



EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS SOCIALES, AMBIENTALES Y
ECONÓMICOS DEL SISTEMA DE BICICLETAS PÚBLICAS - ENCICLA EN LA
CIUDAD DE MEDELLÍN A TRAVÉS DE UN ANÁLISIS MULTICRITERIO

SOCIAL, ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC IMPACTS ASSESSMENT OF
"ENCICLA" - THE PUBLIC BICYCLE SYSTEM IN MEDELLÍN CITY THROUGH A
MULTICRITERIA ANALYSIS

DIANA MARCELA DAZA OLIVELLA
CARLOS ANDRÉS RÍOS RODRÍGUEZ

Trabajo de grado

Director

Alejandro González Valencia

UNIVERSIDAD EAFIT
Escuela de Administración
Maestría en Sostenibilidad
Medellín
2024

CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS	4
LISTA DE TABLAS	5
DEDICATORIA.....	7
RESUMEN.....	8
PALABRAS CLAVE	8
ABSTRACT.....	9
KEYWORDS	9
MENSAJES DESTACADOS	10
INFOGRÁFICO DE RESUMEN	11
INTRODUCCIÓN	11
OBJETIVOS.....	13
GENERAL	13
ESPECÍFICOS	13
MARCO TEÓRICO	14
CONTEXTO INTERNACIONAL	14
Sistemas de Bicicleta Compartidos en el mundo.....	16
CONTEXTO NACIONAL	18
Políticas Pública en Colombia sobre movilidad activa	19
Viajes de movilidad activa en Colombia.....	22
Cicloinfraestructura en Colombia.....	23
Sistemas de Bicicletas Compartidas en Colombia.....	23
CONTEXTO LOCAL.....	26
Movilidad activa en el Valle de Aburrá	26
Viajes de movilidad activa en el Valle de Aburrá.....	27
Cicloinfraestructura en el Valle de Aburrá	27
Sistema de Bicicletas Públicas del Valle de Aburrá - EnCicla.....	28
METODOLOGÍA	33
MÉTODO DE ANÁLISIS.....	33
ENTREVISTAS SEMI-ESTRUCTURADAS	35
Expertos seleccionados	36
DEFINICIÓN DE CRITERIOS	37
Proceso de Análisis Jerárquico (AHP)	37

Criterios priorizados desde la Dimensión Social.....	38
Criterios priorizados desde la Dimensión Ambiental.....	40
Criterios priorizados desde la Dimensión Económica.....	41
INDICADORES DE EVALUACIÓN - ENCICLA.....	43
Indicadores en la Dimensión Social.....	43
Indicadores en la Dimensión Ambiental.....	49
Indicadores en la Dimensión Económica.....	57
IMPACTO DEL TRABAJO AL DESARROLLO SOSTENIBLE.....	62
Dimensión Social.....	63
1. Impacto en la siniestralidad vial.....	64
Dimensión Ambiental.....	66
1. Emisiones de CO2 evitadas por viajes de los usuarios.....	66
Dimensión Económica.....	66
1. Ahorro de los costos de viaje de los usuarios.....	66
2. Ahorro en tiempo productivo por reducción en tiempos de viaje de los usuarios.....	66
Cálculo del Retorno Social de la Inversión (SROI).....	66
CONSIDERACIONES ÉTICAS.....	70
HALLAZGOS Y RESULTADOS.....	71
Criterios sociales, ambientales y económicos en la evaluación de impacto de sistema EnCicla.....	71
Evaluación de impacto del sistema EnCicla.....	73
Valoración del impacto mediante el cálculo del Retorno Social de la Inversión (SROI) para el Sistema EnCicla.....	73
DISCUSIÓN.....	75
CONCLUSIONES.....	78
CONTRIBUCIÓN A LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS).....	80
BIOGRAFÍAS.....	82
AGRADECIMIENTOS Y RECONOCIMIENTOS.....	83
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	84

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Infográfico del trabajo de grado	11
Figura 2. Número de artículos en movilidad sostenible por año.	14
Figura 3. Mapa de los principales Sistemas de Bicicleta Compartida del mundo a 2017.....	17
Figura 4. Porcentaje de Viajes en las principales aglomeraciones urbanas de Colombia.....	23
Figura 5. Mapa de cicloinfraestructura de Medellín	28
Figura 6. Número de préstamos de EnCicla por año entre 2011 y 2022.	32
Figura 7. Mapa de estaciones y paraderos del SITVA.	45
Figura 8. Mapa de estaciones del Sistema de Bicicletas Públicas - EnCicla.	46
Figura 9. Mapa de zona de cobertura del Sistema de Bicicletas Públicas – EnCicla y el Sistema Integrado de Transporte del Valle de Aburrá - SITVA.	47
Figura 10. Porcentaje de usuarios del SITVA y del sistema EnCicla según estrato.	48
Figura 11. Porcentaje de usuarios del sistema EnCicla por estrato y modo del que proviene.	49
Figura 12. Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) por categoría vehicular en el año 2022 en toneladas / año.....	51
Figura 13. Distribución porcentual de emisiones de PM 2.5 por categoría vehicular, año 2022.....	54
Figura 14. Criterios de evaluación de EnCicla desde la dimensión social	71
Figura 15. Criterios de evaluación de EnCicla desde la dimensión ambiental.	72
Figura 16. Criterios de evaluación de EnCicla desde la dimensión económica.	72
Figura 17. Valores de beneficios generados por la operación del sistema EnCicla entre 2011 y 2023.	74

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Marco de política pública y normativa a nivel mundial.	15
Tabla 2. Modelos de operación de sistemas de Bicicleta compartidos	18
Tabla 3. Recopilación de políticas públicas sobre la movilidad activa a nivel nacional.	19
Tabla 4. Recopilación de políticas públicas sobre la movilidad activa a nivel departamental y municipal.	21
Tabla 5. Sistemas de Bicicletas Públicas en Colombia.	25
Tabla 6. Acuerdos y decretos municipales y metropolitanos sobre movilidad activa en el Valle Aburrá.....	26
Tabla 7. Reseña Histórica de EnCicla.....	29
Tabla 8. Comparativo Análisis Multicriterio y Costo - Beneficio.....	33
Tabla 9. Objetivos y propósitos de las entrevistas a expertos.....	35
Tabla 10. Listado de expertos en movilidad sostenible.	36
Tabla 11. Escala de SAATY para metodología AHP.	37
Tabla 12. Asignación de importancia según diferencia de puntuación.	37
Tabla 13. Matriz de Comparación pareada – Dimensión Social.....	39
Tabla 14. Pesos por criterios desde la dimensión social.....	39
Tabla 15. Matriz de Comparación pareada – Dimensión Ambiental.....	40
Tabla 16. Pesos por criterios desde la dimensión ambiental	41
Tabla 17. Matriz de Comparación pareada – Dimensión Económica.....	42
Tabla 18. Pesos por criterios desde la dimensión económica.....	42
Tabla 19. Indicadores según criterio por dimensión.	43
Tabla 20. Información para la gestión de los indicadores de la dimensión social. .	44
Tabla 21. Áreas de cobertura del SITVA y del sistema EnCicla.	46
Tabla 22. Porcentaje de usuarios según Cívica en el SITVA según modo y estrato.	48
Tabla 23. Información para la gestión de los indicadores de la dimensión ambiental.	49
Tabla 24. Emisiones de CO2 producidas por categoría vehicular.....	51
Tabla 25. Proporción del modo de transporte anterior a EnCicla.....	52
Tabla 26. Emisiones de CO2 evitadas.	52
Tabla 27. Emisiones de contaminantes criterio por categoría vehicular (Año 2022).	53
Tabla 28. Emisiones de PM 2.5 producido por categoría vehicular.....	54
Tabla 29. Emisiones de PM2.5 evitadas.	55
Tabla 30. Emisiones de ruido por categoría vehicular y viajes evitados por modo en EnCicla desde 2011 hasta 2022.	56
Tabla 31. Información para la gestión de los indicadores de la dimensión económica.	57
Tabla 32. Gastos por modo de transporte.....	58
Tabla 33. Gastos anuales de vehículos particulares.....	58

Tabla 34. Tarifas de transporte público en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.	58
Tabla 35. Estimación del costo total anual ahorrado por uso del sistema EnCicla.	59
Tabla 36. Tiempos de viaje promedio por modos de transporte según EOD 2022 para la ciudad de Medellín.	59
Tabla 37. Diferencial de tiempos de viaje promedio por modo de transporte tomando como referencia EnCicla.	60
Tabla 38. Cálculo de tiempos ahorrados de viaje promedio por modo de transporte tomando como referencia EnCicla.	61
Tabla 39. Aspectos para la valoración ASG.	63
Tabla 40. Siniestralidad en ciclistas en Medellín.	64
Tabla 41. Costo de pérdida de productividad de ciclistas fallecidos y lesionados.	65
Tabla 42. Recursos invertidos en el sistema de bicicletas publicas EnCicla.	67
Tabla 43. Resumen de la valoración SROI.	68
Tabla 44. Indicadores evaluados en el sistema EnCicla.	73
Tabla 45. Contribución a los ODS.	80

DEDICATORIA

A la ciudad de Medellín y su Área Metropolitana que por medio de sus dinámicas de innovación nos permiten aportar al mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes por medio de nuestro ejercicio académico y profesional.

A nuestras familias, que con su apoyo incondicional nos impulsan a cumplir nuestros sueños.

RESUMEN

Los sistemas de bicicletas públicas y la promoción de la bicicleta como modo de transporte en Colombia se ven afectados por la falta de interés político en realizar inversiones que permitan generar seguridad, comodidad y eficiencia a los usuarios de estos modos en sus desplazamientos. Así mismo, la idiosincrasia de la población, donde adquirir una motocicleta o un automóvil son vistos como sinónimo de éxito, dificultan una transición a una movilidad más sostenible, que permita mejorar las condiciones de calidad del aire, de salud pública y de congestión en los entornos urbanos.

Es por ello, que este estudio estimó los beneficios que tiene el sistema de bicicletas públicas – EnCicla en la ciudad de Medellín, en los aspectos social, económico y ambiental a través de un análisis multicriterio. El estudio permitió identificar 36 criterios relevantes en todos los aspectos a través de las entrevistas realizadas a expertos: entre estos criterios encontrados, se priorizaron: accesibilidad al sistema, estrato socioeconómico, emisiones de gases de efecto invernadero, contaminación por ruido, costo del viaje y valor del tiempo.

Además, contempló una aproximación a valoración monetaria de estos impactos en la sociedad, en dónde se incluyeron otras variables como la siniestralidad. Esta aproximación permite concluir que el sistema de bicicletas públicas – EnCicla le genera un beneficio positivo a la sociedad.

PALABRAS CLAVE

Medellín, EnCicla, Sistema de Bicicletas Compartidas, Análisis Multicriterio, Retorno Social de la Inversión, ODS 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles, ODS 13: Acción por el Clima.

ABSTRACT

Public bicycle systems and the promotion of bicycles as a mode of transportation in Colombia are affected by the lack of political interest in making investments that generate safety, comfort, and efficiency for users of these modes in their travels. Likewise, the idiosyncrasies of the population, where purchasing a motorcycle or a car are seen as synonymous with success, hinder a transition to more sustainable mobility, which allows improving air quality, public health, and congestion conditions in the urban environments.

For this reason, this study estimated the benefits of the “EnCicla” – the public bicycle system in Medellín, in the social, economic and environmental aspects through a multi-criteria analysis. The study made it possible to identify 36 relevant criteria in all aspects through interviews with experts: among these criteria found, the following were prioritized: accessibility to the system, socioeconomic stratum, greenhouse gases emissions, noise pollution, travel cost and value of time.

In addition, it contemplated an approach to monetary valuation of these impacts on society, where other variables such as accidents were included. This approach allows us to conclude that “EnCicla” - the public bicycle system generates a positive benefit for society applied in Medellín.

KEYWORDS

Medellin, EnCicla, Bicycle sharing system, Multicriteria analysis, Social return on investment, SGD 11: Sustainable cities and communities, SGD 13: Climate action.

MENSAJES DESTACADOS

El análisis definió como indicadores para #EnCicla: cobertura, estrato, emisiones de CO2 y PM2.5, ruido, costo del viaje y valor del tiempo. #Ciudadessostenibles #Movilidadsostenible #ODS2 #ODS13 #ODS11.

Las emisiones de CO2 evitadas entre 2011-2022 por operación de #EnCicla es de 2.366 toneladas de CO2. #Ciudadessostenibles #Movilidadsostenible #ODS3 #ODS13.

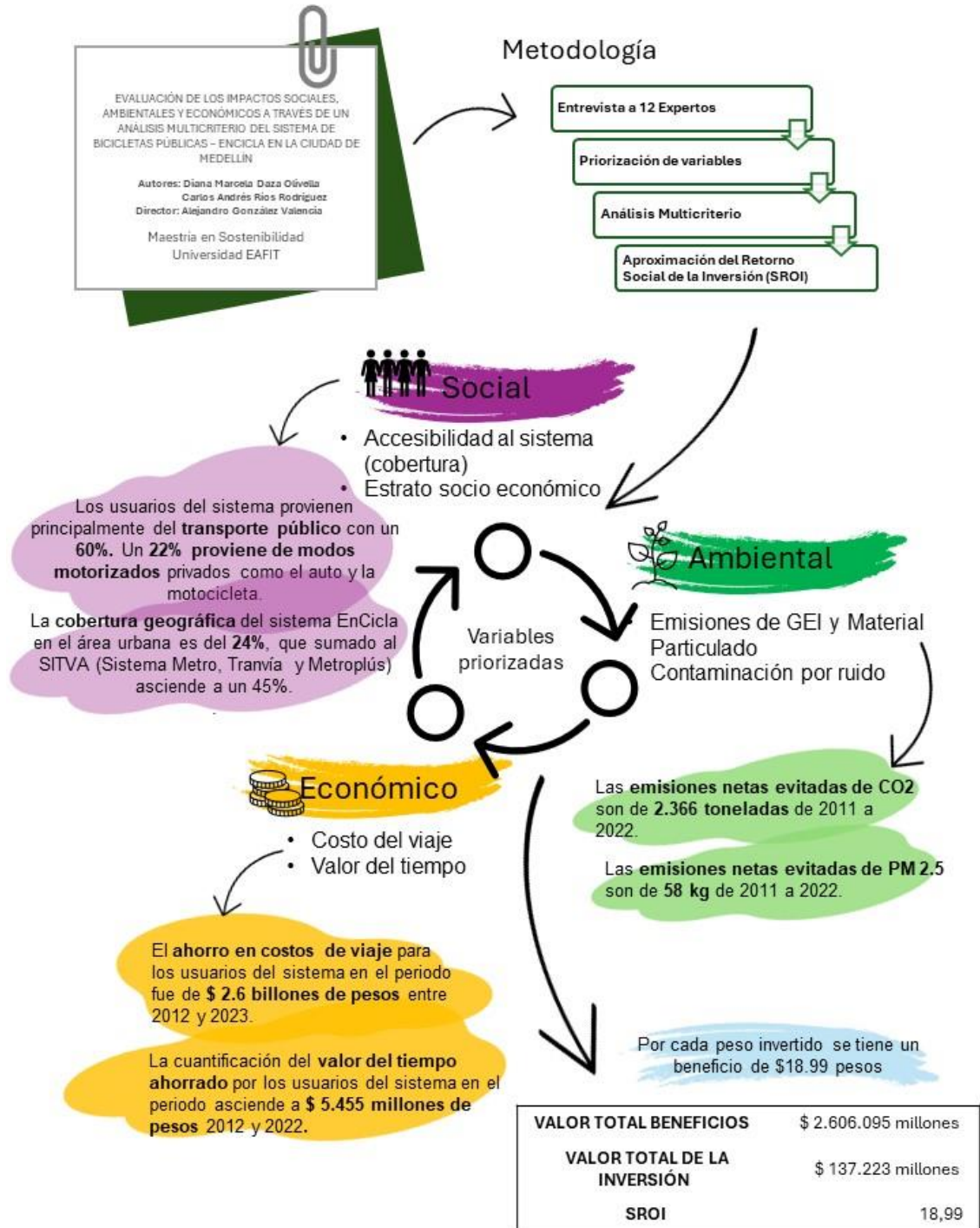
Los costos de viaje ahorrado por los usuarios de #EnCicla entre 2012 y 2023 asciende a \$ 2.6 billones de pesos. #Ciudadessostenibles #Movilidadsostenible #ODS11.

#EnCicla proporciona una cobertura de transporte de un 24% del área urbana de Medellín, junto al Sistema #Metro suman un 45% #SITVA #Ciudadessostenibles #Movilidadsostenible #ODS11 #ODS12 #ODS13.

Por cada peso invertido en #EnCicla se tiene un beneficio de \$18.99, en los aspectos sociales, ambientales y económicos de Medellín. #Ciudadessostenibles #Movilidadsostenible #ODS11 #ODS12.

INFOGRÁFICO DE RESUMEN

Figura 1. Infográfico del trabajo de grado



Fuente: Elaboración Propia.

INTRODUCCIÓN

El uso de la bicicleta como modo de transporte está siendo impulsado alrededor del mundo desde hace dos décadas como una forma de promover la movilidad sostenible, la mejora en la salud pública, la reducción de la siniestralidad, la reducción en la contaminación del aire y la alternativa a descongestión de las ciudades. De igual manera, ha sucedido en el contexto latinoamericano, donde ciudades como México, Bogotá y Medellín viene trabajando por el aumento de los desplazamientos en modos sostenibles.

Colombia, por medio de los gobiernos locales y el gobierno nacional, ha venido avanzando en las políticas públicas de promoción y protección a los ciclistas, así como la implementación de infraestructura segura. De igual manera, se han generado compromisos de reducción de emisiones acogiéndose al acuerdo de París, sin embargo, a pesar de ser una de las acciones identificadas en la lucha contra el cambio climático, la implementación de Sistemas de Bicicletas Compartidas no ha tenido grandes logros a través del territorio nacional.

En este sentido, el Área Metropolitana del Valle de Aburrá decide impulsar la creación de un sistema de bicicletas públicas llamando EnCicla, y posteriormente, la Plan Maestro Metropolitano de Bicicleta PMB 2023 poniendo como meta llegar a un 10% de viajes realizados en bicicleta para 2030.

EnCicla nació en el 2010 como una prueba piloto de seis estaciones manuales y 105 bicicletas operadas por un convenio de asociación entre el AMVA y la Universidad EAFIT. En la actualidad el sistema cuenta con 101 estaciones, 118.000 usuarios inscritos y aproximadamente 8.000 préstamos diarios (AMVA, 2022).

Este estudio pretende proponer una evaluación de EnCicla teniendo en cuenta los aspectos social, ambiental y económico que sirva como guía para hacer futuras evaluaciones de otros sistemas del país, por medio de un análisis multicriterio que tome como base los indicadores considerados por un panel de expertos. Así mismo, se pretende realizar una aproximación a cuantificación de los beneficios del sistema a través del método de retorno social de la inversión.

OBJETIVOS

GENERAL

Evaluar el impacto social, ambiental y económico, por medio de un análisis multicriterio de un Sistema de Bicicletas Compartidas tomando como caso de estudio del Sistema de Bicicletas Públicas – EnCicla en la ciudad de Medellín.

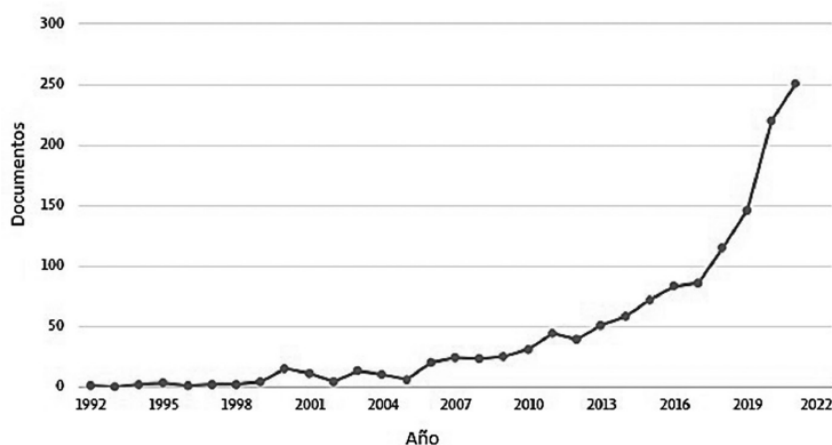
ESPECÍFICOS

1. Identificar los criterios en las dimensiones social, ambiental y económica a utilizar en la evaluación de impacto del Sistema de Bicicletas Públicas – EnCicla.
2. Evaluar el impacto del Sistema de Bicicletas Públicas – EnCicla en la ciudad de Medellín a partir de los indicadores priorizados mediante el análisis Multicriterio.
3. Valorar el impacto bajo el cálculo del Retorno Social de la Inversión (SROI) para el Sistema de Bicicletas Públicas – EnCicla en la ciudad de Medellín.

MARCO TEÓRICO

En los últimos treinta años (1992 a 2022), según Pérez-Morales, A., Gil-Guirado, S., Maqueda-Belmonte, F. (2022), se han alcanzado a publicar un total de 1.358 artículos en “movilidad sostenible”, elaborados por 3.516 autores. En 1992, fue publicado el “Libro verde sobre el impacto del transporte en el medio ambiente”, el cual fue el primer documento en hablar sobre "movilidad sostenible". Luego, este mismo año se elaboró el primer artículo científico con el término "movilidad sostenible", el cual fue elaborado por Hoyer y Tor Selstad en Noruega.

Figura 2. Número de artículos en movilidad sostenible por año.



Fuente: Tomada de (Pérez-Morales A.; Gil-Guirado, S., Maqueda-Belmonte, F., 2022).

CONTEXTO INTERNACIONAL

La movilidad activa se considera pilar fundamental en el desarrollo de ciudades y comunidades sostenibles. El uso de la bicicleta ha propiciado cambios rotundos en diferentes países como en Países Bajos, en dónde es el tipo de vehículo más usado en sus ciudades, por ejemplo, solo los habitantes de Ámsterdam poseen casi un millón de bicicletas (Amsterdam, 2017).

Frente a los problemas de movilidad urbana, la promoción del uso de la bicicleta es una solución de bajo costo y alto impacto potencial que permite realizar viajes origen-destino o aportar a la intermodalidad. Asimismo, aportan beneficios como reducción de congestión vial, mejora de la calidad del aire y salud pública, equidad y seguridad vial (CFF, 2022).

El Índice Copenhagense, examina cientos de ciudades que representan todas las regiones del mundo desde el año 2011, año tras año, realiza un ranking de ciudades que cumplen los requisitos de ser las más “cicleables”. En los últimos años, han

estado a la cabeza tres (3) ciudades: (1) Copenhague, que continúa con impresionantes inversiones e innovaciones para que el ciclismo, (2) Ámsterdam, que ha hecho audaces pasos en los últimos años en mejorar la experiencia en sus ciclistas y (3) Utrecht, que sorprende con sus proyectos como ciudad universitaria.

