

**Evaluación ambiental y paisajística desde el diseño de estrategias para el sistema de
ciclorutas de la ciudad de Bogotá D.C.**

Tesis de profundización presentada como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Diseño Sostenible

Arquitecto
Antonio José de Jesús Muñoz Martínez

Universidad Católica de Colombia
Facultad de Diseño. Maestría en Diseño Sostenible
Bogotá, Colombia

2020

**Evaluación ambiental y paisajística desde el diseño de estrategias para el sistema de
ciclorutas de la ciudad de Bogotá D.C.**

Tesis de profundización presentada como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Diseño Sostenible

Director:

Arquitecto
PhD. en Diseño y Estudios Urbanos
Fabián Adolfo Aguilera Martínez

Universidad Católica de Colombia

Facultad de Diseño. Maestría en Diseño Sostenible

Bogotá, Colombia

2020



Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

RESUMEN

Este proyecto de investigación tiene como propósito profundizar en el diseño de estrategias para la evaluación del sistema de ciclorutas de la ciudad de Bogotá D.C, desde el componente ambiental y paisajístico; la escogencia de este tema está basada en la necesidad de promover el uso de alternativas diferentes de transporte como la bicicleta, articuladora dentro de un sistema multimodal en contraposición al modelo tradicional de transporte urbano basado en el automóvil particular. Para esto, partiendo de una fase de recopilación y análisis de información relevante y enmarcando intereses en un sector céntrico de la ciudad conocido tradicionalmente como el Centro Internacional (Ak 7 entre Cl 26b y Cl 31) se procede a la evaluación de una serie de indicadores de sostenibilidad urbana seleccionados previamente cuyo resultado permite construir una imagen real del problema en cuestión y la categorización de su impacto en el diseño urbano. Finalmente, en una fase propositiva se sugieren algunas medidas de diseño urbano a modo de esquemas que permiten establecer diferencias significativas dentro de un proceso comparativo entre el escenario actual y uno probable a partir de estándares normativos nacionales e internacionales aplicables al tema. Este proceso permite concluir que la cuantificación, categorización y comparación del impacto subraya la relevancia de la evaluación de indicadores de sostenibilidad como el insumo más importante desde el cual se construye el concepto de sostenibilidad urbana.

Palabras clave: Vehículo, Transporte Urbano, Calidad Ambiental, Calidad de Vida.

ABSTRACT

This project is aimed at designing strategies for the evaluation of bicycle route systems in the city of Bogotá D.C, considering the environmental and landscape component. The choice of this topic is based on the need to promote the use of different transport alternatives such as the bicycle within a multimodal system other than the traditional model of urban transport based on its private car. For this purpose, we started from a gathering and analysis phase of relevant information focusing on a central sector of the city traditionally known as the International Center (Carrera 7a through Street 26b to 31). We evaluated a series of urban sustainable indicators previously selected whose result allows us to outline a real image of the problem in question and the categorization of its impact on urban design. Finally, within a propositional phase, some urban design measures are proposed through drawings that make it possible to establish significant differences within a comparative process between the current scenario and a probable one supported on national and international standards applicable to the subject matter. This process allows us to conclude that the quantification, categorization and comparison of the impact highlight the suitability of the sustainability indicators' evaluation as the most important input from which the urban sustainability concept is built.

Keywords: Vehicle, Urban Transport, Environmental Quality, Quality of Life.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION	15
JUSTIFICACION.....	18
Definición del área de estudio.	21
FORMULACION DEL PROBLEMA	24
OBJETIVOS.....	27
Objetivo General	27
Objetivos Específicos.	27
METODOLOGIA DE TRABAJO	28
1. MARCO TEORICO	31
1.1 Paisaje urbano y medio ambiente.....	31
1.1.1 El concepto de paisaje urbano	31
1.1.2 Composición física del medio ambiente.	33
1.1.2.1 Aire	34
1.1.2.2 Agua.....	39
1.1.2.3 Suelo	43
1.1.2.4 Vegetación	48
1.1.2.5 Clima	51
1.1.2.6 Ruido	56
1.2 Diseño accesible y movilidad urbana	61
1.2.1 Derecho a la movilidad.....	65
1.2.2 Planes de Movilidad Urbana Sostenible (PMUS).....	66
1.2.3 Infraestructura ciclo-amistosa.....	70
2. CARACTERIZACIÓN DEL LUGAR.....	77

2.1	Aproximación al caso de estudio.	77
2.2	Matriz de indicadores de evaluación.	80
2.3	Categoría de Medio Ambiental.....	81
2.3.1	Calidad del Aire	81
2.3.2	Precipitación Anual.....	89
2.3.3	Suelo	95
2.3.3.1	Espacio Público Total.....	95
2.3.3.2	Espacio Público Verde	97
2.3.3.3	Espacio Público Efectivo	99
2.3.3.4	Permeabilidad del Suelo.....	102
2.3.4	Arboles por Hectárea	104
2.3.5	Promedio de Temperatura Media.....	107
2.3.6	Contaminación Acústica	112
2.4	Componentes del paisaje.....	116
2.4.1	Ciclorutas Construidas.....	116
2.4.2	Estado de la Red de Ciclorutas.....	117
2.4.3	Cantidad de Mobiliario Público	118
2.4.4	Iluminación Nocturna	122
2.4.5	Proximidad a Espacios Verdes	126
2.4.6	Proximidad y Dotación de Plazas de Aparcamiento para Bicicletas.....	129
2.4.7	Espacio Público Libre de Obstáculos al Peatón	131
3.	ESTRATEGIAS DE DISEÑO SOSTENIBLE PARA CICLORUTAS	135
3.1	Estrategias para promover el mejoramiento en la calidad del aire.	135
3.1.1	Fortalecer la red arbórea del lugar.	135
3.1.2	Aumentar la cantidad de suelo natural con cobertura vegetal de pequeño porte.....	137

3.2	Estrategias de diseño para el mejoramiento en el manejo del agua.....	138
3.2.1	Integración de redes de drenaje sostenible.	138
3.2.2	Superficies de rodamiento de bicicletas pendientadas que eviten el apozamiento de fluidos.	140
3.2.3	Utilizar materiales que faciliten la infiltración o escurrimiento del agua.....	141
3.2.4	Red de hidratación para ciclistas.....	142
3.3	Estrategias de diseño relacionadas al manejo del suelo	143
3.3.1	Aumentar el porcentaje de áreas verdes cercanas al eje de la cicloruta.....	143
3.3.2	Mejorar la permeabilidad del suelo.	144
3.4	Fortalecimiento de la estructura arbórea.	146
3.5	Mejoramiento del confort térmico en las ciclorutas urbanas.....	148
3.6	Acústica urbana.	149
3.7	Mejoramiento del recorrido de la cicloruta.....	151
3.7.1	Recorridos más directos, cómodos, seguros y atractivos.....	151
3.7.2	Mejorar la iluminación nocturna.....	153
3.7.3	Mejorar la red de mobiliario público.....	153
3.8	Accesibilidad.....	154
	CONCLUSIONES.....	155
	BIBLIOGRAFIA.....	160

LISTA DE GRAFICOS

Gráfico 1. Localización del caso de estudio. Fuente: Elaboración propia, herramienta QGIS. (2019).....	22
Gráfico 2. Caso de estudio, aspectos relevantes. Fuente: Elaboración propia. (2019).....	23
Gráfico 3. Árbol de problemas. Fuente: Elaboración propia. (2019).....	26
Gráfico 4. Estructura conceptual de la investigación. Fuente: Elaboración propia basada en el trabajo del Arq. Ph.D Fabián Aguilera. (2019)	30
Gráfico 5. Mapa Conceptual Composición del Aire. Fuente: Elaboración propia. (2019).....	38
Gráfico 6. Absorción, reflexión y emisión de radiación en un recinto urbano. Fuente: Hernández A. (2013)	43
Gráfico 7. Esquema comparativo: suelo impermeable frente a suelo natural. Fuente: Hernández A. (2013)	45
Gráfico 8. Pendientes adecuadas a las distintas situaciones urbanas. Fuente: Hernández A. (2013).....	46
Gráfico 9. Beneficios asociados a la arborización urbana. Fuente: Elaboración propia. (2019)	49
Gráfico 10. Deficiencia en el mantenimiento del espacio público por causa de la caducidad de las hojas de los árboles. Fuente: Toma propia. (2019).....	50
Gráfico 11. Efectos en la salud provocados por los cambios de temperatura (Árbol de problemas). Fuente: elaboración propia. (2019)	54
Gráfico 12. Variaciones de temperaturas superficiales y atmosféricas. Fuente: Wong E. (2008)	55
Gráfico 13. Principales fuentes de ruido en la ciudad. Fuente: Osman Ruido y salud. s.f.....	58
Gráfico 14. Efectos del ruido sobre la salud. Fuente: Elaboración propia. (2019)	59
Gráfico 15. Localización del caso de estudio. Fuente: Google Earth. (2019).....	77
Gráfico 16. Promedio mensual de emisiones contaminantes de material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$) y ozono (O_3), para la estación Min Ambiente, durante el periodo de tiempo comprendido entre noviembre (2018) y octubre (2019). Fuente: Elaboración propia basada en los datos de la RMCAB. (2019).....	83
Gráfico 17. Promedio mensual de emisiones de material particulado PM_{10} para los últimos 12 meses, estación Min Ambiente. Fuente: Elaboración propia basada en la información de la RMCAB. (2019).....	84
Gráfico 18. Promedio mensual de emisiones de material particulado PM_{10} para periodos de 24 horas, estación Min Ambiente. Fuente: Elaboración propia basada en la información de la RMCAB. (2019).....	85

<i>Gráfico 19. Promedio mensual de emisiones de material particulado PM_{2,5} para los últimos 12 meses, estación Min Ambiente. Fuente: Elaboración propia basada en la información de la RMCAB. (2019).</i>	86
<i>Gráfico 20. Promedio mensual de emisiones de material particulado PM_{2,5} para periodos de 24 horas, estación Min Ambiente. Fuente: Elaboración propia basada en la información de la RMCAB. (2019).</i>	86
<i>Gráfico 21. Promedio mensual de emisiones de O₃ para los últimos 12 meses, estación Min Ambiente. Fuente: Elaboración propia basada en la información de la RMCAB. (2019)</i>	87
<i>Gráfico 22. Promedio mensual de emisiones de O₃ para los últimos 12 meses, estación Min Ambiente. Fuente: Elaboración propia basada en la información de la RMCAB. (2019)</i>	88
<i>Gráfico 23. Promedio mensual de precipitación para los últimos 12 meses, estación Min Ambiente. Fuente: Elaboración propia basada en la información de la RMCAB. (2019)</i>	89
<i>Gráfico 24. Precipitación máxima diaria mensual, estación Min Ambiente. Fuente: Elaboración propia basada en la información de la RMCAB. (2019).....</i>	90
<i>Gráfico 25. Promedio anual de precipitación para Bogotá D.C. Fuente: OAB, edición propia. (2019).....</i>	91
<i>Gráfico 26. Ausencia de drenajes de aguas lluvia sobre la totalidad del recorrido de la cicloruta. Fuente: Toma propia. (2019).....</i>	92
<i>Gráfico 27. Estancamiento de aguas lluvia por materialidad de la cicloruta. Fuente: Toma propia. (2019).....</i>	93
<i>Gráfico 28. Apozamiento de aguas lluvia por mal pendiente de la cicloruta. Fuente: Toma propia. (2019).....</i>	94
<i>Gráfico 29. Espacio público total asociado a la zona de estudio. Fuente: Elaboración propia. (2019).....</i>	95
<i>Gráfico 30. Delimitación del área de influencia poblacional para el eje de estudio. Fuente: https://geportal.dane.gov.co. (2019).....</i>	96
<i>Gráfico 31. Espacio público total (m²/hab). Fuente: DADEP (2017), edición propia. (2019)....</i>	96
<i>Gráfico 32. Espacio público verde asociado a la zona de estudio. Fuente: Elaboración propia. (2019).....</i>	97
<i>Gráfico 33. Espacio público verde (m²/hab). Fuente: DADEP (2017), edición propia. (2019)..</i>	98
<i>Gráfico 34. Espacio verde existente (Kr 7 con Cl 30). Fuente: Toma propia. (2019).....</i>	99
<i>Gráfico 35. Uso del EPE en el área de trabajo. Fuente: Toma propia. (2019).....</i>	100
<i>Gráfico 36. Espacio público efectivo asociado a la zona de estudio. Fuente: Elaboración propia. (2019).....</i>	101
<i>Gráfico 37. Espacio público efectivo (m²/hab). Fuente: DADEP (2017), edición propia. (2019).....</i>	102

Gráfico 38. Clasificación del suelo según su factor de permeabilidad. Fuente: Elaboración propia, herramienta QGis. (2019).....	103
Gráfico 39. Localización de árboles por especie. Fuente: Elaboración propia basada en trabajo de campo e información del Jardín Botánico de Bogotá (SIGAU), herramienta QGis. (2019).	106
Gráfico 40. Promedio mensual de temperatura (°C) para los últimos 12 meses. Fuente: Elaboración propia basada en la información de la RMCAB. (2019).....	109
Gráfico 41. Promedio mensual de temperatura (°C) para los últimos 12 meses. Fuente: Elaboración propia basada en la información de la RMCAB. (2019).....	110
Gráfico 42. Porcentaje de horas útiles de ocupación del espacio público, dentro de la franja de confort térmico. Fuente: Elaboración propia. (2019).....	111
Gráfico 43. Niveles de ruido promedio en determinadas horas del día, para la zona de estudio. Fuente: Elaboración propia, herramienta QGis. (2019).....	114
Gráfico 44. Mapa de ciclorutas de Bogotá D.C. Fuente: https://www.movilidadbogota.gov.co . (2019). Edición propia. (2019).....	116
Gráfico 45. Caracterización de tramos sobre el recorrido. Fuente. Google Earth. (2019).....	117
Gráfico 46. Simulación de iluminación para el caso de estudio (rango de 1 a 20 luxes). Fuente: Elaboración propia, herramienta DIALux Evo. (2019).....	124
Gráfico 47. Simulación de iluminación para el caso de estudio (rango de 7.5 a 20 luxes). Fuente: Elaboración propia, herramienta DIALux Evo. (2019).....	124
Gráfico 48. Iluminación deficiente sobre eje de la cicloruta (caso de estudio). FUENTE: Toma propia. (2019).....	125
Gráfico 49. Identificación de zonas verdes cercanas al tramo de estudio, proyección del radio de influencia vecinal y zonal. Fuente: Elaboración propia, herramienta QGis. (2019).....	128
Gráfico 50. Cálculo del área de influencia poblacional del eje de estudio (Radio 100 m). Fuente: https://geoportal.dane.gov.co . (2019).....	129
Gráfico 51. Proximidad a parqueaderos de uso público cercanos a la zona de trabajo. Fuente: Elaboración propia, herramienta QGis. (2019).....	130
Gráfico 52. Bici-parqueadero gratuito en espacio público (Zona de estudio). Fuente: Toma propia. (2019).....	131
Gráfico 53. Presencia de obstáculos al tránsito de peatones y ciclistas. Fuente: Toma propia. (2019).....	132
Gráfico 54. Presencia de obstáculos al tránsito de ciclistas. Fuente: Toma propia. (2019).....	132
Gráfico 55. Invasión del espacio exclusivo para ciclistas. Fuente: Toma propia. (2019).....	133
Gráfico 56. Invasión del espacio público en cruce peatonal y de ciclistas. Fuente: Toma propia. (2019).....	133

<i>Gráfico 57. Falta de continuidad del recorrido como obstáculo a los ciclistas. Fuente: Toma propia. (2019)</i>	133
<i>Gráfico 58. Esquema de arborización sobre el eje de la cicloruta caso de estudio. Fuente: Elaboración propia. (2019)</i>	137
<i>Gráfico 59. Esquema de cobertura vegetal, actual vs propuesta. Fuente: Elaboración propia. (2019)</i>	138
<i>Gráfico 60. Sistema de recolección y drenaje de agua propuesto. Fuente: Elaboración propia. (2019)</i>	139
<i>Gráfico 61. Rain garden, detalle axonométrico. Fuente: Headwaters At The Comal, https://www.headwatersatthecomal.com/the-headwaters/our-story/curbside-rain-garden. (2019)</i>	140
<i>Gráfico 62. Corte esquemático del recorrido de la cicloruta (caso de estudio). Fuente: elaboración propia. (2019)</i>	141
<i>Gráfico 63. Concreto permeable. Fuente: ARGOS, https://concretosespecializados.argos.co/permeable.html. (2019)</i>	142
<i>Gráfico 64. Esquema de zonas verdes propuesto para el caso de estudio. Fuente: Elaboración propia. (2019)</i>	143
<i>Gráfico 65. Esquema de permeabilidad del suelo (caso de estudio). Fuente: Elaboración propia. (2019)</i>	145
<i>Gráfico 66. Esquema de arborización propuesto (caso de estudio). Fuente: Elaboración propia. (2019)</i>	146
<i>Gráfico 67. Esquema de proyección de sombra y respuesta térmica del suelo (caso de estudio). Fuente: Elaboración propia. (2019)</i>	148
<i>Gráfico 68. Aprovechamiento de la sombra de los árboles sobre la cicloruta como protección ante la radiación directa (caso de estudio). Fuente: Elaboración propia. (2019)</i>	149
<i>Gráfico 69. Esquema en corte de tramo vial subterráneo para mejoramiento acústico (caso de estudio). Fuente: Elaboración propia. (2019)</i>	150
<i>Gráfico 70. Reconfiguración del recorrido de la cicloruta (caso de estudio). Fuente: Elaboración propia. (2019)</i>	151
<i>Gráfico 71. Esquema de segregación de tránsito por actor vial (caso de estudio). Fuente: Elaboración propia. (2019)</i>	152
<i>Gráfico 72. Continuidad en la lectura del recorrido de la cicloruta (caso de estudio). Fuente: Elaboración propia. (2019)</i>	153

