FORMULACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN PARA EL DESARROLLO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL DE TRANSPORTE EN BICICLETA. CASO DE APLICACIÓN: MUNICIPIO DE SOACHA – CUNDINAMARCA (COLOMBIA)

SANDRA MILENA VÁSQUEZ MANCERA

DIEGO VICENTE CORTES SALAZAR

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

Directora:

Prof. Mag. Rubby Stella Pardo Pinzón

Codirector:

Prof. Dr. Ing. Oscar Díaz Olariaga

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAESTRÍA EN INFRAESTRUCTURA VIAL

BOGOTÁ

2022

Nota de aceptación:

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

Firma del presidente del jurado

_____

Firma del jurado

_____

Firma del jurado:

Bogotá, mayo de 2022

Agradecimientos

En primer lugar, agradezco a Dios y a la Virgencita Auxiliadora, por darme esta oportunidad de estudio y poder alcanzar un logro más en mi vida profesional y por enviarme el Espíritu Santo cuando más lo necesité.

A mi Esposo e hijo, por tanta paciencia y regalarme parte del tiempo de compartir con ellos para poderme dedicar al estudio.

A mis padres, hermano y mi tía Leny, por su apoyo incondicional

A todos los docentes que hicieron parte de mi proceso de aprendizaje y especialmente a la Ing. Rubby Pardo, por todos sus aportes para que este trabajo se pudiera desarrollar de manera exitosa.

Sandra Milena Vásquez Mancera

Un agradecimiento especial a Dios y a mis padres por la vida, por su tiempo, dedicación y en especial por enseñarme a vivirla, a mi compañera de vida que con su paciencia, amor y apoyo aportó al logro de este título, a mi tutor por el tiempo dedicado y los conocimientos aportados durante toda la carrera y por último, pero no por eso menos importante a todos mis familiares y amigos.

Diego Vicente Cortes Salazar

CONTENIDO

pág.

INTRODUCCIÓN 10

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 11

2. JUSTIFICACIÓN 15

3. OBJETIVOS 18

3.1. OBJETIVO GENERAL 18

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS. 18

4. ESTADO DEL ARTE 19

4.1. ESTADO DEL ARTE ACADÉMICO – CIENTÍFICO. 19

4.1.1. Gestión de la Infraestructura Vial 20

4.1.2. Referentes sistemas de gestión para la infraestructura vial 23

4.1.3. Infraestructura vial para el transporte sostenible 26

4.2. ESTADO DEL ARTE APLICATIVO – TÉCNICO. 29

4.2.1. Desarrollo de infraestructura para movilidad en bicicleta - Referentes Internacionales 30

4.2.2. Desarrollo de infraestructura vial para movilidad en bicicleta - Referentes Nacionales 36

5. MARCO GEOGRÁFICO – caso de aplicación: municipio de soacha. 41

6. METODOLOGÍA 42

6.1. RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN. 42

6.2. DIAGNÓSTICO Y/O CARACTERIZACIÓN DEL CASO EN APLICACIÓN. 42

6.3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE GESTIÓN DE LA CICLO INFRAESTRUCTURA. 43

7. DESARROLLO DE LA PROPUESTA 44

7.1. características del caso de aplicación – condiciones de movilidad. 44

7.1.1. Caracterización de la movilidad – Encuesta de movilidad de Bogotá 2019. 44

7.1.2. Accidentalidad en biciusuarios en el municipio de Soacha. 45

7.1.3. Servicio de transporte público en el municipio de Soacha. 47

7.2. diagnóstico de la ciclo infraestructura existente en el municipio de soacha 50

7.2.1. Estructura Vial Municipal. 51
7.2.2. Infraestructura Para Movilidad En Bicicleta Existente En El Municipio. 57
7.2.3. Infraestructura Proyectada en el municipio para movilidad en bicicleta 62
7.3. PROPUESTA DE ACTIVIDADES PARA EL DESARROLLO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL PARA TRANSPORTE EN BICICLETA. 68
7.3.1. ETAPA 1 Diagnóstico 70
7.3.2. ETAPA 2 Análisis De La Información – Trazado preliminar. 72
7.3.3. ETAPA 3 Diseño 101
7.3.4. ETAPA 4 Educativa 110
7.3.5. ETAPA 5 Priorización De La Inversión 111
7.3.6. ETAPA 6 Mantenimiento y Gestión 131
7.4. PROPUESTA DE PRIORIZACIÓN DE LA INVERSIÓN Y COSTOS APROXIMADOS PARA EL MUNICIPIO DE SOACHA. 132
8. CONCLUSIONES 134
BIBLIOGRAFÍA 137
ANEXOS 142

LISTA DE TABLAS

pág.

Tabla 1. Estrategia PMUS Valencia - España 31
Tabla 2. Sistema vial- POT Soacha 51
Tabla 3. Condiciones físicas de la ciclo infraestructura existente en el municipio de Soacha. 59
Tabla 4. Resumen de las condiciones de la cicloinfraestructura existente en el municipio de Soacha. 60
Tabla 5. Condiciones de los corredores en los cuales se encuentra la ciclo infraestructura existente 61
Tabla 6. Sistema de Ciclorutas proyectado, en proceso de urbanización y construido 62
Tabla 7. Sistemas de ciclo rutas, en proceso de urbanización y construido (2018) 65
Tabla 8. Preguntas formuladas en la encuesta 78
Tabla 9. Matriz de ponderación de variables 85
Tabla 10. Resumen de características de los trazados propuestos. 91
Tabla 11. Presupuesto aproximado de construcción por 1 km de cicloruta año 2021. 96
Tabla 12. Costos aproximados de actividades de mantenimiento rutinario, preventivo y correctivo para la ciclo-infraestructura. 97
Tabla 13. Costos aproximados de construcción de los trazados propuestos. 99
Tabla 14. Principales lineamientos del diseño de la ciclo-infraestructura 102
Tabla 15. Lineamientos establecidos por el Ministerio de Transporte para los estudios que se deben adelantar. 103
Tabla 16. Principales ventajas e inconvenientes de las vías ciclistas 104
Tabla 17 Principales ventajas e inconvenientes de la vía segregada 105
Tabla 18 Ventajas e inconvenientes de vías unidireccionales o bidireccionales 106
Tabla 19. Tabla de valoración de soluciones tipo de superficie de rodadura 109
Tabla 20. Rodaduras recomendadas según el tipo de ciclo-infraestructura 109
Tabla 21. Lineamientos generales de campañas educativas 111
Tabla 22. Escala de comparación de Saaty 114
Tabla 23. Comparación de criterios 114
Tabla 24. Matriz de comparación entre criterios 115
Tabla 25. Matriz normalizada de comparación de criterios. 116
Tabla 26. Vector de Prioridad de los criterios establecidos. 116
Tabla 27.Matriz por alternativa criterio de espacio público 117
Tabla 28. Matriz por alternativa criterio Plan de Ordenamiento Territorial 119
Tabla 29. Matriz por alternativa criterio Tránsito de bicicletas 120
Tabla 30. Matriz por alternativa criterio redes de servicios públicos 122
Tabla 31. Matriz por alternativa criterio complejidad 123
Tabla 32. Matriz por alternativa criterio desarrollo en zonas vulnerables 124
Tabla 33. Cociente de consistencia por trazados 126
Tabla 34. Vector de prioridad para cada trazado criterio espacio público disponible. 126
Tabla 35. Vector de prioridad para cada trazado criterio ordenamiento territorial. 127

Tabla 36. Vector de prioridad para cada trazado criterio tránsito de bicicletas 127
Tabla 37. Vector de prioridad para cada trazado criterio redes de servicios públicos 128
Tabla 38. Vector de prioridad para cada trazado criterio complejidad 129
Tabla 39. Vector de prioridad para cada trazado criterio complejidad 129
Tabla 40. Matriz de priorización de alternativas. 130
Tabla 41. Priorización de la inversión con costos por horizontes de inversión 132

LISTADO DE FIGURAS

pág.

Figura 1 Principales fases y componentes de métodos de sistemas 21
Figura 2. Estructura general de un sistema de gestión de infraestructura vial 22
Figura 3. Mapa de localización del municipio de Soacha. 41
Figura 4. Diagrama del flujo metodológico 43
Figura 5. Clase de accidentes 46
Figura 6. Gravedad del accidente que involucra biciusuarios en Soacha 47
Figura 7. Recorrido de las rutas de servicio público internas en el municipio de Soacha. 48
Figura 8. Recorrido de las rutas de servicio público convenio Bogotá -Soacha. 48
Figura 9 Recorrido de las rutas de servicio público intermunicipales. 49
Figura 10. Trazado actual de Transmilenio 50
Figura 11. Autopista Sur en la zona urbana del municipio de Soacha 53
Figura 12 Proyección avenida longitudinal de Occidente 54
Figura 13. Avenida Ciudad Terreros 55
Figura 14. Avenida Indumil en jurisdicción del municipio de Soacha 56
Figura 15. Ciclo infraestructura existente en el municipio de Soacha. 57
Figura 16. Formato para verificación de infraestructura vial que incluye cicloinfraestructura – municipio de Soacha 58
Figura 17. Modelo Conceptual para un Sistema de Gestión de infraestructura para movilidad sostenible - Soacha 69
Figura 18 Mapa de pendientes zona urbana del municipio de Soacha. 74
Figura 19. Modelo y datos de la encuesta digital 76
Figura 20. Diseño de encuestas virtuales 78
Figura 21. Género y medio de transporte 80
Figura 22 Edad 81
Figura 23. Tipo de uso de la bicicleta 81
Figura 24. Frecuencia uso de la bicicleta 82
Figura 25. Tiempo de movilización en bicicleta 82
Figura 26. Estado de infraestructura para movilidad sostenible 83
Figura 27. Origen de los viajes en bicicleta. 84
Figura 28. Trazados de ciclo infraestructura proyectada municipio de Soacha (POT – Acuerdo No. 046 de 2000) 87
Figura 29. Trazado general de Ciclo infraestructura propuesta municipio de Soacha. 88
Figura 30. Ciclo infraestructura propuesta municipio de Soacha por tipologías. 89
Figura 31. Sección transversal tipo propuesta vía perfil V-0 93
Figura 32. Sección transversal tipo propuesta vía perfil V-1 93
Figura 33. Sección transversal tipo propuesta vía perfil V-2 94
Figura 34. Sección transversal tipo propuesta vía perfil V-3 94
Figura 35. Sección transversal tipo propuesta vía perfil V-4 95
Figura 36. Sección transversal tipo propuesta vía perfil V-5 95

Figura 37. Sección transversal tipo propuesta vía perfil V-6 96
Figura 38. Criterios para la elección de la tipología de la vía ciclista 107
Figura 39. Criterios de integración/segregación en función del volumen y la velocidad del tránsito motorizado. 108
Figura 40. Metodología planteada para encontrar la tipología adecuada 108
Figura 41. Etapas de la gestión de pavimentos 131

INTRODUCCIÓN

Es de público conocimiento que en la actualidad el uso de la bicicleta como medio de transporte ha venido creciendo de manera importante en las diferentes ciudades colombianas, lo que lleva a mejorar las condiciones de movilidad (menos congestión), la calidad del ambiente aporta a las buenas condiciones de salud de los usuarios, entre otros beneficios. Sin embargo, todo esto solo se puede materializar, si existe una adecuada ciclo infraestructura, que atienda las necesidades y prioridades de la comunidad.

Mejorar las condiciones de infraestructura para incentivar el uso de la bicicleta como medio de transporte contribuye al desarrollo y competitividad de las ciudades (BID, 2015), por lo que se requiere que dicha infraestructura sea gestionada de manera tal, que se satisfagan las necesidades de la comunidad y de la ciudad y con una inversión de los escasos recursos públicos de manera adecuada.

En el municipio de Soacha caso de aplicación en el presente trabajo de grado, con una población en datos oficiales del DANE (2021) de aproximadamente 750 mil habitantes, ubicados en los estratos 1, 2 y 3, se cuenta con 9,47 km de ciclo infraestructura construida, con poca o nula interconexión entre los trazados y los ejes viales importantes del municipio, por lo cual gestionar la materialización de una adecuada infraestructura para la movilidad en bicicleta, se convierte en una necesidad imperante, teniendo en cuenta la marcada conurbación con la capital de Colombia (Bogotá D.C.), en donde se encuentran la principal oferta laboral y de estudio para los habitantes del municipio.

Por lo anterior, en este trabajo de grado para optar al título de Magister en Infraestructura vial, se busca de manera inicial definir el estado del arte con respecto a la gestión de la infraestructura vial y a la movilidad en bicicleta de manera general y local para el municipio de Soacha, verificar casos (nacionales e internacionales) de gestión y desarrollo de ciclo infraestructura, para posteriormente realizar un diagnóstico de lo planteado en el ordenamiento territorial del municipio (Plan de Ordenamiento Territorial) con respecto a la estructura vial y la ciclo infraestructura y de igual manera establecer el estado de la ciclo infraestructura existente en el municipio de Soacha.

A partir del análisis de los anteriores parámetros, como resultado final en el presente trabajo, se obtendrá una propuesta de las actividades a desarrollar por los tomadores de decisiones en el ente territorial, para gestionar la construcción de la ciclo infraestructura en tres horizontes de inversión, estableciendo los criterios objetivos que se deben tener en cuenta para la toma de decisiones.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel mundial, el crecimiento de las zonas urbanas ha generado que los recorridos para acceder a los diferentes servicios del diario vivir (trabajo, estudio, salud, recreación) de las personas sean cada vez más largos, por lo que es más común que la movilidad se realice a través de medios motorizados (BID, 2016), generando más contaminación, accidentes, estrés, etc. Como respuesta a lo anterior las grandes ciudades han venido aumentando la infraestructura, pero para vehículos motorizados y lo anterior nunca es suficiente, debido a que al aumentar la infraestructura para automotores hay compra de más automotores, acrecentando los inconvenientes ya mencionados.

Según las cifras del BID (2013), de las emisiones de $C0_2$ totales, el transporte fue responsable del 23%, incrementándose en un 70% desde 1990, lo que ha volcado a la comunidad internacional en plantear la necesidad de un desarrollo urbano sostenible en las ciudades, contribuyendo así al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible.

A nivel nacional, si bien la bicicleta ha sido desde hace mucho tiempo un medio de transporte tradicional, recientemente a raíz de las condiciones económicas, condiciones del transporte público y la pandemia, la bicicleta se ha convertido en un medio de transporte habitual en el diario vivir del colombiano; lo que ha llevado a que en algunas ciudades principales (eje. Bogotá, Cali, Medellín) se hayan generado políticas tendientes a desarrollar ciclo infraestructura; sin embargo, en otras ciudades dicho desarrollo no se encuentra fortalecido (Ministerio de transporte Colombia, 2016).

Según la Guía para ciclo infraestructura colombiana (2016), en algunas ciudades se ha venido desarrollando dicha infraestructura; sin embargo este desarrollo no ha sido óptimo, debido a que su planificación no cuenta con una adecuada fundamentación técnica, o no ha tenido en cuenta las condiciones culturales y físicas propias de cada ciudad, así como se ha presentado descoordinación con las diferentes entidades que tienen bajo su responsabilidad el desarrollo de la ciclo infraestructura, lo que puede llevar a que se generen impactos negativos en el uso de la bicicleta.

El municipio de Soacha (caso en estudio), según proyecciones del DANE contaba para el 2020 con una población de 753.548 habitantes, sin embargo, esta cifra no se acerca a la realidad la cual supera el millón tres mil habitantes, según el censo local que desarrolló la administración municipal en el año 2019, de los cuales 749.034 se encuentran ubicados en la cabecera municipal y de la población total del municipio el 5,30% no tienen cubiertas sus necesidades básicas. Soacha presenta un crecimiento demográfico acelerado como consecuencia de la expansión territorial en la zona colindante con Bogotá, de la recepción

de persona en situación de desplazamiento y el desarrollo en los 15 últimos años de más de 200 mil unidades de vivienda de interés social (Alcaldía municipal de Soacha, 2020).

Ya en análisis de las condiciones de movilidad, se tiene que este municipio es el más densamente poblado de Cundinamarca (Alcaldía Municipal de Soacha, 2020) el cual se encuentra conurbado al oriente con las localidades de Bosa y Ciudad Bolívar (Bogotá D.C) y debido a ser eje articulador entre Bogotá y el sur del país, sus habitantes requieren constante movilidad al interior de este y en conexión con otras ciudades.

A pesar de su importancia como municipio de paso, lugar dormitorio y eje articulador, Soacha no ha logrado proporcionar a sus habitantes beneficios en materia de infraestructura vial, especialmente en lo referente al sistema de ciclo infraestructura, siendo este de gran importancia en la movilidad de sus habitantes como interconexión entre sistemas alternativos sostenibles que complementen la infraestructura vial actual.

El estudio de indicadores de condiciones urbanísticas que emitió la Cámara Colombiana de la Construcción (Camacol) en el año 2013, menciona que de los 61,2 Km de ciclorutas proyectados en el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) del año 2000 (vigente a la fecha); 60,2 Km se encuentran sin ejecutar y solo 1,8 Km se encuentran ejecutados, lo que corresponde a tan solo el 2,9% de lo proyectado en el Plan de Ordenamiento Territorial.

Adicionalmente se han desarrollado proyectos que tienen gran impacto en temas de ciclo infraestructura para el municipio pero que, al no ser gestionadas, dejan de ofrecer los beneficios que requiere la población. Es el caso del proyecto para la integración de Transmilenio con el Municipio de Soacha, que entró en funcionamiento en su Fase I en diciembre del año 2013 y según el Documento CONPES 3404 de diciembre 12 de 2005 denominado "*Sistema Integrado del Servicio Público Urbano de Transporte Masivo de Pasajeros del Municipio de Soacha como una Extensión de la Troncal Norte-Quito-Sur del Sistema Transmilenio - Seguimiento*", el proyecto construido cuenta con una extensión de 5,9 Km de corredor exclusivo y su infraestructura complementaria, contempla ciclo parqueaderos con 650 espacios disponibles para los bici usuarios e inicia en el límite de la ciudad de Bogotá sobre la Autopista Sur hasta la actual Calle 22, la extensión de cicloruta se diseñó sobre el separador entre KR 4 y KR 7 y en ciclobanda desde la Av. Terreros hasta el empate con la ciclobanda anterior; sin embargo a la fecha esa ciclo infraestructura planteada no ha sido desarrollada, debido a que si bien se cuenta con algunos recursos, estos se invierten en el mejoramiento de la infraestructura para vehículos motorizados y no en infraestructura para movilidad de bicicletas y esto se debe a que a la fecha, el municipio no cuenta con un censo de la población que se moviliza en

bicicleta, ni tiene claro cuáles son los recorridos que adelanta esta población, tanto dentro del municipio, como hacia otros municipios.

Como se mencionó con anterioridad, el municipio de Soacha ha tenido un fuerte desarrollo urbanístico de vivienda de interés social, lo que ha llevado a que las constructoras de dichos proyectos como es el caso del macroproyecto Ciudad Verde (50.000 unidades de vivienda) entregaran en junio de 2015 la Avenida Terreros o diagonal 38 la cual contempla 2,2 kilómetros de vía vehicular en dos calzadas de dos carriles cada una, una glorieta de noventa y seis (96) metros de diámetro, alameda y ciclo-ruta, dicha avenida conecta el Macroproyecto Ciudad Verde con la Autopista sur o KR 4, sin ninguna articulación con la ciclo infraestructura existente, con lo desarrollado por dicho proyecto y tramos de cicloruta sin conexión por la calle 33, calle 30C en el costado oriental del municipio, más pequeños tramos internos en Ciudad Verde se suma un total de 9,47 Km (16,19% de lo proyectado en el POT) de ciclo infraestructura desarrollada en el municipio, con la desventaja que lo ejecutado como ciclo infraestructura para el macro proyecto Ciudad Verde no se encontraba planteada en el Plan de Ordenamiento Territorial del 2000, debido a que dicho proyecto fue aprobado por el gobierno nacional, de manera posterior a la aprobación del Plan de Ordenamiento Territorial.

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede inferir que el municipio no ha contado con una adecuada gestión para el desarrollo de la ciclo infraestructura, que se había planteado hace 22 años (POT 2000) y que a la fecha lleva un desarrollo inferior al 20% contando trazados que no se encontraban proyectado en el instrumento de planeación, y de igual manera es claro que por el dinámico desarrollo urbanístico y demográfico del municipio, lo planteado en el plan de ordenamiento territorial, no se estaría ajustando a las condiciones actuales de densidad y ocupación del territorio.

Desde lo ambiental es importante resaltar que en el estudio realizado por la Corporación ambiental Caminando el Territorio en febrero de 2019 para el municipio de Soacha, con respecto a la calidad del aire y con base en datos de dos estaciones instaladas por parte del IDEAM, se concluyó:

> *Es evidente la grave situación de contaminación del aire en el municipio de Soacha, no solo es la percepción de la contaminación al caminar por sus calles, o el claro indicio que deja la situación de alerta naranja por baja calidad atmosférica, en las localidades de Bogotá vecinas al municipio; sino porque además así lo demuestran, los pocos pero contundentes datos que arrojan las dos insuficientes y mal administradas estaciones de monitoreo de calidad de aire existente en Soacha.*

*Y e*n el escrito emitido por la Alcaldía Municipal de Soacha (2018), denominado *"Documento y Cartografía de Diagnóstico Territorial Urbano y Rural"* se menciona frente a la contribución contaminante, que las fuentes principales de los gases precursores, corresponden principalmente a la quema de combustible, centrales eléctricas, escape de vehículos automotores, vapores de gasolina y solventes químicos, siendo el transporte motorizado un gran contribuyente a dichas condiciones de mala calidad en el ambiente.

2. JUSTIFICACIÓN

A nivel nacional es amplio el déficit de ciclo infraestructura; sin embargo la tendencia es a la inversión en este tipo de movilidad, Bogotá y Medellín por ejemplo lideran la construcción de ciclo rutas, bicicarriles, biciparqueaderos y otra clase de infraestructura asociadas a este tipo de sistemas, que las convierten en referentes a nivel.

Existen diferentes referentes mundiales para Colombia en implementación de sistemas de ciclo infraestructura, ciudades en donde se han desarrollado sistemas extensos de vías compartidas, pistas separadas y ciclovías urbanas e interurbanas, el diseño en estos países está pensando en el uso responsable de alternativas medioambientales y de salud para los usuarios, contemplan súper ciclovias, ciclovias verdes, sensibilización social, modelos de seguridad funcional, altos niveles de mantenimiento, entre otros, en el estado del arte del presente trabajo se analizaran referentes internacionales y nacionales para el desarrollo de ciclo infraestructura.

En Colombia, según el estudio TGI de Kantar IBOPE Media (2018), el 8.9% de los habitantes utiliza la bicicleta como medio de transporte, con un promedio de uso de 18.5 horas a la semana, de estos el 30% son mujeres y el 70% son hombres. Del 2014 al 2018 se presentó un incrementó en un 3.42%, y frente a 2017 un 7%[1].

En Colombia existe la siguiente normativa en cuanto a políticas en materia de ciclo infraestructura y de sensibilización, que establecen lineamiento para el desarrollo de este tipo de infraestructura e impulsan el uso de la bicicleta como medio de transporte habitual y que corresponden a la justificación normativa:

- Decreto Nacional 798 de 2010, “Por medio del cual se reglamenta parcialmente la ley 1083 de 2006” en el cual se definen los estándares técnicos para la planeación, diseño, construcción y/o adaptación de las ciclo rutas en la ciudad.
- Publicación en 2015 del Manual de Señalización Vial (Ministerio de Transporte, 2015)
- Plan Nacional de Seguridad Vial (2013-2021) - Ministerio de Transporte, 2014
- Bogotá (Secretaría Distrital de Movilidad, 2014), Medellín (Alcaldía de Medellín, 2013)
- Decreto Nacional 798 de 2010: Reglamentación de los estándares urbanísticos básicos para el desarrollo de los equipamientos y los espacios públicos, necesarios para su articulación con los sistemas de movilidad,
- Ley 1083 de 2006: Por medio de esta ley “se establecen algunas normas sobre planeación urbana sostenible” pero principalmente la movilidad sostenible.
- Decreto Nacional 1504 de 1998: Por el cual se reglamenta el manejo del espacio público en los Planes de Ordenamiento territorial.
- Decreto Nacional 1538 de 2005: Se refiere a i) El diseño, construcción, ampliación, modificación y en general, cualquier intervención y/u ocupación de vías públicas, mobiliario urbano y demás espacios de uso público; y ii) El diseño y ejecución de

[1] https://www.revistaautocrash.com/incrementa-43-el-uso-de-la-bicicleta-como-transporte-en-colombia-desde-2013/

obras de construcción, ampliación, adecuación y modificación de edificios, establecimientos e instalaciones de propiedad pública o privada, abiertos y de uso al público.

- Ley 1811 de 2016 por la cual se otorgan incentivos para promover el uso de la bicicleta en el territorio nacional y se modifica el Código Nacional de Tránsito.

Otra de las condiciones actuales que justifican el desarrollo de dicha infraestructura, esta relacionada a que con ocasión de las condiciones de aislamiento impuestas por la pandemia dada por el COVID-19, en Colombia y de la mano de Cities Finance Facility (C40) y la GIZ (una agencia de cooperación alemana), se están impulsando proyectos en Cali, Montería y Bucaramanga[2]. En Montería se está reactivando el sistema de ciclo rutas que ya tenían implementado denominado Bisinú y en la ciudad de Bucaramanga, se retomó el servicio de ciclo rutas donando algunas bicicletas a personal médico para que eligieran este medio de transporte seguro en tiempo de pandemia. La ciudad de Cali siguiendo los lineamientos de Bogotá y Medellín proyecta implementar para el 2020, 50 km de ciclo rutas que servirán a más de 200.000 trabajadores de la salud en la ciudad.

En cuanto al uso de la bicicleta en el municipio de Soacha, como se mencionó en el planteamiento del problema de este trabajo, la administración municipal no cuenta con la cifra de biciusuarios en el municipio, preferencias de uso de la bicicleta, recorridos realizados, etc.; sin embargo, de acuerdo con lo relacionado en el portal web[3] de la empresa privada concesionada por el municipio para los servicios integrales de movilidad y tránsito - SERT, el municipio cuenta con un total de 204.140 biciusuarios.

Por otro lado, en la encuesta de movilidad adelantada en el año 2019 por la Secretaría Distrital de Movilidad de Bogotá y cuyo objeto fue *"Realizar la Encuesta de Movilidad, que comprende la Encuesta Origen-Destino de Hogares (EODH) y la Encuesta Origen-Destino de Interceptación (EODI) para Bogotá y los municipios vecinos de su área de influencia, y la actualización del modelo de transporte de cuatro etapas del área de estudio",* se encuentra que Soacha fue uno de los municipios en los cuales se levantó información con 1.162 encuestas válidas, encontrando que de los 831.000 viajes que se realizan como modo principal en Bogotá el 5% se originan en Soacha, que correspondería a 41.550 viajes.

Es de público conocimiento que en el municipio de Soacha se presentan grandes dificultades de movilidad, debido a la cantidad de población que requiere movilizarse, y teniendo en cuenta que el servicio público de transporte solo está dado por el servicio de transporte colectivo y Transmilenio, sin que estas rutas cubran ciertas zonas del municipio, especialmente las recientemente desarrolladas con proyectos urbanísticos, y por último debido al avanzado deterioro de la malla vial existente (Plan de Desarrollo municipal 2020-2023), siendo una necesidad reconocida el poder contar con soluciones que permitan mejorar las condiciones de movilidad de la ciudadanía.

[2] https://www.eltiempo.com/bogota/por-que-la-bicicleta-es-tan-importante-en-tiempos-de-coronavirus-y-cuarentena-501326
[3] https://sertsoacha.com

Por lo anterior, es necesario para el municipio contar con una propuesta que le permita gestionar el desarrollo de la ciclo infraestructura de manera adecuada, teniendo en cuenta que si bien se encuentran planteados unos trazados en el Plan de Ordenamiento Territorial (Acuerdo No. 046 de 2000), el mismo no se ajusta a la realidad actual del municipio como ya se mencionó en el planteamiento del problema, ni tampoco ha sido ejecutado, dejando rezagado al municipio en este tipo de infraestructura para movilidad sostenible y por lo tanto que no tenga una de las características necesarias para que sea una ciudad sustentable.

El desarrollo de la ciclo infraestructura a través de un sistema de gestión genera muchos beneficios de orden técnico, institucionales, articulación entre entidades, siendo los más importantes los de orden técnico (Politécnico Suramericano, 2020), así:

- La infraestructura proyectada mantiene un nivel de servicio objetivo, que se puede medir en el tiempo y cumpliendo las expectativas de los usuarios.
- Se planifica de manera más ordenada definiendo cuando se ejecutan las obras.
- Garantiza el uso eficaz de los escasos recursos públicos.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Formular un sistema de gestión para el desarrollo de la infraestructura vial de transporte en bicicleta; caso de aplicación: Municipio de Soacha – Cundinamarca (Colombia).

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Analizar casos de estudio y/o aplicación de políticas y/o planes de desarrollo y de ejecución de infraestructura vial para uso de bicicletas en ciudades y/o regiones metropolitanas (en el ámbito nacional e internacional).
- Realizar un diagnóstico de la infraestructura vial para transporte en bicicleta existente en el municipio caso de aplicación.
- Realizar una propuesta de trazado de infraestructura para bicicletas (ciclorutas) para el municipio caso de aplicación.
- Definir y establecer las actividades para el desarrollo de la infraestructura vial para transporte en bicicleta en el municipio caso de aplicación.

4. ESTADO DEL ARTE

Con el fin de desarrollar el estado de arte del presente trabajo de grado, se decide dividir en tres grandes secciones este capítulo, el primero relacionado con el estado del arte académico – científico, el segundo el estado del arte relacionado con lo aplicativo – técnico y de manera posterior se relaciona información general del municipio de Soacha.

4.1. ESTADO DEL ARTE ACADÉMICO – CIENTÍFICO.

El Banco Interamericano de Desarrollo BIC considera, que las ciudades de América Latina y el Caribe (ALC), están enfrentadas hoy en día a retos importantes en lo referente a la movilidad, especialmente en temas como la reducción de la congestión vehicular, disminución del número de accidentes viales en zonas urbanas, disminución de la contaminación del aire y la necesidad de tener acceso a sistemas de transporte público de calidad, eficientes, confiables y seguros. (BIC 2015).

En este escenario varios países de América latina, entre ellos Colombia, le vienen apuntando al fortalecimiento de la movilidad no motorizada, con el uso de la bicicleta. En las agendas globales de desarrollo, la bicicleta es un elemento fundamental, a través de la cual se consigue una movilidad más sostenible, con la conectividad entre modos, así como ciudades equitativas, seguras y resilientes. (Ministerio de Transporte, movilidad y agenda urbana 2021; ONU- Alcaldía de Bucaramanga 2018). Así mismo el parágrafo 113 de la Nueva Agenda Urbana, adopta el compromiso de avanzar globalmente en el desarrollo de políticas públicas e instrumentos que promuevan la movilidad en bicicleta.

El Banco Interamericano de Desarrollo BIC (2015), establece que promover el uso de la bicicleta en las ciudades, requiere una conciencia clara de las necesidades de sus usuarios y una preparación administrativa, humana, financiera y técnica para atenderlas; y ratifican la necesidad de lograr que esta visión trascienda a la sociedad civil, hasta lograr un cambio en los patrones de comportamiento de las personas. En el documento, Guía para impulsar el uso de la bicicleta, el BIC, recoge 27 indicadores sobre su uso e información sobre políticas que apoyan este medio no-motorizado y estructuran estos indicadores a la luz de cuatro áreas temáticas: infraestructura y servicios, participación ciudadana, aspectos normativos y regulación y operación. En términos de la infraestructura y los servicios, recomiendan tener en cuenta que las características físicas de la red incluyendo los parqueaderos, deben ser seguras y convenientes para los usuarios.

En estudios realizados por la universidad de los Andes y el BID (2017), se encontró que alrededor del mundo existen muchos modelos para institucionalizar la planificación para la bicicleta en las ciudades; en la revisión de experiencias europeas y latinoamericanas, identificaron cuatro atributos para definir modelos de organización a seguir:

- Integración. Qué tan embebida está la planeación ciclo inclusiva en los procesos de toma de decisión y de implementación de proyectos de movilidad

- Gerencia, relacionado con la conformación de una oficina dedicada exclusivamente a liderar planes y proyectos de ciclo-inclusión, con un responsable visible e influyente
- Coordinación, relacionado con la oferta de instancias de diálogo con actores externos a la autoridad de movilidad
- Prospección, referido al horizonte de tiempo en el que se planean los proyectos y programas. Los modelos prospectivos procuran definir planes con vigencias de largo plazo (más de quince años).

Dentro del contexto organizacional, vale la pena mencionar el papel esencial que juega la gestión de la infraestructura vial para las bicicletas; según el Ministerio de transporte (2016), se ha demostrado que la planificación y el diseño de la infraestructura no siempre han estado bien fundamentados técnicamente, y tampoco se adaptan a las exigencias de cada lugar o a la cultura de la movilidad propia de las ciudades. De ahí que el ministerio considere prioritario contar con esquemas básicos de construcción e implementación de infraestructura, para tener en cuenta en las administraciones locales.

4.1.1. Gestión de la Infraestructura Vial

Como se ha dicho es importante que las administraciones locales asuman una conciencia plena de las necesidades de movilidad, para lograr promover modelos territoriales y urbanísticos más correctos, para ello Liñan (2016) considera necesario centrar los esfuerzos en una planificación que vincule adecuadamente las dinámicas espaciales y la movilidad. Desde el punto de vista del fomento de la bicicleta, Liñan recomienda cumplir ciertos requisitos propios del sistema, que tienen que ver con realizar actuaciones legales, modificando ordenanzas de tráfico y desarrollando una nueva normativa de circulación adaptada a la bicicleta, transformar el entramado urbano en cuanto a su infraestructura para facilitar la práctica ciclista y por último, precisa, que es necesaria una adecuación por parte de los agentes responsables de fomentar la bicicleta como modo de transporte, ante los cambios producidos en los usuarios, por la influencia de la propia bicicleta como parte activa del sistema de transporte.

Tolley (2003), en su estudio sobre diferentes modelos de planificación de redes ciclistas, concluye que las redes destinadas para el uso de la bicicleta necesitan incluir cinco requisitos básicos: la seguridad, la consistencia, la inmediatez, la comodidad y la diversión. Conjugando los requisitos propios del sistema de Liñan, con los modelos de planificación de Tolley, se puede decir que el planificador de las ciclo redes debe ser estratégico a la hora de tomar decisiones, pues deberá ver de manera holística la red, es decir, desde lo social, lo cultural, lo técnico, y lo motivacional, para que el sistema sea realmente atractivo para los usuarios. Asumir este reto requiere del planteamiento de un sistema de gestión que involucre los recursos técnicos, sociales, económicos y políticos, para facilitar la planificación de las redes, toda vez que los recursos son limitados, por lo cual la gestión juega un papel importante dentro del proceso.

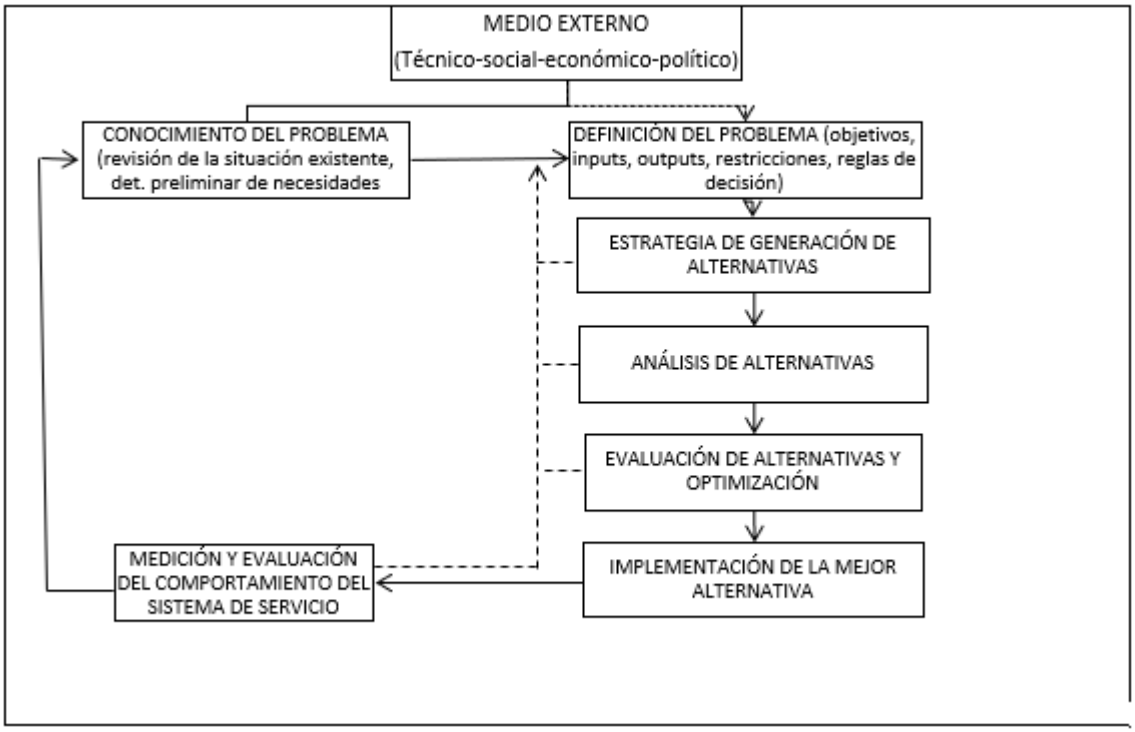
Los antecedentes de la intervención del Estado en la gestión de la infraestructura vial se remontan a la Edad Media (Jiménez, 2016), ya que con los limitados recursos con los que contaba el monarca, se debía garantizar la construcción y conservación de los caminos y de igual manera se debía velar por la seguridad y comodidad de quienes transitaban dichos caminos.

A partir de los años sesenta, se comenzó a hablar de la gestión de la infraestructura vial como una nueva especialidad de la ingeniería civil, dicha especialidad de acuerdo con Solminihac T. (2005), se puede definir como:

> *Apoyar tecnificada y objetivamente, la toma de decisiones respecto a las inversiones que se deben realizar en los distintos tipos de elementos de la infraestructura, a fin de alcanzar un nivel de servicio adecuado a las necesidades de los usuarios de las vías*

De manera general Kovácevic (1990) citado en Solminihac T. (2005), establece que un sistema es un "modelo de ordenamiento que se aplica en una determinada organización que opera en un entorno cambiante", también establece que lo anterior conforma una colección de elementos que se interrelacionan entre sí y operan en conjunto para alcanzar un objetivo.
En la Figura 1, de manera general se definen las fases y componentes de un sistema de gestión:

Figura 1 Principales fases y componentes de métodos de sistemas



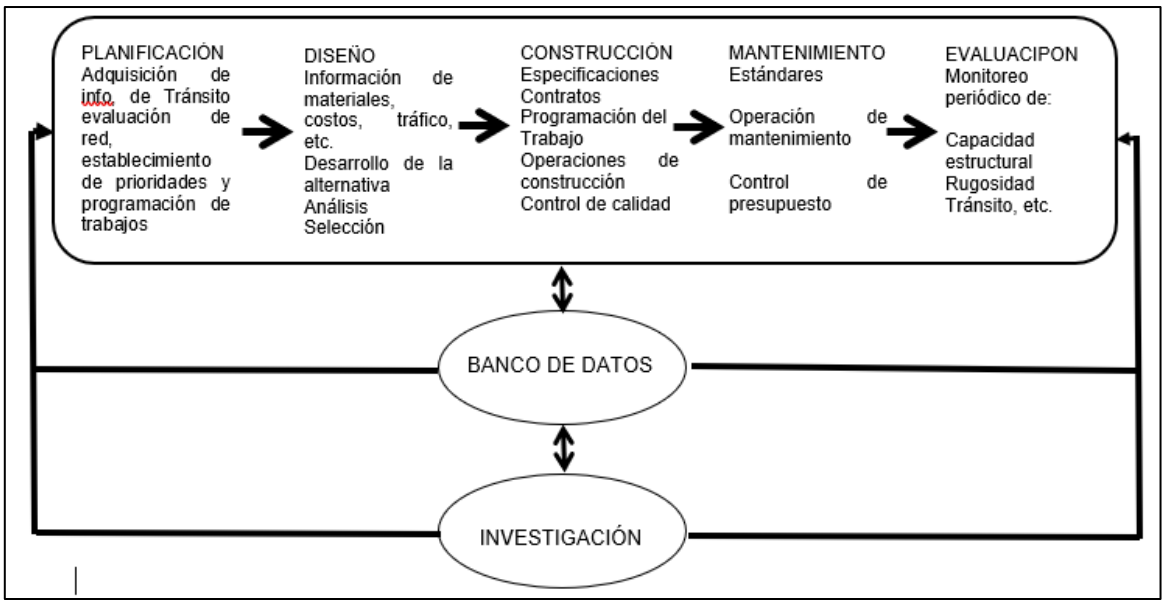
Fuente: Hass (1993) extraído de *Gestión de Infraestructura Vial,* Solminihac T. (2005)

Bajo este enfoque de fases y componente Solminihac sustenta que la gestión vial se realiza a través de un sistema, que se adelanta con una serie de actividades (planificación, diseño, construcción, conservación, evaluación e investigación de todos los elementos que constituyen la infraestructura vial), dicho sistema busca hacer seguimiento y evaluación del estado de la infraestructura vial, con el fin de garantizar la prestación del servicio de manera óptima, con la mayor rentabilidad posible (teniendo en cuenta la restricción de recursos con los que se cuenta para hacer las inversiones); por lo anterior el sistema debe permitir la comparación de alternativas para escoger la óptima y poder evaluar las consecuencias de dicha toma de decisiones.

Los elementos que conforman el sistema de gestión de la infraestructura, corresponden básicamente a los siguientes: Inventario de la red existente incluyendo el estado funcional y estructural de los elementos que conforman la infraestructura, modelos que permitan predecir el comportamiento de dicha infraestructura durante su vida útil, pautas de conservación y evaluación económica de las diferentes alternativas.

Amanera de ejemplo en la Figura 2 se observa la estructura general de un sistema de gestión de pavimentos:

Figura 2. Estructura general de un sistema de gestión de infraestructura vial



Fuente: Hass (1993) extraído de Gestión de Infraestructura Vial Solminihac T. (2005)

Por lo anterior, esencialmente en el sistema de gestión de la infraestructura, se adelanta una recolección de información, se analiza la misma y se proporcionan herramientas para contar con criterios de decisión, dichas herramientas pueden ser computacionales.

De acuerdo con el documento desarrollado por el Ministerio de Transportes y comunicaciones del Perú, denominado *"Modelo del Sistema de Gestión de Infraestructura*

vial de Provias nacional" (2010), el gestionar la infraestructura vial implica conocer su extensión, conocer cómo evoluciona su estado, conocer las inversiones que se ejecutan en dicha infraestructura y planificar el desarrollo de la misma mediante programas de inversión y mantenimiento, en función de las políticas de desarrollo establecidas y los recursos con los que se cuenta, con el fin de hacer uso de manera eficiente de los recursos obtenidos.

Es importante tener en claro que el uso de los sistemas de ingeniería por sí solo no va a dar solución definitiva al problema, sino que proporcionará una serie de alternativas para ser seleccionadas por el tomador de decisiones.

4.1.2. Referentes sistemas de gestión para la infraestructura vial

Con el fin de contar con referentes de sistemas de gestión para la infraestructura vial, se analizaron varias herramientas que se han desarrollado de apoyo para dicha labor de gestión, así:

Sistema de gestión pavimentos urbanos – Chile.