En 2019, clasificaron ciudades en el top 10 como Amberes, Estrasburgo, Burdeos y Oslo, esta última se destaca por su urbanismo ciclista. Mientras que en el top 20, se lograron posicionar ciudades de otras latitudes como Bogotá, Bremen, Taipei y Vancouver, como ciudades que se presentan como nuevos centros urbanos para la bicicleta (Copenhagense, 2019).

Políticas Públicas en el mundo sobre movilidad activa

En el contexto internacional, se encontraron las siguientes políticas públicas que han permitido dar lineamientos a nivel internacional a los países como argumento para la promoción de la movilidad activa:

Tabla 1. Marco de política pública y normativa a nivel mundial.

Año	Política Pública	Asunto
2012	Resolución 66/288 “El futuro que queremos” - ONU	<p>En la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible en Río de 2012 (también conocida como Río +20) se construyó este documento que contiene pasos claros y prácticos para la implementación del desarrollo sostenible.</p> <p>En la Conferencia, los Estados Miembros decidieron poner en marcha un proceso para desarrollar un conjunto de Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), basándose en los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) y convergiendo con la agenda para el desarrollo después de 2015.</p> <p>La Conferencia también adoptó directrices innovadoras sobre políticas de economía verde y puso en marcha una estrategia para financiar el desarrollo sostenible. (ONU, 2012)</p>
2015	Ciclo-inclusión en América Latina y el Caribe: Guía para impulsar el uso de la bicicleta	<p>Guía para impulsar el uso de la bicicleta» es un documento de referencia para los tomadores de decisiones y técnicos que necesiten lineamientos y referencias para fomentar una política ciclo-inclusiva en su ciudad. Este trabajo es parte de una investigación que realizó el BID en 56 ciudades de ALC recolectando 27 indicadores sobre el uso de la bicicleta e información sobre políticas que apoyan el uso de este medio no-motorizado. (BID, 2015)</p>
2015	Resolución 70/1 “Acuerdo de París” - ONU	<p>Tratado internacional jurídicamente vinculante sobre el cambio climático. Adoptado por 196 Partes en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP21) en París, Francia, en 2015. Entró en vigor en noviembre de 2016. Establece los Objetivos de Desarrollo Sostenible ODS.</p>

Año	Política Pública	Asunto
		<p>Su objetivo general es mantener “el aumento de la temperatura media mundial a un nivel adecuado”. por debajo de 2°C por encima de los niveles preindustriales” y proseguir esfuerzos “para limitar el aumento de temperatura a 1,5°C por encima de los niveles preindustriales”.</p> <p>El Acuerdo de París es un hito en el proceso multilateral sobre el cambio climático porque, por primera vez, un acuerdo vinculante reúne a todas las naciones unidas para combatir el cambio climático y adaptarse a sus efectos. (ONU, 2015)</p>
2016	Nueva Agenda Urbana – ONU Hábitat III	La guía para el desarrollo de políticas y acciones urbanas sostenibles. Su uso permite transferir el conocimiento de manera accesible, fortaleciendo las capacidades en todos los niveles y entre todos los interesados en temas de ciudad, sin dejar a nadie ni a ningún territorio atrás. Orienta de forma clara, cómo la urbanización bien planificada y gestionada puede ser una fuerza transformadora para acelerar el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). (ONU Habitat, 2016)
2020	Declaración de Estocolmo	En la Tercera Conferencia Ministerial Mundial sobre Seguridad Vial, se lanzó este documento para proporcionar orientación hasta 2030, centrándose en la cooperación internacional para mejorar la seguridad vial a nivel mundial. También se compartieron los éxitos y las lecciones aprendidas del Plan Mundial para la Década de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020 de las Naciones Unidas, y así poder acelerar las acciones, sobre todo de las regiones que tienen altas tasas de mortalidad y poder trazar orientaciones estratégicas para todo el mundo hasta 2030, con el fin de lograr eficacia y salvar vidas. (Club Europeo de Automovilistas - CEA, 2020)

Fuente: Elaboración propia.

En Holanda se cuenta con programas como Tour de Force y CycleOn, que pretenden aumentar la cantidad de kilómetros recorridos usando la bicicleta y que las personas de mayor edad la incluyan en su rutina como un hábito saludable, respectivamente (Cáceres Lara & Cuevas Saavedra, 2020).

En Latinoamérica, Ciudad de México cuenta con el Plan Estratégico de Movilidad e México 2019, que busca integrar el sistema de transporte y la infraestructura vial con el uso de la bicicleta como modo de transporte. Así mismo, la ciudad cuenta con el Plan de Movilidad Ciclista 2020 que favorece el fortalecimiento de la infraestructura física (Cáceres Lara & Cuevas Saavedra, 2020).

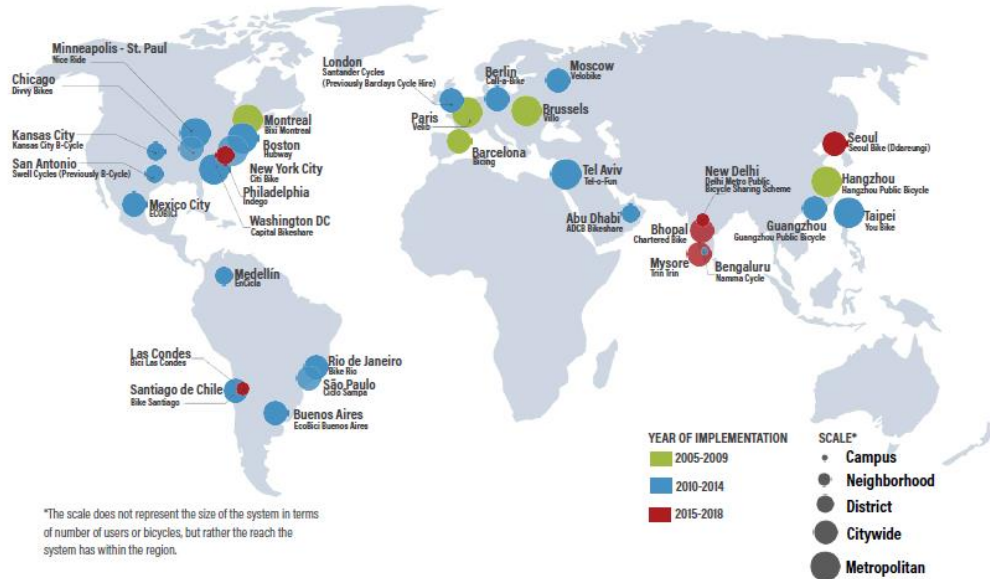
Sistemas de Bicicleta Compartidos en el mundo

La promoción del uso de la bicicleta ha tenido un gran impulso en las últimas dos décadas con la implementación de los Sistemas de Bicicleta Compartidos – SBC en ciudades. A nivel mundial, de 2015 a 2018, la cantidad de bicicletas de acceso

público incrementó de 1.2 a 17 millones, con presencia en más de 980 ciudades (Moon-Miklaucic et al., 2019).

Este tipo de sistemas permiten aporta a generar más viajes en bicicleta como complemento a los sistemas de transporte o para viajes cortos dentro de los contextos urbanos

Figura 3. Mapa de los principales Sistemas de Bicicleta Compartida del mundo a 2017.



Fuente: Tomada de (Moon-Miklaucic et al., 2019)

El inicio de los sistemas de bicicleta públicas se da en Ámsterdam en 1965, con el sistema llamado el 'Wittefietsenplan', la cual fue una iniciativa de activistas en la ciudad que consistía en dejar bicicletas para el uso público y gratuito en las calles, la cual se ha llamado con la primera generación de bicicletas (CFF, 2022). Luego en la década del noventa, en Europa se inició la segunda generación de bicicletas mediante un préstamo sistematizado en estaciones con entrega manual o con monedas con desbloqueo automático.

En la década del 2000, la tercera generación comenzó a surgir en ciudades como París con el sistema Velib, que consistía en un sistema con estaciones y préstamo automático. Este tipo de sistemas se encuentran en cientos de ciudades, incluyendo los sistemas más exitosos de la región que funcionan como referentes para las ciudades colombianas: Citibike en Nueva York, Ecobici en la Ciudad de México y EnCicla en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (CFF, 2022).

En la década del 2010, la cuarta generación de sistemas de bicicletas comenzó a surgir en ciudades de China como Hangzhou, en las cuales se usan sistemas sin anclajes o "dockless", con tecnología de aplicaciones móviles que permiten el desbloqueo y da una flexibilidad a los usuarios para conseguir bicicletas en calles

dentro de zonas completas de operación, sin tener que dirigirse a estaciones. El auge que este tipo de sistemas empezó a darse desde el año 2017, en ciudades de Europa, Asia y América, en dónde empresas privadas acordaban modelo de concesión del espacio público con las principales ciudades y operaron muchas de ellas hasta pandemia (2020).

Si bien los sistemas sin anclaje no requieren de estaciones para anclar las bicicletas, recientemente han surgido sistemas ‘híbridos’ que incorporan puntos de estacionamiento, que permiten mejorar la logística y organización del sistema, en especial para evitar la desorganización del espacio público y garantizar la disponibilidad de bicicletas. (CFF, 2022)

Sobre la operación de los sistemas de bicicleta compartidos se pueden encontrar tres (3) modelos de organización, según (Moon-Miklaucic et al., 2019):

Tabla 2. Modelos de operación de sistemas de Bicicleta compartidos

Modelo de operación	Descripción
Público	Son aquellos que son de propiedad y operación pública, en dónde los activos del sistema son propiedad en su totalidad del sector público. Tiene la ventaja de ofrecer mayor control público de aspectos técnicos y operacionales, pero también presenta un mayor riesgo y responsabilidad para la ciudad.
Mixto	Son aquellos de propiedad pública y operación privada, en dónde ofrecen una mayor facilidad de operación para el gobierno y flexibilidad en la tecnología, sin embargo, requiere un mayor esfuerzo de coordinación entre el ente público y privado para la supervisión de contratos y eficiencia del servicio.
Privado	Son aquellos de propiedad y operación privada, con o sin relación formal con la ciudad, como un esquema de asociación que reduce el riesgo para la ciudad al dar mayor responsabilidad al operador, pero implica menor control y reparto de ingresos para actores públicos.

Fuente: Elaboración propia con información de (CFF, 2022).

CONTEXTO NACIONAL

En Colombia se ha avanzado en la creación de condiciones que permiten el desarrollo de la movilidad activa en el país, diferentes programas, estrategias y proyectos han promovido el uso de la bicicleta como modo de transporte con el propósito de ser un opción sostenible, eficiente, rápida y asequible.

A nivel local, comienzan a crearse estrategias desde el año 1974, en dónde el programa “Ciclovía” se convierte en un referente mundial de promoción del uso de la bicicleta en las ciudades al abrir las calles al uso de modos activos (caminata y la bicicleta) durante los domingos y festivos.

Políticas Pública en Colombia sobre movilidad activa

En el año 2016, se creó la primera ley a favor de la promoción del uso de la bicicleta en el país (Ley 1811 de 2016), la cual incluye diferentes incentivos. A partir de esta ley y ligado con la adopción de los compromisos del acuerdo de Paris asociados a las acciones de mitigación de GEI, la gestión de la movilidad urbana sostenible y la seguridad vial en el país, Colombia ha desarrollado las siguientes políticas públicas alineadas a la movilidad activa:

Tabla 3. Recopilación de políticas públicas sobre la movilidad activa a nivel nacional.

Año	Política Pública	Descripción
2016	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.	Tiene por objeto incentivar el uso de la bicicleta como medio principal de transporte en todo el territorio nacional; incrementar el número de viajes en bicicleta, avanzar en la mitigación del impacto ambiental que produce el tránsito automotor y mejorar la movilidad urbana.
2017	Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente - Norma de Calidad del Aire	Establece la norma de calidad del aire o nivel de inmisión y adopta disposiciones para la gestión del recurso aire en el territorio nacional, con el objeto de garantizar un ambiente sano y minimizar el riesgo sobre la salud humana que pueda ser causado por la exposición a los contaminantes
2019	Estrategia Nacional de Calidad del Aire– ENCA	La Estrategia Nacional de Calidad del Aire busca mejorar la calidad del aire con énfasis en la reducción de material particulado en áreas urbanas, garantizando la protección del ambiente y la salud de los colombianos.
2020	CONPES 3991 de 2020 - Política Nacional de Movilidad Urbana y Regional	Incluye una línea específica sobre la gestión de la movilidad activa en el país, dentro de la cual se plantea un diagnóstico, la creación de una estrategia nacional y un sistema de información que incluya a los modos activos en la gestión sostenible de la movilidad urbana, que permitirán la gestión de: (i) Implementación de zonas de tráfico calmado e infraestructura dedicada a peatones, (ii) Generación de infraestructura ciclo-inclusiva, (iii) Implementación de sistemas públicos de bicicletas, (iv) Implementación de servicios formales en medios alternativos de transporte, (v) Implementación de campañas de educación y promoción de valores y prácticas afines a la cultura de la movilidad activa
2021	Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional – NDC	Las NDC en Colombia se formularon en 2021, como parte del Acuerdo de Paris, y comunica las acciones climáticas proyectadas y a implementar con posterioridad a 2020 y hasta el 2030. (Brigard Urrutia, 2021). Dentro de las Medidas de Mitigación planteadas para reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero con el fin de alcanzar los

Año	Política Pública	Descripción
		objetivos del Acuerdo de París se encuentra la NAMA TanDem: Transporte Activo y Gestión de la Demanda.
2022	Resolución 7515 de 2022 del Ministerio de Transporte - Estrategia Nacional de Movilidad Activa con enfoque de género y diferencial (ENMA)	La Estrategia tiene un horizonte a 2030, con acciones de corto y mediano plazo, e incluye seis (6) principios orientadores para trabajar y abordar cada reto: Ciudad saludable, Ciudad Accesible, Personas diversas, Coherencia con retos climáticos, Cuidado de la vida y La calle como espacio integrador. La ENMA define como abordar de manera integral e intersectorialmente la gestión de la movilidad activa en el país desde la gobernanza, la transformación cultural, la infraestructura, la planeación territorial, la normativa, la financiación y el monitorio y seguimiento de indicadores (Ministerio de Transporte, 2022).
2022	Decreto 1430 de 2022 – Por el cual se adopta el Plan Nacional de Seguridad Vial 2022 -2031.	El Plan Nacional de Seguridad Vial es el principal instrumento de política pública del país en materia de seguridad vial, este consolida un conjunto de acciones coordinadas entre sí para alcanzar una meta común, la cual se orienta a que, con las acciones y actividades plasmadas en el plan, se logre disminuir las cifras de mortalidad en las vías. Así las cosas, el Plan Nacional de Seguridad Vial se consolida como un llamado a todos los responsables de la seguridad vial a actuar en favor de la prevención, mitigación y superación de las afectaciones de la siniestralidad vial. (Agencia Nacional de Seguridad Vial, 2023)
2022	Ley 2222 de 2022 – Por medio de la cual se promueve el uso de la "bici" segura y sin accidentes	Tiene por objeto promover el uso de la bicicleta segura y sin accidentes, fomentando y fortaleciendo el conocimiento a través de la pedagogía de las normas de tránsito y la política pública de seguridad vial por parte de los actores en la vía. También, el fomento de la participación de colectivos de actores vulnerables en una de las instancias de apoyo de la Agencia Nacional de Seguridad Vial, para prevenir la accidentalidad de los ciclistas y demás actores vulnerables. (Senado, 2022)

Fuente: Elaboración Propia.

A escala departamental y municipal se encuentran las siguientes políticas desarrolladas para promocionar el uso de la bicicleta en Colombia:

Tabla 4. Recopilación de políticas públicas sobre la movilidad activa a nivel departamental y municipal.

Año	Política	Ciudad	Asunto
2015	Plan Maestro Metropolitano de la Bicicleta del Valle de Aburrá 2030	Área Metropolitana del Valle de Aburrá	Tiene por objetivo general desarrollar, fomentar y emplear la bicicleta como medio de transporte, mediante el fortalecimiento político, técnico e institucional, la educación y la promoción de su uso, de manera que atienda adecuadamente la demanda actual y futura.
2018	Estrategia de la Bicicleta 2019 – 2030 para Bucaramanga y su Área Metropolitana	Bucaramanga	Mediante un convenio de cooperación internacional con el Área Metropolitana de Bucaramanga y ONU-Habitat se realizó la definición de la Estrategia de la Bicicleta como Medio de Transporte para Bucaramanga y el Área Metropolitana, que fue publicada en septiembre de 2018.
2019	Acuerdo municipal 154 de 2019	Chía, Cundinamarca	<p>En el objeto contempla el desarrollo del subsistema de transporte para la conservación de los ciclo-usuarios actuales en el corto plazo y la generación de nuevos ciclo-usuarios en el mediano y largo plazo.</p> <p>Como sus objetivos plantea generar la infraestructura y servicios complementarios; lograr procesos eficaces y continuos de participación (de todos los sectores de la sociedad) para el desarrollo, control y evolución de la Política Pública en Chía; lograr un marco normativo y de regulación que haga que el uso de la bicicleta sea seguro sin ser restrictivo; y, lograr procesos efectivos de gestión operación, control, integración intermodal y monetario.</p>
2021	Documento CONPES D.C 15 de 2021 "Política Pública de la Bicicleta 2021 - 2039"	Bogotá	<p>Dando cumplimiento al Acuerdo Distrital 708 de 2018, "Por medio del cual se adoptan los lineamientos de la Política Pública de la Bicicleta en el Distrito Capital y se dictan otras disposiciones" y al Decreto Distrital 668 de 2017, 1 "Por medio del cual se reglamentan los artículos 127 y 128 del Acuerdo 645 de 2016 y se dictan otras disposiciones". (Alcaldía de Bogotá, 2021)</p> <p>La Política Pública de la Bicicleta tiene un horizonte de tiempo hasta el año 2039, y establece como su objetivo general garantizar el derecho que tienen los bogotanos a elegir la bicicleta como medio de transporte.</p> <p>Asimismo, plantea como objetivos específicos mejorar la seguridad personal de los usuarios</p>

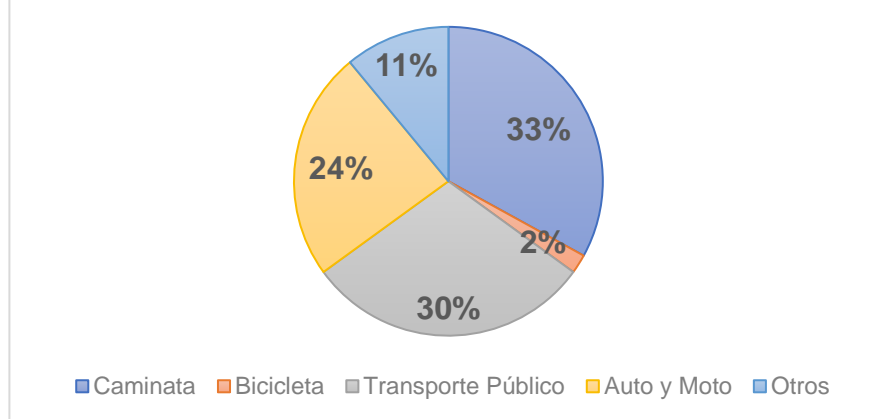
Año	Política	Ciudad	Asunto
			de la bicicleta, aumentar el número de viajes, fortalecer la cultura en torno a la bicicleta y reducir el número de ciclistas víctimas por siniestros viales.
2021	Acuerdo 025 de 2021	Pasto	El Concejo de Pasto aprobó la Política Pública de la Bicicleta para el municipio, constituyéndose en la cuarta región del país en contar con esta hoja de ruta junto a Bogotá, Bucaramanga y el Área Metropolitana del Valle de Aburrá en Antioquia. Este documento, proyectado para los próximos 10 años, es una valiosa herramienta para sumar acciones que buscan fortalecer el uso de la bicicleta como una forma de movilidad masiva, cotidiana y deportiva, con enfoque diferencial y de género, respondiendo así a una de las metas más significativas del Plan de Desarrollo. (Federación Colombiana de Municipios, 2021)
2023	Ordenanza 026 de 2023 - Por medio de la cual se actualiza la Política Pública para Promover el Uso de la Bicicleta”.	Antioquia	Tiene como objeto incentivar el uso de la bicicleta como instrumento generador de desarrollo humano que busca promover la movilidad sostenible, el desarrollo territorial inclusivo, el desarrollo económico local, y la mejorade la calidad de vida de la población en términos de salud y bienestar. (Gobernación de Antioquia, 2023)

Fuente: Elaboración Propia.

Viajes de movilidad activa en Colombia

Actualmente, en términos de viajes, en 15 de las 38 ciudades de Colombia, basadas en las Encuestas Origen-Destino, se encontró que en promedio los viajes peatonales son del 33% y los viajes en bicicleta del 2%.

Figura 4. Porcentaje de Viajes en las principales aglomeraciones urbanas de Colombia.



Fuente: Elaboración propia basado en datos de (Ministerio de Transporte, 2022).

Cicloinfraestructura en Colombia

En las 38 ciudades y municipios que hacen parte de las 20 aglomeraciones urbanas del país, se encontró que existen más de 1.000 km de ciclorrutas, en dónde más del 50% están concentrados en la ciudad de Bogotá con cerca de 630 km (Secretaría Distrital de Movilidad de Bogotá, 2023). Sólo tres (3) ciudades (Bogotá, Cali y Medellín) sobrepasan los 100 km de ciclorrutas en su red.

Seguido de este análisis, se encontró que el promedio de ciclorrutas vs. la malla vial en las ciudades es del 1,92%. En dónde se destaca ciudades capitales como Manizales con un 16% y Cali con 9.3 (Ministerio de Transporte, 2022).

Frente al ámbito internacional, una de las clasificaciones de ciudades más importantes frente al uso de la bicicleta ubica en su último ranking de 2019 a Bogotá en el puesto número 12 (Copenhagénize, 2019).

Sistemas de Bicicletas Compartidas en Colombia

Los Sistemas de Bicicleta Compartidos - SBC en Colombia, inician en Bogotá en el año 2006, en cual se inicia con un sistema de bicicletas de primera generación dirigidos a la comunidad universitaria del campus de la Universidad Nacional de Colombia en la sede Bogotá.

