



Diseño de una estrategia para la movilidad urbana sostenible en la ciudad de Bucaramanga, basado en caso de éxito: ciudad de Copenhague.

Jesús Alberto Sierra Cancino

**Corporación Universitaria Minuto De Dios
Rectoría Regional Santander
Centro Regional Bucaramanga / Bucaramanga (Santander)
Especialización en Gerencia de Proyectos
28 de octubre de 2022**

Diseño de una estrategia para la movilidad urbana sostenible en la ciudad de Bucaramanga, basado en caso de éxito: ciudad de Copenhague.

Jesús Alberto Sierra Cancino

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Especialista en Gerencia de Proyectos

Asesor(a)

**Diego Alberto Meza González
Juan Sebastián Dugarte Mendoza**

**Corporación Universitaria Minuto De Dios
Rectoría Regional Santanderes
Centro Regional Bucaramanga Bucaramanga (Santander)
Especialización en Gerencia de Proyectos
28 de octubre de 2022**

Dedicatoria

Dedico este proyecto:

Principalmente a Dios, por ser el forjador de mi camino, quien me da las fuerzas a diario para el cumplimiento de mis metas y me brinda su apoyo cuando siento decaer.

A mis padres, Jesus y Yohanna, especialmente a mi madre, quien me ha enseñado que la grandeza se forja con persistencia, dedicación y humildad.

A mi cachorro Dante, que en su corta vida estuvo a mi lado, alegrándome con su presencia y sus travesuras.

A mi familia, pareja, amigos, compañeros de academia y docentes, quienes, desde su ser, han impartido conocimiento en mi mente y motivación en mi alma, para mi constante crecimiento personal y espiritual.

Agradecimientos

Gratitud total a la vida, que, a pesar de las adversidades, me ha permitido culminar de manera exitosa mi especialización y mi investigación, complementando mi carrera profesional y mis metas personales.

A la academia y a la ciencia, que me brindan las herramientas y el conocimiento para enfrentarme a la vida, generando en mi la capacidad de resolver los retos de la cotidianidad desde un punto de vista crítico, científico y objetivo y con los fundamentos necesarios para el alcance de sus metas.

A mi director de tesis, el docente Diego Alberto Meza Gonzales, quien, desde su interés por el desarrollo del programa de movilidad sostenible y sus conocimientos, me ha guiado a lo largo de la investigación, de manera exitosa, con dedicación y paciencia, hacia el cumplimiento de los objetivos de la misma.

Al docente Cesar Augusto Silva Giraldo, quien hizo parte del desarrollo de la metodología y parte inicial de este proyecto, desde sus conocimientos, impartiendo en mí los instrumentos necesarios para la correcta ejecución del plan del proyecto y su posterior desarrollo.

Finalmente, a todos y cada uno de mis docentes, y miembros de la Corporación Universitaria UNIMINUTO, por dedicar el tiempo necesario para llevar a cabo el desarrollo del proyecto, siendo partícipes de este, de manera activa, para que se logaran los resultados pertinentes al nivel profesional de la investigación.

Tabla de Contenido

Resumen	12
1. Introducción	13
2. Justificación.....	14
3. Descripción del problema.....	15
3.1. Planteamiento del Problema.....	15
3.2. Formulación del Problema	18
4. Objetivos	18
4.1. Objetivo General.....	18
4.2. Objetivos Específicos.....	18
5. Marco de Referencia.....	18
5.1. Estado del Arte.....	19
5.1.1. <i>Antecedentes Internacionales.</i>	19
5.1.2. <i>Antecedentes Nacionales</i>	21
5.1.3. <i>Antecedentes Regionales</i>	22
5.1.4. <i>Antecedentes Locales</i>	23
5.2. Marco Teórico.....	24
5.3 Marco Conceptual	27
5.3 Marco Legal.....	30
6. Metodología.....	31
6.1. Tipo de Investigación.....	31
6.2. Enfoque de la Investigación.....	32
6.3. Diseño de la Investigación.....	32
6.3.1. <i>Procedimiento o fases de la Investigación.</i>	33
6.3.1.1. Fase I: Diagnóstico inicial.....	33
6.3.1.2. Fase II: Formulación de Estrategias.....	34
6.3.1.3. Fase III: Generación de Documento.....	34
6.4. Propósito de la Investigación.....	34
6.5. Población y Muestra.....	35
6.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de la Información.....	36
6.7. Técnicas de Análisis de la Información.....	37
7. Presupuesto	37
8. Cronograma	38

9.	Desarrollo de los Objetivos	41
9.1.	Diagnóstico Inicial de la ciudad de Bucaramanga en temas de movilidad.	41
9.1.1	<i>Infraestructura Vial</i>	42
9.1.2	<i>Espacio Público.</i>	42
9.1.3	<i>Problemas Estructurales.</i>	43
9.1.4	<i>Parque Automotor.</i>	43
9.1.5	<i>Calidad Ambiental.</i>	44
9.1.6	<i>Modos de transporte.</i>	45
9.1.7	<i>Distancia media de recorridos.</i>	46
9.1.8	<i>Emisiones de CO2.</i>	47
9.1.9	<i>Satisfacción y percepciones de movilidad.</i>	51
9.1.10	<i>Matriz DOFA.</i>	54
9.2.	Identificación de las estrategias de movilidad urbana sostenible en Copenhague replicables en Bucaramanga.	55
9.2.1	<i>Determinación de criterios para la selección de estrategias.</i>	56
9.2.1.1	<i>Movilidad urbana sostenible.</i>	56
9.2.1.2	<i>Participación, ciudad y movilidad.</i>	57
9.2.1.3	<i>Conciencia ambiental.</i>	58
9.2.1.4	<i>Planificación territorial y urbana.</i>	59
9.2.2	<i>Selección de estrategias.</i>	59
9.2.2.1	<i>Estándares de estacionamiento.</i>	60
9.2.2.2	<i>Medios Verdes de Transporte.</i>	60
9.2.2.3	<i>La mejor ciudad del mundo para las bicicletas. La RED PLUS y sus atajos.</i>	61
9.2.2.4	<i>Auto Compartido.</i>	61
9.2.2.5	<i>Calles Principales.</i>	61
9.2.2.6	<i>Zonas Ambientales.</i>	62
9.2.2.7	<i>Peatonalización de Calles.</i>	62
9.2.3	<i>Integración de estrategias al plan maestro de movilidad de Bucaramanga.</i> ..	67
9.3.	Programa de estrategias para la movilidad sostenible en Bucaramanga. .	69
9.3.1	<i>Programa de estrategias sostenibles: Hacia una movilidad verde y sostenible.</i>	69
9.3.1.1	<i>Objetivo General</i>	70
9.3.1.2	<i>Objetivos Específicos</i>	70

9.3.1.3 Descripción del programa.....	70
9.3.1.4 De la bicicleta a la ciudad cosmopolita.	71
9.3.1.5 Zonas ambientales y la importancia del peatón.	84
9.3.1.6 Estacionamientos Urbanos.....	91
9.3.1.7 vehículos compartidos y conciencia ecológica.	98
9.3.1.8 Valor de las calles principales.	104
Conclusiones.	109
Recomendaciones y consideraciones finales.....	110
Referencias Bibliográficas	112

Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Presupuesto total para el desarrollo de la investigación.....</i>	38
Tabla 2. <i>Cronograma de actividades para el primer semestre 2022.....</i>	39
Tabla 3. <i>Cronograma de actividades para el segundo semestre 2022.....</i>	40
Tabla 4. <i>Porcentaje de emisiones de CO₂ para las 17 comunas de Bucaramanga.....</i>	48
Tabla 5. <i>Matriz DOFA movilidad en Bucaramanga.....</i>	54
Tabla 6. <i>Selección de estrategias de movilidad según criterios.....</i>	63

Lista de Figuras

Figura 1. <i>Modos de transporte empleados en Bucaramanga</i>	46
Figura 2. <i>Distancia media de recorridos hacia zona de desarrollo socioeconómico</i>	47
Figura 3. <i>Mapa de porcentaje de emisiones de CO₂ por comunas de Bucaramanga</i>	49
Figura 4. <i>Porcentajes de emisiones de CO₂ según modo de transporte</i>	51
Figura 5. <i>Mapa de conformidad con modos de transporte de Bucaramanga</i>	52
Figura 6. <i>Principales razones para la utilización del transporte privado</i>	53
Figura 7. <i>Red de ciclorrutas actuales en Bucaramanga</i>	72
Figura 8. <i>Perfil de anchos de vía para ciclorruta</i>	73
Figura 9. <i>Anchos variables de carril Avenida Quebrada Seca</i>	74
Figura 10. <i>Anchos variables de carril Comuna 5</i>	75
Figura 11. <i>Anchos variables de carril Carrera 27 hacia comunas 9, 10 y 11</i>	76
Figura 12. <i>Anchos variables de carril desde calle 9 con carrera 15</i>	77
Figura 13. <i>Propuesta de red de ciclorrutas para la ciudad de Bucaramanga</i>	78
Figura 14. <i>Propuesta ciclorrutas, línea 1, para la ciudad de Bucaramanga</i>	79
Figura 15. <i>Propuesta ciclorrutas, línea 2, para la ciudad de Bucaramanga</i>	79
Figura 16. <i>Elemento de protección en concreto tipo muro Jersey</i>	80
Figura 17. <i>Implementación de elementos de protección en concreto tipo muro Jersey</i>	81
Figura 18. <i>Emisiones de CO₂ esperadas tras implementación de estrategia de movilidad de ciclorrutas</i>	83
Figura 19. <i>Tráfico lento carreras 34 y 35 y las calles 46 y 50</i>	85
Figura 20. <i>Tráfico lento calle 41 entre las carreras 9 y 23</i>	86
Figura 21. <i>Tráfico lento carrera 19 entre calles 33 y 35</i>	86
Figura 22. <i>Prototipo de peatonalización vías para zonas ambientales</i>	87
Figura 23. <i>Propuesta de peatonalización de vías N°1</i>	88
Figura 24. <i>Propuesta de peatonalización de vías N°2</i>	88
Figura 25. <i>Emisiones de CO₂ esperadas tras implementación de estrategia de movilidad</i>	90
Figura 26. <i>Componentes de un estacionamiento</i>	93
Figura 27. <i>Dimensiones para plazas de estacionamiento</i>	94

Figura 28. <i>Anchos de entrada, salida y circulación de vehículos para estacionamiento...</i>	94
Figura 29. <i>Ejemplo de aplicaciones para estacionamiento.....</i>	95
Figura 30. <i>Mapa de emisiones de CO₂ tras implementación acumulativa de estrategias.....</i>	97
Figura 31. <i>Prototipo de vehículo eléctrico y estación de “Car Sharing”.....</i>	99
Figura 32. <i>Dimensiones de Renault Twizy.....</i>	100
Figura 33. <i>Prototipo estacionamiento para vehículos eléctricos.....</i>	101
Figura 34. <i>Nuevo mapa de emisiones de CO₂ tras implementación acumulativa de estrategias.....</i>	103
Figura 35. <i>Coexistencia de modos de transporte sostenibles.....</i>	105
Figura 36. <i>Diseño genérico vías principales.....</i>	106
Figura 37. <i>Nuevo mapa de emisiones de CO₂ tras implementación acumulativa de estrategias.....</i>	108

Lista de Apéndices

Apéndice 1. <i>Encuesta de movilidad sostenible para estimación los modos de movilidad y las emisiones de CO₂ asociados a estos, en la ciudad de Bucaramanga.....</i>	120
---	-----

Resumen

Las ciudades de hoy presentan un desafío entre la forma en que las personas se desplazan de un lugar a otro y la crisis medioambiental, debido a las altas emisiones de CO_2 asociadas al parque automotor. Este documento presenta una perspectiva global de la situación actual de la ciudad de Bucaramanga, en temas de contaminación del aire, producto de la deficiente administración de la movilidad y propone programa de alternativas para la movilidad sostenible, basada en las estrategias que han resultado exitosas en la ciudad de Copenhague, en donde los modos de transporte no motorizados, como la bicicleta y la caminata, toman protagonismo, demostrando una reducción significativa de dichas emisiones, en caso de que se implementen las alternativas en conjunto.

Palabras claves: Movilidad, Sostenibilidad, Urbanismo, Desarrollo, Medio Ambiente, Contaminación, Calidad del aire.

Abstract

Today's cities present a challenge between the way people move from one place to another and the environmental crisis, due to the high emissions to CO_2 associated with the vehicle fleet. This document presents a global perspective of the current situation of the city of Bucaramanga, in air pollution issues, product of poor mobility management and proposes program of alternatives for sustainable mobility, based on strategies that have been successful in the city of Copenhagen, where non-motorized modes of transport, such as cycling and walking, take center stage, demonstrating a significant reduction of such emissions, in case the alternatives are implemented together.

Keywords: Mobility, Sustainability, Urbanism, Development, Environment, Pollution, Air Quality .

1. Introducción

Tomando como referencia los tres pilares de la sostenibilidad, los cuales consisten en factores económicos, sociales y ambientales, se pretende generar un programa que pueda interactuar con los tres componentes, reduciendo costos operacionales de la movilidad, desde la participación ciudadana hasta la intervención del estado con el fin último de reducir la huella de carbono producto del parque automotor.

La presente investigación, se refiere al diseño de una estrategia para la movilidad sostenible en la ciudad de Bucaramanga, basado en el caso de éxito de la ciudad de Copenhague, que busca definir alternativas que sirvan como agentes mitigantes a la problemática asociada a la movilidad de una ciudad en desarrollo constante y que, a su vez, permitan reducir el impacto ambiental que este genera en su ejecución. Dicho esto, la movilidad sostenible, tal y como lo expresa Herrero, (2011) requiere modificaciones en el comportamiento humano a fin de garantizar una mejor calidad de vida, ya que, no se requiere un simple cambio de fuente de energía, sino que también conlleva la utilización de otros medios de transporte como los no motorizados.

Para analizar la problemática de la movilidad es necesario comprender sus causas y una de ellas tiene relación con el crecimiento acelerado de la ciudad, ya que, en palabras de la Dirección de Tránsito de Bucaramanga, (2017), la distribución de la ciudad es cada vez más dispersa y se omite el correcto uso del suelo, lo cual ha generado un desorden en el territorio. Esto, sumado al crecimiento del parque automotor, la deficiente administración en temas viales y su infraestructura física, han llevado a que la ciudad se encuentre actualmente insostenible en temas de movilidad.

El interés entonces, de esta investigación, consiste en la mitigación de la problemática latente de la movilidad dentro de la ciudad y dar así un aporte a los objetivos de desarrollo sostenible planteados por las Naciones Unidas, donde se busca la reducción de emisiones mundiales de CO_2 hasta un 45 % a fin de limitar el calentamiento a 1.5 °C, para el año 2030.

La ejecución de ésta plantea el desarrollo de encuestas que permitan la recolección de información referente a los modos de transporte, tiempos y recorridos para posteriormente generar los mapas de distribución espacial que permita definir las

estrategias de movilidad basados en la infraestructura existente y, por último, calcular la huella de carbono antes y después de la posible ejecución de dichas estrategias. Es así como, mediante el desarrollo de esa metodología se espera conseguir en primera medida el diagnóstico de Bucaramanga en temas de movilidad, para lograr identificar las estrategias que han resultado exitosas en la ciudad de Copenhague que puedan replicarse según las características físicas y sociales y demográficas de la ciudad y, finalmente establecer un programa de estrategias que contribuyan a la movilidad sostenible.

Al finalizar la investigación, se espera contar con datos suficientes para discutir acerca de la importancia de implementar estrategias sostenibles en temas de movilidad que pretendan mitigar la problemática en temas económicos, sociales y ambientales, teniendo como indicador de referencia la huella de carbono y el cambio positivo que se podría generar si las estrategias que aquí se planteen, logran verse realizadas en un futuro cercano.

2. Justificación.

En las últimas décadas, el calentamiento global ha dejado de ser un tema exclusivo de científicos y ha pasado a ser motivo de preocupación de gobiernos, organizaciones y población en general, debido a que, “(...) es cada vez más evidente el daño que causa, producto de los altos niveles de contaminación y temperatura global nunca antes vistos” (National Oceanic and Atmospheric Administration 2011). Según explica Intergovernmental Panel on Climate Change, (2014) el incremento constante de emisiones antropogénicas de gas efecto invernadero, ha alcanzado los picos más altos a nivel mundial, y se ha impulsado desde la era preindustrial, gracias al desarrollo económico y demográfico. Esto ha generado una acumulación de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso en la atmósfera, siendo este hecho más notable desde el inicio del nuevo milenio hasta la época actual.

Ahora bien, considerando que la ciudad de Bucaramanga se encuentra en proceso de desarrollo constante, el tema de movilidad asociado al parque automotor resulta ser uno de los factores que más aporta emisiones de CO_2 al ambiente y la atmósfera, llevando a la ciudad a un estado crítico con altos niveles de insostenibilidad ambiental, social y urbana.

Adicionalmente, el sistema de movilidad en la ciudad de Bucaramanga y la falta de estrategias asertivas que promuevan la movilidad sostenible afecta la calidad de vida de los

ciudadanos debido a la congestión vehicular, traduciendo esto en pérdida de tiempo entre trayectos, perecuaciones psicológicas, afectaciones a la salud y fragmentación del territorio (Ecologistas en acción, 2007).

Bajo esta premisa, y dadas las problemáticas asociadas, producto de una deficiente administración social, ambiental y del transporte, en función de generar una reducción de emisiones de gas efecto invernadero y tomando como base las estrategias de movilidad que han resultado exitosas en ciudades como Copenhague, se plantea una posible solución que pretenda dar respuesta parcial o total a la siguiente pregunta: ¿Cuáles de las estrategias de movilidad que han resultado exitosas en la ciudad de Copenhague, pueden ser replicadas en la ciudad de Bucaramanga, dadas sus condiciones climáticas, estructurales, urbanas y crecimiento demográfico, que puedan contribuir a la reducción de las emisiones de CO_2 , y, a su vez, mitigar el tan inevitable calentamiento global?

Es por esto que se hace imprescindible el diseño de un plan de acción que contemple estrategias de movilidad urbana sostenible, en el cual se fomente el uso de medios de transporte alternativos, con lo que se espera actuar en los sectores críticos de movilidad en la ciudad de Bucaramanga, mejorando la calidad de vida de sus ciudadanos mediante la implementación de buenas prácticas sostenible, disminuyendo la congestión vehicular y a su vez siendo capaz de reducir la huella de carbono generada por los vehículos motorizados, las emisiones de CO_2 en la atmósfera y mitigar el avance del calentamiento global.

3. Descripción del problema.

3.1. Planteamiento del Problema

La movilidad es un aspecto primordial en el crecimiento de las sociedades, cuya relación con el desarrollo regional es cada vez más estrecho, debido a la interacción entre procesos económicos y espaciales. La demanda del transporte se deriva entonces de la necesidad de acceder a lugares donde se desarrollan las distintas actividades socio-económicas, y es por tal motivo que, a diario, gran parte de la población hace uso de sistemas de transportes motorizados, lo cual ha venido presentando un aumento drástico en el parque automotor y la disminución de la calidad del aire, tal y como lo demuestran las

cifras presentadas por la Secretaría Distrital de Ambiente, en su reporte anual para el año 2012.

Cuando el desempeño del transporte de una ciudad es deficiente, se genera una serie de limitantes para su crecimiento social y económico, creando una problemática que afecta directa e indirectamente a todos los actores que intervienen con el urbanismo y su movilidad dentro de éste. En consecuencia, el desempeño de los sistemas de transporte urbanos ha creado una dependencia transversal entre las actividades económicas, la calidad de vida que ofrece una ciudad y, en general, su productividad (Revista Digital de Apuntes de Investigación, 2014). De esta manera, los efectos negativos observados en el ecosistema constatan su incidencia en el aumento del parque automotor, lo cual ha desencadenado en escenarios desastrosos para el medio ambiente y el hombre mismo.

Un pésimo desempeño del parque automotor ha afectado negativamente el medio ambiente ya que, según la Organización de las Naciones Unidas, (2019) “el 2019 fue el segundo año más caluroso de todos los tiempos y marco el final de la década más calurosa que se haya registrado jamás”, con lo cual, los niveles de emisiones de CO_2 alcanzaron valores récord para este año. Es por esto, que, a través de los objetivos de desarrollo sostenible, planteados por la ONU, específicamente en el ítem 13, se estipula la reducción de emisiones mundiales de CO_2 hasta un 45 % a fin de limitar el calentamiento a 1.5 °C, para el año 2030.

Teniendo en cuenta que, el municipio de Bucaramanga ha acelerado el crecimiento de la zona urbana, la cual “(...) es cada vez más dispersa, omitiendo el correcto uso del suelo, generando así un desorden territorial, que se suma a la problemática de movilidad del transporte automotor” (Dirección de Tránsito de Bucaramanga, 2017) y que según los datos presentados por la Dirección de Tránsito de Bucaramanga, (2017) el parque automotor de la ciudad, superaba a la fecha los 632.000 vehículos, excluyendo, los registrados en otras ciudades, de paso transitorio o permanente, lo cual, sumado a la deficiente administración en temas viales, llevan a la ciudad a un alto nivel de insostenibilidad social, económica y por sobre todo ambiental, es importante destacar otros factores que afectan la movilidad de la ciudad, como lo es su infraestructura física y el crecimiento demográfico.

Bucaramanga, no se encuentra en la capacidad de responder a la alta demanda de vehículos que circulan por sus vías, y los avances registrados en este tema, demuestran que no se han logrado un progreso significativo, más allá de los intercambiadores, ampliación de algunos puentes de circulación vehicular, y el mantenimiento que se les da a algunas vías de la ciudad. En contraste con la poca oferta de infraestructura vial y urbana y el crecimiento demográfico, se genera un desequilibrio en el sistema, que produce externalidades negativas, como el aumento en la producción de gases de efecto invernadero, generación de ruido y un uso ineficiente de espacios y recursos naturales, los cuales se encuentran directamente relacionados con el impacto ambiental del calentamiento global. Este crecimiento demográfico, determina entonces la capacidad espacial de ocupación por persona.

De acuerdo con el Banco de Desarrollo para América latina, un automóvil requiere para transitar un área de $32 m^2$ y cuenta con una capacidad máxima de ocupación de 5 personas, haciendo que, la cantidad de espacio ocupado por persona sea aproximadamente de $6 m^2$ /persona. De la misma forma, una motocicleta requiere de $12 m^2$ con lo cual, su espacio per cápita es el mismo requerido por el automóvil. Finalmente, un autobús requiere cerca de 20 pasajeros para ocupar la mitad del espacio per cápita que ocupan los automóviles y motocicletas. Es a partir de estas situaciones que afectan la movilidad en la ciudad, que se hace imperativo pensar en la posibilidad de sustituir y mejorar las estrategias de movilidad urbana, así como los medios de transporte convencionales, por otros más eficientes y de menor impacto en la movilidad y el ambiente, incentivando al uso de la bicicleta, movilidad peatonal e incluso, brindar incentivos para uso de carros compartidos.

En este marco, Bucaramanga tiene una responsabilidad compartida con el cuidado del medio ambiente, promoviendo alternativas de movilidad sostenible con el objetivo de minimizar los impactos ambientales que se puedan generar por el desarrollo de esta actividad y así mismo, aportar una mejor calidad de vida en la ciudad, y para lograr esto, una herramienta importante es la definición de estrategias para la movilidad urbana sostenible, basado en estrategias que han resultado exitosas en la ciudad de Copenhague y que puedan ser replicadas en Bucaramanga, dadas las condiciones pre existentes de la misma, que se propone como resultado de este proyecto.

3.2. Formulación del Problema

Dadas las problemáticas ambientales, sociales y de transporte, asociadas al parque automotor, ¿Cuáles de las estrategias de movilidad que han resultado exitosas en la ciudad de Copenhague, pueden ser replicadas en la ciudad de Bucaramanga, dadas sus condiciones climáticas, estructurales, urbanas y crecimiento demográfico, que puedan contribuir a la reducción de las emisiones de CO_2 , y, a su vez, mitigar el tan inevitable calentamiento global?

4. Objetivos

4.1. Objetivo General

Diseñar una estrategia para la movilidad urbana sostenible en la ciudad de Bucaramanga, basado en modelo de movilidad urbana, caso de éxito Copenhague, que reduzca las emisiones de CO_2 generadas por el parque automotor.

4.2. Objetivos Específicos

- Ejecutar un diagnóstico de la ciudad de Bucaramanga referente a plan maestro de movilidad y su impacto actual en la producción de CO_2 .
- Identificar las estrategias de movilidad urbana sostenible del plan maestro de la ciudad de Copenhague, que puedan ser replicables dentro de la ciudad de Bucaramanga.
- Establecer un programa que contemple las estrategias para el desarrollo de una movilidad urbana sostenible a fin de reducir las emisiones de CO_2 del parque automotor.

5. Marco de Referencia.

Las ciudades son un espacio diseñado para el intercambio de desarrollo socio cultural, económico y ambiental, razón por la cual el número y la complejidad de los desplazamientos crece constantemente y varían de acuerdo a las necesidades propias de cada individuo. Para comprender la estructura y dinámica espacial de las ciudades es necesario entender algunos conceptos previos mediante la revisión de algunos enfoques que reflejen el planteamiento del problema a través de marcos históricos, teóricos, conceptuales

y legales de gran importancia para la presente investigación. Es importante destacar que se presenta información de estudios previos, investigaciones, artículos científicos y demás información con relación al tema, señalando además a los autores y sus respectivos años de realización de estudios, los objetivos y principales hallazgos y aportes que den lugar con la problemática aquí planteada.

Los antecedentes constituyen elementos teóricos que preceden a los objetivos ya que su búsqueda resulta ser una de las primeras actividades enmarcadas en la realización de un diagnóstico, primeramente, a escala macro, seguido de un diagnóstico específico para la ciudad de Bucaramanga, permitiendo precisar y delimitar así el objeto de estudio y por consiguiente los propósitos de la investigación.

5.1. Estado del Arte.

Uno de los problemas ambientales y sociales más difíciles de aplacar en nuestros tiempos, es la gestión de la movilidad sostenible de personas y bienes, ya que el crecimiento acelerado de este ha generado una conciencia consumista masiva en donde miles de millones de personas tienen expectativas de estilos de vida más altas, lo que se traduce a nuevas aspiraciones en materia de movilidad. Según lo expone el Mohieldin Vandycke, (2017) “(...) en 2030, el tráfico de pasajeros superará los 80.000 millones de pasajeros-kilómetros” un aumento que representa el 50% en volumen de pasajeros y el 70% en volumen de carga, todo a nivel mundial.

5.1.1. Antecedentes Internacionales.

La movilidad sostenible debe basar sus principios en el aprovechamiento de los sistemas de infraestructura vial existente junto con en el uso de tecnologías limpias, tal y como lo explica Olano, (2021), quien cita a Castro, (2014) en su investigación *Transporte público sostenible en la ciudad de Córdoba, Argentina: Una visión desde la evaluación ambiental estratégica*:

Las principales preocupaciones de la planificación urbana deben basarse en garantizar el cubrimiento de las necesidades de los habitantes respecto a su movilidad, mediante la opción de un sistema que sepa aprovechar la infraestructura

vial existente y presentar concordancia con los nodos que permiten una mejor distribución de la movilidad, mediante el uso de tecnologías limpias. (Olano, 2021)

En su libro, *Acciones prácticas en materia de sustentabilidad*, las autoras Banda, Pinto y Santacruz, (2018) citan a Alberti, (1996) quien, a su vez, apoyándose en otros autores, identificó tres dimensiones para ser consideradas en la medición de la sustentabilidad urbana, estas son calidad urbana, patrones y flujos urbanos.

En ese contexto, la ciudad de México creó un plan de sostenibilidad denominado plan verde, cuyo fin era avanzar hacia la sostenibilidad de su desarrollo urbano definiendo una serie de estrategias y líneas de acción para los objetivos planteados en los siete ejes rectores del proyecto denominados suelo de conservación, habitabilidad y espacio público, agua, movilidad, aire, residuos y cambio climático y energías.

Asimismo, las autoras Banda, Pinto y Santacruz, (2018) mencionan que algunas ciudades latinoamericanas, han optado por proyectos de movilidad urbana sostenible como “sistemas de metro o los BRT, *Bus Rapid Transit*, por sus siglas en inglés, comúnmente denominados sistemas de transporte masivos y otras intervenciones de menor escala como las ciclorrutas y programas como ciclovías” (p.201) con el fin de promover alternativas sostenibles al transporte convencional. Estas dos últimas formas de desplazamiento son sin duda, la manera más adecuada de llevar a cabo desplazamientos en un marco ambiental, social y económico dentro de la ciudad, demostrado previamente en ciudades europeas como Copenhague, la cual se ha venido consolidando con el paso del tiempo y transformándose en un eje de referencia a nivel mundial.

Es así como en el área urbana de Copenhague predomina el entorno de movilidad no motorizado y según cifras obtenidas por Laínez, et al. (2018) éste representa un total de 44,53% de la superficie estudiada, concentrando prácticamente la totalidad del tejido urbano.

Copenhague entonces, diseñó unas estrategias basadas en la importancia de la movilidad sostenible, y el uso de sistemas alternativos de movilidad, como el uso de la bicicleta y caminatas, cimentando sus propuestas en *distancias cercanas, ambientes seguros*, movilidad verde mediante implementación de nuevas y adecuación de existentes

rutas de ciclismo con un total de 387 Km de ciclo vía, y espacios disponibles para caminatas con capacidades de hasta 17.000 personas.

5.1.2. Antecedentes Nacionales

Colombia, es uno de los países latinoamericanos que le apuesta a la movilidad sostenible, ya que, aunque un poco tardío, ha tomado cartas en el asunto buscando una mejora en procesos de planeación de la movilidad y de esta manera, aportar al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible en temas de movilidad. Es así como algunas de sus ciudades principales han optado por estrategias que buscan mitigar la contaminación del aire y la atmosfera, reduciendo la huella de carbono generada por el parque automotor y mejorando la calidad de vida de sus ciudadanos.

Medellín, por su parte, ha optado por un sistema de movilidad que “invierte la pirámide” estableciendo prioridad en inversión y equidad en los diferentes modos de transporte. Así lo presenta el Área metropolitana del valle de Aburra, (2021) en su artículo *Movilidad Sostenible*, integrando sistemas y proyectos tales como *Expansión EnCicla* la cual consiste en una red de ciclorrutas que interconectan todos los municipios de su región, fortalecimiento del transporte público mediante la integración de las empresas de transporte colectivo generando un único sistema centralizando el recaudo por medios electrónicos y uso de vehículos de energías alterativas como eléctrica y gas, habilitando espacios para su respectiva recarga e impulsar de esta manera el uso eficiente de dichos vehículos.

Otra ciudad que lidera procesos de movilidad sostenible es Bogotá. La capital del país suma a sus alternativas de movilidad sostenible el diseño y creación de un metro eléctrico elevado capaz de reducir las emisiones de CO_2 anuales producidas por el transporte convencional, disminuir los niveles de ruido ambiental y disminución en los tiempos de trayecto debido al alcance de mayores velocidades. Según Moré y Giret, (2015) “(...) transportar 600.000 pasajeros/día en el metro, tiene la capacidad de reducir hasta 786.510 toneladas de CO_2 anualmente, es decir una reducción del 99.98%. Asimismo, la reducción de ruido ambiental podría alcanzar una diferencia de 53 dB y finalmente en temas de velocidad el metro puede alcanzar los 35 Km/h superando al Transmilenio con 26 Km/h”.

La implementación del metro, sumado a los 560 kms de ciclorruta y a la implementación de transporte con uso de energías alternativas y los corredores verdes peatonales, hacen de Bogotá, una de las ciudades más relevantes en temas de movilidad sostenible en Colombia.

Ciudades como Cali, Barranquilla, Cartagena y Pereira han consolidado sus sistemas de movilidad mediante transportes públicos masivos, una alternativa que permite la disminución de toneladas de CO_2 anual gracias a que muchos de estos cuentan con fuentes de energía renovables o híbridos (Boletín FAL, 2013).

Bajo la misma premisa, en aras de la descarbonización del parque automotor, se han diseñado programas para uso de bicicletas y patinetas eléctricas de carácter público, una alternativa que sin duda ha tomado fuerza en los últimos años, promoviendo una cultura más consiente de los riesgos a la salud física y mental que acarrea el uso constante de vehículos motorizados (Jaramillo, 2020).

5.1.3. Antecedentes Regionales

Arias y Gómez, (2017) toman como referencia al Plan Maestro de Movilidad, que a su vez se basa en el Plan Básico de Ordenamiento Territorial (PBOT) para mencionar el acuerdo 038 del 10 de diciembre de 2003 “(...) por el cual se adopta el PBOT para el municipio de San Gil” ordenando el sistema de vías, tránsito y transporte de tal manera que se priorice el mejoramiento de la movilidad general del municipio en vista de que este municipio en particular requiere de una estructura organizada y obra que ayuden a mejorar la movilidad de la ciudad, conservando el entorno y respetando el flujo peatonal para que no se presente desorden vehicular.

