementos de segregación (marca vial, bolardos y bordillos continuos). Entre las vías ciclistas tenemos lo que son la ciclorruta y la ciclo-banda como se puede observar en la tabla 1.

Tabla 1.

Vías Ciclistas.

Ciclorruta	Son vías reservadas exclusivamente para la movilidad de las bicicletas, segregadas del resto del tránsito y también de los peatones. Suelen estar al nivel de la calzada, andén o intermedio. Pueden ser unidireccionales o bidireccionales.
Ciclo-banda	Son vías reservadas exclusivamente para la movilidad de las bicicletas, segregadas visualmente a través de marcas viales, color y otros indicativos. Suelen estar al nivel de la calzada o forman parte del andén (debe contar con un análisis de los flujos peatonales existentes).

Nota. Tomado de: Manual de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas.

1.3.2 Vías Ciclo-adaptadas

Son vías que se han acondicionado para la circulación bicicleta, como una infraestructura que tienen en común el uso compartido de la calzada con el tránsito motorizado, o la autorización del uso de la infraestructura peatonal. Entre las vías ciclo-adaptadas están las que se muestran en la tabla 2.

Tabla 2.

Vías Ciclo-adaptadas.

Banda Ciclopreferente	Es una banda de la calzada dedicada a la bicicleta, pero que excepcionalmente puede ser utilizada por parte del resto de los automóviles. Estas bandas suelen utilizarse también en intersecciones.
------------------------------	---

<p>Carril Ciclopreferente</p>	<p>Se aplica a un carril de la calzada, donde el ciclista tiene el derecho de circular en paralelo o en el centro del carril y los vehículos motorizados tienen que adaptar su velocidad a la de la bicicleta, teniendo en cuenta la velocidad máxima de 30 Km/h.</p>
<p>Calle con tránsito calmado</p>	<p>En calles con poco volumen de tránsito y velocidades moderadas, la circulación en bicicleta por la calzada puede ser segura y cómoda y, por lo tanto, una opción idónea de ciclo-inclusión. Las cuales son denominadas “Zonas 30”.</p>
<p>Carril Bus-Bici</p>	<p>Se da en un espacio conveniente en determinadas circunstancias en donde los ciclistas comparten el espacio reservado a los vehículos de transporte colectivo y, en particular, los carriles bus. Teniendo en cuenta que la velocidad de los autobuses no debe superar los 40 Km/h.</p>
<p>Circulación a contraflujo</p>	<p>El concepto de contraflujo ciclista es el que permite que la bicicleta pueda circular en los dos sentidos de la calle. Para las ciudades colombianas es conveniente el fortalecimiento visual de la opción de contraflujo.</p>
<p>Uso autorizado de vías y zonas peatonales</p>	<p>Tejidos urbanos muy impermeables al tránsito ciclista en los que se podría autorizar el uso de algunos espacios peatonales por parte de los ciclistas con determinadas condiciones; vías peatonales en espacios libres o zonas verdes, vías y caminos en zonas rurales, calles o áreas peatonales de los centros urbanos.</p>

Nota. Tomado de: Manual de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas.

Ante las distintas variedades de vías ciclistas y vías ciclo-adaptadas, cada tipología tiene virtudes e inconvenientes a considerar (véase la Tabla 3 y 4).

Tabla 3.

Principales ventajas e inconvenientes de las vías ciclistas.

Tipología	Ventajas	Inconvenientes
Ciclorruta	<ul style="list-style-type: none"> -Máxima comodidad y relajación para ciclistas entre intersecciones. -Máxima seguridad entre intersecciones y máxima capacidad de atracción de nuevos usuarios. 	<ul style="list-style-type: none"> -Menor visibilidad entre ciclistas y otros vehículos en intersecciones en caso de no contar con diseño adecuado. -Máxima ocupación del espacio.
Ciclobanda-calzada	<ul style="list-style-type: none"> -Facilidad de implantación -Costo mínimo de implantación y reposición. -Flexibilidad de uso por parte de ciclistas. -Buenas condiciones de visibilidad en intersecciones. 	<ul style="list-style-type: none"> -Propensión al uso indebido por vehículos circulando o Estacionados. -Fricción con las paradas de autobús. -Baja percepción de seguridad, especialmente para ciclistas con poca experiencia
Ciclobanda-andén	<ul style="list-style-type: none"> -Relativamente sencilla y barata para implantar. -Aprovecha y refuerza los cruces peatonales. -Atractiva para nuevos usuarios con escasa experiencia 	<ul style="list-style-type: none"> -Conflictividad con peatones. -Incomodidad para ciertos usos estanciales y recreativos del espacio peatonal.

Nota. Tomado de: Manual de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas.

Tabla 4.

Principales ventajas e inconvenientes de las vías ciclo-adaptadas.