El proyecto llamado Bicirrun inicio con 100 bicicletas, sin embargo, el sistema sólo duró dos años en buenas condiciones y su deterioro se hizo visible. En el año 2014, de la mano del Plan Integral de Movilidad del Campus, se relanzó como un programa de segunda generación y validación en 5 estaciones dentro del campus, validado mediante el carnet estudiantil y con apoyo del IDR. Actualmente cuenta con más de 100 bicicletas y 2 triciclos de balanceo. (Universidad Nacional de Colombia, 2022)

Luego, en Bogotá se adoptó el Acuerdo Distrital 346 de 2008 del Concejo de Bogotá, el cual apuntó hacia la implementación de un ‘servicio de transporte en bicicleta’ en la capital, el cual fue implementado en el año 2012, mediante un programa llamado “Bicicorredores” operado por el Instituto de Deporte y Recreación IDRD, como un sistema de segunda generación en zonas como el centro de la ciudad por la carrera séptima y el Parque el Virrey. Sin embargo, no fue desarrollado un sistema robusto hasta la llegada de “Tembici” en el año 2022.

En 2011, en la ciudad de Medellín se inició el sistema de bicicleta pública gratuita más importante y grande del país. Este sistema inicio como un piloto de seis estaciones manuales y 105 bicicletas operadas por un convenio de asociación entre el Área Metropolitana del Valle de Aburrá y la Universidad EAFIT, como un sistema de segunda generación dirigido a la comunidad estudiantil de dos universidades: la Universidad Nacional de Colombia y la Universidad Pontificia Bolivariana.

Luego en 2013, inicio su primera expansión a más estaciones manuales y se abrió a recibir a toda la comunidad. A partir de los años 2014 y 2015, inicia el sistema a migrar a un sistema de tercera generación con estaciones automáticas alcanzando 51 estaciones y 1.500 bicicletas. La segunda expansión se llegó a más de 90 estaciones (21 manuales y 69 automáticas) y 1,700 bicicletas, y más de 100.000 usuarios inscritos, que realiza realizan hasta 17,000 viajes diarios (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2019). En el último año, se logró llegar a los 10 municipios del Valle de Aburrá, se inició un piloto con dispositivos de última tecnología para personas con movilidad reducida (Área Metropoliatana del Valle de Aburrá, 2023) y otro con 50 bicicletas eléctricas para zonas de alta ladera (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2023).

Entre los años 2015 y 2019, el Ministerio de Transporte de Colombia que lanzó el Programa Nacional de Bicicletas Compartidas en más de 30 ciudades y municipios de Colombia.

En 2015, Montería puso en marcha el sistema ‘Bisinú’ como una estrategia de promoción de medios de transporte no motorizados. El sistema actualmente cuenta con 12 estaciones y 160 bicicletas, se realizan 8,000 viajes mensuales diarios y con 10,700 usuarios inscritos, y es completamente gratuito. Así mismo, Manizales impulsó la implementación del sistema de bicicletas públicas ‘En Bici’. con nueve estaciones automáticas y 135 bicicletas.

En ciudades intermedias y pequeñas como Pereira, Bucaramanga, Villavicencio y Popayán, con sistemas que iniciaron con menos de 200 bicicletas y pocas estaciones, pero que han continuado su operación y reforzando con diversos programas de cooperación, mientras que otras como Valledupar, Sincelejo, Chía y Neiva, operaron pilotos sistemas manuales de menos de 100 bicicletas, con horarios y zonas de préstamo muy limitados, que funcionaron cuando fueron apoyados bajo

el Programa Nacional de Bicicletas Compartidas del Ministerio de Transporte que se ejecutó entre 2015 y 2019 en más de 30 ciudades y municipios de Colombia, pero desafortunadamente ya no están operando actualmente.

A pesar de que, durante los años 2020 y 2023, la situación fue de poco avance en la implementación de Sistemas de Bicicleta Compartidos - SBC consolidados en Colombia. Ciudades como Cali y Barranquilla aún siguen haciendo estudios de estructuración. En 2022, se inauguró Tembici en la ciudad de Bogotá, y que en su primer año de funcionamiento registra 1.200.000 viajes acumulados y los 3.8 millones de kilómetros recorridos. (Alcaldía de Bogotá, 2023)

Además, en el año 2023, Ibagué lanza su sistema de bicicletas públicas de uso compartido "Rueda por Ibagué", con una operación de 85 bicicletas, 16 de ellas de pedaleo asistido, además de ocho estaciones en sitios estratégicos del centro de la ciudad, este sistema se enmarca en el proyecto piloto del sector Movilidad Urbana del programa EUROCLIMA, financiado por la Unión Europea e implementado por la Agencia Alemana de Cooperación Internacional (GIZ). (Euroclima+, 2023)

A continuación, se presenta una tabla resumen, con el estado de los Sistemas de Bicicleta Compartidos - SBC en Colombia, clasificados por el número de bicicletas y el tipo de operación:

Tabla 5. Sistemas de Bicicletas Públicas en Colombia.

Clase de Sistema	Ciudad / Municipio	Nombre del Sistema de Bicicletas
En funcionamiento Automático / Híbrido	Bogotá D.C. Valle de Aburrá, Antioquia Pasto, Nariño Villavicencio, Meta Ibagué, Tolima Manizales, Caldas Palmira, Valle del Cauca Rionegro, Antioquia La Ceja, Antioquia El Carmen de Viboral, Antioquia Santa Rosa de Cabal, Risaralda	Tembici Encicla Urkubici Villabici Rueda por Ibagué Enbici Palmibici Bicirio Biciceja Vibobici Santa Rosa en Bici
En funcionamiento Manual	El Retiro, Antioquia Montería, Córdoba Pereira, Risaralda Bucaramanga, Santander Chía, Cundinamarca Cajicá, Cundinamarca Zipaquirá, Cundinamarca	MásBici Bisinú MegaBici Clobi Sistema de Bicicletas de Chía Rueda por Cajicá Sistema de Bicicletas de Zipaquirá
En estructuración	Cali, Valle del Cauca Barranquilla, Atlántico Cartagena, Bolívar	
Suspendidos / Cerrados	Popayán, Cauca Neiva, Huila Sincelejo, Sucre	

Clase de Sistema	Ciudad / Municipio	Nombre del Sistema de Bicicletas
		Quimbaya, Quindío La Tebaida, Quindío Armenia, Quindío San Andrés Valledupar, César

Fuente: Elaboración propia a partir de información tomada de (CFF, 2022)

CONTEXTO LOCAL

Movilidad activa en el Valle de Aburrá

En el Valle de Aburrá, se cuenta como entidad ambiental y de transporte, al Área Metropolitana del Valle de Aburrá, el cual expidió el Plan Maestro Metropolitano de la Bicicleta 2030 (PMB 2030), en el año 2015, el cual propone la ejecución de proyectos, programas y estrategias para lograr el aumento del uso de la bicicleta al 10% de los viajes.

Medellín en su Plan de Ordenamiento Territorial (POT 2014-2027) propone la implementación de cicloparqueaderos en espacio público, la ampliación de la cicloinfraestructura hasta 400 km y la expansión del sistema de bicicletas públicas.

Tabla 6. Acuerdos y decretos municipales y metropolitanos sobre movilidad activa en el Valle Aburrá

Año	Hecho	Municipio	Nombre
2007	Acuerdo 44 de 2007	Medellín	Por el cual se institucionaliza la "Semana de la Movilidad en la ciudad de Medellín"
2008	Acuerdo 21 de 2008	Medellín	Por el cual se institucionaliza el "Día social y ambiental Sin Carro en Medellín"
2009	Acuerdo 84 de 2009	Medellín	Por medio del cual se reglamenta el "Sistema de bicicletas" en la ciudad de Medellín que hará parte del Plan de movilidad de la ciudad
2012	Acuerdo 19 de 2012	Medellín	Por medio del cual se institucionaliza en la ciudad el "Día en bicicleta"
2014	Acuerdo 38 de 2014	Medellín	Por medio de la cual se crea el programa "Bicicletas recreativas" en la ciudad de Medellín
2014	Acuerdo 39 de 2014	Medellín	Por medio del cual se crea el programa "Bici Parqueaderos y/o Cicloparqueaderos" en la ciudad de Medellín
2014	Acuerdo 48 de 2014	Medellín	Por medio del cual se adopta la revisión y ajuste de largo plazo del Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de

Año	Hecho	Municipio	Nombre
			Medellín y se dictan otras disposiciones complementarias
2015	Acuerdo 12 de 2015	Medellín	Por medio del cual se crea el programa "Medellín convive en Bicicleta"
2015	Acuerdo 16 de 2015	Medellín	Por medio del cual se crea el "Ciclo-paseo de las Flores: La Feria a ritmo de bicicleta" en la ciudad de Medellín
2015	Acuerdo Metropolitano 17 de 2015	AMVA	Plan Maestro Metropolitano de la Bicicleta 2030 (PMB 2030)
2017	Acuerdo 33 de 2017	Medellín	Por medio del cual se modifica el Acuerdo No. 31 de 2015 Por medio del cual se crea el programa "En bici al trabajo en la ciudad de Medellín"
2017	Acuerdo 72 de 2017	Medellín	Por medio del cual se crea el plan de fomento para promover y estimular el uso de bicicletas eléctricas, con pedaleo asistido y motocicletas eléctricas en el municipio de Medellín y se dictan otras disposiciones

Fuente: Elaboración propia.

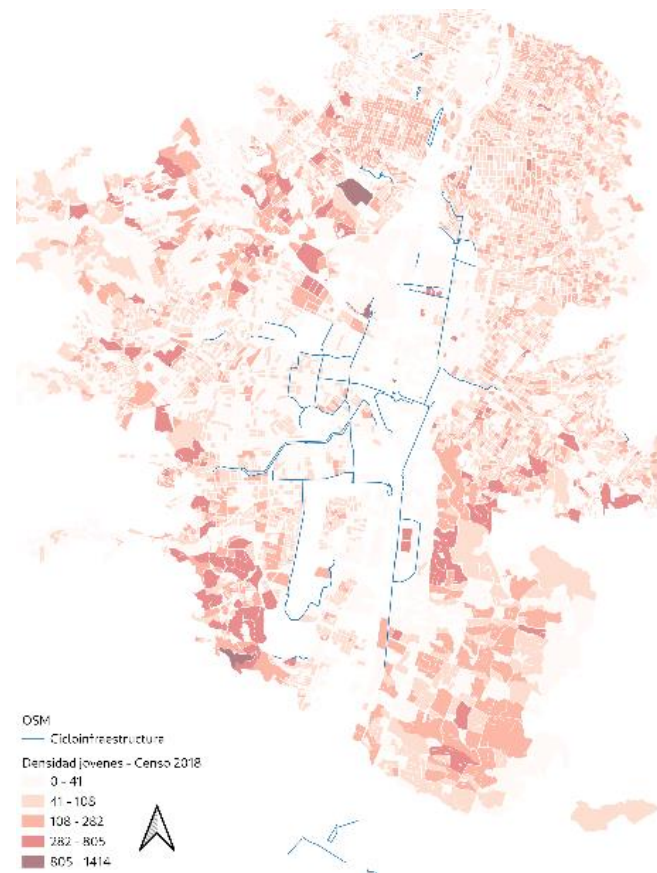
Viajes de movilidad activa en el Valle de Aburrá

El Área Metropolitana del Valle de Aburrá según su última Encuesta Origen Destino de 2023, cuenta con 41% en viajes de movilidad activa (viajes a pie y en bicicleta), lo que implica un aumento de 13% viajes respecto a la Encuesta Origen Destino de 2017, en dónde se tenían 28%, que representaban 1.800.000 viajes diarios caminando o montando en bici. Frente al uso específico de la bicicleta aumentó 2% llegando a un 3% en el valle de Aburrá, frente al solo un 1% se hacía en bicicleta. Y el porcentaje de caminata, pasó de un 27% a un 38%, de los cuales un 35% que los realizan estudiantes y el 72% del total de los viajes son menores a dos kilómetros. (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2023)

Cicloinfraestructura en el Valle de Aburrá

Actualmente Medellín tiene una red actual de cicloinfraestructura de 116.5km, según el Anteproyecto del Plan de Desarrollo 2024-2027. La Red está conformado por vías compartidas, ciclorrutas segregadas a nivel de calzada y a nivel de andén. A continuación, se presentan los corredores de cicloinfraestructura de Medellín:

Figura 5. Mapa de cicloinfraestructura de Medellín



Fuente: Elaboración propia basado en datos de (Ministerio de Transporte, 2022).

Sistema de Bicicletas Públicas del Valle de Aburrá - EnCicla

El Área Metropolitana del Valle de Aburrá - AMVA lideró la implementación de su sistema, en el 2011 en convenio de asociación con la Universidad EAFIT. A continuación, se presenta una tabla resumen con los hitos logrado año tras año con el sistema:

Tabla 7. Reseña Histórica de EnCicla

Año	Imagen	Hito
2010		<p>Dentro de la Universidad EAFIT, se concibe en el proyecto de grado de tres Ingenieros de Diseño de Producto.</p>
2011		<p>Inicia operación gracias a un convenio, operando 105 bicicletas en 6 estaciones manuales</p>
2012		<p>Deja de ser una prueba piloto y pasa a ser parte de la planeación de la ciudad.</p>
2013		<p>Se inauguran 13 estaciones manuales y 325 bicicletas. La Universidad EAFIT completa 3 años de operación del sistema, el cual, en el siguiente año es entregado a un consorcio.</p>
2014		<p>Inicia de operación de estaciones automáticas migrando a un sistema mixto. Se llega a Sabaneta. Se continúa el proceso de expansión para tener 44 estaciones. Y se adjudica la operación al consorcio colombo - español MYSVIAL TEVASEÑAL que tuvo a cargo este proyecto hasta diciembre de 2015.</p>

Año	Imagen	Hito
2015		<p>Se firma un acuerdo con el Metro de Medellín, para incluir el perfil del Usuario de Encicla en la Tarjeta Cívica. Además, la expansión permite alcanzar 51 estaciones (19 estaciones manuales y 32 estaciones automáticas) y 1500 bicicletas en su flota de operación para la ciudad de Medellín.</p>
2016		<p>Pasa a ser operado directamente por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, y extiende su horario de servicio hasta las 10:00 p.m. e inicia operación los sábados hasta las 4:00 p.m.</p>
2017		<p>Comienza a gestarse este proyecto con miras a integrar a los diez municipios del Área Metropolitana y la meta de 100 estaciones en operación para finales de 2019. Se inicia la instalación de cicloparqueaderos anexos a las estaciones de encicla.</p>
2018		<p>El proceso de expansión llevó a EnCicla a los alrededores de la Estación San Antonio del Metro con la inauguración de la Estación Málaga, la primera de esta nueva etapa, que llegó para fortalecer la red existente.</p>
2019		<p>Llega a municipios como: Envigado, Sabaneta, Itagüí y Bello. En Medellín, se instalaron nuevas estaciones en el centro de Medellín. Cierra el año con 2.000 nuevas bicicletas y 100 estaciones en funcionamiento más una plataforma de visualización de datos en el sitio web.</p>

Año	Imagen	Hito
2020		<p>Se detienen los procesos de expansión con el contratista de estaciones y tecnología, por problemas de propiedad de la información.</p>
2021		<p>Existe deterioro en más de 20 estaciones y robos de bicicletas del sistema.</p>
2022		<p>Inicia un piloto de servicio los domingos en 80 estaciones automáticas ubicadas en el territorio metropolitano. Se alcanzan las 109 estaciones en seis (6) de los diez municipios del Valle de Aburrá. Del total de las estaciones, 16 se encuentran en el Centro de Medellín.</p>
2023		<p>Llega a 138 estaciones y entran a operar 663 nuevas bicicletas mecánicas e ingresan 85 bicicletas eléctricas. Expande su operación a los 10 municipios del Valle de Aburrá, incluyendo municipios como Caldas, Copacabana, Barbosa, Girardota. Además, se lanza la APP Encicla 24/7 con el fin de permitir más información al usuario y abre la posibilidad de usar la APP para los préstamos sin necesidad de usar la tarjeta Cívica.</p>

Fuente: Elaboración propia basada en información del (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2019) y (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2023).

Además, se presenta la variación de los préstamos realizados durante los 12 años de operación del sistema:

Figura 6. Número de préstamos de EnCicla por año entre 2011 y 2022.



Fuente: Elaboración propia basada en información del (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2019) y (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2023).

Esta gráfica presenta un crecimiento constante del sistema entre 2011 y 2019, obteniendo un pico de más de tres (3) millones de préstamos en el año 2019, y que luego de pandemia, el sistema sólo ha logrado llegar al 50%.

Se espera que los pilotos de electromovilidad, la incorporación de nueva flota de bicicleta y la expansión a los 10 municipios permita mejorar los indicadores de seguimiento.

METODOLOGÍA

Con el propósito de determinar los impactos positivos y negativos que tiene la implementación y operación de un sistema de bicicletas compartidas, se parte del análisis del Sistema de Bicicletas Públicas del Valle de Aburrá – EnCicla, para lo cual se realiza la escogencia del método de análisis, la determinación y selección de indicadores a partir de entrevistas a expertos para la definición de los criterios de en los aspectos social, ambiental y económico de una matriz de evaluación y que por medio de la información disponible del sistema, se obtenga una valoración del sistema.

MÉTODO DE ANÁLISIS

Los sistemas de bicicleta compartidas proporcionan a los habitantes de un territorio una forma diferente de moverse que tiene efectos en el ámbito personal y en el entorno, lo que se traduce en impactos económicos, sociales y ambientales. Así mismo, como proyecto de movilidad tiene unas implicaciones en infraestructura y costos de implementación y operación, lo cual es evaluado por los tomadores de decisiones.

Teniendo en cuenta lo anterior, se realiza escogencia del método de estudio a través de un comparativo del análisis multicriterio y el análisis costo – beneficio, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 8. Comparativo Análisis Multicriterio y Costo - Beneficio.

Criterio	Análisis Multicriterio (AMC)	Análisis Costo – Beneficio (ACB)	Aplicación para el caso de estudio	Método de aproximación
Escala del proyecto	Evaluación de sostenibilidad a pequeña escala.	Evaluación de infraestructura y grandes proyectos de transformación.	EnCicla se encuentra en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, es un proyecto de mediana escala.	Ambos
Variables de análisis	Incluye diferentes enfoques, que puede incluir el aspecto monetario.	Enfoque monetario, no contempla características como percepción de los usuarios.	EnCicla puede tener una valoración desde lo económico teniendo en cuenta el CAPEX y OPEX.	ACB
	Herramienta para seleccionar proyectos alternativos que tienen un impacto social,	No apropiado para gestionar impactos intangibles.	El sistema también puede tener una valoración más allá de lo económico dado que es considerado un	AMC

Criterio	Análisis Multicriterio (AMC)	Análisis Costo – Beneficio (ACB)	Aplicación para el caso de estudio	Método de aproximación
	económico y ambiental.		sistema de movilidad sostenible que influye en ámbitos como social, salud y económico.	
Actores claves	Inclusión de las partes interesadas.	La inclusión de los usuarios se traduce en la disposición a pagar o precios de mercado sustitutos.	El análisis pretende conocer las opiniones de expertos considerados como una parte interesada.	AMC
Indicadores de medición	Identificación de atributos e indicadores.	Se utilizan los costos de oportunidad y precio sombra para determinar los beneficios futuros.	Los indicadores del análisis son basados en los aspectos social, ambiental y económico.	AMC
Evaluación de proyectos	Recomendado para evaluaciones antes y post.	Recomendado para evaluaciones antes.	Dado que el sistema se encuentra en operación, se realiza una evaluación post.	AMC
	Evalúa efectos como la inclusión social, el cambio de comportamiento de los ciudadanos, el cambio de uso de la infraestructura, la calidad de vida, etc.	Cuantifica la inversión más los costos de funcionamiento y los compara con los beneficios directos. Tratar de dar valor económico a aspectos de valor incalculable.	La evaluación busca determinar los impactos en lo social, ambiental y económico.	AMC
Determinación de beneficios	Juzgamiento de los efectos en términos de los criterios seleccionados.	Los beneficios totales deben exceder el costo de oportunidad total de los recursos consumidos.	La evaluación busca determinar los beneficios en diferentes aspectos del proyecto.	AMC

Fuente: Elaboración propia a partir de información tomada de (Beria, 2012)

De acuerdo con lo anterior y dado que el estudio pretende evaluar los aspectos social, ambiental y económico de la implementación de un sistema de bicicletas compartidas, se considera que el método de evaluación apropiado es el **análisis multicriterio (AMC)**.

ENTREVISTAS SEMI-ESTRUCTURADAS

Las entrevistas son un instrumento técnico que aporta a la realización de una evaluación cualitativa al tiempo que se genera una conversación con el entrevistado, quien proporciona información benéfica para la recolección de datos permitiendo aclarar dudas y obteniendo opiniones y experiencias que complementan la investigación.

Es por ello, que para la elaboración del estudio se definió la realización de entrevistas semiestructuradas a expertos, teniendo en cuenta que este tipo de entrevistas tienen un grado de flexibilidad que permite adaptarse al entrevistado conociendo su punto de vista y su experiencia en el campo, así como realizar preguntas aclaratorias al tiempo que se mantiene una estructura prefijada (Díaz Bravo, Torruco García, Martínez-Hernández, & Varela Ruiz, 2013).

Con estas entrevistas se busca conocer la percepción de expertos en el tema, verificar los indicadores seleccionados, identificar nuevos indicadores y determinar un orden de importancia que más adelante es utilizado para realizar la ponderación de evaluación. Para ello, se fijan los siguientes puntos en las entrevistas:

Tabla 9. Objetivos y propósitos de las entrevistas a expertos.

	Objetivo	Propósito	Preguntas
Parte 1	Extraer información de la experiencia del entrevistado en temas de movilidad y/o Sistemas de Bicicletas Compartidas, conocer el tiempo que llevan trabajando e investigando en el tema.	Enriquecer la investigación con las experiencias de expertos.	1 a 3
Parte 2	Conocer las variables relevantes para los expertos en la evaluación de un Sistema de Bicicletas Compartidas en las dimensiones social, ambiental y económica, y determinar la importancia de cada una de ellas desde su perspectiva.	Corroborar las variables previamente seleccionadas y complementar los indicadores. Asignar un peso de acuerdo con la importancia a cada uno de los indicadores.	4 a 7
Parte 3	Explorar los mecanismos de financiación de los Sistemas de Bicicletas Públicas por medio de la experiencia de los entrevistados.	Identificar posibles fuentes de financiación que permitan realizar un acercamiento a propuesta de política pública.	8 a 10

Fuente: Elaboración propia a partir de información tomada de (Bería, 2012)

Desarrollo de las entrevistas

Estas entrevistas se llevaron a cabo entre el 2 y el 29 de noviembre de 2023 con el fin de:

- Identificar y validar las variables a escoger en cada una de las dimensiones del análisis multicriterio.
- Guiar la investigación en supuestos o consideraciones para tener en cuenta.

El soporte de cada una de las entrevistas está en el ANEXO 2.

Expertos seleccionados

A continuación, se presenta el listado de expertos en temas de movilidad sostenible seleccionados para el desarrollo de esta fase:

Tabla 10. Listado de expertos en movilidad sostenible.