Dicho sistema se desarrolló en Chile desde el año 1996, con el fin de contar con un sistema integrado que permitiera la detección oportuna de los problemas de mantenimiento vial, la planificación de las inversiones, seguimiento a las obras ejecutadas, conformación de un catastro de redes viales, mantener información del estado de los pavimentos, identificar los tramos viales que requieren intervención, todo lo anterior con el fin contar con información completa para una adecuada toma de decisiones en la priorización de las intervenciones (Solminihac, 2005).

Este sistema cuenta con los siguientes elementos (FONDEF, 2015):

- Aspectos organizacionales del sistema: Se refiere a las personas encargadas de la asignación de los recursos y son los que toman las decisiones.
- Objetivos del sistema: Contar con una base de datos con la información de las vías, estado y condición de estas, sistematizar dicha información diagnóstica de las necesidades de las vías, definir las políticas de mantenimiento y evaluarlas y dar herramientas para la toma de decisiones, con la optimización de los recursos.
- La estructura del sistema: Se divide en cuatro (4) subsistemas en torno a la base de datos.

- Subsistema de consulta: en él se ingresan, se modifican y se cambian los datos tomados de las diferentes vías, se definen condiciones de ingreso de los datos, estado de estos y procedimientos de captura.
- Subsistema de tramificación: Consiste en la toma de decisiones con el apoyo de software para el desarrollo de proyectos de intervención en las vías y que permite el análisis técnico y económico.

- Subsistema de evaluación: En este subsistema se permite proyectar en el tiempo el comportamiento de la vía, en función del tipo de intervención.
- Subsistema de preparación del programa de inversión: Define los índices económicos de la intervención.

Sistema de gestión de la infraestructura vial -Instituto de Desarrollo Urbano – IDU – Bogotá.

En Colombia, específicamente en Bogotá D.C., el Instituto de Desarrollo Urbano – IDU adelantó un sistema de gestión de la infraestructura vial, con el fin de administrar la infraestructura vial y el espacio público, incluyendo los puentes vehiculares y peatonales, y de esta manera contar con criterios de decisión eficaces, de manera dinámica y flexible, sin que se tengan en cuenta aspectos políticamente coyunturales y definiendo un programa de acción técnico y óptimo económicamente y con base en las capacidades presupuestales de la capital (Benzadón, 2007).

El sistema de gestión vial y espacio público del IDU, trabaja bajo los siguientes parámetros:

- Un inventario físico y geométrico de la infraestructura administrada.
- Estado y condición superficial y de la estructura de los pavimentos, los elementos de espacio público, los puentes vehiculares y peatonales.
- Modelo de deterioro de la estructura del pavimento, con el fin de proyectar el estado del pavimento en cualquier momento del tiempo.
- Definición de alternativas de intervención (mantenimiento rutinario, periódico, rehabilitación y reconstrucción) de la infraestructura administrada.
- Definición de costos unitarios de las alternativas planteadas.
- Modelo de priorización de recursos, a partir del presupuesto asignado a las labores de intervención de la infraestructura.
- Modelo de seguimiento de la calidad y estabilidad de las intervenciones.

Para el desarrollo del sistema de gestión, en el IDU se definieron las siguientes fases:

1. Fase de análisis: En esta fase se adelantó la recolección de información con respecto a los objetivos de las diferentes áreas dentro del IDU, que hacen uso del sistema de gestión de la infraestructura y definición de los requerimientos necesarios en el sistema.
2. Fase de diseño: En esta fase se definió la estructura del sistema, de acuerdo con la información recopilada en la etapa de análisis, se diseñó la base de datos y el diseño de los modelos conceptuales de malla vial, espacio público y puentes peatonales y vehiculares, así mismo se definió un plan de pruebas.

3. Fase de construcción: En esta fase se construyó como tal el sistema, incluyendo la implementación de las pruebas, usando datos reales del inventario y diagnóstico elaborado por la entidad.
4. Fase de capacitación e implementación del sistema: De manera inicial se probó el sistema con prototipos y posteriormente se capacitó al personal que iba a usar el sistema y se entregaron manuales del sistema y manuales del usuario (Benzadón, 2007).

Para el caso del sistema implementado en el IDU, se tienen como componentes, una serie de módulos de acuerdo con la infraestructura a gestionar (malla vial, espacio público y puentes) y en cada uno de los módulos se tienen secciones relacionadas con:

- Módulo de captura de información: Captura la información de los elementos que conforman la red vial y el espacio público que se pretende gestionar.
- Módulo de parámetros generales: Este módulo corresponde a una base de datos en la cual se almacenan variables parametrizadas como el presupuesto, grupos de trabajo, insumos de precios de los diferentes tipos de intervención, parámetros de ingeniería, rentabilidad, costos de inversión, etc.
- Módulo de deterioro: En dicho módulo se relaciona información de un proyecto elaborado en la ciudad de Bogotá, denominado “calibración de las curvas de deterioro de los pavimentos de Bogotá”, con el cual se proyecta el comportamiento del pavimento a través del tiempo, tanto en el nivel superficial como en el nivel estructural.
- Módulo de intervenciones requeridas: En este módulo se definen las acciones de mantenimiento periódico y rutinario requeridos, en la infraestructura vial a administrar, teniendo en cuenta los parámetros definidos en el anterior módulo, las condiciones de tráfico y los deterioros proyectados. La infraestructura se clasifica de acuerdo con el diagnóstico adelantado, con el fin de definir qué tipo de intervención se debe realizar y que se alcance el nivel de servicio requerido.
- Módulo de generación de alternativas: Con base en las intervenciones requeridas que se definen en el módulo anterior y de acuerdo con los niveles de servicio establecidos, en este módulo se definen varias alternativas de intervención y se definen los costos de las mismas, con el fin de poder comparar las alternativas.
- Módulo de retroalimentación: En este módulo la entidad puede verificar la incidencia de las intervenciones definidas, para conocer si con estas decisiones se obtiene el nivel de servicio definido, de igual manera se puede observar un comportamiento de la infraestructura en varios escenarios.
- Módulo de reportes: Se generan en forma de tablas, diagramas estadísticos, planos y mapas geo-referenciados.
- Módulo de visualización de información: Este módulo tiene dos componentes, inventario fílmico y la visualización de mapas geo-referenciados.

Los beneficios de la implementación de este sistema de gestión de la infraestructura vial para el Instituto de Desarrollo Urbano de acuerdo con Benzadón (2007), son los siguientes:

- Desarrollo de un programa de planeación estratégica con la inversión de los recursos destinados a la infraestructura vial, mediante la gestión integral de todos sus componentes.
- Conocimiento del estado real de la infraestructura vial y de las necesidades de inversión.
- Conocimiento de la influencia de los criterios de priorización en la toma de decisiones en la infraestructura a intervenir, con el fin de disminuir los costos de operación vehicular.
- Conocimiento de la evolución del deterioro de la infraestructura vial existente, proyectando el estado del pavimento (superficial y estructural) en cualquier etapa, se hagan o no se hagan las intervenciones.
- Optimización de recursos.
- Organización de la información.
- Obtención de una herramienta sistemática que se puede actualizar y mejorar.

4.1.3. Infraestructura vial para el transporte sostenible

El uso de la bicicleta genera unos aportes importantes al cumplimiento de los diferentes retos ambientales y sociales que en la actualidad afronta la humanidad:

- Ayudad a reducir las emisiones de gases contaminantes y aporta en la mitigación del cambio climático (Dalkmann & Branningan 2007).
- Requiere del aporte de menos recursos energéticos, materiales y monetarios que las alternativas motorizadas (Hook, 2006).
- Constituye una estrategia para mejorar la calidad del aire y el ruido (Pettinga et al., 2009).
- Contribuye a reducir la inseguridad y el riesgo en las vías (Jacobsen, 2003).
- Mejora la salud de los usuarios ya que se hace actividad física (Mueller et al., 2015).
- Facilita la convivencia y la socialización del espacio público (Gehl, 2010).

En la actualidad, la sociedad se enfrenta a una serie de desafíos en cuanto al medio ambiente y lograr un futuro sostenible, condiciones como la mala calidad del aire, el cambio climático, estilos de vida pocos saludables, entre otras situaciones afecta cada vez más a la humanidad, requiriendo cambios importantes en la producción energética, producción de alimentos, sistemas urbanos y cambios significativos en la manera de movilizarnos, por lo cual se deben buscar alternativas de movilidad inteligente y

sostenible y que a la vez asegure la accesibilidad a los lugares de trabajo, estudio, recreación, entre otros. (Makarova, 2018).

El desarrollo de dichas alternativas de movilidad en muchas ciudades no es fácil, debido a que el espacio vial existente fue planificado y construido para los vehículos, y dicho espacio cada vez es más disputado por los diferentes actores viales (Gössling, 2016), por lo cual la necesidad del desarrollo de espacio para modos de transporte sostenibles como la bicicleta, crea presión y conflictos con el espacio existente.

Lo anterior se ve reflejado en las ciudades colombianas, en donde la existencia de una gran cantidad de vehículos, andenes angostos, uso de las vías para el estacionamiento y la falta de transporte público eficiente, hace que moverse se vuelva complejo. Profundizar en lo anterior es clave para el desarrollo de buenas prácticas en la movilidad, ya que la movilidad se realiza en la infraestructura vial existente la que no cuenta con las condiciones de seguridad y espacio necesario, por lo cual es importante mejorar dichas condiciones, para poder lograr una movilidad sostenible, dándole prioridad al peatón y a la bicicleta, de manera posterior al servicio público y por último al vehículo particular (Cohen, 2017).

Teniendo en cuenta todo lo anterior, se debe propender por el desarrollo de la infraestructura para una movilidad sostenible, modificando la forma como se planifica desarrolla y opera dicha infraestructura, debido a que como se modifiquen las condiciones actuales de movilidad, se determinarán las condiciones de la población en el futuro, tomando como base el concepto dado por la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, quienes definieron el desarrollo sostenible como: *“el desarrollo que cubre las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para cubrir sus propias necesidades”,* dicho desarrollo se define con indicadores sociales, ambientales, económicos e institucionales (Wu y Wu, 2012).

Colmenares (2007) explica que las tendencias mundiales para atacar los problemas de movilidad que se presentan en la actualidad, se realizan en tres frentes, correspondientes a la equidad social, el equilibrio del medio ambiente y el valor económico, por lo anterior en Latinoamérica se ha adelantado en los últimos años la reestructuración del espacio urbano, el control del uso del vehículo particular y la implementación de sistemas de transporte troncales (Quintero, 2015).

De lo anterior nacen los Planes de Movilidad Urbana Sostenible (PMUS), los cuales contienen un análisis de la situación actual, diagnóstico, definición de objetivos, definición

de escenarios futuros de movilidad esperados, propuesta de acciones, definición de medidas y programas de actuación.

Las estrategias principales de dichos planes (González, 2011), son las siguientes:

- Reducir la necesidad de transporte, mejorar las condiciones de planificación urbana, reducir emisiones, reducir el transporte motorizado.
- Potenciar el cambio modal: buscar el uso de transporte alternativo diferente al vehículo particular.
- Desarrollo de sistemas de transporte limpios, vehículos con bajas emisiones y con uso de combustible alternativo.
- Mejorar la eficiencia del transporte, reduciendo impactos ambientales, control de flujos vehiculares, organización y gestión del tráfico.

En Colombia se promulgó la Ley 1083 de 2006 *"Por medio de la cual se establecen normas sobre planeación urbana sostenible y se dictan otras disposiciones"* norma que tiene como fin dar prelación a la movilización en modos alternativos de transporte como desplazamientos peatonales, en bicicleta o en otros medios no contaminantes, así como de transporte público, por lo cual se define que los municipios que deban adoptar Planes de Ordenamiento Territorial, deberán de igual manera adoptar Planes de Movilidad, con los siguientes parámetros:

- Identificar los componentes relacionados con la movilidad, que hagan parte del Plan de Ordenamiento Territorial, tales como sistemas de transporte público, la estructura vial, red de ciclorutas, redes de circulación peatonal y oros modos alternativos de transporte.
- Diseñar una red peatonal y de ciclorutas que complementen el sistema de transporte, articulando zonas de producción, equipamentos urbanos, zonas de recreación y zonas residenciales propuestas en el Plan de Ordenamiento Territorial.
- Reorganizar las rutas de transporte público, con el fin de incrementar la movilidad y bajar los niveles de contaminación.
- Crear zonas sin tráfico vehicular, a las cuales podrán acceder quienes se desplacen a pie en bicicleta u otros medios no contaminantes.
- Crear zonas de emisiones bajas.
- Incorporar un Plan Maestro de Parqueaderos, como herramienta para fomentar desplazamientos en modos alternativos de transporte.

Teniendo en cuenta lo anterior y debido a que el presente trabajo de grado busca generar un modelo de gestión de la infraestructura vial de transporte en bicicleta, para el municipio de Soacha, se parte del concepto de ciudad ciclo-inclusiva (Guía de ciclo-infraestructura

para ciudades colombianas, 2016) que corresponde a aquella en la que se puede hacer uso de la bicicleta de manera segura y cómoda para todos los desplazamientos, siendo la bicicleta una manera común de transporte de todos los ciudadanos, independiente de su edad, género, tipo de uso (trabajo o recreación) y en cualquier época del año.

Las condiciones de movilidad del ciclista, se ve condicionada por diferentes componentes (Ministerio de Transporte, 2016), así:

- Geográficos (Pendiente, clima, cursos fluviales).
- Urbanísticos (distancia a recorrer, tipologías urbanísticas).
- Ambientales (Calidad del aire y del ruido, atractivo del paisaje urbano).
- De infraestructura vial (características de las vías).
- Servicios de transporte público (rasgos de las redes de transporte público).
- Seguridad ciudadana (riesgo del espacio público).
- Seguridad vial (riesgo en la circulación).
- Culturales.
- Económicos y fiscales.

Para contar con ciudades ciclo-inclusivas el Ministerio de Transporte (2016), define cuatro componentes principales:

- Infraestructura y servicios (Leyes, Ordenanzas, Planes urbanos): Enfocado en las características físicas de la red vial, facilitando un espacio seguro y conveniente para el usuario, tanto en los espacios para la circulación, así como en otros espacios como los de parqueo.
- Participación ciudadana (información, participación, estrategias de promoción): interacción e intercambio de información entre los usuarios, no usuarios, instituciones y demás actores claves, para promover el uso de la bicicleta como una opción de transporte cotidiano.
- Aspectos normativos y regulación (Políticas, regulación, guías de diseño): Que regulen la bicicleta como medio de transporte urbano.
- Operación (gestión, control y operación intermodalidad): Uso de la bicicleta.

A nivel general y teniendo en cuenta la actual crisis que se está presentando debido a la pandemia (COVID-19) y teniendo en cuenta que se debe garantizar el distanciamiento social, la planificación del transporte se debe replantear y se debe garantizar un transporte resistente, ecológico, seguro y sostenible (Todt, 2020).

4.2. ESTADO DEL ARTE APLICATIVO – TÉCNICO.

Con el fin de contar con referentes frente al desarrollo de ciclo infraestructura, se hizo un análisis del desarrollo de dicha infraestructura en el contexto nacional e internacional y por otra parte se verificaron ejemplos de procesos de gestión de infraestructura vial.

4.2.1. Desarrollo de infraestructura para movilidad en bicicleta - Referentes Internacionales

Para el desarrollo de este ítem a nivel internacional, se analizaron dos casos uno a nivel de Europa (Valencia – España) y otro a nivel de Latinoamérica (Rosario – Argentina).

Estrategia de Ciclo-Infraestructura de la Ciudad de Valencia – España.

De acuerdo con el Plan de Movilidad Urbana Sostenible de la Ciudad de Valencia – 2013 (PMUS) a partir del año 2008 en dicha ciudad, se ha mejorado la oferta de infraestructura para bicicletas con el inicio de la ejecución de ciclocalles adicionales, definición de tramos para uso exclusivo de ciclistas y mejora y ampliación de la red existente, lo que lleva a un aumento de la demanda. Por otra parte, en el año 2010 se implementó el sistema de alquiler de bicicleta pública Valenbisi, lo que ha llevado a la visibilizar a la bicicleta como medio de transporte.

Mencionado plan define como estrategias para promover el uso de la bicicleta las siguientes:

- Infraestructura en donde a julio de 2013 (PMUS) se cuenta con 123 kilómetros de carriles bici (bidireccionales), 31 kilómetros de ciclocalles (unidireccional) y 4,1 kilómetros de itinerarios de ciclistas por zonas peatonales.

  De acuerdo con lo definido en el PMUS, las tipologías óptimas para cada una de las infraestructuras definidas es la siguiente: carril bici a nivel de calzada y segregado del tráfico con elementos físicos, las ciclocalles con calzada destinada al uso preferente de la bicicleta con velocidad máxima de 30 km/hora, compartiendo el espacio con los demás vehículos con medidas de seguridad y se implantan dentro de los barrios y no en vías principales y le dan continuidad a la red de carriles bici.

- Estacionamiento: Se define como estrategia para la promoción del uso de la bicicleta la disponibilidad de estacionamientos tanto en el origen como en el destino, en valencia existen 793 puntos de estacionamiento (PMUS).
- Bicicleta en el transporte público: En la ciudad de Valencia se definen diferentes pautas para subir la bicicleta en el transporte público, dependiendo del tipo de transporte público, horarios y días de la semana.
- Ámbito metropolitano: La red de la ciudad de Valencia tiene conexión con la red metropolitana.
- Sistemas de bicicleta pública: dicho sistema se instauró en la ciudad de Valencia en el año 2010 como un sistema de alquiler de bicicletas públicas denominado Valenbisi con 275 estaciones, 5.500 puntos de anclaje y 2.750 bicicletas, el sistema opera a través de una tarjeta magnética que al ser leída libera el anclaje

de la bicicleta. La bicicleta que se ofrece en el sistema pesa 20 kg, con una cesta en la parte delantera, con un sillín regulable y cambio de velocidades.

A partir de lo anterior, que correspondería en términos generales al diagnóstico de la situación del uso de la bicicleta en la ciudad de Valencia (escenario en 2010), el PMUS planteó dos líneas estratégicas con cuatro programas para fomentar el uso de la bicicleta, partiendo del establecimiento de una política que considera la bicicleta como un componente fundamental del transporte urbano.

De las estrategias planteadas, se desprende la propuesta de cuatro programas para el fomento del uso de la bicicleta, que se pueden observar en la Tabla 1.

Tabla 1. Estrategia PMUS Valencia - España

ESTRATEGIA	PROGRAMA
Asegurar una infraestructura ciclística adecuada (manteniendo, mejorando y consolidando la red existente) **Con actividades de señalización horizontal y vertical apropiada, mejoramiento del pavimento, mejoramiento del diseño en algunos sectores adaptándolos criterios actualizados (eliminación de puntos de conflicto con el peatón, simplificación de la red, gestión de semáforos, etc.).** **Por otro lado, se define la consolidación de la red con el fin de mejorar cobertura, garantizando la conectividad.**	Continuación desarrollo de la red existente: Ejecución de carriles bici y ciclocalles planificados, dar continuidad a una realidad ya consolidada en Valencia que está relacionada con que, a mayor oferta de infraestructura, se presenta mayor demanda en el uso de esta. Propuestas: Construcción de nuevos carriles bici, implantación de ciclocarriles en vías definidas, extensión de la red ciclista en las zonas de expansión de Valencia.
	Mantenimiento y mejora de la red existente: señalización y mejora del pavimento y mejora en el diseño de ciertos puntos. Propuestas: Eliminación de zonas ineficientes en el trazado de la red actual, desarrollo de un programa de mantenimiento de la ciclo-infraestructura existente, posibilidad de circulación en doble sentido en algunos puntos.
	Favorecer intermodalidad con la bicicleta: Favorecer el parqueo de bicicletas en los puntos de intercambio modal (intermodalidad bici-transporte público) Propuestas: Ampliación de estacionamiento para bicicletas, instalación de parqueaderos en las principales paradas del transporte público, fomento de puntos de estacionamiento en áreas privadas.
Facilitar y normalizar el uso de la bicicleta como un modo de transporte cotidiano y	Actuaciones contra el robo de bicicletas: Acciones encaminadas a impedir o disuadir el

ESTRATEGIA	PROGRAMA
habitual: Lo que se plantea conseguir no solo con una adecuada infraestructura; sino con estrategias que permita disminuir el hurto de bicicletas.	robo y adecuada identificación de los propietarios de las bicicletas. Propuestas: Modificación de normativa existente, registro de bicicletas, publicación de bicicletas recuperadas, uso de bicicletas recuperadas.

Fuente: Elaboración propia con base en el PMUS de la ciudad de Valencia - España

De acuerdo con el estudio de la red de itinerarios no motorizados de la comunidad de Valencia (2020), en la ciudad de Valencia se cuenta con 417,4 km de ciclo-rutas desarrolladas en ciclo-peatonales y carril bus-bici y se mantiene activo el programa de valenbisi. Recientemente del 13 al 15 de mayo de 2022, como estrategia para incentivar el uso de la bicicleta, se llevó a cabo la fiesta de la bicicleta, en donde se desarrollaron actividades y juegos alrededor de la bicicleta, así como conciertos, lo anterior permite inferir que en dicha ciudad la estrategia para incentivar el uso de la bicicleta se ha mantenido desde su formulación en el año 2013.

Estrategia para la movilidad sostenible (uso de la bicicleta) en la ciudad de Rosario-Argentina.

Rosario es una ciudad pionera en el desarrollo de infraestructura para transporte sostenible (no motorizado) (BID-2017), con una estrategia que se ha venido fortaleciendo desde 1987, con la construcción de pilotos de carriles exclusivos para bicicletas (a nivel de calzada). Al año 2017 Rosario contaba con 103 km de carriles exclusivos para bicicletas en 406 cuadras.

En el Plan de Integral de Movilidad para la ciudad de Rosario (2011) se definió como una estrategia desarrollar un plan masivo de estacionamiento de bicicletas, generando accesibilidad y seguridad, de igual manera a través de normativa se estableció que los establecimientos privados con capacidad de más de 30 vehículos deben ofrecer el servicio gratuito de bicicletas.

Uno de los objetivos del Plan de Integral de movilidad de la ciudad (PIM) es el de desarrollo del transporte no motorizado, a través del favorecimiento de la bicicleta como medio de transporte, a través de la promoción del uso y manteniendo una adecuada infraestructura.

La distribución espacial de la red de ciclorutas en la ciudad de Rosario se da en la zona sur de la ciudad.

Las estrategias planteadas en el plan incluyen condiciones de accesibilidad e inclusión, teniendo en cuenta las barreras arquitectónicas existentes en la ciudad, que no permiten

la movilidad de manera autónoma, estas falencias, se plantea que se vayan mejorando progresivamente, mediante tres ejes principales:

- Generación de circuitos accesibles entre puntos estratégicos: Mejorar las condiciones de conectividad para transporte no motorizado.
- Plan de obras dando solución a la problemática de accesibilidad.
- Proyectos de rampas.

Teniendo en cuenta que el PIM tiene como premisa fundamental la promoción del transporte no motorizado, este busca con el mismo, generar en la comunidad conciencia de que la movilidad se puede realizar a través de otros medios y promover la intermodalidad (incluyendo modos no motorizados), por lo cual se establece entre otros planes los siguientes:

Plan de ciclorutas: Tiene como objeto incrementar la cantidad de kilómetros, mejorar la infraestructura existente formando una red. El plan define la proyección del desarrollo de ciclovías a distintos plazos, en función de las características geométricas de las vías, de la demanda, de la intermodalidad, de las condiciones financieras.

Estacionamiento para bicicletas: Define el incremento de la calidad y cantidad de estacionamientos, garantizando el cumplimiento de la normativa frente a que los estacionamientos particulares con más de 30 vehículos de capacidad deben garantizar el parqueo gratuito de bicicletas.

Campañas de promoción del uso de la bicicleta y de formación a ciclistas: Las campañas buscan que la comunidad reconozca el uso de la bicicleta como un medio de transporte alternativo, para determinados tipos de viaje, la campaña se plantea para que sea dirigida a diferentes segmentos de la sociedad. De igual manera la campaña busca incentivar el uso de la bicicleta de manera segura, elaborando un manual de buen uso de la bicicleta.

Día de la bicicleta: Como estrategia de campaña, el plan establece la definición de un día al mes para que en una vía principal se restrinja el uso por parte de vehículos motorizados para el uso exclusivo de la bicicleta, variando mes a mes la vía a escoger.

Sistema de Transporte Público de Bicicletas (URBICI Rosario): Consiste en la instalación de una red de estaciones de alquiler de bicicletas por un tiempo determinado, pudiendo ser entregada en cualquiera de las redes de estaciones, el uso de las bicicletas se haría para trayectos cortos que sean complementados con el servicio público de transporte o con fines recreativos y/o turísticos. Con el fin de garantizar la integralidad, el usuario deberá contar con una tarjeta inteligente que liberará o bloqueará las bicicletas en los diferentes puntos del sistema.

Bicicletas comunitarias universitarias: Consiste en entregar bicicletas a los alumnos, docentes y personal administrativo, por parte de las universidades, con el pago mensual de un recurso que le permite asociarse para usar el sistema. El sistema incentiva el uso por jóvenes que no cuentan con medios de transporte adecuados.

Bicicleteros públicos: Se busca aumentar la cantidad de bicicleteros públicos en zonas de alta demanda y que garanticen condiciones de seguridad.

Ciclovías y unificación de calzadas en el área central: La zona central de la ciudad cuenta con una alta concurrencia de ciudadanos y usos del suelo variado, por lo cual en la zona se presentan problemas de accesibilidad, teniendo en cuenta lo anterior se busca que la bicicleta se convierta en un medio de transporte ideal para acceder a la zona céntrica de la ciudad, generando espacios públicos de calidad con la unificación de calzadas que faciliten la movilidad no motorizada.

Mantenimiento y control de ciclovías: El plan establece que se debe contar con una adecuada administración pública, que garantice el mantenimiento de la infraestructura existente y que controle que el uso de esta sea el adecuado (no permitir la utilización por vehículos motorizados).

De acuerdo con la información relacionada en la página web[4], en la actualidad (2022), la ciudad de Rosario – Argentina, cuenta con 196 km de ciclo infraestructura de uso exclusivo para bicicletas, incluyendo las ciclovías adoptadas de manera temporal para garantizar el distanciamiento social necesario como medida de mitigación frente al COVID-19.

El desarrollo de la ciclo infraestructura en dicha ciudad se da en dos tipologías, así: ciclovías con carriles exclusivos para bicicletas, debidamente señalizados y bicisendas, que corresponden a infraestructura construida por fuera de la calzada de uso vehicular.

Estrategia de movilidad en bicicleta de la Ciudad de México

Esta estrategia fue planteada para la ciudad de México en el 2010 y tiene como objetivo hacer de la bicicleta una alternativa de transporte viable y segura, en el marco de un programa ambiental que busca que dicha ciudad sea sustentable.

Como meta, para la fecha en la que se planeta la estrategia, se tenía el incrementar los viajes en bicicleta, del 1% al 5%, lo que se traduce en un incremento de 100.000 viajes/día a 500.000 viajes/día. Para el 2015 en la ciudad de México, se realizaban 433.981 viajes en bicicleta, BID (2015) y se tiene como último dato reportado que para el 2017 se adelantaban 720.000 viajes en bicicleta en la Ciudad de México, Ladín (2018).

Para el desarrollo de la estrategia, como primera medida se realizó un diagnóstico de movilidad, realizando medición de viajes, caracterizando las conductas, como línea base para la planeación y ejecución de la estrategia, posteriormente se adelantó un análisis de las condiciones físicas y geográficas de la ciudad, determinación del contexto urbano y social, así como la caracterización de los diferentes tipos de viajes que realizaban los ciudadanos (locales, intermodales y largos), lo anterior con el fin de establecer las diferentes necesidades de infraestructura para los biciusuarios.

[4] https://www.rosario.gob.ar/

Teniendo en cuenta la información recopilada, plantearon las siguientes soluciones:

- Para viajes locales, desarrollo de proyectos de zonas y corredores de tránsito calmado, que permitan la convivencia entre vehículos, bicicletas y peatones.
- Para los viajes intermodales, la creación de rutas e intersecciones seguras que permitan hacer las conexiones e instalación de parqueaderos para bicicletas en el interior o en el ingreso de la infraestructura existente del otro modo de transporte.
- Puesta en marcha de sistema de bicicletas públicas (ECOBICI), con el fin de fomentar los viajes a mayor distancia.
- Creación de una red de ciclo infraestructura, por rutas que atiendan la demanda de los usuarios, dicha red se refuerza con mobiliario y servicios para los usuarios (estacionamientos en vía pública y en sitios de interés).

Para el desarrollo de lo anterior, la estrategia planteada, definió los siguientes ejes:

- Primer eje: Crear una red de ciclo infraestructura conectadas entre sí y con zonas de tránsito calmado para uso de movilidad y recreación.
- Segundo eje: Integración de la bicicleta con el transporte masivo.
- Tercer eje rector: Instrumentar programas de acceso a bicicletas.
- Cuarto eje rector: Crear una cultura del uso de la bicicleta.

Al año 2020, con la aplicación de la estrategia antes relacionada, la ciudad de México contaba con 259 Km de ciclo infraestructura, siendo 130 km ciclovías confinadas, Ramos (2020).

Según medios locales de la ciudad de México[5], debido al confinamiento ocasionado por la emergencia sanitaria, desde el inicio de la contingencia se han aumentado en un 221% el número de viajes en bicicleta en dicha ciudad y en junio de 2020, en cumplimiento a estrategias para prevenir el COVID-19 la ciudad ha implementado 54 kilómetros de ciclovías emergentes.

Río, la capital urbana de la movilidad en bicicleta

En el 2009, se formuló esta estrategia para la ciudad de Río de Janeiro en Brasil, para el año 2015, esta ciudad contaba con cerca de 546.000 viajes diarios en bicicleta, que representaba el 2,4% del total de viajes, la zona de mayor atracción de viajes en bicicletas es el noroeste, en donde se ubican los habitantes de bajos ingresos que hacen uso de la bicicleta por necesidad, BID (2015).

[5] https://elpais.com/mexico/sociedad/2021-01-26/el-camino-cuesta-arriba-de-la-bicicleta-en-tiempos-de-pandemia-en-ciudad-de-mexico.html

Para el año 2015 (BID, 2015), dicha ciudad contaba con 389 km de red ciclo infraestructura, estando concentrado el 62% de dicha infraestructura en la zona este de la ciudad, debido a la concentración de playas y zonas turísticas.

El proyecto para desarrollo de ciclo infraestructura para la ciudad de Rio de Janeiro, comprende: ciclovías, bicisendas, alamedas, bicicletarios, señalización adecuada, generación de una adecuada reglamentación y desarrollo de campañas educativas, Corporación Fondo de Prevención vial (2010).

La implantación de la ciclo infraestructura se ha programado y desarrollado, junto con los ejes principales de circulación, con el fin de que se facilite la conexión entre los centros de los barrios y las vías en donde se encuentran los medios de transporte masivos (trenes, transbordadores y metro.)

4.2.2. Desarrollo de infraestructura vial para movilidad en bicicleta - Referentes Nacionales

Para este análisis se tomaron de referencia dos ciudades colombianas, una con una población similar a la del municipio de Soacha (Bucaramanga - Santander) y otra con una población del doble del municipio (Cali – Valle del Cauca), lo anterior con el fin de contar con referentes de las estrategias que se plantearon por dichas entidades para el desarrollo de infraestructura para el transporte sostenible, así:

Bucaramanga "La bicicleta como medio de transporte: Estrategia 2019-2030 para Bucaramanga y su área metropolitana"

La estrategia definida en el año 2019 para la ciudad de Bucaramanga fue construida a partir de las siguientes herramientas principales:

- Revisión documental y diagnóstico de ciclo inclusión; de dicha revisión se pudo concluir que los factores de éxito relevantes son: Definir principios, metas y acciones concretas, incluir recomendaciones puntuales para la implementación, ser el resultado de un proceso participativo.
- Participación de la ciudadanía en talleres y entrevistas, con el fin de recoger insumos y la percepción de los actores locales frente a la visión de estrategia y lo que esperan para la ciudad en cuanto a ciclo-infraestructura.
- Sondeos: Con el fin de dar a conocer a la ciudadanía el proceso de formulación de la estrategia y que manifestaran su punto de vista.
- APP Biko: Con el fin de identificar por donde se movían los ciclistas actuales se apoyaron en una aplicación denominada Biko, que monitorea los trayectos de las personas que se movilizan en bicicleta, la recolección de los datos se realizó a través de un concurso. Al final se obtuvo un mapa de calor en el cual se identificaba la necesidad de uso de la bicicleta.

La estrategia final diseñada, tiene como objetivo *"*Mejorar las condiciones para que la bicicleta se pueda usar de manera segura y equitativa, al mismo tiempo que se mejoren las condiciones urbanas para toda la comunidad de los municipios de Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta*"* y se encuentra estructurada a partir de los siguientes dos elementos: principios y componentes (indicadores y metas.)

En los principios se definieron las guías conceptuales para orientar y determinar la planificación y toma de decisiones, en los componentes se definieron los indicadores y metas, en los indicadores aspectos que son susceptibles de medición, bien sea de manera cuantitativa o cualitativa, con el fin de conocer el avance de las metas; en las metas se definieron objetivos a corto (2019), mediano (2025) y largo plazo (2030) que llevaran al cumplimiento del objetivo general de la estrategia.

En términos generales en la estrategia se definieron cinco principios, así:

- Gobernanza: Se definió la necesidad de tener una política ciclo-inclusiva y se encuentra relacionada con las instituciones y los organismos administrativos que tendrán como función el desarrollo e implementación de las políticas definidas.
- Participación y equidad: Se definió como la necesidad de participación y promoción de las políticas y la equidad, busca que existan condiciones adecuadas para que cualquier persona pueda acceder a la bicicleta y al uso de la infraestructura (ciclo-inclusión).
- Integración con servicios: Se busca que la bicicleta contribuya a la integración del transporte desde dos puntos de vista, la integración física y operacional con los servicios de transporte masivo y los demás medios de transporte públicos, y en los aspectos funcionales de la ciudad (estructura ecológica y actores del sector privado).
- Seguridad en el uso: Se busca que la ciclo infraestructura existente garantice condiciones adecuadas para su uso (condiciones óptimas en seguridad ciudadana y vial).
- Ciclo-inclusión: Busca promover espacios y facilidades (operacionales y físicas) para que las personas puedan hacer uso de la bicicleta y se sientan atraídas a hacerlo, independientemente de la condición física, edad o género.

A Cada uno de los anteriores principios se les definieron metas e indicadores.

Finalmente se define la propuesta de una red de ciclo – infraestructura a implementar, estableciendo corredores sugeridos, metas propuestas y los retos para tres horizontes de tiempo (2019, 2025 y 2030).

En el año 2019 la ciudad de Bucaramanga mediante licitación adelantó la contratación de 17,4 km de red de ciclo-infraestructura que completa la meta de los 20 Km definidos a corto plazo (2020) de desarrollo de dicha infraestructura (www.bucaramanga.gov.co).

Plan maestro de ciclorutas del municipio de Santiago de Cali.

En el 2004 se formuló dicho plan en el que se definieron las políticas, planes, programas y proyectos que establecen las directrices a seguir en quince (15) años, con el objetivo final de consolidar el uso de la bicicleta como alternativa de transporte.

La metodología usada para la formulación del plan maestro fue la siguiente: 1. Se hicieron análisis acerca de la movilidad en ciudades principales, para sustentar la necesidad del estudio. 2. Análisis de la situación frente al uso de la bicicleta. 3. Selección de una red básica de ciclo infraestructura, jerarquizándola y priorizándola. 4. Formulación de programas y proyectos hasta las fases de ejecución, definiendo las condiciones administrativas y financieras y los indicadores y 5. Definición de la estructura administrativa, de educación y participación comunitaria, con el fin de que se cumpla el plan.

El plan propone tres escenarios de intervención a corto, mediano y largo plazo para la ciclo-infraestructura, de acuerdo con su priorización en la red principal, red secundaria y red local o complementaria; de igual manera define prioridades en cuanto a la red ambiental o paisajística.

El objetivo general del plan es el siguiente "Propiciar y garantizar el desarrollo de la bicicleta como modo de transporte por las ventajas ambientales, económicas y de salubridad que la caracterizan, teniendo en cuenta las condiciones topográficas benignas de Santiago de Cali" para alcanzar el objetivo general se definieron 6 objetivos específicos.

En la propuesta de diseño de la ciclo-infraestructura para la ciudad de Cali, se definieron los siguientes elementos: ciclovías, ciclo-carriles y bici-aceras, intersecciones, señalización, secciones transversales, líneas de empalme, sentidos de circulación, puentes sobre ríos y canales, nomenclatura de las vías.

De igual manera el plan se estructuró en doce (12) programas, así: ciclo-rutas principales, ciclo-rutas secundarias, ciclo-rutas locales o complementarias, ciclo-rutas ambientales/paisajísticas, intersecciones, conservación red básica de ciclo-rutas, puentes sobre ríos y/o canales, amoblamiento urbano, estacionamientos, paraderos de buses, administración de la red básica de ciclo-rutas y reglamentación y control, especificando costos para cada una de las intervenciones planteadas y definiendo si su intervención se debía realizar a corto, mediano y largo plazo.

Por otro lado, mediante Resolución No. 4132.010.21-182 del 9 de junio de 2017, la administración de la Ciudad de Cali definió la prelación de la ciclo-infraestructura en la red existente de infraestructura vial, por lo cual adoptó la redistribución de la sección transversal para incluir espacio para la ciclo-infraestructura garantizando la seguridad de los bici-usuarios.

En la actualidad (2022) en cumplimiento a lo establecido en el Plan de Desarrollo Municipal (2020-2023) se han diseñado 110 kilómetros de ciclo infraestructura y 79 tramos de ciclo rutas y la priorización de la inversión se realizará con la participación de colectivos de ciclistas urbanos y ciudadanía en general[6].

Plan integral de modos no motorizados y espacio público, Montería.

Dicho plan fue desarrollado para esa ciudad en el año 2018, con el apoyo del Banco de Desarrollo de América Latina, la Agencia Francesa de Desarrollo y la Unión Europea, dicho plan se encuentra enmarcado en los propósitos de la ciudad de buenas practicas ambientales.

El plan formulado contempló lo siguientes objetivos: (i) Agilizar la movilidad en la ciudad, (ii) Mejorar la seguridad vial, (iii) Reducir la contaminación ambiental, (iv) Fomentar estilos de vida saludable. Y dicho plan se estructura en cuatro componentes, así: (i) Infraestructura, (ii) Coordinación institucional, (iii) Comunicación y (i) Gestión y financiación.

El desarrollo de la propuesta se adelantó con base en las encuestas origen-destino, y se plantearon corredores que conectar de manera directa, segura y confortable las zonas residenciales con los principales destinos del centro de la ciudad y en la zona norte.

En la propuesta se definen dos tipos de ciclorrutas y diferente equipamiento, así:

- Las estructurantes que se encuentran en la red principal, con una red clara y directa entre las zonas residenciales y principales destinos, ciha red se encuentra destinada para los viajes más largos.
- Red complementaria: Esta red se origina en las zonas residenciales y buscan conectarse con la red estructurante, se usan para viajes locales y recreativos.
- Ciclo parqueaderos tipo 1, modelo de parqueadero en U y ciclo parqueaderos tipo 2, que corresponden a parqueaderos con cubierta para varias bicicletas.
- Zonas de servicio al ciclista, con mobiliario urbano para el descanso y reparación de bicicletas.

El programa incluye una propuesta de sistema de bicicletas públicas compartidas, compuesta por 80 estaciones, 825 bicicletas y 1.530 puntos de parqueo, con el ánimo de que se puedan adelantar 8.560 viajes en bicicleta en un día, se propone incluir un subsistema de registro e identificación de usuarios, de control y operación, información que será compartida con los biciusuarios.

La propuesta está diseñada para que sea desarrollada en 4 fases, así:

- Fase 1 (2016 a 2020): 34 km de ciclorrutas, 29 km de andén, 7 km de parques lineales, 23 intersecciones, 10 zonas de servicio y 20 cicloparqueaderos.

[6] https://www.cali.gov.co/

- Fase 2 (2020-2024): 24 kilómetros de ciclorrutas, 24 kilómetros de andenes, 15 kilómetros de parques lineales y construcción de 1 parque.
- Fase 3 (2024 a 2028): 11 km de ciclorrutas, 11 Km de andenes, 7 km de parques lineales y construcción de parque municipal.
- Fase 4 (2028 a 2032); 15 km de ciclorrutas, 15 km de andenes, 15 km de parques lineales y construcción de parques.

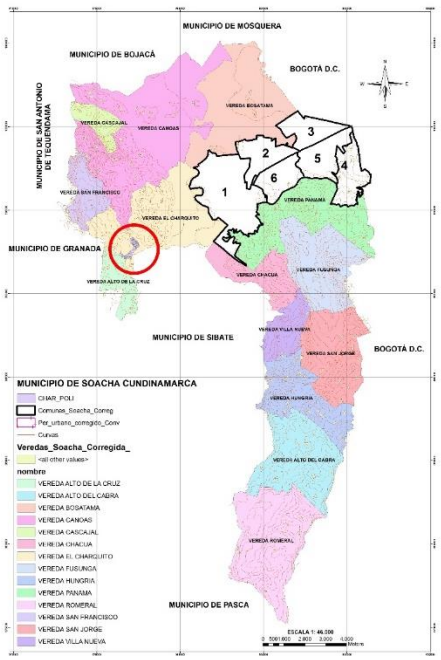
Según Torres (2020), en Montería se hacen el 9% de los viajes en bicicleta y para el 2020 la ciudad contaba con 80Km de ciclo infraestructura construida, el plan integral de la ciudad de Montería, fue premiado como “mejor plan de red de infraestructura ciclo-inclusiva” en el primer concurso de buenas prácticas en ciclo-infraestructura.

5. MARCO GEOGRÁFICO – CASO DE APLICACIÓN: MUNICIPIO DE SOACHA.

De acuerdo con lo extraído de la página web de la alcaldía municipal[7], el municipio de Soacha es el municipio con la mayor población de la Cuenca hidrográfica a la cual pertenece (cuenca alta del río Bogotá y subcuenca del río Soacha), representa un total de 28,6 % del área total regional, seguido por el Municipio de Zipaquirá con el 10.3 % y Facatativá con el 9.6 %, el clima presenta variaciones en la temperatura promedio entre 11.5ºC (temperatura máxima 23ºC y mínima de 8ºC), con precipitaciones media anuales de 698 mm, los sectores rurales se encuentran en un alto porcentaje en zonas de paramo (páramo del Sumapaz, sector de canoas-el salto, nacimiento del río Soacha) el cual cuenta con nacederos y cuerpos hídricos de protección que son de vital importancia para el municipio, cuenta con una diversidad de ecosistemas en su gran mayoría ya intervenidos por la población, Las altitudes oscilan entre 2.400 m.s.n.m. hasta cerca de los 3.900 ubicados en las zonas del Tequendama, sabana y páramo.

Los límites del municipio son los siguientes, al norte con los municipios de Bojacá y Mosquera, al sur con los municipios de Sibaté, Pasca, al oriente con Bogotá Distrito Capital y al occidente con los municipios de Granada y San Antonio del Tequendama. La extensión total es de 184.45 Km2 dividida entre 19 Km2 urbanos y 165.45 Km2 rurales.

Figura 3. Mapa de localización del municipio de Soacha.



Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial (Acuerdo No. 046 del 2000)

[7] https://www.alcaldiasoacha.gov.co/

6. METODOLOGÍA

Para alcanzar los objetivos planteados se desarrollará un tipo de investigación de tipo cualitativo, teniendo en cuenta que ese tipo de investigación se *"basa más en una lógica y proceso inductivo (explorar y describir, y luego generar perspectivas teóricas)"* Hernández, Fernández y Baptista (2010), de igual manera según Punch (2014) citada por Hernández, Fernández y Baptista (2010) establece que otras de las características de la investigación cualitativa es que *"utiliza la recolección y análisis de los datos para afinar las preguntas de investigación o revelar nuevos interrogantes en el proceso de interpretación",* así como se establece que *"El enfoque cualitativo se selecciona cuando el propósito es examinar la forma en que los individuos perciben y experimentan los fenómenos que lo rodean, profundizando en sus puntos de vista, interpretaciones y significados"*

Teniendo en cuenta lo anterior, se desarrolló una metodología que consta de tres partes, así: recolección y análisis de información referente al tema de estudio, diagnóstico y/o características del caso en aplicación y desarrollo de la propuesta de gestión de la ciclo infraestructura.

6.1. RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN.

Como primera medida se realizó la recolección y revisión de la literatura existente en los dos grandes temas que se abarcan en el presente trabajo, así: sistemas de gestión de infraestructura vial y movilidad sostenible, específicamente en el tema de la movilidad en bicicleta, dicha información recolectada y analizada se enfocó en el ámbito internacional, nacional y en el municipio de Soacha, como caso de estudio.

Con respecto al tema de gestión de la infraestructura vial, en la búsqueda de la información se pudo evidenciar que hay poca información, por lo que el alcance del estudio es de carácter exploratorio el cual se realiza "*cuando el objetivo consiste en examinar un tema poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o no se ha abordado antes*" Hernández, Fernández y Baptista (2010).

6.2. DIAGNÓSTICO Y/O CARACTERIZACIÓN DEL CASO EN APLICACIÓN.

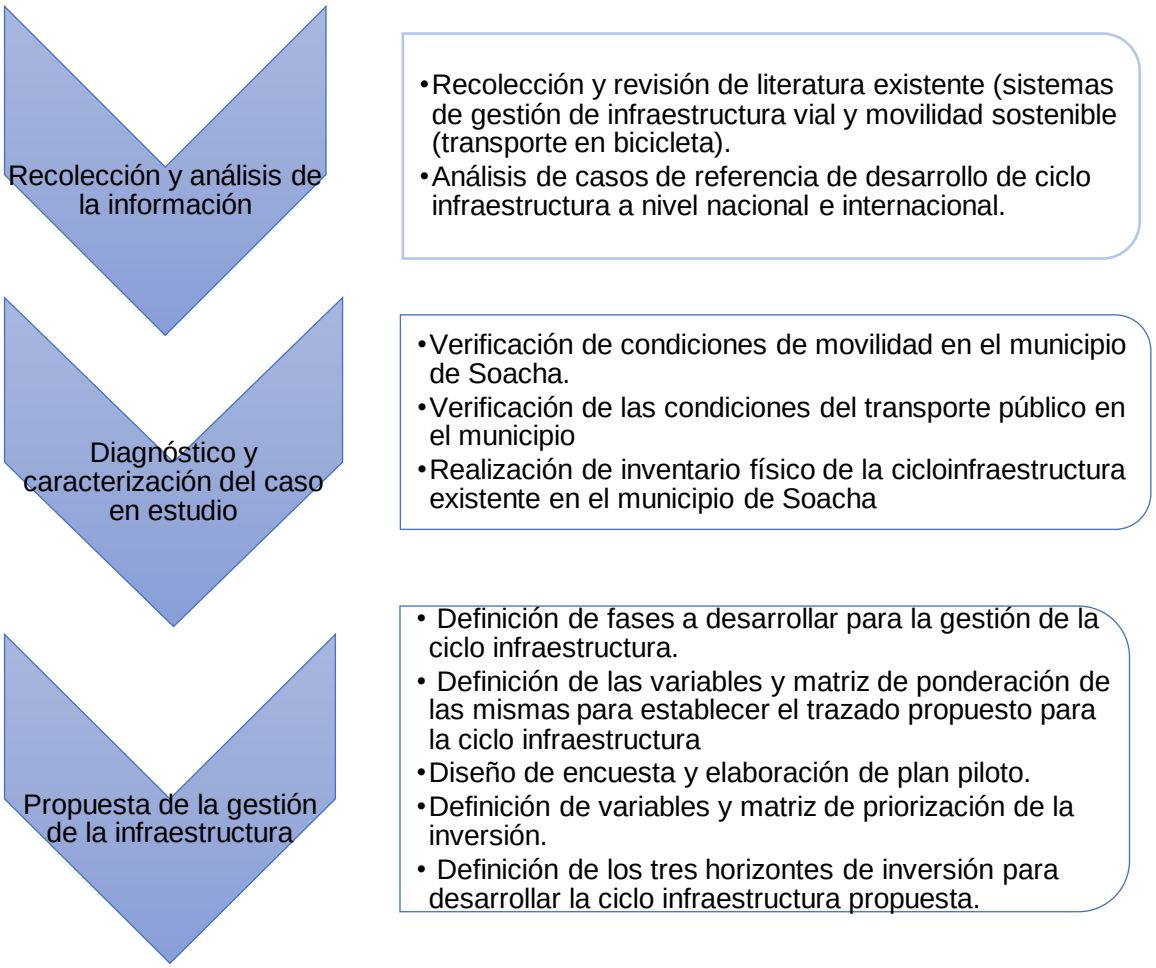
Con el fin de tener el contexto del municipio de Soacha, de manera inicial se hizo un diagnóstico a través de información de la administración municipal, con respecto a las condiciones de movilidad en el municipio, así como las condiciones de transporte público y a partir de la encuesta de movilidad adelantada en el año 2019, algunas características de movilidad en bicicleta para el municipio.

Ya con información primaria (recolectada en el marco del presente trabajo) se adelanta una identificación de la ciclo infraestructura existente en el municipio, analizando la información recolectada.

6.3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE GESTIÓN DE LA CICLO INFRAESTRUCTURA.

Una vez recopilada la anterior información, se procedió a formular la propuesta para la gestión de la ciclo infraestructura, definiendo paso a paso cada una de las actividades que se deben desarrollar en seis etapas, para cada una de las etapas se establece en detalle las actividades y se desarrollan algunas de las etapas (dentro de los objetivos del presente trabajo) al caso en estudio, es así que se diseña una encuesta como propuesta para ser aplicada en el municipio, haciendo una prueba piloto de la misma, se hace el análisis de diferentes variables que se ponderan para definir unos trazados de la ciclo infraestructura propuesta para la municipio y bajo una metodología de priorización de la inversión, se definen los tres horizontes de inversión que se deben adelantar para consolidar la construcción de la ciclo infraestructura propuesta.

Figura 4. Diagrama del flujo metodológico



Fuente: Elaboración propia

7. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

7.1. CARACTERÍSTICAS DEL CASO DE APLICACIÓN – CONDICIONES DE MOVILIDAD.

Con el fin de poder contar con una contextualización de las condiciones de movilidad en el municipio en este numeral, se relacionará la información extraída de la encuesta de movilidad elaborada por el distrito de Bogotá en el año 2019 en la cual se recopiló información de municipios aledaños a la capital, incluyendo Soacha, de igual manera se realzará una relación sucinta de la información entregada por el municipio en cuanto a movilidad y accidentalidad vial.

7.1.1. Caracterización de la movilidad – Encuesta de movilidad de Bogotá 2019.

La Secretaría Distrital de Movilidad de Bogotá ejecutó el contrato 2018-1835 el cual tenía por objeto *"Realizar la Encuesta de Movilidad, que comprende la Encuesta Origen – Destino de Hogares (EODH) y la Encuesta Origen – Destino de Interceptación (EODI) para Bogotá y los municipio vecinos de su área de influencia, y la actualización del modelo de transporte de cuatro etapas del área de estudio"* mediante el cual se adelantaron encuestas, se consolidó la información recopilada y se hizo análisis de la misma, en el marco de dicha labor en el municipio de Soacha se realizaron 1.162 encuestas válidas, de las cuales se extrae la siguiente información:

<u>Características socio económicas.</u>

- Hogares
  El número de hogares identificados para Soacha, según información del DANE, corresponde a 208.751.
  El promedio de personas por hogar es de 3,41.
  El 40% de los hogares encuestados refirieron ingresos mensuales inferiores a los $828.116.
  El 50% de los hogares se encuentran en tipo de vivienda casa y el 42% tipo apartamento.
  Se identifican 660.877 habitantes con 5 años o más.
  La distribución porcentual de la población esta dada por 53% de mujeres y 47% de hombres.
- Vehículos
  En el área total de estudio, se identificó que existen 147,9 vehículos motorizados por cada 1.000 habitantes y se analizó que a medida que aumenta el estrato socioeconómico aumenta la tasa de motorización.
  En el área total de estudio hay 1.878.369 bicicletas, con una tasa de 210.1 bicicletas por cada 1.000 habitantes, siendo los estratos 2 y 3 los que tienen el 71,4% de las bicicletas en el área de estudio.

Caracterización de movilidad

- Numero de viajes
  En un día típico se realiza 1.142.604 viajes en el municipio de Soacha, teniendo en cuenta solo los viajes peatonales mayores a 15 minutos y en otros medios de transporte con duración mayor o igual a 3 minutos.
  La tasa de viajes por hogar en Soacha corresponde a 5,5 y la tasa de viajes por persona corresponde a 1,73.
  A nivel de estrato en la zona de estudio, se encuentra que la cantidad de viajes por persona en transporte público es inversamente proporcional al estrato, en estrato 1 se promedian 0,85 viajes por persona y en estrato 6 0,24.
  En el área de estudio la cantidad de viajes alcanza su mayor registro en el estrato 2 con 0,16 viajes por persona, a partir de ese estrato hay una relación inversa, quedando por fuera de la tendencia los viajes en el estrato 1 con un valor de 0,09 viajes por persona, lo cual según el estudio puede estar relacionado con la localización de dichas viviendas en zona de alta pendiente.
- Tiempo de los viajes
  El tiempo promedio de viaje en minutos para el municipio de Soacha es de 55 minutos, siendo el modo de transporte más usado el Transmilenio (tiempo promedio de viaje de 96,1 minutos), seguido por el transporte intermunicipal (tiempo promedio de viaje de 86,7 minutos) y el menor modo a pie (22,4 minutos). La bicicleta como modo de transporte ocupa el treceavo puesto en los modos de transporte con un tiempo en promedio de viaje de 37,8 minutos.
- Autocontención de los viajes (origen-destino en la misma ciudad).
  Para el municipio de Soacha se identifica que 579.251 viajes, son autocontenidos en el municipio.

Origen y destino de los viajes

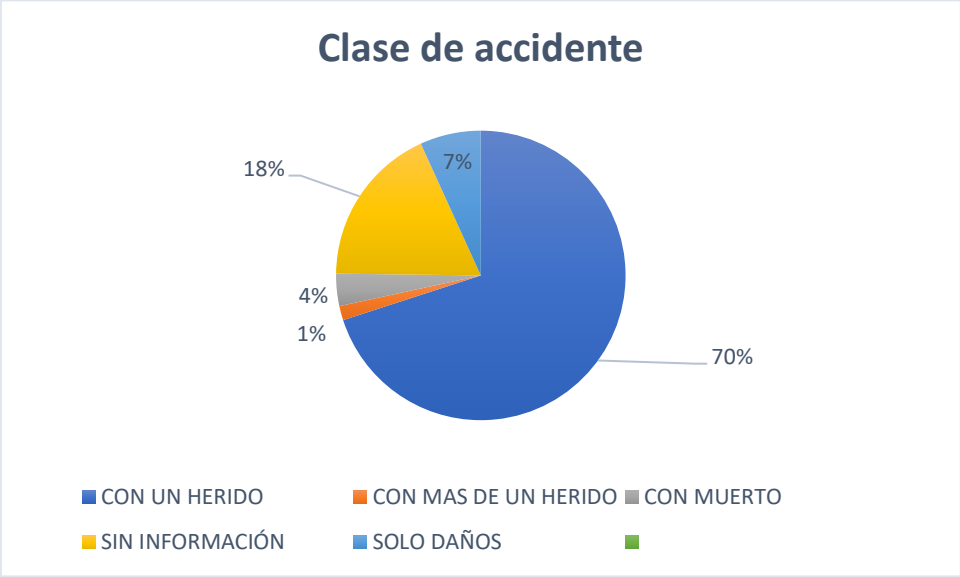
- Viajes en bicicleta
  El 5% de la totalidad de los viajes en bicicleta se generan en Soacha, lo que representa que 41.550 viajes en bicicleta de la zona de estudio se originan en Soacha.
  De igual manera con respecto al destino de los viajes en bicicleta, se encuentra que Soacha presenta una gran concentración de viajes atraídos.

7.1.2. Accidentalidad en biciusuarios en el municipio de Soacha.

Por parte de la Secretaría de movilidad del municipio, se hizo entrega de un cuadro en formato Excel en el que se recopila la información recolectada por el municipio, en cuanto a accidentalidad vial del 6 de noviembre de 2015 al 27 de agosto de 2020, correspondiente a 250 registros, lo que corresponde a aproximadamente 4,27 accidentes por mes en el periodo de recolección de datos.

Con respecto a la clase de accidente, se tiene que el choque es el mas frecuente con un total del 91% de los accidentes reportados, lo que se puede observar en la Figura 5.

Figura 5. Clase de accidentes



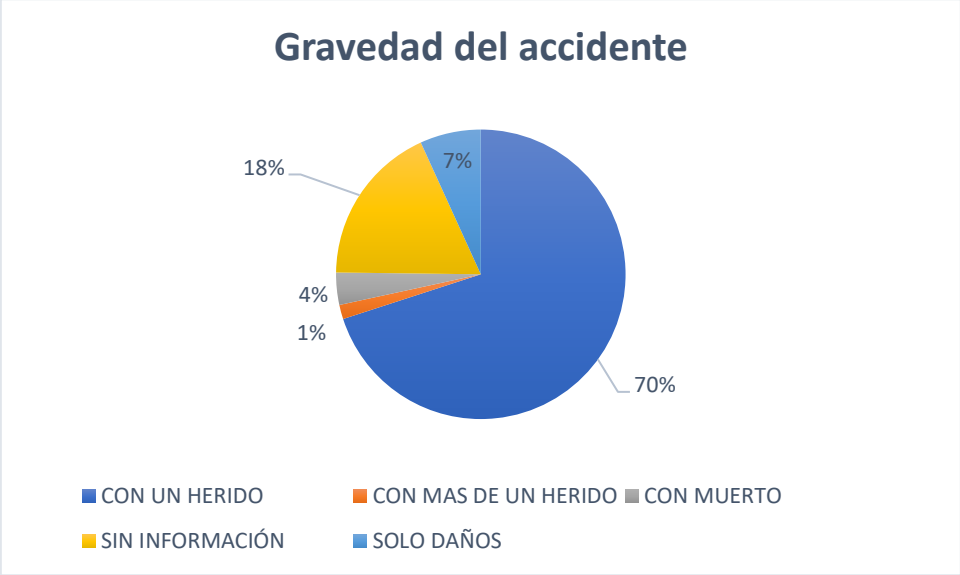
Fuente: Elaboración propia, con base a información estadística en el municipio

Otra de las variables que se encuentran en la información, corresponde a la gravedad del accidente, cuyos resultados se pueden observar en la Figura 6.

En términos generales, se encuentra que la información recopilada por el municipio no cuenta con una adecuada homogeneidad, se lleva en una base de datos en formato Excel, que no tiene ningún tipo de restricción para la introducción de los datos y posible modificación de los mismos.

A pesar de lo anterior es la única fuente de información que se tiene en el municipio, acerca de la accidentalidad vial, como análisis general de la información se tiene que los accidentes viales que involucran biciusuarios en el periodo de recolección de la información, corresponde a un 6,8% de la totalidad de accidentes que se presentan en el municipio.

Figura 6. Gravedad del accidente que involucra biciusuarios en Soacha



Fuente: Elaboración propia, con base a información estadística en el municipio

7.1.3. Servicio de transporte público en el municipio de Soacha.

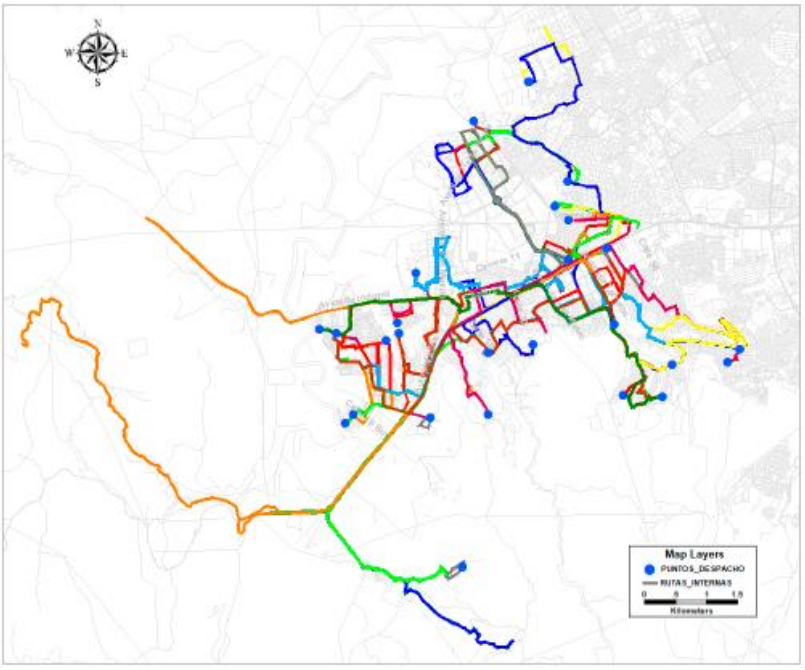
De acuerdo con la información relacionada en el estudio técnico para la restructuración del transporte público colectivo urbano e interurbano que opera al interior del municipio de Soacha, adelantado por la alcaldía municipal en el 2018, se tiene lo siguiente:

Rutas internas: Para estas rutas se identificaron 26 puntos de despacho que corresponden a 63 rutas internas de las cuales 4 prestan el servicio hacia las zonas veredales de Chacua, Charquito, Villanueva y Boquemonte. En la Figura 7 se pueden observar el recorrido de las rutas internas.

Rutas del convenio Soacha – Bogotá: Para estas rutas se identificaron 13 puntos de despacho que corresponden a 5 rutas, cuyo recorrido se puede observar en la Figura 8.

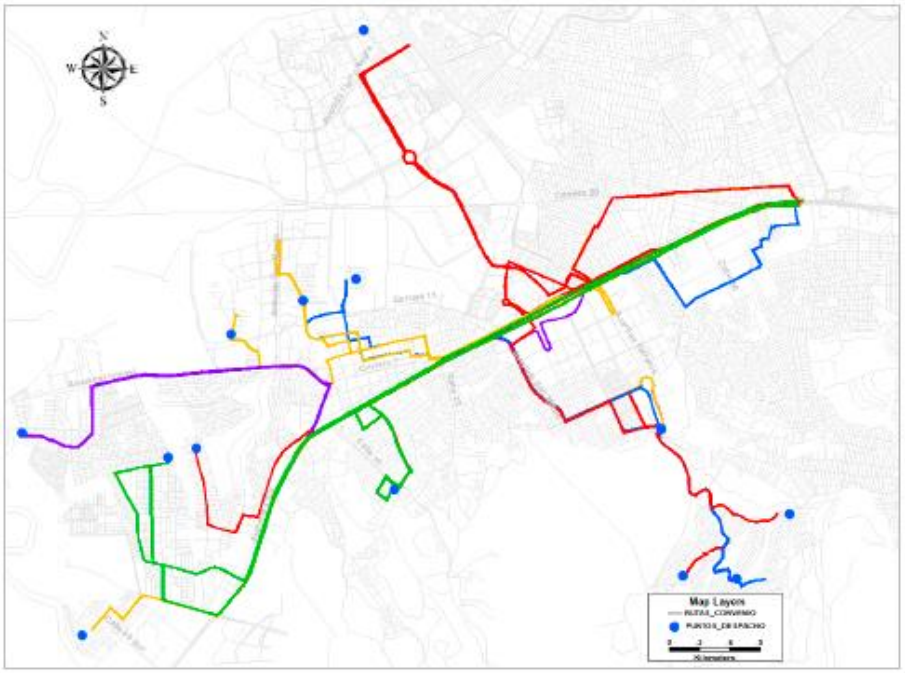
Rutas intermunicipales: Para estas rutas se identificaron 6 puntos de despacho, que corresponden a 4 rutas, cuyo recorrido se puede observar en la Figura 9.

Figura 7. Recorrido de las rutas de servicio público internas en el municipio de Soacha.



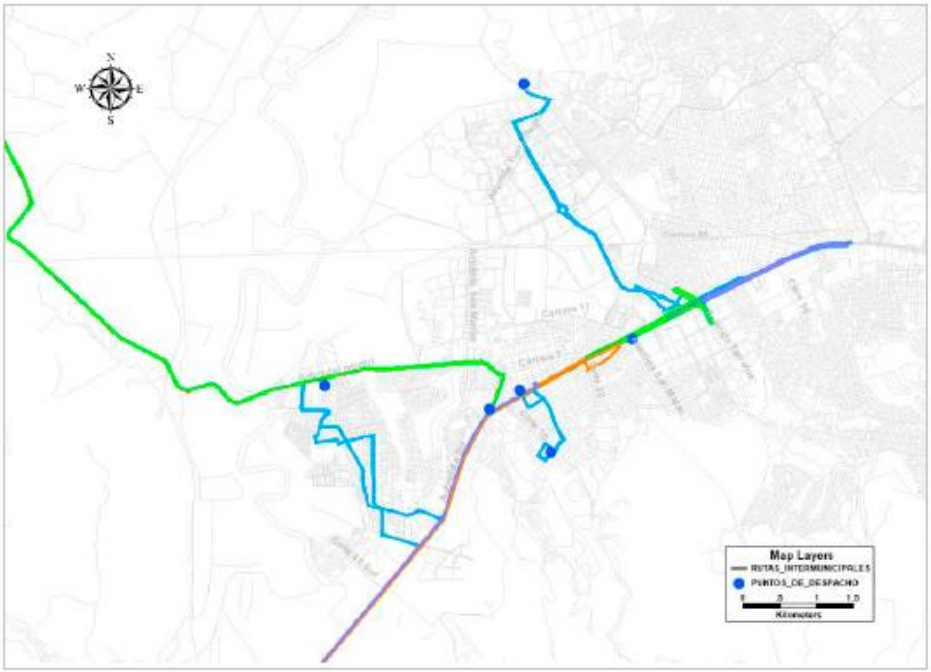
Fuente: Documento Reestructuración Técnica, Legal y Financiera del Transporte Público Colectivo Urbano e Interurbano que opera al interior del Municipio de Soacha (2018)

Figura 8. Recorrido de las rutas de servicio público convenio Bogotá -Soacha.



Fuente: Documento Reestructuración Técnica, Legal y Financiera del Transporte Público Colectivo Urbano e Interurbano que opera al interior del Municipio de Soacha (2018)

Figura 9 Recorrido de las rutas de servicio público intermunicipales.



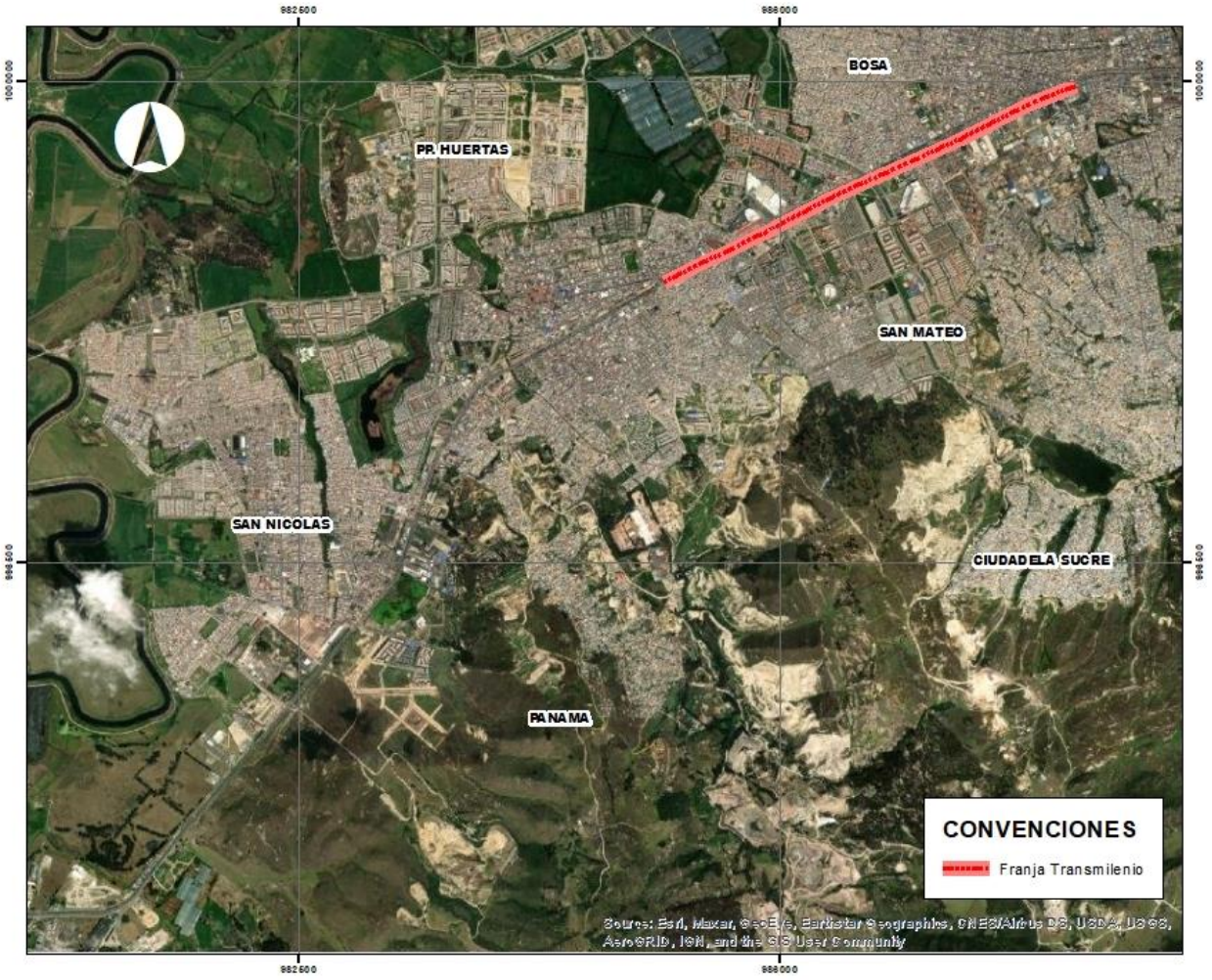
Fuente: Documento Reestructuración Técnica, Legal y Financiera del Transporte Público Colectivo Urbano e Interurbano que opera al interior del Municipio de Soacha (2018)

Es de público reconocimiento que, en el municipio de Soacha, operan varios servicios de transporte ilegal, que cubre zonas que no cuentan con el servicio público legal de transporte; sin embargo, acerca de este fenómeno no se encontró información que pudiera ser objeto de análisis.

Transmilenio:

La operación de Transmilenio en el Municipio de Soacha para la Fase I inició en el año 2013, con un total de 3,6 Km desde los límites entre Bogotá y Soacha hasta la Calle 22 (sobre la autopista sur) transportando 100.000 usuarios diarios y una inversión total de 177.837.994.531 pesos colombianos a fecha 2019, el proyecto de Transmilenio para Soacha, contempla una Fase II con un tramo de 1,3 km desde la Calle 22 hasta 3M - Diagonal 6 y la Fase III en la que se construye patio-garaje en el sector conocido como Maipore, el proyecto incluye 5 estaciones sencillas, 2 estaciones intermedias de integración, siete pasos peatonales a desnivel, cicloruta y la adecuación de zonas de espacio público a lo largo del trayecto, Tarazona (2020).

Figura 10. Trazado actual de Transmilenio



Fuente: Elaboración propia

7.2. DIAGNÓSTICO DE LA CICLO INFRAESTRUCTURA EXISTENTE EN EL MUNICIPIO DE SOACHA

Con el fin de contar con un panorama general de las condiciones actuales de la infraestructura para el transporte sostenible existente en el municipio de Soacha, específicamente para la movilización en bicicleta, de manera inicial se hizo un análisis de la estructura vial municipal existente, con miras a verificar posibles vías en las cuales se puedan plantear corredores de ciclo infraestructura, posteriormente se procedió a la verificación en terreno de la ciclo infraestructura existente y finalmente se hizo un análisis de las políticas municipales para el desarrollo del tipo de infraestructura en análisis.

7.2.1. Estructura Vial Municipal.

El crecimiento de la zona centro de Soacha y el poblamiento rural sumado a la conurbación con el Distrito Capital genera crecimiento en las zonas periurbanas del Municipio pasando de ser un centro poblado de no más de 28.000 habitantes en el año 1973 a más 1’003.000 para el año 2020 (Secretaría de Planeación municipal, 2019). Como producto del crecimiento demográfico y de la conurbación con las localidades de Bosa y Ciudad Bolívar, se genera un eje estructurador denominado Autopista Sur o KR 4 y se proyectan conexiones viales con perfiles Tipo V-0, V-1, V-2 y V-3 (referencia de perfiles en el Plan de Ordenamiento Territorial - Acuerdo No. 046 de 2000) con perfiles de 45 a 100 metros de ancho.

Según el Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Soacha- Acuerdo 46 de diciembre 27 de 2000, el sistema de infraestructura vial del Municipio de Soacha se estructura como se observa en la Tabla 2.

Tabla 2. Sistema vial- POT Soacha

ACUERDO 46 DICIEMBRE 27 DE 2000 CAPITULO III. CONTENIDO ESTRUCTURAL DEL PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL			
SISTEMA VIAL	**PERFIL**		**TRAMO**
Autopista Sur	V-1	60 mts	Bosa – C.C. Unisur
	V-2	45 mts	Unisur - 3M
	V-3	30 mts	3M - En adelante
Avenida Longitudinal de Occidente (ALO)	V-0	100 mts	Margen oriental del Rio Bogotá
Avenida Variante Longitudinal	V-1	60 mts	ALO - Limite con Mosquera
Avenida Ciudad Terreros	V-1	60 mts	ALO - Vía al Llano
Circunvalar Sur	V-2	45 mts	Cota 2600 - Conalvidrios - Av. Terreros
Avenida Ciudad de Cali	V-2	45 mts	Conexión con el Distrito Capital
Avenida San Marón	V-2	45 mts	Indumil - Av. Ciudad de Cali
Avenida Indumil	V-2	45 mts	Mosquera - Autopista Sur
Avenida Conectora Sur	V-3	30 mts	Autopista Sur - Circunvalar Sur

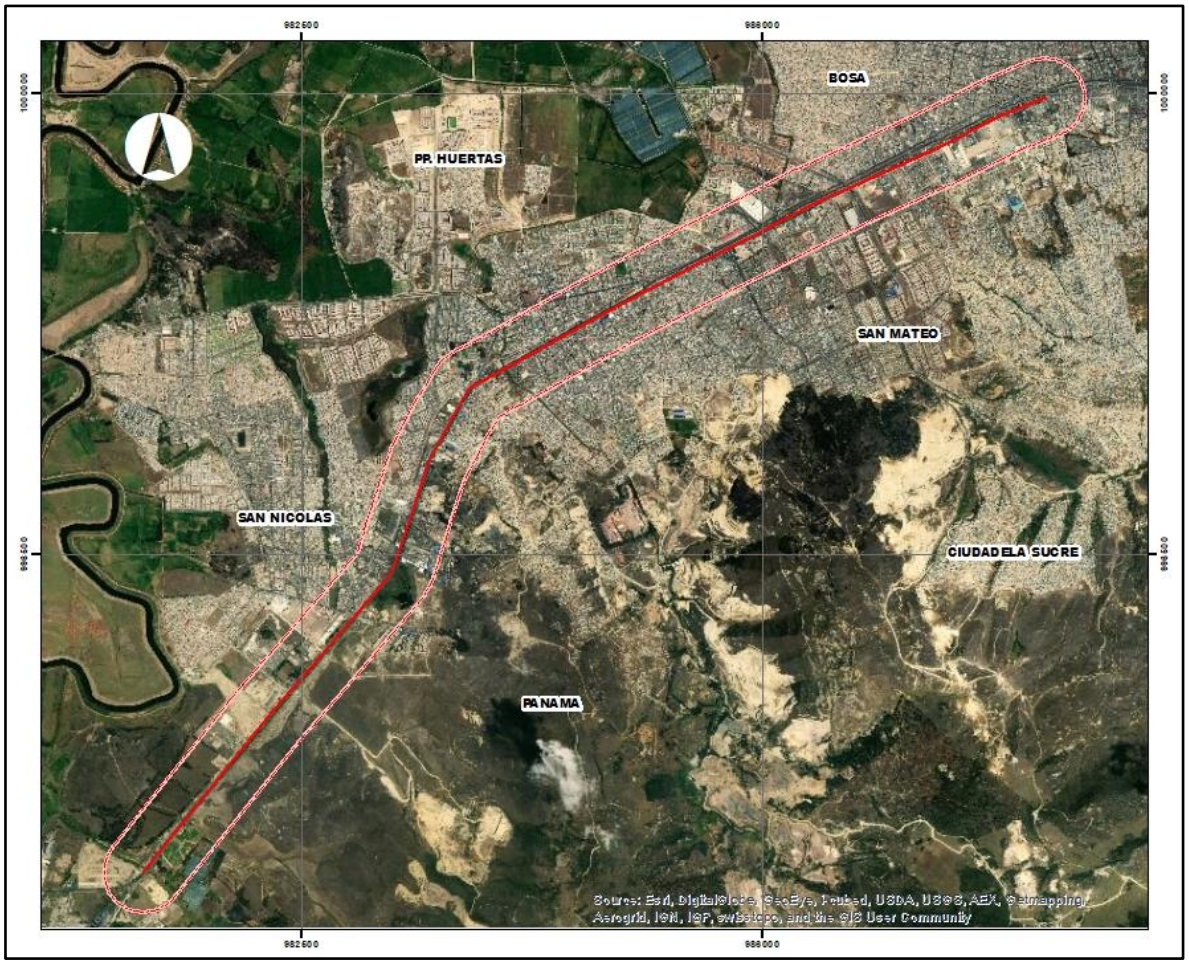
Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial (Acuerdo No. 046 de 2000) - Capítulo II

Actualmente el Municipio cuenta con la Autopista Sur como eje vial estructurante que atraviesa el área urbana de Soacha y Bogotá de Norte a Sur (ver Figura 11), el crecimiento urbanístico municipal se ha desarrollado de manera lineal sobre la autopista, albergando todo tipo de actividades económicas, siendo punto de acceso y conexión entra la región Sur – Occidental de Colombia y el Distrito Capital.

Para el desarrollo de los trazados del Sistema Integrado de Transporte Masivo, se tomó como insumo el documento CONPES 3185 concluyendo que la alternativa optima técnica y financiera es la Autopista Bogotá – Girardot, conforme al documento, las características físicas y operacionales de la actual Autopista Sur tienden a empeorar si se tiene en cuenta el nivel de servicio de la Autopista, que para el año 2002 no superaba el nivel D (35 km/h para automóviles y 14 km/h para vehículos de transporte público) volviéndose más crítico en la zonas de conurbación con Bogotá D.C. alcanzando el nivel F de servicio (15 Km/h para automóviles y 9 Km/h para vehículos de transporte público).

Conforme a lo establecido en el documento CONPES 3404 de diciembre 12 de 2005 denominado “Sistema Integrado del Servicio Público Urbano de Transporte Masivo de Pasajeros del Municipio de Soacha como una Extensión de la Troncal Norte-Quito-Sur del Sistema Transmilenio - Seguimiento” el corredor vial cuenta con una extensión de 5,9 Km de corredor exclusivo, su infraestructura complementaria contempla ciclo parqueaderos con 650 espacios disponibles para los bici usuarios e inicia en el límite de la ciudad de Bogotá sobre la Autopista Sur hasta la actual Calle 22, la extensión de cicloruta se diseñó sobre el separador entre KR 4 y KR 7 y en ciclobanda desde la Av. Terreros hasta el empate con la ciclobanda anterior.

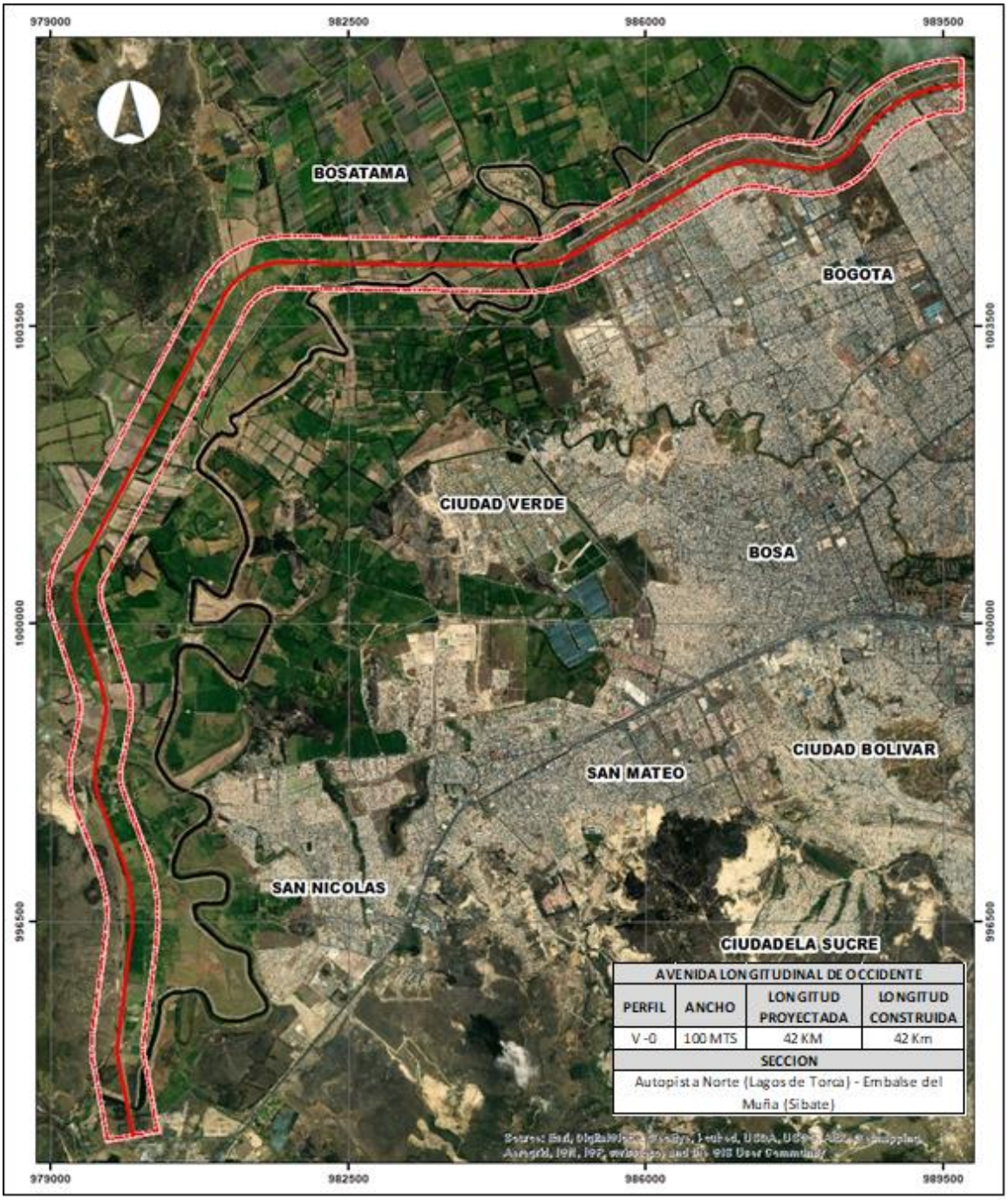
Figura 11. Autopista Sur en la zona urbana del municipio de Soacha



Fuente: Elaboración propia con cartografía municipio de Soacha.

Otra de las vías principales del municipio, es la avenida Longitudinal de Occidente en la que se tiene prevista la construcción de cerca de 24 Km de doble calzada y una alameda de 153 mil metros cuadrados, se tiene proyectada una cicloruta de más de 10 kilómetros y tiene como objetivo atraer el tráfico pesado que atraviesa el Municipio el Soacha por la Autopista Sur y descongestionar la entrada al Distrito Capital, actualmente el tramo que le corresponde a Soacha que va desde el sector de Chusacá bordeando el Rio Bogotá por el occidente hasta el límite con el Distrito se encuentra construido (ver Figura 12); sin embargo aún no se encuentra operativo, por faltar la conexión en jurisdicción del distrito capital.

Figura 12 Proyección avenida longitudinal de Occidente

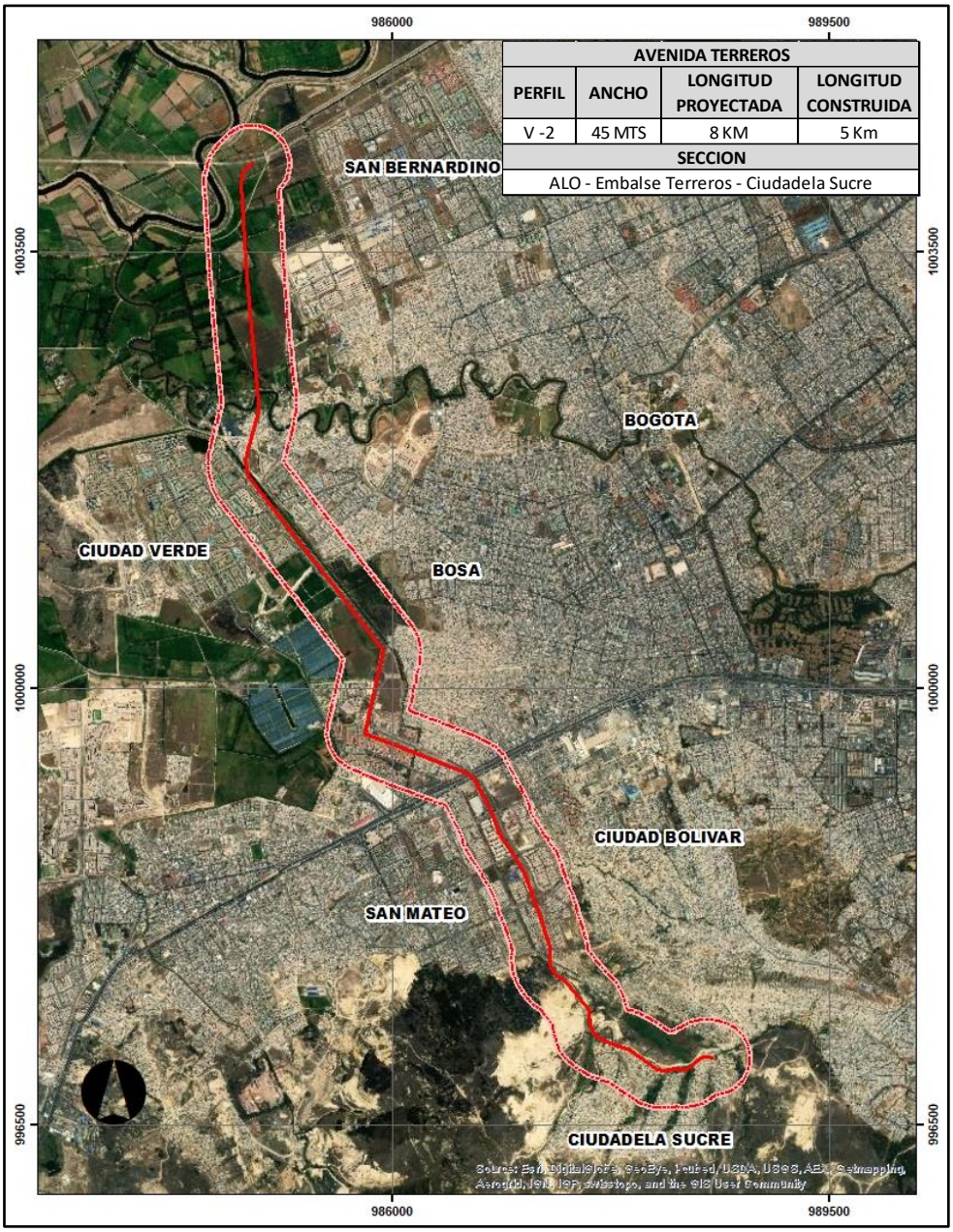


Fuente: Elaboración propia con cartografía municipio de Soacha.