Tipología	Ventajas	Inconvenientes
Banda ciclo preferente	<ul style="list-style-type: none"> -Costo muy bajo. -Gran flexibilidad de uso por parte de las bicicletas. -Facilita la moderación del tránsito al reducir los anchos del espacio de circulación motorizada. 	<ul style="list-style-type: none"> -Percibida como insegura por parte de ciclistas con poca experiencia. -Puede requerir el complemento de otras medidas de moderación del tránsito (velocidad, volumen).
Carril ciclo preferente	<ul style="list-style-type: none"> -Costo mínimo. -Máxima flexibilidad para ciclistas. -Buena visibilidad del ciclista. 	<ul style="list-style-type: none"> -Percibido como inseguro por parte de los usuarios menos experimentados. -Menos atractivo que las vías segregadas (exposición a la contaminación), a no ser que el volumen del tránsito sea bajo.
Calle de tránsito calmado	<ul style="list-style-type: none"> -Costo mínimo -Máxima flexibilidad para ciclistas. -Atractiva también para peatones. -Buena visibilidad del ciclista. 	<ul style="list-style-type: none"> -Sólo es percibida como segura si las medidas del tránsito calmado que la acompañan son efectivas
Carril bus bici	<ul style="list-style-type: none"> -Costo mínimo. -Fácil implementación 	<ul style="list-style-type: none"> -Percibido como inseguro por parte de usuarios menos experimentados -Reducción de la velocidad comercial de los autobuses.
Contraflujo	<ul style="list-style-type: none"> -Costo mínimo. 	<ul style="list-style-type: none"> -Puede ser percibido como inseguro.

Tipología	Ventajas	Inconvenientes
	-Máxima flexibilidad para ciclistas.	-Es necesario explicar la medida (sobre todo a los conductores de vehículos motorizados mediante campañas de información).
Vía, calle o zona peatonal con circulación ciclista autorizada	-Costo mínimo. -Puede mejorar la permeabilidad de la malla vial y la accesibilidad en bicicleta.	-Conflictividad potencial con los peatones. -Posible aumento de la inseguridad percibida por parte de algunos grupos de peatones.

2. Metodología

La metodología implementada a la hora de realizar el diagnóstico de estado físico del pavimento, la señalización horizontal y vertical de la ciclo-infraestructura en la carrera 21 entre calles 5 y 56 de la ciudad de Bucaramanga se llevó a cabo en 3 fases: demarcación del tramo en estudio, inspección visual del pavimento, señalización vial, y por último el procesamiento de datos tomados en campo.

- **Primera Fase:** Demarcación de la vía, en esta fase se demarcó la vía mediante un odómetro, donde se midieron tramos de 10 metros para obtener una caracterización más detallada en la que se evidencia el estado en el que se encuentran los parámetros en estudio, como lo es la señalización y el estado del pavimento.

- **Segunda Fase:** Inspección visual, posterior a la demarcación de la ruta, se procede a levantar la información de estado del pavimento, señalización horizontal y vertical mediante los

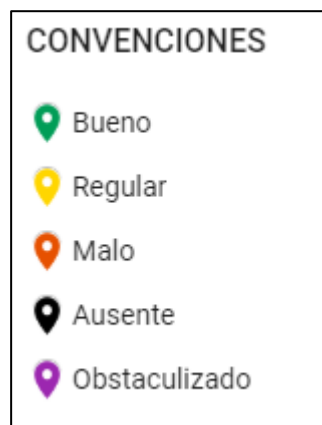
formatos definidos para la toma de dichos datos con su respectiva fotografía de cada tramo. El formato se define teniendo en cuenta lo descrito por el manual de inspección visual de pavimentos del (INVIAS), manual de señalización vial (2015) y la guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas.

- **Tercera Fase:** Procesamiento de los datos, los datos obtenidos en el levantamiento de campo se digitalizan y organizan en tablas de Microsoft Excel y se adaptan a un formato admisible para el software ArcGIS, posteriormente se traza la ruta obtenida en la primera fase haciendo la división de la cantidad de tramos obtenidos de dicha demarcación para luego asignarle la información levantada en campo. Finalmente se genera un archivo KML que es exportada a la plataforma Google My Maps, en el que se le asigna la fotografía tomada de cada tramo.

Se asignaron unas convenciones, cada una con un color para calificar el estado de los elementos presentes en la ciclovía como se muestra en la figura 1.

Figura 1.

Convenciones usadas en Google My Maps.



A continuación, para una mayor comprensión de las convenciones y teniendo en cuenta que en su mayoría del pavimento y de las señalizaciones se encuentran a nivel general en buen estado, en la figura 2 se puede observar el tramo del pavimento del K0+010 - K0+020 en donde el estado es BUENO y en la figura 3 se puede observar el tramo del pavimento del K0+180 - K0+190 en donde el estado es REGULAR, por lo tanto, se puede notar claramente el uso de cada uno de los ítems de las convenciones asignadas en Google My Maps.

Figura 2.

Estado del pavimento en el K0+010-K0+020.



Figura 3.

Estado del pavimento en el K0+180-K0+190.



2.1 Levantamiento y procesamiento de datos

Teniendo en cuenta los documentos mencionados en la segunda fase de la metodología, se escogió unos formatos adaptados y ajustados a los requisitos del proyecto tomando de guía la tesis de investigación realizada en la revisión de la primera fase de la ciclo-infraestructura del municipio de Bucaramanga realizado por Camilo Andrés Chinchilla López y Mayerlith Johana Muñoz Vásquez, donde se registró la información encontrada en cada tramo, tomando el registro fotográfico correspondiente.

Figura 4.

Formato para levantamiento de información de pavimento. Ver Apéndice A.