Nombre	Perfil
Juan Pablo Ospina	Profesor EAFIT y coordinador Grupo RiSE
Lina López	Directora Técnica en Despacio y co-creadora de EnCicla
Jorge Ballesteros	Líder de movilidad en SURA y exfuncionario del AMVA
Miguel Melo	Profesional del Metro de Medellín
Viviana Tobón	Líder de Transporte Público de Medellín y exdirectora de Movilidad del AMVA
Mariel Figueroa	Directora en Ministerio de Transporte de Argentina y co-creadora del sistema Mi bici en Rosario, Argentina
Mauricio Faciolince	Exdirector del AMVA
Jesús Acero	Experto en Sistemas de Bicicletas Compartidas y excoordinador de EnCicla
Martha Suarez	Líder de Unidad Prospectiva de la Secretaría de Movilidad de Medellín y exdirectora de transporte del AMVA
Santiago Cardona	Funcionario del equipo de EnCicla en el AMVA
Carolina Hernández	Asesora en temas de movilidad sostenible en la Cooperación Alemana para el Desarrollo – GIZ.

Fuente: Elaboración propia.

DEFINICIÓN DE CRITERIOS

Proceso de Análisis Jerárquico (AHP)

El Proceso de Análisis Jerárquico fue desarrollado por Thomas L. Saaty en 1980 y está diseñado para problemas complejos de criterios múltiples. El proceso requiere que quien toma las decisiones proporcione evaluaciones subjetivas respecto a la importancia relativa de cada uno de los criterios. El resultado es una jerarquización con prioridades que muestran la preferencia global para cada una de las alternativas de decisión (Hurtado & Bruno, 2005).

Para este caso, el insumo que se ha obtenido para cada una de las dimensiones es una prioridad de 1 a n para cada uno de los criterios por cada experto en cada una de las dimensiones. Las matrices de puntaje se pueden encontrar en el ANEXO 2.

Los criterios de cada uno de los expertos fueron normalizados de 0 a 1 con el fin de poder obtener un promedio de la puntuación de todos los criterios propuestos por los expertos en cada dimensión.

A partir de este proceso, se aplican los criterios de la escala de Saaty para realizar la comparación de pares entre cada uno de los criterios de cada dimensión, teniendo en cuenta la diferencia de la puntuación normalizada realizada entre cada uno de los criterios:

Tabla 11. Escala de SAATY para metodología AHP.

Escala de SAATY	
1	Igual Importancia
3	Importancia Moderada
5	Importancia grande
7	Importancia muy grande
9	Importancia extrema
2,4,6,8	Importancia intermedia

Fuente: Tomado de (Hurtado & Bruno, 2005).

Tabla 12. Asignación de importancia según diferencia de puntuación.

Asignación de importancia		
Rango Superior	Rango Superior	Importancia
Igual posición		1
0,01	0,10	3
0,11	0,20	5
0,21	0,30	7
0,31	0,40	9

Fuente: Elaboración propia a partir de escala de Saaty.

Luego, de realizar la matriz de comparación pareada, se calcula la matriz de prioridad, en la cual se encuentran los pesos por cada criterio que permitirá aplicar el análisis multicriterio desde cada dimensión.

Por último, para culminar el proceso de análisis jerárquico se calcula la razón de consistencia (RC) mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Razón de Consistencia (RC)} = \frac{\text{Índice de Consistencia (IC)}}{\text{Índice de Aleatoriedad (IA)}}$$

Y que los índices se calculan de la siguiente manera:

$$\text{Índice de Consistencia (IC)} = \frac{\frac{AW}{W} - n}{n - 1}$$

Dónde,

n = Número de criterios

A = Matriz de Comparación pareada

W = Vector de pesos de los criterios

$$\text{Índice de Aleatoriedad (IA)} = \frac{1.98 (n - 2)}{n}$$

Dónde,

n = Número de criterios

Y se evalúa el resultado de la razón de consistencia (RC), en dónde:

RC <= 0.10 es Consistente

RC > 0.10 es Inconsistente

Criterios priorizados desde la Dimensión Social

Desde la dimensión social por parte de los expertos se enlistaron un total de 14 criterios, que fueron priorizados con el fin de poder definir los pesos para cada uno de los criterios, mediante la siguiente matriz de comparación pareada:

Tabla 13. Matriz de Comparación pareada – Dimensión Social.

	Accesibilidad al sistema (Cobertura)	Estrato socioeconómico	Salud (mental y física)	Siniestralidad	Género	Grupos etarios	Generación de cultura ciudadana	Calidad de vida	Cambio de percepción sobre el uso de la bicicleta	Efecto en Stakeholders	Generación de empleo	Ocupación	Felicidad	Accesibilidad (Diversidad de cuerpos y capacidades)
Accesibilidad al sistema (Cobertura)	1	3	3	5	5	5	7	7	7	7	7	7	7	7
Estrato socioeconómico	0,33	1	3	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Salud (mental y física)	0,33	0,33	1	3	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Siniestralidad	0,2	0,33	0,5	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	5
Género	0,2	0,2	0,33	0,33	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Grupos etarios	0,2	0,2	0,33	0,33	0,33	1	3	3	3	3	3	3	3	3
Generación de cultura ciudadana	0,1	0,2	0,33	0,33	0,33	0,33	1	1	3	3	3	3	3	3
Calidad de vida	0,1	0,2	0,2	0,33	0,33	0,33	1	1	3	3	3	3	3	3
Cambio de percepción sobre el uso de la bicicleta	0,1	0,2	0,2	0,33	0,33	0,33	0,33	0,5	1	1	1	3	3	3
Efecto en Stakeholders	0,1	0,2	0,2	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	1	1	1	3	3	3
Generación de empleo	0,1	0,2	0,2	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	1	1	1	3	3	3
Ocupación	0,1	0,2	0,2	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	1	1	3
Felicidad	0,1	0,2	0,2	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	1	1	3
Accesibilidad (Diversidad de cuerpos y capacidades)	0,1	0,2	0,2	0,2	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	1
Promedio	3,4	6,7	9,9	15,2	20,0	24,7	30,0	30,2	36,0	36,0	36,0	43,3	43,3	50,0

Fuente: Elaboración propia.

Luego, de realizar la matriz de comparación pareada, se calcula la matriz de prioridad, en la cual se encontraron los pesos por cada criterio desde la dimensión social:

Tabla 14. Pesos por criterios desde la dimensión social

No.	Criterio	Peso
1	Accesibilidad al sistema (Cobertura)	24%
2	Estrato socioeconómico	16%
3	Salud (mental y física)	13%
4	Siniestralidad	8%
5	Género	7%
6	Grupos etarios	6%
7	Generación de cultura ciudadana	5%
8	Calidad de vida	5%

No.	Criterio	Peso
9	Cambio de percepción sobre el uso de la bicicleta	3%
10	Efecto en Stakeholders	3%
11	Generación de empleo	3%
12	Ocupación	2%
13	Felicidad	2%
14	Accesibilidad (Diversidad de cuerpos y capacidades)	2%

Fuente: Elaboración propia.

Para culminar el proceso de análisis jerárquico se calculó la razón de consistencia con un valor de 0.08 y un resultado de “Consistente”.

Criterios priorizados desde la Dimensión Ambiental

Desde la dimensión social por parte de los expertos se enlistaron un total de 10 criterios, que fueron priorizados con el fin de poder definir los pesos para cada uno de los criterios, mediante la siguiente matriz de comparación pareada:

Tabla 15. Matriz de Comparación pareada – Dimensión Ambiental

	Emisiones de CO2 y Material Particulado	Contaminación por ruido	Mejora del entorno urbano	Economía circular	Cumplimiento de políticas	Huella de Carbono del Sistema	Recursos destinados	Sombra y radiación solar	Responsabilidad del productor	Adaptación al cambio climático
Emisiones de CO2 y Material Particulado	1	5	7	9	9	9	9	9	9	9
Contaminación por ruido	0,2	1	3	5	5	5	5	7	7	7
Mejora del entorno urbano	0,1	0,33	1	3	5	5	5	5	5	5
Economía circular	0,1	0,2	0,33	1	3	3	3	3	3	3
Cumplimiento de políticas	0,1	0,2	0,2	0,33	1	3	3	3	3	3
Huella de Carbono del Sistema	0,1	0,2	0,2	0,33	0,33	1	3	3	3	3
Recursos destinados	0,1	0,2	0,2	0,33	0,33	0,33	1	3	3	3
Sombra y radiación solar	0,1	0,1	0,2	0,33	0,33	0,33	0,33	1	3	3
Responsabilidad del productor	0,1	0,1	0,2	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	1	3
Adaptación al cambio climático	0,1	0,1	0,2	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	1
SUMA	2,1	7,6	12,5	20,0	24,7	27,3	30,0	34,7	37,3	40,0

Fuente: Elaboración propia.

Luego, de realizar la matriz de comparación pareada, se calcula la matriz de prioridad, en la cual se encontraron los pesos por cada criterio desde la dimensión ambiental:

Tabla 16. Pesos por criterios desde la dimensión ambiental

No.	Criterio	Peso
1	Emisiones de GEI y Material Particulado	39%
2	Contaminación por ruido	18%
3	Mejora del entorno urbano	13%
4	Economía circular	7%
5	Cumplimiento de políticas ambientales	6%
6	Huella de Carbono del Sistema	5%
7	Recursos destinados	4%
8	Sombra y radiación solar	3%
9	Responsabilidad del productor	3%
10	Adaptación al cambio climático	2%

Fuente: Elaboración propia.

Para culminar el proceso de análisis jerárquico se calculó la razón de consistencia con un valor de 0.1 y un resultado de "Consistente".

Criterios priorizados desde la Dimensión Económica

Desde la dimensión social por parte de los expertos se enlistaron un total de 12 criterios, que fueron priorizados con el fin de poder definir los pesos para cada uno de los criterios, mediante la siguiente matriz de comparación pareada:

Tabla 17. Matriz de Comparación pareada – Dimensión Económica

	Costo del viaje	Valor del tiempo	Inversión en el sistema (CAPEX y OPEX)	Valor de Beneficios Sociales	Costo de muertes prevenidas por enfermedades	Impacto Económico en la ciudad	Costo de muertes prevenidas por siniestralidad	Reducción de la congestión	Fomento al Turismo	Impacto al PIB por Contaminación Atmosférica	Bicicleta como medio de trabajo	Redistribución modal
Costo del viaje	1	5	5	7	7	7	7	7	9	9	9	9
Valor del tiempo	0,2	1	3	5	5	7	7	7	7	7	7	7
Inversión en el sistema (CAPEX y OPEX)	0,2	0,33	1	3	3	5	5	5	5	5	5	5
Valor de Beneficios Sociales	0,1	0,2	0,33	1	3	3	3	3	3	3	3	3
Costo de muertes prevenidas por enfermedades	0,1	0,2	0,33	0,33	1	3	3	3	3	3	3	3
Impacto Económico en la ciudad	0,1	0,1	0,2	0,33	0,33	1	3	3	3	3	3	3
Costo de muertes prevenidas por siniestralidad	0,1	0,1	0,2	0,33	0,33	0,33	1	3	3	3	3	3
Reducción de la congestión	0,1	0,1	0,2	0,33	0,33	0,33	0,33	1	3	3	3	3
Fomento al Turismo	0,1	0,1	0,2	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	1	3	3	3
Impacto al PIB por Contaminación Atmosférica	0,1	0,1	0,2	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	1	3	3
Bicicleta como medio de trabajo	0,1	0,1	0,2	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	1	3
Redistribución modal	0,1	0,1	0,2	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	1
SUMA	2,6	7,7	11,1	18,7	21,3	28,0	30,7	33,3	38,0	40,7	43,3	46,0

Fuente: Elaboración propia.

Luego, de realizar la matriz de comparación pareada, se calcula la matriz de prioridad, en la cual se encontraron los pesos por cada criterio desde la dimensión social:

Tabla 18. Pesos por criterios desde la dimensión económica

No.	Criterio	Peso
1	Costo del viaje	34%
2	Valor del tiempo	22%
3	Inversión en el sistema (CAPEX y OPEX)	13%
4	Valor de Beneficios Sociales	8%
5	Costo de muertes prevenidas por enfermedades	6%
6	Impacto Económico en la ciudad	4%
7	Costo de muertes prevenidas por siniestralidad	3%
8	Reducción de la congestión	3%

No.	Criterio	Peso
9	Fomento al Turismo	2%
10	Impacto al PIB por Contaminación Atmosférica	2%
11	Bicicleta como medio de trabajo	2%
12	Redistribución modal	2%

Fuente: Elaboración propia.

Para culminar el proceso de análisis jerárquico se calculó la razón de consistencia con un valor de 0.07 y un resultado de “Consistente”.

INDICADORES DE EVALUACIÓN - ENCICLA

De acuerdo con los criterios priorizados en cada dimensión según la metodología del proceso de análisis jerárquico, se seleccionan los dos criterios con los pesos más altos en cada una de las dimensiones para realizar la evaluación del Sistema de Bicicletas Públicas - EnCicla en la ciudad de Medellín y su impacto desde la sostenibilidad, y se definen los siguientes indicadores a medir por cada criterio:

Tabla 19. Indicadores según criterio por dimensión.

DIMENSIÓN	CRITERIO	INDICADOR
Social	Accesibilidad al sistema (cobertura)	Cobertura geográfica del sistema
	Estrato socio económico	Usuarios del sistema por estrato socioeconómico
Ambiental	Emisiones de GEI y Material Particulado	Emisiones de CO2 evitados por la operación del sistema en la ciudad
		Emisiones de PM 2.5 evitados por la operación del sistema en la ciudad
	Contaminación por ruido	Emisiones de ruido evitadas por viaje en el sistema
Económico	Costo del viaje	Ahorro de los costos de viaje de los usuarios del sistema
	Valor del tiempo	Ahorro en tiempo productivo por reducción en tiempos de viaje de los usuarios

Fuente: Elaboración propia.

Indicadores en la Dimensión Social

Desde la dimensión social se describe a continuación los indicadores con su descripción, las variables y la información utilizada:

Tabla 20. Información para la gestión de los indicadores de la dimensión social.

	INDICADOR	DESCRIPCIÓN	INFORMACIÓN
1	Cobertura geográfica del sistema	Proporción del área de cobertura de operación del sistema en el área urbana	Mapa de estaciones de EnCicla
			Mapa del sistema de transporte de la ciudad (SITVA)
2	Usuarios del sistema por estrato socioeconómico	Proporción de usuarios por estrato que hacen los viajes en el sistema	Encuesta de percepción a usuarios - SBC clasificados por estratos
			Encuesta Origen Destino del valle de Aburrá 2023 – Viajes por estrato

Fuente: Elaboración propia.

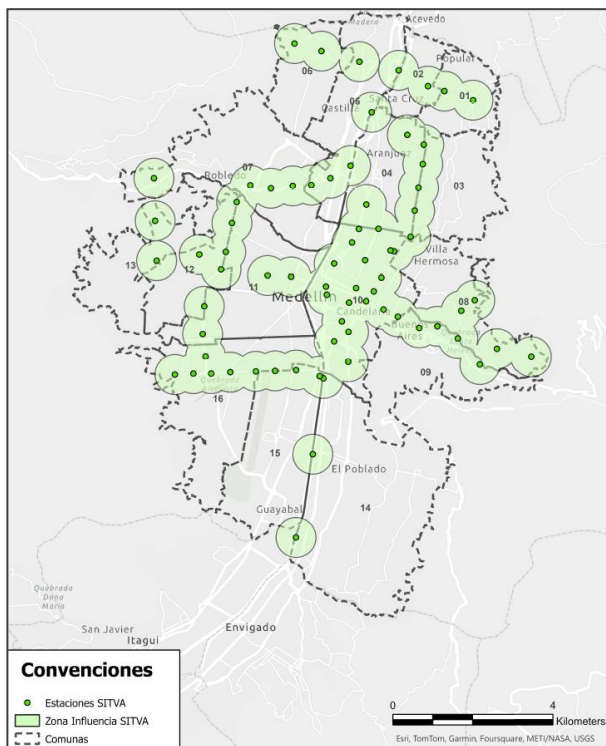
1. Cobertura geográfica del sistema

Este criterio se define mediante un indicador que permitirá medir en términos de cobertura geográfica la accesibilidad al sistema.

El análisis se realizó en un sistema de información geográfica – SIG y se estimó la cobertura del SITVA – Sistema de Transporte del Valle de Aburrá y la del Sistema EnCicla, teniendo en cuenta un buffer de 500 metros (distancia definida por estándares internacionales para una ciudad grande de más de 1.000.000 habitantes, donde las personas llegan caminando a un modo de transporte, sin preferir otro) alrededor de cada estación

El Sistema Integrado de Transporte del Valle de Aburrá - SITVA tiene 12 líneas: dos (2) de metro, seis (6) de cable, una (1) de tranvía, dos (2) de buses y una (1) de bus eléctrico y está conformado por 45 estaciones, 31 paradas y 32 paraderos al año 2023, y se presentan a continuación en la siguiente figura:

Figura 7. Mapa de estaciones y paraderos del SITVA.



Fuente: Elaboración propia a partir de información tomada de (Metro de Medellín, 2019)

El Sistema de Bicicletas Públicas – EnCicla, ha instalado más de 80 estaciones en Medellín, sin embargo, sólo tiene 73 estaciones activas al año 2023, y se presentan a continuación la siguiente figura:

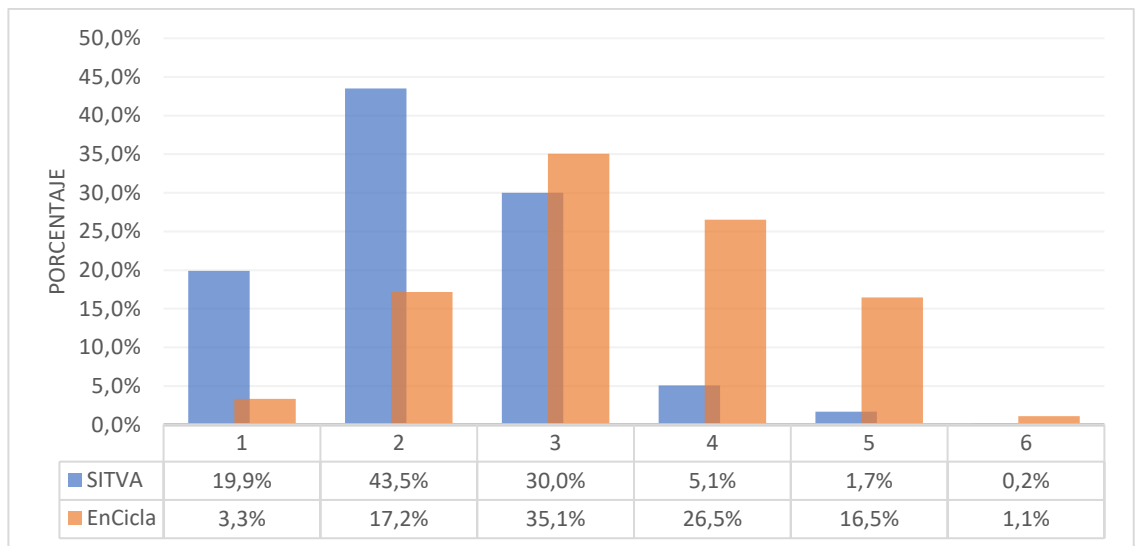
Tabla 22. Porcentaje de usuarios según Cívica en el SITVA según modo y estrato.

Estrato	Férreo	Cable	Tranvía	Bus	SITVA
1	14,47%	37,10%	18,14%	9,80%	19,9%
2	45,15%	48,29%	37,62%	43,03%	43,5%
3	33,48%	12,21%	36,91%	37,37%	30,0%
4	6,23%	1,64%	5,75%	6,83%	5,1%
5	2,16%	0,64%	1,32%	2,76%	1,7%
6	0,40%	0,12%	0,25%	0,21%	0,2%

Fuente: Elaboración propia a partir de información de (Metro de Medellín, 2019)

De acuerdo con la encuesta a usuarios de EnCicla del año 2017, se conoce la proporción por estrato socioeconómico de los usuarios del sistema:

Figura 10. Porcentaje de usuarios del SITVA y del sistema EnCicla según estrato.

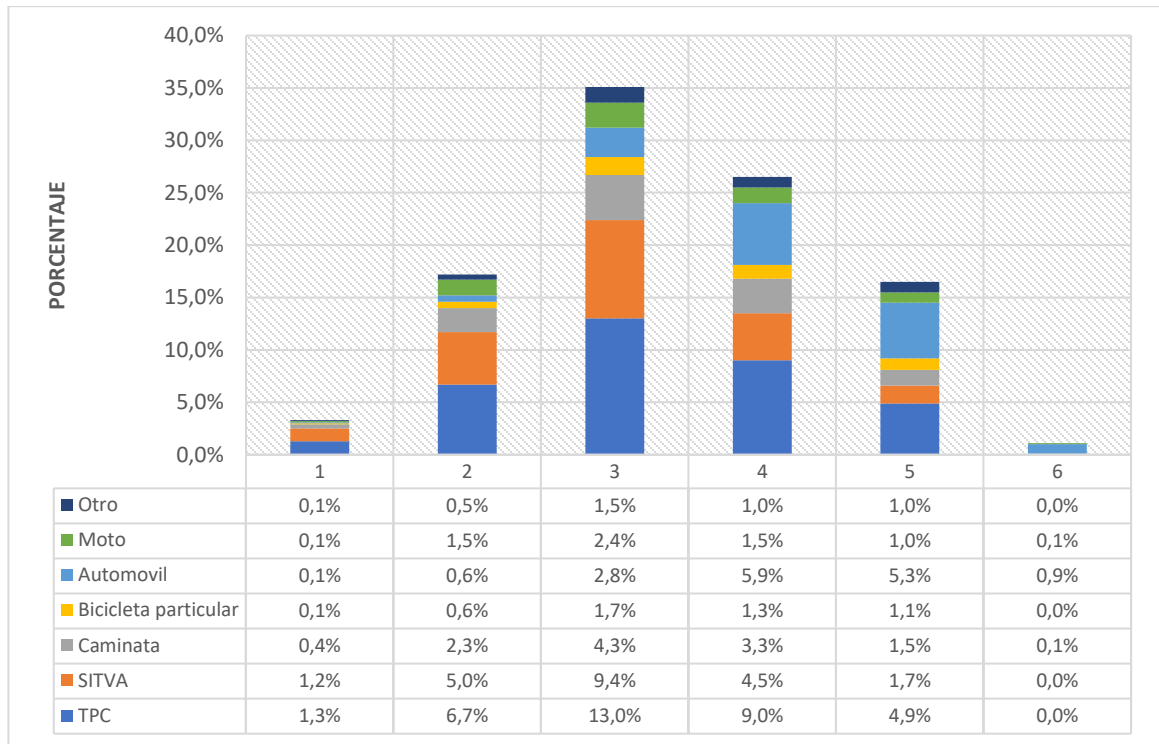


Fuente: Elaboración propia a partir de información de (Metro de Medellín, 2019) y de (AMVA, 2023).