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1. Composición del aire. Fuente: Miguel Katz. (2011).....</i>	34
<i>Tabla 2. Valores máximos de exposición por contaminante y periodo de tiempo. Fuente: Elaboración propia basada en la información contenida en la Guía de calidad del aire de la OMS del año 2005. (2019).....</i>	36
<i>Tabla 3. Rangos de emisión del Índice Bogotano de Calidad del Aire (IBOCA). Fuente: Resolución 2410. (2015).....</i>	37
<i>Tabla 4. Elementos tóxicos en productos de uso cotidiano que contaminan el agua. Fuente: Introducción a la Ecología del Paisaje, Morláns. (2005).....</i>	40
<i>Tabla 5. Propiedades térmicas de los materiales según el clima. Fuente: Elaboración propia basada en la información contenida en el Manual de Diseño Bioclimático Urbano (Hernandez, 2013). (2019).....</i>	44
<i>Tabla 6. Interrelación impactos del medio urbano y el proceso de expansión urbanística sobre el medio ambiente y la salud. Uso del suelo. Fuente: OSMAN. (s.f).....</i>	47
<i>Tabla 7. Porcentajes de contaminación auditiva en Bogotá, según el tipo de fuente. Fuente: Elaboración propia basada en http://ambietebogota.gov.co. (2019).....</i>	60
<i>Tabla 8. Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental, expresados en decibeles db(a). Fuente: resolución 0627 del 7 de abril de 2006, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.....</i>	60
<i>Tabla 9. Matriz de indicadores de evaluación en las categorías de medio ambiente y paisaje. Fuente: Elaboración Propia. (2019).....</i>	81
<i>Tabla 10. Promedio mensual de emisiones contaminantes de material particulado (PM10 y PM2,5) y ozono (O3), para la estación Min Ambiente. Fuente: Elaboración propia basada en los datos de la RMCAB. (2019).....</i>	82
<i>Tabla 11. Clasificación del suelo según su factor de permeabilidad. Fuente: Elaboración propia basado en el trabajo de Salvador Rueda, 2008. (2019).....</i>	103
<i>Tabla 12. Caracterización de árboles por tipo. Fuente: Elaboración propia basada en el trabajo de la Arq. Diana Wiesner (http://dianawiesner.com/) y del Jardín Botánico de Bogotá. (2019).....</i>	106
<i>Tabla 13. Promedio anual de temperatura para la ciudad (2010 – 2018). Fuente. Elaboración propia. (2019).....</i>	108
<i>Tabla 14. Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental, expresados en decibeles dB(A). Fuente: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Resolución 627 de 2006.....</i>	113
<i>Tabla 15. Medición de niveles de ruido promedio para determinadas horas del día, herramienta SoundMeter. Fuente. Elaboración propia. (2019).....</i>	113

<i>Tabla 16. Caracterización y evaluación del estado de la cicloruta (caso de estudio). Fuente: Tomas y elaboración propia. (2019)</i>	<i>118</i>
<i>Tabla 17. Inventario de mobiliario público encontrado en sitio. Fuente: Tomas y elaboración propia, herramienta QGis. (2019).....</i>	<i>120</i>
<i>Tabla 18. Requisitos mínimos de iluminación para tráfico peatonal. Fuente: RETILAP. (2010)</i>	<i>123</i>
<i>Tabla 19. Clases de iluminación para diferentes tipos de vías en áreas peatonales y de ciclistas. Fuente: RETILAP. (2010).....</i>	<i>123</i>
<i>Tabla 20. Clasificación de zonas verdes según tamaño y radio de influencia. Fuente: Elaboración propia. (2019)</i>	<i>127</i>
<i>Tabla 21. Especies propuestas dentro del sistema de arborización para la zona de estudio en función a su capacidad captadora de contaminantes. Fuente: Elaboración propia basada en el trabajo de la Arq. Diana Wiesner (http://dianawiesner.com/) y del Jardín Botánico de Bogotá. (2019).....</i>	<i>136</i>
<i>Tabla 22. Clasificación del suelo propuesta según su factor de permeabilidad (caso de estudio). Fuente: Elaboración propia basado en el trabajo de Salvador Rueda, 2008. (2019)</i>	<i>145</i>
<i>Tabla 23. Especies propuestas dentro del sistema de arborización para la zona de estudio (propuesta general). Fuente: Elaboración propia basada en el trabajo de la Arq. Diana Wiesner (http://dianawiesner.com/) y del Jardín Botánico de Bogotá. (2019)</i>	<i>147</i>

INTRODUCCION

El paso del tiempo ha venido evidenciando el impacto negativo generado por el deterioro en los sistemas de movilidad de muchas ciudades, en gran medida como producto de la implementación de modelos de transporte centrados en el uso del vehículo particular como principal medio de locomoción; esta circunstancia ha generado efectos nocivos en la calidad de vida de las personas haciendo necesario plantear nuevas alternativas de movilidad que aporten en el mejoramiento de este tipo de escenarios.

Con base en lo anterior, el problema de investigación centra su atención en la identificación de criterios de evaluación validos que sirvan como insumo principal para la generación de estrategias de diseño dentro del componente ambiental y paisajístico, que ayuden eficientemente en la construcción de un sistema de ciclorutas capaz de brindar espacios inclusivos, respetuosos del usuario y del medio ambiente, que contribuyan en la promoción del uso de la bicicleta como medio de transporte alternativo en la ciudad. La dotación de escenarios amigables se convierte en un importante promotor para el uso de medios alternativos de transporte como la bicicleta, ya que fortalece la sensación de seguridad y confort durante el tránsito de los ciclistas urbanos, además de abrir la puerta a una alternativa sostenible que promueve activamente el mejoramiento del medio ambiente y de la calidad de vida de los residentes de la ciudad.

La mala interpretación de las necesidades de los usuarios en el diseño de las ciclorutas y en general de la red vial de la ciudad, generará a futuro bajos niveles de apropiación hacia nuevas alternativas de transporte como la bicicleta, herramienta vital para la construcción de un sistema de movilidad urbano sostenible efectivo, abonando en la construcción de entornos conflictivos poco capaces de responder adecuadamente a las nuevas exigencias de movilidad de una ciudad

como Bogotá D.C., auspiciando el fortalecimiento de síntomas asociados a este fenómeno como el embotellamiento vehicular, el aumento en la contaminación medio ambiental, el cambio mental que propicia actitudes agresivas por parte de conductores, bici-usuarios y peatones a causa del cansancio y del estrés, la pérdida de la escala humana, el deterioro de la imagen de la ciudad, y el mal aprovechamiento de los recursos.

Como respuesta a esta situación y dentro del proceso de fortalecimiento del concepto de movilidad surge la necesidad por generar estrategias que desde el diseño sostenible, incentiven la utilización de alternativas de transporte diferentes que sean eficientes, equitativas y amigables con el medio ambiente, como el uso de la bicicleta al interior de la ciudad.

Este proyecto de investigación enmarcado dentro del programa de Maestría en Diseño Sostenible de la Universidad Católica de Colombia, pretende profundizar en esta problemática mediante la realización de una evaluación al diseño del actual sistema de ciclorutas en su componente ambiental y paisajístico para la ciudad de Bogotá D.C., a partir de lo cual se busca proponer una serie de estrategias de diseño eficientes que contribuyan en la promoción del uso de la bicicleta como alternativa de transporte dentro de un sistema de movilidad multimodal sostenible.

La escogencia del sistema de ciclorutas de la ciudad como objeto de estudio está basada en la necesidad de promover el uso de alternativas diferentes de transporte urbano como la bicicleta, ya que si bien Bogotá D.C., se ubica a la vanguardia en oferta de infraestructura especializada en la región, con 532 km (IDU, 2018) de vías permanentes para los bici-usuarios, la premisa de que, a mayor cantidad de ciclovías, mayor uso de la bicicleta, no se cumple. Según CROW, “una infraestructura ciclo-amistosa es un prerequisite para que la bicicleta logre fortalecer su posicionamiento dentro de un sistema vial, estableciendo esta forma como la única

manera para que este medio alternativo de transporte logre competir con el automóvil.” (CROW, 2011, pág. 13)

El caso de estudio focaliza su atención sobre un sector del centro de la ciudad de Bogotá D.C tradicionalmente conocido como el Centro Internacional, acotado entre la Cl 26b y la Cl 31 sobre la Ak 7. Su escogencia se basa principalmente en la ausencia de legibilidad de la estructura vial del sector como reflejo de la falta de una operación acertada de diseño que transmite poca claridad del trazado y conectividad de la cicloruta dificultando su lectura, el conflicto constante entre los diferentes elementos que conforman el sistema de movilidad urbano (movilidad peatonal, movilidad vehicular y medios alternativos de transporte como la bicicleta) y la importancia del sector dentro de la centralidad de la ciudad como un área urbanísticamente consolidada, histórica, turística, cultural y de servicios..

Como parte aplicada del proceso de investigación y conclusión de este, se busca realizar un ejercicio de diseño para el caso de estudio que integre eficientemente estrategias ambientales y paisajísticas a modo de esquemas que contribuyan en la construcción de una infraestructura ciclo - amistosa, capaz de brindar seguridad y comodidad a sus usuarios como medio de promoción. Vale la pena agregar a modo de conclusión, que este tema de investigación acentúa su pertinencia en la búsqueda de nuevas alternativas que respondan como solución a los crecientes problemas de transporte, cooperando en la construcción de un sistema de movilidad sostenible basado en el uso de la bicicleta capaz de brindar soluciones eficientes en el aumento de la funcionalidad en la ciudad, en la promoción por la cultura ciudadana, la socialización y el encuentro, en la protección del medio ambiente, en el mejoramiento de la salud y de la calidad de vida de las personas.

JUSTIFICACION

El deterioro de los sistemas de movilidad de ciudades como Bogotá D.C, ha provocado gradualmente el resurgimiento de medios alternativos de transporte, tal es el caso de la bicicleta cada vez más integrada a las actividades de cierto porcentaje (creciente) de ciudadanos. Este proyecto pretende evaluar la calidad del espacio público vinculado a los sistemas de movilidad no motorizada (red de ciclorutas), definiendo dentro del proceso criterios de diseño sostenible para este tipo de espacios como contribución en el mejoramiento de las condiciones ambientales de la ciudad y en la calidad de vida de los bici-usuarios.

Es claro que la utilizar medios alternativos de transporte urbano como la bicicleta genera grandes beneficios; por un lado se encuentra la reactivación física de las personas y los favores a la salud que en condiciones ambientales adecuadas genera en ellos en contravía del sedentarismo; por otro, está la contribución que como medio de transporte no motorizado hace al medio ambiente de la ciudad al no verter contaminantes al aire urbano aportando activamente en el proceso de reducción de huella de carbono. Sin embargo, la degradación medioambiental urbana trae consigo efectos de impacto negativo sobre la salud y la seguridad de los ciclistas urbanos algo a lo que no es ajena la ciudad.

La quema de combustibles fósiles provenientes de fuentes fijas como pequeñas y medianas industrias ubicadas dentro de las zonas urbanas, y de fuentes móviles como motocicletas, automóviles y vehículos de transporte pesado principalmente alimentados con combustible diésel provee la mayor cantidad de material particulado de tipo PM_{10} y $PM_{2.5}$, además de O_3 (ozono), NO_2 (dióxido de nitrógeno), SO_3 (dióxido de azufre) y CO_2 (dióxido de carbono) (Bogotá Como Vamos, 2016), que se convierten en los factores más peligrosos para la salud de los ciclistas urbanos ya que al penetrar en las vías respiratorias por la respiración afectan

la función pulmonar aumentando el riesgo por infección respiratoria, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, cáncer o afectaciones cardiovasculares.

(...) los ciclistas (y en menor grado los peatones) se encuentran más expuestos que el resto de ciudadanos a los contaminantes atmosféricos generados por el tráfico, hecho relacionado con el ejercicio físico que realizan. Precisamente, el intenso ejercicio realizado en determinadas vías de elevada pendiente, supone un incremento significativo de la inhalación de contaminantes. (Life+Respira, 2017, pág. 30)

Los efectos negativos no solamente se reducen a las consecuencias producidas por la mala calidad en las variables medioambientales, también se extienden a la promoción de la accidentalidad o incomodidad en el tránsito de las bicicletas como respuesta a la falta de una operación de diseño acertado. Hacer del espacio público ya sea de tránsito o no, algo más cómodo y amigable promueve la equidad y la cohesión social, rescatando la escala humana de la ciudad.

La difícil lectura de algunos tramos de la red de ciclorutas como la encontrada en el sector del Centro Internacional (caso de estudio), con presencia excesiva de obstáculos entorno al eje de tránsito, en condiciones deficientes tanto acústicas como térmicas, promueven el aumento en los índices de accidentalidad para estos actores viales y porcentajes bajos de utilización de la bicicleta respecto a otros medios de transporte al transmitir una mayor sensación de riesgo y peligro.

El hablar de seguridad y comodidad en el tránsito de los ciclistas implica hacer referencia al diseño de la red de ciclorutas urbana y del espacio público vinculado a esta, priorizando en aspectos como la continuidad y conectividad del sistema, su materialidad, las condiciones de confort acústico, lumínico y térmico, su interacción con una red paralela de servicios de

alimentación e hidratación, refacción, parqueo e interconexión con un modelo de transporte intermodal. Socialmente el inadecuado diseño del espacio público puede traducirse en escenarios de conflicto entre los diferentes actores viales. Una movilidad urbana caótica traducida en tiempos largos de desplazamiento en condiciones incómodas, fomenta la improductividad y el deterioro de la salud mental de las personas a causa de estados excesivos de cansancio mental o de estrés a los cuales los ciclistas no son ajenos, aunque en menor grado; esto sumado a niveles altos de intolerancia produce reacciones violentas y de confrontación entre ciudadanos.

La ausencia de continuidad y conectividad en el trazado de las ciclorutas provoca mayores gastos de energía producto de la realización de esfuerzos innecesarios, además de obligar en muchos casos a los ciclistas a mezclarse con el tráfico automotor a falta de infraestructura especializada o mala condición de esta por falta de mantenimiento o un diseño equivocado.

El uso de materiales inadecuados como acabados en la ciclo-infraestructura produce incomodidades por vibración (adoquín), pinchaduras o accidentes por deslizamiento en condiciones de humedad (pintura de tráfico); el acabado del suelo del espacio público inmediato y la presencia de vegetación también pueden afectar negativamente la comodidad de los bicisusuarios en función de las condiciones de confort térmico. La correcta arborización de un eje vial atenúa no solamente los efectos de la contaminación ambiental, también influye en el manejo de los vientos, en el control de la radiación solar y en el control del ruido por nombrar algunos. Las zonas verdes permiten mitigar los efectos de la isla de calor y mejoran el valor estético de la imagen de la ciudad; sin embargo, estos factores no son tenidos en cuenta habitualmente en el diseño del espacio público urbano, a pesar de sus beneficios.

El exceso de ruido contribuye negativamente en la construcción de escenarios potencialmente peligrosos para los ciclistas urbanos, la influencia de eventos puntuales como los producidos por el pito de los automóviles a distancias muy cortas, pueden convertirse en eventos dramáticos al romper con la concentración necesaria para maniobrar adecuadamente una bicicleta estimulando posibles caídas.

Así mismo la carencia de una red paralela de servicios de apoyo, igualmente se convierte en un factor opuesto a la promoción de este tipo de transporte activo, la inexistencia de puntos de hidratación y de baños públicos limita el uso de este medio a periodos cortos, la insuficiencia de parqueaderos seguros y la falta de conectividad con otros medios de transporte dentro de un sistema intermodal dificulta el uso de la bicicleta para recorridos largos, el no contar con sitios para servicios de reparación provoca que en ocasiones se pierda demasiado tiempo en la solución de reparaciones simples; desde el diseño, es factible solucionar en gran medida este tipo de dificultades como parte de un proceso propositivo construido a partir de la evaluación.

Es así como, aunque de manera simple, la contextualización realizada anteriormente se convierte en un importante argumento que sustenta la necesidad de profundizar en el problema de estudio, con el fin de ayudar en la construcción del concepto de sostenibilidad urbana, fomentando el uso de medios alternativos de transporte como la bicicleta a partir de un adecuado diseño de la infraestructura dispuesta para este medio.

Definición del área de estudio.