The image shows a spreadsheet-style form titled 'Escuela De Ingeniería Civil'. It contains a header section with various fields for identification and a main table with approximately 15 columns and 20 rows. The columns are labeled with technical terms related to pavement, such as 'Tipo de Pavimento', 'Espesor', 'Estado', 'Módulo de Elasticidad', 'Coeficiente de Expansión', 'Coeficiente de Contracción', 'Temperatura', 'Densidad', 'Peso', 'Volumen', and 'Área'. The table is currently empty, ready for data entry.

Nota. Tomado de: Tesis de investigación. Revisión del estado físico de la primera fase de la ciclo-infraestructura del municipio de Bucaramanga.

Figura 5.

Formato para levantamiento de información de señalización horizontal. Ver Apéndice B.

The image shows a spreadsheet-style form titled 'Escuela De Ingeniería Civil'. It features a header section and a main table with about 15 columns and 20 rows. The columns are labeled with technical terms for horizontal signage, including 'Tipo de Señalización', 'Material', 'Estado', 'Ancho', 'Alto', 'Espesor', 'Temperatura', 'Densidad', 'Peso', 'Volumen', and 'Área'. The table is empty for data collection.

Nota. Tomado de: Tesis de investigación. Revisión del estado físico de la primera fase de la ciclo-infraestructura del municipio de Bucaramanga.

Figura 6.

Formato para levantamiento de información de señalización vertical. Ver Apéndice C.

The image shows a spreadsheet-style form titled 'Escuela De Ingeniería Civil'. It includes a header section and a main table with approximately 15 columns and 20 rows. The columns are labeled with technical terms for vertical signage, such as 'Tipo de Señalización', 'Material', 'Estado', 'Ancho', 'Alto', 'Espesor', 'Temperatura', 'Densidad', 'Peso', 'Volumen', and 'Área'. The table is empty for data collection.

Nota. Tomado de: Tesis de investigación. Revisión del estado físico de la primera fase de la ciclo-infraestructura del municipio de Bucaramanga.

2.2 Recolección de la información

Teniendo en cuenta la demarcación realizada en la fase 1 de la metodología se procedió inicialmente con el registro de la abscisa inicial y final en cada tramo, en donde además se registró el diagnóstico por tramo de toda la malla vial.

2.2.1 Estado del Pavimento

Para el estado del pavimento la información registrada en los formatos se clasifica teniendo en cuenta el tipo de pavimento presente en la vía en donde tenemos dos parámetros (“R” para rígido o “F” para flexible), tipo de ciclo-infraestructura, estado general actual del pavimento (bueno, regular o malo), si presenta o no presenta daños en el tramo (código del daño), si hay severidad (baja, media o alta) la cual está asociada al daño, y un campo de observaciones donde se detalla alguna característica que presenta el tramo de estudio.

2.2.2 Estado de la señalización horizontal

Para la señalización horizontal se registro el tipo de señal que se encontró, su ubicación respecto a la Ciclo-infraestructura (izquierda, centro o derecha), el estado físico de cada señal (bueno, regular, malo o ausente), el mantenimiento en donde se recomienda que hacer para recuperar su estado y un espacio para observaciones donde se describen las características especiales presentes.

2.2.3 Estado de la señalización vertical

Para la señalización vertical la información recolectada se inicio con el registro del tipo de señalización (reglamentaria “SR”, informativa “SI” o preventiva “SPC”), código de la señal, su ubicación respecto a la Ciclo-infraestructura (izquierda o derecha), el sentido según el recorrido que esté haciendo el ciclista (Norte – Sur o Sur – Norte), estado físico (bueno, regular, malo), para la latitud y longitud se tomaron las coordenadas aproximadas por medio de la ubicación que toma la aplicación “Fotos” de Google, tipo de mantenimiento requerido (Limpiar, Reparar o Pintar) y un campo de observaciones donde se detalla alguna característica que presenta la señal.

2.3 Procesamiento de la información

La información recopilada en los formatos mostrados anteriormente, se organizan y se editan en las tablas de Microsoft Excel de tal manera que sean compatibles para exportar al software ArcGIS. Para el estado del pavimento y la señalización horizontal, sus tramos se representaron como líneas y para la señalización vertical se representó como puntos teniendo en cuenta sus coordenadas, en donde a cada tramo se le asigna la información correspondiente.

Finalmente se genera un archivo KML el cual se carga a la plataforma Google My Maps, en donde se le agrega a cada uno de los tramos y puntos su respectiva fotografía con el objetivo de generar una herramienta más interactiva para los usuarios de la ciclo-infraestructura que manejen cualquier tipo de dispositivo electrónico como celular inteligente, Tablet o computador, facilitando su movilidad y desplazamiento a través de esta. (véase la figura 7 y 8).

Figura 7.

Consulta del estado del pavimento en K0+870-K0+880.

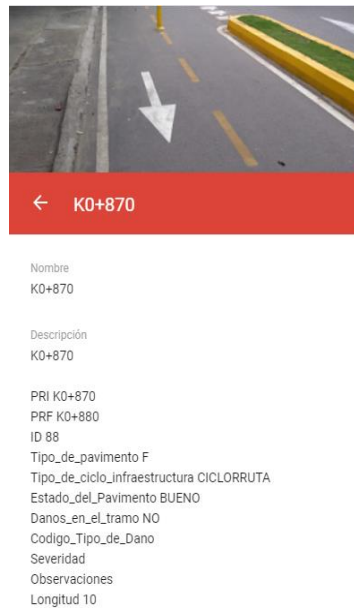
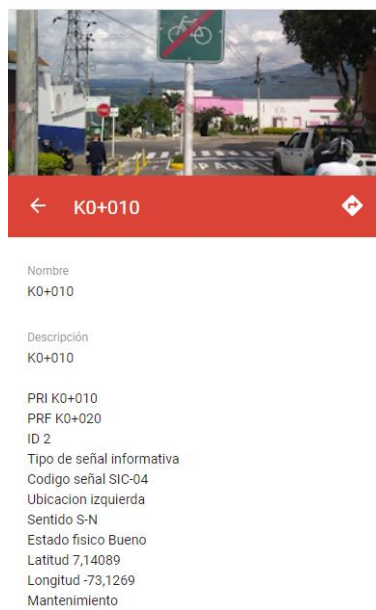


Figura 8.