Asimismo, los autores resaltan que, el análisis vial presenta falencias en alternativas de descongestionamiento tanto en sus vías nacionales como en sus vías internas urbanas, convirtiéndose en un conflicto sin medida que afectan tanto a este municipio como los circunvecinos, en temas económicos, ambientales y socioculturales.

La realidad en otros municipios de la región no es tan diferente a la anterior expuesta. El municipio de Cúcuta presenta una problemática causada por el crecimiento desordenado del entorno, generando desarticulación en la vida urbana y deficiencias de tipo espacial que repercuten directamente en la movilidad de la región. Es así como, de acuerdo

con este contexto, se generan estrategias fundamentales para la consecución de la movilidad.

Cúcuta entonces, plantea dentro de sus estrategias, la socialización del esquema de un Sistema Integrado de Transporte Masivo con las empresas prestadoras de servicio de transporte y como segunda medida, se encuentra la construcción de obras de infraestructura vial, necesarias para el área metropolitana (Muñoz, 2017).

Al igual que la ciudad de Cúcuta, la ciudad de Villavicencio, Meta, presenta como uno de sus problemas para la movilidad, el crecimiento acelerado sin planificación urbana y alto grado de desorden, por esto, Parra, (2018) indica que cuando crece el territorio la infraestructura de movilidad se extiende “(...) provocando nuevos tejidos urbanos, reflejándose en el deterioro de la calidad de vida, la habitabilidad, el desarrollo económico y el medio ambiente”. La ciudad deberá entonces promover nuevos entornos urbanos para la consolidación de la región, evitando su saturación, permitiendo conectarla con los municipios circundantes y facilitando la entrada de productos provenientes de otras zonas de Colombia.

5.1.4. Antecedentes Locales

Aunque el concepto de transporte sostenible puede parecer un poco abstracto, en la práctica, hay muchos aspectos por ser evaluados y consecuentemente ajustados para conseguir la sostenibilidad en temas de movilidad. En este sentido, el transporte debe contribuir a la economía, potenciar la productividad y el empleo, racionalizar el uso eficiente de los recursos no renovables e incentivar al uso de modos de transporte no motorizados, garantizando movilidad y accesibilidad por igual para todos los individuos que interactúan con el sistema.

A la fecha, Bucaramanga presenta una serie de problemas que aún no han podido ser resueltos debido a la complejidad de los mismos. Tomando las palabras expuestas en el plan maestro de movilidad de Bucaramanga, (2010) “(...) muchos son los factores de la transformación metropolitana que influyen en el volumen y las características de movilidad, entre los cuales se destacan la revitalización económica, el cambio de modelo productivo, el efecto de las tecnologías de la información, la globalización cultural, las nuevas formas de consumo y los cambios en las redes de transporte”.

Sumado a esto, Bucaramanga cuenta con una deficiente infraestructura vial, que ha generado un desequilibrio entre la oferta y demanda en temas de movilidad, lo cual, junto con el aumento constante del parque automotor y la baja ocupación del transporte público han llevado a la ciudad a niveles de congestión, insostenibilidad y afectaciones a la salud de las personas.

Angarita y Gil, (2018) expresan que el desafío con la ciudad de Bucaramanga consiste en que el 49% de los bumanguenses usan la motocicleta y el automóvil particular para desplazarse y en vista de que la ocupación media del transporte privado es 1,5 pasajeros por vehículo, se han congestionado masivamente las vías. En contraste, resaltan que una posible solución a este problema puede estar en la construcción de infraestructura vial como ciclorrutas y senderos peatonales o corredores verdes que fomenten la caminata como un medio de movilidad sostenible. Conjuntamente, como otra posible solución, se han adelantado estudios para la implementación de un metro cable que beneficie a una comunidad en particular.

Es así como, mediante estrategias para la movilidad sostenible, se busca la reducción de problemáticas asociadas a la emisión de partículas contaminantes para mitigar los efectos en el cambio y mantener una buena calidad de vida de los ciudadanos (Mollinedo 2006).

Finalmente, es un deber garantizar la vida de los usuario de la vía pública, es por esta razón que la *visión de la movilidad*, planteada por Dirección de tránsito de Bucaramanga, (2017) “(...) asume el desafío de emprender en nuevas formas de movilidad y transporte configurando la denominada pirámide de la movilidad, entendiendo que se debe fortalecer y fomentar los actores de la movilidad más vulnerables, es decir, medios de transporte lentos o no motorizados, consolidando de esta manera la sustentabilidad urbana”.

5.2. Marco Teórico.

Las teorías aquí expuestas indican la comprensión de conceptos que constituyen un enfoque determinado, dirigido a la explicación del fenómeno o problema en cuestión, siendo esta razón por la cual se toma como punto de partida los modelos teóricos de la ecología y economía urbana que explican las circunstancias que llevan a la localización

espacial de las actividades productivas y residenciales, así como formas de organización territorial.

Esta sección se divide en función de los tópicos que integran la temática tratada de tal forma que, de las múltiples teorías existentes, se seleccionen algunos postulados que a mi juicio proporcionan los elementos necesarios para establecer un modelo de análisis de los factores urbanos que prevalecen actualmente en la organización urbanística.

Como punto de partida se tomó el *modelo de Wingo*. Ackerman (1974) expone la teoría de Lowdon Wingo y su trabajo titulado *Transportation and Urban Land* (Transporte y usos de suelo) en donde se desarrolló un modelo económico espacial en el que establece los costos del transporte de los trabajadores asociado a los trayectos de su casa a su empleo y viceversa, lo que determina la renta, las densidades y la ocupación del suelo, explicando de esta manera la organización de la ciudad. Esta teoría dio inicio a la corriente conocida como modelos globales de la localización y uso del espacio.

Graizbord, (2018) presenta por su parte la teoría de *Alonso* denominada *Localización y uso del suelo (1964)*, ampliando la teoría de *Wingo*. Esta explica el problema de la localización de la vivienda con base en los razonamientos de la maximización de la renta y la minimización de los costos, vinculando la teoría de la localización a la teoría del consumidor. En este análisis se identifican tres etapas: determinación del equilibrio residencial, determinación del equilibrio industrial en zonas urbanas y determinación de los precios del suelo. El usuario, entonces, adquiere tierra y localización en un mismo pago y la cantidad de tierra a adquirir está en función del ingreso, gasto del transporte, bienes, servicios y distancia con respecto al centro de actividades económicas.

Es así como el ordenamiento territorial influye en la movilidad urbana, mediante una entramada red de vías diseñadas para la movilización de los usuarios desde sus hogares hasta las zonas donde desempeñan sus actividades económicas o de ocio, mediante un crecimiento espacial de las zonas de mayor afluencia, como lo describe Castro, (2014) en la teoría de *Harris y Hullman* hacia mediados del siglo XX, “el crecimiento y especialización de ciertas zonas de las ciudades se da en forma celular y distribuida en el área urbana sin un patrón igual para todas las ciudades”(Castro, 2014).

De esta teoría se destaca que, la expansión de la ciudad no se produce a partir de un único distrito central ya que existen cuatro factores que, combinados, motivan al desarrollo de núcleos independientes: actividades que requieren servicios y planeación específica, actividades semejantes que se agrupan para beneficiarse de la economía de aglomeración, actividades incompatibles que se ubican guardando distancia y todas las actividades que quedan sometidas al proceso de selección espacial que el precio del suelo imponga.

Ahora bien, conociendo las teorías de uso de suelo y distribución espacial en las zonas urbanas, el investigador Marvin Manheim, (1979) realiza una aproximación al funcionamiento de la ciudad a través de cuatro ejes centrales independientes que se interrelacionan a través del tiempo.

Dichos ejes, consisten en *sistema de transporte*, definido por los elementos relacionados con la infraestructura del transporte (modo, jerarquía, tránsito, uso) que existe en el territorio y sus características. En segundo lugar, se cuenta con el *sistema de actividades* quien se conforma por las características demográficas y socioeconómicas de un área de la ciudad. En tercer lugar, presenta un *patrón de flujos*, que es meramente, la conducta de los usuarios en el sistema que conforma el conjunto de viajes y, finalmente, se encuentra el *impacto ambiental*, el cual es el resultado de la interacción de los elementos antes mencionados y su impacto en el medio ambiente.

Reconociendo entonces al sistema de transporte y al medio ambiente como ejes fundamentales en el funcionamiento de las ciudades y bajo la conciencia que se adopta mediante el inminente cambio climático, surge la idea de urbanismo sostenible, siendo Ascher, (2004) quien expresa que:

Los rápidos procesos de transformación de la sociedad contemporánea y las ciudades que la contienen, han entrado en una nueva fase de la modernidad con una nueva forma de pensar y actuar de la ciencia, la tecnología, las relaciones sociales y el cuidado del medio ambiente, conduciendo a las ciudades a condiciones idóneas para una nueva revolución urbana. (p. 14)

A esto lo denomino *Neo-Urbanismo* y bajo este concepto destaca las nuevas formas de pensar y actuar, de los vínculos sociales, el desplazamiento, el transporte y la conciencia

ambiental, buscando la resolución de los desafíos colectivos actuales, dando lugar a un nuevo urbanismo, más amigable con el medio y sostenible en el tiempo.

Por otra parte, Ascher señala que el desarrollo tecnológico de los medios de transporte ha cambiado profundamente la forma de la vida de las personas en cuanto a veleidat e individualidad y el esquema de organización radio-céntrica de las ciudades ya que, debido a las nuevas tecnologías, los horarios de vida y comercio son ahora 24 horas, dado origen a la necesidad de transportarse a los múltiples lugares de actividades económicas, sociales, y residenciales. Estas condiciones incitan a nuevas formas de desplazamiento sugiriendo que la respuesta de los transportes públicos debe ser más compleja y no según un orden rígido de recorridos y horarios.

Finalmente concluye que los nuevos conceptos en movilidad, que deberán caracterizar al nuevo urbanismo, deben basarse en un ambiente reflexivo, precavido, participativo, flexible, heterogéneo, abierto, multisensorial y amigable con el medio ambiente.

5.3 Marco Conceptual

Para conocer la estructura espacial y dinámica de las ciudades es imperativo una revisión de algunos términos y definiciones pertinentes para el objetivo de estudio, precisando en significados claros, contextualizar los conceptos principales, expresiones o variables involucradas en la problemática previamente planteada, ya que, la definición de los términos es la aclaración del sentido en que se utilizaran las palabras o conceptos empleados en la identificación y formulación del problema.

Como punto de partida, se define el concepto de *ciudad*, puesto que es una de las primeras respuestas para tener una base conceptual que permita comprender la distribución económico espacial del territorio. Existen múltiples definiciones y la bibliografía al respecto es abundante, así que, para este caso, se recurrió al significado etimológico planteado por la Real Academia Española, la cual expresa que la ciudad “es el conjunto de edificios y calles, regidos por un ayuntamiento, cuya población densa y numerosa se dedica por lo común a actividades no agrícolas” (RAE). Mas de la mitad de la población mundial vive actualmente en las ciudades y cada día más territorios agrícolas pasan a ser urbanos, siendo esos hoy por hoy, epicentros de la actividad económica mundial.

Acompañando la definición de ciudad, muy estrechamente se encuentra la *movilidad urbana*, la cual la Fundación de Energía de la Comunidad de Madrid, (2010) la describe como “la necesidad de la sociedad para desplazarse, considerándose un derecho social fundamental de preservar y garantizar de forma equitativa”.

La movilidad urbana entonces puede dividirse en tres subcategorías: La primera, denominada privado o individual, en donde los desplazamientos son realizados por un vehículo particular. La segunda, público, colectivo o masivo, cuya característica principal es la capacidad de desplazar en simultaneo, grandes volúmenes de pasajeros a lo largo de los corredores viales, con elevada densidad de demanda. Finalmente, la tercera subcategoría se denomina semipúblico, en donde los desplazamientos se realizan en vehículos de características intermedias entre las subcategorías anteriores (Dangod *et al.* 2011).

Garantizar la movilidad urbana es entonces un deber de las sociedades y, en vista de los nuevos desafíos que enfrenta el planeta, debido a la contaminación latente generada por el parque automotor y el daño que este genera a la atmosfera como consecuencia de la producción excesiva de CO_2 , los costos asociados a los desplazamientos y la interacción social de la comunidad con la movilidad, se plantea un concepto denominado *transporte sostenible*, que básicamente es un sistema que facilita el transporte de personas a menores costos sociales y ambientales que los actuales, disminuyendo la prioridad del vehículo privado como medio de transporte y del petróleo como fuente de energía.

Herrero, (2011) enfatiza en que la movilidad sostenible requiere otras modificaciones en el comportamiento humano a fin de garantizar una mejor calidad de vida. “No es un simple cambio de fuente de energía, sino que también conlleva la utilización de otros medios de transporte como los no motorizados”.

Ahora bien, los desafíos que aquí se plantean, están enfocados hacia la generación de aportes que pretendan mejorar la de la calidad del aire mediante la descontaminación de la capa atmosférica, la mitigación del calentamiento global y reducción de gases efecto invernadero. Por ello, es necesario contemplar previamente los conceptos de dichas problemáticas, empezando por la *contaminación atmosférica*.

Carnicer, (2007) dice que la contaminación atmosférica es la presencia en el aire de sustancias y formas de energía que alteran la calidad del mismo, de forma que se provoque

un riesgo, daño o molestia grave para las personas y la naturaleza. Nick Tyler, (2013) complementa esta definición expresada que “dentro de los contaminantes que están presentes en la atmosfera, se identificaron 5 contaminantes críticos que afectan la salud inmediatamente desde su inhalación, siendo estos, monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂), ozono troposférico (O₃) y material aerodinámico particulado con diámetros menores a 10 micrómetros (PM₁₀).

La contaminación atmosférica dio paso a un fenómeno llamado *Efecto Invernadero*, definido por Kopta, (1999) como “la capacidad que tiene la atmosfera de retener parte del calor que emite la tierra”. Los gases de invernadero naturales en la tierra (vapor de agua y dióxido de carbono) elevan la temperatura media del planeta en alrededor de 35 °C por encima de la que tendría si estos no estuvieran presentes. Pero Rodríguez *et al.* (2009) explica que casi la mitad de la radiación solar que llega a nuestra atmósfera, es capaz de penetrar la superficie de la tierra, calentando el suelo y los océanos, que, a su vez, liberan calor en forma de radiación infrarroja.

Esto se debe a la producción excesiva de toneladas de CO₂ anuales, asociadas al parque automotor y que la atmosfera no es capaz de retener, deteriorándola y permitiendo que esta no cuente con los recursos suficientes para reflejarla y regresarla al espacio mismo. Es así como los gases de efecto invernadero han contribuido al daño del ecosistema, dando paso al calentamiento global que amenaza con destruir nuestro planeta.

Finalmente, los científicos buscaron cuantificar y medir la producción de gases de efecto invernadero y crearon un parámetro llamado *huella de carbono*. La *huella de carbono* es un indicador que representa la cantidad de gases de efecto invernadero, expresados en CO₂ equivalente, la cual se asocia a diferentes actividades y servicios de la empresa, persona u organización (Vidal, 2010). Para el caso de la movilidad urbana, esta actividad se encuentra ligada como servicio donde se define que el sector transporte representa un claro impacto social, económico y ambiental, a través de su contaminación atmosférica por su consumo energético y generación de gases de efecto invernadero (Coppini, 2018. p.2).

5.3 Marco Legal

Ramírez *et al.* (2012) expresa que, según lo establecido por el Plan Nacional de Desarrollo (PND) de los últimos periodos de gobierno, la política de transporte urbano en Colombia tiene como principal objetivo, impulsar el desarrollo económico y la competitividad de las ciudades, asegurar la sostenibilidad ambiental de país, promover la equidad y mejorar la calidad de vida de la población.

Es así como, la política del transporte urbano busca incentivar soluciones en materia de movilidad, que aseguren su sostenibilidad ambiental, operacional y financiera, promover una movilidad segura, garantizar un adecuado ordenamiento del territorio y asegurar una mejor articulación entre los usos del suelo y el transporte.

Complementando lo anterior, la Alcaldía Mayor de Bogotá, (2006) desarrollo el decreto 417 del 5 de octubre de 2006 en el cual se estipulan las medidas para reducir la contaminación y mejorar la calidad del aire, mediante la reducción de emisiones de CO_2 equivalente y, posteriormente, mediante el decreto 667 del 29 de diciembre de 2011 acordando la adopción de medidas para incentivar el uso de vehículos eléctricos en el distrito capital, autorizando su operación y piloto y de esta manera mitigar las emisiones de CO_2 equivalente que llegan a la atmosfera.

Sumado a esto, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, (2017) desarrollo la resolución 2254 del 1 de noviembre de 2017, por la cual se adopta la norma de calidad de aire y ambiente, basados en los artículos 79 y 80 de la Constitución Política donde se consagra “el derecho colectivo a gozar de un ambiente sano y el deber del Estado de proteger la diversidad e integridad del ambiente, planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales a fin de garantizar su desarrollo sostenible”(MAB, 2017).

Finalmente, la Republica de Colombia, mediante la Constitución Política de Colombia, declara en su título 2, artículo 82, el deber del estado de velar por la protección de la integridad del espacio público y por su destinación de uso común, el cual prevalece sobre el interés particular. “las entidades públicas participaran en la planeación que genere su acción urbanística y regularan la utilización del suelo y el espacio aéreo urbano en defensa del interés común”.

6. Metodología

Para el futuro desarrollo de la presente investigación, se realizará el método de investigación descriptiva, la cual, según Glass & Hopkins, 1984 consiste en la recopilación de datos que logren describir un acontecimiento y que, a su vez, posterior a su recopilación, puedan ser organizados y tabulados, a fin de representar y describir dicha situación. Es así como las estadísticas descriptivas resultan ser muy importantes en la síntesis de información de una forma más precisa y manejable, permitiendo la organización de datos y patrones que surgen de un determinado análisis, llegando así a una conclusión no solo cuantitativa sino cualitativa, que se asemeje a la realidad (Abreu, 2012).

De esta manera, se espera la interacción investigador y participante, en vista de que se espera abordar la realidad misma desde conocimientos previamente adquiridos y tratando de enfocarlos al contexto bajo estudio, siendo fundamental que la investigación se pueda convertir en una acción real, que busque impactar de manera concreta la problemática aquí abordada.

Para este caso, la investigación descriptiva, resulta ser un método asertivo, ya que combina dos tipos de conocimientos: el conocimiento teórico y un conocimiento adquirido de un contexto determinado, intentando documentar la problemática, proponer soluciones y desarrollar acciones necesarias en temas de movilidad urbana sostenible. Dicho esto, la presente investigación se desglosará de tal manera que se logre comprender el tipo, enfoque y diseño de la misma, tal y como se presenta a continuación.

6.1. Tipo de Investigación.

Para el desarrollo del estudio planteado, se estableció el tipo de investigación correlacional, el cual, tomando las palabras de Cazau, (2006) mide la relación entre dos o más variables, en un contexto dado, intentado determinar si hay una correlación, el tipo de correlación y su grado o intensidad, buscando determinar cómo se relacionan los diversos fenómenos de estudio entre sí.

Siendo el caso, el diseño de una estrategia para la movilidad urbana sostenible en la ciudad de Bucaramanga, se realizó una comparativa con las alternativas que han resultado efectivas, en dicho tema, en la ciudad de Copenhague, ejecutando un diagnóstico preliminar para posteriormente correlacionar las diferentes disyuntivas que permitan mitigar la

problemática latente de movilidad que, a su vez, resulta en factores negativos y contaminantes para el medio ambiente.

6.2. Enfoque de la Investigación.

Definir un enfoque resulta una tarea de análisis, en donde se presente una interacción entre procesos sistemáticos, empíricos y críticos de la investigación. Se hace imperativo hacer uso de recopilación y análisis de información tanto cualitativa como cuantitativa, siendo esto, la base para el desarrollo de una investigación con enfoque mixto, ya que, según, Hernández y Mendoza, (2018), tomando las ideas de Chen, (2006) definen al enfoque mixto o híbrido como la integración sistemática de los sistemas cuantitativos y cualitativos en un solo estudio con el fin de conseguir resultados más completos del fenómeno de estudio, implementándose en diferentes secuencias, siendo el cuantitativo que precede al cualitativo o viceversa y en otros casos trabajando en simultáneo.

La investigación en curso presenta un enfoque mixto, es decir cuenta con una parte cualitativa, al contar con las apreciaciones personales de las personas encuestadas, así como una parte cuantitativa, cuando se tabulen dichas apreciaciones tomadas y se logre cuantificar la problemática en cuestión, desde la perspectiva de los usuarios del sistema de movilidad. Es por esto que, para el desarrollo de la investigación en curso, se hizo uso de instrumentos como encuestas, a fin de recopilar datos relacionados a la problemática y, posteriormente, se anañizó dicha información desde una base cuantitativa, para de esta manera obtener datos reales y actuales, siendo estos el insumo necesario para definir las estrategias que puedan aportar a la mejora del sistema de movilidad en la ciudad de Bucaramanga.

6.3. Diseño de la Investigación.

La realización de la investigación cuenta con dos diseños: como primera medida se desarrolló una investigación documental, en la cual se realizó una revisión bibliográfica acerca de las estrategias pertinentes para la mitigación de la problemática asociada a la movilidad en ciudades, y de esta manera se obtuvo una base sólida de mecanismos a implementar una vez determinada la problemática actual. En simultáneo se realizó una investigación de campo, la cual consiste en la recolección de datos, directamente en el lugar y tiempo en que suceden los hechos; para esto se hizo uso de instrumentos como encuestas

las cuales permitieron recolectar la mayor cantidad de información posible de la problemática en cuestión de estudio.

A este diseño de investigación se le denominó diseño de la investigación mixta, ya que, según Grajales, (2000) quien toma como referencia a Zorrilla, (1993) indica que el diseño de investigación mixta recopila la participación de la naturaleza documental y la complementa con la naturaleza de campo. Con esto en mente, se pudo recolectar información pertinente a la naturaleza del problema de estudio y así se determinar una solución parcial en temas de movilidad sostenible.

Ahora bien, para llevar a cabo una correcta realización de la investigación, ésta se desarrolló en 3 fases, las cuales se orientan en función de los objetivos previamente expuestos.

6.3.1. Procedimiento o fases de la Investigación.

La ejecución de la investigación aquí propuesta se desglosó de tal manera que se pueda desarrollar los objetivos específicos planteados en el literal 3.2 de este documento, y de esta manera poder cumplir con el objetivo general propuesto previamente. Para lograr dicho objetivo se desarrollaron 3 fases: una que permitió describir el diagnóstico inicial o punto de partida, una segunda en la cual se logró formular propuestas o estrategias que se lograran adaptar a las necesidades de la ciudad de Bucaramanga y una tercera que permitió recopilar dichas propuestas en un documento técnico o programa de movilidad urbana, capaz de reducir las emisiones de CO_2 y mitigar la problemática de movilidad en la ciudad.

6.3.1.1. Fase I: Diagnóstico inicial.

En esta fase del proyecto se determinó el estado actual de la ciudad en temas de movilidad. Para esto se realizó una revisión bibliográfica de los planes de ordenamiento territorial y plan maestro de movilidad de la ciudad de Bucaramanga, donde, posteriormente, se logró comprender la infraestructura interna y su impacto en el tráfico de la ciudad.

Seguidamente se realizó un análisis descriptivo, mediante el uso de instrumentos como encuestas, donde se establecieron las diferentes formas de movilidad y los tiempos y longitudes de viaje asociada a estos, logrando determinar un indicador de huella de carbono preciso, mediante el uso de aplicaciones que permiten medir emisiones de CO_2 , y así se

pudo comprender la situación actual y futura referente a la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero que se generan a causa del transporte.

6.3.1.2. Fase II: Formulación de Estrategias.

Una vez se identificó la situación actual y se definió claramente la problemática, teniendo en cuenta los diferentes procesos y factores que se ven involucrados en los diferentes modos de transporte, en la segunda fase se propusieron estrategias, algunas de ellas replicas que han resultado exitosas en ciudades como Copenhague y que puedan adaptarse a Bucaramanga, según sus necesidades físicas y sociales, de tal manera que se vincule la comunidad y generen conciencia acerca de movilidad sostenible y cuidado del medio ambiente.

6.3.1.3. Fase III: Generación de Documento.

La tercera y última fase consistió en recopilar toda la información previamente obtenida en las fases I y II, para constituir un documento técnico, o programa de movilidad de tal manera que pueda ser presentado a la comunidad de la ciudad de Bucaramanga, y este pueda ser un agente de cambio en temas de movilidad sostenible.

Dentro de este documento final se contempló objetivos y metas del programa, así como su alcance, estrategias de movilidad sostenible, diseños, resultados de etapas preliminares e indicadores de monitoreo de la calidad del aire. Para asegurar el funcionamiento de dicho programa se definió un proceso de monitoreo, calidad del aire y seguimiento, analizando el indicador de huella de carbono, el cual se espera sea realizado como mínimo dos veces al año (semestralmente) a través de encuestas de participación ciudadana a fin de identificar la cantidad de usuarios que optaron por diferentes modos de transporte sostenible y de esta manera, cuantificar la cantidad de CO_2 generada y su posterior comparación y análisis con los resultados iniciales.

6.4. Propósito de la Investigación.

Para el estadio en cuestión, la investigación tuvo un propósito básico, ya que, tomando las palabras de Nieto, (2018) quien se apoya en las palabras de Claire, (1965) la investigación básica es una búsqueda de información con el propósito de formular problemas e hipótesis para una investigación más profunda de carácter explicativo.

De esta manera, aunque la investigación aquí propuesta planea dar un tipo de solución a una problemática actual, el alcance de la misma no está estipulado hasta su ejecución, se limita únicamente a proponer una alternativa que pueda mitigar la situación de estudio.

6.5. Población y Muestra.

La población de estudio para la investigación en curso tuvo en cuenta a todos los actores de la movilidad urbana de la ciudad de Bucaramanga, siendo estos, conductores, peatones y ciclistas. No obstante, esta población supera el alcance de este proyecto, por lo cual se optó por reducir la población a los habitantes de Bucaramanga que se encuentren en un rango de edad de 18 a 55 años, siendo estos los más propensos a movilizarse de manera autónoma a los diferentes puntos de desarrollo socioeconómico de la ciudad.

Finalmente, se recopiló información disponible en la Encuesta de Percepción Ciudadana de Bucaramanga metropolitana, (2021) que a su vez se basó en información recopilada por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), necesaria para determinar la población descrita anteriormente. Los datos obtenidos fueron los siguientes:

- Población de Bucaramanga (2019) = 581.130 habitantes
- Personas con edades entre los 18 años y los 65 años (2019) = 83%
- Movilidad pública, privada, peatón y ciclista (2019) = 91%

$$**Población = 581.130 * 0,83 * 0,91 = 438.928 habitantes**$$

La determinación de la muestra se realizará mediante el método estadístico para muestra de poblaciones finitas, la cual se expresa a continuación:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

Donde cada una de las variables corresponde a los siguientes valores:

N = Número total de la población = 438.928

Z = Nivel de Confianza = 95%

Desviación media = 1,96

p = Probabilidad de éxito = 0,5

q = Probabilidad de fracaso = 0,5

d = Error máximo admisible = 0,5%

$$n = \frac{438.928 * 1,96^2 * 0,5 * 0,5}{0,05^2 * (438.928 - 1) + 1,96^2 * 0,5 * 0,5} = 384$$

La muestra de población a encuestar obtenida bajo los parámetros previamente establecidos dio como resultado la futura aplicación de 384 encuestas las cuales se realizaron a personas en un rango de edades de 18 a 55 años en la ciudad de Bucaramanga, con lo cual se obtuvo una cantidad representativa de la población y así se logró determinar de manera idónea la percepción de los ciudadanos que participan dentro de la movilidad de la ciudad.

Cabe resaltar que el número de muestra aquí obtenido obedece a una situación que ocurre al calcular muestras poblacionales muy grandes (generalmente por encima de 100.000) lo cual se consigue para un nivel de confianza del 95% la desviación media de 1,96 y un margen de error de 5%. Es así como una muestra aleatoria de 384 individuos se puede alcanzar resultados con una alta precisión para el nivel de confianza con el margen de error previamente establecido.

6.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de la Información.

Para el desarrollo de la investigación que se planteó en este documento, se optó por hacer uso de la técnica de encuestas, en vista de que se trata de uno de los métodos más frecuentes a utilizar en el ámbito investigativo, permitiendo obtener un alto contenido de información de fuentes primarias, tal y como lo expone López & Facheli, (2015).

Este instrumento permitió obtener información específica de las personas pertenecientes al objeto de estudio a través de un cuestionario diseñado de manera previa y consolidó así información relevante, que, para este caso, consiste en realizar un diagnóstico de la ciudad de Bucaramanga referente a plan maestro de movilidad y su impacto actual en la producción de CO_2 . Es así como se consiguió la recolección de

información referente a ubicación residencial con relación a distribución socio económica, distancias y tiempos de recorrido diario, formas o modos de transporte y cantidad de usuarios que emplean estos.

6.7. Técnicas de Análisis de la Información.

A fin de caracterizar los diferentes modos de movilidad se realizó una encuesta a una cantidad representativa de ciudadanos la cual, posteriormente, mediante un análisis estadístico, permitió determinar la media y la moda de los sistemas de movilidad y el grado de contaminación medido a través del indicador de huella de carbono, con lo cual se pudo relacionar a la movilidad de las personas, con sus hábitos y, finalmente, se caracterizó a los actores de la movilidad según las distancias y tiempos de recorridos en relación a sus características socio económicas.

Como primera medida, se realizaron 384 encuestas de manera virtual mediante la herramienta *Google Forms* quienes, posteriormente, fueron analizadas con herramientas ofimáticas como Excel, con la cual se elaboraron gráficos de barras y de tortas para visualizar los resultados con mayor facilidad, referente a los porcentajes de ocurrencia de los hechos.

Posterior al muestreo y realización de encuestas, con ayuda del software ArcGis se generaron los mapas de zonificación respecto a la concentración de la población en las diferentes comunas de la ciudad de Bucaramanga, lo cual fue primordial para la formulación de estrategias de acuerdo con las necesidades de los usuarios.

Complementario a esto, se hizo uso de una aplicación virtual para la medición de la huella de carbono y se determinó la situación actual que, posteriormente fue comparada con una situación en la cual se empleen las estrategias de movilidad que aquí se planteen.

Para ello fue necesario contar con las distancias y tiempos de recorridos promedios, así como los modos de movilidad y número de usuarios que hacen uso de estos.

7. Presupuesto

El presupuesto que se presenta en la tabla 1, detalla las cantidades totales en pesos colombianos, para una persona con una carga horaria de 8 horas al día, 5 días a la semana y un trabajo total de 8 meses, lo cual corresponde a la cantidad de meses necesarios para la ejecución del proyecto planteado en este documento. Para el correcto desarrollo de la

investigación, será necesaria la participación de un investigador, que, será dotado de un equipo de computador portátil, una impresora, papelería necesaria para impresiones y toma de información, una suscripción anual al software ArcGis, así como suscripciones a diferentes fuentes de información virtual y físico, necesarios para el normal desarrollo de la misma.

Tabla 1

Presupuesto total para el desarrollo de la investigación

Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Personal	1280	\$ 20.000,00	\$ 25.600.000,00
Computador portátil	1	\$ 5.200.000,00	\$ 5.200.000,00
Software	2	\$ 1.500.000,00	\$ 3.000.000,00
Materiales e impresoras	1	\$ 2.000.000,00	\$ 2.000.000,00
Bibliografía, libros, suscripciones a revista y vinculación a redes de información	1	\$ 200.000,00	\$ 200.000,00
			\$ 36.000.000,00

Nota. El presupuesto para el desarrollo del proyecto de grado implica los costos en pesos colombianos, para un estudiante trabajando por 8 meses.