La falta de legibilidad encontrada en las estructuras viales vinculadas a la red de ciclorutas del centro de la ciudad de Bogotá D.C, especialmente dentro del sector conocido como el Centro Internacional es un aspecto relevante que afecta la funcionalidad del sector; esto sumado al valor del lugar visto desde el aspecto, histórico, cultural y turístico, se convierten en los principales

criterios de elección del área de trabajo. Según lo anterior, el caso de estudio se localiza en el centro de la ciudad de Bogotá D.C, en la UPZ 91 (Sagrado Corazón) de la localidad de Santa Fe, este comprende el tramo de cicloruta que recorre el eje de la Ak 7 (Avenida Carrera Séptima) entre las CI 26 B y CI 31.



Gráfico 1. Localización del caso de estudio. Fuente: Elaboración propia, herramienta QGis. (2019)

Históricamente desde mediados de la década de los años 50 del siglo XX, este sector de la ciudad se ha destacado como centro económico y financiero, símbolo de resurgimiento luego de los acontecimientos del 9 de abril de 1948 que afectaron drásticamente esta zona sufriendo gran destrucción. Su entorno alberga un gran número de instituciones educativas básicas, medias, técnicas y profesionales; así mismo se pueden encontrar centros de interés cultural como el Museo Nacional, el Museo de Arte Moderno de Bogotá (MAMBO), el Planetario Distrital, la Plaza de Toros, el Centro de Convenciones Gonzalo Jiménez de Quezada, el Teatro Jorge Eliecer Gaitán. La Avenida Carrera Séptima también conocida como Calle Real desde la fundación de la ciudad ha sido simbólicamente la vía más representativa, escenario de manifestaciones públicas de orden político, social y cultural. Esta riqueza histórica y cultural construye un escenario atrayente para propios y foráneos, constituyéndose en uno de los principales sectores turísticos a nivel urbano.

Adicionalmente dentro de la funcionalidad urbana vale la pena agregar que allí se ubica una de las principales estaciones intermodales (Estación Museo Nacional) del sistema Transmilenio, conectando los recorridos troncales de la Ak 10 y Ac 26 (Av. El Dorado), con los recorridos intermodales realizados sobre la Ak 7.

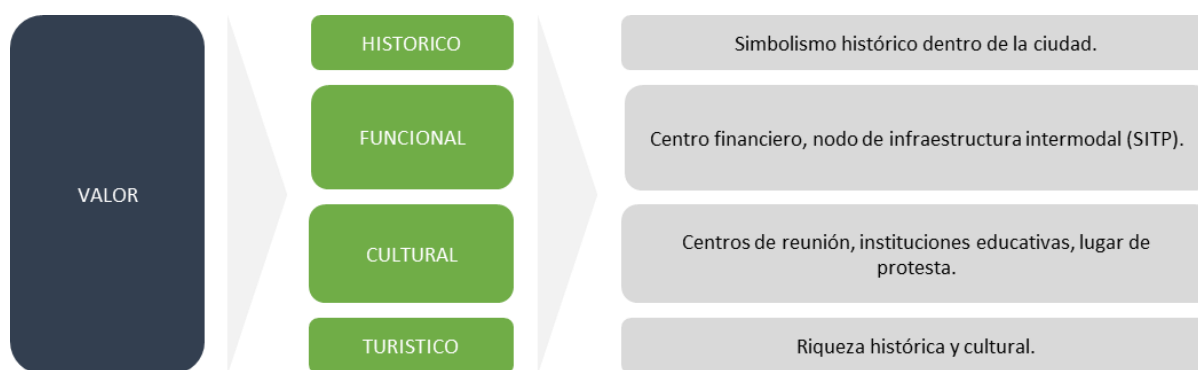


Gráfico 2. Caso de estudio, aspectos relevantes. Fuente: Elaboración propia. (2019)

Adicionalmente, se pueden identificar otros aspectos como la presencia de escenarios de conflicto entre los diferentes elementos que conforman el sistema de movilidad urbano (movilidad peatonal, movilidad vehicular y medios alternativos de transporte) debido a la constante afluencia de personas de toda la ciudad y las limitaciones de espacio público y de zonas verdes dentro de un sector consolidado urbanísticamente.

FORMULACION DEL PROBLEMA

La acelerada expansión de las ciudades contemporáneas ha provocado la generación de una serie de problemas de orden social, ambiental y económico, con “consecuencias en términos de sustitución urbana de la naturaleza, que sucede cuando la ciudad y la sociedad misma pierden la relación e interacción con el entorno que los soporta” (Aguilera Martínez & Sarmiento Valdés, El borde urbano como territorio complejo. Reflexiones para su ocupación., 2019), deteriorando gradualmente la calidad de vida de los habitantes; estas tres variables se convierten en la base sobre la cual se erige el concepto de desarrollo sostenible o desarrollo duradero (Comisión Mundial del Medio Ambiente y desarrollo - ONU, 1987), planteando la generación de grandes retos que involucran un cambio de mentalidad a la hora de formular y de materializar la respuesta a estas necesidades.

La movilidad urbana se convierte en uno de estos desafíos ya que es un sistema vital dentro del funcionamiento eficiente de las ciudades. Los modelos actuales de movilidad urbana han hecho del automóvil su protagonista con consecuencias negativas reflejadas en fenómenos como el atascamiento, tiempos excesivos de transporte, mala calidad del medio ambiente, afectaciones a la salud y la ruptura social entre muchos otros.

El panorama colombiano y particularmente el de ciudad de Bogotá D.C., no es ajeno a esta problemática. Según el Global Traffic Scorecard (INRIX, 2019), esta ciudad ocupa el tercer lugar a nivel mundial entre las capitales con peor movilidad del mundo y el primer lugar a nivel Latinoamérica; esto plasma un escenario más que preocupante, cuya respuesta exige compromiso y participación por parte de todos los ciudadanos en virtud de construir un mejor modelo de movilidad sostenible.

Bajo estas condiciones los medios alternativos de transporte ya sea el simple hecho de caminar, usar patines, monopatines, o especialmente utilizar la bicicleta, empiezan a tomar cada vez mayor protagonismo no solamente desde su valor reflejado en tiempos de desplazamiento más eficientes, sino también desde su aporte ambiental traducido en cero emisiones, promoción de la actividad física y humanización de la ciudad.

Durante las dos últimas décadas, las administraciones locales han hecho un gran esfuerzo para mejorar las condiciones de seguridad en el tránsito de las bicicletas como instrumento para fomentar su utilización, hoy en día la ciudad cuenta con la mayor red de ciclorutas de la región sin embargo los porcentajes de utilización de este medio de transporte no son muy elevados manteniéndose estables a pesar de la creciente congestión de vehículos particulares, y de la pobre respuesta brindada por el Sistema Integrado de Transporte Público. Según CROW, “una infraestructura ciclo-amistosa es un prerrequisito para que la bicicleta logre fortalecer su posicionamiento dentro de un sistema vial, estableciendo esta forma como la única manera para que este medio alternativo de transporte logre competir con el automóvil.” (CROW, 2011, pág. 13), es probable que los bajos porcentajes de uso de este medio en alguna medida se deban a este hecho. Atendiendo lo anterior brota la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo evaluar el diseño ambiental y paisajístico del actual sistema de ciclorutas para la ciudad de Bogotá D.C., y su impacto en la calidad de vida de las personas?

De esta forma el problema de investigación centra su atención en la necesidad de establecer estrategias para la evaluación ambiental y paisajística del sistema de ciclorutas de la ciudad de Bogotá D.C, como principal insumo en la construcción de alternativas de diseño que respondan eficientemente en la promoción del uso de la bicicleta ayudando a contrarrestar el creciente deterioro medioambiental de la ciudad, contribuyendo en la construcción de un

concepto de movilidad sostenible que reconozca el valor de los medios alternativos de transporte, especialmente de la bicicleta.

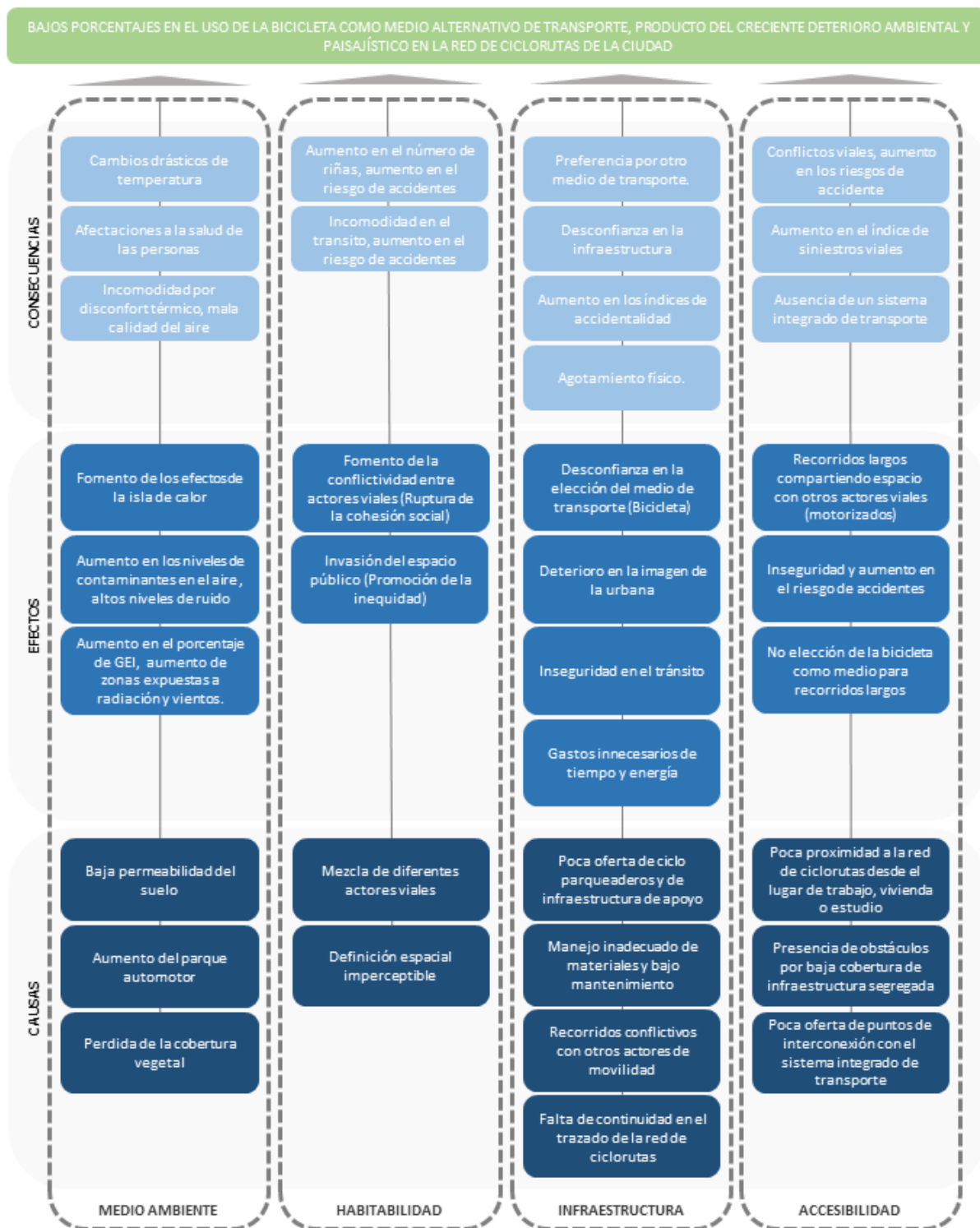


Gráfico 3. Árbol de problemas. Fuente: Elaboración propia. (2019)

OBJETIVOS

Objetivo General

Diseño de estrategias para la evaluación del sistema de ciclorutas desde el componente ambiental y paisajístico para un sector del centro de la ciudad de Bogotá D.C. Caso de estudio, Centro Internacional (Eje de la Ak 7 entre Cl 26 B y Cl 31).

Objetivos Específicos.

- Identificar atributos ambientales y del paisaje vinculados al diseño del sistema de ciclorutas para la ciudad.
- Categorizar el impacto ambiental del sistema de ciclorutas en el diseño urbano.
- Proponer estrategias de diseño ambiental y paisajístico como solución al sistema de ciclorutas.

METODOLOGIA DE TRABAJO

Como parte del proceso de búsqueda de los objetivos planteados para este proyecto, la metodología de trabajo propuesta responde a un modelo de investigación deductivo por el cual se pretende llegar a una serie de conclusiones vinculadas a la evaluación y diseño de ciclorutas urbanas a partir de la profundización de los conceptos generales propuestos como base de esta; con este fin y de manera específica se procede al desarrollo de tres fases metodológicas que comprenden el análisis, la evaluación y la proposición.

Durante el periodo de análisis, el trabajo realizado se enfoca en recolectar, reconocer y examinar información relevante para la construcción de una imagen real del problema asociado al deterioro ambiental y paisajístico del sistema de ciclorutas de la ciudad, vinculando al proceso actividades como la búsqueda y lectura de fuentes secundarias bibliográficas, la revisión de referentes, la investigación de antecedentes y la percepción propia en el sitio. Como resultado se pretende construir un marco que sirva de referencia conceptual propia como elemento orientador de la investigación, permitiendo visualizar evidencias del impacto generado por la red de ciclorutas para la ciudad de Bogotá D.C. en su componente ambiental y paisajístico, y su efecto en la promoción en el uso de la bicicleta a nivel urbano.

Con la evaluación se busca establecer el impacto dentro del componente ambiental y paisajístico generado por la red de ciclorutas para la ciudad de Bogotá D.C, y su efecto en la promoción del uso de la bicicleta como medio de transporte alternativo urbano, a partir de la medición de indicadores de sostenibilidad. Dentro de las actividades planeadas para el desarrollo de esta etapa de la investigación se plantea el levantamiento de información ambiental (variables ambientales) y de infraestructura (mobiliario, accesibilidad, seguridad, interconexión) tanto en sitio según disponibilidad de recursos, como en entidades distritales; la depuración o

construcción de bases de datos ambientales, el montaje y procesamiento de datos en programas de diseño asistido CAD, de simulación de variables como DIALux evo y geoestadísticos como QGIS y R. Como resultado de esta fase se pretende realizar una caracterización del estado actual del caso de estudio y su comportamiento con relación a estándares de sostenibilidad nacionales e internacionales vinculados a cada uno de los indicadores evaluados.

Finalmente, con la proposición como fase metodológica se pretende realizar la formulación de una serie de estrategias de diseño expresadas en esquemas, que respondan de manera eficientemente en la construcción de un sistema de ciclorutas urbanas capaz de brindar escenarios inclusivos y amigables con el bici - usuario, con la ciudad y con el medio ambiente, como herramienta promotora en el aumento de los porcentajes de utilización de la bicicleta, buscando alcanzar los valores establecidos como referencia deseable o mínima para cada uno de los indicadores de evaluación, en este caso se recurre nuevamente a la utilización de las herramientas de software manejadas en la fase anterior vinculando adicionalmente programas de modelado y renderizado en la construcción de los esquemas gráficos de cada estrategia propuesta.

Con base en lo anterior se presenta el siguiente mapa conceptual que recoge de manera detallada la estructura metodológica del proceso de investigación asociando a cada etapa del mismo la base teórica que lo sustenta dentro de un enfoque teórico, aplicado y práctico.