Frente al estrato socioeconómico, el sistema de bicicletas públicas - EnCicla complementa la cobertura del SITVA que está enfocado en los estratos bajos (1 y 2) con un 63,4%, y permite que reforzar la cobertura hacia estratos medios (3 y 4) con un 61,5%, y medio alto (5) con un 16%.

Para finalizar, se presenta a continuación la gráfica tomada de la encuesta de percepción a usuarios realizada por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá - AMVA

Figura 11. Porcentaje de usuarios del sistema EnCicla por estrato y modo del que proviene.



Fuente: Elaboración propia a partir de información de (AMVA, 2023).

Frente a esta gráfica, se puede concluir que más del 50% de los usuarios del sistema de Bicicleta Públicas – EnCicla provienen de los modos de transporte público (Transporte Publico Colectivo – TPC y SITVA) en los estratos bajos (1 y 2) y medios (3 y 4).

Se resalta que en estrato 3, el porcentaje de personas que caminaban era más del 10%. Y que en estratos 4 y 5, el porcentaje de personas que usaban su automóvil era más de un 20% y más de 30% respectivamente.

Indicadores en la Dimensión Ambiental

Desde la dimensión ambiental se describe a continuación los indicadores con su descripción, las variables y la información usada:

Tabla 23. Información para la gestión de los indicadores de la dimensión ambiental.

	INDICADOR	DESCRIPCIÓN	INFORMACIÓN
1	Emisiones de CO2 evitadas por la operación del sistema	Cantidad de CO2 evitado (asociado al modo de transporte inicial del usuario) Se calculan las emisiones que realizaría en su modo de transporte	Emisiones promedio de CO2 por viaje por modo en el valle de Aburrá Emisiones de CO2 por año del sector transporte

	INDICADOR	DESCRIPCIÓN	INFORMACIÓN
		anterior y su extrapolación según los viajes realizados en el sistema	Encuestas a usuarios del Sistemas de Bicicleta Compartidos - SBC sobre su modo de transporte anterior
2	Emisiones de PM2.5 evitadas por la operación del sistema	Sumatoria de emisiones de PM2.5 que no son producidas por cada usuario. Se calculan las emisiones que realizaría en su modo de transporte anterior y su extrapolación según los viajes realizados en el sistema	Emisiones promedio de PM2.5 por viaje por modo en el valle de Aburrá Emisiones de PM 2.5 por año del sector transporte Encuestas a usuarios del Sistemas de Bicicleta Compartidos - SBC sobre su modo de transporte anterior
3	Emisiones de ruido evitados por la operación del sistema	Emisiones de ruido no producidos por cada viaje el modo de transporte anterior.	Mapa de ruido de Medellín Emisiones de ruido en decibeles (dB) por modo Emisiones de ruido en decibeles (dB) en corredores o zonas de la ciudad

Fuente: Elaboración propia.

El Sistema de Bicicletas Públicas Compartidas EnCicla tiene como uno de sus propósitos aportar a la reducción de contaminantes criterio (PM2.5, SOX, COV, NOX y CO) y algunos gases de efecto invernadero (CO2, CH4 y N2O) a la atmosfera a través de una transición del modo de transporte que los ciudadanos utilizan a la bicicleta en la ciudad.

El Área Metropolitana del Valle de Aburrá actualiza periódicamente el inventario de emisiones de contaminantes generados por las fuentes móviles, hasta la fecha, se han elaborado cinco (5) inventarios para los años 2011, 2013, 2016, 2018 y 2022.

La metodología empleada para la construcción de estos inventarios clasifica el parque automotor teniendo en cuenta el combustible, el cilindraje, y la antigüedad de la flota. La caracterización se ha ampliado progresivamente con el tiempo, impulsada por mejoras en la metodología, y actualmente abarca 11 tipologías: autos, taxis, buses, volquetas, tractocamiones, camiones, Metroplús, buses de servicio especial, autos de servicio especial, y motos de 2 y 4 tiempos (AMVA, 2023).

1. Emisiones de CO2

En el inventario de emisiones de fuentes móviles del Área Metropolitana del Valle de Aburrá de 2022, se estimaron las emisiones de los gases de efecto invernadero metano (CH4), óxido nitroso (N2O) y dióxido de carbono (CO2). Los resultados obtenidos se reportan detalladamente en la siguiente gráfica:

Figura 12. Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) por categoría vehicular en el año 2022 en toneladas / año

Categoría vehicular	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Camiones	638,758.61	3,719.38	24.89
Volquetas	156,150.44	81.20	6.36
Buses servicio especial	195,885.56	1,318.75	4.92
Buses	201,222.13	124.41	6.97
Motos 4T	543,241.75	813.05	5.33
Autos	1,407,285.81	17,963.74	69.61
Tractocamiones	43,699.09	1.36	1.61
Autos servicio especial	131,081.64	252.74	6.56
Taxis	158,648.87	19.00	4.22
Motos 2T	24.90	0.99	-
Metroplús	7,967.94	14.31	0.79
Total	3,483,966.75	24,308.94	131.26
Total CO₂-eq	4,199,400.59		

Fuente: Tomada de (AMVA, 2022).

Los automóviles son la categoría con el mayor impacto en las emisiones de gases de efecto invernadero, lo cual está relacionado con la elevada demanda energética derivada del consumo de gasolina debido a la cantidad de vehículos que representan el 36% del parque automotor. Sin embargo, los camiones ocupan un segundo lugar con un 18% en las emisiones de CO₂, con menor parque automotor que los automóviles, y de tercer lugar, las motos de 4 tiempos con un 16%.

Para el cálculo de las emisiones evitadas se tiene en cuenta la distribución modal de los usuarios antes de usar EnCicla, utilizando los modos motorizados de tipo bus, Metroplús (SITVA), taxi, automóvil y motocicleta, se toma como referencia el factor de emisión de CO₂ en por kilómetro según categoría vehicular que fue calculada a partir de la información del inventario de emisiones de fuentes móviles del Área Metropolitana del Valle de Aburrá de 2022, el cual incluye el tamaño del parque automotor por categoría vehicular y la distancia promedio anual por categoría vehicular.

Tabla 24. Emisiones de CO₂ producidas por categoría vehicular.

Categoría vehicular	Emisiones de CO ₂ (kg) / km	Emisiones de CO ₂ (kg) / viaje*	Emisiones de CO ₂ (kg) / persona**
Automóvil	0.15	0.69	0.69
Motocicleta (4 Tiempos)	0.03	0.16	0.16
Taxi	0.09	0.42	0.42
Bus	0.51	2.28	0.05
Bus Metroplús (SITVA)	0.41	1.84	0.02

* Se obtiene de la estimación por viaje 4.5km por persona de acuerdo con la tipología vehicular. La longitud de referencia se toma de la distancia promedio en bicicleta en Medellín, según la Encuesta Origen-Destino del Valle de Aburrá 2017. ** Para el caso del Bus se calcula con una capacidad de 40 personas y para el caso del Bus de Metroplús de 90 personas.

Fuente: Elaboración propia a partir de información tomada de (AMVA, 2017).

De acuerdo con lo reflejado por la última encuesta de percepción a los usuarios del sistema EnCicla de 2017, se evidenció en un 60% provenían del transporte público (Bus, SITVA y taxi) y un 22% de modos motorizados privados (automóvil y motocicleta), como se evidencia en la siguiente tabla:

Tabla 25. Proporción del modo de transporte anterior a EnCicla.

Medio de transporte	Proporción del modo de transporte anterior
Bus	35%
SITVA	22%
Automóvil	15%
Caminata	12%
Motocicleta	7%
Bicicleta particular	5%
Taxi	3%
Otros	1%

Fuente: Elaboración propia a partir de información tomada de (AMVA, 2017).

Se calcula los viajes evitados en otros modos, que generó el sistema EnCicla desde el año 2011 hasta al año 2022, tomando como base la información de viajes realizados (AMVA, 2023) y se presenta la sumatoria de emisiones del CO2 evitadas por año en la siguiente tabla:

Tabla 26. Emisiones de CO2 evitadas.

Año	Viajes realizados	Emisiones de CO2 evitadas (kg)
2011	11.372	1.731
2012	115.847	17.636
2013	234.689	35.728
2014	353.142	53.761
2015	1.161.592	176.837
2016	1.932.073	294.132
2017	2.223.213	338.455
2018	2.699.774	411.005
2019	3.670.530	558.789
2020	1.814.986	276.307
2021	1.793.328	273.010
2022	1.333.541	203.014
TOTAL	17.344.087	2.640.406

Fuente: Elaboración propia a partir de información tomada de (AMVA, 2023)

Se determina que las emisiones de CO2 evitadas desde el 2011 al 2022 son de 2.640 toneladas.

Por otra parte, se estima que el sistema produjo emisiones debido a las labores de mantenimiento y balanceo de las bicicletas, para lo cual se estimó una producción de 274 toneladas de CO₂ en el periodo de análisis.

Es así como, las emisiones netas evitadas de CO₂ son de 2.366 toneladas de 2011 a 2022.

2. Emisiones de PM_{2.5}

En el inventario de emisiones de fuentes móviles del Área Metropolitana del Valle de Aburrá de 2022, se observó un aumento en los factores de emisión de PM_{2.5}, relacionado con el envejecimiento de los vehículos más antiguos de esta categoría, los cuales continúan circulando en el Valle de Aburrá.

A continuación, se presentan las emisiones por categoría vehicular en toneladas según inventario AMVA del año 2022:

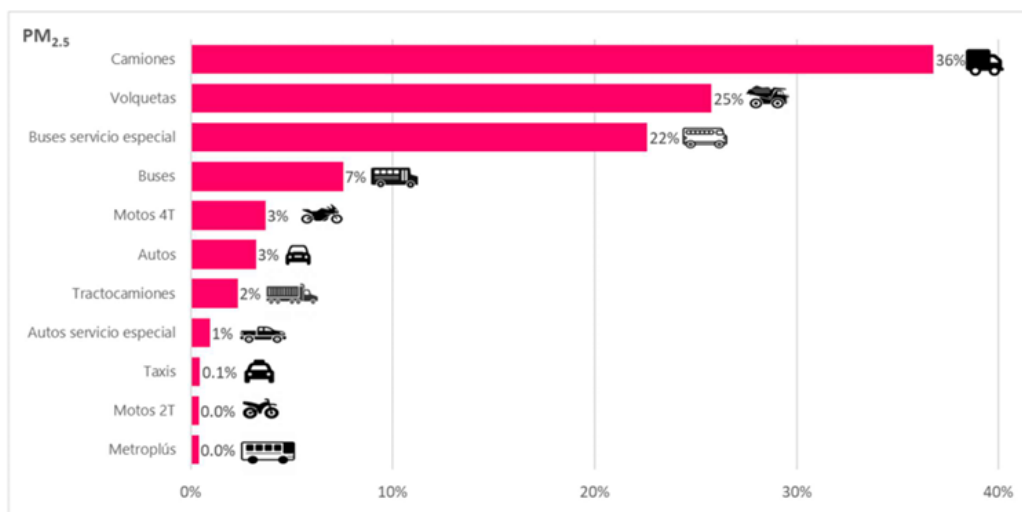
Tabla 27. Emisiones de contaminantes criterio por categoría vehicular (Año 2022).

Categoría vehicular	Emisiones (t/año)				
	CO	SO _x	PM _{2.5}	NO _x	COV
Camiones	373,085.80	5.36	1,281.27	6,514.72	19,078.68
Volquetas	2,320.24	1.08	894.29	1,332.60	286.39
Buses servicio especial	197,594.27	2.08	781.49	2,467.39	10,278.63
Buses	18,869.67	1.47	252.49	1,646.33	1,211.54
Motos 4T	32,384.15	15.04	117.29	1,481.49	3,056.19
Autos	98,687.41	35.21	100.27	2,925.97	2,612.10
Tractocamiones	381.01	0.30	68.42	353.06	59.81
Autos servicio especial	1,873.43	2.12	20.22	267.24	85.94
Taxis	661.07	4.32	2.63	155.01	72.29
Motos 2T	19.17	0.00	0.16	0.01	7.54
Metroplús	82.15	0.01	0.09	9.05	0.41
Total	725,958.37	66.99	3,518.62	17,152.88	36,749.51

Fuente: Tomada de (AMVA, 2022).

Las emisiones de contaminantes criterio en el año 2022 aumentaron respecto al 2018 en un 34% para el PM_{2.5}, 4% NO_x, 12% COV y 29% para CO (AMVA, 2022). El ingreso de vehículos con mejores tecnologías en estos últimos años y la reducción en las distancias recorridas en ciertas categorías ocasionaron que el aumento de las emisiones no fuera tan marcado.

Figura 13. Distribución porcentual de emisiones de PM 2.5 por categoría vehicular, año 2022.



Fuente: Tomada de (AMVA, 2022).

De acuerdo con el inventario de emisiones del Área Metropolitana del Valle de Aburrá del año 2022, se encuentra que la participación de emisiones de PM 2.5 se concentra en los vehículos a diésel (Camiones – 36%, Volquetas – 25% y Buses entre 22% y 7%) y luego en proporciones más bajas los vehículos a gasolina como motos de 4 tiempos y automóviles con un 3% cada uno.

Para el cálculo de las emisiones evitadas se tiene en cuenta la distribución modal de los usuarios antes de usar EnCicla, utilizando los modos motorizados de tipo bus, Metroplús (SITVA), taxi, automóvil y motocicleta, se toma como referencia el factor de emisión de PM 2.5 en g por kilómetro según categoría vehicular que fue calculada a partir de la información del inventario de emisiones de fuentes móviles del Área Metropolitana del Valle de Aburrá de 2022, el cual incluye el tamaño del parque automotor por categoría vehicular y la distancia promedio anual por categoría vehicular.

Tabla 28. Emisiones de PM 2.5 producido por categoría vehicular.

Categoría vehicular	Emisiones de PM 2.5 (g) / km	Emisiones de PM 2.5 (g) / viaje*	Emisiones de CO2 (g) / persona**
Automóvil	0,011	0,05	0,05
Motocicleta (4 Tiempos)	0,008	0,03	0,03
Taxi	0,002	0,01	0,42
Bus	0,637	2,86	0,05
Bus Metroplús (SITVA)	0,005	0,02	0,001

* Se obtiene de la estimación por viaje 4.5km por persona de acuerdo con la tipología vehicular. La longitud de referencia se toma de la distancia promedio en bicicleta en Medellín, según la Encuesta Origen-Destino del Valle de Aburrá 2017. ** Para el caso del Bus se calcula con una capacidad de 40 personas y para el caso del Bus de Metroplús de 90 personas.

Fuente: Elaboración propia a partir de información tomada de (AMVA, 2017).

Las emisiones de PM2.5 que han sido mitigadas desde el sistema de Bicicletas Públicas – EnCicla se podrían calcular de acuerdo con la Tabla 25. Proporción del modo de transporte anterior a EnCicla., presentada en la descripción anterior de las emisiones de CO2.

Se calcula los viajes evitados en otros modos, que generó el sistema EnCicla desde el año 2011 hasta al año 2022, tomando como base la información de viajes realizados (AMVA, 2023) y se presenta la sumatoria de emisiones de PM 2.5 evitadas por año en la siguiente tabla:

Tabla 29. Emisiones de PM2.5 evitadas.

Año	Viajes realizados	Emisiones de PM 2.5 evitadas (g)
2011	11.372	399
2012	115.847	4.068
2013	234.689	8.240
2014	353.142	12.399
2015	1.161.592	40.785
2016	1.932.073	67.837
2017	2.223.213	78.059
2018	2.699.774	94.792
2019	3.670.530	128.876
2020	1.814.986	63.726
2021	1.793.328	62.966
2022	1.333.541	46.822
TOTAL	17.344.087	608.970

Fuente: Elaboración propia con información tomada de (AMVA, 2022) y (AMVA, 2023)

Se determina que las emisiones de **PM 2.5 evitados desde el 2011 al 2022 son de 608 kg.**

Por otra parte, se estima que el sistema produjo emisiones debido a las labores de mantenimiento y balanceo de las bicicletas, para lo cual se estimó una producción de 550 kg de PM 2.5 en el periodo de análisis.

Es así como, las emisiones netas evitadas de PM 2.5 son de 58 kg de 2011 a 2022.

3. Contaminación por ruido

Es importante precisar que en Colombia no existe estándares máximos para la emisión de ruido, ni metodologías para la caracterización del parque automotor, sin embargo, el Área Metropolitana del Valle de Aburrá adoptó el Plan de Acción para

la Prevención y Control de la Contaminación por Ruido del Valle de Aburrá, mediante Acuerdo Metropolitano N.º 24 de 2019, el cual busca prevenir, controlar y reducir los impactos, directos e indirectos, generados por ruido (AMVA, 2023). Y ha desarrollado entre 2011 y 2023, los cálculos de emisiones de ruido en decibeles (dB) realizados por viaje por modo de transporte.

En la siguiente tabla se muestran los resultados del estudio de ruido y por tipo de vehículo con vehículos particulares y tomas de campo en corredores del metro, Metroplús y tranvía. Además, se relacionan los viajes que se evitaron por la implementación del sistema de bicicletas públicas – EnCicla en cada modo y por cada año de operación del sistema:

Tabla 30. Emisiones de ruido por categoría vehicular y viajes evitados por modo en EnCicla desde 2011 hasta 2022.

Año	Viajes evitados por el sistema EnCicla				
Modo de Transporte	SITVA	Bus	Taxi	Auto	Moto
Factor de emisión de ruido (dB)	84.8 (Metro) 71.1 (Metroplús) 69.6 (Tranvía)	89.8	79.3	79.3	83.1
Viajes evitados por EnCicla (2011-2022)	3.815.699	6.070.430	520.323	2.601.613	1.214.086
2011	2.502	3.980	341	1.706	399
2012	25.486	40.546	3.475	17.377	4.068
2013	51.632	82.141	7.041	35.203	8.240
2014	77.691	123.600	10.594	52.971	12.399
2015	255.550	406.557	34.848	174.239	40.785
2016	425.056	676.226	57.962	289.811	67.837
2017	489.107	778.125	66.696	333.482	78.059
2018	593.950	944.921	80.993	404.966	94.792
2019	807.517	1.284.686	110.116	550.580	128.876
2020	399.297	635.245	54.450	272.248	63.726
2021	394.532	627.665	53.800	268.999	62.966
2022	293.379	466.739	40.006	200.031	46.822

Fuente: Elaboración propia con información tomada de (AMVA, 2023).

Es importante mencionar que los valores presentados en la tabla anterior tienen el objetivo de resaltar la magnitud del número de viajes que fueron realizados en EnCicla, permitiendo así evitar, las emisiones de ruido (dB) por cada modo presentado.

Indicadores en la Dimensión Económica

Desde la dimensión económica se describe a continuación los indicadores con su descripción, las variables y la información utilizada:

Tabla 31. Información para la gestión de los indicadores de la dimensión económica.

	INDICADOR	DESCRIPCIÓN	INFORMACIÓN
1	Costo del viaje reducido en los usuarios por la operación del sistema	Proporción del costo del viaje por usuario en el sistema vs costo de viaje en transporte público (pasaje) y privado (sumatoria de recursos asociados al viaje en uso del combustible, equipos, mantenimiento)	Costos de operación promedio anual del Sistemas de Bicicleta Compartidos - SBC
			Tarifas de transporte público 2023
			Costos promedio del uso de un automóvil
			Costos promedio del uso de una motocicleta
2	Valor del tiempo productivo incrementado de los usuarios del sistema	Horas ahorradas por el uso del sistema por usuario por el valor de la hora del salario mínimo legal vigente.	Número de préstamos del Sistemas de Bicicleta Compartidos - SBC
			Encuesta Origen Destino 2023 - Promedio de tiempo de viaje en bicicleta
			Encuestas a usuarios del Sistemas de Bicicleta Compartidos - SBC sobre su modo de transporte anterior
			Encuesta Origen Destino 2023 - Promedio de tiempo de viaje según transporte público, moto y auto

Fuente: Elaboración propia.

La creación y operación del sistema de bicicletas públicas - EnCicla representa un ahorro en los costos de viaje para los usuarios dado que es un sistema gratuito, lo que se considera como un beneficio dado que representa mayor disponibilidad de recursos en los hogares. Además de esto, permite según el caso, ahorrar tiempo de viaje en sus recorridos diarios, lo que representa una mejora en la calidad de vida de los usuarios del sistema.

1. Costo de viaje

Para determinar el ahorro en el costo de viaje se tuvo en cuenta el valor de la inversión inicial en el caso de las personas que adquieren vehículo privado, los gastos en mantenimiento, impuestos y demás obligaciones de ley, y parqueaderos para el periodo comprendido entre 2012 y 2023.

A continuación, se presentan los gastos de inversión inicial y los gastos anuales en que debía incurrir cada usuario antes de la existencia del sistema. Para el análisis se utilizaron valores 2023.

Tabla 32. Gastos por modo de transporte.

Rubro	Bicicleta	Metro	Bus	Taxi	Auto	Moto
Inversión inicial	\$ 1,500,000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 40,000,000	\$ 6,000,000
Mantenimiento y operación	\$ 270,000	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 2,790,000	\$ 2,152,930
Combustible	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1,792,200	\$ 422,240
Costo pasajes	\$ -	\$ 1,557,600	\$ 1,504,800	\$ 7,920,000	\$ -	\$ -
Parqueadero	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1,440,000	\$ 1,200,000
TOTAL	\$ 1,770,000	\$ 1,557,600	\$ 1,504,800	\$ 7,920,000	\$ 46,022,200	\$ 9,775,170
Gastos anuales	\$ 270,000	\$ 1,557,600	\$ 1,504,800	\$ 7,920,000	\$ 6,022,200	\$ 3,775,170

Fuente: Elaboración propia a partir (Gallo & Muñoz, 2019).

Para el cálculo de los gastos de mantenimiento y operación se realizó un estimado de los gastos en que debe incurrir un propietario anualmente:

Tabla 33. Gastos anuales de vehículos particulares.

Ítem	Bicicleta	Motocicleta	Automóvil
Impuestos	\$ -	\$ 144,850	\$ 1,250,000
Mantenimientos preventivos	\$ 150,000	\$ 960,000	\$ 1,500,000
Accesorios	\$ 120,000	\$ 300,000	\$ 250,000
Revisión técnico-mecánica	\$ -	\$ 156,430	\$ 388,000
SOAT	\$ -	\$ 556,500	\$ 412,000
Lavado	\$ -	\$ 180,000	\$ 240,000
TOTAL	\$ 270,000	\$ 2,152,930	\$ 2,790,000

Fuente: Elaboración propia a partir de (Gallo & Muñoz, 2019).

En cuanto a los usuarios que se desplazaban en transporte público se utilizó la tarifa del transporte público con valores 2023 y se supuso que realizan dos viajes diarios. Para los usuarios de taxi se tuvo en cuenta una tarifa de \$15.000 pesos colombianos por viaje.