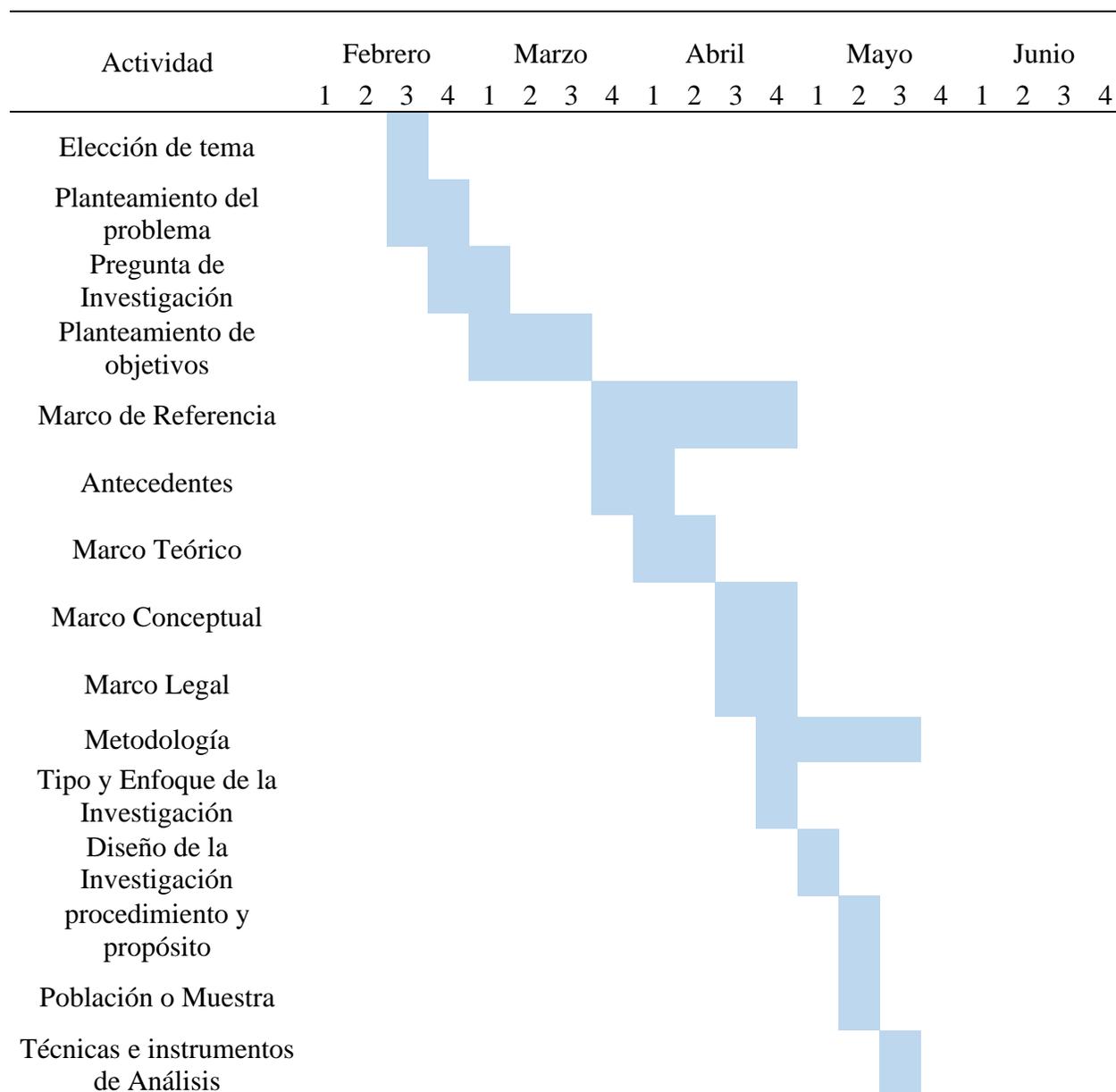
8. Cronograma

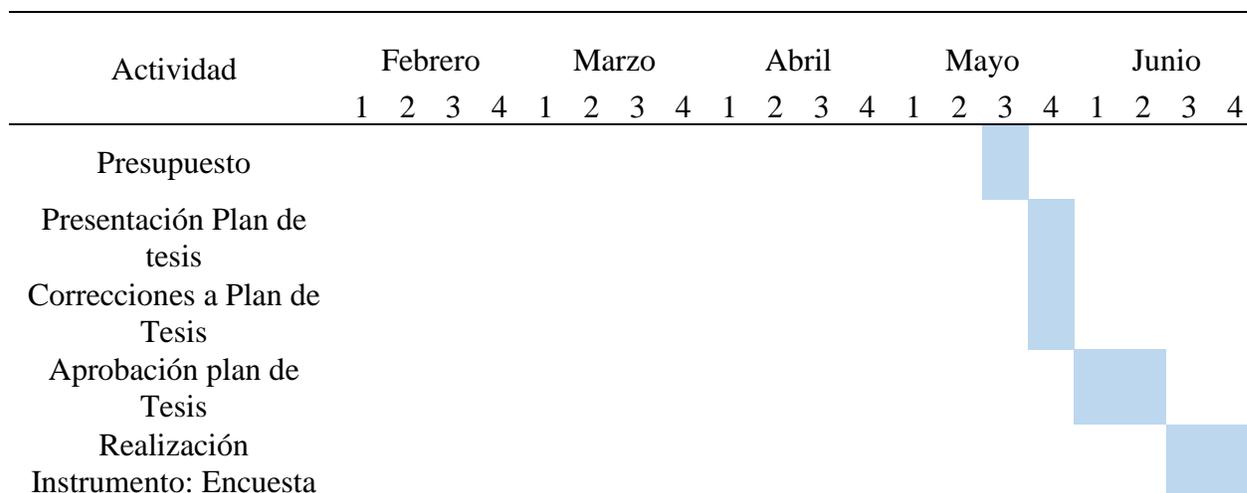
El cronograma resulta ser una herramienta indispensable para la correcta ejecución de las actividades a realizar, las cuales serán el insumo para el desarrollo del objetivo principal de la investigación. A continuación, se presenta un cronograma en forma de diagrama de Gantt, una herramienta que permite, según Hinojosa, (2003) “identificar la actividad en que se estará utilizando cada uno de los recursos y la duración de estos, de tal modo que puedan evitarse periodos ociosos”

Para el desarrollo de la investigación presente, se planea la realización total de todas las actividades en un plazo de 10 meses, con las actividades dispuestas en semanas, para un total de 40 semanas de trabajo por parte del investigador. Dichas actividades se presentan en las tablas 2 y 3 respectivamente.

Tabla 2

Cronograma de actividades para el primer semestre 2022

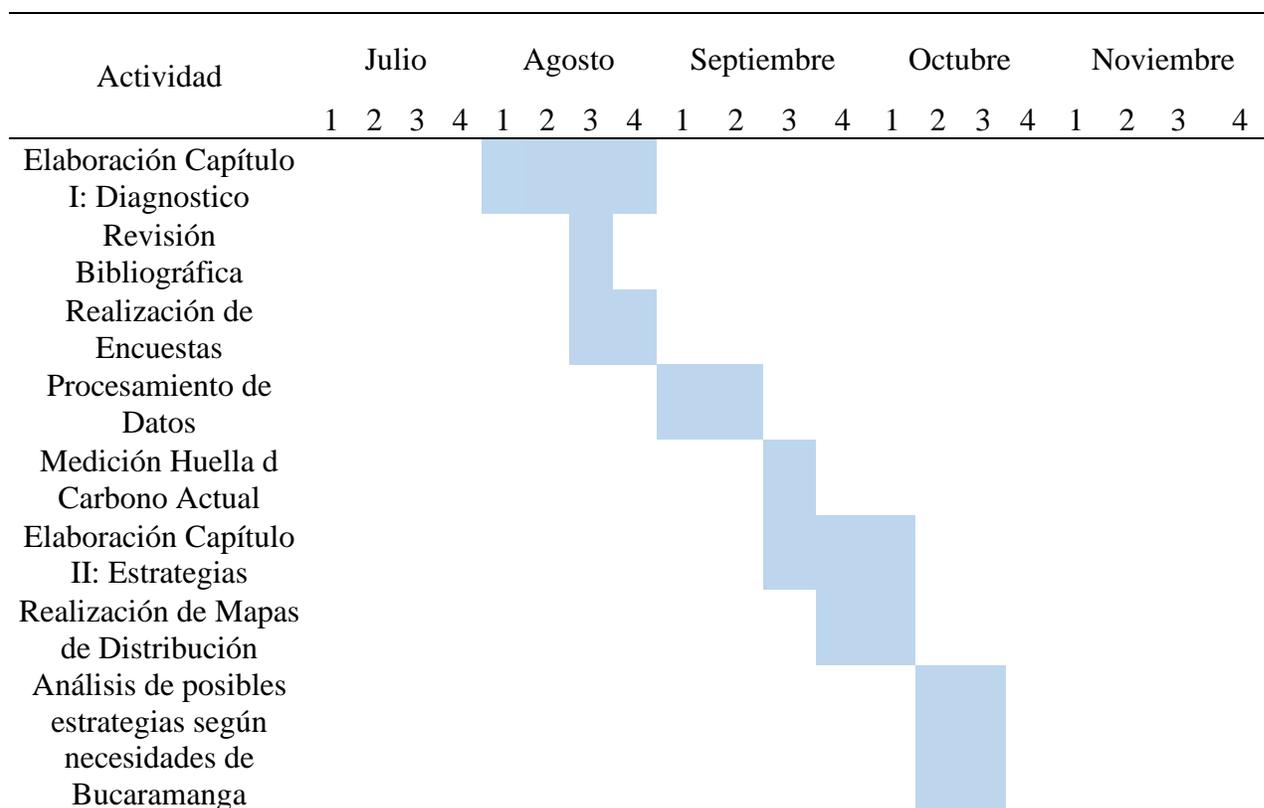




Nota. Representación gráfica de tiempos necesarios para la ejecución de la primera parte del proyecto de grado en un tiempo de 5 meses entre febrero y junio del presente año.

Tabla 3

Cronograma de actividades para el segundo semestre 2022



Actividad	Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Planteamiento de estrategias																				
Elaboración Capítulo III: Generación de Documento																				
Análisis de Huella de Carbono con implementación de las estrategias																				
Sustentación proyecto de Grado																				

Nota. Representación gráfica de tiempos necesarios para la ejecución de la segunda parte del proyecto de grado en un tiempo de 5 meses entre julio y noviembre del presente año.

9. Desarrollo de los Objetivos

9.1. Diagnóstico Inicial de la ciudad de Bucaramanga en temas de movilidad.

El análisis de la situación actual de Bucaramanga reveló la existencia de diversos conflictos para la operación normal del sistema de transporte, en donde el crecimiento demográfico y el mal uso del suelo se traduce en desequilibrio territorial, existiendo zonas dentro de la ciudad que presentan una ocupación muy alta, generando escasez y deterioro en el espacio público, sumado la congestión vehicular, producto de una infraestructura vial con pobres especificaciones geométricas en función de su demanda real, tal y como se expone en el Plan Maestro de Movilidad de Bucaramanga 2020-2030, en donde a su vez, se presentan otras problemáticas como la poca conectividad vial de la ciudad, falta de mecanismos de control y seguimiento de la operación, mal diseño y proyección de la malla vial, infraestructura no planificada, lo que significa que no responde a los criterios de accesibilidad universal, entre otras. A continuación, se describe brevemente la situación de partida de Bucaramanga en temas de movilidad urbana.

9.1.1 Infraestructura Vial

Después de un trabajo de investigación, en donde se analizaron los planes maestros de movilidad para la ciudad de Bucaramanga, así como su plan de desarrollo territorial, se logró determinar las condiciones iniciales de la ciudad en temas de infraestructura vial y las problemática asociada a la movilidad, en donde se encontró que la ciudad cuenta con aproximadamente 499 Km de infraestructura vial vehicular, en la cual se han adelantado obras emblemáticas como el Viaducto Provincial, Intercambiador de la carrera 27, Intercambiador de la carrera 15, ampliación del corredor primario Bucaramanga-Floridablanca, Intercambiador del Mutis, e Intercambiador Neomundo, lo cual equivale aproximadamente a 3.500.000 m² de calzada o área por donde circulan los vehículos, según se expresa el Plan de Desarrollo de la ciudad de Bucaramanga 2020-2030, (2020).

Asimismo, se expone que, a la fecha, la ciudad de Bucaramanga cuenta con 7 Km de ciclorruta la cual abarca los corredores de mayor demanda y conectan con los de mayor importancia como la Universidad Industrial de Santander, la Calle de los estudiantes, Centro, Cabecera del Llano, Real de Minas y San Francisco. Las rutas fueron planeadas para lograr mejoras en seguridad vial, en la medida que no solo ofrecen ciclo-infraestructura donde antes no existía, sino que además habilitan alternativas a corredores viales peligrosos por donde actualmente transitan muchos ciclistas.

Es así como, Bucaramanga cuenta con una entramada red vial que permite a sus ciudadanos movilizarse dentro de la ciudad. No obstante, ésta se enfoca en obras para vehículos, ignorando la integridad de las personas, en donde poco se ha desarrollado proyectos que contemplen al individuo, los gremios, la academia y el medio ambiente buscando alternativas que puedan mitigar las necesidades prioritarias, a través de la estructuración de proyectos sostenibles donde el usuario sea el objetivo principal.

9.1.2 Espacio Público.

Hoy por hoy, Bucaramanga cuenta con 244 parques, zonas verdes y plazoletas, donde predominan los valores paisajísticos, siendo el medio ambiente el pilar sobre el cual se erige el panorama, favoreciendo la convivencia y las relaciones sociales (Plan Maestro de Movilidad, 2019). Asimismo, cuenta con 4 plazas de mercado públicas, permitiendo el desarrollo socioeconómico de la región.

Si bien la ciudad cuenta con extensas áreas verdes, el espacio público resulta afectado por la ocupación indebida de actividades formales e informales, limitando el acceso a otros medios de movilidad como la caminata y la bicicleta, además de la obstrucción de la poca infraestructura para personas con movilidad reducida. En consecuencia, se produce una degradación urbana del espacio público y del entorno que repercuten en el normal desarrollo y la calidad de vida de los ciudadanos.

9.1.3 Problemas Estructurales.

Asociado a los problemas de movilidad, la infraestructura vial física presenta una serie de problemáticas actuales que obedecen a una demanda superior a la oferta, la cual, posiblemente no se proyectó de manera correcta. Existe entonces una demanda creciente sobre las vías, la cual es más evidente debido al aumento constante del parque automotor, presionando la oferta vial y generando limitaciones de espacio, incrementando así los niveles de congestión, siendo estos críticos en algunas vías, en horario denominado “horas pico” (Plan Maestro de Movilidad, 2019).

Las condiciones geográficas y topografías, según el Plan Maestro de Movilidad de Bucaramanga 2020-2030, se han convertido en “(...) un elemento adicional que, sumado a otros de tipo político, técnico y social, han favorecido un crecimiento desordenado y expansivo que fomenta la utilización del vehículo privado”. Son entonces las características físicas las que exigen una alta inversión para la construcción y reconstrucción de espacio vial, marcando con esto la diferencia entre la capacidad vial disponible y la requerida.

9.1.4 Parque Automotor.

Sin lugar a dudas, el parque automotor ha tenido un aumento exponencial, el cual obedece a factores como el crecimiento poblacional y la necesidad de movilizarse a zonas de desarrollo socioeconómicas, especialmente desde zonas donde el transporte público es limitado o nulo. Bucaramanga no ha sido la excepción ya que, debido a este crecimiento poblacional, la ciudad ha sufrido una reagrupación lenta, generando segregación espacial a escala de nuevos barrios o reorganizando los existentes, obligando a los ciudadanos al uso del vehículo particular, tras la poca oferta de rutas en transporte público, o redes viales inexistentes. Acudiendo al Plan Maestro de Movilidad de Bucaramanga 2020-2030, se

estima que el parque automotor incrementa a una tasa de 6250 vehículos por año, con lo cual, para el año 2025 el número de viajes motorizados se triplicara con respecto al 2009. Actualmente, se encuentran matriculados 222.557 vehículos (101.380 automóviles y 44.496 motocicletas), 12.631 vehículos de transporte de pasajeros (bus, buseta y microbús) y 27.292 para transporte de carga (Agencia Nacional de Seguridad Vial, 2019).

Respecto al transporte público urbano, se observa una oferta que excede a la demanda en 2,5 veces con incremento notable en horas de alta movilidad. No obstante, la poca cobertura y los prolongados tiempos de espera, junto con las malas condiciones físicas de los vehículos y la inseguridad ciudadana, generan una percepción negativa del uso del mismo, incitando al uso del vehículo particular, que en muchas ocasiones responde a una movilidad informal.

9.1.5 Calidad Ambiental.

La calidad ambiental en Bucaramanga, conforme Al Índice De Calidad Ambiental Urbana (ICAU) no se encuentra en la mejor condición, ya que, según se expone en el Plan de Desarrollo de la ciudad de Bucaramanga 2020-2030, (2020) está calificada como baja, con un 29.61% acentuando en una disminución latente de la calidad. El cambio climático y el alza de las temperaturas en la ciudad evidencia un aumento gradual que supera la proyección prevista por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), en donde se espera un aumento de 0,09 °C para el año 2040 si no se toman acciones que corrijan esta conducta.

Si bien la ciudad cuenta con algunas estaciones fijas y móviles para el monitoreo de la calidad de aire, estas resultan pocas y no cuentan con un plan de gestión de calidad del aire, dificultando el control y la implementación de acciones mitigantes. El parque automotor y el sector industrial son las principales fuentes de emisiones de material particulado, generando contaminación atmosférica afectando la calidad de vida de los ciudadanos.

Es así como la contaminación atmosférica, se convierte uno de los factores que mayor afectan la calidad del aire, además de ser la principal causante de enfermedades respiratorias y cardiovasculares (Organización Panamericana de la Salud – OMS, 2019), y sobre la cual no se ejerce ningún tipo de control. Para conocer la cantidad actual de

emisiones de CO₂ en kilogramo por persona por kilómetro recorrido se hizo uso de encuestas que se realizaron a 384 ciudadanos Bumangueses, donde se obtuvieron los siguientes resultados:

9.1.6 Modos de transporte.

La determinación de los modos de transporte empleados por los habitantes de la ciudad de Bucaramanga se realizó mediante la toma de datos, recopilados en la encuesta, desde donde se observó que el modo de transporte mayormente empleado por los Bumangueses es la motocicleta, seguido del uso del carro propio.

Medios de movilidad no motorizados como la bicicleta y la caminata son poco empleados por los ciudadanos ya que, en sus palabras, la percepción de seguridad es baja, lo cual se constata en la Encuesta de Percepción Ciudadana, (2021) en donde la percepción de seguridad no supera el 53%, sumado a la carencia de infraestructura física que permita el normal desarrollo de dichas actividades con una insuficiente red de ciclorrutas de tan solo 7 kilometro, la cual tan solo es el 1,75% de la red vial de la ciudad de Bucaramanga, que oscila entre los 499 kilómetros.

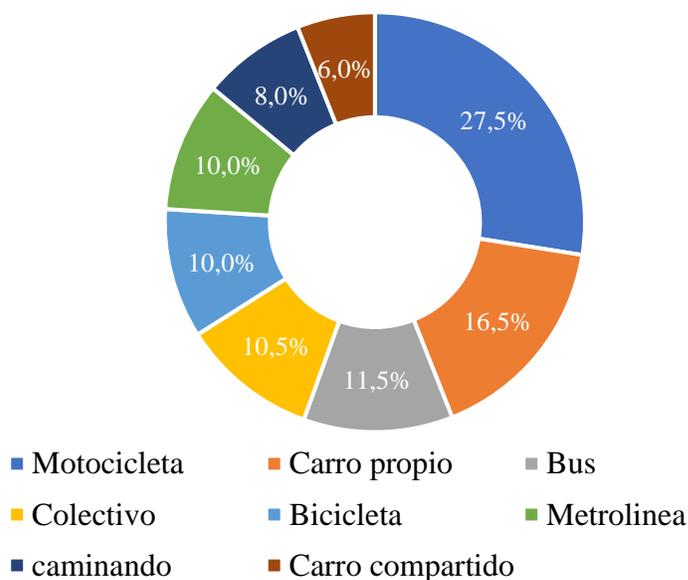
El transporte público corresponde al 21,5% de las personas encuestadas, debido a que, no se cuenta con suficiente cobertura y el servicio prestado no es el ideal, presentando demoras prolongada entre trayectos y tiempos de espera del mismo, lo que se evidencia en la Encuesta de Percepción Ciudadana, (2021), donde el 45% de los habitantes aseguran que el transporte público toma más tiempo que el privado, para llegar a su lugar de destino.

Finalmente, el vehículo compartido ocupa el último lugar, con un 6% de las personas encuestadas, que, en sus palabras, no transmite seguridad y muchas veces no llega hasta su lugar de destino y deben concluir su recorrido caminando.

Sin lugar a duda, los modos de transporte verdes y no motorizados, como la caminata, la bicicleta y el auto compartido, presentan bajos índices de aceptabilidad debido a la ausencia de infraestructura vial y física, sumado a los bajos índices de seguridad que presenta la ciudad.

Figura 1.

Modos de transporte empleados en Bucaramanga.



Nota. Los valores aquí expuestos corresponden a un porcentaje equivalente para una muestra de 384 personas. La predominancia de la motocicleta y otros modos de transporte motorizados, coinciden con la contaminación del aire de la ciudad.

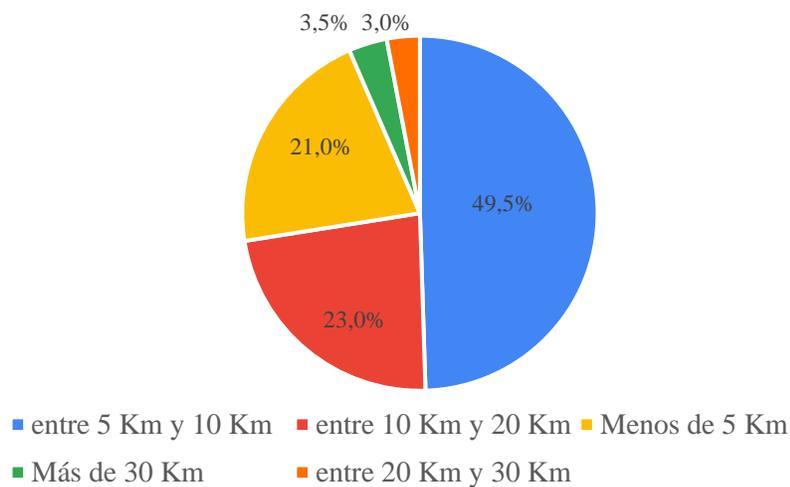
9.1.7 Distancia media de recorridos.

Los trayectos de recorrido por los ciudadanos por dos trayectos diarios oscilan entre los 5 y los 30 kilómetros. En general, el 49,5% de los ciudadanos emplean entre 5 y 10 kilómetros por trayecto para movilizarse desde su lugar de residencia hacia la zona de desarrollo socio económico, los cuales, al contratarse con datos de lugar de vivienda, coinciden con los barrios que se encuentran a la periferia de la ciudad, y a su vez, coincide con el modo de movilidad mayormente empleado el cual corresponde a la motocicleta.

De esta manera, los ciudadanos de Bucaramanga diariamente deben realizar largos trayectos hacia sus zonas de desarrollo, lo cual, sumado a la poca infraestructura física para el uso de la bicicleta y la caminata, incentivan al uso indiscriminado del vehículo motorizado, y como consecuencia, se genera el aumento en las emisiones de CO_2 , deteriorando la calidad del aire de la ciudad y por consiguiente la calidad de vida de los ciudadanos.

Figura 2

Distancia media de recorridos hacia zona de desarrollo socioeconómico.



Nota. La figura representa los tiempos empleados por los ciudadanos de Bucaramanga para movilizarse diariamente a sus zonas de desarrollo socioeconómicos, siendo los recorridos de largas distancias, un problema latente dentro del marco de emisiones de CO_2 a la atmosfera.

Una vez se conocen datos referentes a los modos de transporte y los tiempos medios por trayecto de recorrido, se procede al cálculo de las emisiones de CO_2 correspondiente al área de la movilidad dentro de la ciudad de Bucaramanga. Para esto, se hizo uso de una calculadora de CO_2 desde donde se obtuvo la información pertinente para generar un mapa de contaminación por emisiones de CO_2 por comunas.

9.1.8 Emisiones de CO_2 .

La determinación de la calidad del aire, en función de las emisiones de CO_2 equivalente por persona por kilómetro recorrido, según el modo de transporte, se realizó mediante la elaboración de encuestas, en donde se sustrajo información relacionada a los modos de transporte y distancias recorridas, con los cuales, mediante la herramienta informática, calculadoras de emisiones de CO_2 la cual se encuentra disponible en línea a través de Cero CO_2 , se obtuvo la cantidad de emisiones en porcentaje por común dentro de la ciudad de Bucaramanga, en donde 2 de las 17 comunas(comuna 12 y comuna 13) presentaron los más altos índices de contaminación del aire por emisiones de CO_2 equivalente, como se muestra en la tabla 1.

De esta manera fue posible determinar el mapa de contaminación por CO_2 para la ciudad de Bucaramanga, identificando así, los sectores que más emisiones aportan a la atmosfera, tal y como se presenta en la figura 3.

Los barrios, Cabecera, Sotomayor. Campestre, Boloqui, Mercedes, Puerta del Sol, Conucos, El Jardín, Pan de Azúcar, Los Cedros, Terrazas, La Floresta, Los Pinos, San Alonso, Galán, La Aurora, Las Américas, Prado, Mejoras Publicas, Bolívar y Álvarez, pertenecientes a las comunas 12 y 13 respetivamente, representan sectores situados entre la *carrera 21* y la *carrera 36*, los cuales colindan con dos 3 de las arterias principales de movilidad de la ciudad de Bucaramanga, siendo estas la *carrera 21*, *carrera 27* y *carrera 33*, en donde, según la experiencia, permite evidenciar mayor flujo vehicular y a su vez, mayor desarrollo de actividades socioeconómicas, dando peso a la premisa que los sectores con mayor actividad socio económica, representan mayores emisiones de contaminación por CO_2 equivalente.

Tabla 4

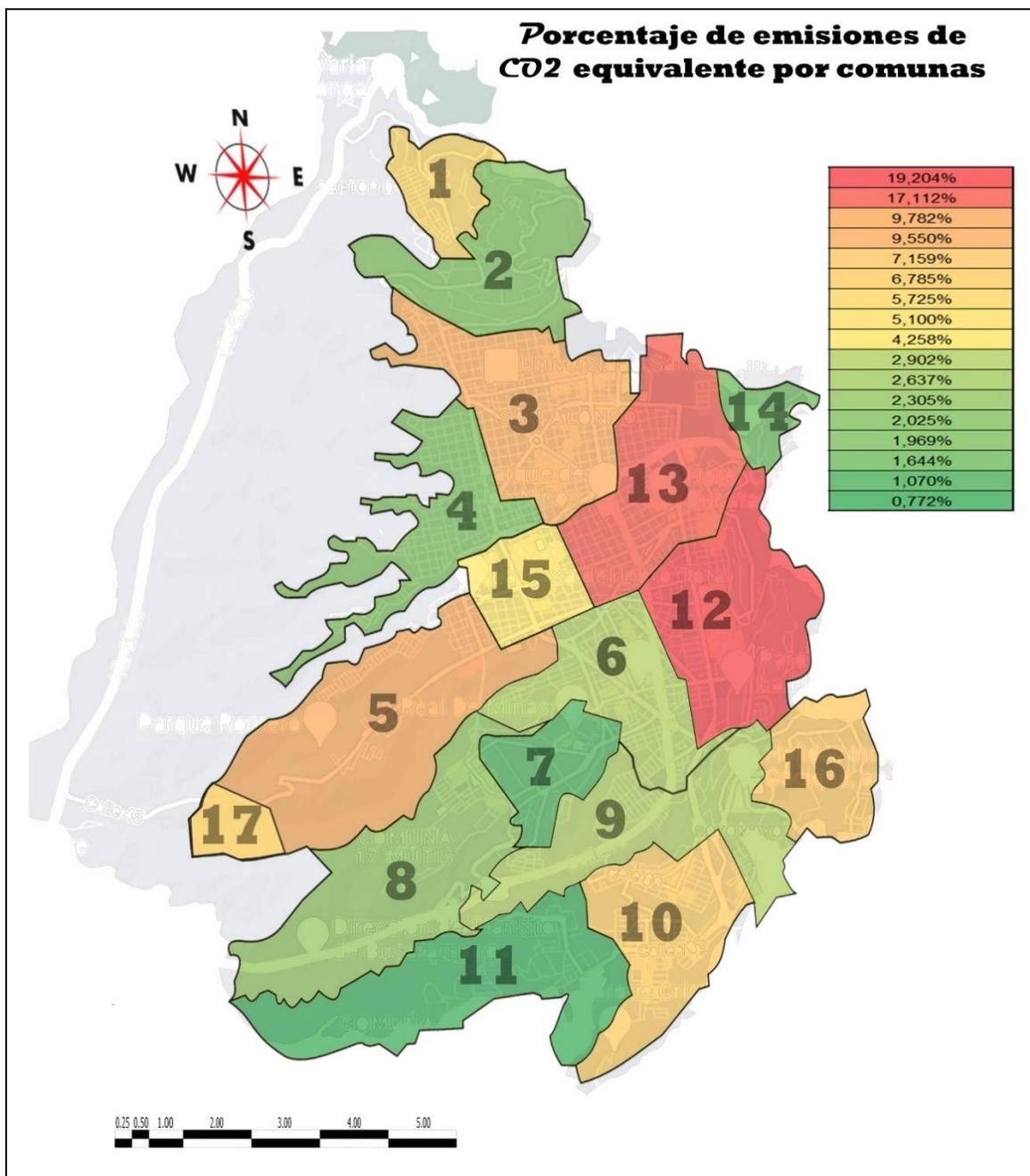
Porcentaje de emisiones de CO_2 para las 17 comunas de Bucaramanga

Comuna	Emisiones CO_2 en Kg/persona	% Emisiones CO_2 en Kg/persona
12	62,905	19,204%
13	56,0525	17,112%
5	32,04	9,782%
3	31,2825	9,550%
16	23,45	7,159%
10	22,225	6,785%
1	18,7525	5,725%
17	16,70375	5,100%
15	13,9475	4,258%
6	9,505	2,902%
9	8,6375	2,637%
8	7,55	2,305%
2	6,6325	2,025%
4	6,45	1,969%
14	5,385	1,644%
7	3,505	1,070%
11	2,53	0,772%

Nota. La tabla representa, en forma descendente, los niveles de emisión de CO_2 en porcentaje para cada una de las 17 comunas de la ciudad de Bucaramanga, obtenida mediante la recopilación de información de encuestas realizadas. Estos valores son representativos de la muestra seleccionada.

Figura 3

Mapa de porcentaje de emisiones de CO_2 por comunas de Bucaramanga



Nota. La figura presenta el mapa de la ciudad de Bucaramanga, sectorizado por 17 comunas, representando gráficamente los niveles de emisiones de CO_2 . Para esto, se hizo uso del software Arc Gis, y se generó el mapa de datos, con información suministrada mediante la encuesta realizada a los habitantes de la ciudad.

De la recolección de información realizada por las encuestas, se puede concluir que la ciudad presenta sectores focalizados con altos índices de emisiones de CO_2 , y que estos se asocian a las zonas donde se desarrollan mayormente las actividades socioeconómicas como lo son Cabecera, El Prado, Sotomayor, Conucos, San Alonso, La Aurora, Mejoras Públicas, Universidad, centro, entre otros, los cuales colindan con arterias principales de la ciudad como calle 9, avenida Quebrada Seca, calle 36, calle 45, y calle 56, y por carreras como Diagonal 15, carrera 21, carrera 27, y carrera 33; sectores con mayor demanda de actividades socioeconómicas en la ciudad.

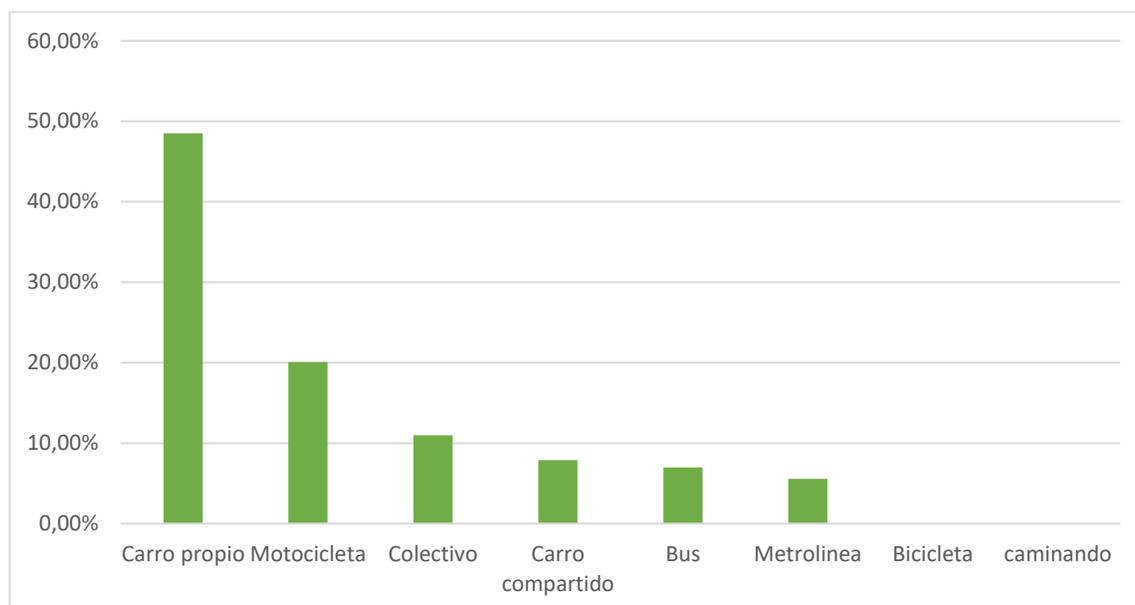
De igual manera, los barrios donde se presentan menores emisiones de CO_2 corresponden a sectores de la periferia y centro-sur de la ciudad como lo son Porvenir, Malpaso, Coaviconsá, Ciudad Venecia, Real de minas, Barrio Bucaramanga, Pablo Sexto, 20 de julio, entre otros, en donde la actividad socio económica esta sesgada a ciertos grupos demográficos, principalmente, residentes de estos sectores.