Por otro lado, se tiene la Avenida Ciudad Terreros que contempla ocho (8) kilómetros de vía en dos calzadas de dos carriles y una glorieta de aproximadamente 96 metros de diámetro que va desde el Embalse Terreros en Ciudadela Sucre hasta la futura Avenida

Longitudinal de Occidente – ALO, se incluye un desarrollo de cicloruta por el separador vial, la Avenida Terreros conecta Ciudad verde, la comuna 3 y la Comuna 4 con la Autopista Sur otorgando movilidad hacia el Distrito Capital, actualmente se encuentra construido un poco más del 65% de su extensión, con aproximadamente 1360 metros lineales de cicloruta (ver Figura 13).

Figura 13. Avenida Ciudad Terreros



Fuente: Elaboración propia con cartografía municipio de Soacha.

De acuerdo con el POT del Municipio, la Avenida Indumil (ver Figura 14) tiene un perfil vial de 45 mts con un trayecto de 3.7 Km y conecta el Municipio de Mosquera con la Autopista Sur, se proyecta como una vía regional de doble calzada en doble sentido, a pesar de la importancia para el Municipio la actual avenida Indumil se encuentra en un lamentable estado en paisajismo, estructura del pavimento, porcentaje de construcción,

Figura 14. Avenida Indumil en jurisdicción del municipio de Soacha

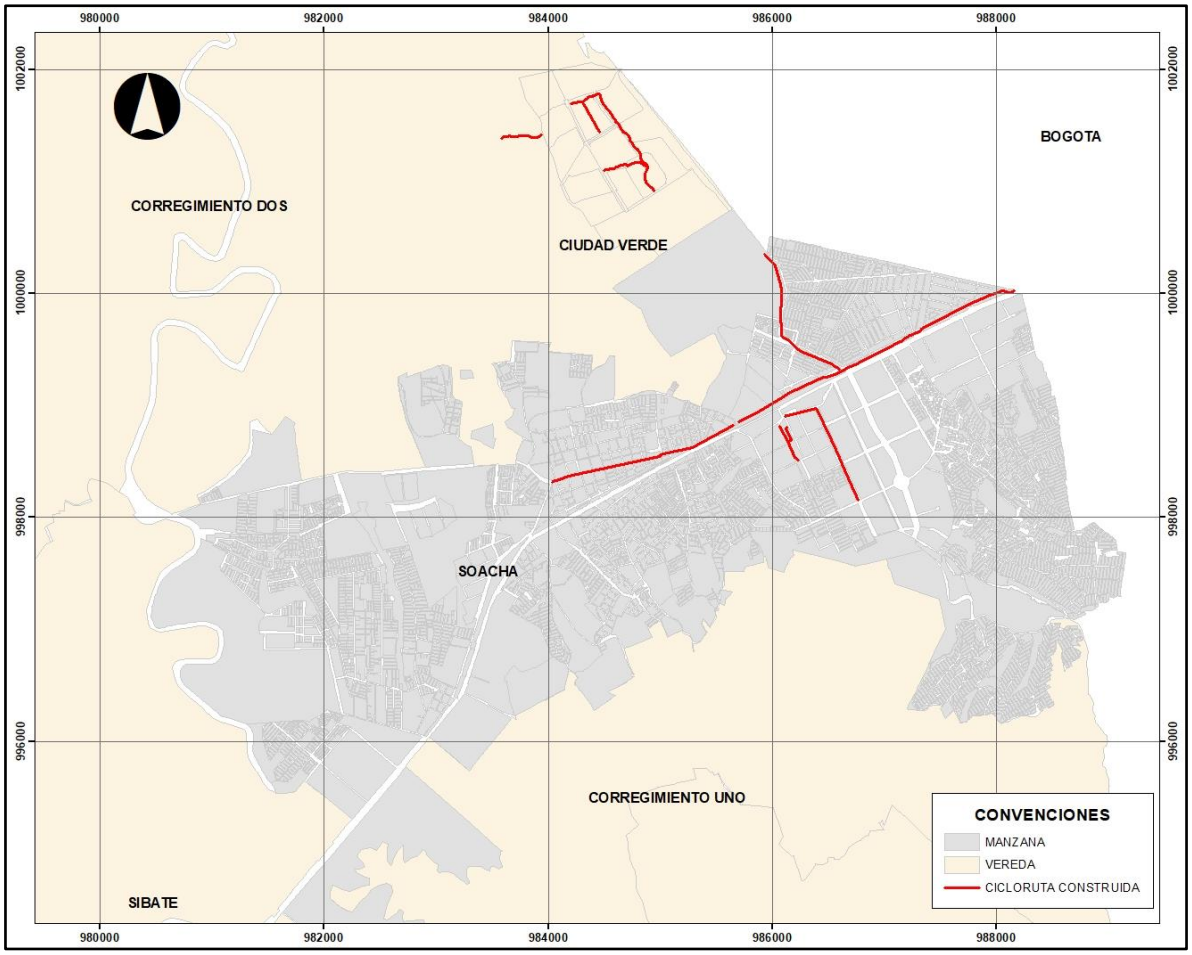
Fuente**:** Elaboración propia con cartografía municipio de Soacha.

La Avenida Variante Longitudinal y la Avenida Conectora Sur no se encuentran desarrolladas conforme al Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Soacha (Acuerdo No. 046 de 2000) la Avenida Circunvalar del Sur que tiene como propuesta conectar la doble calzada Bogotá – Girardot, bordeando el suelo urbano al Sur del Municipio de Soacha, con la carretera al Llano en las inmediaciones de la Localidad de Usme, actualmente el corredor vial se encuentra ocupado por actividades mineras.

7.2.2. Infraestructura Para Movilidad En Bicicleta Existente En El Municipio.

En la actualidad el municipio de Soacha cuenta con cinco (5) corredores de ciclo infraestructura, lo que se pueden observar en la Figura 15.

Figura 15. Ciclo infraestructura existente en el municipio de Soacha.



Fuente: Elaboración Propia con cartografía municipal

Como se puede observar en la Figura 15, la infraestructura existente es escasa, frente al cubrimiento del área urbana del municipio y no cuenta con una adecuada continuidad, se encuentra desagregada y no permite la conexión entre las diferentes comunas del municipio, siendo completamente inexistente en buena parte del municipio.

Con el fin de identificar las características actuales de dicha ciclo infraestructura existente en sus condiciones físicas, se procedió a adelantar verificación en terreno de dicha información, a través del formato que se observa en la Figura 16.

Figura 16. Formato para verificación de infraestructura vial que incluye cicloinfraestructura – municipio de Soacha

UNIVERSIDAD SANTOTOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
MAESTRÍA EN INFRAESTRUCTURA VIAL

FORMATO PARA VERIFICACIÓN DE INFRAESTRUCTURA VIAL QUE INCLUYE CICLORRUTAS O CARRILES PARA USO EXCLUSIVO DE BICICLETAS
SOACHA - CUNDINAMARCA

IDENTIFICACIÓN		DIMENSIONES GENERALES	
No.		Longitud Total	
Comuna		Ancho total	
Sectores que conecta		No. De carriles	

TIPO DE ESTRUCTURA

Ciclorruta		Ciclobandas		Banda ciclo-preferente		Carril ciclo preferente		

SUPERFICIE

Tipo de superficie	Asfalto	Concreto	Adoquin/Bal	Gravilla compact	Observaciones
Estado de la superficie	Bueno	Regular	Malo	Observaciones	

ALUMBRADO

	SI	NO		Observaciones
Estado de alumbrado	Bueno	Regular	Malo	No se puede ver Observaciones

SEÑALIZACIÓN

Existencia de señalización	Horizontal		Vertical	
	SI	NO	SI	NO

Estado de señalización horizontal	Bueno	Regular	Malo	Observaciones (tipo)
Estado de señalización vertical	Bueno	Regular	Malo	Observaciones (tipo)

OBSTÁCULOS O ELEMENTOS DE DELIMITACIÓN

Existencia	SI	NO	Tipo	Observaciones

SENTIDO DE CIRCULACIÓN

Unidereccional	Bidireccional	Observaciones

ELEMENTOS ADICIONALES EXISTENTES

	Rampas	Cantidad	Estado	Observaciones
SI				
NO				

	Túneles	Cantidad	Estado	Observaciones
SI				
NO				

	Pasos elevados	Cantidad	Estado	Observaciones
SI				
NO				

CONDICIONES DE DRENAJE

Existe	SI	NO	ESTADO	Observaciones

INTERSECCIONES

Intersecciones con vías vehiculares	SI		Observaciones
	NO		
Intersecciones con vías peatonales	SI		Observaciones
	NO		
Intersecciones con otras vías para ciclas	SI		Observaciones
	NO		

ARBORIZACIÓN Y EMPRADIZACIÓN EN EL ENTORNO

SI		Observaciones
NO		

ESTACIONAMIENTO DE BICICLETAS

SI		Observaciones
NO		

Fecha
Levantó _____

Fuente: Elaboración propia

Se realizó recorrido a la infraestructura existente, levantando la información referenciada en el formato antes definido y tomando el respectivo registro fotográfico, dicha información se puede observar en la carpeta anexo 1.

El resumen de las condiciones encontradas en la ciclo infraestructura existente se puede observar en la Tabla 3.

Tabla 3. Condiciones físicas de la ciclo infraestructura existente en el municipio de Soacha.

CARACTERÍSTICA		AUTOPISTA SUR	CIUDAD VERDE	CARRERA 7	SAN MATEO	TERREROS
GENERAL	LONGITUD (KM)	2,74	2,37	1,3	1,69	1,37
	ANCHO TOTAL	2	2,5	2	1,5	1,5
	NO. DE CARRILES	2	2	2	2	2
TIPO DE SUPERFICIE	ASFALTO	X	X	X	0	X
	CONCRETO	X	0	0	0	0
	ADOQUIN	0	0	0	X	0
	GRAVILLA	0	0	0	0	0
ESTADO DE LA SUPERFICIE	BUENO	X	X	0	X	X
	REGULAR	0	0	X	0	0
	MALO	0	0	0	0	0
ESTADO DEL ALUMBRADO	SI	X	X	X	X	X
	NO	0	0	0	0	0
	BUENO	0	X	X	X	X
	REGULAR	X	0	0	0	0
	MALO	0	0	0	0	0
ESTADO DE SEÑALIZACIÓN	HORIZONTAL	X	X	X	X	X
	VERTICAL	X	0	0	X	X
ESTADO DE SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	BUENO	0	X	0	0	X
	REGULAR	X	0	0	X	0
	MALO	0	0	X	0	0
ESTADO DE SEÑALIZACIÓN VERTICAL	BUENO	0	0	X	0	0
	REGULAR	X	0	0	X	0
	MALO	0	0	0	0	0
ELEMENTOS DE DELIMITACIÓN	SI	X	X	0	0	0
	NO	0	0	X	X	X
SENTIDO	UNIDIRECCIONAL	0	0	0	0	0
	BIDIRECCIONAL	X	X	X	X	X
ELEMENTOS ADICIONALES	RAMPAS	X	X	0	X	X
	TUNELES	0	0	0	0	0

CARACTERÍSTICA		AUTOPISTA SUR	CIUDAD VERDE	CARRERA 7	SAN MATEO	TERREROS
	ELEVADOS	X	0	X	0	0
CONDICIONES DE DRENAJE	SI	0	0	0	X	0
	NO	X	X	X	0	X
	ESTADO	0	0	0	0	0
INTERSECCIÓN CON VÍAS VEHICULARES	SI	X	X	X	X	X
	NO	0	0	0	0	0
INTERSECCIÓN CON VÍAS PEATONALES	SI	X	X	X	X	X
	NO	0	0	0	0	0
INTERSECCIÓN CON OTRAS VÍAS PARA BICICLETAS	SI	0	0	X	X	X
	NO	X	X	0	0	0
ARBORIZACIÓN Y EMPRADIZACIÓN	SI	X	X	X	X	0
	NO	0	0	0	0	X
ESTACIONAMIENTO PARA BICICLETAS	SI	0	0	0	0	0
	NO	X	X	X	X	X

Fuente**:** Elaboración propia con información recopilada en campo.

De la anterior matriz se puede resumir lo compilado en la Tabla 4, con respecto a las condiciones de la cicloinfraestructura existente en el municipio:

Tabla 4. Resumen de las condiciones de la cicloinfraestructura existente en el municipio de Soacha.

PARÁMETRO	PARÁMETRO	OBSERVACIONES
Longitud total (km)	9,47	
Ancho Promedio	1,9	
Número de carriles	2	
Tipo de superficie predominante	Asfalto	
Estado predominante	Regular	
Estado de alumbrado predominante	Bueno	
Existencia de señalización horizontal	SI	
Existencia de señalización vertical	SI	Excepción de Ciudad Verde y Carrera 7
Estado de señalización	Regular	
Elementos de delimitación	SI	Muy pocos elementos o generan inseguridad
Sentido	Bidireccional	
Existencia de elementos adicionales	Rampas y pasos elevados	
Intersección con vías vehiculares	SI	Zonas aferentes inseguras

PARÁMETRO	PARÁMETRO	OBSERVACIONES
Intersección con vías peatonales	SI	Zonas aferentes inseguras para peatones
Intersección con otras ciclo rutas	NO	Excepción de San Mateo y Ciudad Verde
Arborización y empradización	SI	De la vía vehicular
Estacionamiento para bicicletas	NO	

Fuente**:** Elaboración propia con información recopilada en campo

De la información levantada en terreno se puede concluir que la cicloinfraestructura existente se encuentra en asfalto en regular estado, así como la señalización existente, con elementos de delimitación que generan inseguridad y en ninguna se cuenta con estacionamiento para bicicletas.

En la Tabla 5, se relaciona la información de los corredores en los cuales se encuentra construida la ciclo infraestructura, determinando perfiles viales de cada uno de ellos y demás información relevante.

Tabla 5. Condiciones de los corredores en los cuales se encuentra la ciclo infraestructura existente

CORREDOR DE CICLORUTA	DESCIPCIÓN
AUTOPISTA SUR	Cuenta con un extensión de 2,74 Km de cicloruta, la Autopista Sur es la vía principal que conecta Bogotá con Soacha, la cicloruta es compartida en anden desde el barrio denominado La Despensa hasta la avenida Terreros, continua con ciclobanda hasta finalizar en la Calle 22, el ancho de la cicloruta es de 2 metros y el perfil vial es de 60 mts desde Bosa hasta el C.C. Unisur, 45 mts hasta el sector conocido como 3M y 100 mts hasta el margen oriental del Rio Bogotá.
CIUDAD VERDE	Con una extensión de 2,37 Km de cicloruta existente con un ancho total de 2,5 metros en andén desarrollado con el urbanismo del Macroproyecto Ciudad Verde, el desarrollo de planes parciales como Plan Parcial Las Vegas y Las Huerta actualmente permiten la conexión por el margen norte, el perfil vial es de 30 mts variable.
CARRERA 7	Con una extensión de 1,3 Km de cicloruta en anden, separador y ciclobanda con un nacho total general de 2 metros, la KR 7 es una vía paralela a la Autopista Sur, cuenta con ciclobanda desde la Avenida Indumil hasta la Avenida Terreros, y desde la Avenida Terreros hasta el barrio la Despensa con cicloruta en separador, el perfil vial es de 30 mts variable
SAN MATEO	Con una extensión de 1,69 Km de cicloruta construida sobre el separador vial con un ancho total de 1,5 metros sobre la Calle 33 con Autopista Sur, es un tramo disminuido que conecta oriente con occidente en el Sector conocido como San Mateo, el perfil vial es de 30 mts variable
TERREROS	Con una extensión de 1,37 Km de cicloruta sobre separador vial con un ancho total de 1,5 metros en conexión occidente desde la Autopista Sur pasando por potrero grande hasta llegar a la denominada Alameda el Porvenir, acutal diseño de un bicipuente de interconexión entre el barrio Bosa del Distrito Capital y el sector de La Maria del Muniicpio de Soacha, el perfil vial de la avenida terreros es de 60 metros.

Fuente**:** Elaboración propia con información recopilada del ordenamiento territorial

7.2.3. Infraestructura Proyectada en el municipio para movilidad en bicicleta

Plan de Ordenamiento Territorial (Acuerdo No. 046 de 2000).

De acuerdo con el Plan de Ordenamiento Territorial vigente – Acuerdo 046 de diciembre 27 de 2000 – el municipio de Soacha tiene proyectado aproximadamente 62.11 Km entre alameda, cicloruta axial mixta, cicloruta lateral mixta y cicloruta lateral sencilla, adicional se encuentra planteada una red de circulación peatonal que cuenta con alamedas, senderos, espacios de permanencia, plazoletas, plazas y parques para la recreación activa y pasiva, las cuales cuentan con las características relacionadas en la Tabla 6, en esta misma tabla se relaciona el estado de cada uno de estos elementos urbanísticos.

Tabla 6. Sistema de Ciclorutas proyectado, en proceso de urbanización y construido

ID	TIPO	CIRCUITO	FASE	LONGITUD (KM)	AVENIDA, CL O KR
1	Alameda	Este	Construida	2.75	Autopista
2	Alameda	Norte	Construida	0.30	CL 31A
3	Alameda	Central	Proyectada	0.93	CL 13
4	Cicloruta Lateral Sencilla	Central	Proceso de Urbanización	1.09	Indumil
8	Cicloruta Lateral Mixta	Este	Proyectada	0.67	Cazuca
9	Cicloruta Lateral Mixta	Norte	Proceso de Urbanización	2.93	Tierra Negra
10	Alameda	Oeste	Proceso de Urbanización	1.74	Chucua Puyana
11	Cicloruta Lateral Mixta	Este	Proyectada	2.25	Av Eugenio Diaz
13	Cicloruta Lateral Mixta	Central	Proyectada	0.83	CL 13
14	Cicloruta Lateral Mixta	Central	Proyectada	1.79	DG 9 - CL 7
15	Cicloruta Lateral Mixta	Oeste	Proyectada	0.62	Carrera 14
16	Cicloruta Lateral Mixta	Oeste	Proyectada	0.43	CL 30 Sur
17	Cicloruta Lateral Mixta	Norte	Proceso de Urbanización	2.38	San Marón
18	Cicloruta Lateral Mixta	Norte	Proceso de Urbanización	2.79	CL 13
19	Cicloruta Lateral Mixta	Norte	Proceso de Urbanización	2.46	Potrero Grande
23	Cicloruta Lateral Mixta	Norte	Proceso de Urbanización	6.52	Ciudad de Cali

ID	TIPO	CIRCUITO	FASE	LONGITUD (KM)	AVENIDA, CL O KR
24	Cicloruta Lateral Mixta	Central	Proceso de Urbanización	1.45	Potrero Grande
25	Cicloruta Lateral Mixta	Central	Proyectada	0.88	TV 19A - DG 30B
26	Cicloruta Lateral Mixta	Oeste	Proyectada	2.62	Tierra Blanca
27	Cicloruta Lateral Mixta	Conexión	Proyectada	3.85	Vía Charquito
28	Cicloruta Axial Mixta	Este	Proyectada	3.72	Alameda el Porvenir
30	Cicloruta Axial Mixta	Este	Proceso de Urbanización	0.81	Tibanica
31	Cicloruta Axial Mixta	Central	Proceso de Urbanización	2.25	Las Torres
32	Cicloruta Axial Mixta	Central	Proceso de Urbanización	1.10	CL 13
33	Cicloruta Axial Mixta	Norte	Proceso de Urbanización	1.26	Tibanica
34	Cicloruta Lateral Mixta	Conexión	Proyectada	1.87	Autopista
35	Cicloruta Lateral Mixta	Central	Proyectada	2.40	Av Eugenio Diaz
36	Cicloruta Lateral Mixta	Oeste	Proyectada	6.56	Circunvalar Soacha
37	Alameda	Oeste	Proyectada	2.48	Via ferrea
39	Cicloruta Lateral Mixta	Conexión	Proyectada	6.59	ALO
40	Cicloruta Lateral Mixta	Conexión	Proyectada	1.66	Vía Mondoñedo
41	Cicloruta Lateral Sencilla	Oeste	Proyectada	1.56	Indumil
42	Cicloruta Lateral Sencilla	Central	Construida	1.30	Indumil-Carrera 7ma
43	Cicloruta Lateral Mixta	Central	Proyectada	0.99	CL 24 D
44	Cicloruta Lateral Mixta	Central	Proyectada	1.18	CL 30
45	Cicloruta Lateral Mixta	Este	Proyectada	2.17	Las Torres
46	Alameda	Central	Proyectada	2.01	Via ferrea
47	Cicloruta Lateral Mixta	Central	Proceso de Urbanización	1.53	San Marón
48	Cicloruta Axial Mixta	Central	Proyectada	0.89	Quintas de la Laguna

ID	TIPO	CIRCUITO	FASE	LONGITUD (KM)	AVENIDA, CL O KR
49	Cicloruta Lateral Mixta	Oeste	Proyectada	2.64	Compartir
51	Cicloruta Lateral Mixta	Oeste	Proyectada	0.46	Carrera 6D
52	Cicloruta Lateral Mixta	Norte	Proceso de Urbanización	1.14	Av Suacha
53	Alameda	Norte	Construida	0.19	KR 33
54	Alameda	Norte	Construida	0.20	KR 33
55	Alameda	Norte	Construida	0.59	KR 38 - CL 33
56	Alameda	Norte	Construida	0.21	CL 33
57	Alameda	Norte	Construida	0.14	CL 33
58	Alameda	Norte	Construida	0.37	CL 33
59	Alameda	Norte	Construida	0.37	KR 37A
60	Cicloruta Axial Mixta	Central	Proceso de Urbanización	4.08	Av Suacha
61	Cicloruta Axial Mixta	Este	Proceso de Urbanización	0.55	Av Suacha
62	Cicloruta Lateral Mixta	Conexión	Proyectada	1.73	Soacha-Sibate
68	Alameda	Central	Construida	0.42	Via ferrea
69	Cicloruta Lateral Sencilla	Central	Proyectada	0.60	Indumil-Carrera 7ma
70	Cicloruta Axial Mixta	Este	Construida	1.37	Alameda el Porvenir
71	Cicloruta Lateral Mixta	Norte	Proyectada	2.40	Av Bosatama
72	Cicloruta Lateral Mixta	Norte	Proyectada	4.41	Circunvalar Soacha

Fuente: Elaboración propia con base en información de la secretaria de Planeación y Ordenamiento Territorial - Soacha

En documento formulado en el año 2006 por el Ministerio de Transporte a través de la unidad coordinadora del proyecto UCP-SITM denominado *"Formulación Del Plan Maestro De Ciclorutas, Plan De Movilidad y Cálculo De Reducción De Emisiones Por La Construcción De Ciclorutas Para El Municipio De Soacha – Cundinamarca"*, se plantea un total de 31.28 Km de corredores de ciclorutas en la zona urbana del Municipio de Soacha, de los 31,28 Km se proponen como red prioritaria 4.9 Km divididos en nueve (9) tramos en la zona urbana los cuales se relacionan a continuación:

1) Tramo 1 Carrera 7 intervenida (Entre Calle 21A y Calle 15) – 625 metros lineales.
2) Tramo 2 Carrera 7 Sin intervenir (Entre Calle 15 y Calle 13) – 213 metros lineales.
3) Tramo 3 Plaza Principal (Entre Calle 13 y Calle 12) – 100 metros lineales.

4) Tramo 4 Carrera 7 (Entre plaza y pontón, Calle 12 y Transversal 7A) – 165 metros lineales.
5) Tramo 5 La Ye (Transversal 7A) – 360 metros Lineales
6) Tramo 6 Futura Avenida San Marón (Entre Av. Indumil y Autopista Sur) – 877 metros lineales.
7) Tramo 7 Avenida Indumil (Entre la Transversal 7A y la Carrera 20) – 1.5 kilómetros lineales.
8) Tramo 8 Carrera 20 Av. Ciudad de Quito (Entre avenida Indumil y Calle 1A) – 452 metros lineales.
9) Tramo 9 Separador Avenida Ciudad Latina (Entre carrera 20 y carrera 27) – 715 metros lineales.

Este documento adelantado por el Ministerio, a la fecha no ha sido adoptado por el municipio, dentro de su ordenamiento territorial.

Cartografía de diagnóstico Territorial Urbano y Rural (2018)

El documento denominado cartografía de diagnóstico Territorial Urbano y Rural (2018), formulado por la Secretaria de Planeación y Ordenamiento Territorial, establece una descripción detallada de las ciclo rutas existentes y proyectadas por el municipio, conforme al Plan Maestro de Ciclo rutas y red peatonal elaborado por el Ministerio de Transporte a través del Institute for Transportation & Development Policy en el año 2006, documento que tuvo como fin fortalecer la red no motorizada, la interrelación con el Distrito Capital y los sistemas integrados de transporte masivo, en la Tabla 7 se presenta los elementos constitutivos de cada uno de las denominaciones para los circuitos central, este, oeste, periféricos y conexiones de ciclorrutas en el Municipio de Soacha, establecidos en el documento en comento.

Tabla 7. Sistemas de ciclo rutas, en proceso de urbanización y construido (2018)

LISTADO DE CICLORUTAS					
	Denominación	**Longitud en Km**	**% sistema de E.P.**	**Criterios para el uso**	**Capacidad máxima**
CIRCUITO CENTRAL	Ciclo ruta de la carrera 7a	1.73	1.81	Movilidad cotidiana en bicicleta, conexión con el SITM	100 ciclistas/ Km (173 personas).
	Ciclo ruta avenida potrero Grande - avenida Las Torres	2.77	2.90%	Movilidad cotidiana en bicicleta, conexión con el SITM	100 ciclistas/ Km (277 personas).

LISTADO DE CICLORUTAS					
	Denominación	**Longitud en Km**	**% sistema de E.P.**	**Criterios para el uso**	**Capacidad máxima**
	ciclo ruta avenida San Marrón - avenida Terreros, calles 13/22 Carreras 11/14 Circunvalar sur Línea Férrea	14.8	15.51%	Movilidad cotidiana en bicicleta, conexión con el SITM	100 ciclistas/ Km (274 personas).
CIRCUITO ESTE	Ciclo ruta avenida Terreros - Calle 1 A	3.47	3.64%	Movilidad cotidiana en bicicleta, conexión con el SITM	100 ciclistas/ Km (461 personas).
	ciclo ruta avenida Terreros avenida Tibanica calle 15, transversal 4 y 13.	4.77	5.00%	Movilidad cotidiana en bicicleta, conexión con el SITM	100 ciclistas/ Km (477 personas).
	Alameda línea férrea	1.7	1.78%	Movilidad peatonal con fines recreativos	
CIRCUITO OESTE	Ciclo ruta avenida indumil	1.18	1.23%	Movilidad cotidiana en bicicleta, conexión con el SITM	100 ciclistas/ Km (118 personas).
	ciclo ruta Línea férrea Humedal Tierra Blanca	12.7	12.05%	Movilidad cotidiana en bicicleta, conexión con el SITM	100 ciclistas/ Km (1208 personas).
	Ciclo ruta Alameda Maipore - San Isidro - Avenida Soacha	2.12	2.22%	Movilidad peatonal con fines recreativos	
CIRCUITO PERIFERIC	Ciclo ruta avenida Tibanica avenida Terreros - Avenida Potrero Grande Avenida	26.67	27.94%	Movilidad cotidiana en bicicleta, conexión con el SITM	100 ciclistas/ Km (2667 personas).

LISTADO DE CICLORUTAS					
	Denominación	**Longitud en Km**	**% sistema de E.P.**	**Criterios para el uso**	**Capacidad máxima**
	Tierra Negra- Avenida Ciudad de Cali				
	Ciclo ruta avenida Tibanica.	1.33	1.39%	Movilidad cotidiana en bicicleta, conexión con el SITM	100 ciclistas/ Km (133 personas).
	Ciclo ruta Alamedas centrales de Ciudad Verde	7.44	7.79%	Movilidad peatonal con fines recreativos	
ELEMENTOS	Ciclo ruta avenida Indumil.	0.38	0.40%	Movilidad peatonal con fines recreativos	100 ciclistas/ Km (38 personas).
	Ciclo ruta avenida Indumil Circunvalar del sur- El Charquito - Circunvalar al Oeste.	14.71	15.42%	Movilidad peatonal con fines recreativos	100 ciclistas/ Km (1609 personas).
CONEXIÓN	Ciclo ruta avenida Terreros - Las Torres	1.37	1.43%	Movilidad cotidiana en bicicleta, conexión con el SITM	100 ciclistas/ Km (136 personas).

Fuente: Documento y cartografía de diagnóstico Territorial Urbano y Rural del año 2018 - SPOT

Plan de Desarrollo Municipal (Acuerdo No.014 de 2020)

Mediante acuerdo municipal No. 014 de 2020 se adoptó y aprobó el Plan de Desarrollo del municipio de Soacha, para la vigencia 2020-2023 denominado "*El cambio avanza*", con una estructura estratégica en cinco pilares, denominándose el eje estratégico No. 1 "*El cambio avanza con movilidad sostenible*", en el cual se define que

> La movilidad eficiente y sostenible al interior de Soacha debe constituirse como uno de los principales objetivos a conseguir a través de la gestión pública de la

> administración municipal […]. Es una necesidad absolutamente sentida en la comunidad, ya que situaciones como el aumento en los tiempos de desplazamiento, la contaminación del aire y el acelerado desgaste de la malla vial impactan negativamente, no solo su calidad de vida, sino también los niveles de desigualdad, segregación e incluso la emergencia desmedida de conflictos entre ciudadanos.

El eje cuenta con programas, que a su vez se encuentran subdivididos en subprogramas y verificados los mismos se encontró que en el programa 1.2 denominado "*Compromiso ciudadano para una circulación inteligente*", se tiene como una de las metas de producto para el cuatrenio la de *"adecuar y poner en operación 6 kilómetros de ciclorutas que incentiven el transporte intermodal, generen seguridad vial a los ciclistas y generen nuevos medios de conexión con municipios aledaños y con sitios culturales",* dicha meta se pretende adelantar a través de la realización de una estrategia de fomento para el uso de la bicicleta, realizar un estudio de estrategias para la movilización en bicicletas y la instalación e implementación de la cicloruta.

El desarrollo de la cicloruta antes descrita es planteada en el plan como uno de los 27 proyectos estratégicos, a ejecutar en el actual periodo de gobierno.

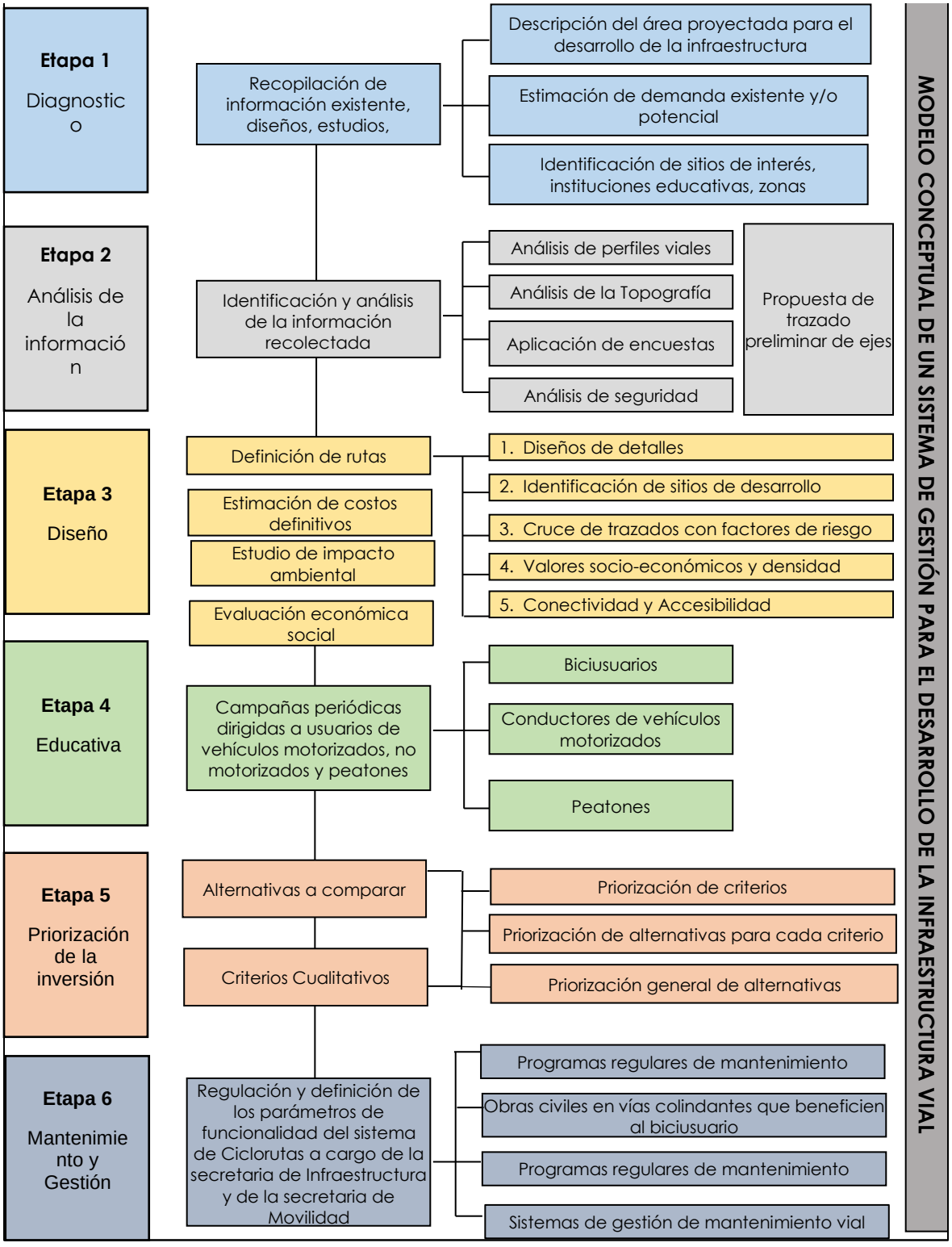
7.3. PROPUESTA DE ACTIVIDADES PARA EL DESARROLLO DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL PARA TRANSPORTE EN BICICLETA.

Teniendo en cuenta la información recopilada a lo largo del presente trabajo se proponen las siguientes actividades a adelantar por el ente territorial, para el desarrollo de la infraestructura vial para movilidad en bicicleta, la cual redunde en altos beneficios sociales para la comunidad del municipio.

Con el fin de que las actividades propuestas se desarrollen como un sistema, es decir que cuente con una etapa de planeación, ejecución y mantenimiento, las actividades se dividieron en seis (6) etapas, que consisten de manera inicial en un diagnóstico, en el cual se recopila toda la información relevante, posteriormente se analiza la información recopilada y existente, para pasar al diseño de los elementos de la ciclo-infraestructura, posteriormente una etapa de construcción en donde se plantea una metodología para la priorización de la inversión y finalmente la etapa de mantenimiento y gestión de la infraestructura construida (ver figura 17), a lo largo del presente numeral se detallarán cada una de las etapas propuestas.

Es importante aclarar que en el presente trabajo ya se hizo un análisis inicial del contexto del municipio de Soacha (ver numerales 7.1 y 7.2), lo cual haría parte de las labores previas al desarrollo de las actividades propuestas y garantizaría para el municipio

Figura 17. Modelo Conceptual para un Sistema de Gestión de infraestructura para



Fuente: Elaboración propia

7.3.1. ETAPA 1 Diagnóstico

En esta etapa se debe recopilar la información de las condiciones generales del municipio o de la comuna específica del municipio, en la cual se pretende hacer el análisis, recolectando información de descripción de la zona, descripción de los sistemas de transporte, las situaciones o actividades que pueden atraer viajes en bicicleta (zonas de interés turístico, instituciones educativas, zonas de actividad económica productiva, etc.), condiciones de seguridad de la zona, etc.

Se busca en esta etapa contar con profesionales idóneos que hagan visita en campo y se recopilen toda la información necesaria para conocer en detalle la zona en la que se pretende desarrollar la infraestructura y de igual manera se haga recopilación de información secundaria de estudios previos adelantados.

Descripción del área de estudio.

En esta actividad, se tiene como objetivo identificar de manera inicial las características físicas del área con análisis del clima, la topografía, etc., así como hacer una caracterización de la población en donde se analicen sus condiciones socioeconómicas.

Mínimo se debe contar con la siguiente información:

- Ubicación geográfica: En donde se localice el área de estudio, su ubicación con referencia al entorno, las vías vehiculares existentes, el equipamiento urbano (zonas recreo deportivas, bibliotecas, áreas con servicios educativos o administrativos), características de división político-administrativa, etc., dicha información debe estar soportada en cartografía a escala adecuada en función del área de la zona de estudio.
- Población y vivienda: Esta actividad busca caracterizar e identificar la población del área en estudio, así como las viviendas, dicha información se puede apoyar en datos estadísticos de entidades gubernamentales como el DANE y Catastro Municipal, como mínimo se debe recopilar información relacionada con estrato socioeconómico, edades, actividad productiva u otro tipo de información que permita identificar los grupos de interés en el uso de la bicicleta como medio de transporte.

  Es importante identificar la ubicación de la población de referencia del área de estudio, con el fin de establecer donde se encuentra la mayor densidad poblacional y de esta manera poder establecer situaciones que sean generadoras o que atraigan viajes en bicicleta.
- Condiciones socioeconómicas: Esta hace parte de la caracterización de la población, con el fin de identificar posibles usuarios de bicicletas, esta información de referencia se encuentra en la Dirección de Desarrollo Económico dependencia de la Alcaldía de Soacha.

  Dentro de esta caracterización socio económica, es importante identificar qué tipo de actividad productiva y educativa tiene la población que se asienta en la zona de estudio, con el fin de nuevo que esta sea referente para identificar los

potenciales usuarios de bicicletas, y zonas de atracción de viajes en bicicleta por motivos educativos o laborales.

- Clima y topografía: En cuanto a las condiciones de clima del municipio de Soacha, estas se encuentran estandarizadas para la zona urbana del municipio, por lo cual no es un factor determinante para la proyección de trazados de ciclo infraestructura.
  En cuanto a las condiciones de topografía, esta condición incide de manera directa en el uso de la bicicleta como medio de transporte, ya que una topografía plana propicia el uso de esta.
- Condiciones de seguridad: Evaluar las condiciones de seguridad en la zona, influye en el uso de la bicicleta como medio de transporte para los habitantes del sector, así como define si en la infraestructura proyectada se hace necesario colocar elementos que mejoren las condiciones de seguridad (cámaras, iluminación, etc.)

Sistema de transporte.

En este análisis se debe incluir la descripción de las diferentes categorías de la malla vial, estado de ésta, perfiles viales, identificación de las rutas de transporte, medios de transporte que se encuentran en la zona y si se tiene información de circulación de bicicletas.

- Malla vial: A partir de la descripción de la malla vial se puede identificar de manera inicial los desplazamientos que se producen en el área de estudio, la identificación se debe realizar pensando en posibles rutas para los biciusuarios, en esta actividad se deben reconocer las condiciones de la malla vial existente en el área de estudio, verificando las condiciones geométricas (curvas, perfiles viales, pendientes, secciones transversales, condiciones no favorables de la geometría, etc.), estado de la capa de rodadura, condiciones de conectividad, existencia de pasos a desnivel, cruces con otras vías y demás características de la red vial existente, que puedan interferir en el desarrollo o construcción de la ciclo infraestructura, esta malla vial se debe representar en planos en una escala adecuada conforme al área de la zona de estudio de manera que permita la adecuada identificación de todos los elementos en análisis.
- Sistema de transporte: Es importante identificar la operación del transporte en el área de estudio, situaciones como los sentidos viales, número de carriles, etc.
- Medios de transporte: En esta actividad se identifica el modo de transporte público y privado predominante en el área de estudio, con el fin de establecer medios alternativos al uso de la bicicleta, así como conexiones con otros medios de transporte.
- Análisis de flujos de bicicletas: Para esta actividad se deben identificar los flujos de bicicletas, se conoce que el municipio de Soacha adolece de esta información, por lo cual se recomienda de manera inicial hacer estudios generales que permitan

identificar dichos flujos y mantener una estadística a lo largo del tiempo que sirva como información base para esta etapa de diagnóstico.
Teniendo en cuenta que no se encuentra con información disponible, se hace necesario que se haga a través de inspección visual y medios como la encuestas tipo origen- destino para el levantamiento de la información.

Identificación de las actividades predominantes en la zona.

En este paso se buscan identificar las actividades productivas, de servicios, recreación, deportivas, educativas y de vivienda en el área en análisis y contar la georreferenciación de estas zonas, con el fin de establecer en donde se concentran las actividades y poder identificar en que ejes se reúnen los mayores desplazamientos, susceptibles a ser adelantados en bicicleta en función de la distancia de recorrido.

La información recopilada en esta etapa de diagnóstico debe estar documentada tanto en texto como en información cartográfica en la escala adecuada, en función del área de estudio.

7.3.2. ETAPA 2 Análisis De La Información – Trazado preliminar.

En esta etapa se debe analizar toda la información recolectada en el diagnóstico, con el fin de identificar qué factores influyen en el desarrollo de la infraestructura para el transporte en bicicleta, la metodología propuesta para este análisis detalla a continuación.

Es necesario para el planteamiento de la propuesta de ciclo infraestructura, establecer las variables que pueden intervenir en la definición de los trazados proyectados, con base en la información recopilada de casos de análisis e información académica, relacionada en los capítulos anteriores, se pude concluir que se debe tener en cuenta para esta etapa dos grandes componentes, que son el técnico y el general y el social (Manual de diseño de Ciclo rutas – IDU – 2015), cada uno de estos componentes contempla características distintas, para el caso particular de este trabajo para el componente técnico y general se tienen factores topográficos, climatología, elementos urbanísitcos como universidades, escuelas, centros industriales, centros comerciales, turismo entre otros, perfiles viales, trafico promedio y diseño geométrico de las vías existente, para el componente social que es en el que se analiza el sentir y necesidades de la comunidad, se diseña una encuesta la cual se propone adelantar con la comunidad, en todo caso, el desarrollo de estas nuevas propuestas deben considerar no solo el beneficio de los biciusuarios sino el acompañamiento de los vehículos motorizados y los peatones.

Componente técnico y componente general.

Para la planeación de un sistema de ciclo infraestructura eficiente (manual de diseño de ciclorutas del IDU – 2015) se deberán tener en cuenta algunas condiciones básicas que pueden impactar los asentamientos de la zona urbana del Municipio, las siguientes variables engloban los elementos necesarios que deben ser objeto de análisis.

Zonas plana: Conforme al manual técnico del IDU se consideran zonas planas los sitios que no superan el 10% de pendiente, sin embargo es menester no descartar sitios que por su conformación topográfica permiten el trazado vial de ciclo infraestructura siguiendo el curso de las curvas de nivel.

Estaciones secas prolongadas: Se sugiere que para el desarrollo de estos programas se utilicen zonas que presenten bajos niveles de precipitación anual, sin embargo, esta variable no es restrictiva y el municipio de Soacha tiene precipitaciones aptas para el planteamiento de este tipo de infraestructura.