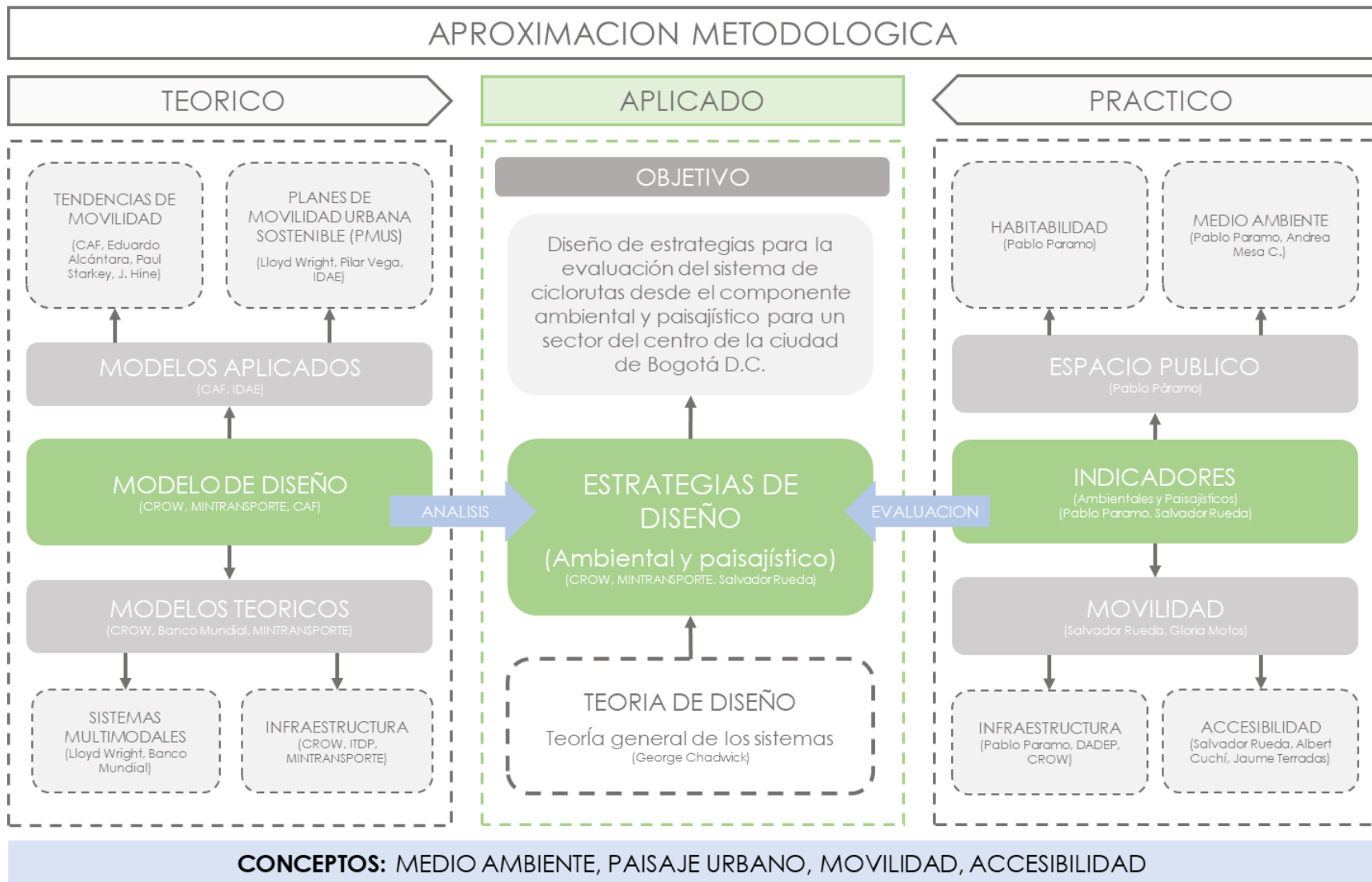


Gráfico 4. Estructura conceptual de la investigación. Fuente: Elaboración propia basada en el trabajo del Arq. Ph.D Fabián Aguilera. (2019)

1. MARCO TEORICO

1.1 Paisaje urbano y medio ambiente

1.1.1 El concepto de paisaje urbano

El paisaje es un término utilizado en diferentes campos del conocimiento como la arquitectura, la literatura, las artes visuales, la geografía, y la ecología entre muchos otros, cada uno le da un enfoque particular de acuerdo con necesidades particulares de interpretación; aunque distintos autores han intentado definir este concepto desde diversas perspectivas, es difícil encontrar una conclusión clara al respecto.

El Consejo de Europa define este concepto como “cualquier parte del territorio tal como lo percibe la población, cuyo carácter sea el resultado de la acción y la interacción de factores naturales y/o humanos” (Consejo de Europa, 2000, pág. 2), esta definición involucra dos aspectos importantes, el primero es la percepción humana como herramienta para la construcción de una imagen mental del territorio y el segundo es la relación existente entre la población entendida “desde la teoría de la ecología y el medio ambiente” como, “ un conjunto de seres vivos que moran en el territorio y se apropian de él” (Aguilera Martínez & Sarmiento Valdés, Aproximación conceptual al modelo de capacidad de carga., 2018, pág. 78) y su entorno; por su parte la UNESCO lo define “como un sistema integrado por componentes y complejos diversos formados bajo los procesos naturales y antropológicos, en permanente interacción y desarrollo” (UNESCO, 2004, pág. 10), esta definición además le agregar un carácter según sea la acción humana como una imagen viva, natural o urbana, cambiante por acciones transformadoras de origen natural o humano; así mismo la define como única, en parte debido a procesos de

transformación del territorio o a la particularidad de cada observador, tras esto se puede clasificar en paisaje natural o paisaje urbano según sean los efectos de la acción antrópica sobre el mismo.

Gordon Cullen (1974) en su libro *El Paisaje Urbano*, integra tres elementos con el objetivo de definirlo; el primero es la visión serial entendida desde la óptica, cuyo fin es la construcción de una imagen a partir de series fragmentadas colectadas durante recorridos realizados desde un punto a otro; el segundo es el lugar, este dirige su atención hacia la relación existente entre el ser humano y su entorno inmediato; el tercero es el contenido, vinculado con la calidad de la arquitectura que compone ese entorno inmediato. Con su expresión, “si alguien me pregunta en que consiste el paisaje urbano, le respondería que, en mi opinión, un edificio es arquitectura y que dos edificios son ya paisaje urbano” (Cullen, 1974, pág. 133), describe claramente como el origen del concepto se da a partir de una visión de conjunto y no individual. Lizardo Gongora afirma que “el paisaje urbano, es un constructo de la percepción sensorial del asentamiento por parte de sus habitantes en la vida cotidiana. Dicha percepción está en permanente relación con la dimensión espacio – temporal” (Gongora, 2010, pág. 2); esta definición recurre nuevamente a la percepción del habitante como herramienta constructiva de una imagen subjetiva del lugar, vinculándola con la variable espacio – tiempo lo cual la hace única históricamente en un lugar y momento determinado; igualmente puede interpretarse como “el ecosistema artificial, compuesto por espacios geográficos domesticados por la acción humana, con un fin de explotación, procesamiento o consumo de recursos enfocados en el beneficio de las actividades humanas (Sarmiento Valdés, 2018)” (Aguilera Martínez & Sarmiento Valdés, *El borde urbano como territorio complejo. Reflexiones para su ocupación.*, 2019, pág. 99), esta afirmación agrega una nueva variable en la definición, el fin

como causa de la domesticación del ambiente natural para dar luz a un ambiente artificial resultado de la explotación y consumo de recursos.

Cada una de las definiciones citadas anteriormente, permite identificar una serie de elementos que ayudan en la construcción de una definición del concepto de paisaje urbano de manera conjunta. La percepción del observador, el tiempo, el territorio y sus procesos de transformación desde la explotación de recursos y la interacción entre el habitante y su entorno, son términos comunes que permiten entender la idea del paisaje urbano como la proyección de una imagen mental a partir de la interpretación subjetiva del observador o de la percepción del habitante, dentro de un entorno urbano resultado de la acción humana.

1.1.2 Composición física del medio ambiente.

Al hablar del lugar y de la interacción existente con el hombre, se crea un vínculo directo entre este y el medio ambiente, al respecto y de manera muy general se puede decir que, “el ambiente (al que también llamamos medio ambiente) son todos aquellos factores que nos rodean (vivos y no vivos) que afectan directamente a los organismos (como nosotros)” (González Gaudiano, 1999, pág. 1), otras definiciones más elaboradas lo describen como el “sistema de factores abióticos, bióticos y socioeconómicos con los que interactúa el hombre en un proceso de adaptación, transformación y utilización de este para satisfacer sus necesidades en el proceso histórico-social” (Camacho Barreiro & Ariosa Roche, 2000, pág. 45).

Las definiciones vinculadas al concepto, en su mayoría coinciden en la interacción existente entre los componentes bióticos y abióticos o físicos que rodean una comunidad de organismos o biosistema y la afectación cíclica entre estos. La CEPAL en conjunto con el PNUMA (1979), afirman que “(...) en su forma más funcional y exacta, el medio ambiente de un biosistema puede definirse como un conjunto de variables o factores, no pertenecientes al

biosistema, que están acoplados a elementos o subsistemas del biosistema.” (CEPAL - PNUMA, 1979, pág. 5), esta definición no difiere mucho de las mencionadas anteriormente, describiéndolo como el conjunto de factores de orden físico que conforman el entorno natural o urbano de un organismo o comunidad de estos.

El aire, el agua, el suelo, la vegetación y el clima son algunas de las variables abióticas que componen el medio ambiente natural y urbano.

1.1.2.1 Aire

El aire es un recurso esencial para la subsistencia de los seres vivos al ser el único elemento que soporta el proceso de respiración por el cual los organismos toman principalmente Oxígeno (O), lo absorben, y expulsan Dióxido de Carbono (CO₂), por su parte las plantas realizan el proceso inverso absorbiendo Dióxido de Carbono (CO₂) para posteriormente liberar Oxígeno (O) al aire construyendo así un proceso cíclico de vida. El Oxígeno (O) y el Dióxido de Carbono (CO₂), no son los únicos elementos que lo componen, este también contiene porcentajes de Nitrógeno (N) que es su principal componente, Argón (Ar), Criptón (Kr), Helio (He), Hidrógeno (H), Metano (CH₄), Neón (Ne), Óxido Nitroso (N₂O) y Xenón (Xe) (Ver Tabla 1).

COMPONENTE	CONTENIDO (Fracción Molar)
Nitrógeno	0,78084
Oxígeno	0,20948
Argón	0,00934
Dióxido de carbono	0,000375
Neón	0,000018
Helio	0,000005
Metano	0,000002
Criptón	0,00000114
Hidrógeno	0,0000005
Óxido Nitroso	0,0000005
Xenón	0,00000009

Tabla 1. Composición del aire. Fuente: Miguel Katz. (2011)

Aunque teóricamente son aceptables los valores contenidos en la tabla 1, la composición y calidad del aire puede variar por factores de tipo geográfico, climático o procesos de contaminación producto de la utilización de combustibles fósiles. Este último factor es tal vez el que mayores cambios ha generado en el medio ambiente, en la composición y calidad del aire, con mayor impacto a partir de mediados del siglo XVIII tras la aparición de los primeros procesos de industrialización, “por el modelo de desarrollo urbano expansivo y el modelo de consumo y manejo de recursos capitalista imperante” (Aguilera Martínez & Sarmiento Valdés, El borde urbano como territorio complejo. Reflexiones para su ocupación., 2019, pág. 233)

Estos procesos sumados al aumento exponencial del parque automotor han contribuido drásticamente en el deterioro de la calidad del aire en el ámbito urbano como principal fuente de contaminación, la Organización Mundial de la Salud (OMS) identifica cuatro elementos nocivos presentes en el aire: “material particulado (PM), ozono (O_3), dióxido de nitrógeno (NO_2) y dióxido de azufre (SO_2)” (Organización Mundial de la Salud - OMS, 2006, pág. 5), siendo los dos primeros elementos quienes mayor impacto negativo provocan a personas que desarrollan actividades que implican esfuerzo física en la ciudad como los ciclistas urbanos; aunque no son los únicos, si son los más comunes y su producción se asocia principalmente a la quema de combustibles fósiles. Según la OMS “las políticas y las inversiones de apoyo a medios de transporte menos contaminantes, viviendas energéticamente eficientes, generación de electricidad y mejor gestión de residuos industriales y municipales permitirían reducir importantes fuentes de contaminación del aire en las ciudades” (Organización Mundial de la Salud - OMS, 2018).

VALORES MÁXIMOS DE EXPOSICIÓN POR CONTAMINANTE Y PERIODO DE TIEMPO SEGÚN LA OMS					
Periodo de tiempo	Media en $\mu\text{g}/\text{m}^3$				
	Anual	24 horas	8 horas	1 hora	10 minutos
PM ₁₀	20	50			
PM _{2.5}	10	25			
O ₃			100		
NO ₂	40			200	
SO ₂		20			500

Tabla 2. Valores máximos de exposición por contaminante y periodo de tiempo. Fuente: Elaboración propia basada en la información contenida en la Guía de calidad del aire de la OMS del año 2005. (2019)

Las consecuencias de la mala calidad del aire en la salud son profundas y normalmente silenciosas, “pueden causar desórdenes respiratorios, producir asma y deteriorar el desarrollo de la función pulmonar de los niños, tiene consecuencias negativas sobre el sistema respiratorio y cardiovascular, posibles efectos carcinogénicos y alergias” (Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía - OSMAN, 2016). Al respecto la OMS estima que:

La contaminación ambiental del aire, tanto en las ciudades como en las zonas rurales, fue causa de 4,2 millones de muertes prematuras en todo el mundo por año; esta mortalidad se debe a la exposición a partículas pequeñas de 2,5 micrones o menos de diámetro (PM_{2.5}), que causan enfermedades cardiovasculares y respiratorias, y cáncer. (Organización Mundial de la Salud - OMS, 2018)

ATRIBUTOS DEL IBOCA				RANGOS DE CONCENTRACIÓN PARA CADA CONTAMINANTE Y TIEMPO DE EXPOSICIÓN DEL IBOCA					
Rangos numéricos	Color	Estado de calidad	Estado de actuación	PM ₁₀ , 24h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM _{2.5} , 24h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	O ₃ , 8h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) [ppb]	CO, 8h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) [ppm]	SO ₂ , 1h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) [ppb]	NO ₂ , 1h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) [ppb]
0 - 10	Azul Claro	Favorable	Prevenición	(0-54)	(0-12)	(0-116) [0-59]	(0-5038) [0.0-4.4]	(0-93) [0-35]	(0-100)
10,1 - 20	Verde	Moderada	Prevenición	(55-154)	(12.1-35.4)	(117-148) [60-75]	(5039-10762) [4.5-9.4]	(94-198) [36-75]	(101-188)
20,1 - 30	Amarillo	Regular	Alerta amarilla	(155-254)	(35.5-55.4)	(149-187) [76-95]	(10763-14197) [9.5-12.4]	(199-486) [76-185]	(189-677) [101-360]
30,1 - 40	Naranja	Mala	Alerta naranja	(255-354)	(55.5-150.4)	(188-226) [96-115]	(14198-17631) [12.5-15.4]	(487-797) [186-304]	(678-1221) [361-649]

40,1 - 60	Rojo	Muy mala	Alerta roja	(355-424)	(150.5-250.4)	(227-734) [116-374]	(17632-34805) [15.5-30.4]	(798-1583) [305-604]	(1221-2349) [650-1249]
60,1 - 100	Morado	Peligrosa	Emergencia	(425-604)	(250.5-500.4)	(734-938) [374-938]	(34806-57703) [30.5-50.4]	(1584-2630) [605-1004]	(2350-3853) [1250-2049]

Tabla 3. Rangos de emisión del Índice Bogotano de Calidad del Aire (IBOCA). Fuente: Resolución 2410. (2015)

Los riesgos aumentan además según sea la actividad que realizan los individuos. El caso de la actividad física exige gran atención, cuando se practica algún tipo de ejercicio que implica esfuerzo físico como montar en bicicleta los niveles de oxígeno requeridos por el cuerpo son mayores, esto provoca que la mecánica respiratoria cambie aumentando los porcentajes de vulnerabilidad de los organismos ante la contaminación ambiental. Healthy Lung For Life, una campaña impulsada por la European Lung Foundation, afirma que al hacer “ejercicio es más probable que se respire por la boca que por la nariz. A diferencia de la nariz, la boca no es capaz de filtrar ciertos contaminantes del aire de mayor tamaño y evitar que penetren en los pulmones.” (European Lung Foundation, 2017, pág. 2), también agrega que “respirar por la boca puede provocar que entren más contaminantes en las vías respiratorias. Cuando se hace ejercicio, las partículas inhaladas más pequeñas pueden penetrar más profundamente en los pulmones” (European Lung Foundation, 2017, pág. 2).

Además de afectaciones al sistema respiratorio y cardiovascular, la mala calidad del aire como afirma Salvador Rueda (2012) también produce problemas vinculados con la visión de las personas, el deterioro de los materiales y de la imagen del paisaje urbano, las edificaciones, la cobertura vegetal y contribuye al cambio climático dado que gran parte de los contaminantes del aire también actúan como agentes de efecto invernadero.