El análisis de la información recopilada demuestra, lo expuesto en la teoría de *Alonso*, (Graizbord. 2018) acerca de la localización y uso del suelo, descrita en el apartado 5.2 de este documento, en vista de que los barrios que se aproximan a los sectores con más alta demanda de desarrollo socioeconómico, que, a su vez, también cuentan con mayor índice de emisiones de CO_2 corresponden a los estratos 4, 5 y 6, y aquellos que se ubican en la periferia, y cuentan con índices de emisiones de CO_2 bajos, se encuentran en los estratos 1, 2 y 3.

Complementariamente, se pudo obtener la cantidad de emisiones de CO_2 en promedio para cada modo de transporte, encontrando que el carro propio y la motocicleta, son los vehículos que más aportan emisiones de CO_2 contaminando el aire de la ciudad de Bucaramanga.

Figura 4

Porcentajes de emisiones de CO₂ según modo de transporte



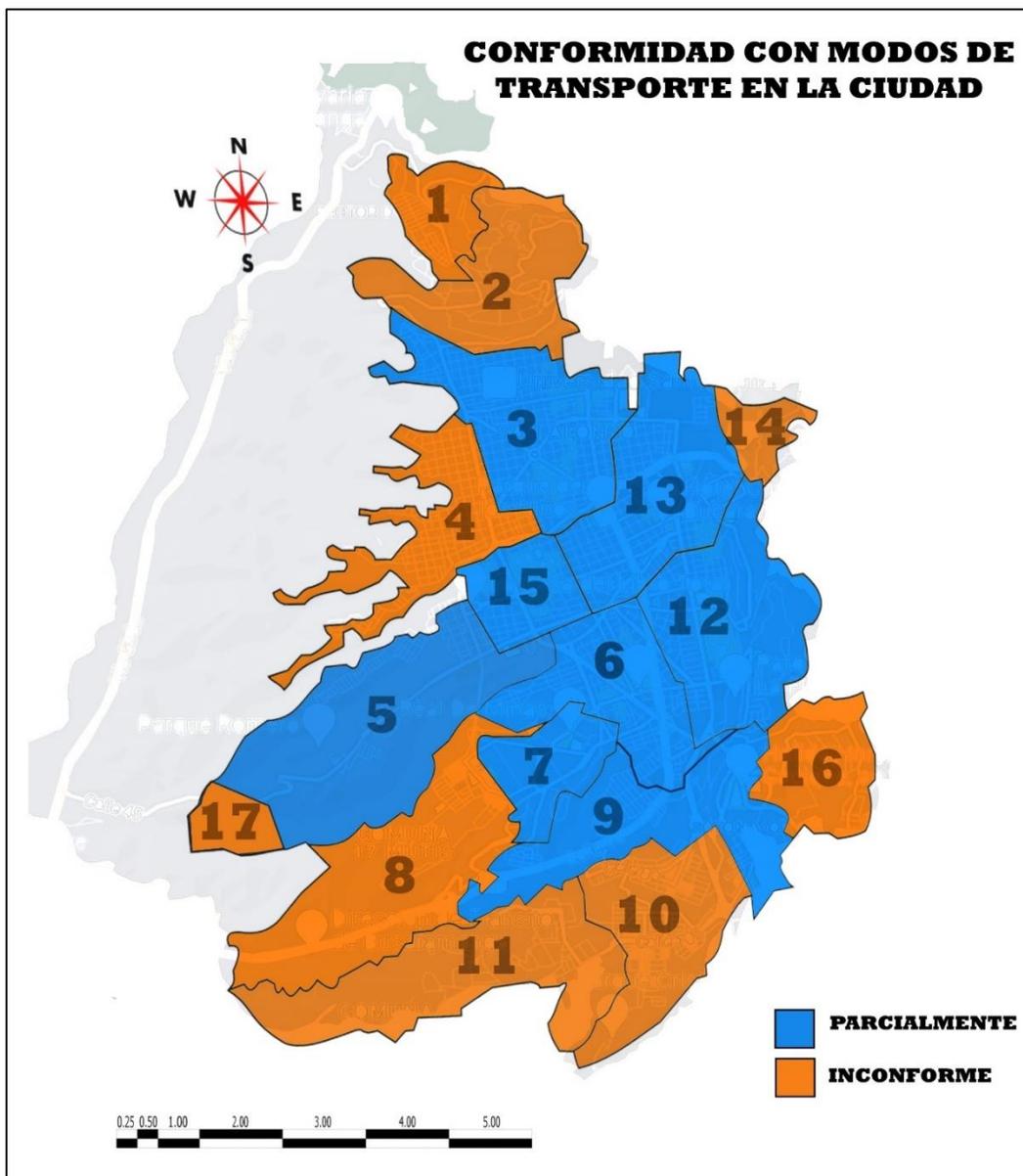
Nota. Los porcentajes de emisiones por modo de transporte fueron obtenidos como análisis de los datos captados mediante la encuesta, siendo los modos de transporte motorizados los causantes de alrededor del 80% de las emisiones de CO₂

9.1.9 Satisfacción y percepciones de movilidad.

En temas de satisfacción y percepción de la movilidad, cuando se les pregunto a los habitantes de Bucaramanga si estaban satisfechos con los modos de movilidad en la ciudad, estos afirmaron estar, en su mayoría, parcialmente satisfechos, salvo por los habitantes de las comunas 1, 2, 4, 8, 10, 11, 14, 16 y 17 (Kennedy, Café Madrid, Norte, Gaitán, Girardot, Santander, El Cristal, El Roció, Toledo Plata, Bucaramanga, Cordoncillo, Pablo Sexto, Morrорrico, Buenos Aires Lagos del Cacique, Santa Barbara, Mutis, entre otros) que, afirmaron estar nada conformes, debido la poca cobertura de transporte e infraestructura vial física de los barrios que conforman dichas comunas y que a su vez, se encuentran dispuestos en áreas de la periferia de la ciudad, tal y como se muestra en la figura 5.

Figura 5

Mapa de conformidad con modos de transporte de Bucaramanga



Nota. El mapa representa la conformidad con los modos de transporte, sectorizado por comunas de Bucaramanga. En la recolección de la información ninguna de las personas encuestada afirmó estar totalmente satisfecha con los modos de transporte, lo cual sugiere una modificación pronta en estos.

Es debido a la inconformidad, ya sea parcial o total, con los modos de movilidad de la ciudad, particularmente los medios de transporte público, que los habitantes han optado

por el uso del vehículo privado para dirigirse a sus lugares de desarrollo socioeconómico, tal y como lo expresa Ardila, (2017) en donde la motocicleta resulta ser el modo de transporte mayormente utilizado por los Bumangueses debido a que se trata de un medio de transporte efectivo, de fácil adquisición económica y complemento como herramienta de trabajo para el sostenimiento de sus hogares.

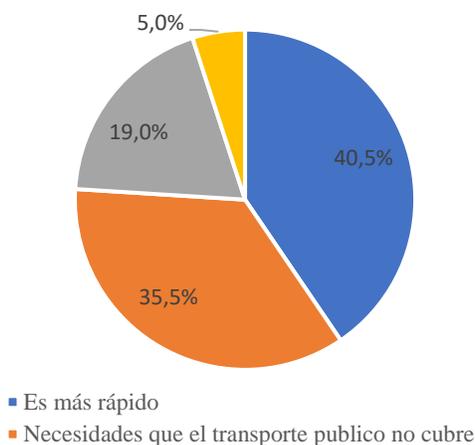
Finalmente, se les pregunto a los encuestados la razón para elegir el transporte privado como su modo de transporte y la mayoría de los encuestados opino que el transporte privado representa un modo de transporte más rápido que el público, como se puede observar en la figura 6, si se tiene en cuenta los tiempos de espera, las paradas para recoger y dejar pasajeros y, las largas rutas que recorren diariamente.

Asimismo, los ciudadanos que habitan la periferia y zonas centrales prefieren el uso del transporte privado en vista de que el transporte público no cubre la alta demanda de pasajeros ni tienen total cobertura, además de los problemas técnicos y de ergonomía que presentan, incentivando al uso del transporte informal como los colectivos y propia al uso de la motocicleta.

Es así como, en concordancia con los modos de transporte utilizados, aproximadamente el 50% de los encuestados prefieren el transporte privado, satisfaciendo sus necesidades de comodidad y tiempos de movilidad, problemática latente en los modos de transporte público y la razón principal por la cual ha perdido popularidad entre los ciudadanos.

Figura 6

Principales razones para la utilización del transporte privado



Nota. La figura representa en porcentajes, las razones por la cual las personas encuestadas prefieren el uso del transporte privado. En contraparte con el transporte público, el privado resulta ser más rápido y cómodo para los usuarios, y puede llegar a zonas donde el transporte público no tiene cobertura o no cuenta con infraestructura vial física para hacerlo.

Ahora bien, con la información recopilada y el diagnóstico realizado para la ciudad de Bucaramanga, se pudo determinar la situación de partida desde donde se intentará dar una solución parcial o que mitigue la problemática actual en temas de movilidad, para lo cual se propone la creación de una serie de estrategias para la movilidad sostenible, tomando como referente el plan maestro de movilidad de Copenhague las cuales consignaron en el siguiente apartado.

9.1.10 Matriz DOFA.

Con la información recopilada de la situación actual de la ciudad de Bucaramanga, en temas de movilidad, y la información obtenida mediante las encuestas, acerca de la satisfacción y percepción de los ciudadanos en temas de movilidad, se procede al desarrollo de una maris DOFA, resaltando los factores fuertes para la implementación de un programa de estrategias sostenibles para la movilidad, así como los puntos débiles, y las oportunidades y amenazas, de tal manera que se pueda obtener una visión global de la situación. La tabla 5 presenta la matriz DOFA para la implementación de un programa para la movilidad sostenible de Bucaramanga.

Tabla 5

Matriz DOFA movilidad en Bucaramanga

Oportunidades	Amenazas
Reducir el impacto ambiental asociado a las emisiones de CO_2 generado por la movilidad	Resistencia al cambio por parte de los ciudadanos, en especial de edades mayores, al nuevo modelo de movilidad
Mejorar la accesibilidad en Bucaramanga, mediante modos de movilidad no motorizados	Falta de apoyo por parte de los actores estratégicos
Contar con nuevas áreas dentro de la ciudad de Bucaramanga, para ciclistas y peatones	Intereses particulares de los usuarios del transporte público y privado

Mejorar la calidad del transporte urbano y metropolitano	Falta de recursos económicos
Reducir el uso del vehículo privado	Mala promoción de la cultura ambiental

Fortalezas	Debilidades
Iniciativa de un plan de movilidad que incorpora elementos de sostenibilidad	Falta de acoplamiento de planes de movilidad entre cambios de gobierno de la ciudad
Datos de la comunidad sobre origen, destino, tiempos y distancias de recorrido	
Histórico de encuestas en temas de movilidad	Omisión de los grupos de interés (peatones y ciclistas) en la elaboración de planes de movilidad
La ciudad cuenta con espacios para ejecutar actuaciones	

Nota. La matriz DOFA representa los factores que se deben analizar desde el punto de partida, en temas de movilidad, de tal manera que puedan ser tenidos en cuenta para la elaboración de las estrategias de movilidad sostenible.

9.2. Identificación de las estrategias de movilidad urbana sostenible en Copenhague replicables en Bucaramanga.

Siendo llamada “la capital medioambiental europea” por la European Environmental Agency, tal como lo expone Jamison, Cramer y Lasso, (1990), Copenhague introdujo la noción de “sustentabilidad” luego de la creación de un plan gubernamental para el medio ambiente y el desarrollo en 1988 que representaba la ambición de extender la democracia procurando el cuidado del medio ambiente y la planificación del tránsito, así como el desarrollo de políticas de transporte.

En 1990 este plan fue reemplazado por uno nuevo, donde se incluía políticas de transporte, tránsito y medio ambiente, en vista de que, en aquel momento, la contaminación del aire era considerada el problema ambiental más serio de Dinamarca. Este nuevo plan, significaba que Dinamarca y su capital, Copenhague, se transformarían en precursores de la modernización ecológica.

Consecuentemente, Copenhague es por hoy una de las pocas ciudades donde la noción de desarrollo sustentable es parte de las estructuras establecidas y se encuentra integrada en varios sectores de la sociedad (Thynell, 2005). Desde entonces, tomando las palabras de Thynell, (2005) la política declarada era asegurar el funcionamiento del sistema de transporte, disminuyendo el nivel de emisiones y deteniendo el aumento de viajes en automóvil, en orden a incrementar el transporte sostenible, siendo su principal objetivo, hacer operativas algunas medidas de corto plazo en relación con los buses públicos y estimular los modos de transporte no motorizados como la bicicleta y caminata. En el 2003, cerca del 50% de los viajes al centro de la ciudad se realizaron en bicicleta, así como el 34% de los viajes al trabajo. Para ese mismo año, Copenhague tenía 5,5 kilómetros de galerías peatonales y alrededor de 6% de los viajes al centro se hicieron caminando.

De esta manera, la elaboración de estrategias para la bicicleta, los peatones y los estacionamientos, fueron alternativas para hacer mejorar la calidad de vida del centro de la ciudad. Desde una perspectiva global y europea, el transporte urbano en Copenhague fue bien administrados y controlados, ya que, los cambios estructurales de los años 80s y 90s hicieron posible el desarrollo de un transporte urbano local sostenible.

9.2.1 Determinación de criterios para la selección de estrategias.

En función con el marco de referencia, presentado previamente en el capítulo 5, se logró determinar una serie de parámetros principales que permitieron construir los elementos estratégicos para la selección de las estrategias de movilidad sostenible, destacando al usuario y el medio ambiente, como los actores principales dentro de una movilidad menos contaminante y más participativa. Los criterios a tener en cuenta entonces constan de factores como movilidad urbana sostenible, participación ciudadana, conciencia ambiental y planificación territorial urbana, tal y como se describen a continuación:

9.2.1.1 Movilidad urbana sostenible.

Hablar de movilidad urbana sostenible implica la integración de la misma a un sistema global de sostenibilidad que permita cubrir las necesidades actuales de todos los actores de la movilidad, sin que comprometa la capacidad de generaciones venideras para satisfacerlas, y que, a su vez, no se limite a garantizar o promover la permanencia del capital natural mínimo requerido. Por el contrario, debe proveer elementos necesarios para

efectuar un acceso más equitativo, igualitario y democrático a la riqueza natural y al mismo tiempo construir una mentalidad sensibilizada socialmente para pensar en la naturaleza como un valor en sí mismo, como parte auténtica y autónoma, provista de sentido y razón de ser, mejorando con esto los propósitos humanos (Lezama & Domínguez, 2006).

Dicho esto, el transporte verde juega un rol muy importante hacia la transición de la movilidad sostenible, siendo la bicicleta el modo de transporte predominante en este, y que, en palabras de Mancilla:

La bicicleta es el vehículo más eficiente en cuestión de distancia recorrida y la cantidad de energía suministrada, facilita la libertad de movimiento ya que no requiere de infraestructura en particular, por lo que permite conexión de sectores rurales o marginados, además de ser el medio de transporte más rápido en hora pico.(Mancilla, 2011)

Llevando estas premisas a cifras, Bogotá, quien desde 1999 a la fecha, ha logrado la construcción de 300 kilómetros de ciclorrutas, adoptando una red en malla más versátil y adaptable, destinada a funcionar como una forma de transporte diaria, ha conseguido que cerca de 200.000 personas se movilicen diariamente por dichas vías, lo que significa la reducción de un 20% del tráfico en vehículo privado. Como este, destacan numerosos ejemplos posibles como Ámsterdam o Groningen (Holanda), Münster o Gante (Bélgica) y San Sebastián (España) (Ideas y buenas prácticas para la movilidad sostenible, 2007).

9.2.1.2 Participación, ciudad y movilidad.

Desde el enfoque de esta investigación se ha integrado la participación ciudadana, siendo la movilidad sostenible promotor en el diseño de estrategias de movilidad que contemplen como actor principal al ciudadano y no al vehículo, como normalmente se ha venido desarrollando. Es así que, desde esta perspectiva se considera la participación ciudadana como un proceso de gobernanza que incluye una participación activa de los grupos sociales, la opinión de los representantes populares, en especial de aquellos grupos que se ven afectados por el problema de la movilidad urbana.

La participación ciudadana, permite contemplar al usuario, como el eje central para el desarrollo de las estrategias de movilidad, desde su diseño hasta la implementación de las

mismas, brindando soluciones sostenibles para el normal desarrollo de su movilidad, creando escenarios que le permitan moverse de manera libre, sin riesgos de accidentes y brindándole comodidad, tal como es el caso de los corredores verdes. La peatonalización de las calles es una forma de rehabilitar el espacio público y dotarlo nuevamente de sentido, recuperado así la actividad y actuación perdida durante la expansión automovilista.

Un ejemplo de esto es Nuremberg, Alemania, quien desde la década de los 70 ha peatonalizado gradualmente su centro histórico, errando el tráfico de plazas y calles significativas del mismo, buscando conseguir una mejora en la calidad del aire, y para 1989 se logró la peatonalización total de dicha área, permitiendo el acceso en algunas zonas a residentes y creando rutas para entrega de mercancías con restricciones horarias (Ideas y buenas prácticas para la movilidad sostenible, 2007).

Entre las claves del éxito, señalan la consulta pública para ganar aceptación popular, logrando así una disminución del 52% del tráfico medio en zonas interiores y una disminución evidente del 30% de los agentes contaminantes del aire tanto dentro como fuera del centro histórico entre 1981 y 1989 (Ideas y buenas prácticas para la movilidad sostenible, 2007).

9.2.1.3 Conciencia ambiental.

El desarrollo de las estrategias planeadas debe contemplar el actuar para la generación de conciencia ambiental, generando de manera directa el proceso participativo de la población, ya que, el simple hecho de diseñar infraestructura para modos de movilidad no motorizadas no garantiza el éxito de la misma, debido a que los ciudadanos necesitan identificar la importancia en los ramos sociales, económicos y ambientales (Manilla, 2011).

Las selección de estrategias, debe contemplar la creación de propuestas de incidencia, que involucre a diversos actores claves de la sociedad, facilitando la generación de compromisos políticos dentro de los programas de gobierno, que permita establecer de manera continua el apoyo, promoción, divagación, financiamiento, aceptación creación de programas educativos-ambientales y reingeniería en los procesos de avance, mediante la creación de políticas públicas que favorezcan el transporte no motorizado, tal y como lo expone Suero (2010) en su investigación “*La bicicleta como medio de transporte en la ciudad de Bogotá*”.

9.2.1.4 Planificación territorial y urbana.

Partiendo de la premisa del planteamiento futuro de la comunidad o instrumento de guía para la expansión de la comunidad, comúnmente conocido como el plan de ordenamiento territorial (*POT*), se debe generar condiciones de planeación y diseño urbano apropiados hacia una red de movilidad que, por principio, posea flexibilidad para que los ciudadanos elijan un medio de transporte no contaminante cuando realizan sus actividades diarias.

La planificación urbana debe entonces contemplarse como un todo, un espacio para el desarrollo de los modos de movilidad no motorizados, tomando la bicicleta y al peatón como modos de transporte no contaminantes más eficientes, mediante la generación de elementos que faciliten la ampliación de la infraestructura vial ciclista existente, para que logre una mayor conectividad en todos los tramos, gestión del tráfico, seguridad y comodidad en los trayectos, señalización y sin lugar a dudas, la inclusión de la bicicleta en los *POT*, en la planeación del transporte, desde su fase de diseño hasta su ejecución, y en general en los programas que involucren infraestructura tanto pública como privada (Suero, 2010).

De igual manera, la planificación del tráfico debe obedecer la puesta en marcha de medidas que fuercen a los vehículos a circular a velocidades moderadas, asegurando la convivencia de peatones, bicicletas y vehículos al mismo tiempo. Para esto, la construcción de elementos sobre la calzada, el diseño de itinerarios sinuosos para vehículos y sobre todo la disminución del ancho de calzada, como elementos que obliguen al conductor a reducir su velocidad por cuestiones físicas (Ideas y buenas prácticas para la movilidad sostenible, 2007).

9.2.2 Selección de estrategias.

Para el análisis del proyecto se hizo estudio del Plan de Movilidad Urbana de Copenhague (*Action Plan for Green Movility*), en donde se realizó una revisión exhaustiva de las estrategias que, en vista de la situación demográfica, infraestructura vial, espacio público, parque automotor y calidad del aire, descritas brevemente en el ítem **9.1** del presente documento, pueden ser replicables dentro de la ciudad de Bucaramanga, las cuales

han sido extraídas de dicho plan, en función de los parámetros descritos en el apartado anterior, y que se describen brevemente a continuación:

9.2.2.1 Estándares de estacionamiento.

Los estándares de estacionamiento en Copenhague se han determinado tener en cuenta tanto a los ciudadanos como al medio ambiente de la ciudad. Los ciudadanos y el sector empresarial deben poder estacionar cerca de sus lugares de residencia y negocio, respectivamente, al mismo tiempo que se reduce el tráfico de automóviles a los lugares de trabajo.

Es así como el plan de movilidad sostenible de Copenhague propende un mínimo de área para aparcamiento de automóviles y bicicletas, proporcionando zonas adecuadas alrededor de los lugares de residencia y edificios comerciales más concurridos. Dicho esto, se estableció el uso un área máxima de $200 m^2$ para estacionamiento de automóviles y bicicletas, concedido por edificios residenciales o comerciales en los distritos urbanos densos, en donde debe existir un mínimo de una plaza de aparcamiento cada $200 m^2$ y 2,5 plazas de aparcamiento para bicicleta por cada $100 m^2$.

9.2.2.2 Medios Verdes de Transporte.

Pensar en transportes verdes no significa pensar en medios sofisticados de última tecnología; son medios o modos de movilidad, los cuales generan un impacto casi nulo o cero de emisiones de CO_2 en el transporte de usuarios, como la bicicleta, el transporte público, los peatones, el auto compartido y los autos eléctricos y para permitir un crecimiento en su uso, debe generarse una cohesión entre estos, que incluya infraestructura vial física en buenas condiciones y de esta manera, se complementen entre sí.

El objetivo de Copenhague es convertirse en la mejor ciudad ciclista del mundo y que la mitad de los viajeros vayan a su lugar de trabajo u hogar en bicicleta. Esto significa que se espera un incremento en el uso de la bicicleta como modo de transporte verde, de tal manera que se incorpore en toda la planificación y en todas las soluciones de la ciudad.

Conjuntamente, las condiciones para los peatones deben ser particularmente importantes para la movilidad verde, tanto para apoyar al transporte público como para ser visto como modo de transporte propio, saludable y verde, considerándose en igualdad de condiciones con otros modos de transporte. De esta manera, Copenhague creó una red

peatonal prioritaria que permite conectar a los ciudadanos con los diferentes nodos de desarrollo socioeconómico.

9.2.2.3 La mejor ciudad del mundo para las bicicletas. La RED PLUS y sus atajos.

Si se quiere aumentar aún más el uso de la bicicleta y la proporción de ciclistas, se debe buscar la manera en que movilizarse dentro de la ciudad en bicicleta sea más fácil y rápido para lo cual se necesita una red directa, coherente y cómoda de ciclorrutas. Por tanto, la selección de la RED PLUS, compuesta por rutas ciclistas verdes, super carreteras ciclistas y rutas ciclistas más congestionadas, debe ser más ancha, de modo que muchos ciclistas puedan transitar a la vez por un mismo carril, de manera segura y cómoda, a una velocidad que se adapte al ciclista.

Dado que el tiempo de viaje es un parámetro importante a la hora de selección del modo de transporte, se deben establecer los enlaces faltantes en la red de movilidad ciclista como, por ejemplo, puentes, túneles, atajos en los cruces de plazas, entre otros. Esto genera un aumento significativo en los usuarios de la bicicleta, disminuyendo las emisiones de CO_2 y el congestionamiento en las vías.

9.2.2.4 Auto Compartido.

El auto compartido como reemplazo de todos los conductores que tienen su propio automóvil significa menos automóviles y por consiguiente menos contaminación. Copenhague fomenta el uso de autos compartidos, proporcionando plazas de aparcamiento reservadas para autos compartidos, permitiendo el no cobro por su uso.

Asimismo, la experiencia ha demostrado que las personas que forman parte de un programa de autos compartidos son más propensas a utilizar otros modos de transporte sostenible como las bicicletas, la caminata y el transporte público, generando un paradigma en el cambio de pensamiento y favoreciendo así el transporte ecológico.

9.2.2.5 Calles Principales.

Las calles principales de Copenhague son importantes arterias de tráfico por las que pasan las principales rutas de automóviles y bicicletas. Estas, a su vez, son céntricas calles comerciales y peatonales e importantes lugares de encuentro socioeconómico. La

coexistencia de todas estas funciones es la cualidad espacial de las calles principales, pero también plantea una serie de desafíos y la necesidad de iniciativas para unir las funciones.

La reconstrucción de las calles como Norrebrogade y Amagerbrogade, hará que el entorno comercial sea más atractivo, proporcionará mejores instalaciones para la gente que permanezca en la calle y garantizara mejores condiciones para peatones y ciclistas.

9.2.2.6 Zonas Ambientales.

Se denominaron zonas ambientales a las vías en los que los vehículos están restringidos en función de sus emisiones, limitando de esta manera la contaminación del aire y, al mismo tiempo, respaldar el desarrollo de modos de transporte cero contaminantes como la bicicleta y la caminata.

Copenhague ya cuenta con una zona ambiental pero estas restricciones están dadas para vehículos pesados y los altamente contaminantes, esperando la inclusión de automóviles, furgonetas de reparto y otros modos de movilidad motorizados que contribuyan significativamente a las emisiones de CO_2 .

9.2.2.7 Peatonalización de Calles.

Con la creación de zonas ambientales, se abre paso a la peatonalización de calles, en donde el peatón y el ciclista serán los actores principales y se generen corredores peatones verdes con espacios que permitan la interacción social en un ambiente libre de agentes contaminantes. Copenhague cuenta con una milla peatonalizada llamada Superkilen, la cual atraviesa los vecindarios con mayor diversidad étnica y desafíos sociales de Dinamarca, creando un espacio urbano, dividido en tres zonas: el cuadro rojo, el mercado negro y el parque verde y está concebido como una exhibición gigante de prácticas urbanas. Este facilita el intercambio sociocultural, y fomenta la caminata como modo de transporte, así como el uso de la bicicleta.

Tabla 6

Selección de estrategias de movilidad según criterios.

Estrategia PMM de Copenhague	Criterios de selección y aplicabilidad en Bucaramanga			
	Movilidad Urbana Sostenible	Participación, Cuidad y Movilidad	Conciencia Ambiental	Planificación Territorial y Urbana
Estándares de Estacionamiento	Brinda zonas de aparcamiento gratuito a vehículos que se movilicen con al menos 3 personas en su interior, reduciendo así el impacto del automóvil y su aporte a las emisiones de CO_2	Ofrece más espacios para aparcamiento evitando el mal uso de las calles vehiculares y zonas peatonales, ayudando a mitigar el problema del congestionamiento vial	Ayuda a generar conciencia acerca del buen uso del vehículo motorizado y a su vez incentiva al uso de los modos de transporte no motorizados.	Adecuaciones físicas en zonas residenciales, privadas y públicas, que permitan mayor área para aparcamiento, en donde exista al menos un aparcamiento cada $200 m^2$
Medios de Transportes Verdes	La implementación de modos de movilidad no motorizados reduce significativamente las emisiones de CO_2 al medio ambiente y potenciará el desarrollo social entre los ciudadanos	Otorga a la comunidad espacios y zonas para una movilidad no motorizada y permite la elección del modo de transporte que más convenga, con igual garantías de seguridad	Genera cambio de pensamiento acerca de los modos de transporte no motorizados, dando prelación al cuidado del medio ambiente mediante la reducción en las emisiones de CO_2	Requerimientos de diseño vial y Plan de Ordenamiento Territorial, en donde se contemple desde la primera etapa, la bicicleta y la caminata como modos de transporte principales en la mitigación de las emisiones de CO_2

Criterios de selección y aplicabilidad en Bucaramanga				
Estrategia PMM de Copenhague	Movilidad Urbana Sostenible	Participación, Cuidado y Movilidad	Conciencia Ambiental	Planificación Territorial y Urbana
La Mejor Ciudad para las Bicicletas	La bicicleta como principal modo de transporte no motorizado, ha resultado ser la mejor herramienta en temas de movilidad sostenible debido a su practicidad, velocidad de recorridos y cero emisiones de CO_2	Pretende tener en cuenta a todos los ciudadanos, dando prelación a aquellos que opten por el uso de la bicicleta mediante rutas coherentes con el cuidado de ellos y la organización territorial	La bicicleta como sinónimo de éxito y no de fracaso, siendo un modo de transporte no motorizado, con el cual se genera conciencia hacia el cuidado ambiental, mediante la reducción de las emisiones de CO_2	El desarrollo de la infraestructura para el tránsito de bicicletas, debe potencializar todas las ventajas competitivas de este modo de transporte; en vías congestionadas, el uso de la bicicleta puede ser el modo de transporte más rápido para realizar los distintos desplazamientos de un sector importante de la población
Auto Compartido	El Auto compartido como herramienta de mitigación al uso desmesurado del vehículo y a la congestión	Permite que los ciudadanos estén más comprometidos con el uso consciente del vehículo, y se motiva a generar un	Cuidado al medio ambiente, así como ahorros económicos, son las motivaciones que llevan a las personas al uso	Estrategia: Carriles exclusivos en zonas de alta transitabilidad para vehículos que circulen con al menos 3

Criterios de selección y aplicabilidad en Bucaramanga				
Estrategia PMM de Copenhague	Movilidad Urbana Sostenible	Participación, Ciudad y Movilidad	Conciencia Ambiental	Planificación Territorial y Urbana
	vehicular, así como agente mitigante de las emisiones de CO_2 provenientes del parque automotor	cambio de conciencia ambiental	del auto compartido. Se pretende alcanzar una ocupabilidad media de al menos 3 personas por vehículo	pasajeros en su interior.
Calles Principales	Mejoramiento de las condiciones físicas y sociales de las calles principales, dando prioridad a su desarrollo y permitiendo el intercambio socioeconómico, así como la implementación de áreas para la movilidad no motorizada	Atención ciudadana en donde se le da prelación a la movilidad sostenible, mediante la correcta señalización y los elementos estructurales adecuados que aseguren la movilidad en todas sus formas	Calles principales en donde circulen en igual condición modos de transporte motorizados y no motorizados, incentiva a una movilidad más consciente, buscando el cuidado del medio ambiente mediante la reducción en las emisiones de CO_2	Estrategia: Mayor señalización y uso de elementos estructurales que salvaguarden la integridad de los usuarios de los modos de transporte no motorizados, así como elementos que permitan hacer uso y disfrute de zonas de esparcimiento socioeconómico
Zonas Ambientales	Zonas destinadas a la no circulación de vehículos motorizados, o a la circulación exclusiva en horarios específicos, que	Prelación de la ciudadanía en especial de aquellos que opten por vehículos no motorizados, en zonas libres de emisiones de	Reducción de emisiones de CO_2 mediante la implementación de estrategias como la no circulación de vehículos	Se debe tener en cuenta el Plan de desarrollo sostenible, así como el Plan de ordenamiento territorial, en la definición de

Criterios de selección y aplicabilidad en Bucaramanga				
Estrategia PMM de Copenhague	Movilidad Urbana Sostenible	Participación, Cuidad y Movilidad	Conciencia Ambiental	Planificación Territorial y Urbana
	permitan un espacio libre de emisiones de CO_2 y propicie al uso de modos de transporte no motorizados	CO_2 garantizando así la calidad de vida de los mismos	motorizados por áreas específicas.	dichas áreas, teniendo en cuenta las vías en donde normalmente hay menos circulación vehicular y mayor desarrollo social.
Peatonalización de Calles	La peatonalización de calles resulta ser una herramienta para la implementación de modos de transporte no motorizados, cuyas emisiones de CO_2 sean nulas y a su vez, potenciar el desarrollo socioeconómico de los habitantes	Calles destinadas únicamente para el peatón, en donde se brinden elementos para uso y disfrute, como parques lineales, o zonas verdes, que permitan una movilidad peatonal segura y a su vez, brinden espacios para esparcimiento sociocultural	Permitirá la restricción total y permanente de vehículos motorizados por dichos sectores, reduciendo así las emisiones de CO_2 en estas zonas y propiciando a la caminata como modo de transporte principal	Se debe implementar en zonas donde la caminata sea el principal modo de movilidad. Para esto se seleccionará principalmente, los sectores en torno a los parques municipales, o puntos tradicionales de encuentro permanente de la comunidad.

Nota. Las estrategias del plan maestro de movilidad de Copenhague fueron seleccionadas según los criterios para su replicabilidad en Bucaramanga, en donde cada estrategia debía cumplir requisitos que aporten a la movilidad urbana sostenible, teniendo en cuenta la participación ciudadana y la planificación territorial urbana, pero que, a su vez, generen

conciencia ambiental en la mitigación de las emisiones de CO_2 asociadas al parque automotor.