Espacios libres: se refiere a las zonas de cesión producto de desarrollos urbanísticos o zonas afectadas por rondas de cuerpos hídricos y estructuras ecológicas principales, también se contempla en este ítem, zonas con características urbanas especiales como centros educativos, sitios de recreación, turismo, zonas de patrimonio, entre otros que posean características llamativas para los biciusuarios.

Baja densidad de ocupación, el desarrollo y análisis de esta variable es indispensable para medir el volumen de usuarios que pueden utilizar este tipo de infraestructura sostenible, se requiere entonces el análisis de centros de culto, plazas, plazoletas, sitios de aglomeración, etc...

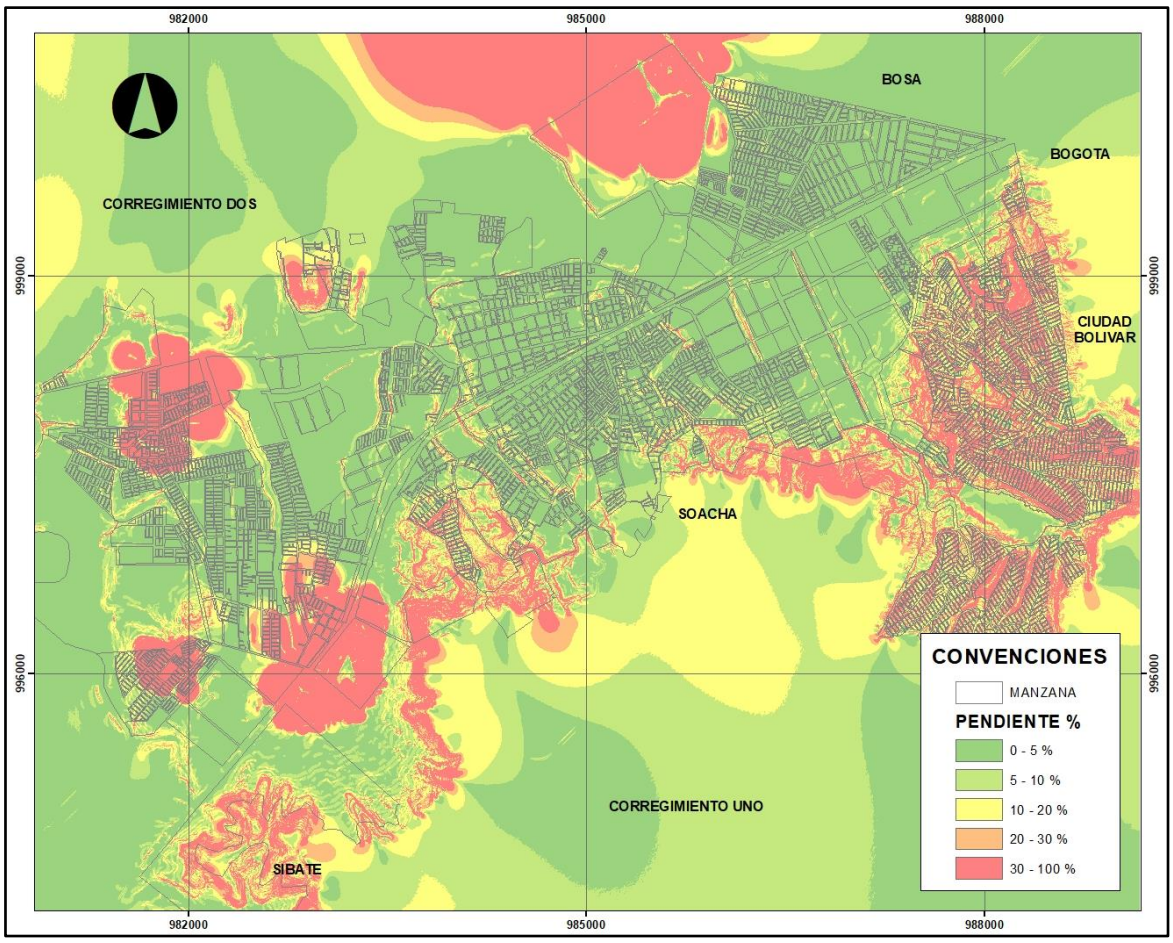
Parques industriales y zonas comerciales: Zonas de frecuencia laboral, sitios que alberguen un número extenso de funcionarios o trabajadores, sitios de alto impacto comercial, corredores y centros comerciales, industrias sencillas de alta concentración.

En la aplicación de esta etapa para el caso en análisis, municipio de Soacha, se tiene que para la verificación de la primera variable (zonas planas), se realizó un análisis de las pendientes a partir de curvas de nivel en la zona urbana con equidistancias de hasta 2 metros, el cálculo de pendiente se realizó a partir del software libre QGis y la herramienta “Slope” para lo cual se establecieron rangos con pendientes inferiores al 5%, de 5% a 10%, de 10% a 20% y superiores al 30%, esto con el fin de poder determinar las zonas en las que se pueden proyectar trazados de ciclo-infraestructura. Conforme al modelo de pendientes, se pudo determinar que las zonas periféricas del sur del municipio no son aptas para el desarrollo de ciclo infraestructura, teniendo en cuenta que poseen pendientes superiores al 10%, estas zonas corresponden a las comunas 4 (Ciudadela Sucre y Cazucá), 5 (periferia de san Mateo), 6 (Altos de la Florida Sector I, II, III y IV) y comuna 1 en la periferia de la Urbanización Maipore, siendo estas las zonas más vulnerables desde el punto de vista socioeconómico y de altas densidades poblacionales, de igual manera a nivel urbano existe unidades sociales internas que cuentan con pendientes superiores a la pendiente permitida como es el caso de los barrios La Veredita y La primavera de la Comuna 1 (ver Figura 18), para la proyección de los ejes se tienen en cuenta estos asentamientos.

Para el análisis de la segunda variable, se realizó la investigación climatológica a través de información secundaria suministrada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, encontrando que en la zona urbana del Municipio existe un total de tres estaciones de rastreo denominadas Altos de la Estancia, Claretiano e

Induquimica, localizadas respectivamente en el sector conocido como Ciudadela Sucre, en los límites de Soacha y Bosa en el sector de La María y cerca al Plan Parcial las Huertas, el Municipio de Soacha en general se clasifica de acuerdo por Holdridge como bosque seco montano bajo en un 74% del área total de Municipio y bosque húmedo montano en el área restante, cuenta con precipitaciones anuales de entre 500 y 1000 mm para el bosque seco montano y de entre 1000 y 2000 mm en la zona que limita con el Municipio de Sibaté. Las condiciones climatológicas son aptas para el desarrollo de infraestructura sostenible en zonas con pendientes inferiores al 10%.

Figura 18 Mapa de pendientes zona urbana del municipio de Soacha.



Fuente: Elaboración Propia con base en Cartografía del Municipio

Para el análisis de la tercera variable (Espacios Libres) se logró determinar de acuerdo con el Plan de Ordenamiento Territorial las zonas afectadas (restricción de usos) por rondas de cuerpos hídricos que para el Municipio de Soacha son el Rio Bogotá, la Quebrada Tibanica, el Rio Soacha y los humedales Neuta y Tierra Blanca, de igual manera se realizó el análisis de los equipamientos existentes en el urbana, como universidades (Universidad de Cundinamarca y Minuto de Dios), centros educativos de primaria y secundaria, zonas sociales y de recreación como los parques vecinales y de

bolsillo, sitios de patrimonio histórico como el parque principal de Soacha, miradores en las zonas de la periferia, caminos ecoturísticos en la zona rural y sitios atractivos para posibles usuarios potenciales de infraestructura sostenible.

Para el análisis de la cuarta variable (Índice de ocupación) se realizó el estudio con base en la información suministrada por la Dirección de Desarrollo Económico del Municipio de Soacha y con la identificación de sitios de alta aglomeración, se analizaron sitios como plazas de mercado, centros de culto, sitios de encuentro y esparcimiento y corredores o alamedas normalmente frecuentadas.

La quinta variable que corresponde al análisis de zonas industriales y sitios de concentración de comercio se desarrolló a través de la recopilación de datos históricos y consolidación de bases de la Cámara de Comercio del Municipio. En Soacha la zona industrial con mayor volumen es la denominada zona industrial de Cazucá que colinda con el Distrito Capital al oriente y con la Autopista Sur al norte, un parque industrial que alberga entre treinta y cuarenta empresas dedicadas a actividades de alto impacto como tratamiento de químicos, fabricación de maquinaria pesada, industrias de tecnología, fabricación de pintura entre otros.

La zona central sobre la carrera séptima es un corredor comercial así como la calle trece entre autopista sur y carrera novena, sobre la calle 22 con carrera séptima se encuentran actividades de bares y discotecas y sobre los barrios León XIII y La Despensa se desarrollan actividades industriales de alto impacto que actualmente no están permitidas en el Plan de Ordenamiento Territorial, sin embargo concentra empresas con un volumen alto de trabajadores, por la autopista sur en los sectores conocidos como El Altico se desarrollan actividades de hotelería y empresas dedicadas a la fabricación de espuma y elementos para pirotecnia, adicionalmente el municipio cuenta con centros comerciales de gran actividad como Gran Plaza, Mercurio, Unisur y Ventura Terreros, concentrados a lo largo de la autopista sur con avenida terreros, y otros de menor volumen en Ciudad Verde como el centro comercial Miraflores y Parque Campestre ubicado sobre la avenida Indumil.

Componente Social.

Teniendo en cuenta que el componente social, lo que busca es tener en cuenta las necesidades y percepciones de la comunidad, frente al uso de la bicicleta. Para ello, se propone para el análisis del presente componente que se recopile la información a través de un sistema de encuesta (o mecanismo similar), para posteriormente hacer el análisis de la información.

Entonces, a nivel de ejemplo del presente elemento o componente de desarrollo, se presenta un modelo de encuesta que se desarrolló oportunamente en el municipio caso de aplicación del sistema de gestión propuesto. Por lo tanto, se diseñó un modelo de encuesta a través de formularios virtuales enfocados a residentes y usuarios potenciales de ciclo infraestructura en el municipio de Soacha, el formulario está diseñado para realizar las encuestas de manera digital preferiblemente; sin embargo, también se podría adelantar de manera presencial en zonas de mayor afluencia de bici usuarios

La propuesta de encuesta digital se desarrolló bajo la plataforma ArcGIS Survey 123 que permite análisis espaciales de datos alfanuméricos recolectados en sitio, el dispositivo reconoce el origen y el destino para los trayectos de biciusuarios creando un track digital (camino de ruta) que establece el recorrido que realiza el encuestado marcando el punto de partida, el punto final y generando el total en metros o kilómetros por tramo recorrido al igual que la ruta optima que escoge el biciusuarios (Ver Figura 19), de igual manera permite análisis estadísticos para los datos recolectados y geo-localización de las personas a quien se realiza la encuesta.

Figura 19. Modelo y datos de la encuesta digital

Link de la encuesta:
https://arcg.is/yyT00

Código QR

Fuente: Elaboración Propia

- *Muestra representativa propuesta*

Con el fin de poder contar con una muestra representativa, se propone que en el desarrollo de la recolección de esta información, se haga la estimación del tamaño muestral de manera aleatoria simple, acogiendo la siguiente ecuación (Levy y Lemeshow 1999):

$$n = \frac{Z^2 \times \mathrm{N} \times \sigma_X^2}{Z^2 \times \sigma_X^2 + (\mathrm{N} - 1) \times e^2}$$

(1)

En donde ***e*** = error muestral absoluto, ***z*** es el coeficiente de confianza o percentil $\left(\mathbf{1} - \frac{\propto}{\mathbf{2}}\right)$ de la distribución normal estándar (usualmente z = 1.96 para un 95% de confianza), $\boldsymbol{\sigma_X^2}$ es la varianza de la variable de interés (una idea de la varianza a nivel poblacional que puede ser obtenida de estudios similares) y ***N*** el tamaño de la población, para la ecuación anterior si la variable de interés ***X*** es de tipo binaria, la varianza estará dada por $\boldsymbol{\sigma_X^2 = PQ}$, en donde ***P*** corresponde al parámetro de interés de una distribución de tipo binomial, y ***Q*** a su complemento $(\boldsymbol{P + Q = 1})$

Para el cálculo de la muestra se requiere de un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%, además se desconoce la probabilidad ***p*** del evento, para lo cual se utiliza **p** = 50% que maximiza el tamaño muestral, para el cálculo de ***N*** se utilizó el Censo Nacional de población y vivienda del Dane para el año el 2018 el cual advierte que la población del Municipio de Soacha es de 645.205 personas efectivamente censadas. Una vez establecidas las variables se determina lo siguiente:

N = 645.205

Z = 1.96

P = 50%

Q = 50%

$$n = \frac{1.96^2 \times 645205 \times 0.5 \times 0.5}{1.96^2 \times 0.5 \times 0.5 + (645205 - 1) \times 0.05^2}$$

$$n = 383.93 \approx 384 \text{ personas}$$

(2)

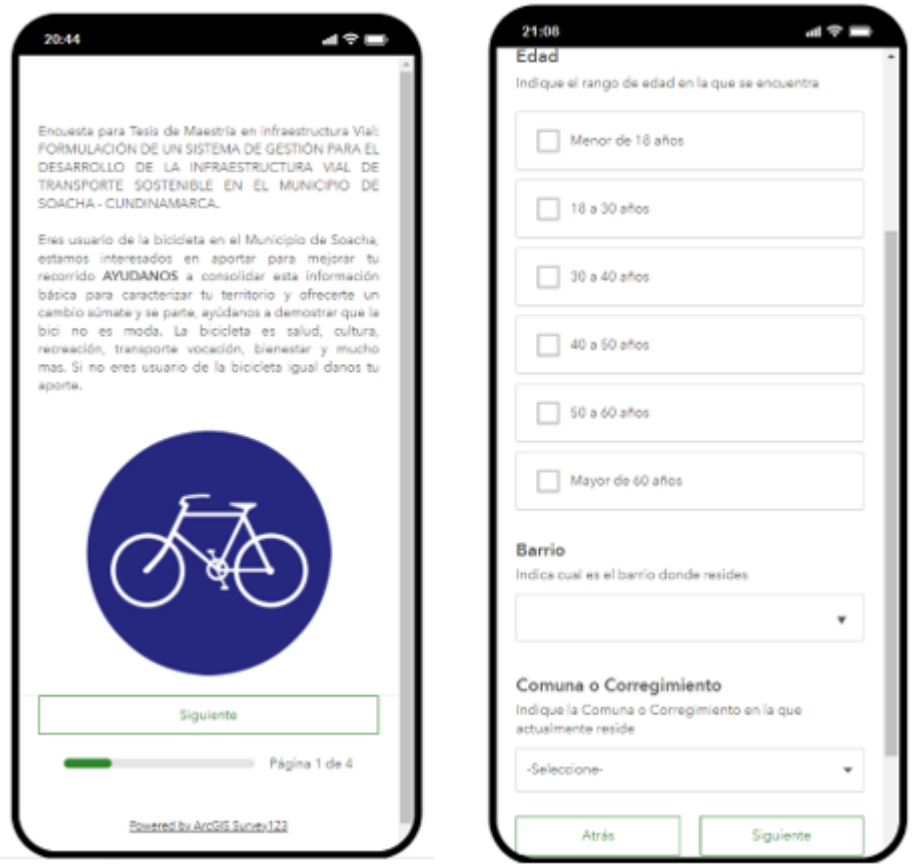
Teniendo en cuenta lo anterior, con el fin de tener información confiable y con base en la población del municipio, se recomienda que para la recopilación de esta variable, se adelanten por lo menos 384 encuestas.

- *Diseño de las encuestas.*

Con el diseño de la encuesta propuesto en términos generales, busca recopilar información demográfica, medio de transporte usado, motivo del uso de la bicicleta, frecuencia de uso, tiempos de movilización, percepción del estado de la ciclo infraestructura existente e información del trayecto habitual que hace el biciusuario (ver Tabla 8).

En la Figura 20, se puede observar el estilo gráfico de la encuesta virtual.

Figura 20. Diseño de encuestas virtuales



Fuente: Elaboración Propia

Tabla 8. Preguntas formuladas en la encuesta

INFORMACIÓN DEMOGRAFICA		
Genero	Masculino	Lista desplegable
	Femenino	
	Otro	
Edad	Menor de 18	Lista desplegable
	18 a 30 años	
	30 a 40 años	
	40 a 50 años	
	50 a 60 años	
	Mayor de 60 años	
Barrio		Texto Libre
Comuna o Corregimiento		Texto Libre

¿Qué medio de transporte utilizas regularmente?	Bicicleta	Lista desplegable
	Carro	
	Transmilenio	
	SITP	
	Moto	
	Taxi	
	Otro	
Uso de bicicleta	Ir al trabajo	Lista desplegable
	Ir al estudio	
	Actividad deportiva	
	Esparcimiento	
	Otro	
¿Qué tan a menudo utilizas la bicicleta?	1 vez por semana	Lista desplegable
	2 veces por semana	
	3 veces por semana	
	4 veces por semana	
	5 veces por semana	
¿Al momento de utilizar la bicicleta por donde lo haces?	Ciclovia	Lista desplegable
	Cicloruta	
	Ciclobanda	
	Calzadas	
	Anden	
	Zonas verdes	
	Otro	
Si no eres usuario habitual de la bicicleta, ¿Cuál es el motivo?	Inseguridad	Lista desplegable
	Mal estado de la infraestructura	
	No cuento con bicicleta	
	No existe infraestructura	
	Falta de biciparqueaderos	
	Condición física y/o salud	
	Otro	
Si la situación por la cual no eres usuario de la bicicleta mejora ¿considerarías la bicicleta como medio de transporte habitual y/o complementario?	Si	Lista desplegable
	No	
	Porque	
	0 a 15 minutos	Lista desplegable
	15 a 30 minutos	

¿Cuánto tiempo demoras en movilizarte de la casa a tu lugar de destino habitual?	30 a 45 minutos	
	45 a 60 minutos	
	Más de 60 minutos	
Estado de la infraestructura existente para biciusuarios	Seguridad en la vía	Lista desplegable
	Iluminación	
	Parqueaderos de bicicletas	
	Señalización	
	Estado de la malla vial	
¿Cuál es su trayecto?		Texto libre
Localización del encuestado		Geo localización a partir del GPS del equipo

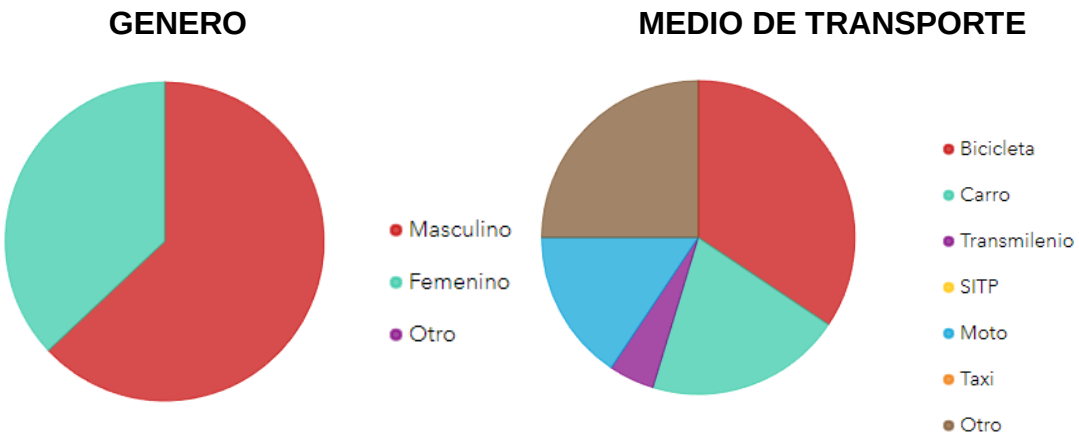
Fuente: Elaboración Propia

- *Análisis de la información.*

Con el fin de comprobar *in situ* que el diseño de la encuesta es el correcto, que las preguntas se entienden y son adecuadas para obtener la información deseada, en el desarrollo del presente trabajo se adelantó un plan piloto con una muestra reducida de habitantes del municipio de Soacha, en donde se levantaron setenta y nueve (79) encuestas, lo que llevó a comprobar que la encuesta diseñada si cumple con los parámetros necesarios para el levantamiento de la información y se convierte en una herramienta para el municipio, que se puede usar al momento de levantar la información para el componente social.

A manera de ejemplo de como se debe analizar la información recopilada con las encuestas, a continuación, se hace el análisis de los datos recopilados con la prueba piloto.

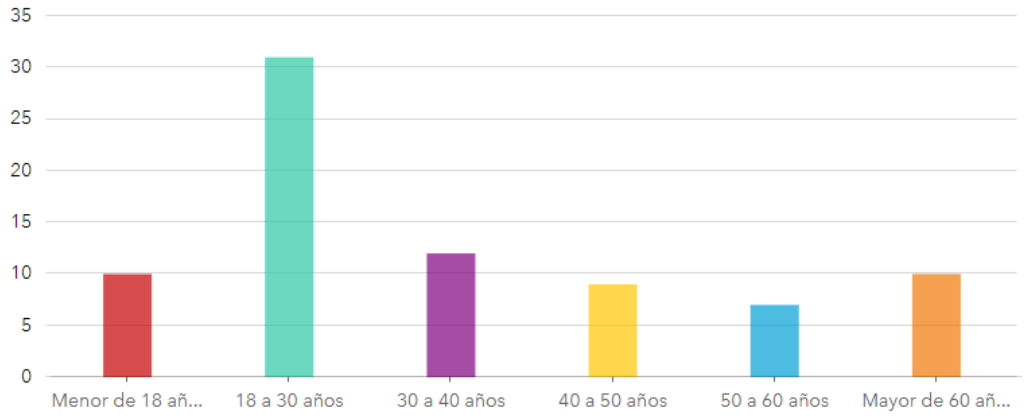
Figura 21. Género y medio de transporte



Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar la mayoría de las encuestas fueron contestadas por hombres con un 58,23% y 34,18 % de mujeres, la mayor parte de los encuestados se moviliza en bicicleta (27,85 %), seguido por quienes se movilizan en otro medio de transporte (20,25 %) y en tercer lugar se tiene a los que se movilizan en carro (16,46 %).

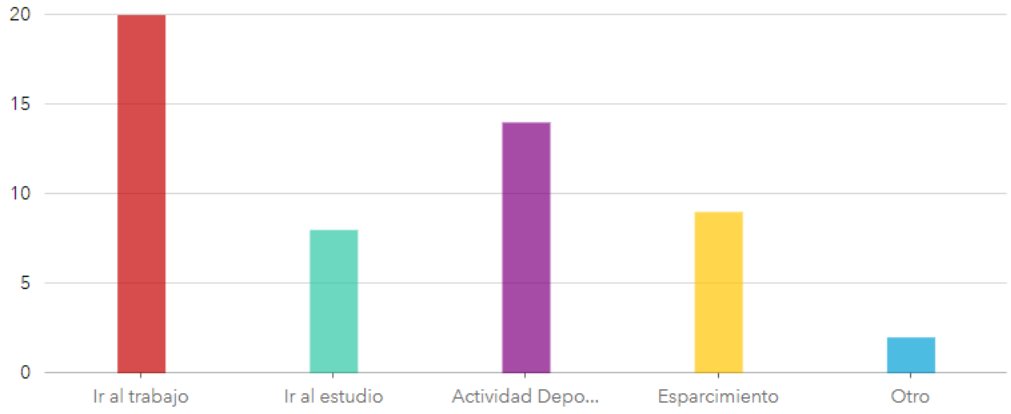
Figura 22 Edad



Fuente: Elaboración Propia

La mayoría de los encuestados (39,24 %) se encuentra en el rango de edad de los 18 a 30 años, seguidos por los que se encuentran entre los 30 a 40 años (15,19 %), rango de edad en donde se puede considerar que se encuentra la mayor población con actividades económicas activas, se resalta que menores de 18 años (12,66 %) y mayores de 60 años (12,66 %), también corresponde a grupos significativos.

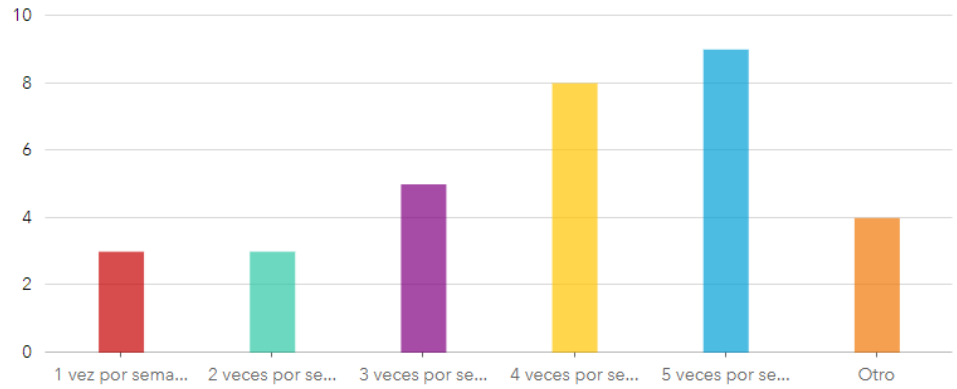
Figura 23. Tipo de uso de la bicicleta



Fuente: Elaboración Propia

Para quienes usan la bicicleta como medio de transporte, se tiene que la mayoría de las personas usan este modo de transporte para ir al trabajo (25,32 %) y en segundo lugar está el uso de la bicicleta como actividad deportiva (17,72 %), en tercer lugar, como esparcimiento (11,39 %) y finalmente para dirigirse a actividades educativas (10,13 %).

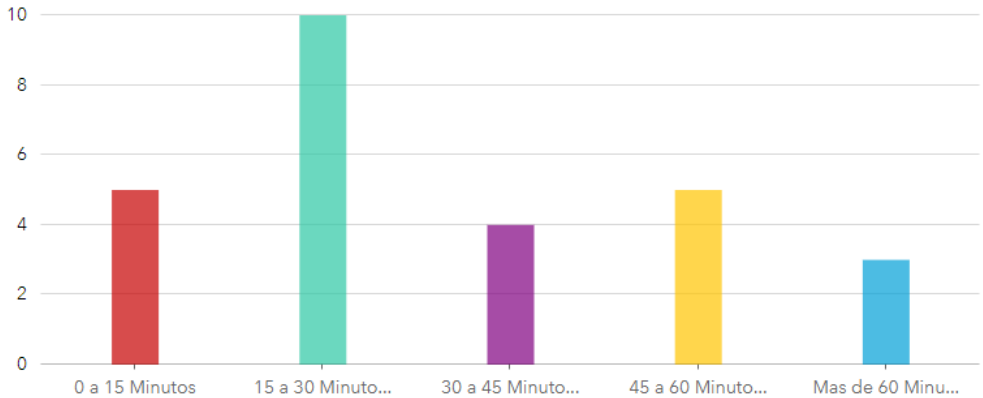
Figura 24. Frecuencia uso de la bicicleta



Fuente: Elaboración Propia

En cuanto a la frecuencia con la cual es usada la bicicleta, por parte de los encuestados, se encuentra que la mayoría de las personas (11,39 %) hacen uso de la bicicleta 5 veces por semana, lo que se puede relacionar con la Figura 24, en que la mayoría de los encuestados hace uso de la bicicleta para movilizarse al trabajo. El (10,13 %) de los encuestados hacen uso de la bicicleta 4 veces por semana, le sigue el 6,33 % de los encuestados, que hacen uso de la bicicleta 3 veces por semana y con menos porcentaje otras frecuencias, 2 y 1 vez por semana.

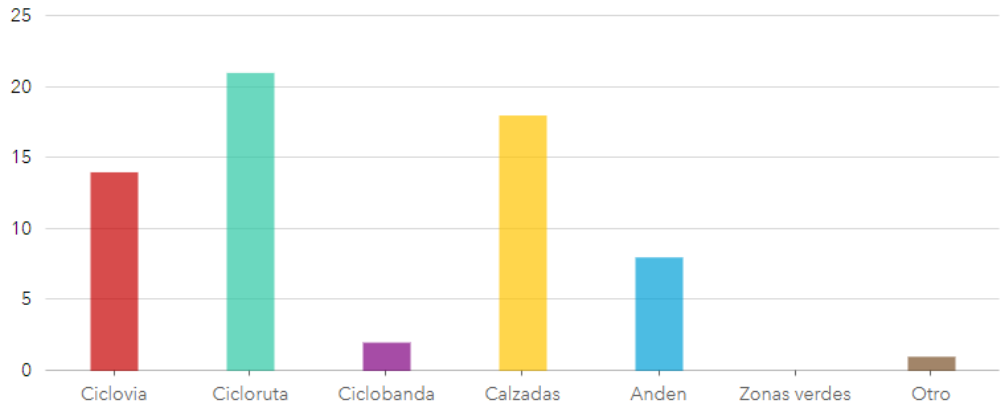
Figura 25. Tiempo de movilización en bicicleta



Fuente: Elaboración Propia

Siguiendo con el análisis anterior, se tiene que la mayoría de personas que se movilizan en bicicleta (12,66 %), demoran en su recorrido de 15 a 30 minutos, por lo que se puede inferir que corresponden a recorridos cortos y dentro del perímetro del municipio de Soacha y con el análisis de los anteriores resultados, esta movilización se hace entre semana al trabajo. Siguen en tiempo de recorrido, los de menos de 15 minutos (6,33 %) y entre 45 a 60 minutos (6,33 %), siendo los últimos los recorridos entre 30 a 45 minutos (5,06 %) y los de más de 60 minutos (3,8 %).

Figura 26. Estado de infraestructura para movilidad sostenible

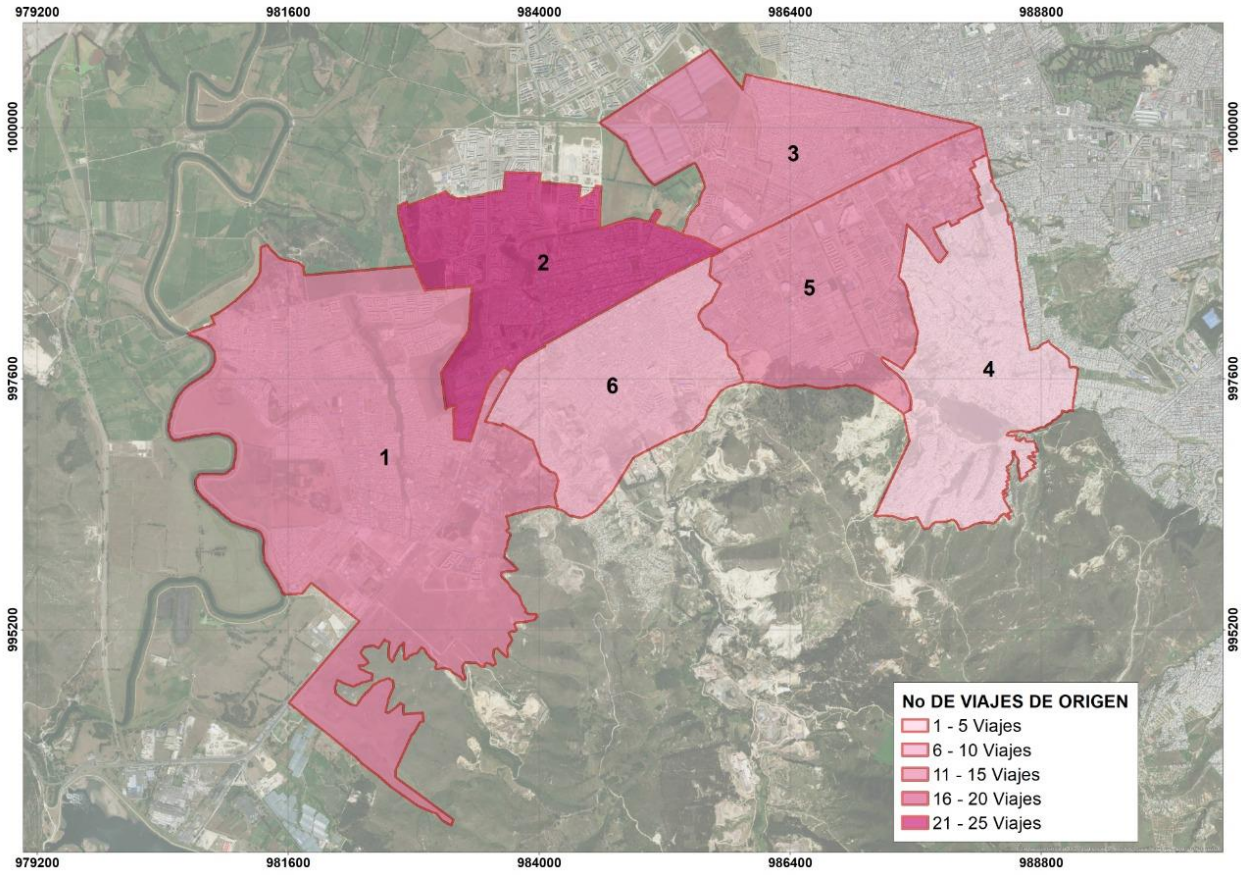


Fuente: Elaboración Propia

En cuanto a por dónde se movilizan los biciusuarios al hacer sus recorridos se encuentra que el mayor porcentaje (26,58 %), se moviliza por cicloruta, el 22,78 % se moviliza por la calzada compartiendo espacio con otros medios de transporte, lo que puede llevar a que se presenten altos índices de accidentalidad, para quienes hacen uso de la bicilceta con fines recreativos, se tiene que el 17,72 %, se moviliza por ciclovías, posteriormente el 10,13 % se moviliza por andenes, compartiendo espacios con peatones y en un mínimo porcentaje (2,53 %) se movilizan por ciclobanda.

Teniendo en cuenta que en la encuesta se indagó acerca del recorrido que se hace al momento del uso de la bicicleta, se encontró que en términos generales la mayoría de los recorridos se realizan hacia la autopista sur, como eje principal, y su origen está en las seis comunas del municipio, como se puede observar en la Figura 27, siendo la comuna 2 (centro del municipio), en la zona en la cual se generan más cantidad de viajes y la comuna en la que se generan menos cantidad de viajes en bicicleta es la comuna 4, lo que puede estar relacionado con su topografía, teniendo en cuenta las altas pendientes que se presentan en dicha comuna.

Figura 27. Origen de los viajes en bicicleta.



Fuente: Elaboración Propia

Matriz de ponderación de variables

Una vez establecidas las variables y recopilada la información necesaria para el diseño de los nuevos trazados, se realiza la matriz de ponderación para la determinación de los trazados, la cual contempla los porcentajes de importancia. De acuerdo con la calidad de la información, teniendo en cuenta que el componente social puede llegar a tener un alto grado de subjetividad a diferencia de las variables generales y técnicas, al mencionado componente social se le otorga en la ponderación un porcentaje menor de incidencia (20%) y a las variables físicas y técnicas se le otorga una ponderación del 40% a cada una, como se observa en la Tabla 9.

Tabla 9. Matriz de ponderación de variables

VARIABLES	DESCRIPCIÓN	TOTAL	PONDERACIÓN
SOCIALES	Encuestas a usuarios potenciales	100%	**20%**
TOTAL		**100%**	
TÉCNICAS	Ancho de pistas y fajas ciclistas	20%	**40%**
	Trafico promedio	20%	
	Índices de inseguridad	20%	
	Topografía	20%	
	Diseño Geométrico	20%	
TOTAL		**100%**	
GENERALES	Zonas planas - Topografía	20%	**40%**
	Climatología	20%	
	Espacios libres - Zonas de Cesión	20%	
	Índice de ocupación	20%	
	Parques industriales	20%	
TOTAL		**100%**	

Fuente: Elaboración Propia

Con el análisis de las variables mencionadas se verifica el tipo de ciclo infraestructura a utilizar, de acuerdo con los parámetros definidos en el manual técnico del IDU los tipos de ciclo infraestructura se pueden englobar en cuatro para municipios o ciudades no planificadas, como es el caso del municipio de Soacha, así:

a) Cicloruta en sitio propio o en andén

Las ciclorutas en sitio propio o andén son utilizadas en zonas de protección hidráulica o de recreación pasiva afectadas por algún proceso de urbanización como zonas de cesión, se utilizan normalmente como elementos recreativos para la comunidad y buscan reducir tiempos entre orígenes y destinos urbanos.

b) Ciclorutas en vía compartida

Corresponde a fajas imaginarias en una calzada vial que están destinadas únicamente para el uso de vehículos no motorizados, normalmente este tipo de fajas ciclísticas se encuentra demarcadas de manera adecuada para que se evidencie la preferenciabilidad del carril.

c) Alameda para bicicletas

La alameda para bicicletas se refiere a zonas con un bajo volumen de tráfico que desemboca normalmente en una calle o vía arterial, son sitios combinados con peatones y otro de tipo de vehículos no motorizados o eléctricos.

d) Vías compartidas

Corresponde a fajas imaginarias en una calzada vial, tanto biciusuarios como vehículos motorizados comparten los mismos espacios, está diseñado para carriles que cuentan con un flujo bajo de vehículos (menores a 3000 vehículos promedio por día), normalmente son utilizadas en vías internas de la Ciudad o Municipio y no en vías arteriales o primarias, no existe una demarcación fija, sin embargo, puede utilizarse demarcación en pintura para indicar al biciusuario su ruta.

Propuesta De Trazado.

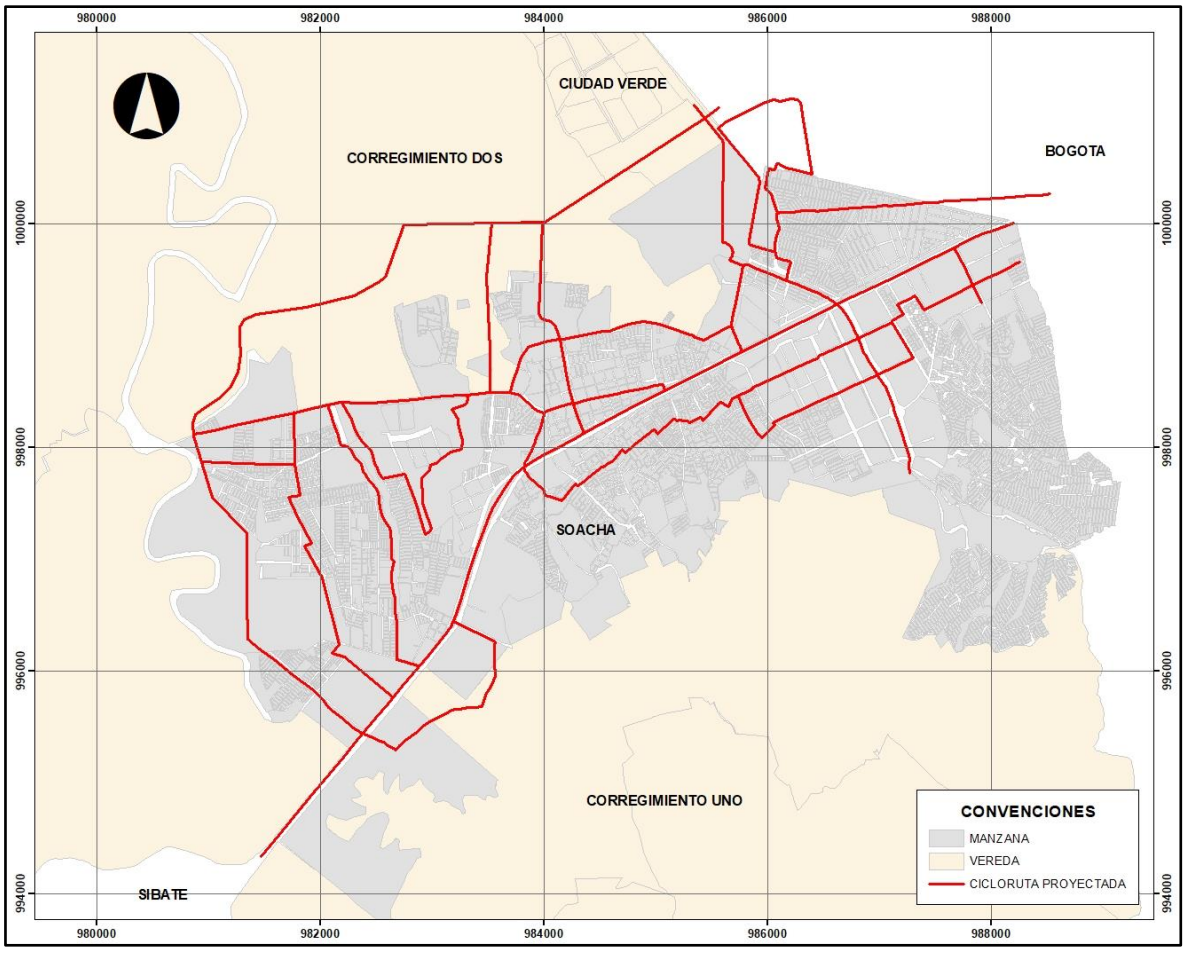
El Municipio de Soacha estructuro en el Plan de Ordenamiento Territorial del año 2000 un sistema de ciclorutas urbano que conecta las seis comunas con la Carrera 4ta o Autopista Sur, para esta proyección se utilizó la futura Avenida Variante Longitudinal, la Avenida Indumil, la Avenida Ciudad de Cali, la Avenida San Marón, las rondas de protección hidráulica del humedal Tierra Blanca, Neuta y Quebrada Tibanica, la actual carrera novena, carrera séptima y rutas internas de alto flujo ciclístico, en la Figura 28 se grafican los trazados conforme al POT vigente.

La estructuración de este sistema de ciclorutas se realizó para el Plan de Ordenamiento del año 2000 y no contemplo los macroproyectos como Ciudad Verde, el Plan Parcial las Huertas, Plan Parcial las Vegas, Urbanización Maipore, la Avenida Longitudinal de Occidente - ALO y otros desarrollos urbanísticos posteriores a la fecha del POT, sin embargo en la actualidad la construcción de ciclo infraestructura, se ha limitado a ciclorutas de anden sobre la Carrera 7, ciclorutas en los separadores de la Avenida Terreros, algunos tramos de ciclo ruta sobre anden y vía compartida en Ciudad Verde y un tramo corto en la calle 33 de San Mateo como se indica en la Figura 15.