Consulta del estado de la señalización vertical K0+010-K0+020.



3. Revisión de los resultados de la inspección de campo.

Con la información tomada en campo, se generan las estadísticas para poder realizar el adecuado diagnóstico del estado del pavimento, de la señalización vertical y horizontal.

3.1 Estado del pavimento

En la inspección de la ciclo-infraestructura se encontró que está constituida casi en su totalidad por pavimento flexible con solo dos tramos en pavimento rígido. A continuación, se presentan los porcentajes obtenidos.

Figura 9.

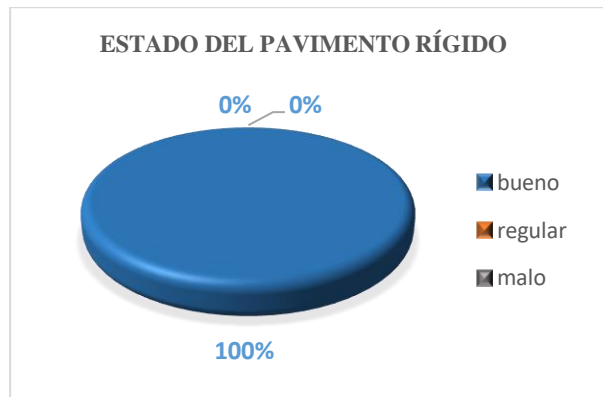
Tipo de pavimento que compone la ciclo-infraestructura.



El pavimento rígido se compone de solo dos tramos de la totalidad de la ciclo-infraestructura que pertenecen a intersecciones con las calles 10 y 11, en donde se encuentran en buen estado.

Figura 10.

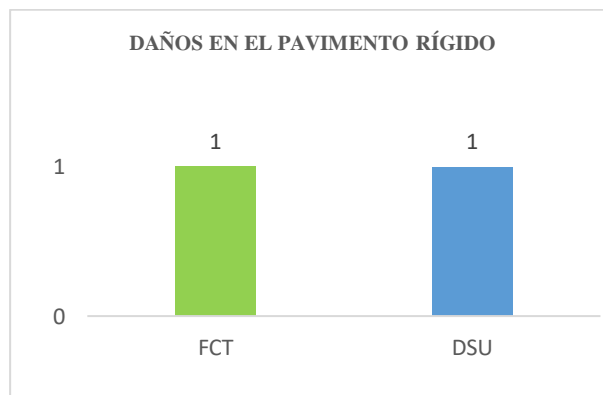
Estado del pavimento rígido.



Se encontraron solo dos daños en el pavimento rígido con un grado de severidad baja, los daños encontrados son, fisuras en juntas de construcción (FCT) y desgaste superficial (DSU). Teniendo en cuenta la poca existencia de daños se define como bueno el estado del pavimento. A continuación, se muestran las cantidades.

Figura 11.

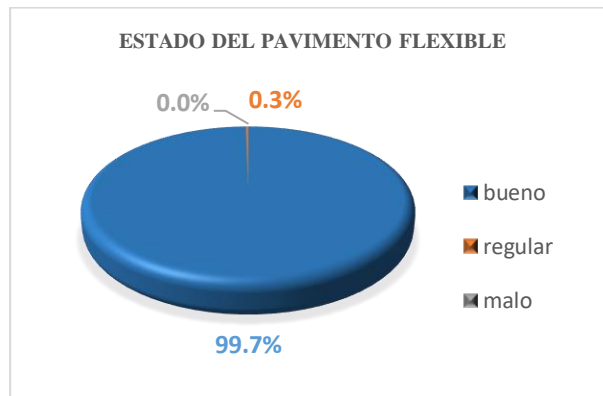
Daños en el pavimento rígido.



Por su parte en el pavimento flexible el 99,7% se encuentra en buen estado y el 0,3% restante se encuentra en estado regular por la gravedad de los daños presentados, este porcentaje lo representa un solo tramo restante para este tipo de pavimento.

Figura 12.

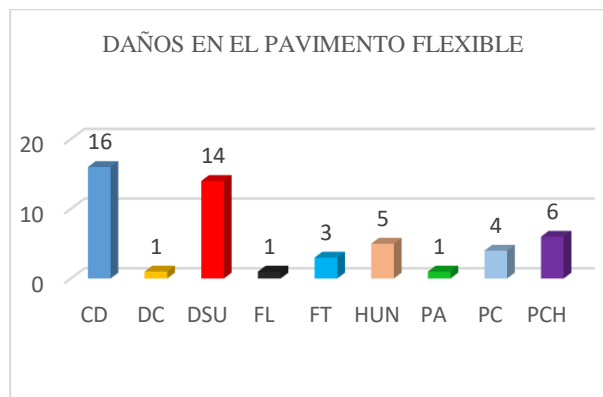
Estado del pavimento flexible.