9.2.3 Integración de estrategias al plan maestro de movilidad de Bucaramanga.

En el caso de la ciudad de Bucaramanga, y para el actual Plan Maestro de Movilidad (*PPM 2010-2030*), se puede establecer que, si bien, cuenta con algunos componentes que pretenden una movilidad sostenible, como lo son el uso de modos de movilidad no motorizados, tales como peatonalización de vías y ampliación de las ciclorrutas, los nuevos proyectos de infraestructura, por el contrario, favorecen un modelo de movilidad orientado al uso generalizado del vehículo privado, potenciando así sus externalidades negativas en la ciudad. De este último, hacen parte proyectos como la construcción y mejoramiento de los corredores viales en sus fases I, II y III como el anillo vial externo, corredor tramo carrera 9 – Mutis – Anillo vial, entre otros.

La propuesta actual tiene como premisa un incremento de la oferta del transporte, llevada a cabo mediante la construcción de corredores y tramos viales, buscando la reducción del congestionamiento y mejorar la movilidad dentro de la ciudad, ya que se dispondría más espacio físico para los automóviles.

Esta propuesta no solo carece de fundamento ambiental, sino que, la experiencia y múltiples investigaciones, han demostrado lo contrario; a más vías disponibles, más usuarios están dispuestos a usar el vehículo privado, con lo cual, la congestión aparecería nuevamente poco tiempo después (González, 2011).

La integración de las propuestas que aquí se exponen, pretenden una ampliación en la red de ciclorrutas, no solo hasta llegar a los 15 kilómetros de red, tal y como lo plantea el Plan Maestro de Movilidad, sino que llegue a una cantidad de kilómetros de al menos el 10 % de la red vial (40 kilometro) que conecte los diferentes puntos de la ciudad, en especial aquellos donde las condiciones sociales y físicas, no permiten el uso de vehículos privados y además de esto, el sistema de transporte público no tiene total cobertura.

Asimismo, la propuesta de creación de zonas ambientales, la cual se complementa con la peatonalización de vías y sectores urbanos, intenta romper el paradigma físico en el cual el vehículo tiene prelación sobre el peatón, en donde los peatones cuentan con espacios reducidos o nulos en algunos casos, para su correcta movilización. Por esta razón se busca

no solo brindarle al peatón seguridad y comodidad para realizar sus habituales recorridos, sumado la descontaminación del aire por CO_2 producido por el vehículo motorizado, buscando las zonas más concurridas por peatones para brindar una alternativa de movilidad sostenible.

Los estándares de estacionamiento se incorporan al Plan Maestro de Movilidad, mediante la generación de espacios públicos y privados destinados para aparcamiento en función de la demanda insatisfecha y la oferta necesaria para cubrirla. En igual medida, se debe tener en cuenta los horarios de mayor demanda insatisfecha, las horas pico y valle y las zonas de mayor concurrencia de vehículos aparcados, para la definición de las áreas públicas y/o privadas destinadas para este fin.

En contraparte con el parámetro de demarcación de zonas amarillas para aparcamiento, planteado por el Plan Maestro de Movilidad, esta propuesta propone hacer uso de espacios por los cuales no exista un flujo vehicular constante e inclusive, no exista una movilidad latente como lo es el uso de parqueaderos en zonas residenciales privadas que puedan ser cedidos para este fin, ya que, la demarcación de zonas amarillas, en función de la infraestructura vial y los espacios físicos urbanos disponibles, no generarían otra cosa más que un congestionamiento peor del existente.

Finalmente, y para incentivar el uso del vehículo compartido, se buscará la condonación de aparcamiento para aquellos vehículos que transiten con al menos 3 personas en su interior. Esto no solo permitirá una reducción significativa en el congestionamiento vehicular, sino que, a su vez, menos vehículos transitando se traducen a menos contaminación por CO_2 al aire, mejorando así la calidad del mismo y por consiguiente la calidad de vida de los ciudadanos de Bucaramanga.

De esta manera, el presente documento busca hacer énfasis en los modos de transporte no motorizados, pero también incentiva al desuso del vehículo particular de forma desmesurada y sin conciencia ambiental, fortaleciendo las propuestas en función de una movilidad urbana sostenible que propende hacia el objetivo de desarrollo sostenible número 11 que busca conseguir comunidades y ciudades sostenibles, para este caso, mediante el uso adecuado de modos de transporte que sean asequibles, seguros y ambientalmente amigables.

Se debe entonces, buscar las maneras de llegar a los medios de transporte verde, a los modos de transporte no motorizados, ampliando las propuestas sostenibles, no solo que busquen la reducción del congestionamiento vial, sino que generen un cambio de paradigma social, en donde el vehículo privado deje de verse como sinónimo de éxito, y los modos de transporte no motorizados como sinónimo de fracaso; un escenario en donde la forma de movilidad urbana tenga la doble función que permita movilizar de un lugar a otro y a la vez contribuya con la reducción de emisiones de CO_2 a la atmosfera.

9.3. Programa de estrategias para la movilidad sostenible en Bucaramanga.

El diagnóstico inicial de Bucaramanga permitió analizar, de manera técnica y subjetiva, la condición de partida de la ciudad en temas de movilidad, en donde se encontró un problema latente en los modos de transporte, así como en la infraestructura y más grave aún, en temas de calidad del aire, el cual, a la fecha, se encuentra en niveles bajos debido a la latente contaminación por emisiones de CO_2 .

A fin de mitigar dicha problemática, se realizó un estudio de las estrategias desarrolladas en Copenhague, que podrían ser replicables en Bucaramanga, tal y como se expone en el capítulo 9,2 de este documento, cumpliendo con ciertos requisitos en temas de sostenibilidad, participación ciudadana, conciencia ambiental y planificación territorial, con lo cual se estableció el siguiente programa.

9.3.1 Programa de estrategias sostenibles: Hacia una movilidad verde y sostenible.

En este capítulo se presenta la estructura de un proyecto de movilidad sostenible, que permita materializar un plan con sus respectivos objetivos de desarrollo, las estrategias y las áreas de acción. De este modo, se desarrolló un conjunto de actividades que se interrelacionan entre sí y son dirigidas a lograr resultados concretos para la transformación, mejora o mitigación de una situación, en un plazo limitado, que en este caso consiste en la mitigación de las emisiones de CO_2 concernientes al parque automotor.

El programa es entonces, la articulación de un grupo de proyectos, que, apuntan a un mismo objetivo general, implicando una visión sectorial para la solución de la problemática en cuestión.

9.3.1.1 Objetivo General

Establecer una serie de proyectos o alternativas para la movilidad sostenible a fin de mitigar las emisiones de CO_2 y que, a su vez, incentiven al uso de modos de transporte no motorizados, estableciendo política de desarrollo que logren un punto de equilibrio entre el factor económico, social y ambiental a través de la instrumentación de un sistema capaz de reducir los elementos contaminantes del aire, y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.

9.3.1.2 Objetivos Específicos

- Reducir la contaminación asociada a las emisiones de CO_2 producto del parque automotor y de una movilidad con carencia de carácter ambiental.
- Potenciar los modos de transporte no motorizados mediante la adecuación de infraestructura física, así como elementos estructurales de seguridad que puedan garantizar la seguridad y el uso de estos.
- Garantizar una red mínima peatonal y de ciclorruta que permita articular los sectores con mayor desarrollo socioeconómico de la ciudad, articulada con las áreas verdes y de recreación de la misma.
- Generar áreas de parqueo con incentivos positivos que propicien el uso del auto compartido, disminuyendo así el tráfico vehicular y por consiguiente las emisiones de CO_2 .
- Promover una cultura que propicie a los modos de transporte no motorizados dentro de la ciudad de Bucaramanga.
- Establecer zonas ambientales dentro de la ciudad, en zonas con cercanías a parques o reservas en donde no este permitido el uso del vehículo motorizado, y donde se propicien los elementos necesarios para uso de la caminata, la bicicleta y demás componentes para el descanso y esparcimiento social.

9.3.1.3 Descripción del programa.

La sostenibilidad y la ciudadanía deben considerarse componentes de un todo para conseguir una mejora general en la movilidad de la ciudad, con el consecuente impacto positivo en la calidad de vida de sus habitantes, desde la reducción de las emisiones de

CO_2 , producto de modos de transporte no motorizados y cada vez más amigables con el medio ambiente.

Las estrategias que aquí se exponen pretenden dar prioridad a los modos de movilidad no motorizados como lo son la caminata y la bicicleta, generando espacios para su libre y seguro desarrollo, con el fin último de reducir las emisiones de CO_2 y aportar a mejorar la calidad de vida de los habitantes de Bucaramanga.

Para garantizar la integridad de los planteamientos, se requiere la construcción, mantenimiento y adecuación de redes peatonales y ciclorrutas con el fin de asegurar la aplicabilidad de los modos de movilidad no motorizados y las estrategias que aquí se exponen, de tal manera que exista coherencia entre la conectividad entre los principales centros de desarrollo socioeconómico, bajo los preceptos ambientales, de seguridad vial, e infraestructura.

Es de vital importancia atender aspectos relacionados con el tráfico, el diseño geométrico y espacial de las carreteras y vías existentes, la iluminación y señalización adecuada, así como la correcta vigilancia de los corredores, a fin de garantizar comodidad y seguridad a los usuarios.

Se propone entonces, 5 estrategias para la movilidad sostenible en la ciudad de Bucaramanga, cuyo fin sea mitigar la problemática asociada a las altas emisiones de CO_2 y se describen a continuación:

9.3.1.4 De la bicicleta a la ciudad cosmopolita.

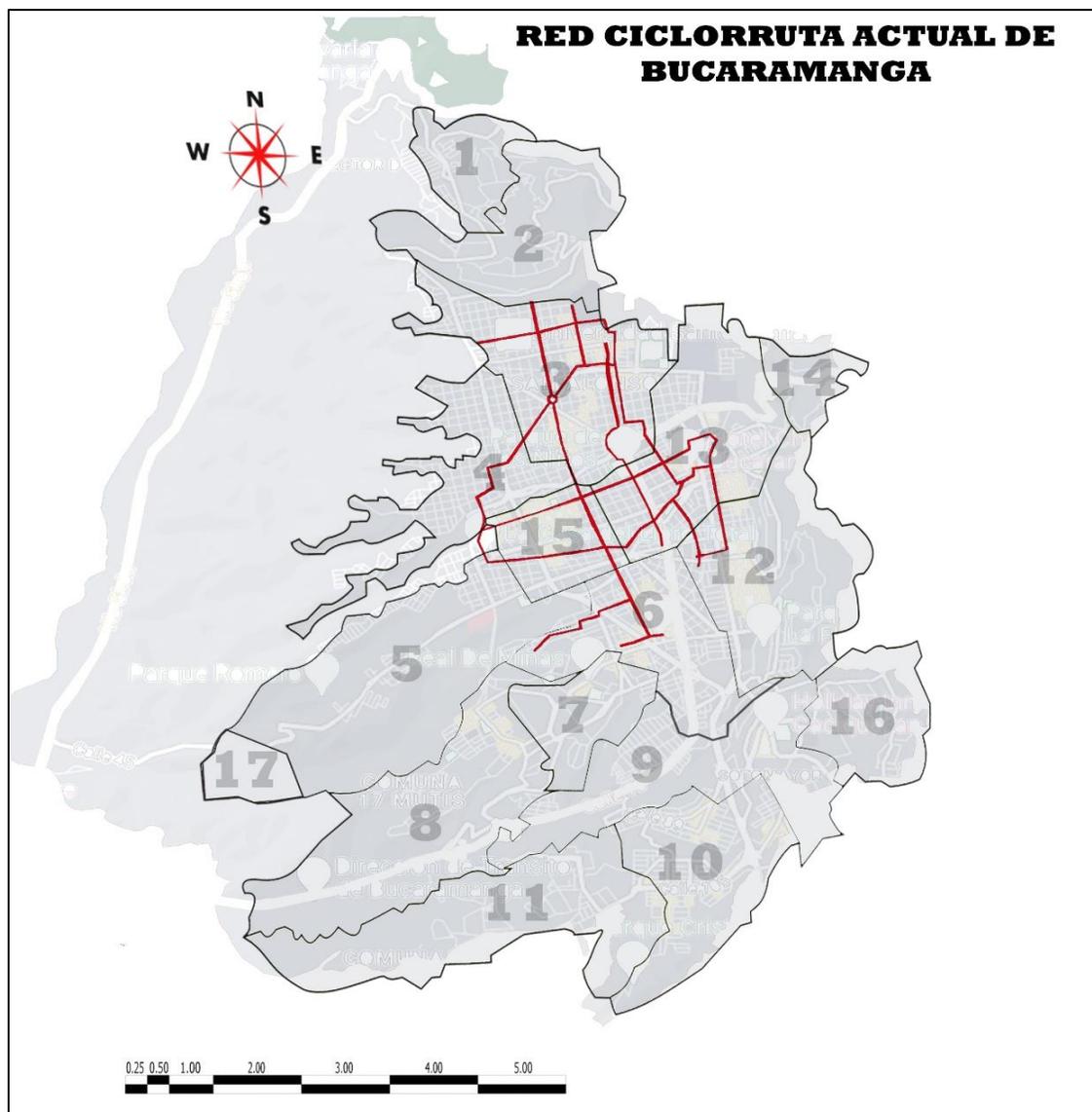
La bicicleta supone ser el modo de transporte más sostenible debido a su eficacia, velocidad por trayecto recorrido y las emisiones nulas de CO_2 . Bucaramanga no es ajena a uso de la bicicleta, y desde hace un tiempo se ha implementado la creación de ciclorrutas que permitan a los ciudadanos realizar trayectos hacia los lugares de desarrollo económico y social.

Lamentablemente, el trazado de la ciclorruta no tiene continuidad en algunas zonas, además de la poca cobertura y poca accesibilidad a estas, lo cual ha llevado a que resulten ser obsoletas o poco utilizadas por los ciclistas, quienes, ante la ausencia de elementos estructurales de seguridad, han optado por seguir usando las vías principales, arriesgando su integridad, razón por la cual, el uso de la bicicleta es cada vez más reducido.

Actualmente, la red de ciclorruta de Bucaramanga, tiene participación sobre los barrios La Universidad, San Francisco, San Alonso, Antonia Santos, García Rovira, La Aurora, El Prado, Mejoras Públicas, Cabecera, Sotomayor, Real de Minas, pertenecientes a las comunas 3, 4, 6, 12, 13 y 15, tal y como se muestra en la figura 7.

Figura 7

Red de ciclorrutas actuales en Bucaramanga



Nota. La figura representa los 7 kilómetros de ciclorruta, red actual para los usuarios de la bicicleta, en donde se puede apreciar, de manera gráfica, la poca conectividad y cobertura de la misma.

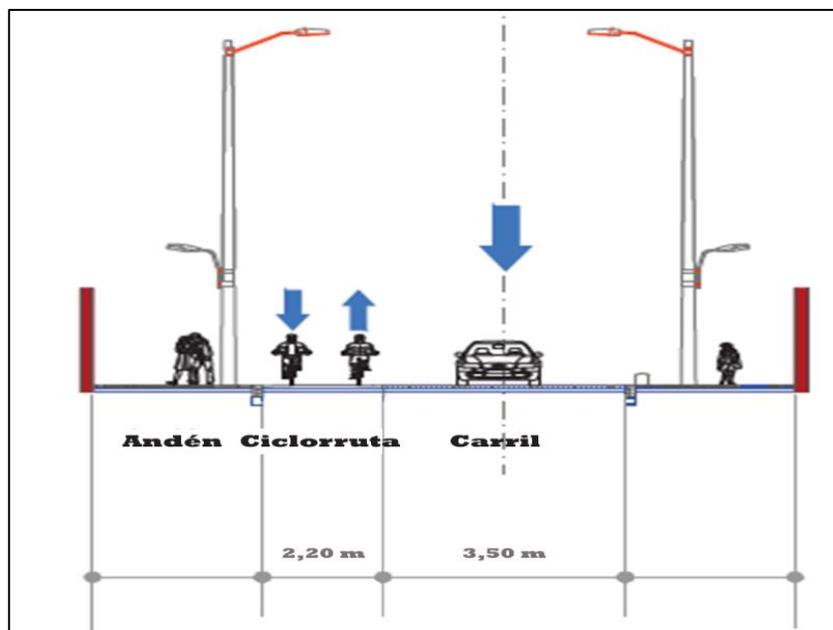
Debido a la poca cobertura de la ciclorruta, se propone entonces el diseño de mínimo 30 kilómetros de ciclorruta, es decir, el 10% de la red vial actual en Bucaramanga, que pretendan acabar las zonas correspondientes a las comunas 1,2, 5, 9, 10, 11 y 17 mediante la creación de 3 líneas trazadas, la primera de ella sobre la avenida Quebrada Seca conectando con la carrera novena, desde donde se ramifiquen dos líneas hacia la comuna 5 y 17 y hacia la comuna 7 y 8 con un total de 7,6 kilómetros de ciclorruta. La segunda línea pretende dar continuidad sobre la carrera 27 hacia el viaducto García Cadena y ramificándose hacia las comunas 9, 10 y 11 respectivamente con un total de 7,9 kilómetros de ciclorruta. Finalmente, la tercera línea pretende abarcar los sectores de las comunas 1 y 2, con un total de 9,8 kilómetros de ciclorruta. ubicadas al norte de la ciudad, de tal manera que exista una conectividad total en los nodos de desarrollo de Bucaramanga.

- **Diseño**

Cárdenas, (2013) especifica que el ancho de carril vehicular mínimo para la correcta circulación debe ser de 3,50 metros, y a su vez, expresa que el ancho de calzada para dos carriles de bicicleta debe ser mínimo de 2,20 metros, por lo cual, se debe contar con mínimo 5,70 metros de vía para la implementación de las ciclorrutas, como se representa continuación.

Figura 8

Perfil de anchos de vía para ciclorruta

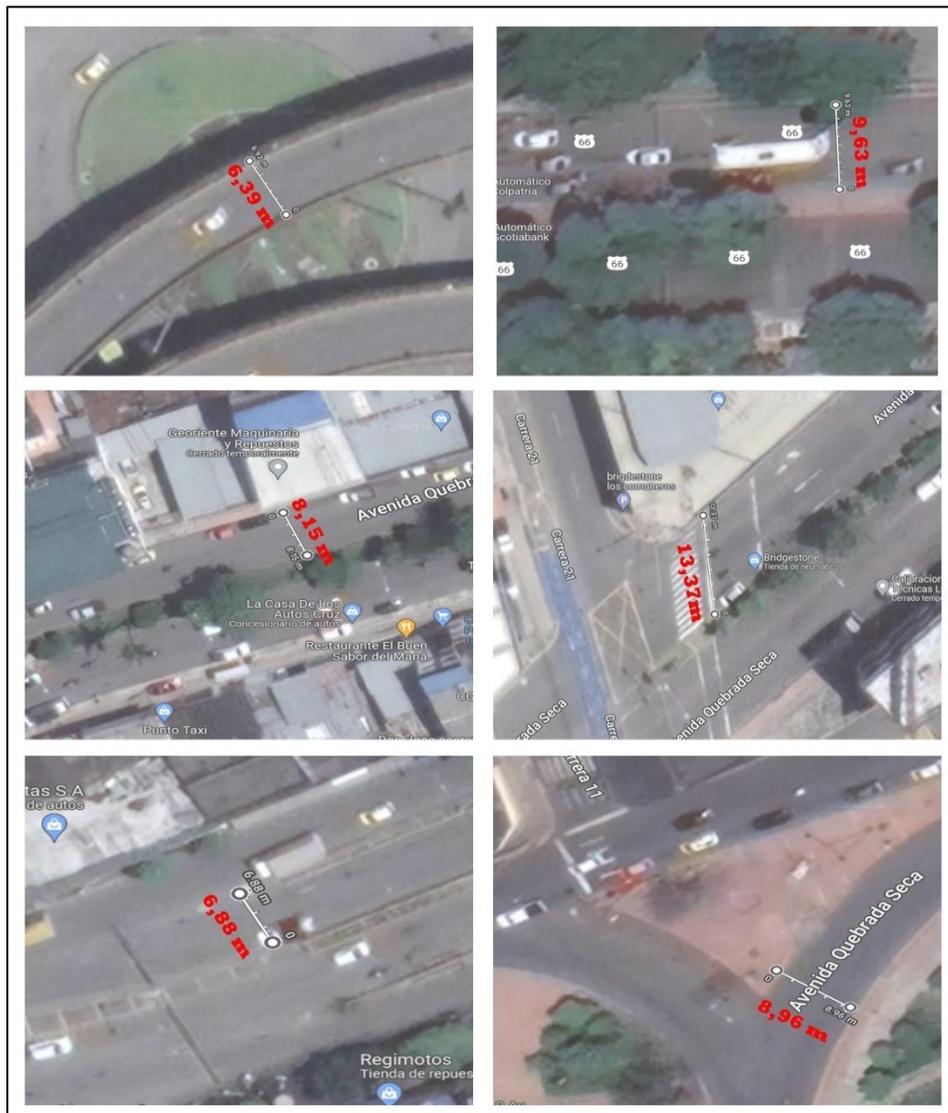


Nota. Distancias mínimas necesarias para la implementación de ciclorrutas en Colombia

Para la implementación de la línea 1, concerniente a la vía de la avenida Quebrada Seca, desde el parque del agua, hasta la rotonda de la carrera novena, los anchos de carril varían desde los 6,80 metros hasta los 13,40 metros con un promedio de ancho de 10,15 metros, como se muestra en la figura 9, con lo cual, es coherente con las especificaciones mínima para la ejecución de la ciclorruta.

Figura 9

Anchos variables de carril Avenida Quebrada Seca



Nota. Anchos de carril tomados mediante herramienta de medición a través de Google Maps, para tramo entre parque del agua y glorieta carrera novena con Av. Quebrada Seca.

Las ramificaciones de la línea 1, dirigidas hacia la comuna 5, en algunos casos (ver figura 10), no cumplen con el ancho reglamentario para la implementación de una ciclorruta de dos carriles, pero cuentan con el espacio suficiente para implementar la ciclorruta de un carril, con ancho de carril de 1,10 metros por lo cual el nuevo perfil obedecerá a un ancho de 4,6 metros mínimos, dando así continuidad y trazabilidad a la ciclorruta, abarcando la mayor longitud posible.

Figura 10

Anchos variables de carril Comuna 5

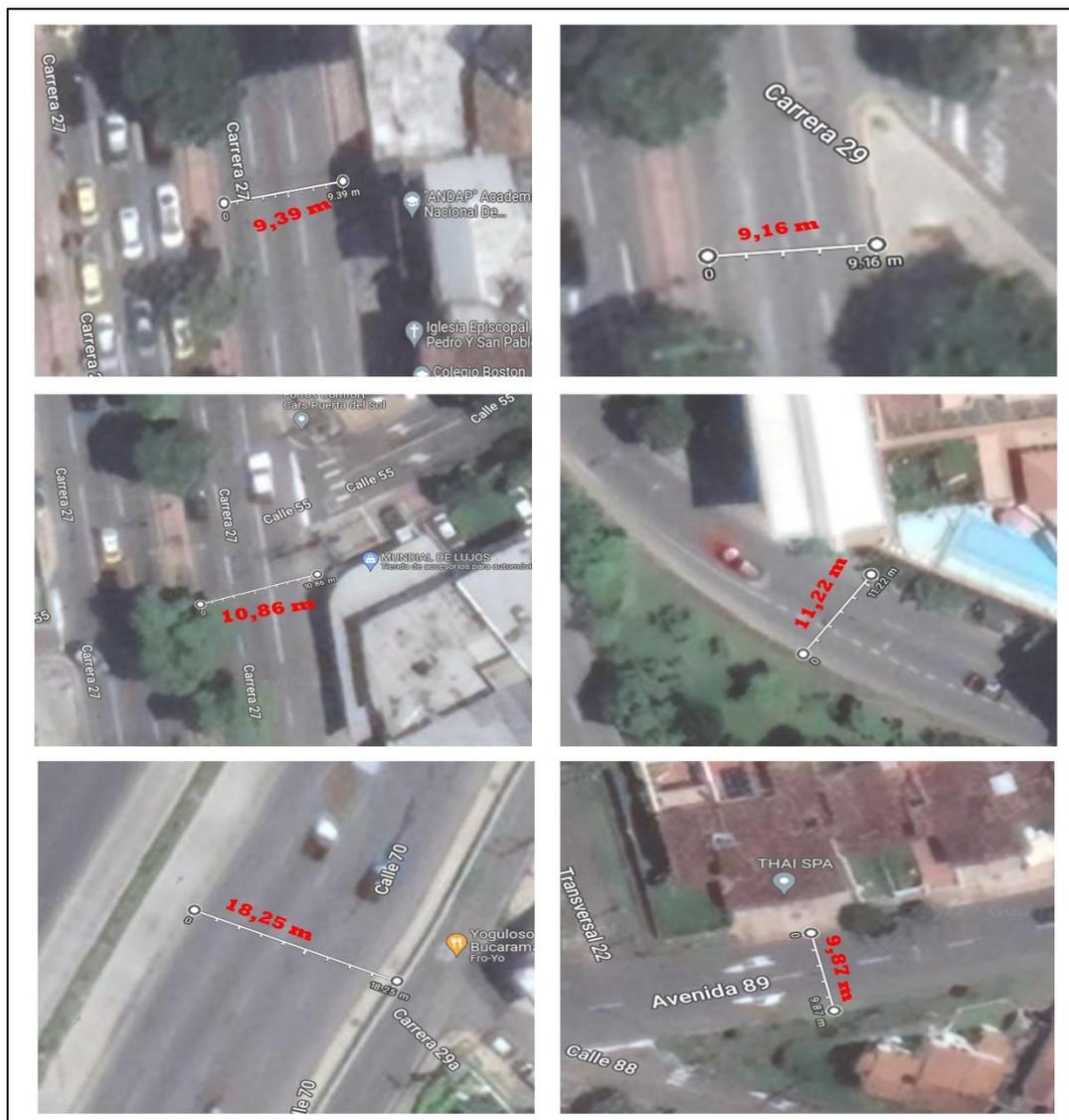


Nota. Anchos de carril tomados mediante herramienta de medición a través de Google Maps, para tramo entre carrera 9 y barrio La Joya y carrera 9 y barrio Campo Hermoso.

La línea 2 (carrera 17) y sus respectivas ramificaciones (comunas 9, 10 y 11) presenta anchos de carriles superiores a los 5,70 metros, necesarios para la ejecución de la ciclorruta de dos carriles, tal y como se expone en la figura 11, por lo cual es viable continuar con el trazado, el cual quedo truncado hasta el parque Turbay. No obstante, al igual que las ramificaciones de la línea 1, en algunos casos, se deberá ejecutar una ciclorruta de un solo carril, a fin de garantizar la continuidad la mayor longitud posible.

Figura 11

Anchos variables de carril Carrera 27 hacia comunas 9, 10 y 11

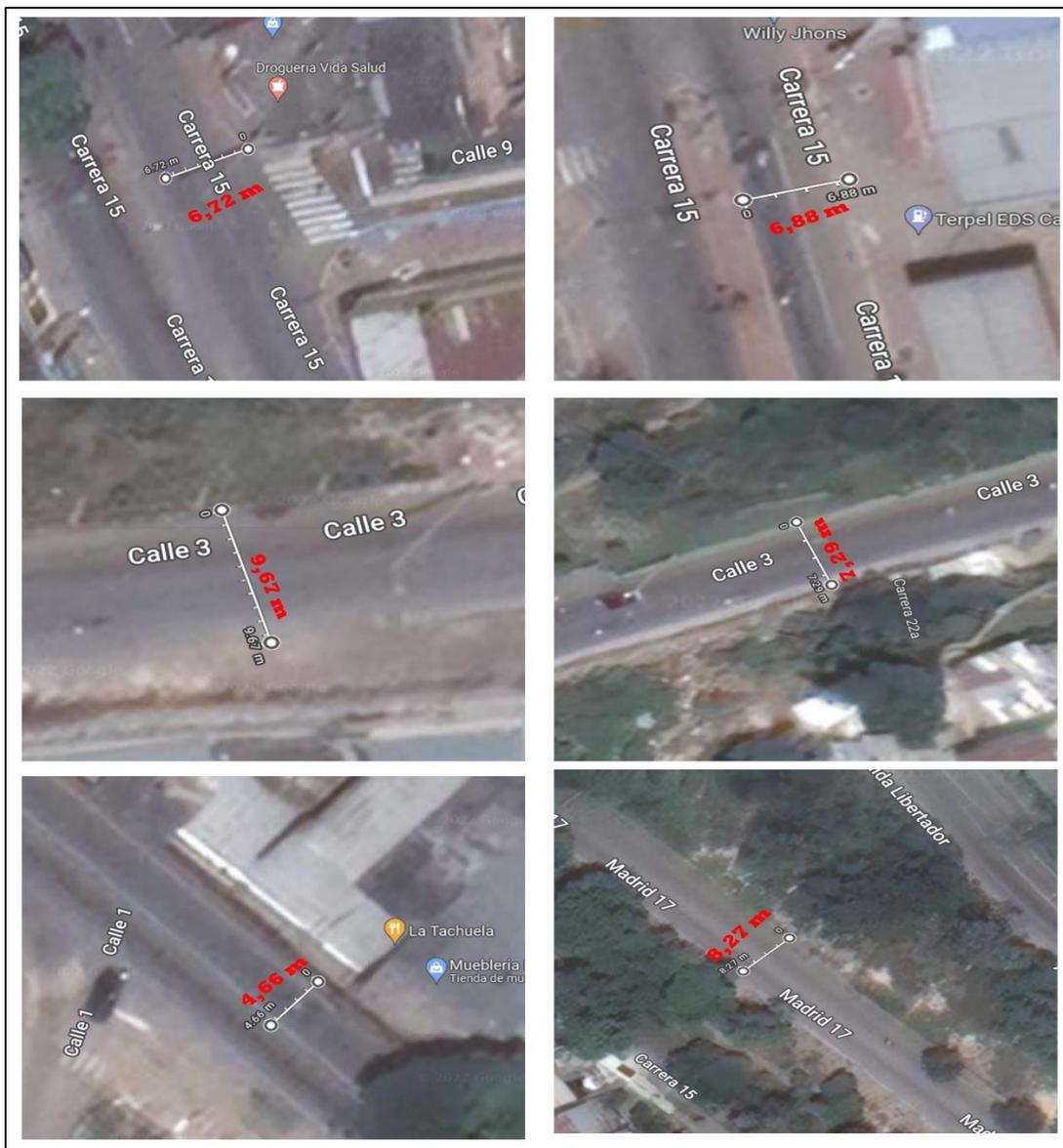


Nota. Anchos de carril tomados mediante herramienta de medición a través de Google Maps, para tramo entre carrera 27 y comunas 9, 10 y 11.

Finalmente, la línea 3 de ciclorrutas que se propone, pretende dar continuidad a esta, desde la calle 9 con carrera 15, donde termina el trazado actual, y llegando a los barrios de las comunas 1 y 2. Al igual que las nuevas líneas 1 u 2, la línea 3 también deberá tener tramos de ciclorruta de un solo carril, a fin de garantizar la continuidad y abarcar la mayor longitud posible.