Partiendo de la información inicial y teniendo en cuenta las variables para el análisis de alternativas de ciclo infraestructura sostenible, se realizó la propuesta de los trazados incluyendo las interconexiones con el Distrito Capital, para tal fin se tuvieron en cuenta las zonas de recreación pasiva, que pertenecen a la ronda de protección del Humedal Tierra Blanca y Rio Bogotá interconectándose con la Avenida Indumil hasta la avenida perimetral de la sabana que bordea el perímetro urbano del municipio y parte del corregimiento dos para conectar con el Distrito Capital, se tuvieron en cuenta los planes parciales ya desarrollados y futuros desarrollos como el Plan Parcial Las Vegas, se amplían los trazados del Macroproyecto Ciudad Verde y se extiende el sistema ciclístico hasta el embalse terreros, ofreciendo una alternativa de movilidad sostenible a la Comuna Cuatro y al sector de Ciudadela Sucre, que como ya se indicó por las condiciones de sus pendiente, no se proponen desarrollos internos en dichos sectores, además se planteó

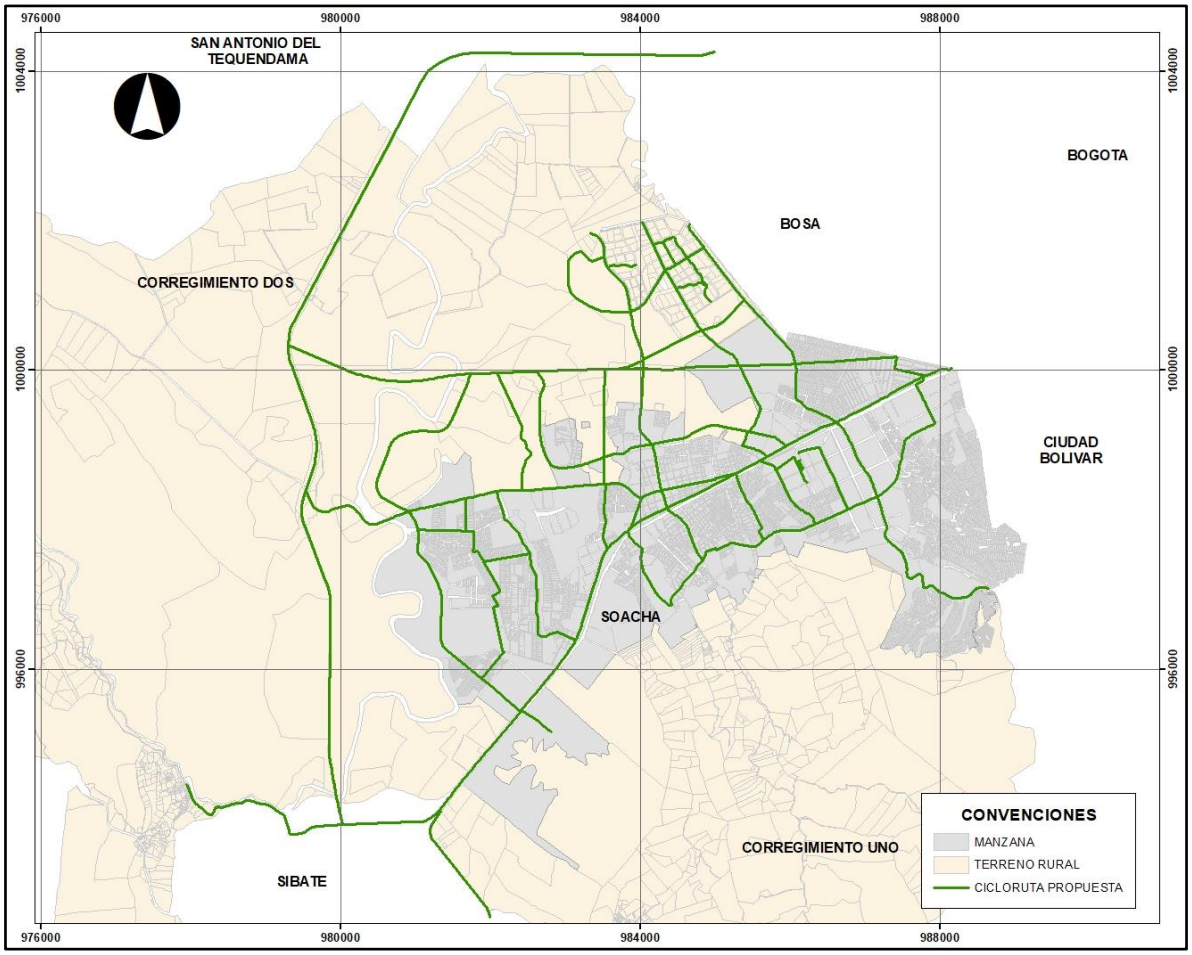
la posibilidad de conectar Soacha con el Municipio de Sibaté a través de una cicloruta bidireccional, el trazado propuesto se puede observar en la Figura 29.

Figura 28. Trazados de ciclo infraestructura proyectada municipio de Soacha (POT – Acuerdo No. 046 de 2000)



Fuente: Elaboración Propia con base en la cartografía municipal y lo establecido en el Plan de Ordenamiento Territorial.

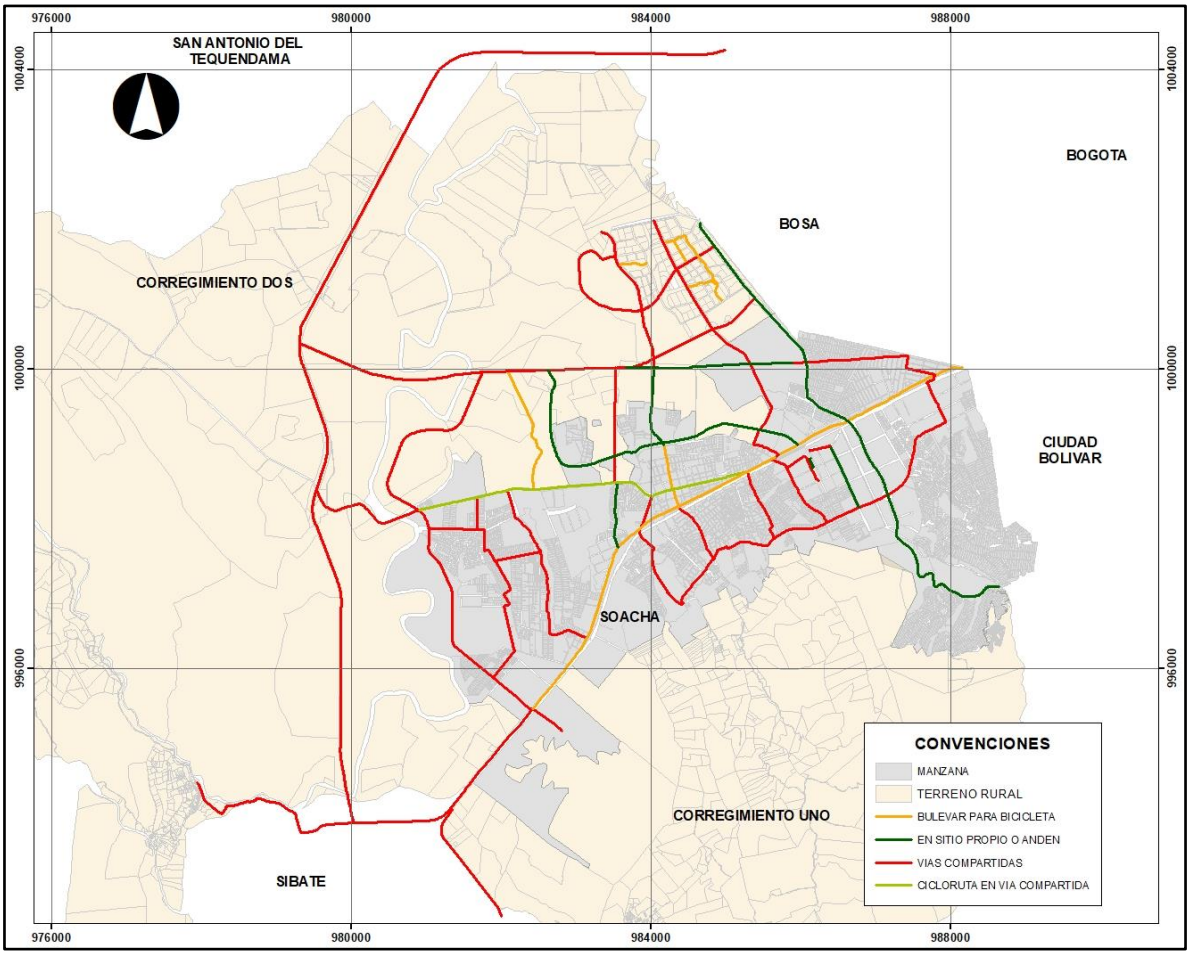
Figura 29. Trazado general de Ciclo infraestructura propuesta municipio de Soacha.



Fuente: Elaboración Propia con base en la cartografía municipal

Para el planteamiento de ciclo infraestructura, se realizó el análisis de perfiles viales, densidad vehicular promedio y fotointerpretación aérea a partir de imágenes satelitales con vigencia 2020-2021, lo que permitió combinar los cuatro tipos de ciclo rutas existentes (Alamedas, ciclo rutas axiales mixtas y ciclo rutas laterales sencillas y mixtas). en la Figura 30 se evidencia la clasificación de ciclo rutas de acuerdo con su tipo.

Figura 30. Ciclo infraestructura propuesta municipio de Soacha por tipologías.



Fuente: Elaboración Propia con base en la cartografía municipal

Para determinar los trazados propuesto se creó una matriz, la cual puede ser consultada en el anexo No. 2. Matriz de definición de propuesta trazados, en la cual se tuvieron en cuenta las siguientes variables, con los siguientes indicadores:

Ancho de pistas y fajas: Se establecen los perfiles viales conforme al Acuerdo 046 de diciembre 27 de 2000 - Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Soacha y al cálculo de anchos de vía a través de imágenes aéreas, para los perfiles más altos se otorga un puntaje del 25% (30 – 60 mts) un 20% (20 mts), 15% (15 mts) y 10% (10 mts), teniendo en cuenta que a mejor perfil vial se tienen mejores condiciones para el desarrollo de la infraestructura.

Trafico Promedio: Se establecen los criterios para categorización de las vías de la Red Vial Nacional TPD, vía primer orden (700Veh/día y >=700Veh/día), segundo orden (150Veh/día y <700Veh/día) y tercer orden (>=1 Veh/día y <150Veh /día), primer orden (25%), segundo orden (20%) y tercer orden (15%).

Índices de inseguridad: Se utilizan para el cálculo variables como el homicidio, hurto, microtráfico, lesiones personales, violencia intrafamiliar e inasistencia alimentaria, se clasifica en Muy Inseguro (10%), Inseguro (15%), Relativamente Seguro (20%) y Seguro (25%), con base en estadísticas de la Secretaría de Gobierno del Municipio de Soacha.

Diseño Geométrico: Se utilizaron criterios de diseño geométrico de la siguiente manera, Calzada doble (25%) y Calzada sencilla >= a 7,30 m (15%).

Climatología: Se realizó la Investigación climatológica a través de información secundaria suministrada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM - bosque húmedo montano en el área restante, cuenta con precipitaciones anuales de entre 500 y 1000 mm, como el Municipio es uniforme en la zona urbana se asignó un porcentaje de 20% a nivel global.

Topografía: Conforme al manual técnico del IDU se consideran zonas planas los sitios que no superan el 10% de pendiente, el municipio en la zona de los trazados se considera zona plana razón por cual se asigna un porcentaje global de 20%

Espacios Libres: Se realizó análisis de zonas de cesión producto de desarrollos urbanísticos o zonas afectadas por rondas de cuerpos hídricos y estructuras ecológicas principales, centros educativos, sitios de recreación, turismo, zonas de patrimonio, asignando un 20% a áreas con amplias zonas verdes y disminuye el porcentaje de acuerdo con zonas con más desarrollo habitacional y/o industrial y por ende menos espacios libres.

Índices de ocupación: Se realiza el cálculo del volumen de usuarios que pueden utilizar este tipo de infraestructura sostenible, se requiere entonces el análisis de centros de culto, plazas, plazoletas, sitios de aglomeración medida en Alta (20%), media (15%) y baja (10%).

Parques Industriales: Zonas de frecuencia laboral, sitios que alberguen un número extenso de funcionarios o trabajadores, sitios de alto impacto comercial, corredores y centros comerciales, se otorga un porcentaje a los trazados que tienen grandes industrias (20%), para corredores comerciales, industria informal, colegios, etc., se otorga un porcentaje de 15% y para zonas de bajo impacto industrial y/o comercial se otorga un porcentaje de 10%

En la Tabla 10, se observan un resumen de las características principales de los trazados propuestos.

Tabla 10. Resumen de características de los trazados propuestos.

Nombre	Longitud (km)	Ancho (mts)	Descripción
Avenida Longitudinal de Occidente - ALO	11,58	20 mts	Vía de primer orden que conecta el municipio de Soacha con Bogotá, desde la autopista Sur, Ciudad Verde y Localidad de Bosa
Autopista Sur - vía férrea	9,30	60 mts	Vía paralela a la Autopista Sur, que conecta el Distrito Capital con Soacha hasta Maipore
Circunvalar Soacha	6,60	10 mts	Vía que conecta Maipore con Avenida Ciudad de Cali, cruza P.P Santa Ana y Ciudad Latina
Avenida Indumil	4,30	20 mts	Vía de primer orden que conecta el centro del Municipio con la zona rural
Avenida Eugenio Diaz	4,60	20 mts	Vía periférica que bordea al municipio al sur y conecta la vía de la DG 9 - CL 7 con la Comuna 4
Diagonal 9 hasta Calle 7	1,70	20 mts	Vía secundaria que conecta la Av. Eugenio Diaz con la Autopista Sur
Calle 13	3,80	15 mts	Vía y/o boulevar que conecta la Av. Eugenio Diaz con la Avenida Soacha atravesando el Centro Municipal
Calle 24D	0,90	10 mts	Vía de segundo orden que conecta la Av. Eugenio Diaz con la Autopista Sur por la Calle 24D
Calle 30	1,18	25 mts	Vía de segundo orden que conecta la Av. Eugenio Diaz con la Autopista Sur por la Calle 30, atraviesa San Mateo
Alameda El Porvenir	5,70	60 mts	Vía de primer orden que conecta la Comuna 4 con el Macroproyecto Ciudad Verde, atravesando de sur a norte el Municipio

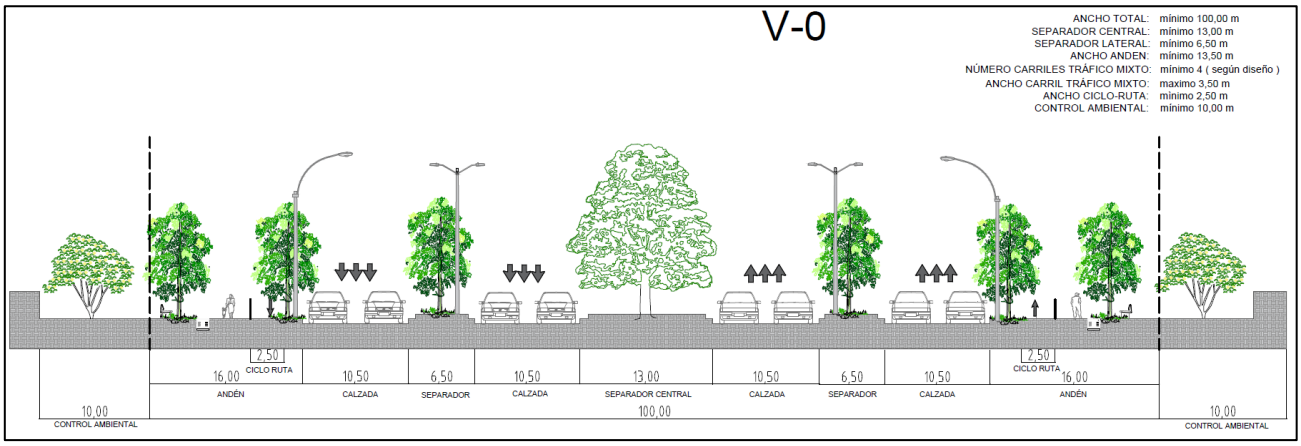
Nombre	Longitud (km)	Ancho (mts)	Descripción
Avenida Suacha	4,50	20 mts	Vía periférica que conecta la Autopista Sur con la Avenida Ciudad de Cali, atravesando el P.P. las Vegas
Avenida Ciudad de Cali	6,40	60 mts	Vía que conecta la Avenida ALO con el Distrito Capital pasando por P.P. Huertas, Las Vegas y Ciudad Verde
Avenida San Maron	1,50	50 mts	Via que conecta la Avenida Indumil con la Avenida Ciudad de Cali
Avenida Potrero Grande	3,09	30 mts	Via que conecta la Autopista Sur con el Macroproyecto Ciudad Verde
Avenida Tierra Negra	1,70	45 mts	Via que conecta Ciudad Verde con la Localidad de Bosa
Avenida Tierra Blanca	2,60	10 mts	Via que bordea el Humedal Tierra Blanca y conecta la Autopista Sur con la Avenida Indumil
Avenida Las Torres	4,30	15 mts	vía que conecta la Avenida Ciudad de Cali con la localidad de Bosa, por la Despensa y León XIII

Fuente: Elaboración propia

Con el fin de consolidar la propuesta de los trazados planteados, se proyectó una aproximación inicial a las secciones transversales en el Municipio de Soacha para vías tipo V-0 hasta V-6 (conforme a la clasificación establecida en el Plan de Ordenamiento Territorial), incluyendo la ciclo-infraestructura, estas contienen los elementos necesarios de acuerdo con las tipologías propuestas y acorde a la función y capacidad vial de los trazados proyectados (Ver anexo No. 3).

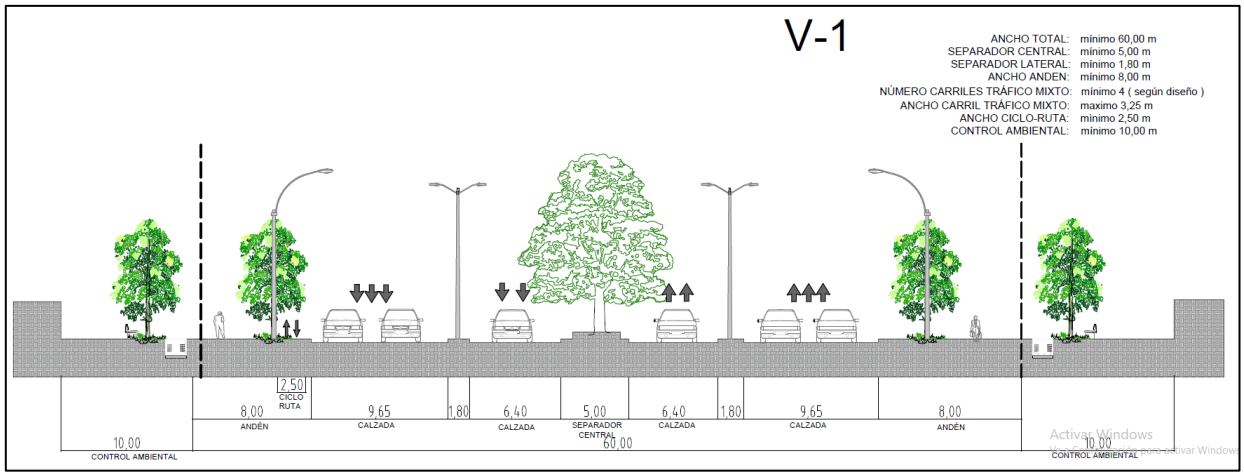
Para la propuesta de perfiles de los trazados establecidos, se tuvieron en cuenta los lineamientos estipulados en las cartillas del IDU como primera medida, posteriormente variables relevantes del Municipio de Soacha como el ancho de la vía, zonas de vegetación, arborización e iluminación y análisis de ciclo infraestructura en los dos sentidos de las vías para los perfiles en los que el ancho vial lo permite, ver las siguientes figuras.

Figura 31. Sección transversal tipo propuesta vía perfil V-0



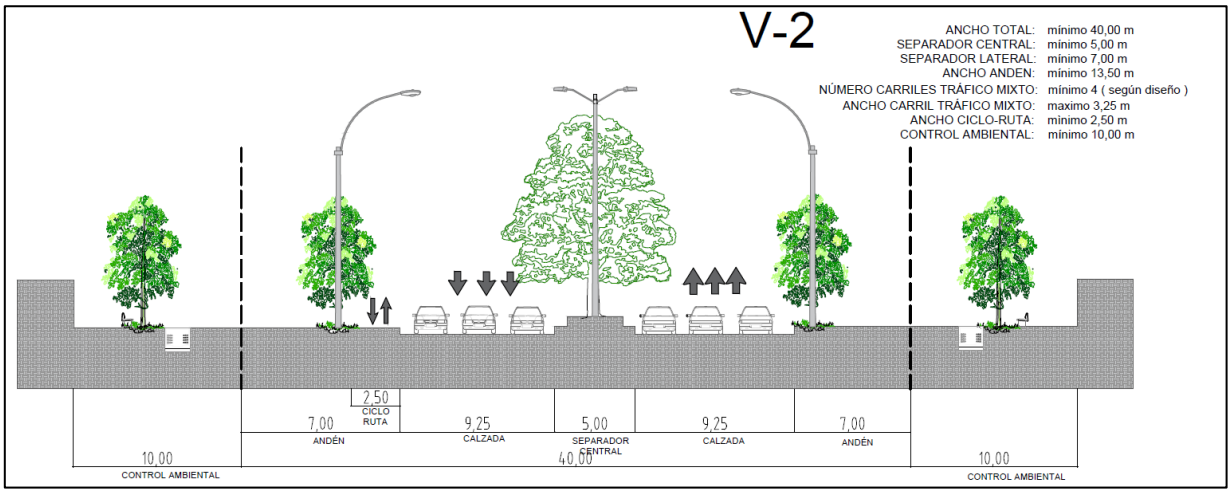
Fuente: Elaboración propia, diseñadas en ACAD

Figura 32. Sección transversal tipo propuesta vía perfil V-1



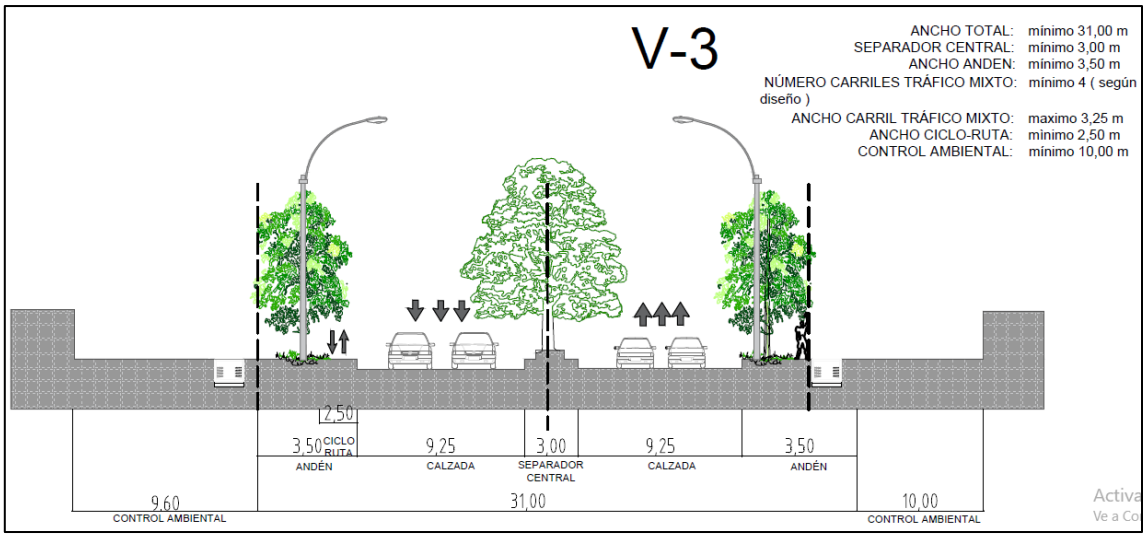
Fuente: Elaboración propia, diseñadas en ACAD

Figura 33. Sección transversal tipo propuesta vía perfil V-2



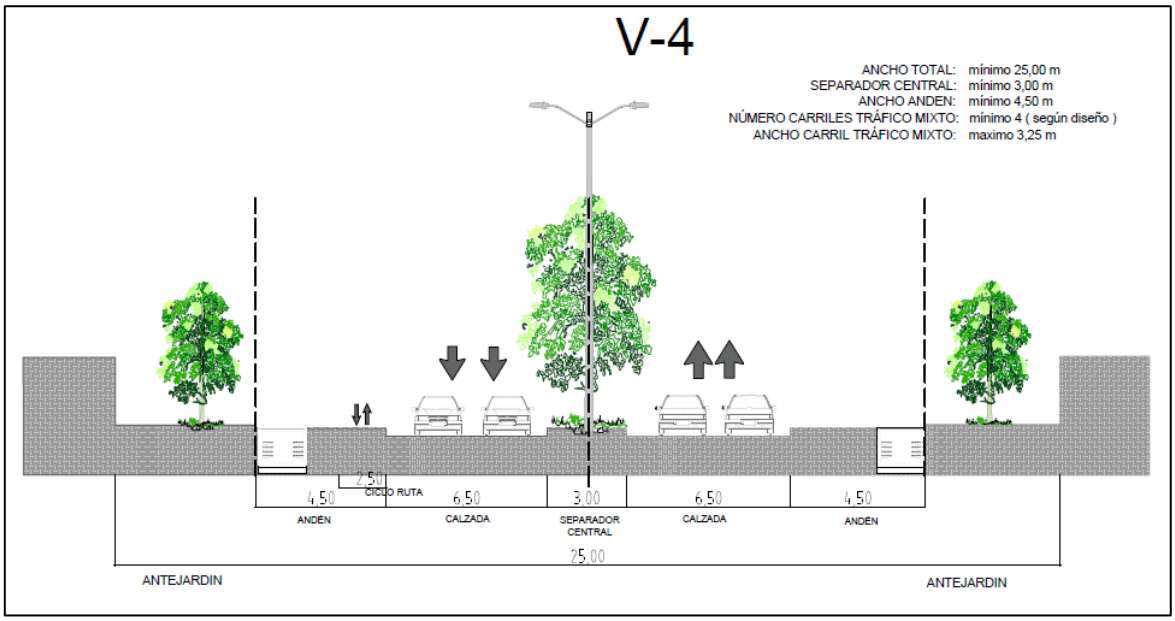
Fuente: Elaboración propia, diseñadas en ACAD

Figura 34. Sección transversal tipo propuesta vía perfil V-3



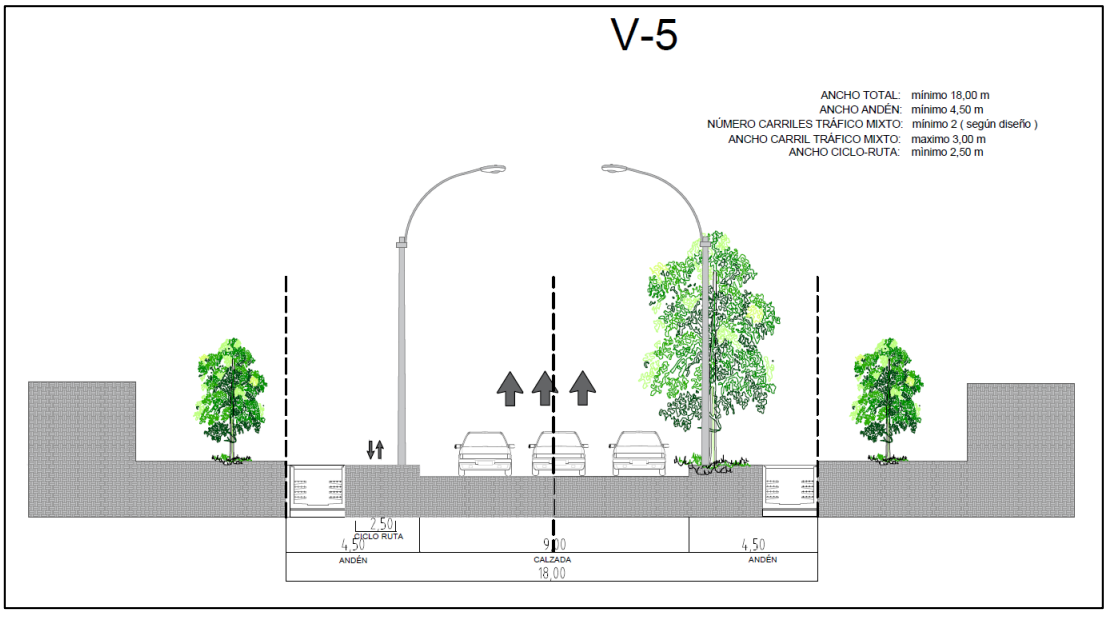
Fuente: Elaboración propia, diseñadas en ACAD

Figura 35. Sección transversal tipo propuesta vía perfil V-4



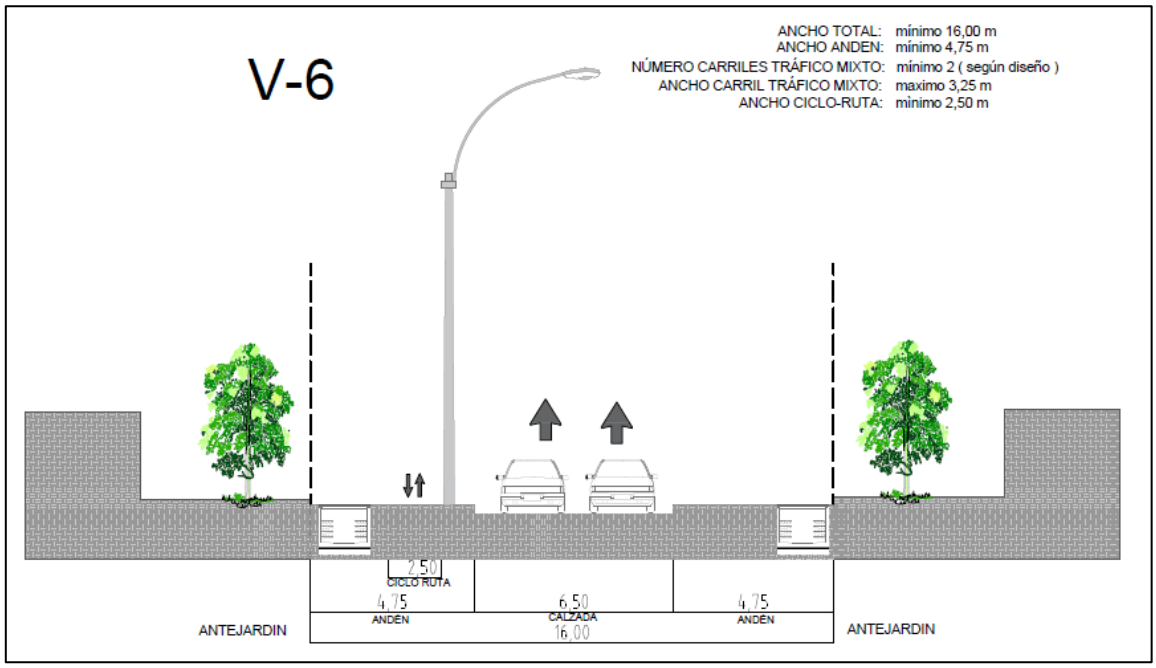
Fuente: Elaboración propia, diseñadas en ACAD

Figura 36. Sección transversal tipo propuesta vía perfil V-5



Fuente: Elaboración propia, diseñadas en ACAD

Figura 37. Sección transversal tipo propuesta vía perfil V-6



Fuente: Elaboración propia, diseñadas en ACAD

Estimación De Costos

Con el fin de contar con una referencia para conocer en términos aproximados los costos de la intervención a realizar a corto, mediano y largo plazo, en la Tabla 11, se relaciona el presupuesto para un kilómetro de ciclo-infraestructura de acuerdo con el proyecto tipo del DNP – Subdirección Territorial y de Inversiones públicas versión 2.0 “13. Construcción de ciclo-infraestructura y servicios complementarios” y con valores de referencia de precios del Instituto de Infraestructura y Concesiones de la Gobernación de Cundinamarca para el año 2021.

Tabla 11. Presupuesto aproximado de construcción por 1 km de cicloruta año 2021.

Producto	Unidad	Actividad	Costo Total (Pesos)
Ciclo infraestructura	Km	Realizar obras preliminares	$ 26.418.555
		Construir cilcoruta	$ 215.515.428
		Construir rampas, acceso a garajes y cicloparqueaderos	$ 236.263.662
		Señalizar ciclo ruta	$ 162.177.098
		Desarrollar interventoría del proyecto	$ 44.601.084
		Desarrolla la supervisión del proyecto	$ 8.800.000

Fuente: Elaboración propia adaptación proyecto Tipo DNP Construcción de ciclo infraestructura y servicios complementarios

Adicionalmente en la Tabla 12 se realizó un listado de las actividades para el mantenimiento rutinario, el mantenimiento periódico, rehabilitación y actividades anexas a una obra de esa envergadura, por precios unitarios, que sirve de referencia para cuantificar dichas actividades.

Tabla 12. Costos aproximados de actividades de mantenimiento rutinario, preventivo y correctivo para la ciclo-infraestructura.

PRESUPUESTO MANTENIMIENTOS RUTINARIOS		
DESCRIPCIÓN	**UNIDAD**	**VALOR UNITARIO**
MANTENIMIENTO RUTINARIO DE ANDENES EN ADOQUÍN O LOSETA INCLUYE SELLO DE JUNTAS, BARRIDO, RETIRO MANUAL DE CAPA VEGETAL Y TRANSPORTE Y DISPOSICION DE ESCOMBROS A 21km.	M2	$ 3.047
LAVADO DE ANDENES. INCLUYE ALQUILER DE HIDROLAVADORA 1300W. INCLUYE IMPLEMENTOS DE ASEO (DETERGENTE INDUSTRIAL), TRANSPORTE, AGUA, COMBUSTIBLE Y MANO DE OBRA.	M2	$ 6.860
SELLO DE FISURAS	ML	$ 7.552
MANTENIMIENTO RUTINARIO PARA CICLORUTAS INCLUYE SELLO DE FISURAS, BARRIDO, RETIRO MANUAL DE CAPA VEGETAL. ANCHO DE CICLO RUTA 2.5MT. RETIRO Y TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS A 21 KM.	ML	$ 22.824
PRESUPUESTO MANTENIMIENTOS PERIÓDICOS		
EXCAVACION MANUAL EN MATERIAL COMUN. Incluye cargue.	M3	$ 36.152
RETIRO DE ADOQUIN SOBRE MORTERO	M2	$ 2.555
TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS EN SITIO AUTORIZADO (distancia de transporte 21 Km). A distancia mayor del acarreo libre (90 m) en sitio autorizado por la entidad Ambiental competente.	M3	$ 44.213
TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE ESCOMBROS EN SITIO AUTORIZADO (distancia de transporte 28 Km)	M3	$ 57.078
SUBBASE GRANULAR PEATONAL SBG_PEA. SUMINISTRO, EXTENDIDO MANUAL, NIVELACIÓN, HUMEDECIMIENTO Y COMPACTACIÓN	M3	$ 142.208
MANTENIMIENTO CORRECTIVO DE ESPACIO PUBLICO LOSETA A-50 SOBRE ARENA. INCL. RETIRO LOSETA E INSTALAR LA MISMA.	M2	$ 26.697
MANTENIMIENTO CORRECTIVO ESPACIO PUBLICO EN ADOQUÍN DE ARCILLA LIVIANO SOBRE ARENA. INCL. RETIRO ADOQUÍN E INSTALAR EL MISMO. NO INCLUYE REDES.	M2	$ 32.294
DEMOLICIÓN PAVIMENTO ASFÁLTICO DE ESPESOR 10 cm. Incluye todos los costos de suministro de equipos (herramienta menor, martillo neumático, compresor, provisional de energía), transporte, manejo, almacenamiento, desperdicios, cargue y transporte de materiales sobrantes a escombrera autorizada y mano de obra.	M2	$ 12.614
PISO EN LOSETA PREFABRICADA A50 (Suministro e Instalación. Incluye Base 4cm Mortero 1:5 y Arena de Sello)	M2	$ 80.047

PISO EN ADOQUIN DE CONCRETO A25 20x10x6cm (Suministro e Instalación. Incluye Base 3cm Arena Nivelación y Arena de Sello)	M2	$	72.309
PISO EN ADOQUIN DE ARCILLA 26x6x6cm (Suministro e Instalación. Incluye Base 4cm Arena Nivelación y Arena de Sello)	M2	$	55.147
SARDINEL TIPO A10 (Suministro e Instalación. Incluye 3cm Mortero 2000 PSI)	ML	$	66.138
PISO EN ADOQUIN DE CONCRETO A25 20x10x8cm VEHICULAR (Suministro e Instalación. Incluye Base 3cm Arena Nivelación y Arena de Sello)	M2	$	82.203
PRESUPUESTO REHABILITACIÓN			
EXCAVACION MANUAL EN MATERIAL COMUN. Incluye cargue.	M3	$36.152	
RETIRO DE ADOQUIN SOBRE MORTERO	M2	$	2.555
DEMOLICIÓN PAVIMENTO ASFÁLTICO DE ESPESOR 10 cm. Incluye todos los costos de suministro de equipos (herramienta menor, martillo neumático, compresor, provisional de energía), transporte, manejo, almacenamiento, desperdicios, cargue y transporte de materiales sobrantes a escombrera autorizada y mano de obra.	M2	$	12.614
TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS EN SITIO AUTORIZADO (distancia de transporte 21 Km). A distancia mayor del acarreo libre (90 m) en sitio autorizado por la entidad Ambiental competente.	M3	$	44.213
TRANSPORTE Y DISPOSICION FINAL DE ESCOMBROS EN SITIO AUTORIZADO (distancia de transporte 28 Km)	M3	$	57.078
SUBBASE GRANULAR PEATONAL SBG_PEA. SUMINISTRO, EXTENDIDO MANUAL, NIVELACIÓN, HUMEDECIMIENTO Y COMPACTACIÓN	M3	$	142.208
PISO EN ADOQUIN DE ARCILLA 26x6x6cm (Suministro e Instalación. Incluye Base 4cm Arena Nivelación y Arena de Sello)	M2	$	55.147
PISO EN ADOQUIN DE CONCRETO A25 20x10x6cm (Suministro e Instalación. Incluye Base 3cm Arena Nivelación y Arena de Sello)	M2	$	72.309
PISO EN LOSETA PREFABRICADA A50 (Suministro e Instalación. Incluye Base 4cm Mortero 1:5 y Arena de Sello)	M2	$	80.047
MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE DENSA MD19 con Cemento Asfáltico (Suministro, Extendido, Nivelación y Compactación con vibrocompactador y compactador de llantas)	M3	$	731.964
IMPRIMACION CON EMULSION ASFALTICA CRL-0 (Suministro, Barrido Superficie y Riego)	M2	$	2.489
FILTRO DE DRENAJE DE 0.6m x 1.0m. SUMINISTRO E INSTALACION. (Incluye tubería perforada D=4", grava común 1/2" y geotextil NT 4000 o similar).	ML	$	229.481
PODA DE ÁRBOLES MEDIANOS, ALTURA : 8 MTS (ELIMINAR RAMAS SECAS, CON RIESGO DE ROTURA, RAMAS QUE ESTORBEN EL PASO DE PERSONAS O TOQUEN CABLES O EDIFICIOS)	UN	$	182.506
TRATAMIENTO SILVICULTURAL PODA DE RAÍCES (Incluye excavación manual, corte, cicatrización y disposición final de escombros a 28 Kilómetros)	UN	$	489.621
CONTENEDOR DE RAICES TIPO B22 (TIPO C) (1.60m x 1.60m x 1.60m) INCLUYE MUROS EN CONCRETO GRAVA COMÚN 3000 PSI (210 Kg/Cm2), SUMINISTRO	UN	$	936.015

CONSTRUCCIÓN Y FILTRO EN GRAVILLA 1/2", FORMALETA Y REFUERZO. NO INCLUYE TIERRA NEGRA.		
OTRAS ACTIVIDADES ANEXAS		
SISTEMA DE GESTIÓN AMBIENTAL, SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO	UN	$ 413.724.463
DIALOGO CIUDADANO Y COMUNICACIÓN ESTRATÉGICA	UN	$ 26.340.935
PLAN DE MANEJO DE TRAFICO	UN	$ 177.245.125
AJUSTES ESTIMADOS POR CAMBIO DE VIGENCIA PARA OBRAS, MANEJO AMBIENTAL-SST-DIALOGO CIUDADANO Y COMUNICACIÓN ESTRATÉGICA-MANEJO DE TRAFICO	UN	$ 101.401.616
VALOR PARA ENSAYOS DE LABORATORIO PARA DISEÑOS DE LA INTERVENCIÓN (INCLUYE AJUSTES E IVA)	UN	$ 10.072.641
VALOR PARA EL FONDO ESPECIAL PARA PAGO DE EVALUACIÓN, SEGUIMIENTO Y COMPENSACIONES A LA AUTORIDAD AMBIENTAL (INCLUYE IVA)	UN	$ 592.345
VALOR PARA MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD (INCLUYE COSTOS ADMINISTRATIVOS Y AJUSTES)	UN	$ 227.431.242
COSTOS ESTIMADOS PARA DISEÑOS DE LA INTERVENCIÓN (INCLUYEN AJUSTES E IVA)	M2	$ 4.128

Fuente: Elaboración propia, con base en precios ICCU

Con la anterior información se estimaron los costos de construcción que se relacionan en la Tabla 13 para los diferentes trazados propuestos.

Tabla 13. Costos aproximados de construcción de los trazados propuestos.

No.	TRAZADOS PROPUESTOS	LONGITUD	COSTOS CONSTRUCCIÓN
1	Avenida Longitudinal de Occidente - ALO	11,58	$ 8.033.924.077
2	Autopista Sur - vía férrea	9,30	$ 6.452.115.191
3	Circunvalar Soacha	6,60	$ 4.578.920.458
4	Avenida Indumil	4,30	$ 2.983.236.056
5	Avenida Eugenio Diaz	4,60	$ 3.191.368.804
6	Diagonal 9 hasta Calle 7	1,70	$ 1.179.418.906
7	Calle 13	3,80	$ 2.636.348.143
8	Calle 24D	0,90	$ 624.398.244
9	Calle 30	1,18	$ 818.655.476
10	Alameda El Porvenir	5,70	$ 3.954.522.214
11	Avenida Suacha	4,50	$ 3.121.991.222
12	Avenida Ciudad de Cali	6,40	$ 4.440.165.293
13	Avenida San Maron	1,50	$ 1.040.663.741
14	Avenida Potrero Grande	3,09	$ 2.143.767.305
15	Avenida Tierra Negra	1,70	$ 1.179.418.906

No.	TRAZADOS PROPUESTOS	LONGITUD	COSTOS CONSTRUCCIÓN
16	Avenida Tierra Blanca	2,60	$ 1.803.817.150
17	Avenida Las Torres	4,30	$ 2.983.236.056

Fuente: Elaboración propia, con base en precios ICCU

Atributos para la elección de los trazados.

La elección de los trazados de los ejes debe contener el análisis de los siguientes aspectos relevantes, lo que se convierte en una herramienta de decisión, así:

- Condiciones físicas de construcción: Estas condiciones se encuentra relacionada con los diferentes tipos de ciclo infraestructura que se proyecta construir en cada uno de los trazados planteados, ya que en función de las condiciones de la zona en la que se proyecta el trazado, se pueden determinar las alternativas a implantar, esta factibilidad se debe adelantar para cada uno de los trazados planteados.
  Las diferentes alternativas se pueden clasificar en función de la seguridad y comodidad del bici usuario.
  Las condiciones físicas de construcción constituyen un factor primordial a considerar para la selección de los trazados, debido a que, si físicamente no se puede implantar lo propuesto o su implantación incrementa sustancialmente los costos, el trazado planteado debe ser descartado.
- Flujo proyectado de bicicletas en los ejes planteados: Este aspecto de igual manera es importante, porque se busca que la infraestructura planteada sea usada de manera suficiente y no se terminen haciendo inversiones en trazados que a la final no sea usado.
  Para el análisis de flujos se hace necesario la medición de estos en diferentes puntos, el procesamiento de dichos datos y el análisis de los resultados del procesamiento.
  Los conteos de flujos de todos los medios de transporte se deben hacer en diferentes zonas del municipio y principalmente en las zonas en las cuales se están planteando los diferentes trazados, de igual manera se deben hacer en diferentes días de la semana y en diferentes horarios, esta información se usará para la modelación de los flujos de bicicletas. Conforme al documento del Ministerio de Transporte, en Colombia se catalogan zonas con un alto fuljo de ciclistas a aquellas en las que transiten más de 500 ciclistas hora en ambos sentidos.
  La medición de los flujos se debe hacer para todos los medios de transporte que confluyan en el eje proyectado (vehículos livianos, vehículos pesados, transporte público y bicicletas). Como primera medida los datos de flujos de bicicletas obtenidos se deben clasificar para cada uno de los trazados proyectados en función del flujo de bicicletas.
- Análisis de accidentalidad vial en la zona de influencia del trazado planteado: Se debe conocer para cada trazado proyectado su nivel de riesgo, dando prioridad de intervención a los trazados en los cuales se tienen mayores niveles de

accidentalidad, se debe recopilar la información de la secretaría de movilidad del municipio y de las diferentes entidades del orden nacional que tenga este tipo de información.