Muchos de los contaminantes atmosféricos tienen también la condición de gases de efecto invernadero. Especialmente el propio CO₂ del que el tráfico urbano constituye una fuente muy importante, pero también determinados tipos de partículas (los hollines), el O₃ y el

N₂O, contaminantes habituales de este mismo tipo de actividad. (Rueda Palenzuela, 2012, pág. 371)

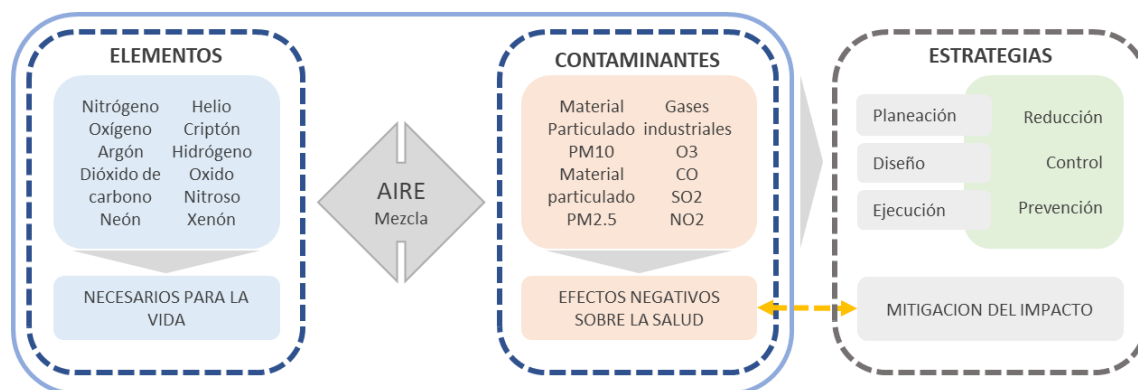


Gráfico 5. Mapa Conceptual Composición del Aire. Fuente: Elaboración propia. (2019)

Como respuesta a esta problemática, el planteamiento de estrategias de mitigación debe estar direccionado al control, reducción y prevención de agentes contaminantes producidos por fuentes tanto fijas como móviles prestando especial atención a estas últimas. El Concejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES) en su documento Política para el Mejoramiento de la Calidad del Aire (2018), sugiere dentro del plan de acción tres líneas de profundización en la búsqueda de este objetivo; la reducción en los niveles de contaminación emitidos por fuentes móviles, la reducción en los niveles de contaminación emitidos por fuentes fijas, y el mejoramiento de las estrategias de prevención, reducción y control de la contaminación del aire. (Departamento Nacional de Planeación, 2018, pág. 58)

Como ya se mencionó los efectos negativos producidos por la mala calidad del aire en personas activas como los ciclistas urbanos pueden ser mayores y más acelerados que sobre otras personas, en relación del esfuerzo que realizan. Una persona en estado de reposo presenta ritmos cardiacos que varían entre 60 y 100 pulsaciones por minuto, al momento de realizar algún esfuerzo físico como montar bicicleta de manera moderada estas pueden subir al rango comprendido entre las 130 y 140 pulsaciones por minuto describiendo un aumento en la función

cardiaca que puede variar entre el 30% y el 40% de más, esta misma variación se transmite a la función respiratoria de tal manera que un ciclista urbano puede consumir un 30% o 40% más de aire que otro individuo que camina suavemente o se encuentra en estado de reposo a partir de lo cual se puede concluir que en una ciudad con valores altos de contaminación del aire, los ciclistas van a consumir mayores niveles de contaminación a través de la respiración que otras personas convirtiéndolos en los actores viales más vulnerables a los efectos de la contaminación ambiental, según la OMS (2018) de cada diez personas solamente una respira aire seguro en el mundo. Ante esto las estrategias de diseño de ciclorutas deberían enfocarse hacia el fortalecimiento de la estructura vegetal del espacio público reconociéndola como principal herramienta pasiva para la fijación de la contaminación del aire.

Un kilómetro cuadrado de bosque genera unas 1.000 toneladas de oxígeno anuales, requiriendo el doble de superficie una plantación de césped. También son fijados por la vegetación los óxidos de azufre, oxigenándose el SO₂, dando lugar a sulfatos. El plomo se acumula sin transformarse en las plantas, eliminándolo de la atmósfera. Además, acumulan entre las hojas, polvo y partículas en suspensión gracias a fenómenos electrostáticos y a la presencia de aceites. (Higueras, 1998, pág. 18)

1.1.2.2 Agua

El agua es un elemento fundamental para la vida, en ambientes urbanos está presente en humedales, quebradas, lagos, canales, ríos, en el mismo aire y en la precipitación; su manejo genera impactos tanto positivos como negativos sobre los ciclistas urbanos que se relacionan principalmente con el campo de la salud y la seguridad vial.

Es importante mencionar que el agua se vincula con la mayor parte de procesos vitales desarrollados por el cuerpo humano, cumple funciones de limpieza de toxinas, transporte de

nutrientes y regulación térmica; cuando un ciclista urbano se moviliza por la ciudad, realiza una actividad física que eleva su temperatura corporal, el organismo en respuesta intenta regular este fenómeno por medio de la transpiración, provocando una pérdida acelerada de líquidos también conocida como deshidratación; el peso perdido durante el desarrollo de una actividad física no es más que agua materializada en sudor, la cual debe ser reemplazada para no generar efectos negativos como resequeidad en la piel, calambres musculares, dolores articulares, mareos y desvanecimientos muy peligrosos al hablar de ciclistas teniendo en cuenta el alto grado de atención y de pericia necesarios para la utilización de este tipo de vehículos alternativos; a largo plazo la mala hidratación corporal puede generar afectaciones graves en la función renal y cardiovascular.

ELEMENTOS TOXICOS EN PRODUCTOS DE USO COTIDIANO QUE CONTAMINAN EL AGUA		
PRODUCTO	INGREDIENTE	EFEECTO
Gasolina para motor	*Tetraetilo de plomo	*Tóxico e inflamable
Aceite para motor	*Hidrocarburos, metales pesados	*Tóxico e inflamable
Líquido de transmisión	*Hidrocarburos, metales pesados	*Tóxico e inflamable
Líquido limpiabrisas	*Detergentes, metanol	*Tóxico
Baterías	*Ácido sulfúrico, plomo	*Tóxico
Líquido para frenos	*Glicoles, éteres	*Inflamable
Cera para carrocerías	*Naftas	*Inflamable e irritante

Tabla 4. Elementos tóxicos en productos de uso cotidiano que contaminan el agua. Fuente: Introducción a la Ecología del Paisaje, Morláns. (2005)

Las infecciones en el sistema digestivo son otro aspecto importante a tener en cuenta al hablar de la salud de los bici-usuarios, estas son causadas por la ingesta de líquido contaminado presente en apozamientos o charcos en la vía por efecto de salpicaduras de otros vehículos o de la propia bicicleta, hecho que sucede muy seguido. El mal manejo de las basuras, desechos tóxicos, escombros, grasas y aceites de los vehículos en gran medida generan esta situación, estos se pueden filtrar contaminando cuerpos de agua subterráneos o ser arrastrados por la

escorrentía, es así como en cuanto a la red vial tanto tradicional como alternativa y el espacio público que se vincula a esta, el parque automotor en gran medida se convierte en un factor importante dentro de la contaminación del agua, ya que la gran mayoría de productos utilizados para su mantenimiento y funcionamiento contaminan preocupantemente este elemento vital.

El incorrecto manejo del agua en zonas urbanas también puede propiciar el aumento de plagas como ratones y mosquitos. La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos – EPA afirma que: "los mosquitos pueden multiplicarse rápidamente después de una inundación debido a la disponibilidad repentina de agua estancada que ellos necesitan para reproducirse y lo pueden hacer aun en pequeñas cantidades de agua". (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, s.f.)

La seguridad en el tránsito de los ciclistas y su relación con el manejo del agua en el espacio público es otro aspecto importante a tener en cuenta. El paso del tiempo y el acelerado crecimiento de ciudades como Bogotá D.C ha generado que las redes de alcantarillado para la recolección de aguas lluvias sean insuficientes, esto junto a la creciente tendencia por impermeabilizar el espacio público urbano con materiales como el concreto provocan encharcamientos sobre las vías públicas, cuya presencia puede durar días; es importante entender que el agua "se incorpora de forma natural a los ciclos urbanos en forma de precipitación y puede ser bien absorbida por el suelo o los materiales de pavimentación de la ciudad" (Hernandez, 2013, pág. 102), algo que cada vez pasa menos gracias a la reducción de los suelos naturales en la ciudad. Preocupantemente la construcción de nuevas obras de infraestructura para el transporte vehicular está acabando con las rondas de los ríos, humedales y zonas verdes urbanas.

Tener que rodar sobre superficies mojadas incrementa los riesgos de accidentalidad de los ciclistas por deslizamientos (al frenar) traducidos en caídas que dependiendo de las

circunstancias pueden llegar a ser fatales. Por otro lado, está el ocultamiento de agentes peligrosos en la vía, es común encontrar huecos o hundimientos causados por la utilización de materiales no aptos o por fallas del terreno o de mantenimiento, allí el agua se estanca ocultándolos a la vista de los ciclistas, de igual manera que en el caso anterior esto aumenta la probabilidad de causar accidentes por choques viales entre vehículos, caídas de ciclistas y peatones, o atropellamientos sobre unos u otros. El tercer factor a tener en cuenta es la reducción del campo de visibilidad provocado por la lluvia, esta disminución por un lado se genera porque cuando llueve la nubosidad presente reduce los niveles de iluminación natural, así mismo las gotas de agua que se precipitan se convierten en un obstáculo que si bien no es completamente opaco si distorsiona la capacidad visual de los ciclistas, adicionalmente los reflejos sobre todo en horas nocturnas provocados por el filtrado de la luz a través de las gotas o sobre planos húmedos en el piso (charcos), pueden llegar a ser molestos y peligrosos.

En este sentido desde el diseño urbano es importante la promoción de estrategias que busquen favorecer la correcta evacuación del agua del espacio público brindando especial atención en vías de transporte alternativo como las ciclorutas, siendo esta una herramienta de prevención de accidentes e incomodidades en el tránsito de los bici-usuarios. Estas deberían enfocarse en la integración de redes de desagüe eficientes en los proyectos urbanos, integrando materiales que favorezcan una correcta evacuación del agua; es necesario colocar drenajes adecuadamente para facilitar la infiltración de aguas pluviales en los suelos minimizando el riesgo de inundaciones por taponamiento del alcantarillado, restaurar los cursos fluviales alterados para no realizar canalizaciones y losas de retención e infiltración para mantener el agua en los acuíferos, mejorando de esta manera el microclima. (Hernandez, 2013)

1.1.2.3 Suelo

Al momento de diseñar el suelo urbano como afirma Agustín Hernández (2013), se deben estudiar diversos factores como la escogencia de los materiales, estos deben ser duraderos y resistentes a diferentes tipos de impacto medioambiental, no deben contener partículas tóxicas que contaminen el medio ambiente ni a las personas, lo ideal es que los materiales a utilizar provengan del lugar o cerca de éste para no contaminar al momento de transportarlos. Deben ser adecuados según sea el tipo de espacio urbano (andenes, ciclovías o zonas de permanencia), ya que tienen diferentes propiedades. Sin importar el sitio hay que garantizar el confort para la comodidad de las personas equilibradas con su entorno ya que “la capacidad de los materiales de absorber, almacenar y emitir energía radiante tiene un efecto importante en el microclima urbano” (Hernandez, 2013, pág. 123). Al hacer una mala selección de estos, involuntariamente se pueden generar condiciones inadecuadas en función de las cualidades térmicas y físicas de los materiales.

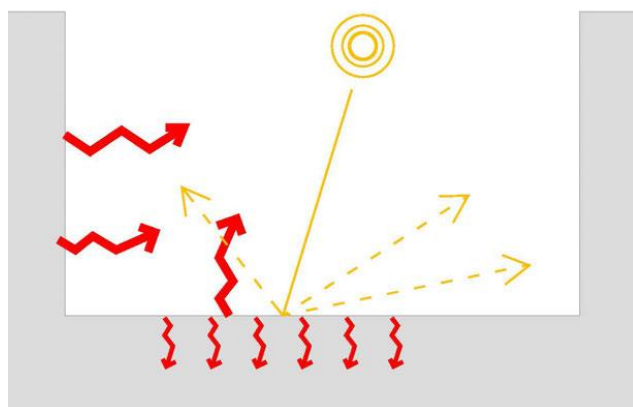


Gráfico 6. Absorción, reflexión y emisión de radiación en un recinto urbano. Fuente: Hernández A. (2013)

Los materiales absorben la energía de las fuentes de calor, la almacenan y según sean sus características, reflejan la radiación al exterior en periodos de tiempo diferentes.

El albedo o reflectividad es el porcentaje de radiación solar que cualquier superficie refleja respecto a la radiación que incide sobre la misma. Como porcentaje que es, se trata de un parámetro adimensional y se mide en tanto por uno, (...) el albedo permite no sólo conocer la capacidad de reflejar la radiación solar sino también, descontando la energía transmitida, la cantidad de energía calorífica que es capaz de absorber. (Hernandez, 2013, pág. 124)

Por esto, si los espacios son fríos se deben buscar materiales con menor albedo, de colores oscuros y rugosos para que absorban y acumulen la energía para luego irradiarla al exterior y si el espacio está abierto en una zona en la que se calienta fácilmente, se deben buscar materiales con baja acumulación de energía (mayor albedo), de colores claros y textura lisa, de esta manera se logra un equilibrio de confort térmico en los espacios urbanos, como se muestra en la siguiente tabla:

PROPIEDADES TERMICAS DE LOS MATERIALES SEGÚN EL CLIMA			
SI LA ZONA ES FRIA	REACCION CON EL MEDIO AMBIENTE	SI LA ZONA ES CALIENTE	REACCION CON EL MEDIO AMBIENTE
Materiales con menor albedo	*Acumulan más energía *Incrementan la temperatura superficial	Materiales con mayor albedo	*Evitan la acumulación de calor
Materiales de color oscuro	*Absorben la mayor parte de la energía solar incidente *Reflejan menos la radiación *Absorben mayor energía solar y acumulan calor	Materiales de color claro	*Absorben menos al reflejar gran parte de la radiación que reciben *Reflejan más la radiación *Su temperatura superficial es menor
Materiales rugosos	*Son más cálidos *Disminuyen la velocidad del viento *Absorben mayor energía solar *intercambian más calor con el aire circundante	Materiales lisos	*Son más reflectivos *Acumulan menos calor

Tabla 5. Propiedades térmicas de los materiales según el clima. Fuente: Elaboración propia basada en la información contenida en el Manual de Diseño Bioclimático Urbano (Hernandez, 2013). (2019)

La impermeabilización del suelo interfiere con la captación de humedad de éste, provocando el crecimiento de la temperatura ambiental y la degradación de la atmosférica, los suelos almacenan el calor durante el día incrementando la temperatura del aire; mientras que en un suelo natural se produce el enfriamiento evaporativo sin calentar los espacios. (Hernandez, 2013)

El suelo impermeable frena la posibilidad de vida vegetada, de multitud de organismos dependientes. Por otra parte, incide en otras variables relacionadas con el microclima y el confort urbano, la isla de calor, el ciclo hídrico (riesgo de inundaciones), la contaminación atmosférica, etc. (Rueda, Plan Especial de Indicadores de Sostenibilidad Ambiental de la Actividad Urbanística de Sevilla, 2008, pág. 63)

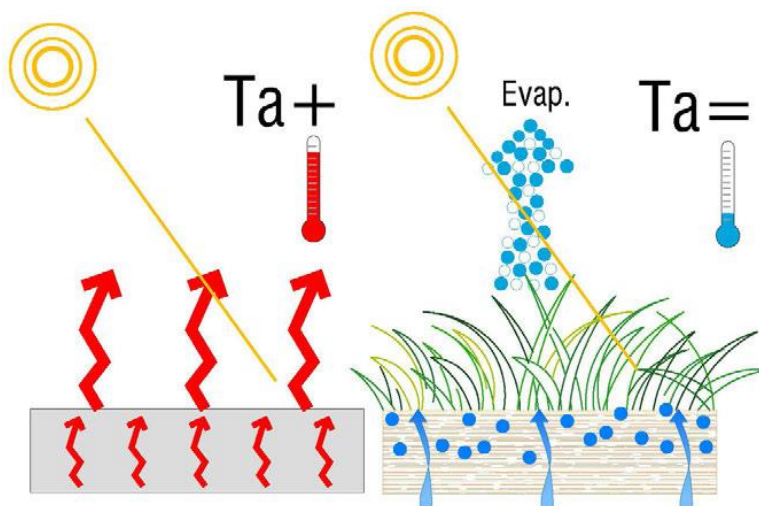


Gráfico 7. Esquema comparativo: suelo impermeable frente a suelo natural. Fuente: Hernández A. (2013)

Además de la adecuada escogencia de los materiales en el diseño del suelo urbano, también debe tenerse en cuenta sobre todo en infraestructura exclusiva propuesta para la utilización de medios de transporte alternativo de tracción humana la inclinación del terreno procurando manejar pendientes apropiadas que favorezcan el drenaje y permitan un

desplazamiento cómodo para ciclistas, respetando las exigencias normativas según sea la situación. Algunas referencias agregan lo siguiente al respecto.

Para el caso de viarios peatonales y de bicicletas:

- Suelos cómodos: pendiente máxima del 2%
- Suelos que requieren esfuerzo: pendiente comprendida entre más del 2% y el 6%
- Suelos que requieren mucho esfuerzo: entre más del 6% y el 8%
- A partir del 8% deberían prohibirse (ni tan siquiera en rampas para sillas de ruedas).

Para el caso de vehículos de motor:

- No debería superarse el 15% en zonas urbanas y el 20% en caminos rurales. (Hernandez, 2013, pág. 284)

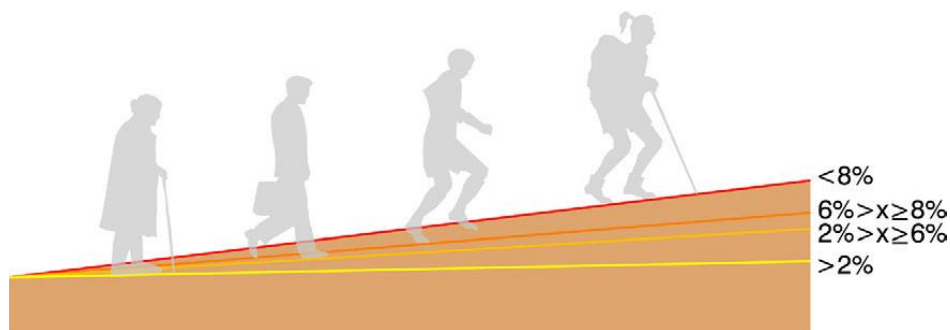


Gráfico 8. Pendientes adecuadas a las distintas situaciones urbanas. Fuente: Hernández A. (2013)

Otro problema relacionado con el inadecuado manejo del suelo urbano vinculado a la generación de impactos negativos sobre los bici-usuarios son las inundaciones. La Organización Panamericana de la Salud-OPS (2004) afirma que los “niveles de agua en la superficie puede durar días, semanas e, incluso, meses, lo cual depende de la causa que la originó, así como de la topografía, el drenaje, la capacidad de absorción del terreno y la infraestructura.” (p.18), este aspecto fue abordado más profundamente en el anterior numeral.