Figura 12

Anchos variables de carril desde calle 9 con carrera 15 hacia comunas 1 y 2

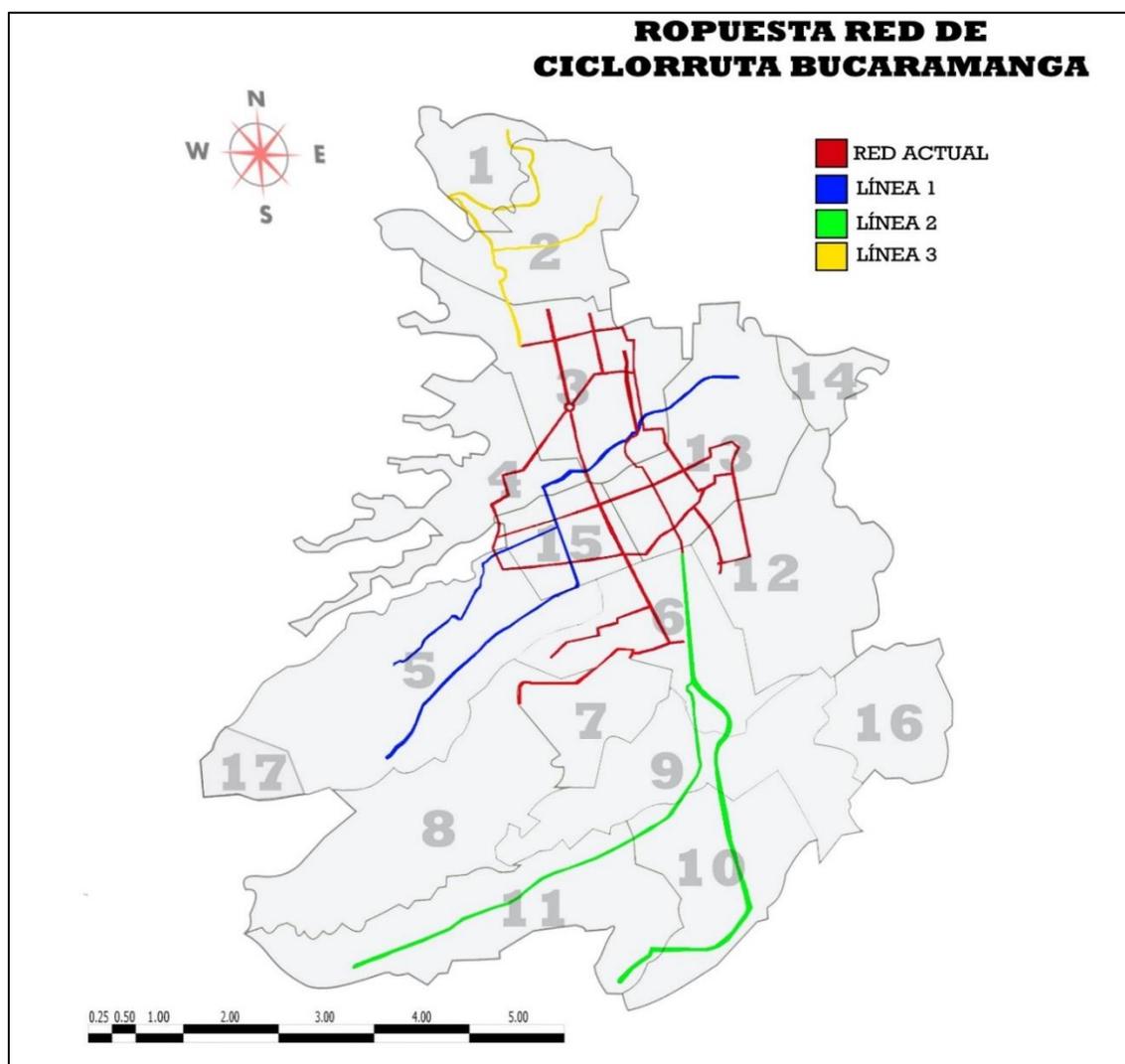


Nota. Anchos de carril tomados mediante herramienta de medición a través de Google Maps, para tramo entre calle 9 con calle 15 hacia los barrios de las comunas 1 y 2.

Una vez se realizó la revisión de las medidas generales de los anchos de carril para automóvil y bicicleta, y definidos los criterios de diseño geométrico, la propuesta de movilidad para la implementación de las bicicletas como modo no motorizado, presentará la siguiente red, intentando conectar, de la mejor manera posible, las diferentes comunas de la ciudad de Bucaramanga, con lo principales nodos de desarrollo socioeconómico. De esta manera, la nueva distribución de red de ciclorruta en Bucaramanga se presenta en la figura 13.

Figura 13

Propuesta de red de ciclorrutas para la ciudad de Bucaramanga



Nota. La nueva red de ciclorruta en Bucaramanga pretende dar cobertura a la mayor población posible, abarcando tramos continuos de norte a sur y de oriente a occidente.

Figura 14

Propuesta ciclorrutas, línea 1, para la ciudad de Bucaramanga

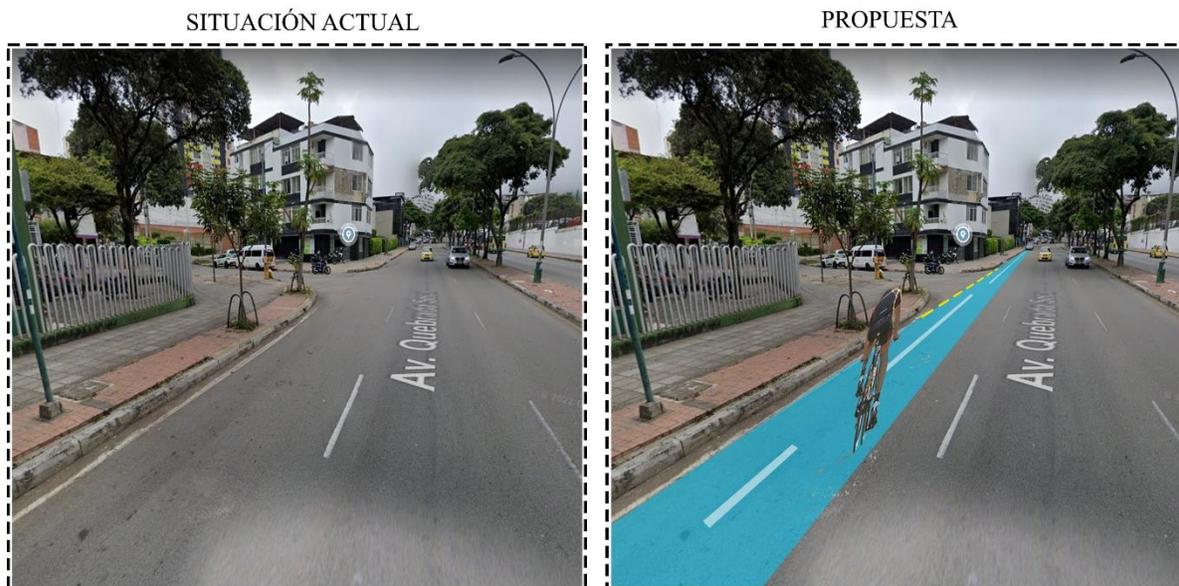
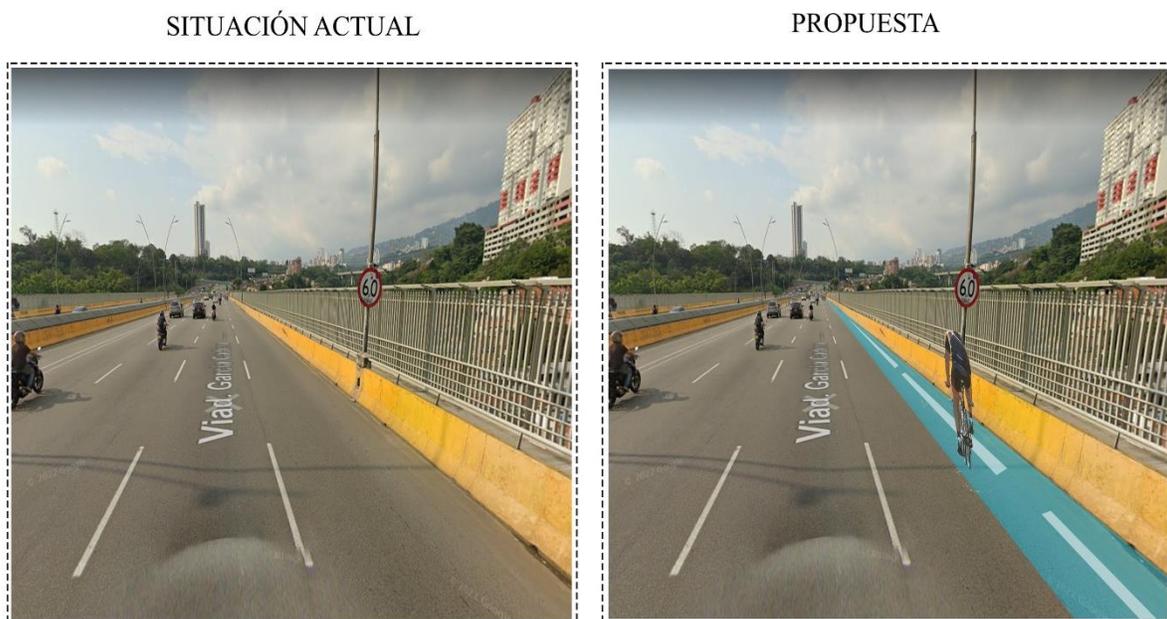


Figura 15

Propuesta ciclorrutas, línea 2, para la ciudad de Bucaramanga



Nota. Implementación de ciclorruta de dos carriles, para las nuevas líneas 1 y 2, que permita la conectividad dentro de la ciudad de Bucaramanga. Tomado y ajustado en línea de Google Maps.

- **Elementos de protección y seguridad.**

Para garantizar la protección de los ciclistas e incentivar al buen uso de las ciclorrutas por parte de todos los actores involucrados en la movilidad, se propone el uso de elementos estructurales de concreto para protección como el muro bajo tipo Jersey, el cual se presenta en la figura 16. Ese tipo de elementos no solo brindan la seguridad al usuario de la bicicleta, sino que evita la invasión a los carriles de la ciclorruta por parte de los vehículos motorizados, y al ser de concreto, no permitirá que sean fácilmente burlados o destruidos, como sucede con los elementos de plástico.

Asimismo, en las intersecciones viales, se propone una señalización la cual consiste en tres partes. Como primera medida se propone la implementación de semáforos para ciclistas, permitiendo que estos crucen dichas intersecciones sin afectar el tráfico vehicular. La segunda instancia consiste en la demarcación de las ciclorrutas mediante pintura, de tal manera que el ciclista no abandone nunca su carril y, en caso de un posible accidente, se cuente con la reglamentación legal para subsanar la situación. Finalmente, se propone la demarcación de dichos cruces viales mediante tachas reflectivas, asegurando así la visibilidad en condiciones de baja visibilidad o nocturnas.

Figura 16

Elemento de protección en concreto tipo muro Jersey



Nota. Las barreras tipo Jersey son elementos viales que aportan seguridad canalizando vehículos y/o personas que transitan por determinada zona.

De esta manera, se espera garantizar la seguridad del ciclista, en temas viales, brindando la confianza para la normal transitabilidad por dichas rutas.

Figura 17

Implementación de elementos de protección en concreto tipo muro Jersey



Nota. Propuesta de implementación de barrera tipo muro Jersey para protección d ciclistas y ciclorrutas. Tomado y ajustado de Google Maps.

En cuanto a la seguridad, propiciar un espacio donde los ciclistas es prioridad en esta estrategia. Es por esto que se propone la iluminación en todas y cada una de las áreas de la ciclorruta, sin dejar ningún metro cuadrado desprovisto de iluminación en circunstancias de baja visión o en horario nocturno. Dicho esto, será necesario la articulación con las empresas de alumbrad público para la cobertura total de las líneas de ciclorruta en la ciudad.

Paso seguido, se propone la creación de zonas de descanso, convergentes con zonas peatonales, para que los ciclistas puedan realizar sus respectivas pausas de hidratación o descanso y continuar de manera tranquila sus recorridos y para esto, se propone la articulación de las ciclorrutas con áreas verdes o parques urbanos.

Finalmente, para complementar los temas de seguridad, esta estrategia amerita el apoyo de la policía, generando así un escuadrón por áreas para la seguridad ante temas sociales como hurtos, accidentes o posibles discusiones.

Será necesario entonces la intervención de actores como planeación urbana y policía nacional para garantizar la correcta seguridad y el buen uso de las ciclorrutas.

- **Meta.**

Con la implementación de los nuevos 25,3 kilómetros de ciclorruta, lo que se traduce a un total de 32,3 kilómetros de ciclorruta, es decir, el equivalente al 8,1% de la red vial disponible en la ciudad de Bucaramanga, además de los elementos de protección para los ciclistas y las estrategias de seguridad asociadas a la iluminación, zonas de descanso y vigilancia, se espera que cerca del 25 % de los ciudadanos se movilicen diariamente en bicicleta hacia sus lugares de desarrollo socioeconómico y de regreso a sus hogares.

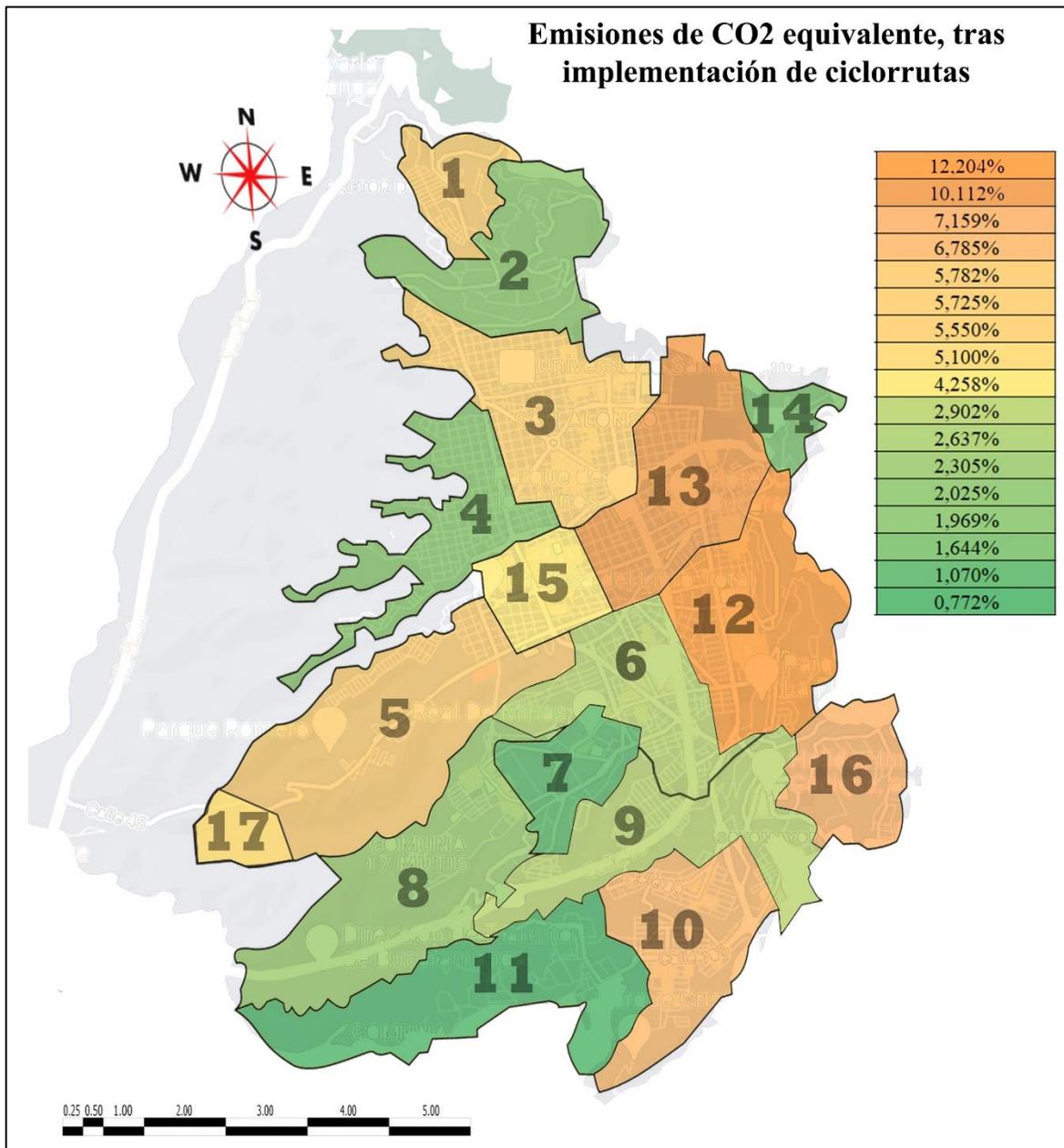
Como consecuencia, esto significará una disminución en el uso del vehículo motorizado privado y por consiguiente la reducción en las emisiones de CO_2 , ya que, el vehículo privado produce cerca del 80% de las emisiones mientras que los modos de transporte no motorizados como lo es la bicicleta, no produce emisiones de CO_2 .

En función de la información presentada en el capítulo concerniente al diagnóstico, en donde se puede observar que actualmente los usuarios de bicicleta representan el 10% y teniendo como meta un aumento del 15% de los ciclistas, dadas las nuevas condiciones para su movilidad, entonces se infiere la reducción del vehículo privado, pasando del 54,5 % al 39,5% de usuarios y disminuyendo así la contaminación, pasando del 80% al 57,98% de emisiones diarias, es decir, una reducción significativa del **22,02%** en las emisiones de CO_2 asociada a la movilidad.

Teniendo como premisa que los puntos de mayor desarrollo socioeconómico de la ciudad están concentrados en las comunas, 13, 12, 5 y 3 respectivamente, y suponiendo que los usuarios de la bicicleta harán uso de las nuevas líneas de ciclorrutas de manera equitativa, dirigiéndose mayormente hacia estas zonas, el nuevo mapa de porcentajes de 57,98% emisiones de CO_2 por comunas, se podría representar de la siguiente manera:

Figura 18

Emisiones de CO₂ esperadas tras implementación de estrategia de movilidad de ciclorrutas



Nota. Reducción de hasta un 22% de las emisiones de CO₂ equivalentes totales en la ciudad de Bucaramanga tras la implementación de la estrategia de las ciclorrutas, notoriamente visibles en las comunas 13, 12, 5 y 3.

9.3.1.5 Zonas ambientales y la importancia del peatón.

El peatón, al igual que el ciclista, resulta ser uno de los actores principales en la implementación de estrategias para la movilidad sostenible, pues su modo de transporte implica la nulidad de emisiones de CO_2 por su parte. Es por esta razón que fomentar la caminata debe ser una de las prioridades de la movilidad sostenible, preferiblemente en tramos no tan extensos, ya que resulta ser el modo de transporte más saludable y menos agresivo con el medio ambiente, además de no tener implicaciones económicas y permitir la interacción social en su desarrollo.

Se hace imperativo, la creación, adecuación e implementación de zonas que permitan el normal desarrollo de la caminata sin que esto implique riesgos a la salud o seguridad de quienes tienen participación en la movilidad activa, y para esto se requiere la construcción de redes peatonales a fin de asegurar rutas adecuadas para la movilidad, las cuales deberán conectar con los principales centros de desarrollo socioeconómico que se rijan bajo los pilares de infraestructura verde y conectividad.

Esta estrategia plantea la creación de zonas ambientales donde la circulación de vehículos motorizados este restringida parcial o totalmente, y de esta manera, se permita el flujo libre de peatones y ciclistas, donde la emisión de CO_2 por parte de la movilidad sea nula y la calidad del aire sea buena. Es por esto que, se deben replantear las vías de tráfico calmado y la demanda del tráfico a pie prevalece sobre otros modos de transporte.

Las ventajas que destacan de este tipo de vías son la reducción en las emisiones atmosféricas, bajos niveles de accidentalidad y la estimulación a los modos de transporte no motorizados los cuales convergen como puntos de encuentro o áreas de descanso, por lo cual, para la posible implementación de este tipo de vías se deben seleccionar entornos cercanos a parques municipales o puntos tradicionalmente de encuentro entre la comunidad como se presenta a continuación.

- **Diseño**

Tomando como referente lo establecido por el Plan de Desarrollo, (2020) donde se indican las áreas de la ciudad con tráfico lento de vehículo automotor y predominancia del peatón como actor de la movilidad, así como el Plan Maestro de Movilidad, (2010) el cual expone que las zonas más propicias para la peatonalización total de la vía se encuentra

ubicada en el sector de Cabecera entre las carreras 34 y 35 y las calles 46 y 50 (ver figura 19) las cuales se encuentran de frente con el parque San Pío, y cumpliendo las especificaciones con la cercanía a espacios de descanso, además de la conectividad con los principales puntos de desarrollo, particularmente sociales, resulta ser un punto favorable para la aplicabilidad de esta estrategia.

Para sectores como las comunas 5 y 15, donde el desarrollo socioeconómico también toma parte importante de la ciudad, se propone aquí la peatonalización de la calle 41 entre las carreras 9 y 23, (ver figura 20) por su cercanía con los parques García Rovira y Bolívar, y la baja transitabilidad vehicular.

Finalmente, y articulad con el Plan Maestro de Movilidad, (2019) se propone la peatonalización de la carrera 19 entre las calles 33 y 36, en donde convergen con los parques Centenario y Santander, respectivamente (ver figura 21).

Figura 19

Tráfico lento carreras 34 y 35 y las calles 46 y 50

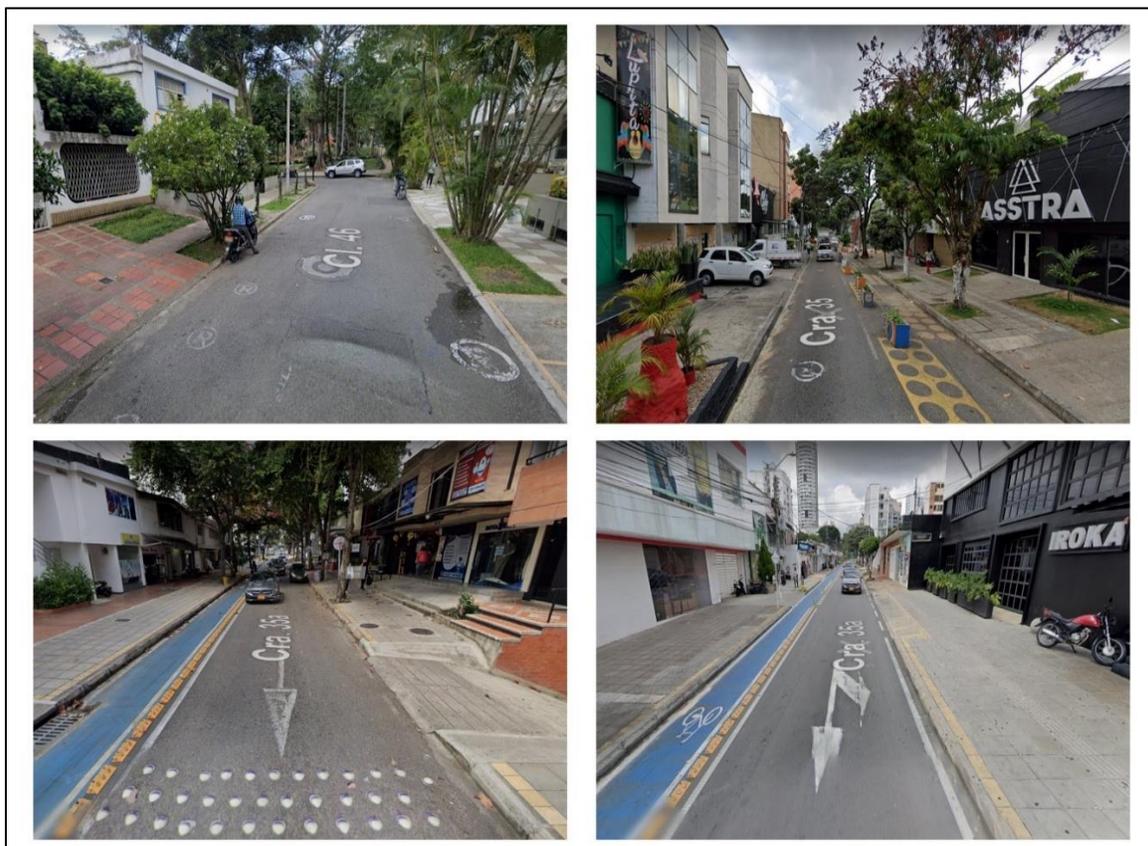


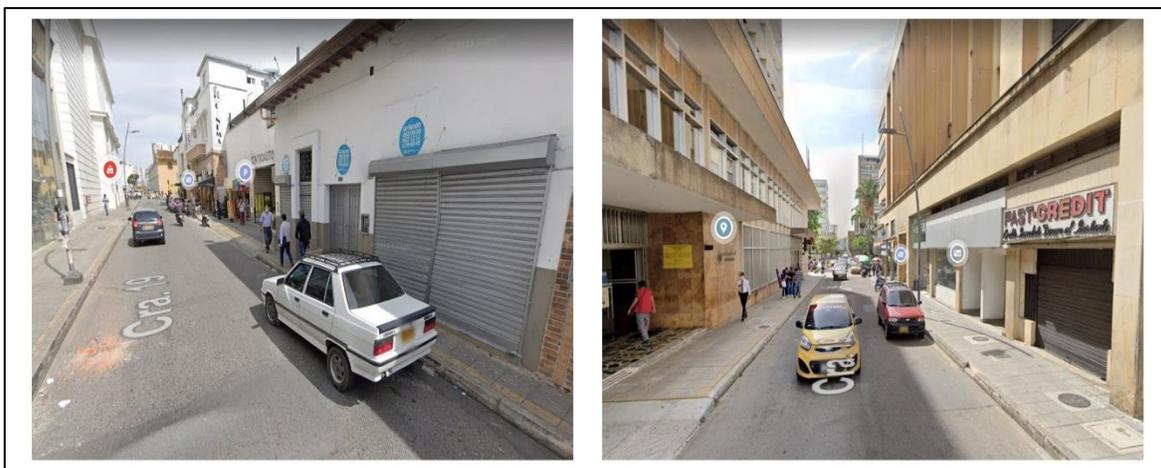
Figura 20

Tráfico lento calle 41 entre las carreras 9 y 23



Figura 21

Tráfico lento carrera 19 entre calles 33 y 35



Nota. Vías propicias para la peatonalización debido a su bajo tráfico vehicular y su cercanía con centros de desarrollo socioeconómico y parques municipales. Tomado y ajustado de Google Maps.

La peatonalización de estas vías implica entonces, la demarcación con señales verticales y horizontales, mediante la estrategia de pintura de calles que no solo resaltan de manera artística y aportan un valor agregado a las calles, sino que permiten su fácil identificación para todos los actores de la movilidad.

Para asegurar su funcionalidad y evitar la invasión abrupta de los vehículos motorizados, se dispondrá de elementos de barrera y bloque, como mobiliario y zonas verdes dentro de estas zonas, que, a su vez, puedan ser aprovechadas por los peatones y ciclistas para sus respectivos descansos e hidrataciones.

- **Elementos de protección y seguridad.**

Como elementos de seguridad se implementarán barreras de bloqueo similares a las barreras de bloqueo en las ciclorrutas, como lo son los muros tipo Jersey de baja altura.

Adicionalmente y para asegurar la integridad de los peatones y el buen uso de las vías, se propone la creación de mobiliario urbanístico con materiales sostenibles como la madera y la vegetación, de tal manera que haga contraste con el concreto de la ciudad y denote una zona libre de contaminación, más amigable con el medio ambiente.

Figura 22

Prototipo de peatonalización vías para zonas ambientales



Nota. La peatonalización de calles se complementará en algunos casos con las líneas de ciclorrutas que se proponen para garantizar una movilidad sostenible y de cero emisiones de CO_2 .

Garantizar el bienestar del peatón es prioridad para la implementación de esta estrategia de movilidad sostenible, por lo cual la iluminación jugará un papel importante en el diseño de la peatonalización de vías, garantizando una iluminación adecuada en situaciones de baja visibilidad o la noche. De igual manera, y para evitar temas asociados a hurtos o daños en propiedad ajena y pública, se debe disponer de agentes de seguridad como un escuadrón de policías en dichas zonas, los cuales deberán realizar, de manera constante, guardia y protección para los usuarios de las zonas ambientales.

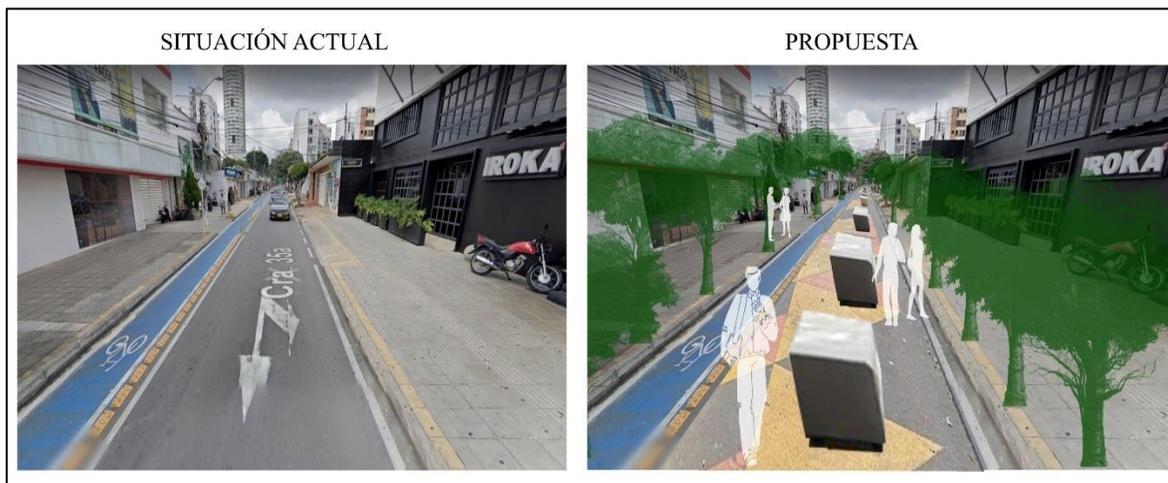
Figura 23

Propuesta de peatonalización de vías N°1



Figura 24

Propuesta de peatonalización de vías N°2



Nota. Las figuras representan propuestas de peatonalización de vías, en donde el espacio es compartido en algunos casos por ciclistas, donde no hay espacio para la circulación de vehículos motorizados. Tomado y ajustado de Google Maps.

En total se peatonalizarán 2,65 kilómetros de vía comprendidos en las comunas 5, 6, 12, 13, y 15, los cuales convergen con parques municipales y presentan conectividad hacia los principales centros de desarrollo socioeconómico de la ciudad de Bucaramanga.

- **Meta.**

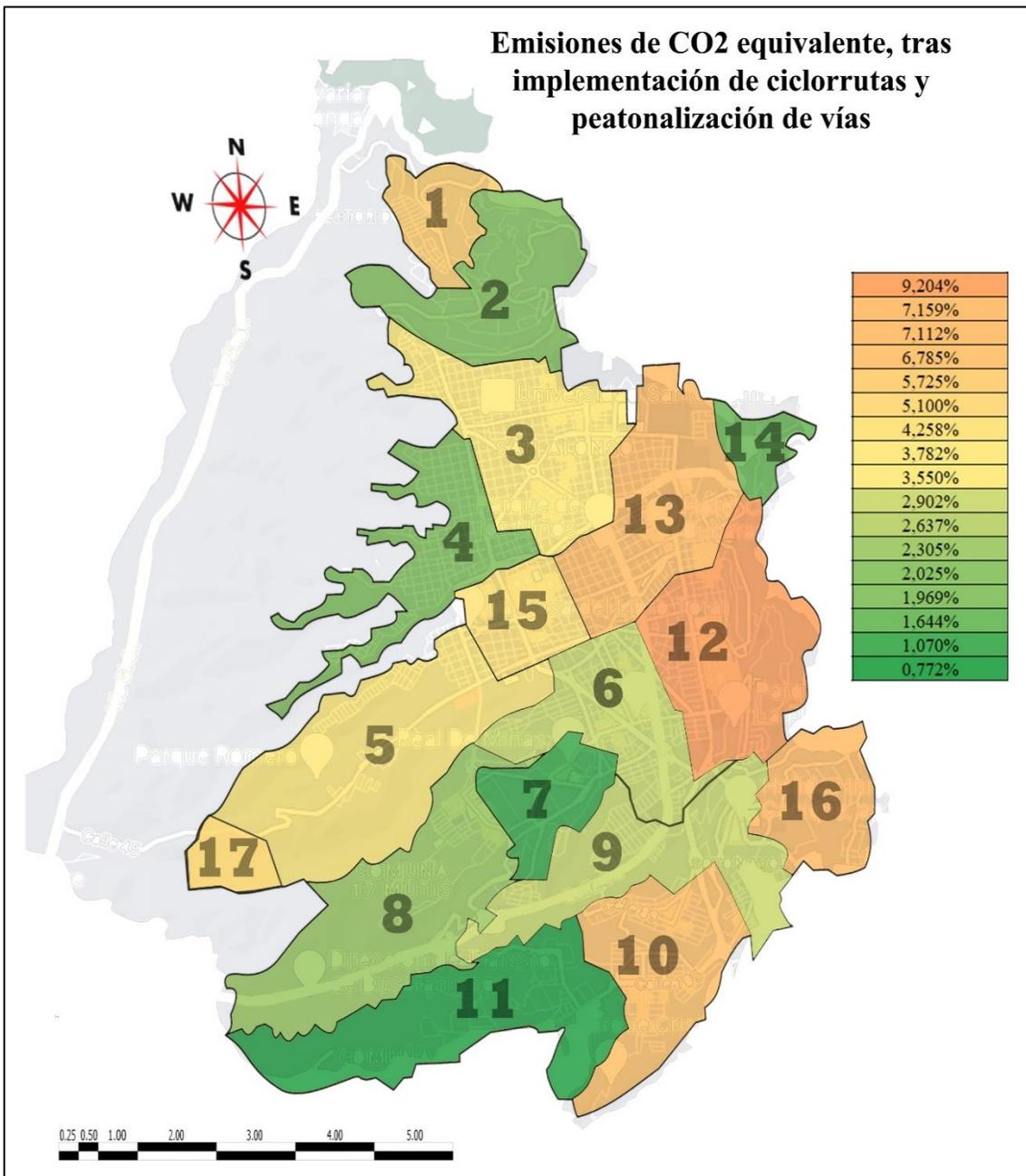
La implementación de 2,65 kilómetros de vía peatonalizada lo que equivale al 0,66% de la red vial disponible, tiene como finalidad el aumento en los modos de transporte no motorizados. Esto es, un aumento en la caminata la cual se complementa directamente con la bicicleta, por esto, se tiene como meta un aumento del 7,0 % total de los peatones, pasando del 8,0 % actual a un 15,0 %.