Se registraron en total 51 daños en el pavimento flexible, en los que se encontraron cabezas duras (CD), descascaramiento (DC), daños superficiales (DSU), fisuras longitudinales (FL), fisuras transversales (FT), hundimientos (HUN), pérdida de agregado (PA), piel de cocodrilo (PC) y parcheo (PCH), en la figura 11 se muestran los códigos de cada daño con sus respectivas cantidades encontradas en la inspección realizada en campo.

Figura 13.

Daños en el pavimento flexible.



Los daños encontrados debido a la inspección realizada en el pavimento flexible son en su totalidad de severidad baja, a excepción del daño tipo cabezas duras (CD), que según el manual de inspección visual de pavimentos (INVIAS), no tiene ningún grado de severidad, como se muestra en la tabla 5.

Figura 14.

Severidad de los daños en el pavimento flexible.

CODIGO DE DAÑO	SEVERIDAD		
	BAJA	MEDIA	ALTA
CD	NA	NA	NA
DC	100%	0%	0%
DSU	100%	0%	0%
FL	100%	0%	0%
FT	100%	0%	0%
HUN	100%	0%	0%
PA	100%	0%	0%
PC	100%	0%	0%
PCH	100%	0%	0%

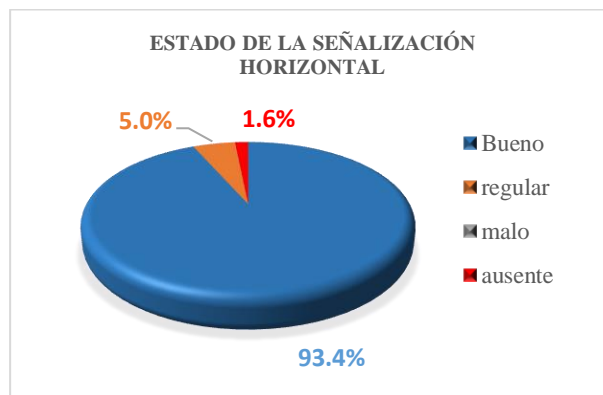
3.2 Estado de la señalización horizontal

En la señalización horizontal encontrada mediante la revisión realizada se encontró líneas de borde, conos viales, líneas centrales, bordillos continuos y no traspasables, flechas, tachas reflectivas y pictogramas como se muestra en el Apéndice D.

En la inspección que se realizó en campo se encontró que el estado en que se encuentra la señalización horizontal es de un 93,4% en buen estado, 5% en estado regular y un 1,6% en estado ausente.

Figura 15.

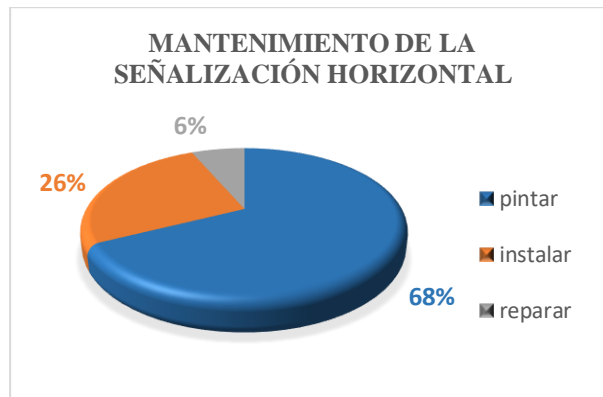
Estado físico de la señalización horizontal.



En consecuencia, la señalización horizontal que requieren algún tipo de mantenimiento dentro de ellos se necesita que un 68% sean pintadas, un 26% sean nuevamente instaladas y un 6% necesita ser reparada.

Figura 16.

Mantenimiento de la señalización horizontal.



3.3 Estado de la señalización vertical

Para la evaluación del estado de la señalización vertical se hizo bajo criterio personal teniendo en cuenta las condiciones físicas en que se encontraban, por lo que posiblemente varíen los resultados dependiendo del concepto del evaluador, ya que no existen parámetros estándares para evaluar dichas características.

La revisión se realizó teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

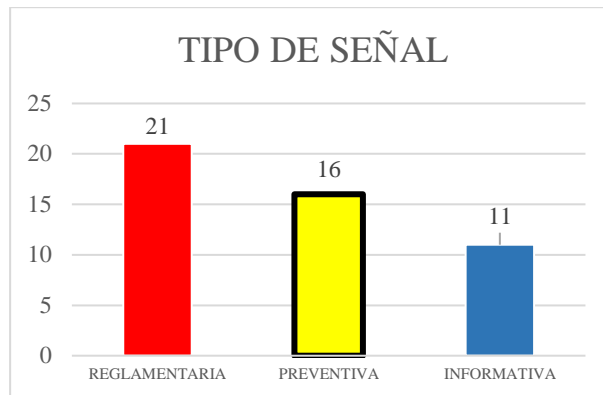
Bueno: Señal sin daño alguno, sin rayones, manchas, torceduras y/o pedazos faltantes.

Regular: Daños que permitieran aun la visualización clara de la señal, y que no fueran en gran magnitud.

Malo: Daños que obstruyeran la visibilidad, o entendimiento de la señal.