USO DEL SUELO		
INTERRELACION IMPACTOS DEL MEDIO URBANO Y EL PROCESO DE EXPANSION URBANISTICA SOBRE EL MEDIO AMBIENTE Y LA SALUD		
FACTOR DEL MEDIO URBANO Y SU EXPANSION	EFEECTO SOBRE EL MEDIO AMBIENTE	EFEECTO SOBRE LA SALUD
Cambio en el uso del suelo	*Deforestación	*Reducción de la protección frente a daños materiales y humanos
Consumo del recurso suelo	*Contaminación	provocados por eventos climáticos extremos (inundaciones, riadas, etc)
	*Presión sobre áreas naturales	
	*Fragmentación de hábitats	
	*Sellado del suelo y cambio en la dinámica hidrológica (incremento de la escorrentía, disminución de la recarga de acuíferos, etc.)	*Enfermedades vectoriales
	*Pérdida de biodiversidad	
	*Especies invasoras	

Tabla 6. Interrelación impactos del medio urbano y el proceso de expansión urbanística sobre el medio ambiente y la salud. Uso del suelo. Fuente: OSMAN. (s.f)

Para mitigar estos efectos sobre el suelo, es necesario entender la importancia del mismo como soporte de la mayoría de funciones vitales de los organismos del planeta. En relación con la movilidad alternativa en bicicleta las estrategias vistas desde el diseño deberían promover el favorecimiento de condiciones adecuadas de tránsito o permanencia de los ciclistas. La escogencia correcta de los materiales de cubrimiento entendiendo sus propiedades térmicas e interpretándolas adecuadamente dependiendo del lugar en el que se van a colocar con texturas que favorezcan la seguridad en el tránsito es un elemento importante de análisis; igualmente es importante proveer condiciones de accesibilidad adecuadas mitigando los efectos de la pendiente del terreno como manera para lograr ahorros tanto de tiempo como energéticos durante los desplazamientos en bicicleta.

1.1.2.4 Vegetación

Los árboles son un elemento estructural que sirven para solucionar y evitar efectos medioambientales negativos si se plantan correctamente. Dotar de vegetación un sector le brinda factores importantes como: el control de la temperatura, radiación, luz, sombra, confort térmico, disminución del ruido, se le aporta oxígeno, se reduce el riesgo de inundaciones.

¿Qué valores lleva asociado el arbolado viario?

- Ambientales (sombra, oxígeno, regulación térmica, consumo de CO₂...)
- Sociales (significado, identidad, permanencia, encuentro, salud, bienestar...)
- Biológicos (continuidad con el entorno, biodiversidad, favorece avifauna...)
- Paisajísticos (organiza la trama urbana, da escala, cubierta en las calles...)
- Económicos (valor patrimonial, plusvalía inmobiliaria, mejora el entorno...)

(Selga, 2010)

La vegetación adecuada sirve para generar microclimas haciendo más agradables los lugares, hay que estudiar bien el tipo de árbol para plantar según el lugar, sus copas y distancias para ubicarlos correctamente, si se requiere un árbol ornamental o uno para generar sombra logrando de esta manera el objetivo propuesto para los lugares de permanencia o recorridos en los ejes viales. "Además de su aporte estético y perceptivo, los árboles plantados con los criterios acertados generan barreras vivas entre los espacios privados y públicos". (Mutis, 2010, pág. 23)

El arbolado sirve para dar valor a los lugares haciéndolos más atractivos, crean mejores percepciones, logran cambiar un lugar por completo, se puede jugar con los diferentes tonos de sus hojas, alturas, sombras para crear espacios privados, acogedores y para guiar mediante un eje vial. Existen árboles que con los años llegan a ser patrimoniales al estar ubicados en lugares

importantes de la ciudad, por esta razón se deben plantar los árboles correctos y adecuadamente, garantizando su belleza, duración y conservación a través del tiempo.

Con la vegetación se mejoran varios aspectos de un lugar y de las personas. "El arbolado actúa como regulador ambiental del medio urbano. Aparte de su evidente contribución a la mejora del aire y como sumidero de CO₂ hay una clara aportación a la regulación térmica y lumínica" (Selga, 2010). El arbolado adecuado aparta a las personas del estrés producido por el humo y ruido de los vehículos, oxigena los espacios, ofrece lugares para el encuentro y permanencias más largas, mejora la calidad de vida de las personas.

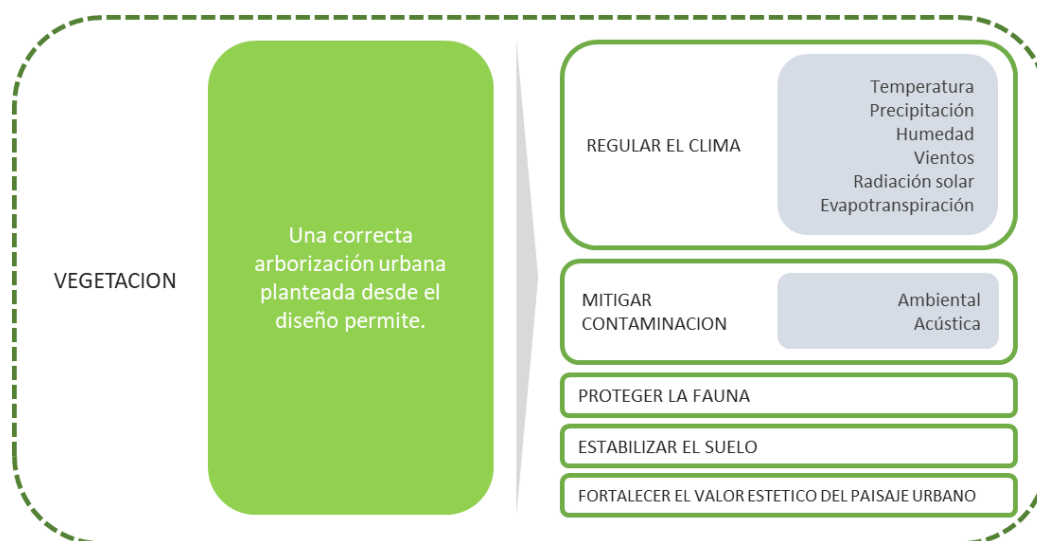


Gráfico 9. Beneficios asociados a la arborización urbana. Fuente: Elaboración propia. (2019)

Los árboles de tallo alto y corte frondoso dispuestos correctamente, ayudan a desviar el fuerte viento y la iluminación excesiva proveniente de los rayos del sol, ayudando a los ciclistas a ver mejor y transitar cómodamente, si se colocan arboles de copas anchas se genera sombra ayudando a los peatones a protegerse del sol en horas del día; se debe tener en cuenta que los árboles escogidos para las ciclovías no contengan frutos ni flores grandes ya que al caer pueden generar accidentes en los ciclistas, por esto, es necesario "conocer los períodos de renovación del follaje de acuerdo con cada especie a la hora de planear su plantación, porque cuando pierden sus

hojas de forma masiva —caducifolias— éstas pueden llegar a obstruir las alcantarillas que se encuentren cerca" (Mutis, 2010, pág. 59). Al obstruir dichas alcantarillas se producen efectos negativos como inundaciones.



Gráfico 10. Deficiencia en el mantenimiento del espacio público por causa de la caducidad de las hojas de los árboles. Fuente: Toma propia. (2019)

El arbolado se debe introducir en los diseños desde el comienzo, estudiar bien cuáles son las especies adecuadas según el proyecto para obtener buenos resultados, ya que cualquier árbol no es compatible con todos los lugares. Todos ofrecen diferentes beneficios al medio ambiente, es necesario conocer las características de los árboles escogidos y el mantenimiento que necesitan, se debe estudiar la altura al llegar a la vida adulta, el tamaño del follaje y el alcance de las raíces para poder determinar si se pueden plantar en el lugar de diseño, de no ser así el árbol puede sufrir deterioro y en lugar de mejorar el lugar lo puede hacer ver descuidado y deteriorado. Este componente medioambiental también sirve para mitigar la contaminación y el efecto invernadero, ya que absorben el dióxido de carbono y lo transforman en sustancias buenas mediante la fotosíntesis.

Los árboles que más contribuyen al control o mitigación de la contaminación, en términos de captura de carbono principalmente, son los de rápido crecimiento como el Jasmín de la China, los Magnolios, las Eugenias, el Liquidámbar, el Jasmín Australiano, los Alcaparros y los Nogales. (Mutis, 2010, pág. 27)

Para que los árboles realicen correctamente el proceso de fotosíntesis, es necesario estudiar bien el tipo de árbol para saber la cantidad de luz que necesitan y de esta manera saber si son aptos para el lugar que se requieren; de lo contrario los árboles van a estar todo el tiempo buscando el sol, lo que los lleva a inclinarse, perder su forma y función.

Entre los múltiples beneficios que tienen los árboles, se destaca que sirven para controlar la erosión mediante sus raíces, ya que se mezclan con el suelo generando contención en los terrenos inclinados; también vale la pena mencionar que la vegetación es muy importante para la conservación de la avifauna.

El arbolado viario es uno de los componentes principales de los verdes urbanos y cumple importantes funciones; entre otras, protege ambientalmente el desplazamiento de personas a través de los canales de circulación urbanos, proporcionando sombra a peatones y vehículos estacionados, refresca el entorno, mitiga los ruidos, absorbe polvos y gases generados por los medios de transporte y establece corredores verdes a través de la trama urbana. En resumen, favorece a la higiene y la calidad del aire, mitiga las islas de calor, facilita el esparcimiento de la ciudadanía y contribuye al ornato de la ciudad.

(Rodríguez & Ferro Cisneros, 2015, pág. 23)

1.1.2.5 Clima

El clima según la definición dada por el Sistema de Información Ambiental de Colombia, es un “conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas, caracterizado por los estados y evoluciones

del tiempo, durante un período y un lugar, y controlado por los denominados, "factores determinantes" y por la interacción entre los diferentes componentes del Sistema climático" (Sistema de Información Ambiental de Colombia - SIAC, s.f.). Este se constituye a partir de una serie de elementos climáticos que definen su estado entre los que se pueden encontrar la temperatura, la humedad, la velocidad y dirección del viento y la precipitación entre otros, algunos ya mencionados en este documento.

La acción antrópica sobre el medio ha generado que una de sus consecuencias se relacione con la modificación en alguna medida del régimen natural de estos factores climáticos sobre todo en cuanto al ambiente urbano se refiere, tomando en cuenta el alto grado de modificación del paisaje presente allí; quizás el cambio más notable esté vinculado al aumento de la temperatura urbana en un suceso conocido como la isla de calor.

Este es un fenómeno urbano producido por la materialidad de la ciudad que afecta el confort térmico en este caso de los ciclistas urbanos; la inadecuada utilización de materiales duros en el espacio público sumado a la disminución de las zonas verdes promueve que los materiales acumulen calor modificando el comportamiento natural de la temperatura, la humedad, y la evapotranspiración.

La "isla de calor" es un fenómeno que se produce en las ciudades y cuyo origen está en las estructuras urbanas (zonas asfaltadas, tejados, que primero absorben el calor del sol y lo reirradian en forma de radiación infrarroja térmica). (OSMAN, s.f, pág. 32)

Entre los factores que causan la isla de calor se pueden encontrar principalmente el color oscuro del pavimento, la falta de arbolado urbano, la pérdida de humedad de las superficies al no ser permeables, la pérdida de cobertura vegetal, el uso elevado de energía eléctrica y el motor de los vehículos que transmiten calor al medio además de generar emisiones contaminantes; el

aumento de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmosfera también contribuye en el incremento de la temperatura en las ciudades, “en los últimos 130 años el mundo se ha calentado aproximadamente 0,85 °C. Durante los últimos 30 años cada década ha sido más cálida que cualquier década precedente desde 1850” (OMS, 2018).

En medio de los efectos que el sistema ambiental global está experimentando, tras los procesos antrópicos de transformación de materias primas y contaminación ambiental, se estima que el aumento del clima al final del presente siglo pueda llegar a los 4 °C, y con ello, infinidad de efectos climáticos asociados con el cambio del régimen de lluvias, la elevación del nivel del mar, contrastes en las variaciones climáticas, largas sequías, intensas inundaciones, disminución de la disponibilidad de alimentos y agua. (Aguilera Martínez & Sarmiento Valdés, El borde urbano como territorio complejo. Reflexiones para su ocupación., 2019, pág. 191)

Las altas temperaturas en el ambiente generan olas de calor que afectan la salud humana, las personas especialmente aquellas que realizan algún tipo de actividad física deben estar preparadas para cambios bruscos de temperatura ya que, al exponerse por largo tiempo a éstas, pueden verse afectadas por enfermedades respiratorias, cardiovasculares he incluso la muerte. Se calcula que "entre 2030 y 2050 el cambio climático causará unas 250.000 defunciones adicionales cada año, debido a la malnutrición, el paludismo, la diarrea y el estrés calórico" (OMS, 2018).

Los ciclistas por la actividad que realizan están expuestos a un número alto de consecuencias y enfermedades debido a las altas temperaturas del ambiente, uno de ellos es el golpe de calor que los puede llevar a fallos cardiacos con efectos secundarios como mareos, agotamiento extremo, vomito, dolor de cabeza, deshidratación y desmayos.

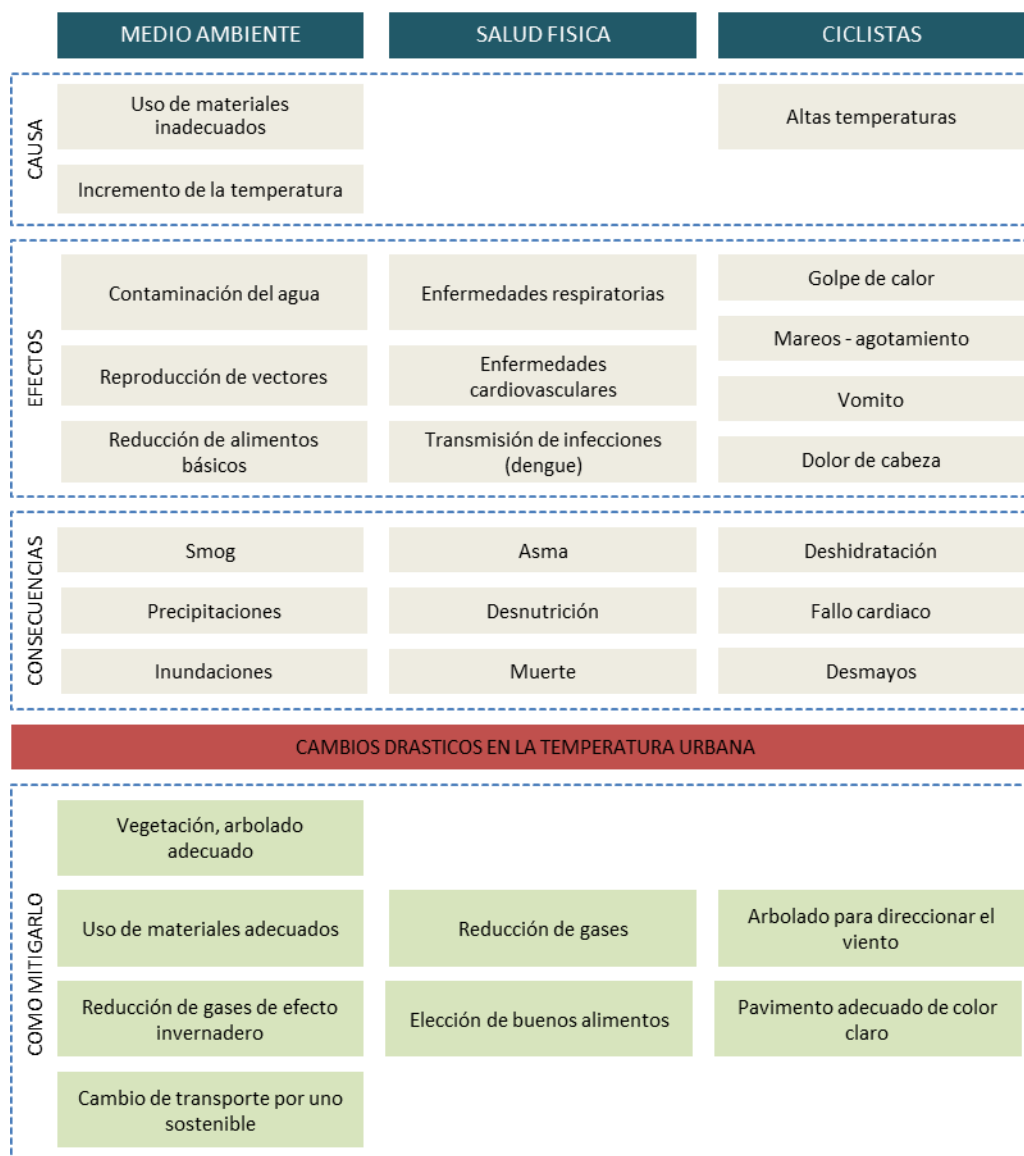


Gráfico 11. Efectos en la salud provocados por los cambios de temperatura (Árbol de problemas). Fuente: elaboración propia. (2019)

Existen dos tipos de islas de calor, la superficial y la atmosférica.