La información de la accidentalidad debe ser calificada como ya lo hace la Secretaría de Movilidad del Municipio de Soacha, de acuerdo con la gravedad de los accidentes (con muerto, con herido, solo daños), localización del accidente, clase de accidente (atropello, choque, otro), clases y número de vehículos involucrados, total de víctimas.

Teniendo en cuenta la información recopilada, se tomarán como prioritarios los trazados en los cuales se produzcan con mayor frecuencia accidentes en los que se vean involucrados ciclistas, sin tener en cuenta el tipo de lesiones de los involucrados, para trazados viales donde se identifique en la información histórica por lo menos un accidente se deberá considerar como un nivel de riesgo medio y riesgo bajo si no se ha presentado ningún accidente.

- Interferencia con otros medios de transporte: Otras de las características a tener en cuenta son los trazados que produzcan mayores interferencias con otros medios de transporte, esto consiste en analizar los trazados que antes de la intervención con la ciclo-infraestructura tienen altos flujos vehiculares que se pueden ver interrumpidos por el tránsito de las bicicletas, generando disminuciones en la velocidad, accidentes, disminución de capacidad de la vía, para la medición se propone establecer un factor de interferencia en el cual se identifique el flujo vehicular y el flujo de bicicletas vs la capacidad de la vía.

7.3.3. ETAPA 3 Diseño

Para el desarrollo de esta etapa se recomienda aplicar dos documentos públicos existentes en Colombia y que corresponden a las guías que ofrecen parámetros para el desarrollo de este tipo de infraestructura y son las siguientes:

- Lineamientos vías ciclistas, expedido por el Ministerio de transporte (2017).
- Guía de ciclo-infraestructura par ciudades colombianas expedida por el Ministerio de transporte (2016).

En el presente numeral se extractarán y resumirán los parámetros principales para tener en cuenta al momento de desarrollar la etapa del diseño.

Lineamientos para tener en cuenta en el diseño de la ciclo-infraestructura.

En la Tabla 14 se establecen los principales lineamientos que se deben tener en cuenta para el diseño de la ciclo-infraestructura, así:

Tabla 14. Principales lineamientos del diseño de la ciclo-infraestructura

LINEAMIENTO	CONCEPTO
Seguridad	Tanto a la vía como al ciudadano, es decir que se debe tener en cuenta no solo los conflictos con otros medios de transporte, sino también a las situaciones de criminalidad (cifras oficiales y precepción). El trazado y el diseño deben propender por minimizar las condiciones de riesgo real y percibido.
Directividad	Consiste en la búsqueda del recorrido de distancias más cortas y directas entre los diferentes orígenes y destinos, se deben propiciar rutas lo más directas que disminuyan la frecuencia de detenciones, interseciones y desvíos con una velocidad adecuada de recorrido, lo anterior se relaciona de manera directa con el tiempo que emplean las personas para transportarse de su origen a su destino.
Coherencia	Se mide en tres condiciones, la primera relacionada con que la ciclo infraestructura sea la apropiada a todos los tipos de personas que vaya a hacer uso de ella, en función de la vulnerabilidad y habilidad de las personas en el uso de la bicicleta, la segunda se relaciona con el cubrimiento de la ciclo infraestructura proyectada, de manera que cubra la mayor cantidad de recorridos desde su origen hasta su destino y teniendo en cuenta la posibilidad de combinación de otros medios de transporte con la bicicleta como el transporte público y por último la red de ciclo infraestructura debe ofrecer continuidad de las diferentes rutas planteadas.
Comodidad	Reducción del esfuerzo físico y mental al usar la bicicleta evitando conflictos o tensiones con los demás actores viales, esto implica evitar situaciones repetitivas en las paradas, arranques y aceleraciones, pendientes muy pronunciadas, vibraciones por las condiciones del pavimento.
Atractividad	Se relaciona con la percepción del ciclista que le resulta estimulante el uso de la red diseñada, con el aprovechamiento de los recursos paisajísticos y ambientales del entorno y proponiendo trazados en donde se presenten bajos niveles de contaminación ambiental y auditiva, otras de las situaciones que puede hacer atractiva una red de ciclo infraestructura está en el que la misma se involucre en la intermodalidad especialmente con el transporte público.
Integración espacial	Busca lograr unidad entre la ciclo-infraestructura proyectada y su entorno, integrándose con su contexto espacial.
Experiencia del usuario	Lo que se busca con este lineamiento es que tanto los bici usuarios como los peatones tengan una experiencia positiva con el diseño, otorgando la posibilidad de contar con un viaje agradable.
Valor socioeconómico	El valor agregado de la ciclo-infraestructura al contexto en el que se desarrolla se ve desde el punto de vista social y económico, con la atracción a instalaciones y desarrollos comerciales, mejorando a habitabilidad de las áreas y fortaleciendo el sector comercial.

Fuente: Ministerio de transporte Lineamientos vías ciclistas

Estudios

Los lineamientos que se dan por parte del Ministerio del Transporte para el diseño de las vías se relacionan de manera estrecha con los que se establecen para un proyecto de infraestructura vial municipal, y que se observan en la Tabla 15.

Tabla 15. Lineamientos establecidos por el Ministerio de Transporte para los estudios que se deben adelantar.

TRANSVERSAL	ESTUDIO	LINEAMIENTO QUE APLICA							
		Seguridad	Directividad	Coherencia	Comodidad	Atractividad	Integración espacial	Experiencia del	Valor socioeconómico
Seguridad Vial	Tránsito y transporte	X		X	X	X		X	X
	Diseño geométrico y señalización		X	X	X	X	x		
	Diseño de pavimentos	X		X	X	X			
	Geotecnia	X							
	Hidráulica e Hidrología	X			X				
	Iluminación	X	X	X					
	Estructuras	X							
	Otras redes	X							
	Urbanismo y paisajismo	X	X		X	X	X	X	X
	Legal	X	X	X			X	X	X
	Predial	X	X			X			
	Ambiental	X	X	X	X	X			
	Social	X	X	X					
	Servicios e instalaciones complementarias	X	X	X	X	X			
	Mantenimiento	X				X			

Fuente: Ministerio de transporte Lineamientos vías ciclistas

- Estudios de tránsito y transporte: Se debe adelantar en las vías del municipio en las cuales se presente un alto flujo de ciclistas y en la vías de ingreso o salida del municipio, en dicho estudio se debe hacer la recopilación de la información en campo en donde se puede determinar: la zona de influencia del proyecto, datos de la población con indicadores socioeconómicos, tránsito promedio diario de automotores y bicicletas, composición vehicular (desagregada), horas de demanda de automotores y bicicletas, velocidad promedio de operación de automotores y bicicletas, volumen de peatones y conflictos con los bici usuarios, matrices de origen-destino, recomendación de integración con otros modos de transporte, proyección de la demanda esperada en escenarios de 5, 10, 15 y 20 años.

- Diseño geométrico y señalización: Basados en la recopilación del estudio de tránsito y la información topográfica se realiza el diseño geométrico con parámetros como: velocidad de diseño, vehículo de diseño (bicicletas), tipo de ciclo infraestructura, ancho de calzada, radios de curvatura, distancia de visibilidad y de frenado y pendientes longitudinales y transversales.
  En función de lo obtenido en el diseño geométrico se debe hacer el diseño de la señalización horizontal y vertical en cumplimiento del Manual de Señalización Vial del Ministerio de Transporte.

En la guía de ciclo – infraestructura para ciudades colombianas se identifican dos tipos de espacios de circulación de bicicletas que se pueden proyectar y esta clasificación está dada en función de su relación con los otros usuarios, así:

- Vías ciclistas: En estas se reservan espacios exclusivos para la circulación de las bicicletas y no se superponen con los espacios de otros usuarios de las vías y está dada por los siguientes criterios: la relación con otros modos de movilidad, el trazado, los elementos de segregación (segregación física o blanda).
- Vías ciclo-adaptadas: Esta ciclo-infraestructura se encuentra integrada a los perfiles viales del tránsito motorizado o el uso de infraestructura peatonal.

En las Tabla 16 y Tabla 17, se observan las ventajas y desventajas que se establecen en la Guía de ciclo – infraestructura para ciudades colombianas del Ministerio de Transporte, en cuanto a la implementación de cada una de las anteriores tipologías, que deben ser tenidas en cuenta al momento de seleccionar la tipología a diseñar:

Tabla 16. Principales ventajas e inconvenientes de las vías ciclistas

TIPOLOGÍA	VENTAJAS	INCONVENIENTES
Cicloruta	• Máxima comodidad y relajación para ciclistas entre intersecciones • Máxima seguridad entre intersecciones y máxima capacidad de atracción de nuevos usuarios	• Menor visibilidad entre ciclistas y otros vehículos en intersecciones en caso de no contar con diseño adecuado. • Máxima ocupación del espacio • Relativamente cara. • Nueva barrera para el peatón si transcurre al nivel del andén
Ciclobanda-calzada	• Facilidad de implantación • Costo mínimo de implantación y reposición. • Flexibilidad de uso por parte de ciclistas • Buenas condiciones de visibilidad en intersecciones. • Permite circular de modo seguro a altas velocidades	• Propensión al uso indebido de vehículos circulando o estacionados. • Fricción con las paradas de autobús. • Baja percepción de seguridad, especialmente para ciclistas con poca experiencia. • Mayor exposición de ciclistas a emisiones contaminantes y acústicas. • Aumento del ancho de la calzada, puede conducir a secciones urbanísticas desequilibradas
Ciclobanda-andén	• Relativamente sencilla y barata para implantar. • Aprovecha y refuerza los cruces peatonales. • Atractiva para nuevos usuarios con escasa experiencia.	• Conflictividad con peatones. • Incomodidad para ciertos usos estanciales y recreativos del espacio peatonal. • No contribuye al calmado del tráfico, y por lo tanto, no es tan útil a efectos de un cambio en el modelo de movilidad. • Puede generar una errada cultura de la movilidad, en la que se asocia bicicleta y peatón excluyendo a las

TIPOLOGÍA	VENTAJAS	INCONVENIENTES
		personas que utilizan la bicicleta del resto de la malla vial.

Fuente: Guía de ciclo infraestructura

Tabla 17 Principales ventajas e inconvenientes de la vía segregada

TIPOLOGÍA	VENTAJAS	INCONVENIENTES
Banda ciclopreferente	• 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	• Percibida como insegura por parte de ciclistas con poca experiencia • Puede requerir el complemento de otras medidas de moderación del tránsito (velocidad, volumen) • Menos atractiva que las vías segregadas (exposición a la contaminación), a no ser que el volumen del tránsito sea reducida.
Carril ciclopreferente	• Costo mínimo • Máxima flexibilidad para ciclistas • Buena visibilidad del ciclista	• 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	• Costo mínimo • Máxima flexibilidad para ciclistas • Atractiva también para peatones • Buena visibilidad del ciclista	• Solo es percibida como segura si las medidas del tránsito calmado que la acompañan son efectivas
Carril bus bici	• Costo mínimo • Fácil implementación	• Percibido como inseguro por parte de usuarios menos experimentados • Reducción de la velocidad comercial de los autobuses • Conflictos en las paradas
Contraflujo	• Costo mínimo • Máxima flexibilidad para ciclistas	• Puede ser percibida como inseguro • 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 • Reducción de la velocidad en los desplazamientos en bicicleta • Puede generar una errónea cultura de la movilidad, en la que se asocia bicicleta y

TIPOLOGÍA	VENTAJAS	INCONVENIENTES
		peatón excluyendo a las personas que utilizan la bicicleta del resto de la malla vial

Fuente: Guía de ciclo infraestructura para ciudades colombianas

Otras de las condiciones que se debe tener en cuanta, en lo que respecta al diseño geométrico, corresponde a lo referente a los sentidos de circulación (unidireccional o bidireccional), conforme a lo establecido por la guía de ciclo infraestructura para ciudades colombianas, en ciclobanda aplica la unidireccionalidad y para cicloruta aplican las dos opciones. La aplicación de este factor incide en la seguridad, la comodidad del ciclista y los conflictos con los peatones. En la Tabla 18 se observa las ventajas e inconvenientes para cada una de las opciones:

Tabla 18 Ventajas e inconvenientes de vías unidireccionales o bidireccionales

TIPOLOGÍA	VENTAJAS	INCONVENIENTES
Unidireccional	• Las bicicletas circulan en el mismo sentido que el tránsito motorizado, lo que simplifica el diseño de las intersecciones • Mayor facilidad para el cruce de peatones • Mayor seguridad en intersecciones, pues las personas que conducen los vehículos motorizados tienden a concentrarse en el sentido de la calzada • Mas flexibilidad para combinar diferentes tipos de vías ciclistas, si las condiciones lo requieren • Mayor capacidad que las vías con dos sentidos de circulación	• Mayor costo de ejecución y limpieza • Se requiere más espacio para su implantación • Puede haber ciclistas que circulen en contraflujo
Bidireccional	• Menor costo de ejecución y mantenimiento • Si hay pocos ciclistas, mayor espacio disponible para circular en paralelo • Se requiere menor espacio vial para su implantación	• No son adecuadas en trayectos con muchas intersecciones, cruces o vados, ya que suelen ser menos seguras • Menos adecuadas para redes secundarias, ya que ofrecen menos flexibilidad para circular en bicicleta • Mayores dificultades para el cruce peatonal de la vía ciclista • Pueden reducir la capacidad de los flujos vehiculares en las intersecciones • Menor capacidad que las vías unidireccionales

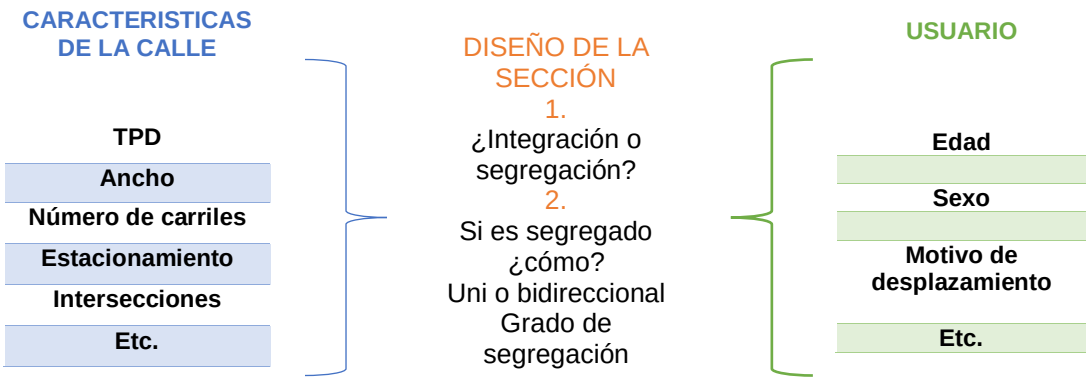
TIPOLOGÍA	VENTAJAS	INCONVENIENTES
		• Requieren una mayor segregación. En consecuencia, los ciclistas son menos visibles para las personas que conducen los demás vehículos • Posibilidad de choque frontal ciclista/ciclista

Fuente: Guía de ciclo infraestructura para ciudades colombianas

Otros criterios definidos por la guía para la selección, corresponde a las características de la vía, con el fin de establecer la desegregación de la bicicleta, como el tránsito promedio diario (TPD), la velocidad el ancho disponible de la selección, el uso actual de la vía, lo que lleva a condicionar las posibilidades de redistribuir los espacios.

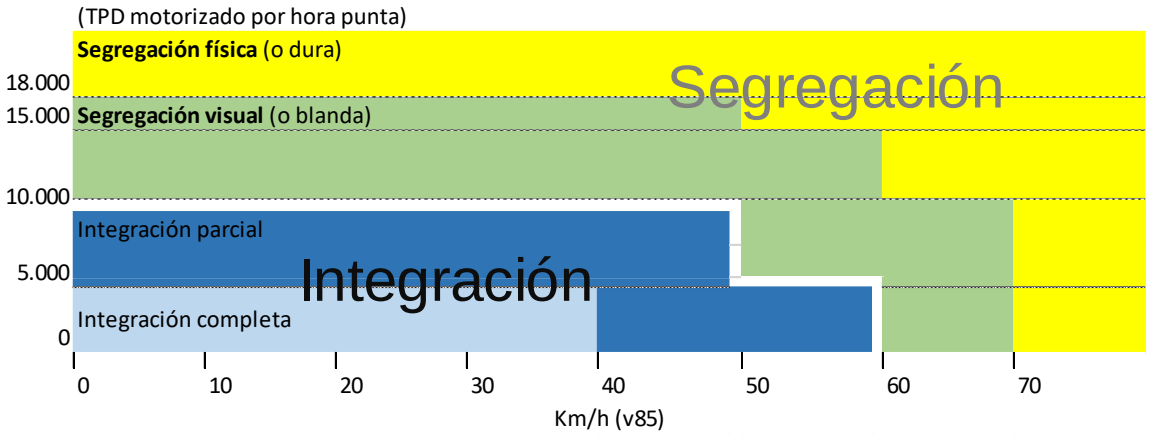
Otros de los criterios que influyen en la definición de una infraestructura segregada o con adaptación a la calzada, corresponde al tránsito promedio diario (TPD) y velocidades reales, como se indica en las Figura 38 y Figura 39

Figura 38. Criterios para la elección de la tipología de la vía ciclista



Fuente: Guía de ciclo infraestructura para ciudades colombianas

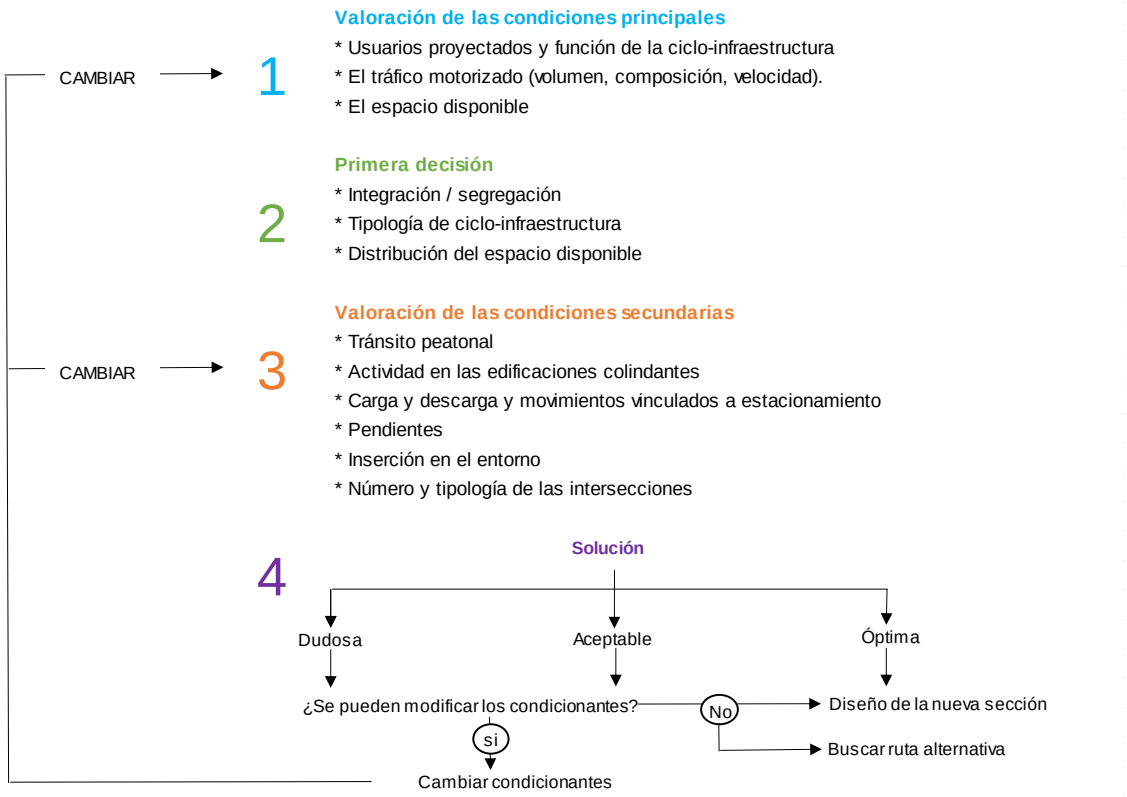
Figura 39. Criterios de integración/segregación en función del volumen y la velocidad del tránsito motorizado.



Fuente: Guía de ciclo infraestructura para ciudades colombianas

En la Figura 40 se observa la metodología planteada para encontrar la tipología adecuada a implantar en función de las condiciones ya mencionadas.

Figura 40. Metodología planteada para encontrar la tipología adecuada



Fuente: Guía de ciclo infraestructura para ciudades colombianas

- Pavimentos y superficie: Corresponde a los estudios de suelos e investigación de campo y el diseño de pavimentos, se debe garantizar que se cuente con la información suficiente para poder diseñar la estructura de pavimento o superficie de la ciclo-infraestructura proyectada, aunque el tránsito de bicicletas no genera cargas importantes, la estructura diseñada debe soportar tránsitos esporádicos de vehículos de emergencia o de mantenimiento.

  En la superficie se deben tener en cuenta condiciones de rigidez, regularidad, adherencia de la superficie y drenaje, ya que estas condiciones influyen en la comodidad y la seguridad del bici usuario; de igual manera la superficie debe estar exenta de baches y sin discontinuidades, textura superficial adecuada que no permita deslizamientos.

  En la Tabla 19, se observa la valoración de soluciones de la superficie de rodadura en función de los criterios que influyen en la seguridad y comodidad del usuario.

  Tabla 19. Tabla de valoración de soluciones tipo de superficie de rodadura

	MEZCLAS BITUMINOSAS	CONCRETO	ADOQUIN/ BALDOSA	GRAVILLA COMPATADA
Adherencia	●●●	●●●	●●●	●
Resistencia rodadura	●●●	●●	●	○
Resistencia a la erosión	●●●	●●●	●●●	○
Regularidad superficial	●●●	●●	●	○
Consto de construcción	●	●●	○	●●●
Costo de Mantenimiento	●●	●●	●	●
Compatibilidad con los vehículos motorizados	●●●	●●●	●	○

○ Mala ● Regular ●● Aceptable ●●● Buena

Fuente: Guía de ciclo infraestructura para ciudades colombianas

De igual manera en la Tabla 20 se observan las rodaduras recomendables según el tipo de ciclo-infraestructura

Tabla 20. Rodaduras recomendadas según el tipo de ciclo-infraestructura

RODADURAS	CICLORUTA	CICLOBANDA-CALZADA	CICLOBANDA-ANDÉN	CALZADA COMPARTIDA
Asfalto	●●●	●●●	●●	●●
Concreto	●●	●	●	●●
Adoquín	●	●	●●●	●●
Baldosa	●	○	●●●	○
Gravilla compactada	●		○	○

○ Desaconsejable ● Menos recomendable Adecuado Óptimo

- Opción adecuada en vías por zonas verdes

Fuente: Guía de ciclo infraestructura para ciudades colombianas

- Hidráulica e hidrología: Se deben presentar los diseños de las diferentes redes y/o estructuras hidráulicas para que la ciclo-Infraestructura cumpla con requisitos como la no colocación de elementos como sumideros, cajas, pozos o cualquier estructura que interfiera con el desplazamiento de los biciusuarios, se debe garantizar la seguridad y comodidad de los ciclistas por lo cual no se deben generar empozamientos.
- Iluminación: Este elemento incide de manera importante en la seguridad y comodidad de los usuarios y los lineamientos del ministerio recomienda que se debe cumplir con el reglamente técnico de instalaciones eléctricas – RETIE y los elementos del sistema de iluminación, no pueden invadir la ciclo-infraestructura o disminuir el ancho de esta, las redes deben ser subterráneas y la iluminación de la ciclo-infraestructura debe invitar a los usuarios a circular por ella en momentos del día en los que no se tiene suficiente luz natural.
- Estructuras: Cualquier estructura que se diseñe en la vía debe ser pensada en la seguridad y comodidad del biciusuario, así como la conectividad, directividad y coherencia.
- Urbanismo y paisajismo: Este diseño debe tener en cuenta el entorno, analizando las alternativas que minimicen el impacto que puede causar la ciclo infraestructura, los estudios deben tener en cuenta las características climáticas, siembra de especies arbóreas que generen sombra o constituyan barreras vivas.
- Predial: Se debe analizar si con la implantación de la ciclo-infraestructura se afectan predios y de ser así se debe proceder a su adecuada identificación cartográfica, catastral y jurídica y adelantar los avalúos y negociaciones necesarias para su adquisición.
- Ambiental: Se debe formular el respectivo plan de manejo ambiental, en el cual se analicen los posibles impactos ambientales y establecer las medidas de mitigación de estos, así como los indicadores de medición.
  Cálculo de la inversión: Una vez recopilada la información de los diseños antes descritos, se deben hacer los cálculos necesarios que permitan cuantificar los costos en los cuales se debe incurrir, para construir la ciclo infraestructura diseñada, se deben adelantar los análisis de precios unitarios de todos los ítems involucrados en la construcción y se debe identificar y cuantificar cada una de las actividades propuestas.

Teniendo en cuenta el alcance del presente trabajo de grado, esta etapa no se desarrolló para el caso de aplicación.

7.3.4. ETAPA 4 Educativa

La educación es un factor muy importante en todo el proceso de gestión de la ciclo-infraestructura, teniendo en cuenta que contar con una adecuada capacitación impacta

positivamente en las condiciones de seguridad al momento de uso de la ciclo-infraestructura propuesta, se deben adelantar campañas dirigidas a los ciclistas, conductores de automotores y peatones que lleven a que exista respeto y disciplina en el uso de los espacios que en muchas ocasiones se comparten.

Los conflictos que se presentan por el uso compartido de espacios por diferentes actores, no se pueden solucionar exclusivamente con señalización, regulación y control, por lo que se debe acudir a campañas educativas continuas.

En la Tabla 21, se establecen las líneas generales que deben contener las campañas educativas y promocionales.

Tabla 21. Lineamientos generales de campañas educativas

A quien se dirigen	• **Trabajadores** (uso utilitario) • **Estudiantes** (uso utilitario) • **Público en general** (uso recreativo y utilitario)	
Medios de divulgación	• Medios de comunicación, periódicos, revistas, televisión	
Aspectos que se deben enfatizar	Promocionales	• Economía de combustible. • Prevención del medio ambiente • Contribución a la salud
	Educativos	• Corresponsabilidad en la seguridad del tránsito • Señalización • Comportamiento de los ciclistas en la vía pública
Fuentes de recursos	• Recursos propios de la Secretaría de Movilidad, secretaría de educación, secretaría de salud. • Recursos de entidades del orden departamental y nacional que se relacionen con temas de seguridad vial.	

Fuente: Elaboración propia, adaptado del Manual de diseño del plan maestro de ciclorutas de Bogotá

Teniendo en cuenta el alcance del presente trabajo de grado, esta etapa no se desarrolló para el caso de aplicación.

7.3.5. ETAPA 5 Priorización De La Inversión

En esta etapa se busca establecer una herramienta que permita la jerarquización de la inversión que lleve a una mayor efectividad en la toma de decisiones, teniendo en cuenta

la problemática ya descrita en el municipio de Soacha y el bajo presupuesto con el que cuenta el municipio para el desarrollo de este tipo de infraestructura, de manera que se permita comparar la importancia de un trazado, con respecto al otro.

En esta etapa se plantea una metodología para la priorización de la inversión para trazados de ciclo infraestructura en una fase inicial (no cuentan con factibilidad), ordenando los trazados por su impacto, con una técnica multicriterio.

La metodología planteada se encuentra basada en el proceso analítico jerárquico (AHP-Analytic Hierarchy Process) (1977, Journal of Mathematical Psychology), para el desarrollo de dicha metodología se requieren dos elementos, así:

- Listado de las alternativas que se desean priorizar.
- Criterios cuantitativos y/o cualitativos.

Elementos de análisis.

- ✓ Listado de las alternativas que se desean priorizar.

Los trazados ya definidos en la etapa 2 de análisis de la información y trazados preliminares:

- Avenida Longitudinal de Occidente – ALO
- Autopista Sur – Vía Férrea.
- Avenida Indumil.
- Avenida Eugenio Diaz.
- Diagonal 9 hasta calle 7
- Calle 13
- Calle 24D
- Calle 30
- Alameda el Porvenir
- Avenida Suacha
- Avenida Ciudad de Cali.
- Avenida San Marón.
- Avenida Potrero Grande.
- Avenida Tierra Negra.
- Avenida Tierra Blanca
- Avenida Las Torres

- ✓ Criterios Cualitativos.

Para este caso escogimos seis (6) criterios que se consideran importantes a tener en cuenta para la priorización de la inversión (Guía de Ciclo-infraestructura para ciudades colombianas), así:

- Espacio público disponible: Teniendo en cuenta que para el desarrollo de una adecuada ciclo infraestructura se requieren espacios importantes, uno de los criterios considerados es que se cuente con dicho espacio, al momento del

análisis, debido a que, si no se cuenta con este espacio, para el desarrollo de la infraestructura, sería necesario hacer el proceso de compra de inmuebles, demoliciones, adecuaciones de zonas, etc., lo que conlleva a mayores costos y tiempos de ejecución, para el caso en estudio se hicieron comparaciones de los planos catastrales con los trazados propuestos, con el fin de evidenciar la existencia o no del espacio público.

- Plan de Ordenamiento Territorial: Este criterio se encuentra relacionado con que el trazado propuesto se encuentre proyectado en el Plan de Ordenamiento Territorial, debido a que este elemento de ordenamiento impulsa la ejecución de este tipo de proyectos, para el caso en análisis, se hizo la verificación del Acuerdo No. 46 de 2000 que es el Plan de Ordenamiento Territorial vigente en el municipio de Soacha.
- Tránsito de bicicletas: Este criterio va encaminado a que en las zonas en las cuales se están planteando los trazados sean concurridas por los biciusuarios, de manera tal que se garantice un tránsito, que amerite la ejecución de la ciclo-infraestructura, para el caso en estudio se analizaron los resultados obtenidos en la encuesta levantada (Ver numeral 0).
- Conflicto con redes de servicios públicos: Teniendo en cuenta que este tipo de conflictos puede llevar a que sea necesaria reubicación de redes, que implica trámites con las entidades prestadoras del servicio y recursos adicionales, lo que puede llevar a tiempos adicionales, para el caso en estudio teniendo en cuenta que el municipio de Soacha no cuenta con un catastro de redes, se tomó como referencia el plano catastral con el fin de identificar las zonas más pobladas y en donde por ende existirán mayores redes de servicios públicos.
- Complejidad: La complejidad se relaciona con las condiciones de desarrollo del trazado proyectado, es decir si para poder construir la vía, se requiere hacer cruces con cuerpos hídricos, con vías vehiculares, condiciones desfavorables de capacidad portante del suelo, etc., para el caso en particular se analizó la información cartográfica que ha servido de soporte para el desarrollo del presente trabajo y la información de caracterización geotécnica adelantada en el municipio por el Servicio Geológico Colombiano en el 2013.
- Desarrollo en lugares de alta vulnerabilidad económica: Teniendo en cuenta las condiciones de vulnerabilidad económica del municipio se considera importante que los trazados comuniquen las zonas más vulnerables del municipio en términos de situación económica, para el análisis del caso de estudio se utilizó plano de estrato socio económico.

Aplicación de metodología.

Como se mencionó con anterioridad, se propone el uso de la metodología AHP, la cual es una herramienta desarrollada por Thomas L. Saaty en 1980, y está diseñada para resolver problemas complejos de criterios múltiples (caso en estudio) para la toma de decisiones adecuadas en la inversión en ciclo-infraestructura para el municipio de Soacha

A continuación, se describe la aplicación de los tres (3) pasos planteados por la metodología en el caso de análisis del presente trabajo.

- Priorización de criterios.

El primer paso consiste en la comparación de los seis (6) criterios planteados por pares, a través de una matriz de comparación, como se muestra en la Tabla 23., para la comparación de los criterios por pares, se usó la escala propuesta de Saaty mostrada en la Tabla 22.

Tabla 22. Escala de comparación de Saaty

Escala numérica	Escala verbal
1	Igual importancia
3	Ligeramente más importante
5	Mucho más importante
7	Fuertemente más importante
9	Extremadamente más importante

Fuente: Guía Metodológica para la priorización de proyectos (2012)

Tabla 23. Comparación de criterios

PRIORIZACIÓN DE CRITERIOS	ESPACIO PÚBLICO DISPONIBLE	PLAN DE ORDENAMIENTO	TRÁNSITO DE BICICLETAS	REDES DE SERVICIO	COMPLEJIDAD	DESARROLLO EN LUGARES
ESPACIO PÚBLICO DISPONIBLE	1	3	3	3	3	3
PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL	1/3	1	1/3	3	3	1/3
TRÁNSITO DE BICICLETAS	1/3	3	1	5	5	3
REDES DE SERVICIO	1/3	1/3	1/5	1	1	1/3
COMPLEJIDAD	1/3	1/3	1/5	1	1	1/3
DESARROLLO EN LUGARES VULNERABLES	1/3	3	1/3	3	3	1

Fuente: Elaboración propia

En el análisis de cada uno de los criterios se estableció por pares cuál de los criterios era igual de importante a extremadamente importante, es decir que si se analiza la Tabla 24, para el caso de la comparación del criterio de espacio público Vs. Ordenamiento territorial, se considera que la disponibilidad del espacio público es ligeramente más importante que la inclusión en el Plan de Ordenamiento Territorial del trazado propuesto, así se continuó el ejercicio con cada una de las comparaciones por pares de los criterios.

La metodología propuesta plantea que los criterios de comparación pueden ser subjetivos y no ajustarse a la realidad, por lo cual se hace necesario ser evaluada la matriz en

términos de consistencia, con las diferentes relaciones definidas, para esto se adelanta un proceso de vectores y valores propios, como se muestra en las Tabla 24

En cuanto al procedimiento adelantado en la Tabla 24 como primer paso para evaluar la consistencia, consiste en hacer la sumatoria de las columnas, posteriormente en la Tabla 25 se elabora la matriz normalizada, en donde se toma cada valor de la matriz y se divide por la sumatoria de cada columna, finalmente en la Tabla 26, se procede a hacer el promedio de los valores obtenidos para cada uno de los criterios.

De la Tabla 26 se puede establecer que, según el análisis adelantado, el criterio más importante con un 33% es el de contar con espacio público disponible, posteriormente contar con un adecuado flujo de biciusuarios con un 27%, seguidamente que los trazados este planteados en el Plan de Ordenamiento Territorial (12%), para continuar con el desarrollo de los trazados en zonas de alta vulnerabilidad económica con un 16% y finalmente con igual porcentaje de importancia del 6% los criterios de complejidad y conflicto con redes de servicios públicos.

Tabla 24. Matriz de comparación entre criterios

PRIORIZACIÓN DE CRITERIOS	ESPACIO PÚBLICO DISPONIBLE	PLAN DE ORDENAMIENTO	TRÁNSITO DE BICICLETAS	REDES DE SERVICIO	COMPLEJIDAD	DESARROLLO EN LUGARES
ESPACIO PÚBLICO DISPONIBLE	1	3	3	3	3	3
PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL	1/3	1	1/3	3	3	1/3
TRÁNSITO DE BICICLETAS	1/3	3	1	5	5	3
REDES DE SERVICIO	1/3	1/3	1/5	1	1	1/3
COMPLEJIDAD	1/3	1/3	1/5	1	1	1/3
DESARROLLO EN LUGARES VULNERABLES	1/3	3	1/3	3	3	1
SUMATORIA	2,7	10,7	5,1	16,0	16,0	8,0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Matriz normalizada de comparación de criterios.

MATRIZ NORMALIZADA	ESPACIO PÚBLICO DISPONIBLE	PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL	TRÁNSITO DE BICILCETAS	REDES DE SERVICIO	COMPLEJIDAD	DESARROLLO EN LUGARES VULNERABLES
ESPACIO PÚBLICO DISPONIBLE	0,375	0,28	0,592	0,2	0,19	0,375
PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL	0,125	0,09	0,066	0,2	0,19	0,041667
TRÁNSITO DE BICICLETAS	0,125	0,28	0,197	0,3	0,31	0,375
REDES DE SERVICIO	0,125	0,03	0,039	0,1	0,06	0,041667
COMPLEJIDAD	0,125	0,03	0,039	0,1	0,06	0,041667
DESARROLLO EN LUGARES VULNERABLES	0,125	0,28	0,066	0,2	0,19	0,125

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. Vector de Prioridad de los criterios establecidos.

VECTOR DE PRIORIDAD	Prioridad
ESPACIO PÚBLICO DISPONIBLE	0,33
PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL	0,12
TRÁNSITO DE BICICLETAS	0,27
REDES DE SERVICIO	0,06
COMPLEJIDAD	0,06
DESARROLLO EN LUGARES VULNERABLES	0,16

Fuente: Elaboración propia

La metodología establece el siguiente indicador para medir la consistencia de los datos definidos en el vector de prioridad:

$$CC = \frac{\frac{\lambda_{máx} - n}{n-1}}{IA}$$

Donde:

C.C.: Cociente de consistencia.

$\lambda_{máx}$: Es el máximo valor propio de la matriz de comparación, que se obtiene de multiplicar cada valor de la tabla de vector de prioridad por la sumatoria de la columna correspondiente, para el caso en análisis $\lambda_{máx} = 6{,}71771$

n: Números de elementos a comparar, para el caso en análisis n=6

IA: Índice aleatorio, que se asocia con n, por medio de la siguiente fórmula $IA = \frac{1{,}98\,(n-2)}{n}$, para el caso en análisis IA=1,32.

Aplicada la anterior fórmula CC=0,10, por lo cual se considera que los datos establecidos en la matriz de comparación de los criterios son consistentes, debido a que de acuerdo con la metodología C.C. debe ser menor o igual a 0,10, para considerar que los datos son consistentes.

- Priorización de alternativas por cada criterio.

En este paso la metodología define que se debe hacer una matriz por cada criterio definido para todas las alternativas planteadas, para nuestro caso en análisis se elaboraron 6 matrices (una por cada criterio definido), en cada matriz se compara por pares de alternativa la importancia de cada una frente a la otra con respecto al criterio en análisis y con base a los valores relacionados en la Tabla 22. Escala de comparación de Saaty, en las siguientes tablas se observan las seis matrices elaboradas.