Figura 17.

Tipo de señal verticales.



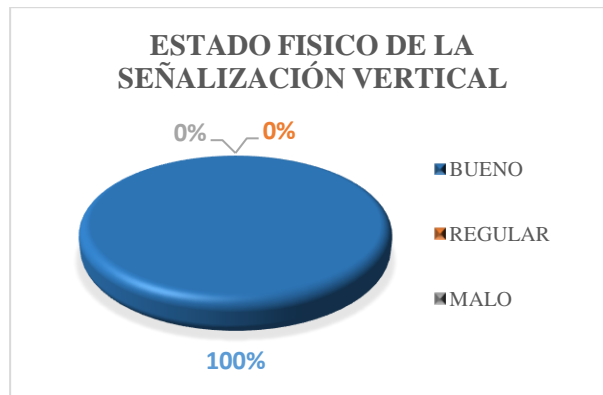
En la figura 16 se visualiza mayor presencia de señales reglamentarias que son las necesarias para garantizar la seguridad de los ciclistas y disminuir la accidentalidad a la hora de hacer uso de esta infraestructura. No obstante, también hay presencia de señales preventivas ubicadas en puntos donde hay alto flujo vehicular como en intersecciones, haciendo alerta al ciclista a la hora de transitar.

- Estado físico de la señalización presente en el ciclo infraestructura.

La evaluación se realizó de manera visual cuantificando los tipos de daños presentados y de esta manera definir en qué estado se encuentra la señalización. Se encontró que en su totalidad de señales instaladas están en buen estado.

Figura 18.

Estado físico de la Señalización Vertical.



- Mantenimiento requerido.

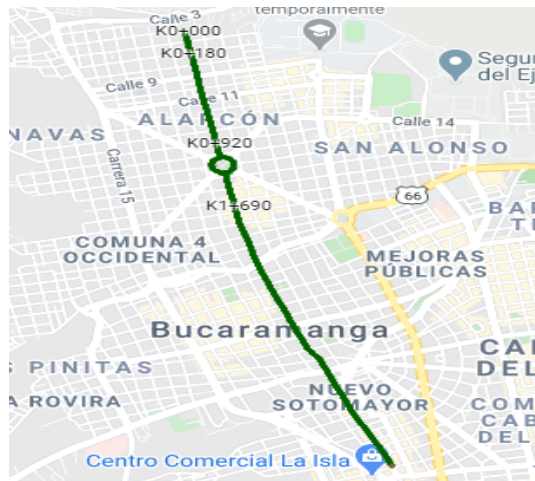
En consecuencia, debido al buen estado de la señalización vertical, no se requiere mantenimiento alguno. En algunas señales se recomienda quitar los adhesivos que traen de fábrica para su protección, ya que pueden llegar a obstruir la visibilidad de la señal presente.

Nota: Las gráficas con las que se muestran los resultados son basadas en los datos mostrados en las tablas contenidas en el Apéndice E.

Finalmente se compiló la información levantada en campo del estado del pavimento y la señalización en un mapa virtual de acceso al público, que permite a los usuarios consultar y revisar las condiciones en que se encuentra la ciclo-infraestructura. De esta manera, cada usuario puede estar informado del estado de la vía y señalización en el tramo que sea de su interés independiente del lugar donde se encuentre.

Figura 19.

Mapa completo en Google My Maps.



4. Conclusiones

En la revisión de la normativa vigente en Colombia llevada a cabo, se estudiaron las características generales y específicas respecto a la ciclo-infraestructura en Colombia, con el fin de llevar a cabo una adecuada caracterización del tramo en estudio y así obtener buenos resultados del estado en que se encuentra la ciclo-infraestructura.

Después de analizar la información recolectada en campo y hacer un análisis cuantitativo de las características obtenidas mediante la inspección realizada en la ciclo-infraestructura se concluye que:

El pavimento rígido se encuentra en su totalidad en buen estado, ya que las fallas presentadas no son de gravedad y no representan peligro a la hora de transitar los bici-usuarios en la ciclo-infraestructura.

El pavimento flexible, que representa la gran mayoría con un 99% de toda la ciclo-infraestructura, se encuentra en buen estado siendo representado por un 99,7%. Los daños encontrados mediante la inspección visual presentan baja severidad lo que no implica riesgo de accidentes o incomodidad para los usuarios de la ciclo-infraestructura.

El estado de la señalización horizontal tiene un 93,4% en buen estado y con un ínfimo porcentaje ausente de 1,6% el cual representa una alta presencia de la señalización necesaria para alertar al usuario, brindarle seguridad y así disminuir la accidentalidad.

La señalización vertical presente en la ciclo-infraestructura se encuentra en buen estado en su totalidad, ya que, según la inspección realizada, en su mayoría son señales nuevas que no presentan ningún deterioro y que muchas de estas aún conservan los plásticos protectores que traen de fábrica. Se observó presencia de señales preventivas y reglamentarias donde había intersecciones con presencia de motorizados, donde se alerta al ciclista brindándole seguridad y disminuyendo el riesgo de accidentes.

Finalmente, para la finalización total de la ciclo-infraestructura hace falta por construir un tramo de 76 metros que va desde la calle 55 hasta las 56 de la carrera 21, en la que ya existe el trazado en el pavimento pero que a la hora de tomar los datos no había sido construido.