El efecto esperado es la reducción entonces de un 7,0 % en modos de transporte motorizados, especialmente del vehículo privado, consiguiendo una disminución del 39,5 % al 32,5 % y por consiguiente una reducción significativa de las emisiones de CO_2 de hasta 10,28 % por si sola, y en conjunto con la estrategia de las ciclorrutas una reducción total de **32,9 %** asociadas a la movilidad.

Nuevamente, teniendo como premisa que los puntos de mayor desarrollo socioeconómico de la ciudad están concentrados en las comunas, 13, 12, 5 y 3 respectivamente, y suponiendo que los usuarios de la caminata harán uso de las nuevas calles peatonales de manera equitativa, dirigiéndose mayormente hacia estas zonas, el nuevo mapa de porcentajes de emisiones de CO_2 por comunas, tras la implementación de las ciclorrutas y las vías peatonalizadas, se podría representar de la siguiente manera:

Figura 25

Emisiones de CO₂ esperadas tras implementación de estrategia de movilidad



Nota. Reducción de hasta un 32,9 % de las emisiones de CO₂ equivalentes totales en la ciudad de Bucaramanga tras la implementación de la estrategia de ciclorrutas y peatonalización de vías, notoriamente visibles en las comunas 13, 12, 5 y 3.

9.3.1.6 Estacionamientos Urbanos.

Las áreas de estacionamiento juegan un rol importante en la movilidad sostenible, ya que son una de las alternativas de actuación que visan disminuir el tráfico de vehículos privados en zonas saturadas e incentivar los modos no motorizados y públicos de transportes, siendo importantes en la búsqueda de la movilidad sostenible.

En Europa y Estados Unidos, ha incrementado una nueva modalidad de estacionamientos, llamado Diusuarios, en donde son una opción más económica que aumentar la oferta de estacionamientos en los centros de desarrollo socioeconómico, y permite el aprovechamiento de los ya existente en diferentes puntos de la ciudad, lo que resulta ser un punto positivo en temas de sostenibilidad (Dal Sasso, 2009).

Este tipo de estacionamientos tiene una importancia particular para los viajes domicilio-trabajo, que se caracterizan por un bajo índice de ocupación, debido a la ausencia de vehículos en estacionamientos residenciales a lo largo de la jornada laboral y a la excesiva ocupación de los estacionamientos cercanos a las zonas de desarrollo socioeconómico los cuales no dan abasto en la ciudad.

En este sentido, se propone un sistema de estacionamiento diusuario compartido en donde usuarios afiliados a una aplicación digital, y que cuenten con aparcamiento personal y un vehículo privado, pueden compartir dichos estacionamientos con personas que se dirigen a su lugar de trabajo y este resulta colindante con un aparcamiento que permanece libre la mayor parte del día. Es decir, existe un intercambio de plazas de estacionamientos por un periodo establecido, entre dos usuarios cuyos lugares de trabajo coincidan o estén remotamente cerca del lugar de residencia del otro.

Por otra parte, se propone un sistema de estacionamiento denominado *Park and Walk*, el cual consiste, según O'Flaherty, (1986) en crear infraestructura de estacionamiento en zonas un poco fuera de las áreas de desarrollo socioeconómico, donde las personas puedan dejar sus autos estacionados y continúen su trayecto a pie, a través de la infraestructura diseñada para el peatón.

Para garantizar el éxito de esta medida, será necesario el control de estacionamientos dentro de los centros de desarrollo, los cuales deben presentar costos

mucho más elevados y con más restricciones, para que los usuarios no tengan más alternativas que dejar sus vehículos en los estacionamientos fuera del centro de desarrollo.

De forma general, esta iniciativa aportara a la movilidad sostenible desde la eliminación de automóviles aparcados en las calles principales y por consiguiente la descongestión vial, posibilitando el aumento de la frecuencia del transporte público y el aumento en infraestructura para modos de movilidad no motorizados.

- **Diseño**

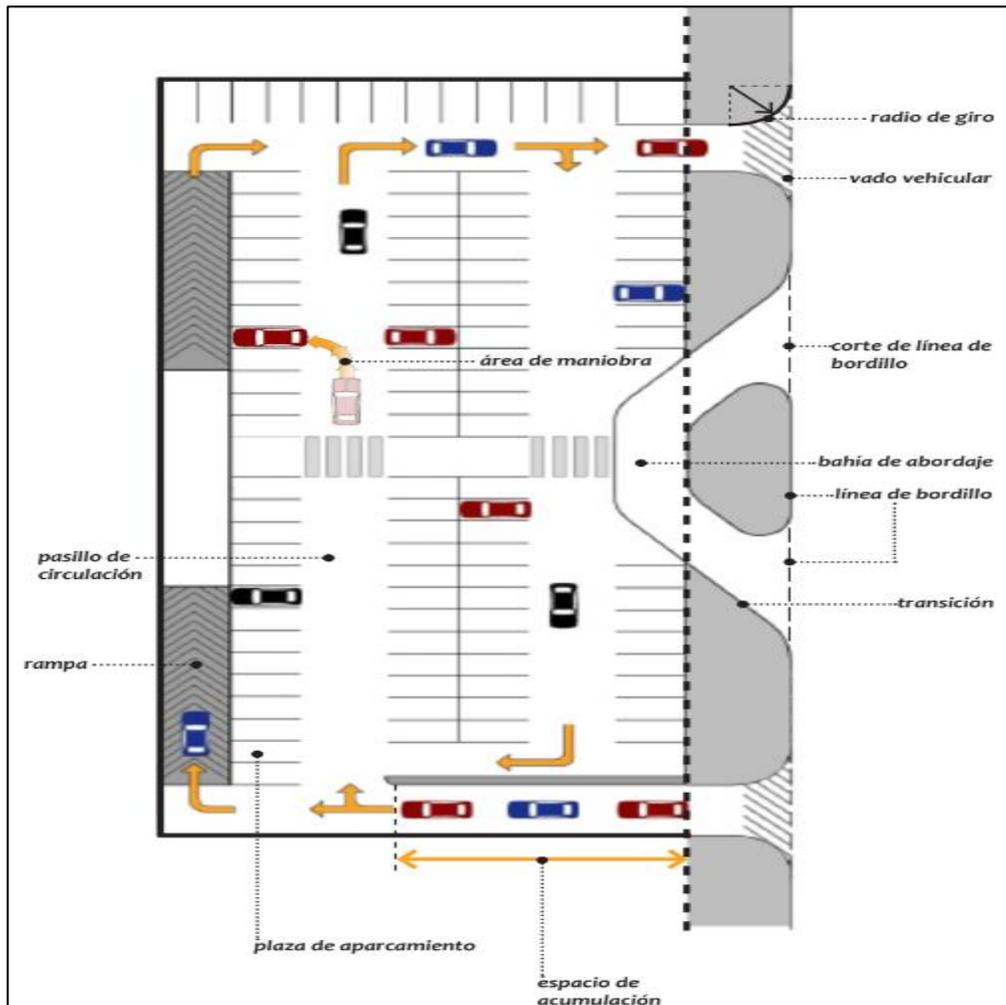
Para la creación de áreas de estacionamiento *Park and Walk*, y con el fin de desarrollar esta alternativa en las comunas que mayor demanda socioeconómica y vehicular tienen, las cuales son las comunas 13, 12, 3 y 5 respectivamente, se propone la creación de dos áreas de parqueo, las cuales deberán realizarse en inmediaciones con las carreras 9 y 15, así como en las carreras 27 y 33, según la disponibilidad de predios con los que cuente la municipalidad.

De esta manera, y en complemento con la estrategia para las Zonas Ambientales, se crearán espacios destinados al aparcamiento, con tarifas muchos más bajas y accesibles a los cuidanos, las cuales deben presentar una cercanía corta o inmediata con las futuras calles peatonalizadas que permitan continuar el recorrido a pie, de una forma segura y cómoda.

Conforme a lo establecido en la Guía de Aplicación, Dotación y Diseño de Estacionamientos, (2010) se debe cumplir con ciertos criterios mínimos de diseño, como lo son el radio de giro, área de maniobra, espacio de acumulación, plaza de aparcamiento pasillo de circulación y rampa, según sea el caso, como se expresa a continuación:

Figura 26

Componentes de un estacionamiento



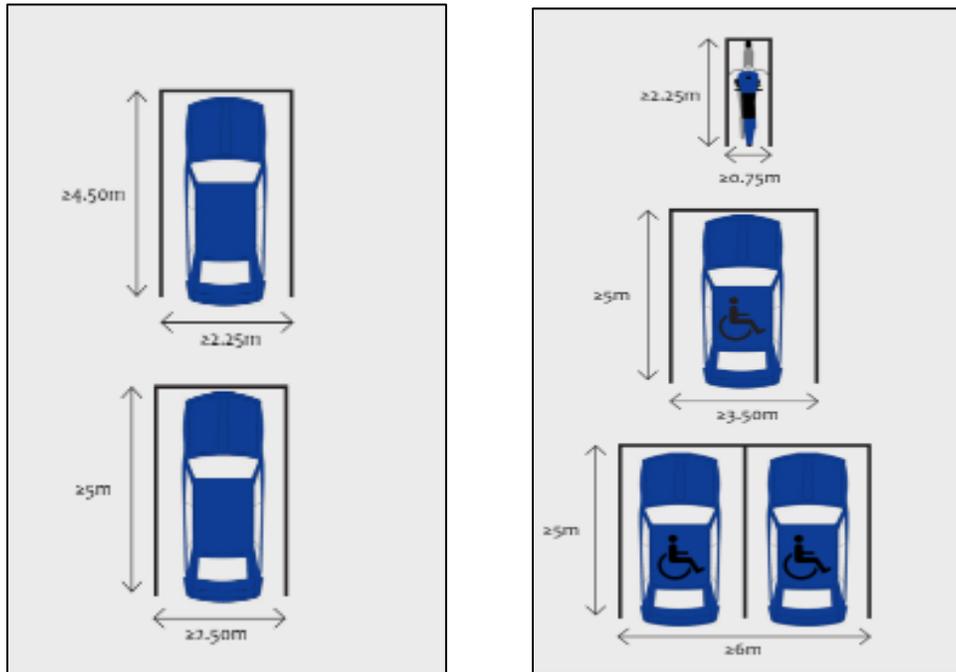
Nota. Definición gráfica de los componentes más importantes de un estacionamiento.

Tomado y ajustado de Guía de Aplicación, Dotación y Diseño de Estacionamientos, (2010).

Las dimensiones de ancho de plaza y largo están dadas según la medida promedio de los vehículos, para lo cual se tiene un ancho medio de 4,50 metros y largo medio de 2,50 metros. Asimismo, se debe tener en cuenta el área de aparcamiento para motocicletas y vehículos de personas con algún tipo de discapacidad, siendo el ancho y largo del aparcamiento para motos 4,50 metros y 0,75 metros respectivamente y plaza para discapacitados de largo igual a 4,50 metros y ancho de 3,50 metros como se muestra a continuación.

Figura 27

Dimensiones para plazas de estacionamiento.

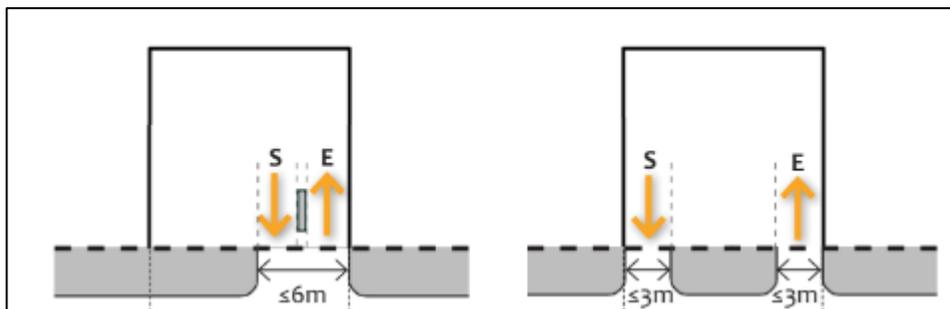


Nota. Las dimensiones que se observan son las sugeridas por la Guía de Aplicación, Dotación y Diseño de Estacionamientos, (2010).

Sumado a lo anterior, se debe contar con un ancho de entrada, salida y circulación de vehículos de 3,0 metros por carril, es decir un total de 6,0 metros para su normal transición dentro y fuera del estacionamiento.

Figura 28

Anchos de entrada, salida y circulación de vehículos para estacionamiento



Nota. Las dimensiones que se observan son las sugeridas por la Guía de Aplicación, Dotación y Diseño de Estacionamientos, (2010).

Como segunda instancia, para el uso de estacionamientos privados, los cuales ya se encuentran establecidos, se propone la creación de un sistema de aparcamientos compartidos entre usuarios que cuenten con una plaza de estacionamiento en sus lugares de residencia y colinden con áreas de trabajos de otras personas, las cuales deben contar con tarifas bajas pero competitivas, de tal manera que exista una motivación para la implementación y uso de estos estacionamientos.

La implementación de este sistema requerirá los datos personales de los usuarios, sus ubicaciones de estacionamiento y la incorporación de una tarjeta de crédito, la cual será utilizada como medio de pago para las horas de parqueo y a su vez, servirá como soporte ante una eventualidad negativa que se pudiera presentar.

Figura 29

Ejemplo de aplicaciones para estacionamiento.



Nota. Las aplicaciones de estacionamiento permiten identificar rápidamente las zonas donde existe una plaza disponible y el costo asociado al tiempo de estacionamiento.

Tomado de <https://help.parkunload.com/hc/es/articles/115003438053--C%C3%B3mo-funciona-Parkunload->

- **Elementos de protección y seguridad.**

La protección y seguridad de los vehículos que se encuentren en zonas de parqueo, se realizara mediante la intervención de los agentes de tránsito, así como la seguridad privada de las propiedades que ceden las áreas necesarias para llevar a cabo la iniciativa.

Se deberá tener medidas informativas especiales en estas zonas de parqueo, pues estas informativas ayudan a mejorar el aprovechamiento de las plazas existentes, ofreciendo al conductor información de las zonas de aparcamiento. Estas pueden ser a través de carteles mapas, paneles electrónicos, aplicaciones o internet.

Los costes asociados a los parqueaderos compartidos se realizarán por horas o fracciones de esta, con costes de 500 pesos colombianos por cada 15 minutos de parqueo, y costos de 1500 pesos colombianos por horas de parqueo y, de esta manera se podrá generar un valor agregado para quienes renten sus estacionamientos.

- **Meta.**

La implementación de estacionamientos urbanos propende a la reducción de las emisiones de CO_2 puesto a que su puesta en marcha permitirá una descongestión parcial en las vías y abrirá paso a el uso de los modos de movilidad no motorizados, en especial la caminata.

Se espera entonces que exista una reducción en los trayectos vehiculares, y que estas reducciones se conviertan en trayectos peatonales transformando así los modos de movilidad en mixtos, siendo la mayor parte en vehículo privado y una parte final a pie o en bicicleta y que, de esta manera, las emisiones totales de CO_2 productos de los vehículos privados logren una reducción de al menos un 5,0 %.

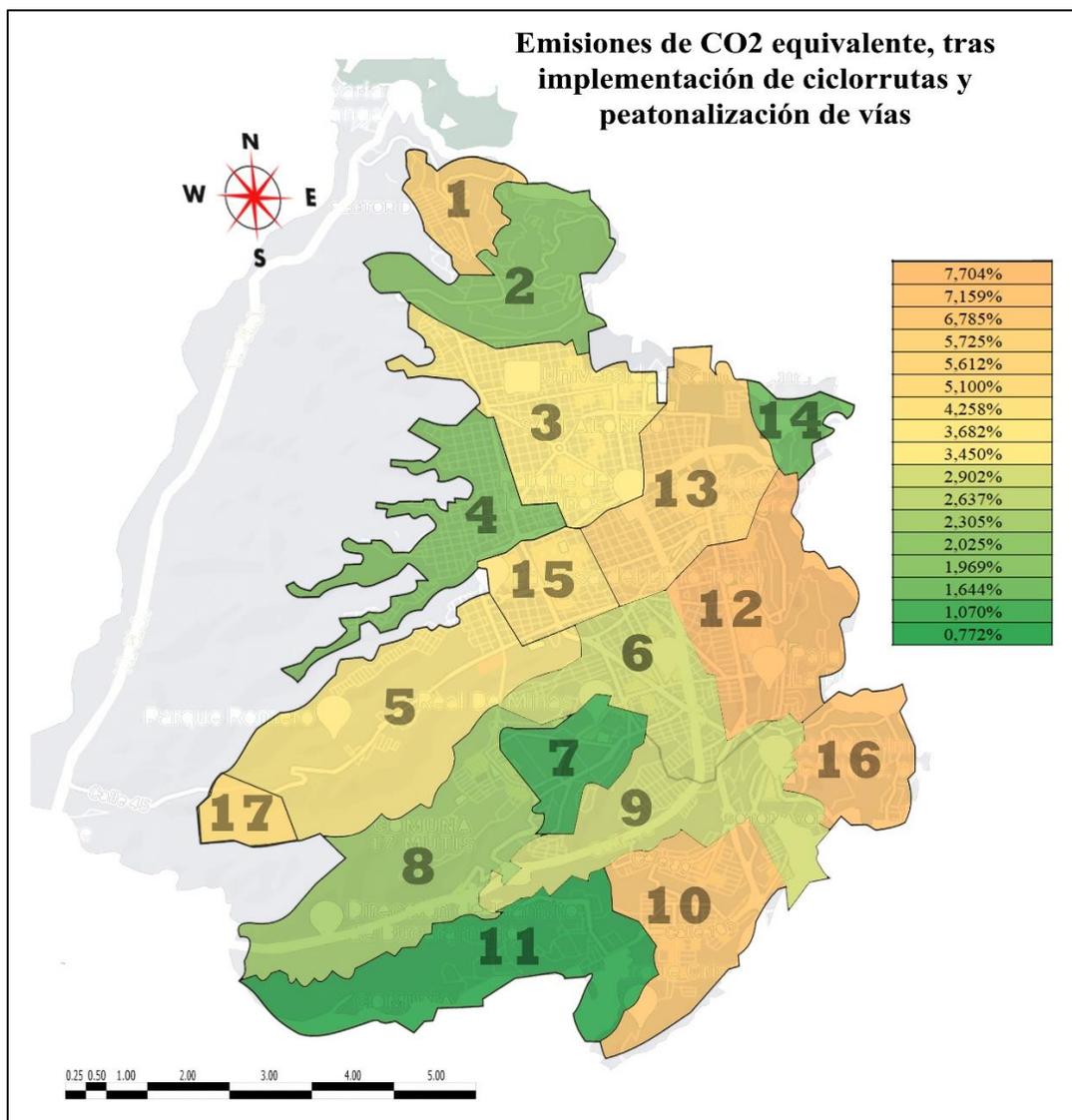
El efecto esperado entonces es la reducción de las emisiones de CO_2 de hasta 5,0 % por si sola, y en conjunto con las estrategias de las ciclorrutas y peatonalización de vías, la reducción total será de hasta **37,9 %** asociadas a la movilidad.

Nuevamente, teniendo como premisa que los puntos de mayor desarrollo socioeconómico de la ciudad están concentrados en las comunas, 13, 12, 5 y 3 respectivamente, y suponiendo que los usuarios del vehículo privado optaran por el uso de los nuevos parqueaderos urbanos y continuaran el tramo final de su recorrido a pie en las nuevas zonas dispuestas para la caminata segura, el nuevo mapa de porcentajes de

emisiones de CO_2 por comunas, tras la implementación de las ciclorrutas, las vías peatonalizadas y los estacionamientos urbanos, se podría representar de la siguiente manera:

Figura 30

Mapa de emisiones de CO_2 tras implementación acumulativa de estrategias.



Nota. Reducción de hasta un 37,9 % de las emisiones de CO_2 equivalentes totales en la ciudad de Bucaramanga tras la implementación de la estrategia de ciclorrutas, peatonalización de vías y estacionamientos urbanos.

9.3.1.7 vehículos compartidos y conciencia ecológica.

A lo largo del presente documento se ha hecho énfasis en la relevancia que tiene el vehículo motorizado privado en la producción de emisiones de CO_2 y el aumento latente asociado al uso desmesurado del parque automotor en la ciudad de Bucaramanga.

Es entonces, que, como respuesta a las altas emisiones de contaminación por parte del parque automotor, surgen estrategias como el “*car sharing*” o vehículo compartido, las cuales buscan, desde su funcionalidad, la disminución de vehículos privados recorriendo de manera individual por la ciudad y alienta a la conciencia ambiental y a la solidaridad social por medio de un entorno sostenible.

Una estrategia que resulta ser útil en el proceso de mitigación de contaminación del aire consiste en el vehículo compartido, pues su uso implica una reducción paulatina del parque automotor que circula dentro de la ciudad, y en su ejecución, implica un descongestionamiento de las vías, lo cual se complementa con las estrategias expuestas previamente.

Compartir vehículo, ha demostrado, en ciudades como Madrid, la reducción de hasta un 27% en las emisiones de CO_2 ya que un vehículo compartido puede reemplazar hasta 9 trayectos diarios (European Commision Decision, 2019).

Lo que este documento propone como estrategia para el auto compartido, es la creación de un sistema de movilidad que involucre vehículos eléctricos distribuidos con estaciones de recarga en puntos estratégicos, a los cuales se puede acceder a modo de préstamo temporal para satisfacer periodos de movilidad a lugares puntuales.

Adicionalmente y como segunda medida, se propone la condonación en zonas de parqueo para vehículos que transiten con una ocupabilidad superior o igual a 3 persona en su interior. La motivación a esta práctica se realizará mediante beneficios para los propietarios de vehículos que decidan realizar dicha operación y, de esta manera, generar una conciencia participativa y ambiental acerca del uso responsable del automóvil.

- **Diseño**

Se propone la implementación de un sistema de vehículos compartidos, en donde un vehículo tiene un único dueño, en este caso el estado, pero múltiples conductores. Es decir, un sistema participativo entre el estado y la ciudadanía, que permita la reducción, no solo

de las emisiones de CO_2 al ambiente, sino que a su vez cuente con un doble propósito que ayude al descongestionamiento de las vías.

“*Car Sharing*” consiste entonces en la renta de vehículos eléctricos dispuestos para uso de una comunidad, quienes deben tener un registro previo en una base de datos, de tal manera que se pueda tener certeza de la seguridad del programa, y que por una módica suma permita la movilización de personas de una estación de recarga a otra, por un tiempo limitado, el cual varía conforme varía su pago.

Para esto, se debe tener como referencia el modelo de bicicletas compartidas, el cual, hoy por hoy, ya se encuentra implementado en la ciudad de Bucaramanga, puesto que, este sistema consiste en un “préstamo” de un carro eléctrico por un periodo previamente establecido, que permita movilizarse desde un punto específico a otro, también específico.

Figura 31

Prototipo de vehículo eléctrico y estación de “Car Sharing”



Nota. Alternativa real de transporte mediante proyecto de movilidad compartida HA:MO, por parte de Toyota. Tomado y ajustado de <https://mag.toyota.co.uk/toyota-hamo-mobility-scheme-trial-begins/>

Respecto al espacio utilizado, se tomará como referencia el vehículo Renault Twizy, quien cuenta con un motor eléctrico de 20 caballos de fuerza, alimentado por una batería de 6,1 kWh y dimensiones de 2,33 metros de largo, 1,38 metros de ancho y 1,45 metros de alto, el cual necesitará entonces un área de 3,22 metros cuadrados para su estacionamiento.

Figura 32

Dimensiones de Renault Twizy



Nota. Renault Twizy es un vehículo eléctrico biplaza que pesar de su tamaño compacto, puede alcanzar velocidades de hasta 80 Km/h.

La implementación de las estaciones de recarga deberá contar con paneles fotovoltaicos que puedan almacenar hasta 7,8 kWh capaces de recargar las baterías de los autos, intentado sacar el mayor provecho de la energía

Suponiendo que se crearan estaciones para al menos 5 vehículos eléctrico de cuya área total sea de 16 metros cuadrados con un adicional de 6,43 metros cuadrados para ingreso y salida y 32,2 metros cuadrados para su circulación, se deberá contar con mínimo un área de 55 metros cuadrados para cada estación de “*Car Sharing*”

Respecto a las posibles ubicaciones, y continuando con la premisa de las zonas de mayor demanda por su desarrollo socioeconómico, (comunas 13,12, 5 y 3 respectivamente) se propone que dichas estaciones se desarrollen en cercanías con el parque san pío, la Universidad Industrial de Santander, y la plazoleta Luis Carlos Galán, buscando entre ellas una conexión que permita un acercamiento y descongestión de las zonas de desarrollo, y, por consiguiente, la reducción de las emisiones de CO_2 .

Figura 33

Prototipo estacionamiento para vehículos eléctricos.



Nota. Las estaciones de recarga están diseñadas para prolongar la autonomía de los vehículos eléctricos en cada viaje y se espera que sirvan como puntos de control y atención para los usuarios.

La principal diferencia con otras formas de alquiler vehicular existente es que esta se realizara por tramos o tiempos específicos, en donde los usuarios que opten por este servicio paguen únicamente por el tiempo de uso y puedan retornarlo a sus estaciones sin que implique un gasto extra por estacionamiento.

- **Elementos de protección y seguridad.**

Para esta estrategia en particular, no se cuenta con elementos físicos de protección, ya que, la protección dependerá únicamente de los usuarios y de su forma de empleo para este tipo de transporte.

Referente a la seguridad, el sistema contara con una plataforma digital en donde, tras un previo registro de los usuarios, se tendrá conocimiento de su información personal, y, en complemento con la dirección de tránsito de la ciudad de Bucaramanga, se evaluará si el individuo es apto para el uso de los vehículos, ya que, en caso tal que se presente alguna infracción, esta será subsanada por el usuario.

- **Meta.**

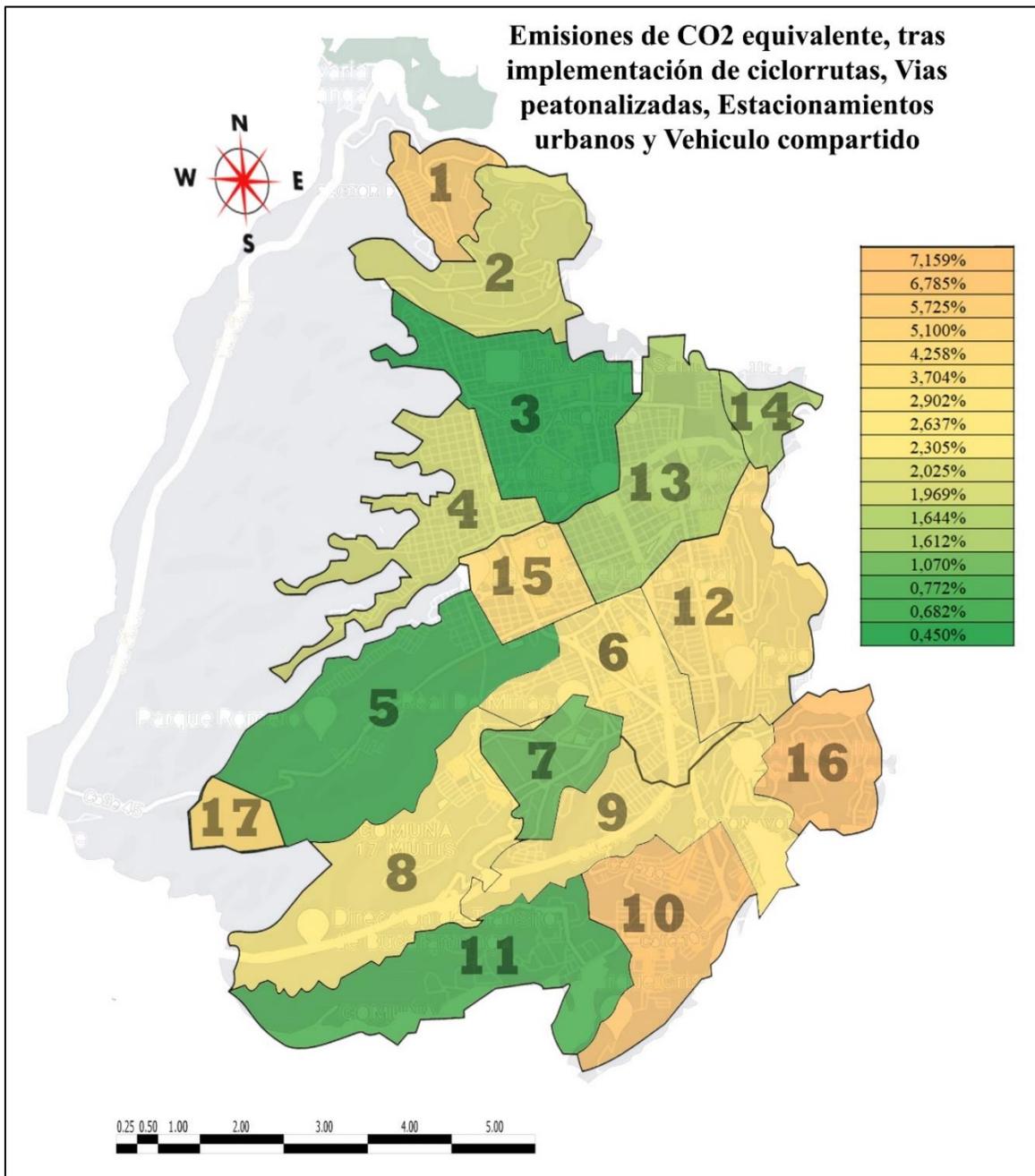
Partiendo de los datos obtenidos en la encuesta para la movilidad sostenible, los cuales se pueden observar en el apartado 9.1 de este documento, se observó que los ciudadanos de Bucaramanga están en un 74,1% dispuestos a compartir vehículo y que el 43,1% no se encuentra satisfecho con los modos de movilidad actuales, se espera que esta iniciativa cuente con una acogida de al menos 10% en la población, lo cual se puede traducir en una reducción de vehículos privados pasando de 32,5% tras la implementación de las estrategias previamente descritas, a 22,5% sumando esta nueva estrategia de movilidad.

En términos de emisiones de CO_2 esta estrategia supone una reducción del 14,67% de las emisiones asociadas al vehículo privado, con lo cual, tras la implementación de las estrategias de movilidad sostenible descritas hasta este punto, se podrá conseguir una disminución total de **52,6%** asociadas a la movilidad.

Nuevamente, teniendo como premisa que los puntos de mayor desarrollo socioeconómico de la ciudad están concentrados en las comunas, 13, 12, 5 y 3 respectivamente, y suponiendo que los usuarios del vehículo privado optaran por el uso del vehículo compartido, el nuevo mapa de porcentajes de emisiones de CO_2 por comunas, tras la implementación de las ciclorrutas, las vías peatonalizadas y los estacionamientos urbanos, se podría representar de la siguiente manera:

Figura 34

Nuevo mapa de emisiones de CO₂ tras implementación acumulativa de estrategias



Nota. Reducción de hasta un 52,6 % de las emisiones de CO₂ equivalentes totales en la ciudad de Bucaramanga tras la implementación de la estrategia de ciclorrutas, peatonalización de vías, estacionamientos urbanos y vehículo compartido.

9.3.1.8 Valor de las calles principales.

Las calles principales toman gran valor dentro de la movilidad de una ciudad, puesto que representan las rutas trazadas para la conexión de los diferentes puntos de la ciudad y las zonas de mayor desarrollo socioeconómico, con lo cual, se convierten en grandes arterias de tráfico vehicular, así como peatonal y de bicicletas.

La coexistencia de todas estas funciones es la cualidad de las calles principales, planteando una serie de desafíos y con ello la necesidad de iniciativas que unifiquen la movilidad de manera coherente y en conciencia con el cuidado del medio ambiente.

Esta resulta ser, quizá, la estrategia con mayores dificultades, en virtud del latente movimiento vehicular y la dificultad para desviarlo a rutas alternas sin que se genere el efecto contrario.

Bucaramanga, cuenta con 5 carreras principales comprendidas entre la carrea 9, 15, 21, 27 y 33, que conectan de norte a sur a la ciudad, así como 6 calles principales comprendidas entre la calle 9, 14, Avenida Quebrada Seca, 36, 41 y 56, que conectan la ciudad de oriente a occidente.

Lo que este documento propone es la intervención de al menos dos calles y dos carreras, de tal manera que estas puedan ser intervenidas y se permita la coexistencia de los modos de transporte que menos aporten emisiones de CO_2 a la atmosfera, con la restricción de vehículos motorizados privados, de tal manera que se cuente con mayor espacio para la distribución de espacios para la movilidad pública, los modos de transporte no motorizados y a su vez, permitan un ordenamiento de las actividades socioeconómicas, sin que afecte la tranquilidad de los residentes.