Tabla 34. Tarifas de transporte público en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

Modo de Transporte Público	Tarifa día	Días Hábiles	Costo mensual	Costo anual
Metro	\$ 2,950	22	\$ 129,800	\$ 1,557,600
Bus	\$ 2,850	22	\$ 125,400	\$ 1,504,800
Taxi	\$ 15,000	22	\$ 660,000	\$ 7,920,000

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, con la información anterior se estima el ahorro en transporte que tuvieron los usuarios del sistema desde el año 2012 a 2023, teniendo en cuenta la distribución modal de los modos de transporte proveniente, donde el 35% de los usuarios provino de los buses, el 22% del sistema Metro, el 15% del automóvil particular, el 7% de la motocicleta, el 5% de la bicicleta particular y el 3% de taxis.

Tabla 35. Estimación del costo total anual ahorrado por uso del sistema EnCicla.

Año	Usuarios	Costo Inversión Inicial vehículos particulares	Costo anual	Costo total anual ahorrado
2012	2,389	\$ -	\$ 5,466,136,877	\$ 5,466,136,877
2013	2,389	\$ 15,516,555,000	\$ 5,466,136,877	\$ 20,982,691,877
2014	15,246	\$ 83,506,215,000	\$ 34,883,517,299	\$ 118,389,732,299
2015	34,622	\$ 125,847,120,000	\$ 79,216,655,906	\$ 205,063,775,906
2016	48,858	\$ 92,462,820,000	\$ 111,789,248,866	\$ 204,252,068,866
2017	62,466	\$ 88,383,960,000	\$ 142,924,950,257	\$ 231,308,910,257
2018	77.152	\$ 95,385,570,000	\$ 176,527,162,973	\$ 271,912,732,973
2019	92.495	\$ 99,652,785,000	\$ 211,632,620,531	\$ 311,285,405,531
2020	100.371	\$ 51,156,243,750	\$ 229,653,826,298	\$ 280,810,070,048
2021	108.248	\$ 51,156,243,750	\$ 247,675,032,065	\$ 298,831,275,815
2022	116.124	\$ 51,156,243,750	\$ 265,696,237,833	\$ 316,852,481,583
2023	124.000	\$ 51,156,243,750	\$ 283.717.443.600	\$ 334.873.687.350
TOTAL	784,360	\$ 805.380.000.000	\$ 1.794.648.969.382	\$ 2.600.028.969.382

Fuente: Elaboración propia.

Como resultado se obtuvo un ahorro de \$ 2.6 billones de pesos entre el año 2012 a 2023.

2. Valor del tiempo productivo

El valor del tiempo se analiza teniendo en cuenta la proporción de usuarios de EnCicla que provienen de otros modos en los que comparativamente se presenta un ahorro en el tiempo de viaje respecto a su modo anterior. Para ello, se utilizan los resultados de la Encuesta Origen – Destino 2022 realizada por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, en los cuales se presentan los tiempos promedio por modo en Medellín:

Tabla 36. Tiempos de viaje promedio por modos de transporte según EOD 2022 para la ciudad de Medellín.

Modo de Transporte	Tiempo de viaje promedio (minutos)
Bicicleta	33
Caminata	39
Bus	54

Modo de Transporte	Tiempo de viaje promedio (minutos)
SITVA	61
Automóvil	41
Motocicleta	38
Taxi	44

Fuente: (AMVA, 2022).

Teniendo en cuenta que, en la información entregada por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, no se tiene disponible el tiempo promedio de los viajes en el sistema, se aplicó el tiempo promedio de viaje en bicicleta en Medellín: 33min y se adicionó un diferencial de tiempo de 15min, que incluye el tiempo de desplazamiento entre el origen y la estación del sistema de Bicicletas públicas – EnCicla y de la estación al punto de destino, para un tiempo total de viaje en EnCicla es de 48min.

Tabla 37. Diferencial de tiempos de viaje promedio por modo de transporte tomando como referencia EnCicla.

Medio de Transporte	Tiempo de viaje promedio (minutos)	Δ Tiempo de viaje respecto a EnCicla (minutos)	Δ Tiempo de viaje respecto a EnCicla (h)
EnCicla	48		
Bicicleta	33	-15	
Caminata	39	-9	
Bus	54	6	0.10
SITVA	61	13	0.22
Automóvil	41	-7	
Motocicleta	38	-10	
Taxi	44	-4	

Fuente: Elaboración propia a partir de información de (AMVA, 2022).

De acuerdo con la tabla de tiempo de viaje de la Encuesta Origen – Destino solo presenta diferencial de tiempo positivo frente a quienes reemplazaron EnCicla con los **modos Bus y SITVA**.

De acuerdo con el diferencial de tiempos presentados anteriormente, los préstamos anuales realizados en el sistema de bicicletas públicas EnCicla entre 2012 y 2022 y la proporción de usuarios que provienen de los modos Bus y SITVA presentado en la Tabla 25. Proporción del modo de transporte anterior a EnCicla., se calcula el tiempo ahorrado por los usuarios del sistema año por año. Además, se tiene en cuenta el valor de la hora laborada de acuerdo con el Salario Mínimo Mensual Legal Vigente – SMMLV de Colombia, para calcular el ahorro en tiempo anualmente por los usuarios del sistema:

Tabla 38. Cálculo de tiempos ahorrados de viaje promedio por modo de transporte tomando como referencia EnCicla.

Año	Tiempo ahorrado anual (h)			Valor Hora SMMLV	Valor ahorrado
	Bus	SITVA	Total		
2012	4.055	5.522	9.577	\$ 3.217	\$ 30.812.874
2013	8.214	11.187	19.401	\$ 3.320	\$ 64.407.552
2014	12.360	16.833	29.193	\$ 3.594	\$ 104.927.573
2015	40.656	55.369	96.025	\$ 3.627	\$ 348.264.078
2016	67.623	92.095	159.718	\$ 3.635	\$ 580.515.011
2017	77.812	105.973	183.786	\$ 3.678	\$ 675.887.526
2018	94.492	128.689	223.181	\$ 3.742	\$ 835.040.750
2019	128.469	174.962	303.430	\$ 3.844	\$ 1.166.329.348
2020	63.525	86.514	150.039	\$ 3.925	\$ 588.939.461
2021	62.766	85.482	148.248	\$ 4.057	\$ 601.502.111
2022	46.674	63.565	110.239	\$ 4.167	\$ 459.330.743
TOTAL			1.432.838		\$ 5.455.957.028

Fuente: Elaboración propia a partir de información de (AMVA, 2022).

Como resultado se obtuvo un ahorro de 1.432.838 horas de viaje entre el año 2012 a 2022, lo que permite calcular el ahorro de \$ 5.455 millones de pesos.

IMPACTO DEL TRABAJO AL DESARROLLO SOSTENIBLE

En este capítulo se pretende realizar una valoración del Sistema de Bicicletas Públicas - EnCicla en los aspectos social, ambiental y económico, teniendo en cuenta los fundamentos de la valoración de impactos ASG y el cálculo de Retorno Social de la Inversión (SROI). Con lo anterior se busca llegar a una valoración económica de los beneficios del sistema en los aspectos antes mencionados considerando que los usuarios, empleados, gobierno, academia y demás habitantes de la ciudad de Medellín que hacen parte de los grupos de interés.

En este sentido, la valoración ASG busca medir los impactos ambientales, sociales y de gobierno que hacen parte de un proyecto o empresa, pasando de un reporte tradicional de entradas (materias primas y/o insumos) y salidas (productos y/o servicios) a la determinación de los resultados que este proceso implica y los impactos que se generan hacia las partes interesadas, obteniendo finalmente, los riesgos y las oportunidades en que el proyecto o la compañía pueden mejorar.

Para la realización de esta valoración, se utiliza el análisis SROI que permite aproximar tanto variables cuantitativas como cualitativas a costos monetarios con el objetivo de comparar los beneficios otorgados por el proyecto. De esta manera, se puede estimar como el proyecto aporta a la sociedad y el medio ambiente (Grupo CIVIS, 2012).

Para el desarrollo de esta metodología de evaluación se tuvo en cuenta que el Sistema Público de Bicicletas - EnCicla tiene como prioridades promover el uso de la bicicleta como modo de transporte, facilitar el acceso al sistema de transporte público del Valle de Aburrá y propiciar estrategias que permitan mejorar la calidad del aire en la zona, en específico, en la ciudad de Medellín.

Para dar cumplimiento a estos tres principios, el sistema cuenta con bicicletas, estaciones manuales y automáticas, software, vehículos de balanceo, recurso humano y financiero, e infraestructura urbana. Así mismo, las principales actividades del sistema se dividen en su planeación, implementación y estrategia de comunicación.

Dentro de la planeación del sistema, se encuentra la definición de las zonas de operación, los grupos poblacionales a impactar, la cantidad y diseño de bicicletas y estaciones y la definición del software. La fase de implementación tiene en cuenta el desarrollo de pruebas piloto, la operación y la expansión del sistema.

De estas fases del sistema podemos obtener resultados iniciales, intermedios y finales dentro de los que se encuentra la caracterización de los usuarios, el número de empleos generados, el cambio de percepción del uso de la bicicleta como modo de transporte, el ahorro en los costos y tiempo de viaje, el incremento en el uso de

la bicicleta y su infraestructura asociada, la reducción de CO2 y material particulado, y la mejora en la salud física y mental.

A continuación, se presentan los aspectos analizados en la valoración ASG:

Tabla 39. Aspectos para la valoración ASG.

TEORÍA DEL CAMBIO							
GRUPO DE INTERÉS	NECESIDAD O PROBLEMA POR RESOLVER	INSUMOS	ACTIVIDADES	PRODUCTOS	RESULTADOS INICIALES	RESULTADOS INTERMEDIOS	RESULTADOS FINALES
Ciudadanía	Promover la bicicleta como un modo sostenible de transporte en el Valle de Aburrá	Bicicletas	Planeación del Sistema: 1. Definición de la zona de operación. 2. Definición del grupo poblacional a impactar. 3. Definición del número de bicicletas. 4. Definición del diseño de la bicicleta. 5. Definición de número y el tipo de estaciones. 6. Definición del tipo de software.	Sistema de Bicicletas Públicas	Número de préstamos diarios / mensuales / anuales	Cambio de percepción del uso de la bicicleta como modo de transporte	Aumento de la cultura ciudadana
Usuarios del sistema de bicicletas - EnCicla		Estaciones			Número de usuarios (Género / Estrato Socioeconómico / Edad)	Reducción en el costo de viaje de los usuarios del sistema	Aumento en el uso de la bicicleta como modo de transporte (Particular y Pública)
Gobierno (Nacional y Local)	Facilitar el acceso al sistema de transporte de la ciudad	Vehículos de balaceo	Implementación del Sistema: 1. Prueba piloto del Sistema. 2. Operación del Sistema. 3. Expansión del Sistema.		Origen y Destino de los usuarios	Ahorro en el tiempo de viaje	Reducción de emisiones de GEI y Material Particulado
Academia	Propiciar estrategias que permitan mejorar la calidad del aire	Personal (Recurso Humano)	Estrategia de comunicación	Número de empleos generados	Incremento en la infraestructura para bicicleta	Incremento en la infraestructura para bicicleta	Mejora en la salud física y mental
		Infraestructura urbana					

Fuente: Elaboración propia.

El Sistema de bicicletas públicas - EnCicla genera grandes beneficios a la sociedad en los aspectos social, ambiental y económica. Sin embargo, con el objetivo de implementar las metodologías SROI a la evaluación de los beneficios generados por EnCicla, seleccionamos los siguientes aspectos a evaluar según cada dimensión, según la disponibilidad de información:

Dimensión Social

De acuerdo con la importancia de cuantificar monetariamente los impactos en la dimensión social, con base en los criterios priorizados y desarrollados en el capítulo anterior, se desarrolla a continuación el criterio 4 – Impacto en la Siniestralidad vial,

el cual permite su monetización debido a que se encontró disponibilidad de información:

1. Impacto en la siniestralidad vial

EnCicla ha sido un detonador de viajes en bicicleta en los municipios del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, especialmente en Medellín, donde a partir de la implementación del sistema en 2011 unido con otras estrategias de ciudad como la construcción de infraestructura vial para ciclistas, se ha generado un incremento del uso de la bicicleta como modo de transporte pasando de un 0,5% en 2012 a un 1% en 2017 y a un 3% en 2022, según las Encuestas Origen – Destino desarrolladas por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá en los mencionados años.

A pesar del incremento en los viajes realizados en bicicleta, la ciudad de Medellín, la cual tomaremos para el análisis de beneficios por contar con información de siniestralidad vial para el periodo de evaluación de 2012 a 2022, no ha reflejado un aumento en el número de ciclistas fallecidos y lesionados, manteniendo un promedio de 11 ciclistas muertos y 583 ciclistas lesionados al año. Con respecto a la siniestralidad en EnCicla, esta representa un 0,5% para 100.000 viajes según el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA, 2021).

Tabla 40. Siniestralidad en ciclistas en Medellín.

Año	Ciclistas fallecidos	Ciclistas lesionados
2012	11	500
2013	13	555
2014	12	573
2015	10	595
2016	10	611
2017	13	564
2018	11	563
2019	14	640
2020	13	656
2021	14	618
2022	6	542

Fuente: Secretaría de Movilidad, 2023.

Para el cálculo de los costos se toma como referencia el valor de productividad estipulado en Guía Técnica Colombiana GTC 3701 para la clasificación, registro y estadística de accidentes y enfermedades laborales, contemplando 6.000 días cargados para muertes y 1.800 días cargados para lesionados, lo que representa un 30% de la pérdida de capacidad laboral. En este cálculo no se tiene en cuenta los costos de afectación a la calidad de vida ni costos médicos (Gallo & Muñoz,

2019). Adicionalmente, se tienen en cuenta los valores de los Salarios Mínimos Legales Vigentes para cada año llevados a valor presente.

A continuación, se presenta el cálculo para determinar el costo evitado por pérdida de la productividad en ciclistas muertos y lesionados, suponiendo que la tasa de siniestralidad creciera en la misma medida en que crecen los viajes realizados en bicicleta vs las pérdidas de vida y lesiones reales en el periodo de evaluación. Así mismo, se supone que el sistema de bicicletas públicas - EnCicla aporta un 0,5% a esta siniestralidad, de acuerdo con la tasa de siniestralidad del Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

Tabla 41. Costo de pérdida de productividad de ciclistas fallecidos y lesionados.

AÑO	Tasa de siniestralidad supuesta	Muertes Esperadas	Lesionados Esperados	Muertes Reales	Lesionados Reales	Costo supuesto por muertes	Costo Supuesto por lesiones	Costo Real por muertes	Costo Real por lesiones	Costo evitado por muertes	Costo evitado por lesionados
2012	0.5%	11	500	11	500	\$ 1,698,833,863	\$ 23,165,916,318	\$ 1,698,833,863	\$ 23,165,916,318	\$ -	\$ -
2013	0.6%	11	503	13	555	\$ 1,763,378,463	\$ 24,046,069,946	\$ 2,071,563,349	\$ 26,531,945,964	-\$ 308,184,886	-\$ 2,485,876,018
2014	0.7%	11	507	12	573	\$ 1,922,521,482	\$ 26,216,202,020	\$ 2,070,295,369	\$ 29,656,981,167	-\$ 147,773,888	-\$ 3,440,779,147
2015	0.8%	11	511	10	595	\$ 1,955,449,247	\$ 26,665,217,008	\$ 1,740,868,151	\$ 31,074,496,496	\$ 214,581,096	-\$ 4,409,279,488
2016	0.9%	11	515	10	611	\$ 1,977,300,012	\$ 26,963,181,988	\$ 1,744,619,548	\$ 31,978,876,315	\$ 232,680,464	-\$ 5,015,694,326
2017	1.0%	11	520	13	564	\$ 2,020,679,233	\$ 27,554,716,809	\$ 2,294,814,164	\$ 29,867,888,969	-\$ 274,134,932	-\$ 2,313,172,160
2018	2.2%	12	532	11	563	\$ 2,101,044,132	\$ 28,650,601,798	\$ 1,975,530,575	\$ 30,333,374,008	\$ 125,513,557	-\$ 1,682,772,210
2019	2.4%	12	545	14	640	\$ 2,210,280,021	\$ 30,140,182,110	\$ 2,583,040,840	\$ 35,424,560,095	-\$ 372,760,819	-\$ 5,284,377,985
2020	2.6%	12	559	13	656	\$ 2,315,792,315	\$ 31,578,986,120	\$ 2,449,353,897	\$ 37,079,449,758	-\$ 133,561,581	-\$ 5,500,463,638
2021	2.8%	13	574	14	618	\$ 2,460,779,921	\$ 33,556,089,834	\$ 2,726,567,626	\$ 36,107,545,556	-\$ 265,787,704	-\$ 2,551,455,723
2022	3.0%	13	592	6	542	\$ 2,602,865,418	\$ 35,493,619,338	\$ 1,199,999,880	\$ 32,519,996,748	\$ 1,402,865,538	\$ 2,973,622,590
Total general										\$ 473,436,846	-\$ 29,710,248,103
Representación									0.50%	\$ 2,367,184	-\$ 148,551,241
Total											-\$ 146,184,056

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla anterior, se puede evidenciar que cuando se trata de ciclistas muertos, el sistema generó un beneficio de \$ 2,367,184 para el periodo de 2012 a 2022. Sin embargo, para los ciclistas lesionados el sistema no genera beneficios, teniendo costos por lesiones de \$ 148,551,241. Lo anterior, dado que los siniestros reales que involucraron lesiones fueron mayores que los esperados según la tasa de crecimiento de viajes.

Finalmente, el sistema tiene unos costos por siniestros en el periodo de evaluación estimados en \$ 146,184,056. A pesar, de que el beneficio para este aspecto es negativo, es de rescatar que las muertes en ciclistas no se han incrementado en la misma proporción en que se han incrementado los viajes en bicicleta.

Dimensión Ambiental

1. Emisiones de CO2 evitadas por viajes de los usuarios

De acuerdo con lo planteado en el capítulo anterior de METODOLOGÍA, en la sección de INDICADORES DE EVALUACIÓN en la Dimensión Ambiental, se calculó que las emisiones de CO2 netas evitadas desde el 2011 al 2022 son de 2.366 toneladas. Para determinar el beneficio monetario de estas emisiones, se toma como valor de referencia el costo por tonelada de CO2 según el Banco Mundial, el cual es de 80 USD, es decir \$ 320.000 pesos colombianos a 2023. De acuerdo con lo anterior, el costo del beneficio es de \$ 757.070.307 pesos colombianos a 2023.

Dimensión Económica

1. Ahorro de los costos de viaje de los usuarios

De acuerdo con lo planteado en el capítulo anterior de METODOLOGÍA, en la sección de INDICADORES DE EVALUACIÓN en la Dimensión Económica, se estima que el ahorro en transporte que tuvieron los usuarios del sistema, teniendo en cuenta la distribución modal de los modos de transporte proveniente, donde el 35% de los usuarios provino de los buses, el 22% del sistema Metro, el 15% del automóvil particular, el 7% de la motocicleta, el 5% de la bicicleta particular y el 3% de taxis, es de \$ 2.6 billones de pesos desde el año 2012 a 2023.

2. Ahorro en tiempo productivo por reducción en tiempos de viaje de los usuarios

De acuerdo con lo planteado en el capítulo anterior de METODOLOGÍA, en la sección de INDICADORES DE EVALUACIÓN en la Dimensión Económica, se estima que el ahorro en tiempo productivo en los usuarios que migraron al sistema de bicicletas públicas – EnCicla desde el transporte público (Bus y SITVA) durante los años 2012 y 2022 es de \$ 5.455 millones de pesos.

Cálculo del Retorno Social de la Inversión (SROI)

Continuando con la valoración SROI se toma el costo de los beneficios generados en los indicadores evaluados: ahorro de los costos de viaje de los usuarios, emisiones de CO2 evitadas por viajes de los usuarios, ahorros en tiempo de viaje e impactos en la siniestralidad vial.

Es importante mencionar que en investigaciones posteriores se podrá evaluar más beneficios generados por el Sistema de Bicicletas Públicas - EnCicla, tales como emisiones de PM2.5 y otros gases de efecto invernadero evitadas, impactos en la salud física y mental, entre otros.

Para el cálculo de la valoración SROI se utiliza la siguiente formula (Grupo CIVIS, 2012):

$$SROI = \frac{\text{Valor Actual total del impacto}}{\text{Valor de la inversión total}}$$

Según la información reportada por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá en sus estados de rendimiento de cuentas la inversión del sistema ha sido de \$ 137,223,882,677 para el periodo comprendido entre 2011 y 2022 (AMVA, 2023), discriminados de la siguiente manera:

Tabla 42. Recursos invertidos en el sistema de bicicletas publicas EnCicla.

Año	Inversión	IPC	Valor Actual
2011 - 2015	\$ 15,000,000,000	6.77%	\$ 22,921,591,814
2016	\$ 7,464,000,000	5.75%	\$ 10,682,573,838
2017	\$ 11,405,160,544	4.09%	\$ 15,435,663,401
2018	\$ 17,339,622,192	3.18%	\$ 22,545,222,127
2019	\$ 19,614,928,677	3.80%	\$ 24,717,588,499
2020	\$ 13,629,000,000	1.61%	\$ 16,545,732,646
2021	\$ 7,628,000,000	5.62%	\$ 9,113,731,800
2022	\$ 13,491,671,280	13.12%	\$ 15,261,778,552
TOTAL			\$ 137,223,882,677

Fuente: Elaboración propia a partir de (AMVA, 2023) y (El Colombiano, 2015).

Para el cálculo de SROI no se aplican desplazamientos ni decrecimientos.

Tabla 43. Resumen de la valoración SROI.