5. Recomendaciones

Teniendo en cuenta el buen estado en el que se encontró el pavimento no es necesario por ahora una intervención, puesto que en su gran mayoría el pavimento flexible y rígido no presentan daño.

Para la señalización horizontal basados en el resultado del análisis realizado se encontró que a nivel general presenta un buen estado, no obstante, se recomienda acciones de mejora tales como mantener limpia las demarcaciones, pintar las líneas de borde, las líneas centrales, las flechas, los pictogramas y símbolos en donde sea necesario, remover manchas y dispositivos que interfieran en el funcionamiento de la señal.

Para la señalización vertical como se puede evidenciar en el análisis obtenido presenta un buen estado a nivel general, no obstante, se recomienda acciones de mejora tales como mantener limpia las señales, podar los árboles que están obstaculizando la visibilidad de algunas señales.

Para terminar y darle un valor agregado de las herramientas tecnológicas que están al alcance de la mayoría de la población, representado en sus teléfonos inteligentes, con la ayuda de estos se puede consultar el estado físico actual de la ciclo-infraestructura del tramo comprendido entre la calle 5 y 56 de la carrera 21 del municipio de Bucaramanga ingresando al siguiente enlace:

Enlace de Google My Maps del inventario vial de la ciclo-infraestructura del tramo comprendido entre la calle 5 y 56 de la carrera 21 del municipio de Bucaramanga.

https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1sjXMQdD7QG_dLXgUOCr-Nbh638361Xjh

Referencias Bibliográficas

Alcaldía de Bucaramanga. (28 de 10 de 2017). *Obras de los ciudadanos alcaldía inicio la construcción de 26 kilómetros de ciclorutas*. Obtenido de <https://www.bucaramanga.gov.co/noticias/obras-de-los-ciudadanos-alcaldia-inicio-la-construccion-de-26-kilometros-de-cicloruta/>

Alcaldía de Bucaramanga. (2017). *SECOP I*. Obtenido de <https://www.contratos.gov.co/consultas/detalleProceso.do?numConstancia=17-1-175133>

Chinchilla López, C. A., & Muñoz Vásquez, M. J. (2019). *Revisión del estado físico de la primera fase de la ciclo-infraestructura del municipio de Bucaramanga*.

Consejo de directores de carreteras de Iberia e Iberoamerica. (2002). *Catálogo de deterioros de pavimentos flexibles*.

Gomez Afanador, C. A., & Silva Granada, E. A. (2016). *Diagnostico de estado actual de la malla vial y señalización de la vía Piedecuesta - Los Santos desde el PR 19+000 hasta PR 23+000*. Bucaramanga, Colombia.

INVIAS, Universidad Nacional de Colombia. (Octubre de 2006). Manual de inspección visual para pavimentos rígidos. Bogotá D.C., Colombia.

INVIAS, Universidad Nacional de Colombia. (Octubre de 2006). Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles. *Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles*. Bogotá D.C., Colombia.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Acuerdo de París*. Bogotá D.C.

Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones. (2016). *Identificación de fallas en pavimentos y técnicas de reparación*. Republica Dominicana.

Ministerio de Transporte de Colombia. (2015). *Manual de Señalización Vial*. Bogotá D.C.

Ministerio de Transporte de Colombia. (2016). *Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas*. Bogotá D.C.: (C. Pardo & A. Sanz, Eds.).

Montejo, A. (2002). *Montejo A. Ingeniería de Pavimentos para Carreteras*. Bogota D.C.: Universidad Católica de Colombia.

Moreno, F. G. (2015). *Diseño geométrico de una red vial de ciclorutas en la localidad de Suba-Bogota D.C., la cual permita establecer una interconectividad vial desde la av calle 145 # 118 hasta la calle 130-a # 154*. Bogota D.C.

Pardo Rocha, M. A., Gomez Molina, M. F., & Navarro Ardila , R. P. (2016). Diagnostico del estado actual de la malla vial y señalizacion de la via Piedecuesta - Los Santos desde el PR 10+500 hasta el PR 15+000. Bucaramanga, Colombia.