La isla de calor superficial se genera cuando las superficies de suelos, techos y fachadas registran una temperatura superior a la del aire. En general la isla de calor superficial se produce tanto por el día como por la noche, pero tiende a ser más fuerte por el día cuando el Sol está alto y el cielo está claro.

La isla de calor atmosférica se identifica con la diferencia de temperatura del aire entre las áreas urbanas y las rurales. Normalmente se identifican dos tipos de isla de calor atmosférica:

- La UHI a nivel de suelo que existe en la capa de aire que afecta directamente a los habitantes, entre el suelo y el nivel superior de los techos o árboles;
- La UHI de la capa en altura que empieza por encima de los techos o árboles y se extiende en altura hasta el punto en el que el paisaje urbano influye en la temperatura del aire. Esta altura generalmente no supera los 1,5 km. (Tumini, s.f, pág. 2)

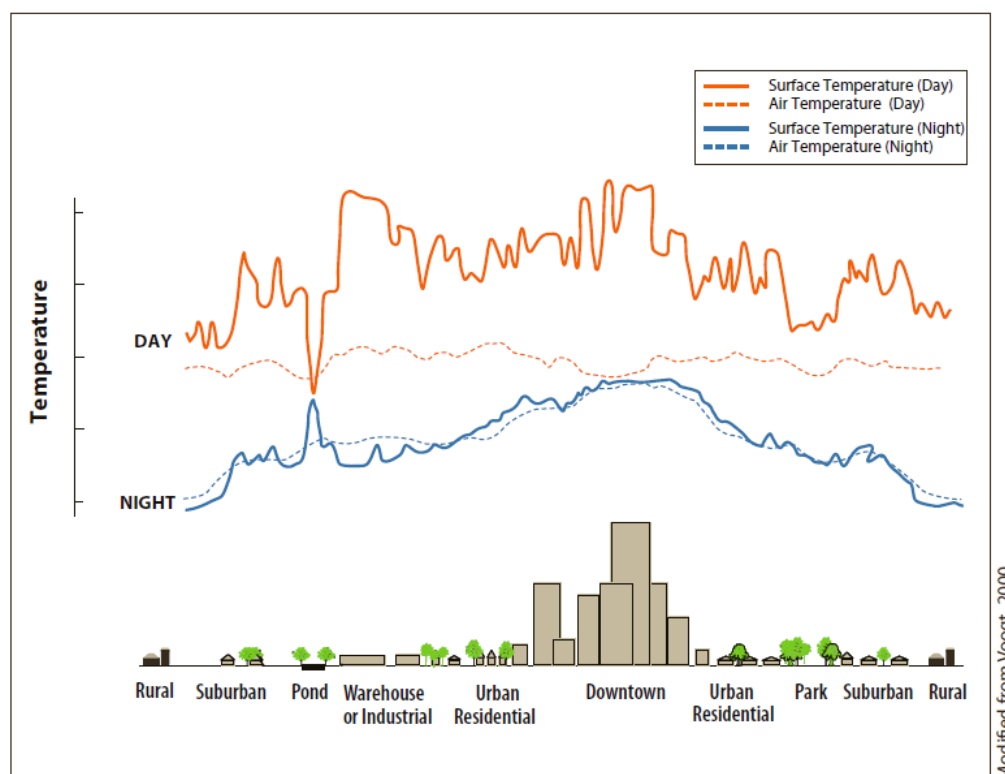


Gráfico 12. Variaciones de temperaturas superficiales y atmosféricas. Fuente: Wong E. (2008)

La pavimentación además de evitar la infiltración al subsuelo del agua de lluvia, aumenta la temperatura al atrapar los rayos de sol, esto sumado al calor que desprenden actividades humanas: Automotores, Estufas, Aparatos eléctricos, climatizadores

artificiales, etc. nos da como resultado el aumento de la temperatura en las ciudades.

(Bianconi & Victoria Uribe, 2012, pág. 100)

Dicho esto, se observa la necesidad de generar cambios para mitigar este efecto a través de la construcción de espacios abiertos con un clima adecuado a las personas, mediante la utilización correcta de árboles para generar sombra y direccionar el viento haciendo más fresco el ambiente. Para las zonas duras es muy importante hacer una buena elección de su materialidad, los tonos claros ayudan a disminuir la recepción de radiación solar. Es muy importante disminuir el uso de los vehículos migrando hacia medios alternativos como la bicicleta, capaces de mitigar la contaminación producida por los gases y de esta manera contrarrestar los efectos de la isla de calor.

1.1.2.6 Ruido

El ruido surge cuando los volúmenes de los sonidos son muy altos volviéndose indeseables para las personas, este trae consecuencias a mediano y largo plazo dependiendo del nivel y tiempo de exposición al mismo. Actualmente los niveles de ruido están aumentando en las ciudades por los grandes proyectos de urbanización y el aumento de transporte terrestre. La Directiva europea 2002/49/CE - Evaluación y gestión del ruido ambiental, transpuesta a la legislación española por la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido ambiental lo define como “el sonido exterior no deseado o nocivo generado por las actividades humanas, incluido el ruido emitido por los medios de transporte, por el tráfico rodado, ferroviario y aéreo y por emplazamientos de actividades industriales”. (Observatorio de Salud y Medioambiente de Andalucía - OSMAN, s.f, pág. 7)

A lo largo del día las personas están expuestas a niveles altos de ruido con orígenes diversos, desde los aparatos eléctricos dentro de las viviendas hasta en el medio ambiente

exterior; estando presente en todos los lugares, es difícil para las personas encontrar lugares tranquilos para trabajar, transitar y descansar.

Los altos niveles de ruido deterioran la función auditiva de las personas afectando sus actividades diarias, hasta el caso de llevarlas a perder la audición por completo, esto genera cambios de ánimo y crisis como “soledad, depresión, deterioro de la discriminación oral, disminución del rendimiento académico y laboral, limitación de las oportunidades de trabajo y sentido de aislamiento” (Observatorio de Salud y Medioambiente de Andalucía - OSMAN, s.f, pág. 22), pero además de estas crisis, los valores altos de ruido generan efectos adversos y enfermedades más preocupantes como las que menciona la OMS:

- Efectos auditivos: discapacidad auditiva (incluyendo tinnitus), dolor y fatiga auditiva.
- Perturbación del sueño y todas sus consecuencias a largo y corto plazo.
- Efectos cardiovasculares.
- Respuestas hormonales (hormonas del estrés) y sus posibles consecuencias sobre el metabolismo humano y el sistema inmune.
- Rendimiento en la escuela y trabajo.
- Molestia.
- Interferencia con el comportamiento social (agresividad, protestas y sensación de desamparo).
- Interferencia con la comunicación oral. (OSMAN, s.f, pág. 36)

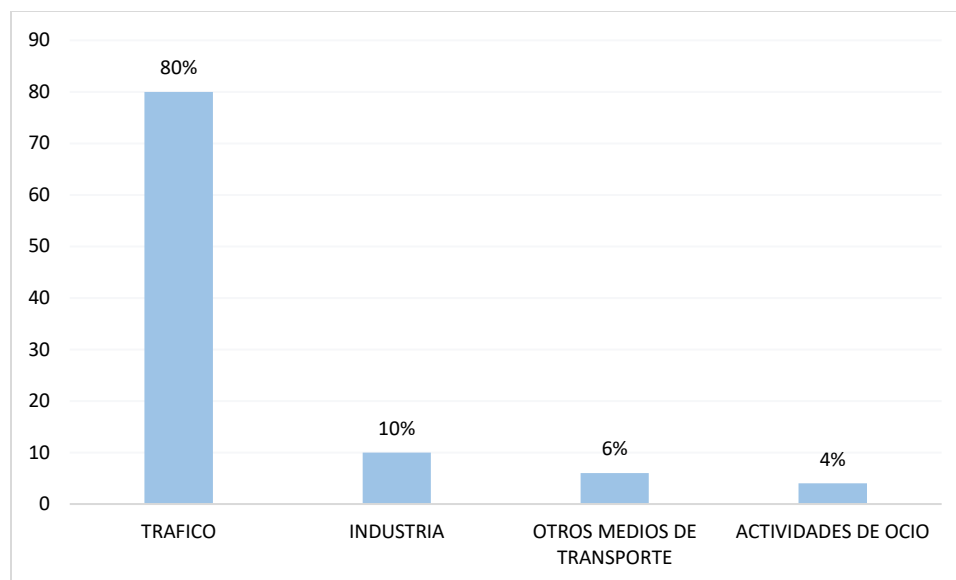


Gráfico 13. Principales fuentes de ruido en la ciudad. Fuente: Osman Ruido y salud. s.f.

El tráfico se convierte en el principal contaminante por ruido, los motores generan alto volumen y llevan a las personas a tener un tiempo de exposición largo a estos niveles, causando molestias que afectan la salud física y mental, en medio de ambientes viales agresivos producidos por el estrés.

Las condiciones a las que están sometidas las personas pueden generar más enfermedades como se muestra en el gráfico.

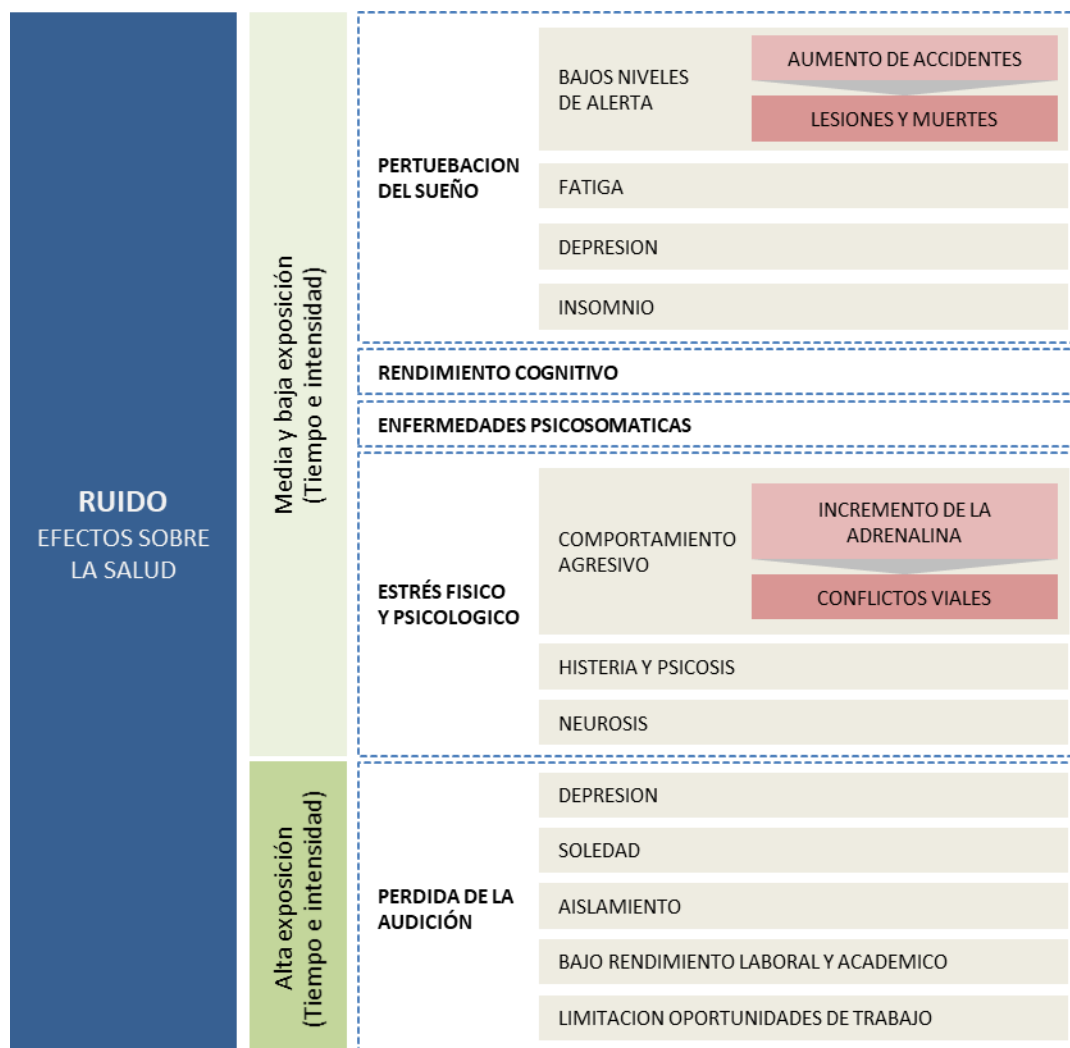


Gráfico 14. Efectos del ruido sobre la salud. Fuente: Elaboración propia. (2019)

La exposición a niveles de sonido menos de 70 dB no produce daño auditivo, independientemente de su duración. También hay acuerdo de que la exposición durante más de 8 horas a niveles sonoros por encima de 85 dB es potencialmente peligrosa (85 dB es equivalente al ruido de tráfico de camiones pesados en una carretera con mucho tráfico) (16). (Observatorio de Salud y Medioambiente de Andalucía - OSMAN, s.f, pág. 20)

La siguiente tabla muestra las fuentes y porcentajes de contaminación por ruido a los que actualmente está expuesta la ciudad.

Fuentes	Porcentaje de contaminación por ruido
Fuentes móviles (Tráfico rodado, aéreo, perifoneo)	60%
Fuentes fijas (Comercio, industrias, construcciones)	40%

Tabla 7. Porcentajes de contaminación auditiva en Bogotá, según el tipo de fuente.
Fuente: Elaboración propia basada en <http://ambietebogota.gov.co>. (2019)

El Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial en la resolución 0627 de 2006, establece los siguientes niveles sonoros permitidos para controlar el ruido sin afectar a las personas.

SECTOR	SUBSECTOR	Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A)	
		DIA	NOCHE
Sector A. Tranquilidad y Silencio	Hospitales, bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos.	55	50
	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.		
Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado	Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación.	65	55
	Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.		
Sector C. Ruido Intermedio Restringido	Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas.	75	75
	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos.	70	60
	Zonas con usos permitidos de oficinas.	65	55
	Zonas con usos institucionales.		
Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre, vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales	80	75
	Residencial suburbana.		
	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.	55	50
	Zonas de Recreación y descanso, como parques y reservas naturales.		

Tabla 8. Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental, expresados en decibeles db(a). Fuente: resolución 0627 del 7 de abril de 2006, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

La utilización de sonómetros y mapas de ruido permite evaluar la intensidad de este con el objeto de encontrar soluciones que permitan mitigarlo. La secretaría de Ambiente ha realizado este proceso en diferentes localidades de Bogotá, ubicando la zona centro entre las más altas por contaminación auditiva, “Santa Fe: 5 puntos críticos. UPZ Sagrado Corazón, La Macarena, Las Nieves, Las Cruces y Lourdes. Ruido por actividades comerciales y vías principales” (Secretaría de Ambiente, 2014), con niveles que oscilan entre los 65 y 79 decibeles.

Según la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR:

los problemas relacionados con el ruido en la ciudad de Bogotá se describen de la siguiente manera:

- Sobre los ejes viales y sus intersecciones, los sonidos de motores, los pitos, la edad del parque automotor, el estado mecánico y el nivel de sincronización de los vehículos, así como la desorganización del tráfico y los trancones contribuyen a la generación de niveles de ruido cercanos a los 70 dB(A), que superan las normas diurna y nocturna para zonas residencial y comercial.
- Las más altas intensidades de ruido se han registrado en las intersecciones viales de tráfico automotor, circunstancia que señala al parque automotor como la principal fuente de contaminación por ruido (...). (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR, 2007, pág. 25)

1.2 Diseño accesible y movilidad urbana

Según la Consejería de Vivienda de la Comunidad de Madrid “se entiende por accesibilidad aquella característica del urbanismo, de las edificaciones, del transporte y de los sistemas y medios de comunicación sensorial, que permite su uso a cualquier persona con independencia de su condición física, psíquica o sensorial.” (BOE, 1993, pág. 5)

La accesibilidad es una condición mediante la cual los entornos se vuelven posibles para el uso de todas las personas, de forma equilibrada y sencilla. No es necesario generar tantos elementos visuales, ya que “una buena accesibilidad es aquella que pasa desapercibida a los usuarios” (Corporacion Ciudad Accesible, 2010, pág. 12); es la que ofrece equilibrio, seguridad y bienestar entre las personas y el entorno urbano, adaptando todos los espacios para el uso y disfrute de todos sin necesidad de diseños especializados. Por esto, si la accesibilidad “carece de seguridad en el uso para un determinado grupo de personas, deja de ser accesible” (Corporacion Ciudad Accesible, 2010, pág. 12), convirtiéndose en un problema para los peatones y su acceso a todos los equipamientos. Por tal motivo, al momento de diseñar un entorno, es importante tener claro que exista una cadena de accesibilidad, que vincule diferentes puntos de origen, transporte y destinos, respondiendo así a las necesidades de diferentes tipos de usuarios.