BENEFICIO	INDICADOR	DURACIÓN DEL BENEFICIO	PROXY	FUENTE DEL PROXY	FORMULA DEL PROXY	VALOR BRUTO DEL OUTCOME (multiplicar el proxy por el indicador)	ATRIBUCIÓN O PESO MUERTO (Si aplica)	VALOR NETO (valor Bruto corregido con Atribución, Desplazamiento y Decrecimiento)
Reducción en el costo de viaje de los usuarios del sistema	Número de usuarios de Encicla (a corte 2023) que provienen de cada modo: 1. Bus 2. Metro - Metroplús 3. Automóvil 4. Caminata 5. Motocicleta 6. Bicicleta particular 7. Taxi	1 - 12 años	Costo anual promedio del uso de cada modo	(AMVA, 2017) (Caracol Radio, 2023) (La República, 2023) (Decathlon, 2023) (Semana, 2023) (La República, 2022)	Usuarios provenientes de cada modo x Costo anual de cada modo	\$ 2.600.028.969.382	N/A	\$ 2.600.028.969.382
Reducción de CO2	Cantidad de CO2 evitado (asociado al modo de transporte inicial del usuario)	1 - 12 años	Costo de CO2 según fijación del Banco Mundial	(AMVA, 2017) (AMVA, 2022) (Banco Mundial, 2017)	Toneladas de CO2 evitadas en el periodo*Costo anual de CO2	\$ 757.070.307	N/A	\$ 757.070.307
Impacto en la siniestralidad vial	1. Número de Ciclistas muertos 2. Número de Ciclistas lesionados	1 - 12 años	1. Costo de productividad por muerte 2. Costo de productividad por lesión	(Secretaría de Movilidad Medellín, 2023) (AMVA, 2022) (AMVA, 2017) (Gallo & Muñoz, 2019)	(Número de Ciclistas muertos*Costo por ciclista muerto) + (Número de Ciclistas lesionado*Costo por ciclista lesionado)	-\$ 29.236.811.257	Se supone una tasa de 0,5% de acuerdo con la información de siniestralidad del sistema.	-\$ 146.184.056
Reducción de tiempos de viaje	Número de viajes realizados por los usuarios provenientes de otros modos en Encicla	1 - 12 años	Valor de la hora del SMMLV por cada año	(AMVA, 2022) (Ministerio de Trabajo, 2023)	Número de viajes realizados por los usuarios provenientes de otros modos en Encicla * Ahorro en viaje en Encicla respecto al modo anterior en horas * Valor de la hora del SMMLV por cada año	\$ 5.455.957.028	N/A	\$ 5.455.957.028

VALOR TOTAL BENEFICIOS	\$ 2.606.095.812.660
VALOR TOTAL DE LA INVERSIÓN	\$ 137.223.882.677
SROI	18,99

Finalmente, se obtiene un indicador SROI de 18.99, lo que significa que por cada peso invertido se tiene un beneficio de \$18.99 pesos colombianos, es decir que los recursos destinados al Sistema de Bicicletas Públicas - EnCicla está aportando a los aspectos sociales, ambientales y económicos de los usuarios y de la ciudadanía en general en la ciudad de Medellín.

De igual manera, se refleja un aporte a las políticas para el cuidado de la calidad del aire que pretenden implementar los gobiernos locales del Área Metropolitana, siendo el aspecto evaluado que más beneficios genera. Además, el aporte de EnCicla a la sociedad puede reflejar mayores beneficios si se incluyen otros aspectos a evaluar dentro de la valoración SROI, como se mencionó anteriormente.

Este análisis permite a los tomadores de decisiones de los gobiernos locales y nacionales identificar y cuantificar los beneficios que tiene este tipo de proyectos (bicicletas, cicloinfraestructura, modos alternativos de transporte, entre otros) en los territorios, especialmente en los aspectos sociales y ambientales, donde se genera un impacto positivo a la economía de los hogares, se solventan parte de los problemas relacionados con la movilidad y además, se produce un efecto positivo sobre el medio ambiente al reducir la contaminación del aire. Con esta identificación de los beneficios se podrá justificar una mayor inversión pública en proyectos que propendan por una movilidad sostenible.

Adicionalmente, la información de estos análisis puede ser utilizada para comunicar ante la sociedad los impactos positivos de los proyectos de movilidad sostenible, creando conciencia y permitiendo una mejor acogida en su implementación.

CONSIDERACIONES ÉTICAS

- **Consentimiento informado:** Se requiere consentimiento informado de los encuestados, entrevistados y entidades públicas a las que se solicite información.
- **Confidencialidad y anonimato:** Los datos de los encuestados será protegidos con el anonimato para proteger su identidad.
- **Conflicto de intereses:** En el estudio se mencionará el conflicto de intereses en caso de existir.
- **Tratamiento ético de los datos:** Se actuará bajo lo estipulado en la Ley 1581 de 2012 de Protección de datos.
- **Manipulación y sesgo:** Se evitará la manipulación y sesgo en la recopilación y tratamiento de la información, y en los análisis posteriores.
- **Cumplimiento de regulaciones y directrices:** Se mantendrá el cumplimiento de la ética profesional en todo momento (EAFIT, 2023).

HALLAZGOS Y RESULTADOS

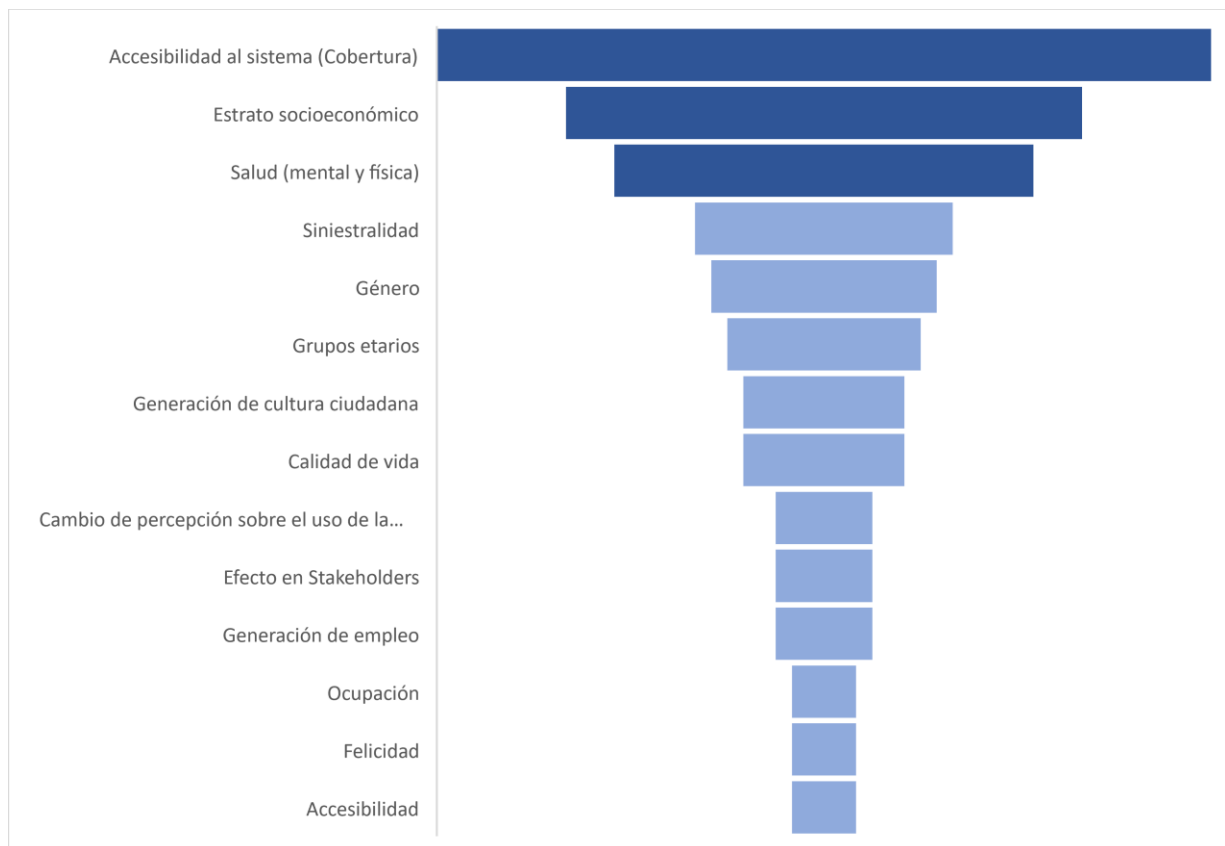
De acuerdo con los objetivos del trabajo de grado, se presentan los resultados más concluyentes del estudio:

Criterios sociales, ambientales y económicos en la evaluación de impacto de sistema EnCicla

De acuerdo con la metodología escogida se hace la priorización de cada uno de los criterios mencionados por lo expertos en cada una de las dimensiones.

Desde la dimensión social por parte de los expertos se enlistaron un total de 14 criterios, que fueron priorizados con el fin de poder definir los pesos para cada uno de los criterios, de los cuales se priorizaron los criterios de **Accesibilidad al sistema (Cobertura) y Estrato Socioeconómico**.

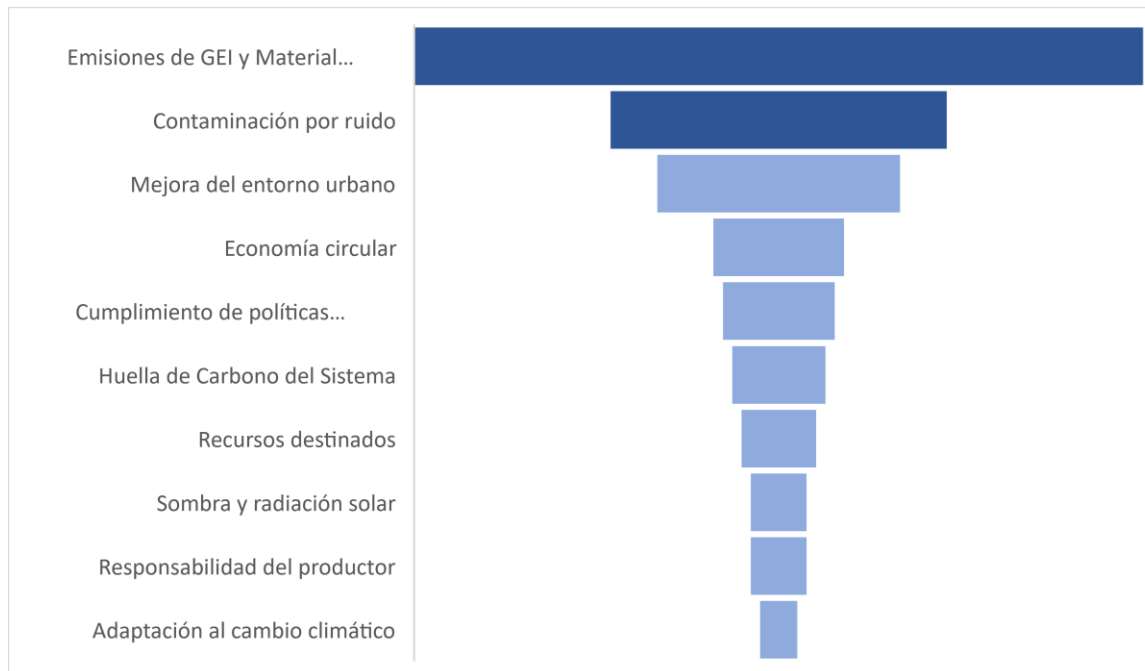
Figura 14. Criterios de evaluación de EnCicla desde la dimensión social



Fuente: Elaboración propia.

Desde la dimensión ambiental por parte de los expertos se enlistaron un total de 10 criterios, que fueron priorizados con el fin de poder definir los pesos para cada uno de los criterios, de los cuales se priorizaron los criterios de **Contaminación del Aire por Emisiones de Gases Efecto Invernadero y Material Particulado, y Contaminación por ruido**.

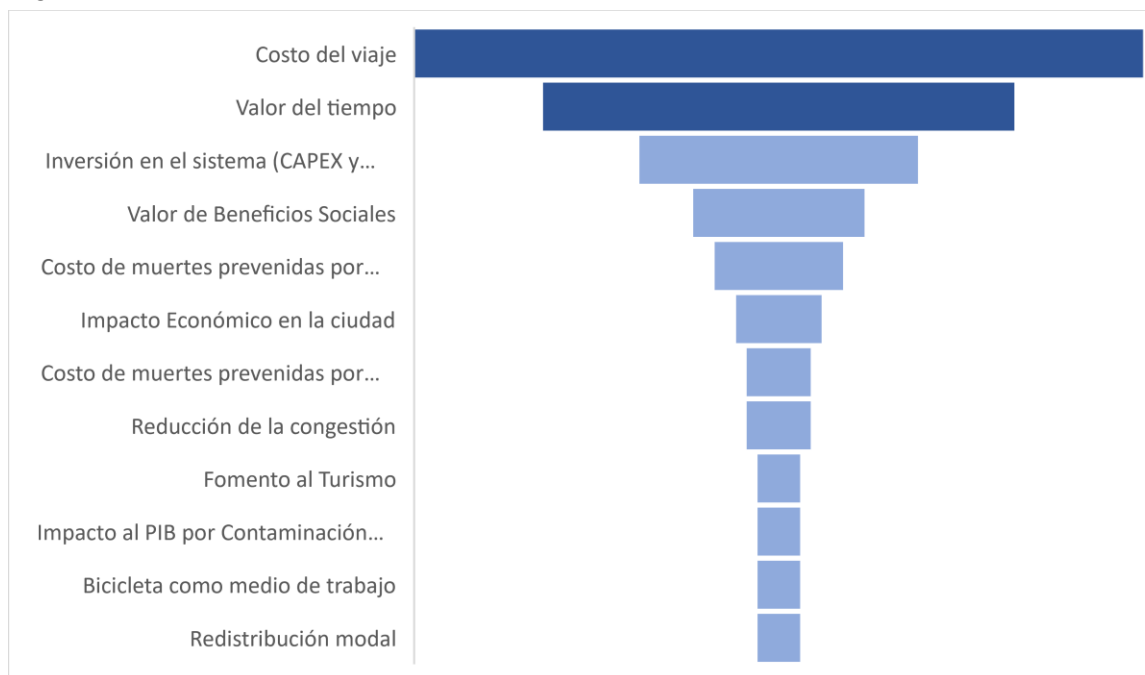
Figura 15. Criterios de evaluación de EnCicla desde la dimensión ambiental.



Fuente: Elaboración propia.

Desde la dimensión económica por parte de los expertos se enlistaron un total de 12 criterios, que fueron priorizados con el fin de poder definir los pesos para cada uno de los criterios, de los cuales se priorizaron los criterios de **Costo de viaje y Valor del tiempo**.

Figura 16. Criterios de evaluación de EnCicla desde la dimensión económica.



Fuente: Elaboración propia.

Evaluación de impacto del sistema EnCicla

De acuerdo con los criterios priorizados en cada dimensión según la metodología del proceso de análisis jerárquico, se seleccionaron los dos criterios con los pesos más altos en cada una de las dimensiones para realizar la evaluación del Sistema de Bicicletas Públicas - EnCicla en la ciudad de Medellín y su impacto desde la sostenibilidad, y se definieron los indicadores en la Tabla 19. Indicadores según criterio por dimensión., y se evaluaron cada uno de estos con los datos disponibles de EnCicla y se presentan de forma compilada en la siguiente tabla:

Tabla 44. Indicadores evaluados en el sistema EnCicla.

DIMENSIÓN	INDICADOR	VALOR
Social	Cobertura geográfica del sistema EnCicla	Área operación de EnCicla = 26,8 km ² Cobertura EnCicla sobre el área urbana = 24% Área adicional EnCicla al SITVA = 11,6km ² Cobertura adicional EnCicla al SITVA = 10,4% Área EnCicla + SITVA = 11,6km ² Cobertura EnCicla + SITVA = 45%
	Usuarios del sistema EnCicla por estrato socioeconómico	Usuarios Estratos bajos (1 y 2) = 20,5% Usuarios Estratos medios (3 y 4) = 61,5% Usuarios Estratos altos (5 y 6) = 18%
Ambiental	Emisiones netas evitadas de CO2 por operación de EnCicla	2.366 toneladas de CO2
	Emisiones netas evitadas de PM 2.5 por operación de EnCicla	58 kg de PM 2.5
	Emisiones de ruido evitadas en el sistema EnCicla	69.6 dB (Tranvía) a 89.8 dB (Bus) por viaje
Económico	Costos de viaje ahorrados por operación de EnCicla	\$ 2.6 billones de pesos
	Valor del tiempo productivo incrementado de los usuarios del sistema de EnCicla	\$ 5.455 millones de pesos

Fuente: Elaboración propia.

Valoración del impacto mediante el cálculo del Retorno Social de la Inversión (SROI) para el Sistema EnCicla

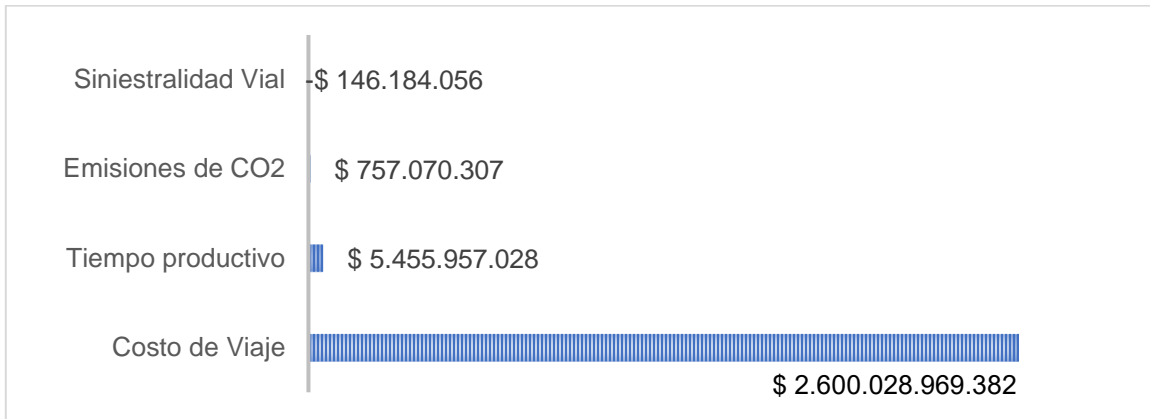
El Sistema de bicicletas públicas - EnCicla genera grandes beneficios a la sociedad en los aspectos social, ambiental y económica. Con el objetivo de implementar la

metodología SROI a la evaluación de los beneficios generados por EnCicla, se seleccionaron los siguientes aspectos a evaluar según cada dimensión, según la disponibilidad de información:

1. SOCIAL: Impacto en la siniestralidad vial.
2. AMBIENTAL: Impacto en emisiones de CO2.
3. ECONOMICO: Impacto en tiempos de viaje y costos de viaje.

A continuación, se presentan los valores calculados de los beneficios generados:

Figura 17. Valores de beneficios generados por la operación del sistema EnCicla entre 2011 y 2023.



Fuente: Elaboración propia.

VALOR TOTAL BENEFICIOS	\$ 2.606.095.812.660
VALOR TOTAL DE LA INVERSIÓN	\$ 137.223.882.677
SROI	18,99

El indicador SROI obtenido significa que por cada peso invertido se tiene un beneficio de \$18.99 pesos colombianos, es decir que los recursos destinados al Sistema de Bicicletas Públicas - EnCicla está aportando a los aspectos sociales, ambientales y económicos de los usuarios y de la ciudadanía en general en la ciudad de Medellín.

DISCUSIÓN

A nivel país, hay muy pocas investigaciones referentes a los impactos de los proyectos de transporte y movilidad, pero aún más, son más pocos los relativos a la movilidad activa y sistemas de bicicletas públicas. Por lo tanto, las bases para esta investigación desde los aspectos social, económico, ambiental y de salud fueron bastante escasas.

El estudio se realizó con el objetivo de evaluar el impacto del sistema de bicicletas públicas – EnCicla en la ciudad de Medellín, el cual, mediante un análisis que contempló variables como la escala del proyecto, las variables de análisis, los actores claves, los indicadores de medición, la evaluación de proyectos y la determinación de beneficios, permitieron dar un resultado aplicable a un proyecto urbano y de transporte, se definió que el método más apropiado era el “Análisis Multicriterio”.

Mediante información recibida por expertos, se priorizaron los criterios desde las dimensiones social, ambiental y económica. En resumen, el estudio permitió identificar treinta y seis (36) criterios relevantes en los aspectos social, ambiental y económico a través de las entrevistas realizadas a expertos, de los cuales se seleccionaron siete (7) para evaluar en el análisis multicriterio para el Sistema de Bicicletas Públicas - EnCicla.

De acuerdo con la experiencia de los expertos entrevistados, se puede realizar un estudio que permita parametrizar las mejoras en infraestructura y paisajismo del entorno. También, se sugiere para un estudio futuro realizar la evaluación del Sistema de Bicicletas Públicas enfocado en género.

En la formulación de indicadores en los criterios priorizados y en la evaluación de estos, es donde, la disponibilidad de la información genera dificultades en la obtención de resultados completos y confiables, debido a que la información secundaria proveniente de las entidades públicas no está en datos abiertos, se demora en la entrega, no se comparte o no existe.

Esta gran problemática, permite evidenciar la gran falencia que se tiene dentro de las entidades públicas en el país, y la falta de fortalecimiento al seguimiento de proyectos, que en este caso, de movilidad y medio ambiente, el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, se destaca a nivel regional y país, aun cuando no se tiene información completa del sistema de bicicletas públicas y se evidencia la falta de estudios y encuestas de percepción al usuario en los últimos años.

Se recomienda, para futuros análisis de EnCicla utilizar y mejorar la información recopilada por el sistema de información para determinar los tiempos de viaje, las distancias recorridas y los orígenes y destinos, con el objetivo de realizar un cálculo del valor del tiempo más aproximado a la realidad. Así mismo, para la determinación

del valor del tiempo se podría considerar los ingresos diferenciales de los usuarios de la bicicleta teniendo en cuenta el estrato socioeconómico.

En la dimensión social se priorizaron cobertura geográfica y usuarios del sistema por estrato socioeconómico; en la dimensión ambiental, emisiones de CO₂, PM_{2.5} y ruido evitadas por la operación del sistema; y en la dimensión económica, costo del viaje ahorrado y valor del tiempo productivo incrementado de los usuarios del sistema.

En cuanto a los indicadores, se evidencia que la cobertura geográfica del sistema EnCicla del SITVA fue calculado bajo las líneas de Metro, Tranvía y Metroplús, sin embargo, es de interés para hacer un análisis más profundo, poder incluir la cobertura de las rutas alimentadoras e integradas, así mismo, hacer el análisis de la cobertura de las rutas de transporte público colectivo.

Frente a la fuente de información sobre variables socioeconómicas de los usuarios, se quisiera que el sistema EnCicla pudiera continuar con las encuestas de percepción de usuarios anualmente o cada dos años, ya que son una importante fuente de información para estimar el impacto del sistema desde diferentes perspectivas. Para el estudio, se utilizó la última encuesta realizada a los usuarios en 2017.

En los aspectos ambientales, los cálculos estimados de toneladas de CO₂ y PM_{2.5} fueron calculados en los inventarios del Área metropolitana de Valle de Aburrá, lo cual es un punto para resaltar por ser fuente de información primaria en el territorio, lo cual permite evaluar con menor incertidumbre los impactos locales de acuerdo con la categoría vehicular. De igual forma, con las fuentes de ruido y los estudios realizados.

En los aspectos económicos, el ahorro en costo de viaje fue estimado con varios de diversas fuentes de información, lo cual genera mayor incertidumbre.

Se quisiera haber abordado todos los criterios mencionados por los expertos en las entrevistas y haber planteado indicadores que con información disponible se pudieran evaluar con el fin de hacer más completo el estudio y ser referente a nivel nacional y continental para aplicar como modelo a otros sistemas de bicicletas compartidos.