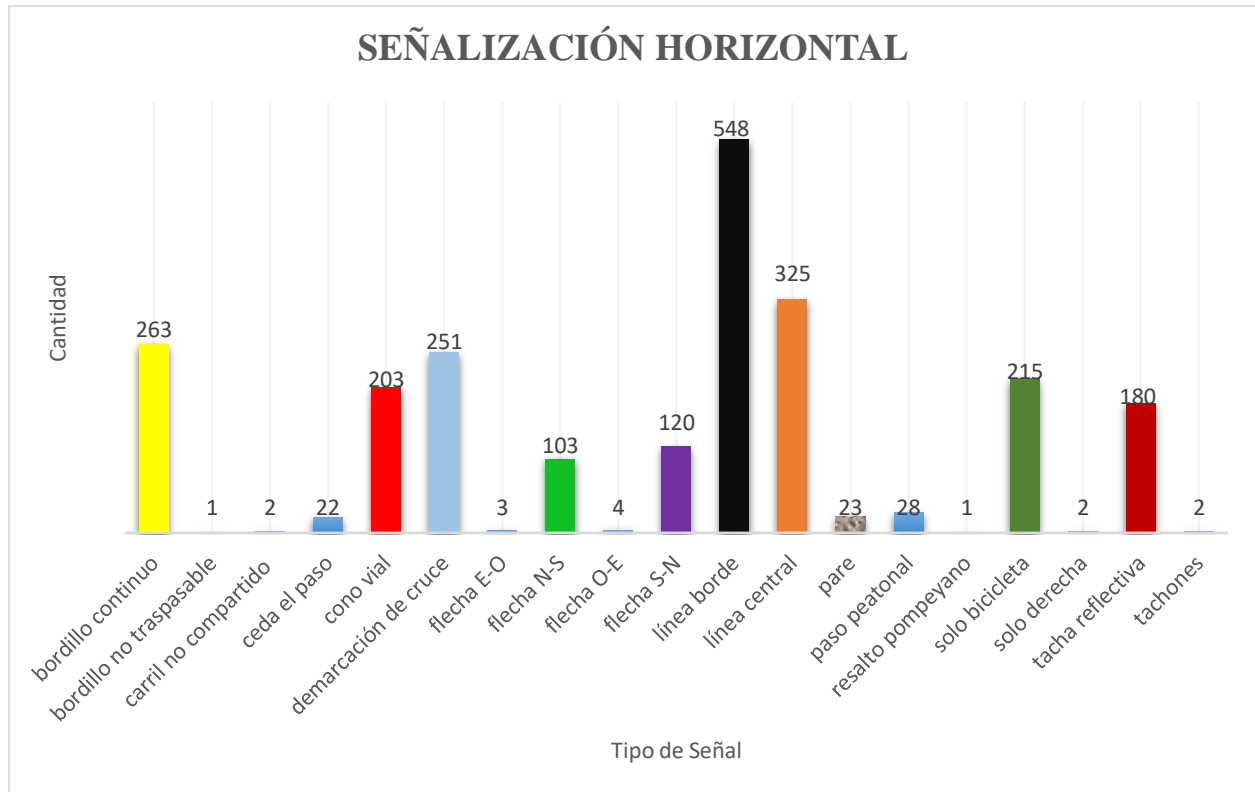
Parra Hernandez, I. J. (2018). Procedimiento estrategico para la deteccion de daños en pavimento flexible en la infraestructura vial del municipio de fusagasuga mediante las metodologias vizir y PCI. Bogota D.C, Colombia.

Rebolledo, R. J. (2010). Deterioros en pavimentos flexibles y rigidos. Valdivia, Chile.

Riveros Triviño, L. P., & Gaitan Vega, J. S. (2019). Determinar el deterioro del pavimento flexible mediante metodologia de auctacion Vizir y PCI con relacion al CBR y la estructura del pavimento. Bogota D.C, Colombia.

Unidad de nutricion, e. d. (2009). Manual para implementar y promocionar la Ciclovia recreativa. Bogota, Colombia.

Apéndice D. Formato para el levantamiento de la señalización vertical.



Apéndice E. Tablas de datos utilizados para generar las gráficas de resultado.

Tabla 1.

Pavimento encontrado en la ciclo-infraestructura.

Tipo de pavimento	cantidad	porcentaje
Flexible	392	99%
Rígido	2	1%
TOTAL	394	

Tabla 2.

Estado del pavimento rígido.

ESTADO PAVIMENTO RIGIDO		
bueno	2	100%
regular	0	0%
malo	0	0%

Tabla 3.

Daños en el pavimento rígido.

Código de daño	Cantidad	porcentaje	severidad		
			BAJA	MEDIA	ALTA
FCT	1	50%	1	0	0
DSU	1	50%	1	0	0

Tabla 4.

Estado del pavimento flexible.

ESTADO PAVIMENTO FLEXIBLE		
bueno	391	99,7%
regular	1	0,3%
malo	0	0,0%

Tabla 5.

Daños en el pavimento flexible.

Código de daño	Cantidad	porcentaje	severidad		
			Baja	Media	Alta
CD	16	31%	NA	NA	NA
DC	1	2%	1	0	0
DSU	14	27%	14	0	0
FL	1	2%	1	0	0
FT	3	6%	3	0	0
HUN	5	10%	5	0	0
PA	1	2%	1	0	0
PC	4	8%	4	0	0
PCH	6	12%	6	0	0

Tabla 6.

Tipo de señalización horizontal.

Tipo de señal	presente
bordillo continuo	263
bordillo no traspasable	1
carril no compartido	2
ceda el paso	22

Tipo de señal	presente
cono vial	203
demarcación de cruce	251
flecha E-O	3
flecha N-S	103
flecha O-E	4
flecha S-N	120
línea borde	548
línea central	325
pare	23
paso peatonal	28
resalto pompeyano	1
solo bicicleta	215
solo derecha	2
tacha reflectiva	180
tachones	2

Tabla 7.

Estado físico de la señalización horizontal.

estado físico	cantidad	porcentaje
Bueno	2145	93,4%
regular	114	5,0%
malo	1	0,0%
ausente	36	1,6%

Tabla 8.

Mantenimiento requerido por la señalización horizontal.

Mantenimiento	cantidad	porcentaje
pintar	94	68%
instalar	36	26%
reparar	9	6%

Tabla 9.

Tipo de señales verticales encontradas en campo.

Tipo de Señal	Cantidad	porcentaje
Reglamentaria	21	44%
Preventiva	16	33%
Informativa	11	23%

Tabla 10.

Estado de la señalización vertical.

Estado físico	porcentaje
BUENO	100%
REGULAR	0%
MALO	0%