- **Diseño**

Se propone la intervención de las carreras 15 y 33, así como las calles Avenida Quebrada Seca y 56, de tal manera que, como primera medida, se restrinja el uso de vehículos particulares privados, en horarios establecidos, y posterior a esto, se realicen intervenciones para la adecuación de infraestructura de ciclorrutas, así como espacios para peatones.

Dicho esto, se debe contemplar la desviación del tráfico particular en horarios establecidos, por las diferentes arterias, sobre las cuales no se realizarán intervenciones, con

la finalidad última de desalentar al uso del vehículo motorizado privado e incentivar al uso de modos de transporte sostenibles.

Como referente, se tendrá a la avenida Calle 13 de la ciudad de Bogotá, en la localidad de Chapinero, calle de constante movimiento vehicular, que, como se observa en la figura 35, cuenta con altos niveles de actividad económica debido a los múltiples establecimientos de comercio, espacios para la caminata segura y una ciclorruta implementada que permite la circulación de ciclistas sin entorpecer ninguna de las actividades que allí se realizan.

Figura 35

Coexistencia de modos de transporte sostenibles



Nota. Avenida Calle 13, Bogotá, como referente nacional de implementación de ciclorrutas, consiguiendo un 20% de la red vial existente.

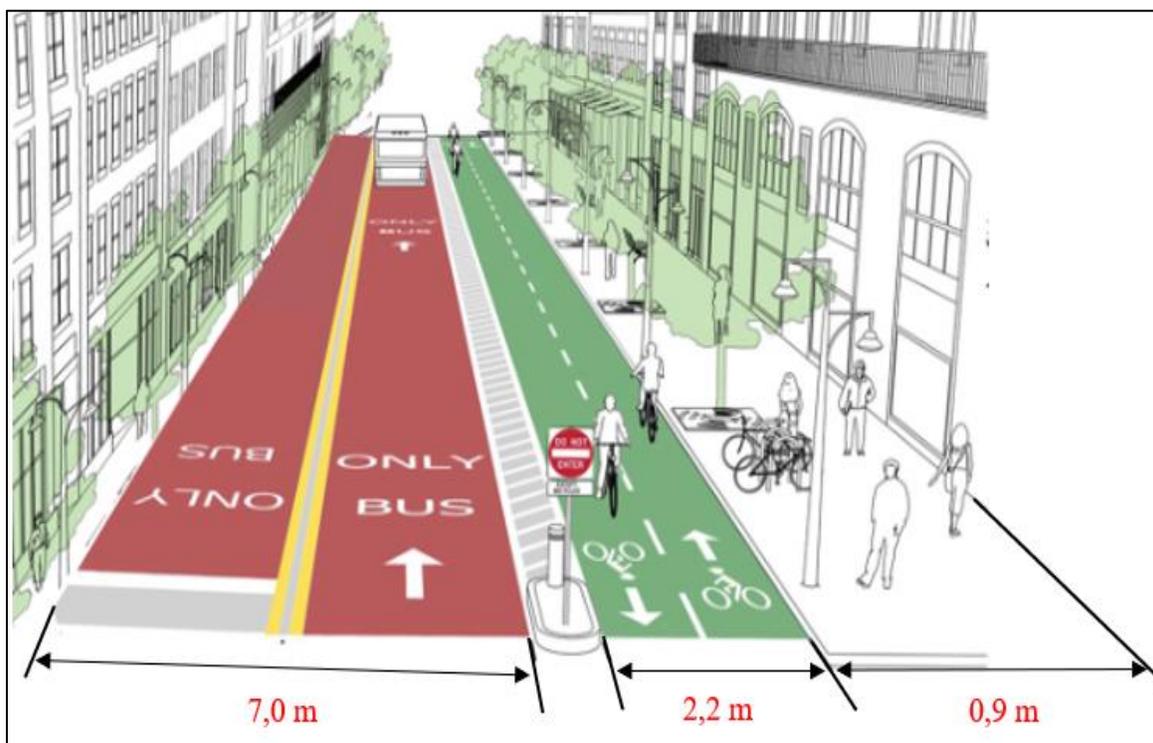
Anteriormente se había estipulado que, según Cárdenas, (2013) el ancho de carril vehicular debe ser de 3,50 metros para un total de 7,0 metros para dos carriles, y que el

ancho ara dos carriles de ciclorruta es de 2,20 metros, por lo cual se necesitara un ancho de calzada de 9,20 metros, únicamente para carriles vehiculares y de bicicleta.

El Manual de Capacidad y Niveles de Servicio para Carreteras, (2020) establecido por el Instituto de Vías, INVIAS, propone un ancho de carril para uso peatonal sin obstáculos de mínimo 0,90 metros y máximo 1,20 metros. Para este caso particular se hará uso de la media mínima de 0,90 metros, por lo cual el ancho final de calzada debe ser de mínimo 10,10 metros, como se muestra en la figura 36.

Figura 36

Diseño genérico vías principales



Nota. Diseño de propuesta para vías principales, exclusivas para la movilidad de transporte público, ciclistas y peatones.

- **Elementos de protección y seguridad.**

Se hará uso de todos los elementos de protección y seguridad descritos previamente en las demás estrategias, con la adición de señalización visual como tableros electrónicos que indiquen los horarios de restricción de vehículos privados dentro de estas zonas.

Sumado a estos elementos, se restringirá el límite de velocidad, evitando de esta manera los accidentes, y para esto, se emplearán reductores de velocidad en la vida, así como señales viales con radar electrónico, los cuales estarán programados para que no se supere un cierto límite de velocidad, exigiendo a los conductores respetar la norma y en caso de desacato, se realizará la respectiva foto multa.

De esta manera se espera asegurar la integridad de los actores de la movilidad, en especial aquellos que presentan mayor vulnerabilidad como lo son los peatones y los ciclistas, y así, se pueda coexistir de manera armónica dentro de la ciudad.

- **Meta.**

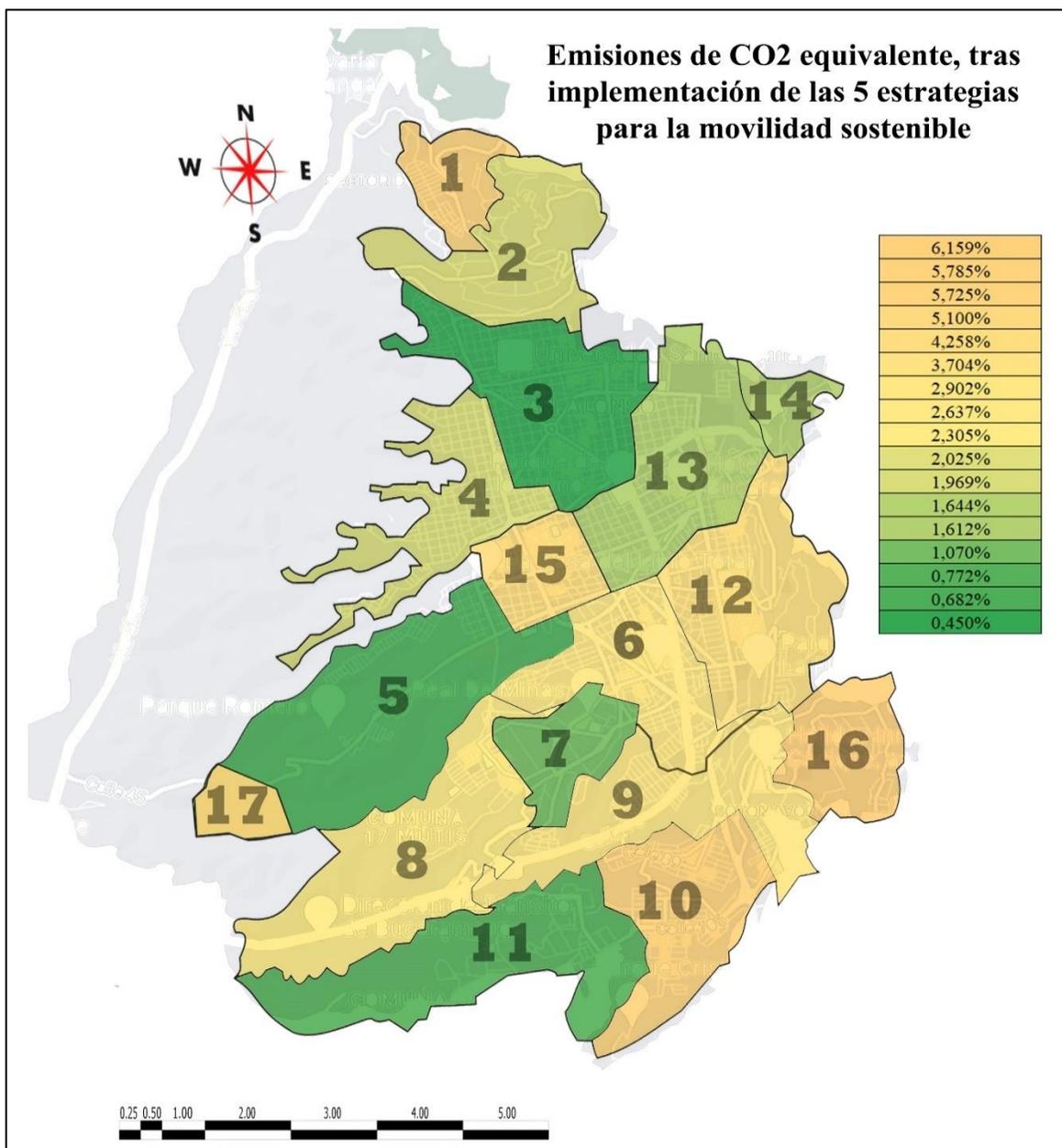
Si bien esta estrategia no propende la disminución del uso del vehículo privado, se espera que esta medida desaliente al uso del mismo, motivando a los actores de la movilidad al empleo de modos de movilidad sostenibles como la caminata, la bicicleta y el transporte público, por tanto, se espera una reducción del al menos 2,0% de las emisiones de CO_2 gracias a los usuarios que al menos una vez por semana logren dejar su vehículo privado en casa y opten por otros modos de movilidad.

Con todo, y sumando el acumulado de las disminuciones de CO_2 , la implementación de las estrategias de movilidad supone una reducción del **54,6%** en un escenario ideal, en donde las personas estén 100% comprometidas con el uso y cuidado de la infraestructura física, así como la generación de conciencia ambiental y uso de modos de movilidad no motorizados.

El mapa final de emisiones, tras la puesta en práctica de todas las estrategias que aquí se proponen, y teniendo en cuenta los principales centros de desarrollo socioeconómico, quedaría de la siguiente manera:

Figura 37

Nuevo mapa de emisiones de CO₂ tras implementación acumulativa de estrategias



Nota. Reducción de hasta un 54,6 % de las emisiones de CO₂ equivalentes totales en la ciudad de Bucaramanga tras la implementación de la estrategia de ciclorrutas, peatonalización de vías, estacionamientos urbanos, vehículo compartido y calles principales.

Conclusiones.

- El diagnóstico inicial de la ciudad de Bucaramanga, en temas de movilidad, presenta un escenario desfavorable, donde el mal uso del suelo y la expansión demográfica constante, se traduce en múltiples problemas de congestión vial, ausencia de control de modos de transporte y altas emisiones de CO_2 .
- La realización de encuestas indicó que el vehículo particular y privado resulta ser el modo de movilidad de mayor uso dentro de la ciudad de Bucaramanga, con un porcentaje del 54,5% de uso, desplazando los medios de transporte públicos y los modos de transporte no motorizados. Como consecuencia, la ciudad se encuentra en estado de insostenibilidad ambiental, efecto de las altas emisiones de CO_2 las cuales, para el vehículo privado, son el 80% del total de las emisiones asociadas a la movilidad, afectando gravemente la salud de los Bucaramanguenses.
- La ciudad de Bucaramanga no se encuentra plenamente preparada, para las altas demandas de transporte motorizado que circulan diariamente por su red vial, en virtud de una mala planeación y ejecución, puesto que no se proyectó la demanda vehicular de manera correcta, lo que hace que cerca del 43,2% de los Bucaramanguenses no se encuentran satisfechos con los modos de movilidad existentes, debido a la poca cobertura o conectividad entre el centro de la ciudad y la periferia de la misma, así como con la deficiente infraestructura vial con que cuenta la ciudad.
- Los modos de transporte no motorizados resultan ser la clave hacia la movilidad sostenible, pues su puesta en marcha no produce emisiones de CO_2 . Es por esta razón que se debe replantear la movilidad, involucrando al peatón y al ciclista como actores principales de la movilidad, generando infraestructura física para el desarrollo de sus trayectos diarios, garantizando la seguridad y la integridad de estos, mediante elementos de protección y descanso como mobiliario urbano.
- el aprovechamiento de las energías limpias o renovables, resulta ser de gran utilidad en la implementación de sistemas de movilidad sostenible, pues, vehículos eléctricos, como los propuestos en la estrategia de autos compartidos, logran recargar sus baterías mediante la acumulación de energía solar, la cual se almacena en celdas fotovoltaicas y permiten no

solo obtener energía para abastecer los vehículos eléctricos, sino que se podría aprovechar esta energía para mantener la iluminación de las ciclorrutas y vías peatonales.

- Es de vital importancia la implementación de nuevas estrategias para asegurar la movilidad sostenible, y con esto lograr la reducción de las emisiones de CO_2 a la atmosfera. Las propuestas que aquí se presentan, pretenden, en conjunto, la reducción de cerca del 54,2% en las emisiones de CO_2 asociadas al parque automotor.

Recomendaciones y consideraciones finales

- El éxito de las estrategias aquí planteadas depende de la implementación en simultaneo de las estrategias, de tal manera que exista integridad y coexistencia entre estas y los modos de movilidad ya establecidos en la ciudad. De esta manera, los modos de transporte no motorizados se complementarán entre sí, y a su vez la peatonalización de vías se complementara con la articulación de las calles principales, asegurando una red de conexión vial no motorizada, en tramos estratégicos a lo largo de la ciudad.

- Este tipo de iniciativas se realizan de manera multimodal, involucrando disciplinas que, para el alcance del proyecto, no fueron contempladas, como lo son el factor económico, los estudios técnicos, estudios sociales, estudios legales, entre otros, pero que deberán ser tenidos en cuenta en el momento de su ejecución.

- Parte de la aceptación de las estrategias de movilidad sostenible se basan en la conciencia ambiental y el compromiso solidario con el cuidado del medio ambiente; es por esta razón que, serán necesarias campañas de concientización, educativas y restrictivas que permitan realizar la transición de pensamiento, pasando de un pensamiento individual y consumista, a otro colectivo y más eco amigable.

- La ejecución de la estrategia de vehículos compartidos requiere de una inversión económica elevada en su etapa inicial, pero esta será subsanada de manera gradual mediante el cobro por renta del servicio de vehículos, consiguiendo prontamente su tasa de retorno y posterior a ello, las utilidades, las cuales deberán retornarse al programa y a la ejecución o mejora de las estrategias planteadas.

- Será necesario el uso de políticas reglamentarias, en primera medida, para la implementación de las estrategias para la movilidad sostenible, hasta que se logre conseguir

un cambio parcial o total en la mentalidad particular de las personas, llegando a conseguir un espacio comprometido con el cuidado del medio ambiente y la reducción de las emisiones de CO_2 .

Referencias Bibliográficas

- Abreu, J. (2012). Hipótesis, Método y Diseño de Investigación. Recuperado 06/09/2022
[http://www.spentamexico.org/v7-n2/7\(2\)187-197.pdf](http://www.spentamexico.org/v7-n2/7(2)187-197.pdf)
- Ackerman, R. (1974). Location Space an Urban Structure. Land Economics, Vol 50 (No. 3), pags. 281-284.
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2006). Documentos para contaminación. Mdidas de protección y reducción en el distrito capital. Recuperado el 23/04/2022
<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/listados/tematica2.jsp?subtema=27298&cadena=>
- Angarita, F. Gil, R. (2018). Comparando la movilidad en Bucaramanga con respecto a otras ciudades representativas de Latinoamérica: Hacia un modelo tentativo de sistema suave. Encuentro internacional de educación en ingeniería. Cartagena. Colombia. Recuperado 08/04/2022 <https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/688/693>
- Área metropolitana Valle de Aburra (2021). Movilidad Sostenible. Recuperado 08/04/2022
<https://www.metropol.gov.co/la-movilidad/movilidad-sostenible>.
- Arias, A. Gómez, L. (2017). Propuesta para organizar y tránsito y el transporte del municipio de San Gil, Santander. Universidad Militar Nueva Granada. Recuperado 23/04/2022
https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/17942/Arias%20Sanchez%20Erika%20Marcela_Gomez%20Rodriguez%20Luis%20Alfredo2018.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Ardila, J. (2017). Análisis espacial y temporal de la accidentalidad y muerte generado por el uso de la motocicleta en el área Metropolitana de Bucaramanga. Recuperado 05/10/2022
<https://repositorio.udes.edu.co/bitstream/001/513/1/An%C3%A1lisis%20espacial%20y%20temporal%20de%20la%20accidentalidad%20y%20muerte%20generado%20por%20el%20uso%20de%20la%20motocicleta%20en%20el%20%C3%A1rea%20Metropolitana%20de%20Bucaramanga.pdf>
- Asher, F. (2004). Los nuevos principios del urbanismo. Madrid: Alianza Editorial. España

- Banda, A. Pinto, A. y Santacruz, N. (2018). Acciones prácticas en materia de sustentabilidad. 1ra edición. Sonora. México. Recuperado 08/04/2022 <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=292985>
- Baykal, A. Jensen, F. (2018). Action Plan for Green Movility. Recuperado 08/09/2022 [Iterahttps://kk.sites.itera.dk](https://kk.sites.itera.dk) > apps > kk_pub2
- Boletín FAL (2013). Políticas integradas y sostenibles de movilidad: revisión y propuesta de un marco conceptual. Ed. 323, numero 7. Recuperado 08/04/2022 www.cepal.org/transporte.
- Bucaramanga Metropolitana. Cómo Vamos (2021). Encuesta de percepción ciudadana. Recuperado 05/05/2022 <https://www.bucaramangacomovamos.org/enuestasdepercepcionciudadana>
- Carnicer, J. (2007). Contaminación Atmosférica. Recuperado 22/04/22 <https://www.eoi.es/es/savia/publicaciones/20198/contaminacion-atmosferica>
- Castro, L. (2014). Hacia un sistema de movilidad urbana integral y sustentable en la zona metropolitana del valle de México. Universidad Iberoamericana. México. Recuperado 03/05/2022 <http://www.bib.uia.mx/tesis/pdf/015845/015845.pdf>
- Cárdenas, J. (2013). Diseño Geométrico de Carreteras. 2da edición. Recuperado 11/10/2022 de <https://tiposdetecnologia.online/wp-content/uploads/2020/10/Dise%C3%B1o-geom%C3%A9trico-de-carreteras-2da-Edici%C3%B3n-James-C%C3%A1rdenas-Grisales.pdf>
- Cazau, P. (2006). Introducción a la investigación en ciencias sociales. Tercera edición. Buenos Aires. Recuperado 03/05/2022 <http://www.galeon.com/pcazau>
- Dal Sasso, R. 2009. Políticas de Estacionamiento y Movilidad Sostenible. Estudio en España y Brasil. Propuesta de Actuación para Porto Alegre. Recuperado 24/10/2022 <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/11959/TESIS%20FINAL%20DE%20MASTER.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Dangod, C. *et al.* (2011). Algunas reflexiones sobre la movilidad urbana en Colombia desde la perspectiva del desarrollo humano, *Revista papel político*, 16(2), p.485-514. Recuperado 22/04/22 <http://www.scielo.org.co/pdf/papel/v16n2/v16n2a07.pdf>
- Dirección de Planificación Urbana de Guatemala. (2010). *Guía de Aplicación, Dotación y Diseño de Estacionamientos*. Primera Edición. Recuperado 20/10/2022 https://drive.google.com/file/d/1vaZOBtUOQ_MPoJrpxTl4J5IJmwi9Q9H/view?pli=1
- Dirección de tránsito de Bucaramanga (2017). *Estructuración de medidas para el mejoramiento de movilidad en Bucaramanga. Estudio de tránsito y revisión de los corredores de conexión con los municipios del área metropolitana*. Recuperado 22/04/2022 <https://transitobucaramanga.gov.co/dtb/wp-content/uploads/2021/09/estructuracion-de-medidas-para-mejorar-la-movilidad-en-bucaramanga-2017.pdf>
- Ecologistas en Acción. (2007). *Ideas y buenas prácticas para la movilidad sostenible*. Recuperado 20/09/2022 www.ecologistasenaccion.org
- European Commission Decision. 2019. *Horizon 2020 Work Programme 2018.2020*. Recuperado 21/10/2020 <https://www.ennomotive.com/es/compartir-coche-sostenible/>
- Gonzales, C. (2011). *Proyectos de transporte e infraestructura y su contribución a la movilidad sostenible y la gobernabilidad local: El caso de Cali, Colombia*. *Revista Entorno Geográfico* N°7. Departamento de Geografía. Universidad del Valle.
- Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid (2010). *Movilidad Urbana Sostenible. Un reto energético y ambiental*. Recuperado 22/04/22 <https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Movilidad-Urbana-Sostenible-un-reto-energetico-y-ambiental-2010.pdf>
- Glass, G., Hopkins, K. (1984). *Statistical methods in education and psychology*. Prentice-Hall (Englewood Cliffs, N.J.)

- Graizbord, B. (2008). Geografía del transporte en el área metropolitana de la ciudad de México. México. Colegio de México. Recuperado 05/05/2022
<https://books.google.com.mx/books?id=z2b8y94Rq8YC>
- Grajales, T. (2000). Tipos de Investigación. Recuperado 05/05/2022
<https://cmapspublic2.ihmc.us/rid=1RM1F0L42-VZ46F4-319H/871.pdf>
- Hernández, R., Mendoza, C. (2018). Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw-Hill. <https://www-ebooks7-24-com.ezproxy.uniminuto.edu/?il=6443>
- Hinojosa, A. (2003). Diagrama de Gantt. Recuperado 14/05/2022 <http://www.colegio-isma.com.ar/Secundaria/Apuntes/Mercantil/4%20Mer/Administracion/Diagrama%20de%20Gantt.pdf>
- Intergovernmental panel on climate change. (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution on Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland.
- Jamison, A., Cramer, R. y Lasso, J. (1990). The making of the new Environmental Consciousness: A comparative study of the environmental movements in Sweden, Denmark and the Netherlands. Recuperado 08-09-2022
https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=2182294&pid=S0250-7161200500940000400006&lng=es
- Jaramillo, J. (2020). El municipio de Itagüí como eje de movilidad sostenible. Universidad Externado de Colombia. Bogotá. Recuperado 08/04/2022
<https://bdigital.uexternado.edu.co/handle/001/2807>.
- Kopta, F. (1999). Problemática ambiental con especial referencia de la provincia de Córdoba. Recuperado 22/04/22 <https://prosperityfund.uniandes.edu.co/site/wp-content/uploads/Caracterizaci%C3%B3n-de-la-contaminaci%C3%B3n-atmosf%C3%A9rica-en-Colombia.pdf>
- Laines, A. et al. (2018). Entornos de movilidad comercial y dispersión urbana: estudio comparativo de tres áreas urbanas europeas. Recuperado 08/04/2022

<http://dx.doi.org/10.5821/ace.13.38.5411>

Lezama, J. & Domínguez, J. (2006). Medio ambiente y Sustentabilidad Urbana. Papeles de población, (pp.154-176)

López, R. Fachelli, S. (2015). Metodología de la investigación social cuantitativa.

Recuperado 10/05/2022

https://ddd.uab.cat/pub/lilibres/2015/129382/metinvsocuan_presentacioa2015.pdf

Manheim, M. (1979). Fundamentals of Transportation Systems Analysis. Vol. 1, Ed. M.I.T. Press, Cambridge. Recuperado 21/04/2022 <https://trid.trb.org/view/165467>

Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del Ministerio de Transportes de la República de Colombia, 2008. Recuperado 05/09/2022

<http://artemisa.unicauca.edu.co/~carboled/Libros/Manual%20de%20Diseno%20Geometrico%20de%20Carreteras.pdf>

Mancilla, C. (2011). Análisis de alternativas de movilidad urbana sostenible en la zona metropolitana de San Luis Potosí: El caso de la bicicleta, (pp. 78-85).

Martínez, M. (2000). La investigación-acción en el aula. Universidad Simón Bolívar.

Agenda Académica Volumen 7, N°1, año 2000. Recuperado 03/05/2022

https://docentia.webnode.es/_files/200000031-e2181e310b/ia.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). Normas para la calidad del aire.

República de Colombia. Recuperado 23/04/2022

<http://www.ideam.gov.co/documents/51310/527391/2.+Resoluci%C3%B3n+2254+de+2017+-+Niveles+Calidad+del+Aire.pdf/c22a285e-058e-42b6-aa88-2745fafad39f#:~:text=La%20presente%20resoluci%C3%B3n%20establece%20la,a%20los%20contaminantes%20en%20la>

Mohieldin, M. Vandycke, N. (2017). Movilidad sostenible para el siglo XXI. Banco

Mundial. Recuperado 21/04/2022

<https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2017/07/10/sustainable-mobility-for-the-21st-century>.

- Mollinedo, C. (2006). Movilidad urbana sostenible: un reto para las ciudades del siglo XXI. *Revista economía, sociedad y territorio*. Vol. VI, núm. 22. Universidad de Granada. Recuperado 08/04/2022
https://www.researchgate.net/publication/28155569_Movilidad_urbana_sostenible_un_reto_para_las_ciudades_del_siglo_XXI
- Moré, R. Giret, M. (2015). Movilidad sostenible en Bogotá - Caso metro de Bogotá. Recuperado 08/04/2022
<https://revistasaludbosque.unbosque.edu.co/index.php/RevTec/article/view/769>
- Muñoz, A. (2017). El área metropolitana de Cúcuta como mecanismo de implementación del desarrollo sostenible de acuerdo al plan integral de desarrollo metropolitano “Área Viva, Región Sostenible” en el departamento de Norte de Santander (2012-2015). Recuperado 23/04/2022
<https://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/13477/MunozRuiz-AdamFernando-2017.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- National Oceanic and Atmospheric Administration. (2011) The NOAA annual greenhouse index. Recuperado 07/03/2022 <http://www.wsrl.noaa.gov/gmd/aggi/aggi.html>.
- Nick Tyler, C. (2013). Caracterización de la contaminación atmosférica en Colombia. Recuperado 22/04/22 <https://prosperityfund.uniandes.edu.co/site/wp-content/uploads/Caracterizaci%C3%B3n-de-la-contaminaci%C3%B3n-atmosf%C3%A9rica-en-Colombia.pdf>
- Nieto, N. (2018). Tipos de Investigación. Universidad Santo Domingo Guzmán. Recuperado 04/05/2022 <https://core.ac.uk/download/pdf/250080756.pdf>
- Olano, R. (2021). Indicadores para un sistema de movilidad sostenible en la planificación urbana de la ciudad y distrito de Rioja, región San Martín. Recuperado 08/04/2022 http://repositorio.ucss.edu.pe/bitstream/handle/UCSS/1013/Tesis%20-%20Olano%20Ar%c3%a9valo%2c%20Roydichan_compressed.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Organización de las Naciones Unidas, ONU. (2019). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus

- efectos. Recuperado 07/03/2022
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/climate-change-2/>
- Parra, M. (2018). Reordenamiento territorial orientado a la movilidad y al transporte de la ciudad. Caso Villavicencio, Meta. Recuperado 23/04/22
<http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/4970>
- Plan de Desarrollo 2020-2030. (2020). Alcaldía de Bucaramanga. Recuperado 02/09/2022
<https://transitobucaramanga.gov.co/dtb/wp-content/uploads/2021/05/Plan-de-Desarrollo-2020-2023.pdf>
- Plan maestro de movilidad. Bucaramanga 2010-2030. (2010). Universidad Industrial de Santander UIS. Escuela de ingeniería Civil. Alcaldía de Bucaramanga.
- Presidencia de la república de Colombia (1991). Constitución Política de Colombia. Título 2, Artículo 82. Recuperado 23/04/2022
<https://www.constitucioncolombia.com/titulo-2/capitulo-3/articulo-82>
- Ramírez, *et al.* (2012). La movilidad urbana en Colombia y el Reino Unido: Marco de actuación, políticas y potencial de fortalecimiento. Universidad de los Andes – University College London. Recuperado 23/04/22
<https://prosperityfund.uniandes.edu.co/site/wp-content/uploads/documentos/Marcodeactuacion.pdf>
- Revista digital de apuntes de investigación. (2014). (volumen 8 – enero de 2014) recuperado 08/03/2022 <http://apuntesdeinvestigación.upbbga.edu.com>
- Suero, D. (2011). La bicicleta como medio de transporte en la ciudad de Bogotá. Avances de investigación en ingeniería. Vol, 12, pp. 54-62.
- Thinell, M. (2005). Modernidad en Movimiento. Como enfrentarse a la movilidad motorizada en Teherán, Santiago y Copenhague. Revista eure, Vol. XXXI, N° 94; pp. 55-77. Recuperado 08-09-2022 https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0250-71612005009400004&script=sci_arttext#28

Vidal, M. (2010). Huella de carbono, la primera medida. Técnica de cambio climático para cero CO_2 de la fundación ecológica y desarrollo. Recuperado 22/04/22
https://ecodes.org/documentos/Ecodes_HC_Ser%20Responsable.pdf

Apéndice

Apéndice A: *Encuesta de movilidad sostenible para estimación los modos de movilidad y las emisiones de CO₂ asociados a estos, en la ciudad de Bucaramanga.*

A fin de caracterizar los diferentes modos de movilidad se realizará una encuesta a una cantidad representativa de ciudadanos para posteriormente, mediante un análisis estadístico, determinar la media y la moda de los sistemas de movilidad y el grado de contaminación medido a través del indicador de huella de carbono, con lo cual se podrá relacionar a la movilidad de las personas, con sus hábitos y, finalmente, caracterizar a los actores de la movilidad según las distancias y tiempos de recorridos en relación a sus características socio económicas.

Como primera medida, se realizarán 384 encuestas de manera virtual mediante la herramienta *Google Forms* la cual se analizará con herramientas ofimáticas como Excel, con la cual se elaborarán gráficos de barras y de tortas para visualizar los resultados con mayor facilidad, referente a los porcentajes de ocurrencia de los hechos. Posterior al muestreo y realización de encuestas, con ayuda del software ArcGis se generarán los mapas de zonificación respecto a la concentración de la población en las diferentes comunas de la ciudad de Bucaramanga, lo cual será primordial para la formulación de estrategias de acuerdo a las necesidades de los usuarios.

A continuación, se presenta las preguntas que componen la encuesta:

1. Edad

2. Genero

- a) Masculino
- b) Femenino
- c) Otro

3. ¿Cuál es su barrio de residencia?

4. ¿En qué estrato socio-económico se encuentra su ubicada su vivienda?
- a) 1
 - b) 2
 - c) 3
 - d) 4
 - e) 5
 - f) 6
5. ¿Qué modo de transporte utiliza para movilizarse hacia la zona donde realiza actividades socio-económicas?
- a) Caminando
 - b) Bicicleta
 - c) Carro propio
 - d) Carro compartido
 - e) Motocicleta
 - f) Bus
 - g) Metrolínea (SITM)
 - h) Taxi
 - i) Colectivo
6. ¿Cuál es la distancia promedio que recorre en cada trayecto?
- a) Menos de 5 km
 - b) De 5 a 10 km
 - c) De 10 a 20 km
 - d) De 20 a 30 km
 - e) Mas de 30 km

7. ¿Cuánto tiempo emplea para movilizarse en cada trayecto?
- a) De 5 a 20 minutos
 - b) De 20 a 30 minutos
 - c) De 30 a 45 minutos
 - d) De 45 a 60 minutos
 - e) Mas de 60 minutos
8. ¿Se encuentra satisfecho con los modos de transporte dentro de la ciudad de Bucaramanga?
- a) Nada satisfecho
 - b) Parcialmente satisfecho
 - c) Completamente satisfecho
9. ¿Cuáles son las razones por las cuales usa transporte privado?
- a) Es más cómodo
 - b) Es más rápido
 - c) Necesidades que el transporte público no cubre
 - d) No utilizo vehículo privado
10. ¿Está dispuesto a compartir vehículo privado?
- a) Si
 - b) No
11. ¿En qué condiciones se animaría a compartir vehículo?
- a) Me interesa compartir, sin condiciones
 - b) Si se comparte las mismas rutas y necesidades
 - c) Si se puede aportar a reducir problemas de movilidad

12. ¿Bajo qué condiciones se animaría a usar la bicicleta para dirigirse a las zonas donde se desarrolla su actividad socio-economía?

- a) Bajo ningún caso
- b) Si el tiempo de desplazamiento es menor
- c) Si existen vías suficientes para las bicicletas
- d) Si existe seguridad para la movilidad en bicicleta
- e) Si aporta a la descontaminación del aire de la ciudad

13. ¿Estaría dispuesto a utilizar nuevos medios de transporte como teleférico o tren?

- a) Si
- b) No