Se espera, que esta investigación pueda ser una aproximación al impacto que genera el sistema de bicicletas públicas – EnCicla en la ciudad de Medellín (área de estudio) y en el Valle de Aburrá, porque este proyecto brinda grandes beneficios como se logra describir en el estudio, ya que el análisis de estos indicadores se determina que los impactos positivos en las dimensiones social, ambiental y económica superan los costos económicos de operación e inversión del Sistema de Bicicletas Públicas EnCicla.

Por último, se recomienda la continuación de este estudio con más estudiantes de la universidad o por parte de las autoridades de transporte para ahondar en la aplicación y/o el uso de metodologías de impacto en proyectos de transporte y movilidad, que den herramientas a los territorios a seguir en la implementación de sistemas de transporte sostenibles.

CONCLUSIONES

El presente estudio permitió realizar una aproximación a la evaluación del impacto social, ambiental y económico, por medio de un análisis multicriterio de un Sistema de Bicicletas Compartidas tomando como caso de estudio del Sistema de Bicicletas Públicas – EnCicla en la ciudad de Medellín

La metodología escogida permitió observar desde diferentes perspectivas los aspectos de un Sistema de Bicicleta Pública a través de indicadores que pueden ser usados en el tiempo y comparados con el objetivo de identificar cambios y posibles mejoras para este tipo de sistemas. Así mismo, puede ser complementado con un análisis de Retorno Social de la Inversión (SROI) considerando los aspectos sociales, ambientales y económicos que permita a los tomadores de decisión tener herramientas para justificar la implementación de proyectos de movilidad sostenible en los territorios.

El estudio permitió identificar treinta y seis (36) criterios relevantes en los aspectos social, ambiental y económico a través de las entrevistas realizadas a expertos. Entre estos criterios se encuentran: accesibilidad al sistema, estrato socioeconómico, salud física y mental, siniestralidad, género, grupos etarios, generación de cultura ciudadana calidad de vida, generación de empleo, emisiones de GEI, contaminación por ruido, mejora del entorno urbano, sombra y radiación solar, adaptación al cambio climático, costo del viaje, valor del tiempo, inversión en el sistema (CAPEX y OPEX), reducción de la congestión, fomento al Turismo y redistribución modal.

Se seleccionaron siete (7) indicadores para evaluar un Sistema de Bicicletas Públicas, con los criterios identificados a partir del análisis multicriterio. En la dimensión social se priorizaron cobertura geográfica y usuarios del sistema por estrato socioeconómico; en la dimensión ambiental, emisiones de CO₂, PM_{2.5} y ruido evitadas por la operación del sistema; y en la dimensión económica, costo del viaje ahorrado y valor del tiempo productivo incrementado de los usuarios del sistema.

En cuanto a los indicadores, en los aspectos sociales se evidencia que la cobertura geográfica del sistema EnCicla en el área urbana es del 24%, que sumado al SITVA (Sistema Metro, Tranvía y Metroplús) asciende a un 45%. Además, el sistema atiende a toda la ciudadanía sin importar el estrato socioeconómico, siendo los ciudadanos de estratos 3 y 4 quienes más utilizan el sistema con un 61,5%, seguido de los estratos 1 y 2 con un 20,5% y los estratos 5 y 6 con un 18%. Así mismo, se pudo identificar que los usuarios del sistema provienen principalmente del transporte público con un 60%. Un 22% proviene de modos motorizados privados como el auto y la motocicleta.

En los aspectos ambientales, la operación de EnCicla evitó 2.366 toneladas de CO₂ y 58 kg de PM_{2.5} entre 2011 y 2022. De igual forma, los viajes realizados en el

sistema de bicicletas públicas aportan a la reducción de ruido toda vez que las personas dejan de moverse en otros modos que son mayores fuentes de ruido.

En los aspectos económicos, se estima que el ahorro en costo de viaje para los usuarios del sistema es de aproximadamente \$ 2.6 billones de pesos colombianos entre 2012 y 2023; mientras que el valor del tiempo productivo incrementado de los usuarios del sistema asciende a \$ 5.455 millones de pesos.

Finalmente, el estudio permite concluir que el sistema de bicicletas públicas EnCicla genera beneficios positivos a la sociedad. puede aplicarse en la medición de impactos de otros proyectos de movilidad sostenible, del análisis de los indicadores se determina que los impactos positivos en las dimensiones social, ambiental y económica superan los costos económicos de operación e inversión del Sistema de Bicicletas Públicas EnCicla. El análisis de Retorno Social de la Inversión que por cada peso invertido se tiene un beneficio de \$18.99 pesos colombianos.

CONTRIBUCIÓN A LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)

De acuerdo con lo expuesto por las Naciones Unidas (2015), esta investigación aporta a los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible - ODS:

Tabla 45. Contribución a los ODS.

ODS	META	DESCRIPCIÓN DE LA META	APORTE
ODS 3. Salud y bienestar	3.9	Para 2030, reducir sustancialmente el número de muertes y enfermedades producidas por productos químicos peligrosos y la contaminación del aire, el agua y el suelo.	La investigación demuestra que al invertir en sistemas de bicicletas públicos se aporta a la reducción de gases contaminantes y material particulado obteniéndose mejoras en la calidad del aire. Así mismo, por se aporta a la reducción del ruido.
ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles	11.2	De aquí a 2030, proporcionar acceso a sistemas de transporte seguros, asequibles, accesibles y sostenibles para todos y mejorar la seguridad vial, en particular mediante la ampliación del transporte público, prestando especial atención a las necesidades de las personas en situación de vulnerabilidad, las mujeres, los niños, las personas con discapacidad y las personas de edad.	La investigación muestra que al invertir en sistemas de bicicletas públicos se proporciona una forma sostenible de movilización a los ciudadanos. Además, mejora la conectividad del sistema de transporte público del territorio en el caso de EnCicla.
	11.6	De aquí a 2030, reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo.	La investigación demuestra que al invertir en sistemas de bicicletas públicos se aporta a la reducción de gases contaminantes y material particulado obteniéndose mejoras en la calidad del aire.
ODS 12. Producción y consumo responsables	12.8	De aquí a 2030, asegurar que las personas de todo el mundo tengan la información y los conocimientos pertinentes para el desarrollo sostenible y los estilos de vida en armonía con la naturaleza.	Implementar un sistema de bicicletas públicas como método para promover el uso de la bicicleta como modo de transporte se convierte en un ente transformador de ciudad a través de los cambios de percepción de la ciudadanía, lo que se

ODS	META	DESCRIPCIÓN DE LA META	APORTE
			evidencia con la puesta en marcha de EnCicla y la construcción de infraestructura para la bicicleta, que aportaron a pasar de un 0,5% a un 3% de personas que utilizan la bicicleta como principal modo de transporte.
ODS 13. Acción por el clima	13.2	Incorporar medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales.	Las recomendaciones para lineamientos de política pública dadas en esta investigación pretenden facilitar la generación de estrategias locales y nacionales para la implementación de sistemas de bicicletas públicas.

Fuente: Elaboración propia.

BIOGRAFÍAS

ALEJANDRO GONZÁLEZ VALENCIA (DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO)

Ingeniero ambiental, especialista en Derecho de Medio Ambiente, magister en Planeación Urbano Regional y docente de cátedra en pregrado y posgrado. Actualmente, es el director ejecutivo de la Oficina de ICLEI América del Sur en Colombia. Su experiencia laboral ha sido tanto en el sector público como privado como Subsecretario de Medio Ambiente de Medellín, Subdirector Ambiental del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Director General de Corantioquia, y consultor de diferentes instituciones públicas y privadas, locales, nacionales e internacionales como GIZ, GGGI y CEMPRE.

DIANA MARCELA DAZA OLIVELLA

Ingeniera civil, especialista en vías y transporte, su experiencia ha estado enfocada en temas de transporte público, seguridad vial y supervisión de proyectos. Ha trabajado en el sector público en la Agencia Nacional de Seguridad Vial, la Gobernación de Antioquia, la Secretaría de Movilidad de Medellín, el Departamento Administrativo de Planeación de Medellín y la Empresa de Desarrollo Urbano EDU. Además, ha tenido experiencia como docente de cátedra en pregrado.

CARLOS ANDRÉS RÍOS RODRÍGUEZ

Ingeniero Civil, especialista en vías y transporte, y en tránsito, diseño y seguridad vial. Tiene experiencia en proyectos de movilidad sostenible y transporte público en la ciudad. Trabajó en el equipo de Planeación del Plan de Movilidad Integral de la Universidad Nacional de Bogotá y de Planeación del Sistema de Transporte de Cúcuta. Participó durante 5 años en proyectos de la Alcaldía de Medellín sobre Movilidad en Peatonal y Bicicleta, coordinando los proyectos de ciclo infraestructura desde la Secretaría de Infraestructura y la Secretaría de Movilidad. Ocupó el cargo de Gerente de Movilidad Humana de la Secretaría de Movilidad. Ha trabajado los últimos 4 años en el Gobierno Nacional, en la Agencia Nacional de Seguridad Vial coordinado los temas de seguridad vial en movilidad activa. Actualmente, es el líder de Movilidad Activa del Grupo de Asuntos Ambientales y Desarrollo Sostenible del Ministerio de Transporte.

AGRADECIMIENTOS Y RECONOCIMIENTOS

A la Universidad EAFIT que con su planta docente y administrativa estuvo siempre para brindarnos nuevos conocimientos y apoyo en temas académicos y administrativos.

A nuestro director de tesis, Alejandro González, quien estuvo siempre presto para darnos su asesoría e impulsarnos cuando lo necesitábamos.

A nuestro panel de expertos: Juan Pablo Ospina, Lina López, Jorge Ballesteros, Miguel Melo, Viviana Tobón, Mariel Figueroa, Mauricio Faciolince, Jesús Acero, Martha Suarez, Santiago Cardona y Carolina Hernández, que por medio de sus aportes y experiencias contribuyeron al desarrollo de esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia Nacional de Seguridad Vial. (2023, Junio 29). *Plan Nacional de Seguridad Vial 2022-2031*. Obtenido de <https://ansv.gov.co/es/atencion-ciudadania/preguntas/que-es-el-plan-nacional-de-seguridad-vial-y-cual-es-su-vigencia>
- Alcaldía de Bogotá. (2021). *Política Pública de la Bicicleta 2021 - 2039*. Obtenido de <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=109148>
- Alcaldía de Bogotá. (2023, Septiembre 27). *Sistema de Bicicletas Compartidas cumple un año transformando la movilidad de Bogotá*. <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/movilidad/sistema-de-bicis-compartidas-cumple-un-ano-transformando-la-movilidad>
- Alcaldía de Medellín. (2023). *Datos generales de la ciudad*. Obtenido de <https://www.medellin.gov.co/es/conoce-algunos-datos-generales-de-la-ciudad/#:~:text=La%20ciudad%20de%20Medell%C3%ADn%20cuenta,Suelo%20Urbano%3A%20111%2C61>
- Amsterdam. (2017). *Policy Cycling*. <https://www.amsterdam.nl/en/policy/policy-traffic/policy-cycling/>
- AMVA. (2017). *Encuesta de percepción de usuarios de EnCicla - 2017*. AMVA.
- AMVA. (2019, Diciembre 17). *EnCicla cuenta su Historia en su Nuevo Libro*. <https://www.metropol.gov.co/Paginas/Noticias/encicla-cuenta-su-historia-en-su-nuevo-libro.aspx>
- AMVA. (2021). *EnCicla Cumple 10 años revolucionando la movilidad del Valle de Aburrá*. <https://www.metropol.gov.co/Paginas/Noticias/encicla-sistema-publico-de-bicicletas-que-revoluciona-la-movilidad-en-el-valle-de-aburra-hace-10-anos.aspx>
- AMVA. (2022, Mayo 12). *Área Metropolitana inicia mantenimiento y renovación de imagen de estaciones de EnCicla*. <https://www.metropol.gov.co/Paginas/Noticias/area-metropolitana-inicia-mantenimiento-y-renovacion-de-imagen-de-estaciones-encicla.aspx>
- AMVA. (2022). *Encuesta Origen Destino AMVA 2022*. Obtenido de <https://www.metropol.gov.co/movilidad>
- AMVA. (2023, Agosto 8). *EnCicla inicia de piloto de dispositivos para personas con movilidad reducida*. <https://www.metropol.gov.co/Paginas/Noticias/area-iniciara-piloto-de-dispositivos-para-personas-con-movilidad-reducida.aspx>

- AMVA. (2023, Noviembre 8). *En funcionamiento 85 bicicletas eléctricas gratuitas*. <https://www.metropol.gov.co/Paginas/Noticias/en-funcionamiento-85-bicicletas-electricas-gratuitas.aspx>
- AMVA. (2023, Noviembre 12). *Rendición de Cuentas del Área Metropolitana del Valle de Aburrá*. <https://www.metropol.gov.co/area/Paginas/rendicion-de-cuentas/presupuesto-historico.aspx>
- Apunto rent a car. (2019, Mayo 20). Comparativa de emisiones de CO2 por viaje en función del vehículo. <https://apuntorentacar.es/comparativa-emisiones-de-c02/>
- Área Metropolitana de Bucaramanga. (2022). *Plan Maestro de Movilidad*. <https://www.amb.gov.co/actualizacion-plan-maestro-de-movilidad/>
- Banco Mundial. (2017). *Fijación de los precios del carbono*. <https://www.bancomundial.org/es/results/2017/12/01/carbon-pricing#:~:text=Adem%C3%A1s%2C%20la%20mayor%20parte%20de,CO2%20previsto%20para%202030.>
- Beria, P., Maltese, I. & Mariotti, I. (2012). Multicriteria versus Cost Benefit Analysis: a comparative perspective in the assessment of sustainable mobility. *European Transport Research Review*, 4, 137–152. <https://doi.org/10.1007/s12544-012-0074-9>
- BID. (2015). *Ciclo-inclusión en América Latina y el Caribe: Guía para impulsar el uso de la bicicleta*. Obtenido de <https://publications.iadb.org/es/ciclo-inclusion-en-america-latina-y-el-caribe-guia-para-impulsar-el-uso-de-la-bicicleta>
- Caracol Radio. (2023, Junio 28). *¿Cuáles son los carros que más han bajado de precio en 2023?*. <https://caracol.com.co/2023/06/26/cuales-son-los-carros-que-mas-han-bajado-de-precio-en-2023/>
- Brigard Urrutia. (21 de 03 de 2021). *Colombia lanzó formalmente su DNC (2020-2030)*. Obtenido de <https://www.bu.com.co/es/insights/noticias/colombia-lanzo-formalmente-su-ndc-2020-2030-actualizada#:~:text=En%20cumplimiento%20de%20sus%20obligaciones,por%20sus%20siglas%20en%20ingl%C3%A9s>
- Cáceres Lara, M., & Cuevas Saavedra, C. (2020). *Políticas de promoción del uso de la bicicleta en Dinamarca, Holanda y Ciudad de México*. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile BCN.
- CFF. (2022). *De pilotos a Sistemas Modernos de Bicicleta Pública*. MobiliseYourCity. <https://www.mobiliseyourcity.net/sites/default/files/2022-02/De%20pilotos%20a%20sistemas%20modernos%20bicicletas%20compartidas%20en%20Colombia.pdf>

- Club Europeo de Automovilistas - CEA. (2020). *Los 18 objetivos mundiales para el año 2030: Declaración de Estocolmo*. Obtenido de <https://www.cea-online.es/blog/630-los-18-objetivos-mundiales-para-el-ano-2030-declaracion-de-estocolmo#:~:text=La%20Comisi%C3%B3n%20Europea%20acoge%20con,cero%20lesiones%20graves%20para%202050>.
- Copenhagense. (2019). *Copenhagense Index*. <https://copenhagenseindex.eu/cities/bogota>.
- Decathlon. (2023, Diciembre 12). *Decathlon*. https://www.decathlon.com.co/p/325125-28448_bicicleta-montana-mtb-st530-rockrider.html#/demodelsize-1045xl_185_200cm/demodelundefined-8585188
- Defencarga. (2023). *Conozca cuál es la huella de CO2 que genera al transportarse*. <https://www.defencarga.org.co/contenido-sis/conozca-cu%C3%A1-es-la-huella-de-co2-que-genera-al-transportarse>
- Díaz-Bravo, Laura, Torruco-García, Uri, Martínez-Hernández, Mildred, & Varela-Ruiz, Margarita. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico. *Investigación en educación médica*, 2(7), 162-167. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-50572013000300009&lng=es&tlng=es.
- DNP. (2020). *CONPES 3991. Política de Movilidad Urbana Regional*. DNP. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3991.pdf>
- EAFIT. (2023). *Estructura requerida para trabajos de grado de la Maestría en Sostenibilidad*. <https://interactivavirtual.eafit.edu.co/d2l/le/content/133816/viewContent/629973/View>
- El Colombiano. (2015, Febrero 25). *La bici, negocio que va en ascenso*. <https://www.elcolombiano.com/foro-mundial-de-la-bicicleta/la-bici-negocio-que-va-en-ascenso-NE1350618>
- Euroclima+. (2023, Febrero 12). *Ibagué inaugura un Sistema de Bicicletas Públicas*. <https://www.euroclima.org/contact-9/noticia-urbano/1935-ibague-sistema-bicicletas-publicas-inauguracion#:~:text=El%20sistema%20de%20bicicletas%20de,trav%C3%A9s%20de%20una%20aplicaci%C3%B3n%20digital>
- Federación Colombiana de Municipios. (2021). *Pasto ya cuenta con política pública de la bicicleta*. Obtenido de <https://www.fcm.org.co/pasto-ya-cuenta-con-politica-publica-de-la-bicicleta/>
- Findeter. (2022). *Planes de Movilidad*. <https://www.findeter.gov.co/revista-territorios-ed-4/movilidad.html>

- Gallo, I., & Muñoz, K. (2019). *Caracterización de la economía de la bicicleta en Bogotá*. Secretaría de Desarrollo Económico de Bogotá. https://observatorio.desarrolloeconomico.gov.co/sites/default/files/files_articles/caracterizacion_de_la_economia_de_la_bicicleta_en_bogota.pdf
- Gobernación de Antioquia. (2023, Octubre 03). *Política Pública de la Bicicleta de Antioquia*. Obtenido de <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://antioquia.gov.co/imagenes/ordenanzas/2023/ordenanza-21-politica-publica-de-la-bicicleta-04-10-2023-110203.pdf>
- Grupo CIVIS. (2012). *Guía para el Retorno Social de la Inversión (SROI)*. <https://www.fundacionpilares.org/publicacion/guia-para-el-retorno-social-de-la-inversion-sroi/>
- La República. (2022, Octubre 13). *Mantener una moto le puede costar más de \$4 millones al año, sin los costos iniciales*. <https://www.larepublica.co/finanzas/mantener-una-motocicleta-le-puede-costar-mas-de-4-millones-al-ano-segun-sondeo-3468322#:~:text=Para%20Bogot%C3%A1%2C%20la%20Alcald%C3%ADa%20decret%C3%B3,es%20de%20%2480.000%20mensual%2C%20aproximadamente.>
- La República. (2023, Mayo 5). *Mientras la venta de motos nuevas cae 23,1%, el valor de una usada retrocede 6,20%*. <https://www.larepublica.co/empresas/mientras-la-venta-de-motos-nuevas-cae-23-1-el-valor-de-una-usada-retrocede-6-20-3608364>
- Metro de Medellín. (2019). *Informe de Sostenibilidad*. Obtenido de <https://www.metrodemedellin.gov.co/memoria-informe-sostenibilidad/servicio-de-transporte-publico-de-pasajeros>
- Ministerio de Trabajo. (2023). *Salario mínimo para 2023 y auxilio de transporte*. <https://www.mintrabajo.gov.co/prensa/comunicados/2022/diciembre/-1.160.000-ser%C3%A1-el-salario-minimo-para-2023-y-auxilio-de-transporte-por-140.606>
- Ministerio de Transporte. (2022). *Estrategia Nacional de Movilidad Activa con enfoque de género y diferencial*. GIZ. <https://www.giz.de/en/downloads/GIZ-2022-es-ENMA-Digital.pdf>
- Moon-Miklaucic et al. (2019). *The Evolution of Bike Sharing: 10 Questions on the Emergence of New Technologies, Opportunities, and Risks*. WRI. <https://www.wri.org/research/evolution-bike-sharing>
- ONU. (2012, junio 13). *Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <https://www.un.org/es/conferences/environment/rio2012>

- ONU. (2015, Septiembre 15). *La Asamblea General adopta la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>
- ONU Habitat. (2016). *La Nueva Agenda Urbana en español*. Obtenido de <https://onuhabitat.org.mx/index.php/la-nueva-agenda-urbana-en-espanol>
- ONU. (2023). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Naciones Unidas. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>
- Pérez-Morales A.; Gil-Guirado, S., Maqueda-Belmonte, F. (2022). Movilidad sostenible: interdisciplinariedad, articulación conceptual y frentes de investigación. *Universidad de Murcia. Repositorio Universidad de Murcia*. <https://dag.revista.uab.cat/article/view/v68-n2-perez-gil-maqueda>
- Secretaría de Movilidad de Medellín. (2023, Diciembre 6). *Componente de Seguridad Vial*. Alcaldía de Medellín. <https://www.medellin.gov.co/es/secretaria-de-movilidad/observatorio-de-movilidad/componente-de-seguridad-vial/>
- Secretaría Distrital de Movilidad de Bogotá. (2019). *Encuestas de Movilidad Bogotá*. SIMUR: <https://www.simur.gov.co/encuestas-de-movilidad>
- Secretaría Distrital de Movilidad de Bogotá. (2023, Septiembre 1). *Más cicloinfraestructura y señalización segura para el cuidado de las y los ciclistas de Bogotá*. Movilidad Bogotá. https://www.movilidadbogota.gov.co/web/noticia/mas_cicloinfraestructura_y_senalizacion_segura_para_el_cuidado_de_las_y_los_ciclistas_de
- Semana. (2023, Abril 25). *¿Cuánto le cuesta cada mes tener un carro en Colombia?* <https://www.semana.com/finanzas/consumo-inteligente/articulo/cuanto-le-cuesta-cada-mes-tener-un-carro-en-colombia/202354/>
- Senado. (2022, Junio 30). *Ley 2222 de 2022*. Obtenido de http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_2222_2022.html#:~:text=Leyes%20desde%201992%20%2D%20Vigencia%20expresa%20y%20control%20de%20constitucionalidad%20%5BLEY%202222%202022%5D&text=Por%20medio%20de%20la%20cual,bici%20E2%80%9D%20segura%20y%20sin%2
- Universidad Nacional de Colombia. (2022). *Bicirrun, un programa pensado para la comodidad y el bienestar de la comunidad UNAL*. Bienestar Universitario. http://bienestar.bogota.unal.edu.co/enplural_con_acento.php?id_art=251&id_sec=1