Tabla 27.Matriz por alternativa criterio de espacio público

ESPACIO PÚBLICO DISPONIBLE	Avenida Longitudinal de Occidente - ALO	Autopista Sur - vía férrea	Circunvalar Soacha	Avenida Indumil	Avenida Eugenio Diaz	Diagonal 9 hasta Calle 7	Calle 13	Calle 24D	Calle 30	Alameda El Porvenir	Avenida Suacha	Avenida Ciudad de Cali	Avenida San Maron	Avenida Potrero Grande	Avenida Tierra Negra	Avenida Tierra Blanca	Avenida Las Torres
Avenida Longitudinal de Occidente - ALO	1	1	3	1	3	1/3	1/5	3	3	1/5	3	3	1	3	3	3	1
Autopista Sur - vía férrea	1	1	3	1/3	3	3	3	3	3	1/3	1/3	3	3	3	3	3	1/3

ESPACIO PÚBLICO DISPONIBLE	Avenida Longitudinal de Occidente - ALO	Autopista Sur - vía férrea	Circunvalar Soacha	Avenida Indumil	Avenida Eugenio Diaz	Diagonal 9 hasta Calle 7	Calle 13	Calle 24D	Calle 30	Alameda El Porvenir	Avenida Suacha	Avenida Ciudad de Cali	Avenida San Maron	Avenida Potrero Grande	Avenida Tierra Negra	Avenida Tierra Blanca	Avenida Las Torres
Circunvalar Soacha	1/3	1/3	1	1/3	1/3	1	1/3	1/3	3	1/5	1/3	1	3	3	3	3	1/3
Avenida Indumil	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1/3	1	3	3	3	5	5	1/3
Avenida Eugenio Diaz	1/3	1/3	3	1/3	1	3	1	3	1	1/5	1/5	3	3	1	3	3	1
Diagonal 9 hasta Calle 7	3	1/3	1	1/3	1/3	1	1/5	1/3	3	1/5	1/5	1/3	1	1/3	1/3	1/3	1/3
Calle 13	5	1/3	3	1	1	5	1	5	3	1	1	3	3	5	5	5	1/3
Calle 24D	1/3	1/3	3	1/3	1/3	3	1/5	1	1/3	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1	1	1
Calle 30	1/3	1/3	1/3	1/3	1	1/3	1/3	3	1	1/3	1/3	1/3	3	3	3	3	1/3
Alameda El Porvenir	5	3	5	3	5	5	1	5	3	1	1	5	3	5	5	5	1
Avenida Suacha	1/3	3	3	1/3	5	5	1	5	3	1	1	3	3	5	5	5	1
Avenida Ciudad de Cali	1/3	1/3	1	1/3	1/3	3	1/3	3	3	1/5	1/3	1	3	3	3	3	1/3
Avenida San Maron	1	1/3	1/3	1/3	1/3	1	1/3	3	1/3	1/3	1/3	1/3	1	3	3	3	1/3
Avenida Potrero Grande	1/3	1/3	1/3	1/3	1	3	1/5	3	1/3	1/5	1/3	1/3	1/3	1	3	3	1/3
Avenida Tierra Negra	1/3	1/3	1/3	1/5	1/3	3	1/5	1	1/3	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1	1	1/5
Avenida Tierra Blanca	1/3	1/3	1/3	1/4	1/3	3	1/5	1	1/3	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1	1	1/5
Avenida Las Torres	1	3	3	3	1	3	3	1	3	1	1	3	3	3	5	5	1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28. Matriz por alternativa criterio Plan de Ordenamiento Territorial

PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL	Avenida Longitudinal de Occidente - ALO	Autopista Sur - Via Ferrea	Circunvalar Soacha	Avenida Indumil	Avenida Eugenio Diaz	Diagonal 9 hasta Calle 7	Calle 13	Calle 24D	Calle 30	Alameda El Porvenir	Avenida Suacha	Avenida Ciudad de Cali	Avenida San Maron	Avenida Potrero Grande	Avenida Tierra Negra	Avenida Tierra Blanca	Avenida Las Torres
Avenida Longitudinal de Occidente - ALO	1	1	5	1	5	1	5	5	1	5	5	5	5	5	5	5	1
Autopista Sur - vía férrea	1	1	5	1	5	1	5	5	1	5	5	5	5	5	5	5	1
Circunvalar Soacha	1/5	1/5	1	1/5	1	1/5	1	1	1/5	1	1	1	1	1	1	1	5
Avenida Indumil	1	1	5	1	5	1	5	5	1	5	5	5	5	5	5	5	1
Avenida Eugenio Diaz	1/5	1/5	1	1/5	1	1/5	1	1	1/5	1	1	1	1	1	1	1	5
Diagonal 9 hasta Calle 7	1	1	5	1	5	1	5	5	1	5	5	5	5	5	5	5	1
Calle 13	1/5	1/5	1	1/5	1	1/5	1	1	1/5	1	1	1	1	1	1	1	5
Calle 24D	1/5	1/5	1	1/5	1	1/5	1	1	1/5	1	1	1	1	1	1	1	5
Calle 30	1	1	5	1	5	1	5	5	1	5	5	5	5	5	5	5	1
Alameda El Porvenir	1/5	1/5	1	1/5	1	1/5	1	1	1/5	1	1	1	1	1	1	1	5
Avenida Suacha	1/5	1/5	1	1/5	1	1/5	1	1	1/5	1	1	1	1	1	1	1	5
Avenida Ciudad de Cali	1/5	1/5	1	1/5	1	1/5	1	1	1/5	1	1	1	1	1	1	1	5
Avenida San Maron	1/5	1/5	1	1/5	1	1/5	1	1	1/5	1	1	1	1	1	1	1	5
Avenida Potrero Grande	1/5	1/5	1	1/5	1	1/5	1	1	1/5	1	1	1	1	1	1	1	5
Avenida Tierra Negra	1/5	1/5	1	1/5	1	1/5	1	1	1/5	1	1	1	1	1	1	1	5
Avenida Tierra Blanca	1/5	1/5	1	1/5	1	1/5	1	1	1/5	1	1	1	1	1	1	1	5

PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL	Avenida Longitudinal de Occidente - ALO	Autopista Sur - Via Ferrea	Circunvalar Soacha	Avenida Indumil	Avenida Eugenio Diaz	Diagonal 9 hasta Calle 7	Calle 13	Calle 24D	Calle 30	Alameda El Porvenir	Avenida Suacha	Avenida Ciudad de Cali	Avenida San Maron	Avenida Potrero Grande	Avenida Tierra Negra	Avenida Tierra Blanca	Avenida Las Torres
Avenida Las Torres	1	1	1/5	1	1/5	1	1/5	1/5	1	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29. Matriz por alternativa criterio Tránsito de bicicletas

TRANSITO DE BICILETAS	Avenida Longitudinal de Occidente - ALO	Autopista Sur - Via Ferrea	Circunvalar Soacha	Avenida Indumil	Avenida Eugenio Diaz	Diagonal 9 hasta Calle 7	Calle 13	Calle 24D	Calle 30	Alameda El Porvenir	Avenida Suacha	Avenida Ciudad de Cali	Avenida San Maron	Avenida Potrero Grande	Avenida Tierra Negra	Avenida Tierra Blanca	Avenida Las Torres
Avenida Longitudinal de Occidente - ALO	1	1/7	1	1/5	1/3	1/3	1/5	1/3	1/5	1/5	1/3	1/5	3	3	1/3	1/3	1/3
Autopista Sur - Via Ferrea	7	1	7	7	7	7	7	7	7	7	7	5	7	7	7	7	5
Circunvalar Soacha	1	1/7	1	1	1	3	1	3	3	1	3	1/3	1	3	3	3	1
Avenida Indumil	5	1/7	1	1	1	5	1	5	3	1	3	1	3	3	3	3	1
Avenida Eugenio Diaz	3	1/7	1	1	1	3	1	3	1	1	3	1	3	3	3	3	1
Diagonal 9 hasta Calle 7	3	1/7	1/3	1/5	1/3	1	1/5	1	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1	1	1/5
Calle 13	5	1/7	1	1	1	5	1	3	1	1	1	1/3	1	3	3	3	1/5

TRANSITO DE BICILETAS	Avenida Longitudinal de Occidente - ALO	Autopista Sur - Via Ferrea	Circunvalar Soacha	Avenida Indumil	Avenida Eugenio Diaz	Diagonal 9 hasta Calle 7	Calle 13	Calle 24D	Calle 30	Alameda El Porvenir	Avenida Suacha	Avenida Ciudad de Cali	Avenida San Maron	Avenida Potrero Grande	Avenida Tierra Negra	Avenida Tierra Blanca	Avenida Las Torres
Calle 24D	3	1/7	1/3	1/5	1/3	1	1/3	1	1/3	1/3	1/3	1/5	1/3	1	1	1	1/5
Calle 30	5	1/7	1/3	1/3	1	5	1	3	1	1	3	1/3	1	3	3	3	1/3
Alameda El Porvenir	5	1/7	1	1	1	3	1	3	1	1	3	1/3	1	3	3	3	1/5
Avenida Suacha	3	1/7	1/3	1/3	1/3	3	1	3	1/3	1/3	1	1/5	1/3	3	3	3	1/5
Avenida Ciudad de Cali	5	1/5	3	1	1	3	3	5	3	3	5	1	5	5	5	5	1
Avenida San Maron	1/3	1/7	1	1/3	1/3	3	1	3	1	1	3	1/5	1	3	3	3	1/5
Avenida Potrero Grande	1/3	1/7	1/3	1/3	1/3	3	1/3	1	1/3	1/3	1/3	1/5	1/3	1	1	1	1/5
Avenida Tierra Negra	3	1/7	1/3	1/3	1/3	1	1/3	1	1/3	1/3	1/3	5	1/3	1	1	1	1/5
Avenida Tierra Blanca	3	1/7	1/3	1/3	1/3	1	1/3	1	1/3	1/3	1/3	5	1/3	1	1	1	1/5
Avenida Las Torres	3	1/5	1	1	1	5	5	5	3	5	5	1	5	5	1/5	5	1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30. Matriz por alternativa criterio redes de servicios públicos

REDES DE SERVICIOS	Avenida Longitudinal de Occidente - ALO	Autopista Sur - Via Ferrea	Circunvalar Soacha	Avenida Indumil	Avenida Eugenio Diaz	Diagonal 9 hasta Calle 7	Calle 13	Calle 24D	Calle 30	Alameda El Porvenir	Avenida Suacha	Avenida Ciudad de Cali	Avenida San Maron	Avenida Potrero Grande	Avenida Tierra Negra	Avenida Tierra Blanca	Avenida Las Torres
Avenida Longitudinal de Occidente - ALO	1	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	3	3
Autopista Sur - vía férrea	1	1	1/3	1	1/3	1/3	1	1	1	1/3	1	1/3	1/3	1/3	1	1	1/3
Circunvalar Soacha	1	3	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Avenida Indumil	1/3	1	1/3	1	1/3	1/3	1	1	1	1	1	1/3	1/3	1/3	1	1	1/3
Avenida Eugenio Diaz	1/3	3	1/3	3	1	3	3	3	3	1/3	3	1/3	3	3	3	3	1/3
Diagonal 9 hasta Calle 7	1/3	3	1/3	3	1/3	1	3	3	3	1/3	3	1/3	1	3	3	3	1/3
Calle 13	1/3	1	1/3	1	1/3	1/3	1	1	1/3	1	1	1/3	1/3	1/3	1	1	1/3
Calle 24D	1/3	1	1/3	1	1/3	1/3	1	1	1/3	1	1/3	1/3	1/3	1/3	1	1	1/3
Calle 30	1/3	1	1/3	1	1/3	1/3	1	1	1	1	1	1/3	1/3	1/3	1	1	1/3
Alameda El Porvenir	1/3	3	1/3	3	3	3	3	3	3	1	3	1/3	1	1/3	3	3	1/3
Avenida Suacha	1/3	1	1/3	1	1/3	1/3	3	3	3	1	1	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3
Avenida Ciudad de Cali	1	3	1/3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	3	1
Avenida San Maron	1/3	3	1/3	3	1/3	1	3	3	3	1	3	1/3	1	3	3	3	1/3
Avenida Potrero Grande	1/3	3	1/3	3	1/3	1/3	3	3	3	3	3	1/3	1/3	1	3	3	1/3
Avenida Tierra Negra	1/3	1	1/3	1	1/3	1/3	3	3	3	1	1	1/3	1/3	1/3	1	1	1/3
Avenida Tierra Blanca	1/3	1	1/3	1	1/3	1/3	3	3	3	1	1	1/3	1/3	1/3	1	1	1/3

REDES DE SERVICIOS	Avenida Longitudinal de Occidente - ALO	Autopista Sur - Via Ferrea	Circunvalar Soacha	Avenida Indumil	Avenida Eugenio Diaz	Diagonal 9 hasta Calle 7	Calle 13	Calle 24D	Calle 30	Alameda El Porvenir	Avenida Suacha	Avenida Ciudad de Cali	Avenida San Maron	Avenida Potrero Grande	Avenida Tierra Negra	Avenida Tierra Blanca	Avenida Las Torres
Avenida Las Torres	1		1/3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	3	1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31. Matriz por alternativa criterio complejidad

COMPLEJIDAD	Avenida Longitudinal de Occidente - ALO	Autopista Sur - Via Ferrea	Circunvalar Soacha	Avenida Indumil	Avenida Eugenio Diaz	Diagonal 9 hasta Calle 7	Calle 13	Calle 24D	Calle 30	Alameda El Porvenir	Avenida Suacha	Avenida Ciudad de Cali	Avenida San Maron	Avenida Potrero Grande	Avenida Tierra Negra	Avenida Tierra Blanca	Avenida Las Torres
Avenida Longitudinal de Occidente - ALO	1	5	1	5	5	3	5	3	3	5	1	3	3	3	3	3	3
Autopista Sur - Via Ferrea	1/5	1	1/5	1	1	1/5	1	1/5	1/3	1	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5
Circunvalar Soacha	1	5	1	5	5	3	5	3	3	5	3	3	3	3	3	3	3
Avenida Indumil	1/5	1	1/5	1	1	1/5	1	1/5	1/5	1	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5
Avenida Eugenio Diaz	1/5	1	1/5	1	1	1/5	1	1/5	1/5	1	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5
Diagonal 9 hasta Calle 7	1/3	5	1/3	5	5	1	5	1	1	5	1/3	1/3	1	1	3	3	3
Calle 13	1/5	1	1/5	1	1	1/5	1	1/5	1/5	1	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5
Calle 24D	1/3	5	1/3	5	5	1	5	1	1/5	5	1/3	1/3	1/3	1	1	1	3
Calle 30	1/3	3	1/3	5	5	1	5	3	1	5	1/3	1/3	1	1	1	1	3

COMPLEJIDAD	Avenida Longitudinal de Occidente - ALO	Autopista Sur - Via Ferrea	Circunvalar Soacha	Avenida Indumil	Avenida Eugenio Diaz	Diagonal 9 hasta Calle 7	Calle 13	Calle 24D	Calle 30	Alameda El Porvenir	Avenida Suacha	Avenida Ciudad de Cali	Avenida San Maron	Avenida Potrero Grande	Avenida Tierra Negra	Avenida Tierra Blanca	Avenida Las Torres
Alameda El Porvenir	1/5	1	1/5	1	1	1/5	1	1/5	1/5	1	1	1/3	1/3	1	3	3	3
Avenida Suacha	1	5	1/3	5	5	3	5	3	3	1	1	1/3	1/3	1	1/3	1/3	1/3
Avenida Ciudad de Cali	1/3	5	1/3	5	5	3	5	3	3	3	3	1	3	3	3	3	1
Avenida San Maron	1/3	5	1/3	5	5	1	5	3	1	3	3	1/3	1	1	3	3	3
Avenida Potrero Grande	1/3	5	1/3	5	5	1	5	1	1	1	1	1/3	1	1	1	1	3
Avenida Tierra Negra	1/3	5	1/3	5	5	1/3	5	1	1	1/3	3	1/3	1/3	1	1	1	3
Avenida Tierra Blanca	1/3	5	1/3	5	5	1/3	5	1	1	1/3	3	1/3	1/3	1	1	1	3
Avenida Las Torres	1/3	5	1/3	5	5	1/3	5	1/3	1/3	1/3	3	1	1/3	1/3	1/3	1/3	1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32. Matriz por alternativa criterio desarrollo en zonas vulnerables

DESARROLLO EN ZONAS VULNERABLES	Avenida Longitudinal de Occidente - ALO	Autopista Sur - vía férrea	Circunvalar Soacha	Avenida Indumil	Avenida Eugenio Diaz	Diagonal 9 hasta Calle 7	Calle 13	Calle 24D	Calle 30	Alameda El Porvenir	Avenida Suacha	Avenida Ciudad de Cali	Avenida San Maron	Avenida Potrero Grande	Avenida Tierra Negra	Avenida Tierra Blanca	Avenida Las Torres
Avenida Longitudinal de Occidente - ALO	1	1/5	1/5	1/5	1/5	3	1/5	3	1/5	1/5	1	1/5	1	1	1/5	1/5	1/5
Autopista Sur - Via Ferrea	5	1	3	3	3	5	3	5	3	3	5	3	5	5	3	3	3

DESARROLLO EN ZONAS VULNERABLES	Avenida Longitudinal de Occidente - ALO	Autopista Sur - vía férrea	Circunvalar Soacha	Avenida Indumil	Avenida Eugenio Diaz	Diagonal 9 hasta Calle 7	Calle 13	Calle 24D	Calle 30	Alameda El Porvenir	Avenida Suacha	Avenida Ciudad de Cali	Avenida San Maron	Avenida Potrero Grande	Avenida Tierra Negra	Avenida Tierra Blanca	Avenida Las Torres
Circunvalar Soacha	5	1/3	1	1	1	5	1	5	1	1	5	1	5	5	1	1	1
Avenida Indumil	5	1/3	1	1	1	5	1	5	1	1	5	1	5	5	1	1	1
Avenida Eugenio Diaz	5	1/3	1	1	1	5	1	5	1	1	5	1	5	5	1	1	1
Diagonal 9 hasta Calle 7	1/3	1/5	1/5	1/5	1/5	1	1/5	1	1/5	1/5	1/3	1/5	1/3	1	1/5	1/5	1/5
Calle 13	3	1/3	1	1	1	5	1	5	1	1	5	1	5	5	1	1	1
Calle 24D	1/3	1/5	1/5	1/5	1/5	1	1/5	1	1/5	1/5	1	1/5	1	1	1/5	1/5	1/5
Calle 30	5	1/3	1	1	1	1	1	5	1	1	5	1	5	5	1	1	1
Alameda El Porvenir	5	1/3	1	1	1	1	1	5	1	1	5	1	5	5	1	1	1
Avenida Suacha	1	1/5	1/5	1/5	1/5	3	1/5	1	1/5	1/5	1	1/5	1	1	1/5	1/5	1/5
Avenida Ciudad de Cali	5	1/3	1	1	1	1	1	5	1	1	5	1	5	5	1	1	1
Avenida San Maron	1	1/5	1/5	1/5	1/5	3	1/5	1	1/5	1/5	1	1/5	1	1	1/5	1/5	1/5
Avenida Potrero Grande	1	1/5	1/5	1/5	1/5	1	1/5	1	1/5	1/5	1	1/5	1	1	1/5	1/5	1/5
Avenida Tierra Negra	5	1/3	1	1	1	5	1	5	1	1	5	1	5	5	1	1	1
Avenida Tierra Blanca	5	1/3	1	1	1	5	1	5	1	1	5	1	5	5	1	1	1
Avenida Las Torres	5	1/3	1	1	1	5	1	5	1	1	5	1	5	5	1	1	1

Fuente: Elaboración propia

Como se relacionó en el paso de priorización de criterios, para las anteriores matrices se debe adelantar la verificación de la consistencia de los datos, con la misma metodología ya desarrollada, para cada una de las matrices se obtuvieron los valores de cociente de consistencia relacionados en la Tabla 33.

Tabla 33. Cociente de consistencia por trazados

CRITERIO	CC
ESPACIO PÚBLICO DISPONIBLE	0,1
PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL	0,1
TRANSITO DE BICILETAS	0,1
REDES DE SERVICIOS	0,1
COMPLEJIDAD	0,1
DESARROLLO EN ZONAS VULNERABLES	0,02

Fuente: Elaboración propia

El vector de prioridad obtenido para cada uno de los criterios se puede observar en la Tabla 26

Y los vectores de prioridad por cada criterio para los diferentes trazados se relacionan en las siguientes tablas, así:

Tabla 34. Vector de prioridad para cada trazado criterio espacio público disponible.

ESPACIO PÚBLICO DISPONIBLE	prioridad
Avenida Longitudinal de Occidente - ALO	0,08
Autopista Sur - vía férrea	0,07
Circunvalar Soacha	0,04
Avenida Indumil	0,08
Avenida Eugenio Diaz	0,05
Diagonal 9 hasta **Calle 7**	0,03
Calle 13	0,09
Calle 24D	0,03
Calle 30	0,04
Alameda El Porvenir	0,13
Avenida Suacha	0,10
Avenida Ciudad de Cali	0,04
Avenida San Maron	0,03
Avenida Potrero Grande	0,03
Avenida Tierra Negra	0,02

Avenida Tierra Blanca	0,02
Avenida Las Torres	0,10

Fuente: Elaboración propia

Tabla 35. Vector de prioridad para cada trazado criterio ordenamiento territorial.

PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL	prioridad
Avenida Longitudinal de Occidente - ALO	0,12
Autopista Sur - vía férrea	0,13
Circunvalar Soacha	0,03
Avenida Indumil	0,13
Avenida Eugenio Diaz	0,03
Diagonal 9 hasta Calle 7	0,13
Calle 13	0,03
Calle 24D	0,03
Calle 30	0,13
Alameda El Porvenir	0,03
Avenida Suacha	0,03
Avenida Ciudad de Cali	0,03
Avenida San Maron	0,03
Avenida Potrero Grande	0,03
Avenida Tierra Negra	0,03
Avenida Tierra Blanca	0,03
Avenida Las Torres	0,04

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36. Vector de prioridad para cada trazado criterio tránsito de bicicletas

TRANSITO DE BICILETAS	prioridad
Avenida Longitudinal de Occidente - ALO	0,02
Autopista Sur - vía férrea	0,25
Circunvalar Soacha	0,06
Avenida Indumil	0,07
Avenida Eugenio Diaz	0,06
Diagonal 9 hasta Calle 7	0,02
Calle 13	0,05

TRANSITO DE BICILETAS	prioridad
Calle 24D	0,02
Calle 30	0,05
Alameda El Porvenir	0,05
Avenida Suacha	0,04
Avenida Ciudad de Cali	0,10
Avenida San Maron	0,04
Avenida Potrero Grande	0,02
Avenida Tierra Negra	0,03
Avenida Tierra Blanca	0,03
Avenida Las Torres	0,10

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37. Vector de prioridad para cada trazado criterio redes de servicios públicos

REDES DE SERVICIOS	prioridad
Avenida Longitudinal de Occidente - ALO	0,11
Autopista Sur - vía férrea	0,03
Circunvalar Soacha	0,12
Avenida Indumil	0,03
Avenida Eugenio Diaz	0,07
Diagonal 9 hasta Calle 7	0,06
Calle 13	0,03
Calle 24D	0,03
Calle 30	0,03
Alameda El Porvenir	0,07
Avenida Suacha	0,03
Avenida Ciudad de Cali	0,10
Avenida San Maron	0,06
Avenida Potrero Grande	0,06
Avenida Tierra Negra	0,04
Avenida Tierra Blanca	0,04
Avenida Las Torres	0,09

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38. Vector de prioridad para cada trazado criterio complejidad

COMPLEJIDAD	prioridad
Avenida Longitudinal de Occidente - ALO	0,12
Autopista Sur - vía férrea	0,01
Circunvalar Soacha	0,13
Avenida Indumil	0,01
Avenida Eugenio Diaz	0,01
Diagonal 9 hasta Calle 7	0,07
Calle 13	0,01
Calle 24D	0,05
Calle 30	0,06
Alameda El Porvenir	0,04
Avenida Suacha	0,07
Avenida Ciudad de Cali	0,10
Avenida San Maron	0,08
Avenida Potrero Grande	0,06
Avenida Tierra Negra	0,05
Avenida Tierra Blanca	0,05
Avenida Las Torres	0,05

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39. Vector de prioridad para cada trazado criterio complejidad

DESARROLLO EN ZONAS VULNERABLES	prioridad
Avenida Longitudinal de Occidente - ALO	0,02
Autopista Sur - Via Ferrea	0,16
Circunvalar Soacha	0,07
Avenida Indumil	0,07
Avenida Eugenio Diaz	0,07
Diagonal 9 hasta Calle 7	0,01
Calle 13	0,07
Calle 24D	0,02
Calle 30	0,07
Alameda El Porvenir	0,07

DESARROLLO EN ZONAS VULNERABLES	prioridad
Avenida Suacha	0,02
Avenida Ciudad de Cali	0,07
Avenida San Maron	0,02
Avenida Potrero Grande	0,02
Avenida Tierra Negra	0,07
Avenida Tierra Blanca	0,07
Avenida Las Torres	0,07

Fuente: Elaboración propia

- Priorización general de las alternativas.

Con el cruce de la información obtenida en el vector de prioridad del primer paso y el vector de prioridad conseguido en el segundo paso de las alternativas, se hace multiplicación entre las dos matrices, para obtener la priorización de las alternativas, como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 40. Matriz de priorización de alternativas.

ALTERNATIVA	PRIORIDAD
Avenida Longitudinal de Occidente - ALO	6,3%
Autopista Sur - vía férrea	13,5%
Circunvalar Soacha	5,9%
Avenida Indumil	7,6%
Avenida Eugenio Diaz	5,4%
Diagonal 9 hasta Calle 7	4,0%
Calle 13	6,3%
Calle 24D	2,6%
Calle 30	5,7%
Alameda El Porvenir	8,0%
Avenida Suacha	5,5%
Avenida Ciudad de Cali	6,8%
Avenida San Maron	3,7%
Avenida Potrero Grande	2,8%
Avenida Tierra Negra	3,6%
Avenida Tierra Blanca	3,6%
Avenida Las Torres	8,5%

Fuente: Elaboración propia

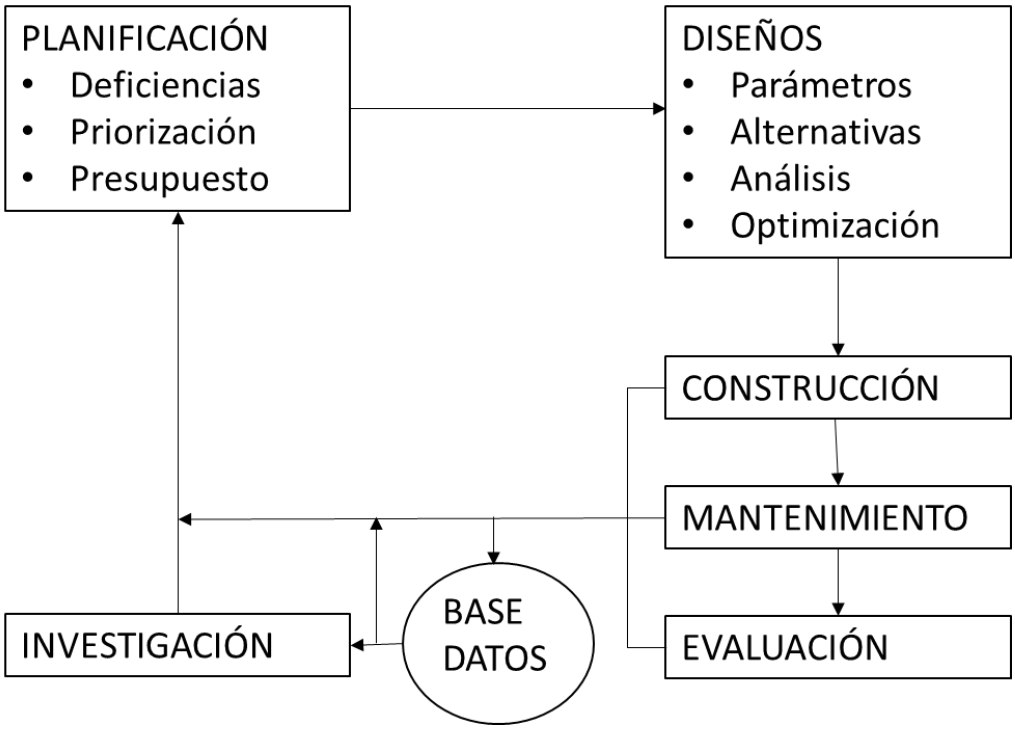
El detalle de la metodología realizada se puede observar en el Anexo No. 4 del presente trabajo.

Conforme al resultado obtenido se tiene que la ciclo-infraestructura de la autopista sur es la de mayor prioridad en inversión y la calle 24D la de menor prioridad.

7.3.6. ETAPA 6 Mantenimiento y Gestión

Una vez construida la ciclo-infraestructura se debe propender porque esta se mantenga en adecuadas condiciones, debido a que de esto depende que se garantice la seguridad y comodidad de los biciusuarios, así como que dicha infraestructura sea atractiva para los usuarios, por lo cual se sugiere que se implante un sistema de gestión para el mantenimiento de dicha infraestructura, que permita hacer las inversiones de mantenimiento en los momentos adecuados y a menores costos, como se ha venido desarrollando a lo largo del presente trabajo, ese sistema de gestión consiste en las etapas que se muestran en la Figura 41.

Figura 41. Etapas de la gestión de pavimentos



Fuente: Fuente: Hass (1993) extraído de *Gestión de Infraestructura Vial,* Solminihac T. (2005)

Teniendo en cuenta el alcance del presente trabajo de grado, esta etapa no se desarrolló para el caso en aplicación.

7.4. PROPUESTA DE PRIORIZACIÓN DE LA INVERSIÓN Y COSTOS APROXIMADOS PARA EL MUNICIPIO DE SOACHA.

Teniendo en cuenta lo desarrollado a lo largo del presente trabajo, como resultado final de la aplicación de la metodología propuesta para el municipio de Soacha, se tiene la Tabla 41, en la cual se especifica cual sería la priorización de la inversión en este tipo de infraestructura, a corto, mediano y largo plazo y cuáles serían los valores de inversión para su construcción (costos 2021)

Tabla 41. Priorización de la inversión con costos por horizontes de inversión

Trazado	Priorización	Costos de construcción	Horizonte de inversión	Inversión por prioridad
Autopista Sur - vía férrea	13,5%	$ 6.452.115.191	Corto plazo (1 a 3 años)	$ 28.847.198.887
Avenida Las Torres	8,5%	$ 2.983.236.056		
Alameda El Porvenir	8,0%	$ 3.954.522.214		
Avenida Indumil	7,6%	$ 2.983.236.056		
Avenida Ciudad de Cali	6,8%	$ 4.440.165.293		
Avenida Longitudinal de Occidente - ALO	6,3%	$ 8.033.924.077		
Calle 13	6,3%	$ 2.636.348.143	mediano (4 a 6 años)	$ 15.526.703.008
Circunvalar Soacha	5,9%	$ 4.578.920.458		
Calle 30	5,7%	$ 818.655.476		
Avenida Suacha	5,5%	$ 3.121.991.222		
Avenida Eugenio Diaz	5,4%	$ 3.191.368.804		
Diagonal 9 hasta Calle 7	4,0%	$ 1.179.418.906		
Avenida San Maron	3,7%	$ 1.040.663.741	largo (7 a 10 años)	$ 6.792.065.346
Avenida Tierra Blanca	3,6%	$ 1.803.817.150		
Avenida Tierra Negra	3,6%	$ 1.179.418.906		

Trazado	Priorización	Costos de construcción	Horizonte de inversión	Inversión por prioridad
Avenida Potrero Grande	2,8%	$ 2.143.767.305		
Calle 24D	2,6%	$ 624.398.244		
				$ 51.165.967.241

Fuente: Elaboración propia.

8. CONCLUSIONES

- Las ventajas ampliamente conocidas que trae la movilidad a través de medios de transporte sostenibles no se pueden ver materializadas, si no se cuenta con una infraestructura adecuada, que le permita a la ciudadanía moverse de manera segura, rápida y eficiente.

- El desarrollo de la infraestructura para la movilidad sostenible, a través de un sistema de gestión, permite planificar de manera adecuada la inversión, garantizando el eficaz uso de los recursos públicos que, conforme a las necesidades del municipio de Soacha, son escasos.

- Al ser el municipio de Soacha la segunda ciudad con más población en Cundinamarca y la séptima a nivel nacional, las necesidades de movilización de los ciudadanos de manera eficiente y segura, se convierte en una prioridad y en la actualidad en dicho municipio no se cuenta con una infraestructura adecuada para movilización sostenible.

- Entre los beneficios que se obtienen con la aplicación de un sistema de gestión de la infraestructura, se tienen que: se hace recopilación y almacenamiento, de toda la información relevante para el desarrollo de este tipo de infraestructura y que puede ser utilizada, no solo para el desarrollo de esta; sino para la toma de decisiones en otras áreas de la administración municipal o para brindar información a la comunidad, se prioriza la inversión de acuerdo con la necesidad de la comunidad y con el análisis de variables físicas y de desarrollo urbanístico del municipio, que son variables objetivas y no dependen de la subjetividad de los tomadores de decisiones.

- Debido a que, si bien el municipio de Soacha es un municipio de categoría 2, que genera recursos propios y recibe recursos del orden nacional, estos terminan siendo escasos, si se enfrentan con las necesidades de servicios prioritarios como la educación, la salud, la seguridad alimentaria, etc., por lo cual la inversión debe ser adecuadamente planeada, focalizada y eficaz, lo que se cumple con la aplicación adecuada del sistema de gestión, debido a que, en este sistema se prioriza la inversión en la infraestructura, de acuerdo con las necesidades y se contemplan múltiples variables, que le permiten minimizar los riesgos en la inversión.

- Tanto a nivel mundial como nacional, se encuentran casos de estudios de ciudades similares a Soacha, en donde la formulación y aplicación de políticas y programas para incentivar el uso de la bicicleta, han redundado en ciudades con un desarrollo sostenible.

- En los casos de análisis a nivel nacional se pudo identificar que una de las principales actividades que se deben tener en cuenta, para un adecuado sistema de gestión, es conocer la necesidad de la comunidad y plasmarlas en los proyectos a desarrollar.

- A pesar de que en el Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Soacha (Acuerdo No. 46 de 2000), se tenían planteados varios trazados de ciclo infraestructura, la realidad es que a la fecha solo existen cinco (5) tramos, que no tienen conectividad entre ellos y que presentan deficiencias físicas, de barreras, iluminación y seguridad, debido a que en el municipio no se ha gestionado de manera adecuada esta infraestructura, por falta de priorización en la inversión y desconocimiento de la cantidad y necesidades de los biciusuarios.

- La proyección del sistema de ciclorutas del Acuerdo 46 del 2000 (POT) es una estructura vial completa pero desactualizada, que no se adapta a la realidad urbanística y al crecimiento informal y formal del municipio. En el desarrollo de la nueva propuesta de trazado para ciclo infraestructura, se contemplan conexiones con las zonas periurbanas que favorecen a la población vulnerable y permiten conectar sistemas masivos de transporte con sistemas de movilidad no motorizados.

- En el municipio de Soacha no se cuenta con una política que le permita desarrollar la ciclo infraestructura de manera consistente y adecuada, y el principal elemento de planeación territorial, el Plan de Ordenamiento se formuló hace 22 años, por lo cual se desconocen totalmente las necesidades de una ciudad más densamente poblada y con un desarrollo urbanístico más intenso.

- Es importante que en el Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Soacha y en las diferentes políticas y programas de movilidad, se involucre la gestión de la infraestructura para movilidad sostenible, como una herramienta para la toma de decisiones, de manera tal que lo propuesto en estos documentos, no se quede solo en planteamientos, sino que se haga realidad y se materialice con la construcción de la infraestructura.

- Del análisis de los perfiles viales existentes en el Municipio de Soacha para la proyección del ciclo infraestructura, se identificó que el ancho de las vías secundarias que conectan con las vías principales como Autopista Sur, Avenida Indumil y Avenida terreros son insuficientes para alojar bicicarriles que cumplan con los estándares técnicos definidos en Colombia.

- En el análisis para la definición de trazados para cicloinfraestructura, se encontró que por condiciones de pendientes (mayores al 10%) y los angostos perfiles viales, existen zonas del municipio (Cazucá, Ciudadela Sucre, Altos de la Florida) en las cuales físicamente no es viable el desarrollo de cicloinfraestructura, siendo estos

sectores muy vulnerables en términos económicos y que requieren contar con sistemas de transporte seguros y económicos, por lo cual para estas zonas se deben proponer por el municipio alternativas de movilidad como el cable aéreo, que ha estado en estudio desde el 2012, pero a la fecha no se ha materializado.

- La propuesta para que se cuente con una adecuada infraestructura sostenible en el municipio, cuenta con 6 etapas, que inicia con un diagnóstico, posteriormente con el análisis de la información obtenida, como insumo para el diseño, que es la siguiente etapa, una vez definidos los diseños se plantea una metodología para priorizar la inversión, y finalmente el mantenimiento y gestión de la infraestructura construida, igualmente se plantea una etapa de educación que si bien se relaciona como etapa 4, las actividades planteadas en dicha etapa son transversales a todo el proceso.

- Se identificaron 6 criterios para la priorización de la inversión, relacionados con el espacio público disponible, inclusión de los trazados en el plan de ordenamiento territorial, el tránsito de las bicicletas por los trazados propuestos, la posibilidad de conflicto con redes de servicios públicos para el desarrollo de la infraestructura, complejidad técnica en la construcción y desarrollo en zonas de alta vulnerabilidad económica.

- Se identifican 6 de los trazados propuesto para que su intervención se realice a corto plazo, 6 trazados para intervención en el mediano plazo y 5 y trazados a largo plazo.

BIBLIOGRAFÍA

Acuerdo 014 de mayo 30 de 2020, Por el cual se adopta y se aprueba el Plan de Desarrollo del municipio de Soacha para la vigencia 2020-2023 “El cambio avanza”

Acuerdo 046 de diciembre 27 de 2000, Plan de Ordenamiento Territorial Municipio de Soacha.

Adriana Hurtado Tarazona (2020), Art. El Transmilenio de Soacha: retos para la gestión metropolitana en la capital, papeles de coyuntura no 32, Soacha– Colombia.

Alcaldía de Bucaramanga (2019), Estrategia 2019-2030 para Bucaramanga y su Área Metropolitana, La Bicicleta como medio de transporte.

Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. - Instituto de Desarrollo Urbano IDU (Mayo de 1999), Plan maestro de ciclorutas, Manual de diseño, Bogotá - Colombia.

Alcaldía Municipal de Soacha – Secretaría de Movilidad (2019), *Formulación del estudio par la reestructuración técnica, legal y financiera del transporte público colectivo urbano e interurbano que opera al interior del Municipio de Soacha, sobre el corredor Soacha-Bogotá y su área de influencia directa).*

Alcaldía Municipal de Soacha (2016), Plan integral de seguridad y convivencia ciudadana, Soacha – Colombia.

Análisis Del Comportamiento Del Transporte Publico En El Corredor De La Autopista Sur Como Eje De Integración Regional, Angela María Moreno Bonilla (2009), Trabajo de grado para optar al título de Magister en Planeación Urbana y Regional, Pontificia Universidad Javeriana.

Autoridades de la municipalidad de Rosario (2010), Plan Integral de Movilidad Rosario.

Ayuntamiento de Valencia (2013), Plan de movilidad urbana sostenible de Valencia.

Ayuntamiento de Valencia (2017), *“Valencia hacía una movilidad mas sostenible”*

Banco de Desarrollo de América Latina (2018), *Plan integral de modos no motorizados y espacio público de Montería.*

Banco Interamericano de Desarrollo – Universidad de los Andes. (2017). Cómo impulsar el ciclismo urbano: recomendaciones para las instituciones de América Latina y el Caribe / Manuel Rodríguez

Banco Interamericano de Desarrollo (2015), Ciclo-Inclusión en América Latina y El Caribe, Guía para impulsar el uso de la bicicleta.

Banco Interamericano de Desarrollo (2016), *Jornadas de trabajo Movilidad Urbana Sostenible y Espacio Público,* Madrid, España.

Banco Interamericano de Desarrollo (2017), Aprender de los países vecinos, experiencias de ciudades de América Latina en la Promoción de la bicicleta como modo de transporte cotidiano.

Banco Interamericano de Desarrollo (2018) ¿Qué es la infraestructura sostenible? Un marco para orientar la sostenibilidad a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

Banco Interamericano de Desarrollo (2019), Arteaga Gabriela, *Estrategia alternativa para la priorización de proyectos de infraestructura*.

Benzadón Miguel Ángel, Duarte Jorge, Hernández Marcela (2007), Diseño e implementación de un sistema de gestión vial y de espacio público para Bogotá, Colombia.

Cohen Cárdenas Elber José (2017) Alternativas de movilidad sostenible en centros históricos de ciudades de tamaño intermedio, caso de estudio Sincelejo, Colombia.

Dalkmann, H., & Brannigan, C. (2007). Module 5e. *Sustainable transport: A sourcebook for policy-makers in developing cities*.

De Solminihac T. Hernán (2005), Gestión de Infraestructura Vial, Alfaomega.

Departamento Nacional de Planeación Subdirección Territorial y de Inversiones Públicas (Febrero de 2017), Construcción de ciclo infraestructura y servicios complementarios versión 2.0, Bogotá - Colombia.

Documento CONPES 3093, noviembre 15 de 2000, “Sistema De Servicio Público Urbano De Transporte Masivo De Pasajeros De Bogotá – Seguimiento”.

Documento CONPES 3185, julio 31 de 2002, “Propuesta Para Mejorar La Movilidad Entre Bogotá Y Soacha: Extensión De La Troncal Norte-Quito-Sur Del Sistema Transmilenio”.

Documento CONPES 3404, diciembre 12 de 2005, “Sistema Integrado Del Servicio Público Urbano De Transporte Masivo De Pasajeros Del Municipio De Soacha Como Una Extensión De La Troncal Norte-Quito-Sur Del Sistema Transmilenio – Seguimiento.

Documento CONPES 3882, enero 10 de 2017 “Apoyo Del Gobierno Nacional A La Política De Movilidad De La Región Capital Bogotá-Cundinamarca Y Declaratoria De Importancia Estratégica Del Proyecto Sistema Integrado De Transporte Masivo – Soacha Fases II Y III”.

Documento y Cartografía de Diagnóstico Urbano y Rural – POT Municipio de Soacha (2018)– Alcaldía Municipal de Soacha.

El Proceso De Conurbación Bogota-Soacha A Traves Del Estudio De La Movilidad, Trabajo de Grado para Optar al Título de Magister en Planeación Urbana y Regional, Arquitecto Loannis Aris Alexiou, Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Arquitectura y Diseño, Año 2009.

Françoise Dureau, Maria Cristiana Hoyos, Carmen Elisa Florez (1994), Soacha: un barrio de Bogotá. Movilidad y Acceso a la vivienda de la población de los sectores orientales del Municipio, Soacha – Colombia.

Gehl, J. (2010). *Cities for People*. Island Press; 1 edition. http://www.amazon.com/Cities-People-Jan-Gehl/dp/159726573X.

Gobierno del Distrito Federal de México (2010), *Estrategia de movilidad en bicicleta de la ciudad de México.*

González, Julián & González, Laura. (2016). El transporte sostenible y su papel en el desarrollo del medio ambiente urbano. Ingeniería y Región. 14. 87. 10.25054/22161325.696.

Gössling, S., Schröder, M., Späth, P., & Freytag, T. (2016). Urban space distribution and sustainable transport. *Transport Reviews, 36*(5), 659-679. doi:10.1080/01441647.2016.1147101.

Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas, Ministerio de Transporte (2016), Bogotá – Colombia.

Hernández Sampieri Roberto, Fernández Collado Carlos y Baptista Lucio Pilar (2010), Metodología de la Investigación, Mc Graw Hill.

Hook, W. (2006). *Preservar y expandir el papel del transporte no-motorizado*. *Texto de referencia para formuladores de políticas públicas en ciudades en desarrollo*. Eschborn: GTZ.

Hook, W. (2006). *Preservar y expandir el papel del transporte no-motorizado*. *Texto de referencia para formuladores de políticas públicas en ciudades en desarrollo*. Eschborn: GTZ.

INECON, Ingenieros y economistas consultores Ltda (1997), *Habilitación red de ciclovías, Manual de diseño y evaluación social de proyectos de viabilidad urbana*, Chile.

Irina Makarova, Polina Buyvol, Ksenia Shubenkova, Eduard Tsybunov, Aleksey Boyko (2018), "Development of Intelligent Smart Bicycle Control System", *East-West Design & Test Symposium (EWDTS) 2018 IEEE*, pp. 1-8.

Jacobsen, P. (2003). Safety in numbers: more walkers and bicyclists, safer walking and bicycling. Injury Prevention, 9, 205–209. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1731007/

Jimenez Alemán José Alonzo (2017), Análisis de la distribución de competencias en materia de jerarquización y gestión de infraestructura vial: caso de Lima Metropolitana.

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

Ministerio de Transportes y comunicaciones del Perú (2010), *"Modelo del Sistema de Gestión de Infraestructura vial de Provias nacional"*

Ministerio de Transportes y comunicaciones (2006) Modelo del sistema de gestión de infraestructura vial de Provías Nacional.

Mueller, N., Rojas-Rueda, D., Cole-Hunter, T., Nazelle, A. de, Dons, E., Gerike, R., Nieuwenhuijsen, M. (2015). *Health impact assessment of active transportation: A systematic review*.

Municipio de Santiago de Cali (2004), Estudio del Plan maestro de ciclo-rutas para Santiago de Cali.

Observatorio Urbano Regional, Cámara Colombiana de la Infraestructura – Camacol (2013), https://ourprueba.maps.arcgis.com/apps/opsdashboard/index.html#/3ca5d125da654fdba2a1271fcd149f58-

Organización Panamericana de la Salud, El Centro Nacional para la Prevención de Enfermedades Crónicas y Promoción de la Salud de los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades, La Universidad de los Andes en Bogotá Colombia (2009), Manual para implementar y promocionar la ciclovia recreativa, Bogotá - Colombia.

Pettinga, A., Rowette, A., Braakman, B., Pardo, C., Kuijper, D., de Jong, H., … Goodefrooij, T. (2009). *Cycling Inclusive Policy Development: a Handbook*. (T. Godefrooij, C. Pardo, & L. Sagaris, Eds.) *Division 44. Water, Energy, Transport* (1st ed.). Eschborn: GIZ, I-CE. www.i-ce.nl.

Pontificia Universidad Católica de Chile (2015), *Monografía Sistema de Gestión de Pavimentos Urbanos.*

Secretaría de Movilidad, Alcaldía de Bogotá (2019), *Caracterización de la movilidad – Encuesta de Movilidad de Bogotá.*

Secretaría de Movilidad, Alcaldía de Bogotá (2021), *Diagnóstico para la política Pública de la Bicicleta,* Bogotá - Colombia.

SECTRA Programa de Vialidad y Transporte Urbano, Ministerio de Desarrollo Social (2013), Metodología para la formulación y evaluación de planes maestros de ciclorutas, Chile.

Todt Jean (2020) COVID-19: Reshaping Mobility, https://blogs.iadb.org/transporte/en/covid-19-reshaping-mobility/.

Tolley R (2003). Sustainable Transport. Woodhead Publishing in environmental management. Elsevier Science.

Universidad Piloto de Colombia, Oscar Mauricio Salazar, Juan Alaix Acosta, Katherine Infante (2015), Trabajo de grado para obtener el título de especialista en gerencia de proyectos, Mejoramiento de la movilidad del corredor vial de la vía Indumil, en el municipio de Soacha – Cundinamarca - Fase II, Colombia.

Vidal H. Carlos Julio, Bravo B. Juan, Cajiao G. Pedro Pablo (2012), *Guía metodológica para la priorización de proyectos, un enfoque aplicado a la infraestructura, la logística y la competitivida*d, Santiago de Cali, Colombia.

ANEXOS

Anexo No. 1. Carpeta formatos de inventario de ciclo infraestructura existente y registro fotográfico.

Formato No. 1. Autopista Sur.

Formato No. 2. Ciudad Verde.

Formato No. 3. Carrera 7.

Formato No. 4. San Mateo.

Formato No. 5. Terreros

Carpeta No. 1. Registro fotográfico Autopista Sur

Carpeta No. 2 Registro fotográfico Ciudad Verde

Carpeta No. 3 Registro fotográfico Carrera 7

Carpeta No. 4 Registro fotográfico San Mateo.

Carpeta No. 5. Registro fotográfico Terreros

Anexo No. 2. Matriz de definición de propuesta de trazados.

Anexo No. 3. Plano perfiles viales.

Anexo No.4. Matriz de priorización de la inversión.

Anexo No. 5. Carpeta planos de soporte trabajo, conformada así:

Plano No. 1. Equipamientos municipales.

Plano No. 2. Sistema de ciclo rutas – Plan de Ordenamiento Territorial Acuerdo No. 046 de 2000.

Plano No. 3. Calidad Geomecánica Municipio de Soacha.

Plano No. 4. Plano de estratificación.

Plano No. 5. Índices de ocupación.

Los anexos se pueden consultar en el siguiente enlace: https://drive.google.com/drive/folders/153ZECHOEOsB-_VSWvokTNAtSSRkguQ1D?usp=sharing