Un diseño accesible “dispone los elementos de manera tal que se reduzcan las posibilidades de riesgos y errores (proteger, aislar o eliminar aquello que sea posible riesgo)” (Corporacion Ciudad Accesible, 2010, pág. 15), crea espacios fáciles y seguros para ser utilizados por todas las personas. Los espacios urbanos deben ser fáciles de usar, no tener barreras físicas que interrumpan las conexiones, alternar diferentes usos a lo largo de los recorridos, generar conexiones para que las personas puedan desplazarse fácil llegando rápido y seguros a sus lugares de destino sin importar sus limitaciones, requerimientos ni gustos, “alcanzar la accesibilidad universal significa considerar todas las personas con independencia de sus capacidades cuando se diseña, cuando se proyecta, en este caso, en la arquitectura y el urbanismo.” (Fundación ONCE, 2011, pág. 24), los nuevos diseños se deben ir adaptando a los requerimientos que van surgiendo a medida que se utilizan los espacios anteriormente diseñados,

modificarlos para que tengan un mejor funcionamiento hacia las diferentes necesidades de los usuarios.

Aplicar los conceptos de Accesibilidad Universal y Diseño para Todos al urbanismo, significa lograr que cualquier persona, con independencia de su capacidad o discapacidad, pueda acceder a una vía o un espacio público urbano, integrarse en él y comunicarse e interrelacionarse con sus contenidos. (Fundación ONCE, 2011, pág. 61)

Es por esto que los espacios urbanos deben ser continuos, no generar escalones, cambios de nivel bruscos, no colocar mobiliario o arbolado en medio de ellos interrumpiendo los recorridos, para que las personas sin importar que tengan algún tipo de discapacidad puedan desplazarse cómodamente y segura, sin obligar tanto a ciclistas urbanos como a peatones a compartir su trayecto con los vehículos automotores colocando su vida en peligro. Los espacios urbanos deben cumplir ciertos requerimientos para su buen funcionamiento, debe existir integración entre lo urbano, arquitectónico y vehicular facilitando el acceso y conexión entre estos, minimizar riesgos de accidentes en los recorridos y cruces, deben ser accesibles para todas las personas sin importar su edad, sexo, capacidad física para desplazarse y medio de transporte ya sea tradicional o alternativo creando entornos urbanos más permeables, “cuando la conectividad urbana es nula y no permite la vinculación de distintas redes como son: el transporte, las estructuras naturales e inclusive la misma red de equipamientos, podemos hablar de una ciudad deshumanizada” (Aguilera Martínez F. A., 2013, pág. 158).

Este concepto también debe ser estudiado desde la perspectiva de los sistemas de transporte público.

(...) el transporte facilita la movilidad, vertebrado del territorio y el tejido interurbano, metropolitano y urbano; sostenibilidad y accesibilidad confluyen al plantear la movilidad

sin exclusión; a menudo se olvida que el sistema primordial de movilidad es el peatonal; tampoco debe olvidarse por más tiempo a los ciclistas y las posibles fricciones con el tráfico rodado, y con los propios paseantes.” (Fundación ONCE, 2011, pág. 168)

La movilidad accesible facilita usar y disfrutar todos los espacios urbanos de una manera segura, cómoda, eficaz y sostenible; debe garantizar una fácil accesibilidad desde los diferentes escenarios urbanos como plazas, parques, calles, hasta los escenarios de uso privado. Siendo de esta manera la accesibilidad un derecho fundamental para que existan oportunidades equánimes para todas las personas y en el que todos se puedan desplazar independientemente sin importar su condición.

Con todo esto, la accesibilidad universal y el diseño para todos, pasa de ser sinónimo de “eliminación de barrera” para ir más allá y formar parte de una dimensión más amplia, con carácter preventivo y estrechamente relacionado con el concepto de entorno saludable, que fomenta la igualdad de oportunidades y mejora la calidad de vida de todas las personas. (Universidad Rey Juan Carlos, s.f.)

Los espacios de circulación, deben estar adaptados para que se desplacen todas las personas, deben tener una adecuada señalización que sea fácil de distinguir, avisos con iluminación y sonidos, el pavimento de las calles y ciclorutas debe tener colores y texturas para indicar direcciones, desniveles y cruces, las superficies deben ser homogéneas sin ningún tipo de barreras; de esta manera se garantiza la utilización autónoma de los espacios por cualquier tipo de persona, llevando al diseño a un desarrollo inclusivo y sostenible.

1.2.1 Derecho a la movilidad

Los derechos humanos son una herramienta vital que garantiza condiciones de igualdad en función de las necesidades de cada individuo. El derecho a la movilidad hace parte de esas libertades naturales de cada sujeto, es una habilidad inherente al ser humano, desarrollada incluso antes que la del mismo lenguaje, que brota por la obligación de satisfacer necesidades de tipo social o laboral dentro de un entorno natural o urbano; al respecto se afirma que el “estudio de la urbanización concierne a procesos de circulación de capital; el desplazamiento de flujos de trabajo, bienes, productos...; así como la organización espacial de la producción y la transformación de las relaciones entre espacio-tiempo; la movilidad de información” (Harvey, 1989, págs. 6-7).

La Organización de las Naciones Unidas, proclama en el artículo 13 de la Declaración Universal de Derechos Humanos que, “toda persona tiene derecho a circular libremente y a elegir su residencia en el territorio de un Estado” (ONU, 1948, pág. 28), esto se convierte en un acto de reconocimiento en función de la calidad de vida y dignidad de la persona. El paso del tiempo ha venido acentuando el deterioro de este aspecto como efecto principalmente del acelerado y desordenado crecimiento de las ciudades; esta misma organización en la Carta Mundial por el Derecho a la Ciudad establece lo siguiente:

Artículo XIII. Derecho al transporte público y la movilidad urbana

1. Las ciudades deben garantizar a todas las personas el derecho de movilidad y circulación en la ciudad, de acuerdo con un plan de desplazamiento urbano e interurbano y a través de un sistema de transportes públicos accesibles, a precio razonable y adecuados a las diferentes necesidades ambientales y sociales (de género, edad y discapacidad)

2. Las ciudades deben estimular el uso de vehículos no contaminantes y se establecerán áreas reservadas a los peatones de manera permanente o para ciertos momentos del día.
3. Las ciudades deben promover la remoción de barreras arquitectónicas, la implantación de los equipamientos necesarios en el sistema de movilidad y circulación y la adaptación de todas las edificaciones públicas o de uso público y los locales de trabajo y esparcimiento para garantizar la accesibilidad de las personas con discapacidad. (ONU, 2004, pág. 191)

Lo anteriormente citado permite la identificación de tres aspectos vinculados con la movilidad en entornos urbanos. Inicialmente se hace énfasis en la obligación de cada ciudad por garantizar el derecho a la movilidad de todas las personas previendo herramientas efectivas y económicas para cada usuario, el segundo es la estimulación por el uso de vehículos no contaminantes e infraestructura segregada por tipo de usuario; el tercero es la promoción de una infraestructura inclusiva a la que puedan acceder todas las personas sin excepción.

1.2.2 Planes de Movilidad Urbana Sostenible (PMUS)

Los PMUS, buscan que las personas tengan una participación importante al planificar los sistemas de movilidad, “su objetivo es garantizar un ambiente sano donde se pueda caminar y pedalear por itinerarios accesibles, seguros y atractivos” (Vega, 2017, pág. 5). Al momento de generar un diseño de movilidad, se deben tener en cuenta a los peatones, personas con movilidad reducida y ciclistas urbanos, ya que estos son un factor fundamental para lograr una movilidad sostenible. “Los PMUS deben asegurar un equilibrio entre las necesidades de movilidad y accesibilidad, al tiempo que favorecen la protección del medio ambiente, la cohesión social y el desarrollo económico” (IDAE, 2006, pág. 49), reducir los impactos negativos de la movilidad

actual llevando a implementar sistemas sostenibles mediante la utilización de la bicicleta y realizar los traslados cortos a pie.

Para hablar de movilidad hay que estudiar varios factores que afectan el mal funcionamiento de ésta, cada factor trae consigo problemáticas ambientales que cada día están creciendo más, llevando a la movilidad a un estado crítico si no se detiene rápidamente; por esto, la importancia de implementar sistemas de movilidad sostenibles a mayor escala. “Los planes de movilidad son instrumentos para impulsar los cambios necesarios en la movilidad urbana con criterios de sostenibilidad.” (Vega, 2017, pág. 5)

Para poder llegar a un sistema de movilidad sostenible el plan de movilidad tiene varios objetivos, como primer ítem está la importancia de mitigar el cambio climático ya que, de acuerdo con los estudios de la Organización Meteorológica Mundial existe una cifra elevada en cuanto a los niveles de CO₂ que afectan seriamente la salud del planeta.

El segundo ítem importante se refiere al mejoramiento de la calidad de aire dado que actualmente se encuentra altamente contaminado por gases tóxicos. “Estos planes deben coordinarse con los de Movilidad Urbana Sostenible (PMUS) para buscar medidas que reduzcan las emisiones de los principales gases: NO_x, Partículas PM₁₀ y PM_{2,5}, y O₃” (Vega, 2017, pág. 10).

El tercer ítem es mitigar la contaminación acústica resultante de tanto tráfico en la ciudad. “Los estudios científicos han demostrado que el ruido tiene graves consecuencias para la salud, que van más allá de simple molestias, y que pueden afectar al sistema nervioso e, incluso, provocar la muerte” (Vega, 2017, pág. 11). Esta contaminación se podría reducir mediante la implantación de sistemas de movilidad sostenibles que disminuyan el ruido especialmente sobre ejes de ciclorutas y áreas con afluencia de ciclistas urbanos.

Como cuarto ítem está disminuir la siniestralidad, “la llegada de un PMUS a un municipio favorece un entorno más seguro al incorporar criterios de moderación de la velocidad y un nuevo rediseño viario” (Vega, 2017, pág. 12). Hace algunos años el índice de siniestralidad general (suma de todos los actores viales) era muy elevado, gracias a las medidas que se han tomado se ha venido reduciendo aunque no lo suficiente; hace falta un nuevo diseño del sistema de movilidad que logre reducir al mínimo los accidentes causados por los carros, bicicletas y peatones.

Si se observa alrededor es fácil ver como los vehículos se han tomado las ciudades, se ve la contaminación visual, acústica y ambiental que llevan a las personas a enfermarse y a ser víctimas de las altas velocidades de los vehículos. “Los Planes de Movilidad son herramientas que permiten no solo definir el escenario sostenible de la movilidad futura, sino también, convencer a los residentes para cambiar su forma de desplazamiento” (Vega, 2017, pág. 20). Fomentar el uso de la bicicleta es importante porque se reduce la contaminación ambiental, acústica y los niveles de accidentalidad, pero para esto se requiere de un trazado urbano que conecte las vías de transporte de forma segura y de esta manera salvaguardar la integridad de los ciclistas.

Un PMUS debe apoyarse en tres instrumentos fundamentales:

1. Mesa de la Movilidad. Es un foro de participación que debe contar con la representación del ayuntamiento y otros niveles de la Administración, las organizaciones ciudadanas, las asociaciones ecologistas, los ciclistas urbanos, las personas con discapacidad, las AMPAS y las entidades sociales y económicas. (...).

2. Pacto de la Movilidad. Es un acuerdo ratificado entre los mismos integrantes de la Mesa de la Movilidad para dar un giro en profundidad a las políticas de planificación y

gestión de la movilidad municipal que responda a los retos que tienen las áreas urbanas en la actualidad (cambio climático, pérdida de calidad del aire, ruido, accidentes, deterioro de la salud, etc.). El Pacto debe fijar la estrategia de cambio de modelo hacia una movilidad sostenible.

3. Observatorio de la Movilidad Sostenible. Es un órgano dependiente del ayuntamiento, dotado de presupuesto, destinado a realizar el seguimiento de los indicadores de movilidad y accesibilidad, no solo durante la elaboración del Plan sino a lo largo de todo su periodo de vigencia. Debe ser un instrumento de evaluación y seguimiento de los principales indicadores de la movilidad y la accesibilidad. Para dar forma a la participación ha de contar con responsables municipales, técnicos y agentes sociales, y desarrollar herramientas que permitan avanzar en la correcta implantación del PMUS. (Vega, 2017, pág. 22)

Lo anterior muestra que, para el diseño de un plan de movilidad urbana sostenible, es necesario estudiar las necesidades de los diferentes usuarios ya sean ciclistas, personas con discapacidad o personas mayores, y tener el apoyo de diferentes especialistas en el tema medio ambiental, para lograr un diseño que realmente se adapte y mejore la calidad de vida de todos.

Al momento de permitir que diferentes actores participen en el estudio para el diseño de un plan de movilidad sostenible se pretende “es que la población sea consciente de los problemas y consecuencias que el modelo de movilidad actual tiene para el entorno, la sociedad y el planeta en su conjunto, y le haga cambiar su modo de desplazarse.” (Vega, 2017, pág. 24) lo anterior es porque muchas personas dicen ser conscientes del problema medioambiental que existe, pero al momento de hacer algo por detenerlo no saben qué hacer, siguen utilizando sistemas de

transporte contaminantes y no se esfuerzan por realizar un cambio importante en sus desplazamientos diarios para frenar este fenómeno.

Un sistema de transporte sostenible es el que: – permite responder a las necesidades básicas de acceso y desarrollo de individuos, empresas y sociedades, con seguridad y de manera compatible con la salud humana y el medioambiente, y fomenta la igualdad dentro de cada generación y entre generaciones sucesivas; – resulta asequible, opera equitativamente y con eficacia, ofrece una elección de modos de transporte y apoya una economía competitiva, así como el desarrollo regional equilibrado; – limita las emisiones y los residuos dentro de la capacidad del planeta para absorberlos, usa energías renovables al ritmo de generación y utiliza energías no renovables a las tasas de desarrollo de sustitutivos de energías renovables mientras se minimiza el impacto sobre el uso del suelo y la generación de ruidos. (IDAE, 2006, pág. 16)

La importancia de llegar a un sistema de transporte urbano sostenible se basa en garantizar la calidad de vida de todos los residentes paralelamente con la conservación del medio ambiente.

1.2.3 Infraestructura ciclo-amistosa

Por varios años la bicicleta ha sido utilizada por personas de diferentes edades, “su papel como medio de transporte ha sido fundamental para mejorar el acceso al trabajo, la educación, los bienes y servicios e incluso ha representado la gloria en la élite del deporte mundial” (MINTRANSPORTE, 2016, pág. 11). Pero con el paso del tiempo, las vías por las que transitan los ciclistas se han interrumpido dando más importancia a sendas para los vehículos automotores, trayendo como consecuencia un alto índice de accidentalidad para conductores, bici-usuarios y peatones.

Entre los beneficios que se obtienen al utilizar la bicicleta como medio de transporte está el que no produce emisiones de CO₂, ocupa un espacio mínimo para estacionar, viaja a una velocidad promedio disminuyendo la accidentalidad, no consume energía diferente a la del mismo usuario, mejora la calidad de vida de los ciclistas al hacer deporte y la de los peatones al no contaminar el medio ambiente. “La recuperación del uso cotidiano de la bicicleta se asoció entonces a los desafíos ambientales y sociales que afrontaba la sociedad colombiana; a la contaminación, el cambio climático y la equidad en los desplazamientos” (MINTRANSPORTE, 2016, pág. 17). Si se logra dar seguridad a los ciclistas se verá un cambio significativo en cuanto a la disminución de la contaminación ya que cada día se sumarán más bici usuarios dejando el uso de los vehículos en segundo plano.

Una infraestructura ciclo-inclusiva abarca un buen diseño urbano que tenga en cuenta los cruces seguros, las conexiones, que coloque como prioridad al peatón y los ciclistas, que los dos se sientan seguros al momento de transportarse a sus diferentes destinos, como lo son la escuela, el trabajo, lugares para realizar actividades recreativas, a sus casas.

En los países en los que se emplea más la bicicleta, son menores las tasas de exposición al riesgo debido a que la presencia de mayor número de personas pedaleando establece una visibilidad más elevada de la bicicleta y un mayor respeto hacia ella por parte de las que conducen vehículos motorizados. La política ciclo-inclusiva pretende, por consiguiente, generar un círculo virtuoso de incremento del número de ciclista y reducción de la exposición al riesgo. (MINTRANSPORTE, 2016, pág. 38)

Cada vez son más los ciudadanos que están utilizando la bicicleta como medio de movilización, en parte al ver los beneficios que trae tanto para ellos como para el medio

ambiente; sin embargo, existen lugares a los que no pueden acceder fácilmente porque no cuentan con una infraestructura adecuada y segura.

En cuanto a la seguridad, son los ciclistas el grupo más vulnerable en encuentros con tráfico de alta velocidad y este hecho requiere una atención especial. Evitar conflictos entre distintos tipos de tráfico a través de la separación de vías es una solución extrema, aunque muchas veces esencial. (CROW, 2006, pág. 16)

Al momento de diseñar las vías para la bicicleta es importante estudiar los usuarios según sus edades, porque todos se transportan a diferentes velocidades según sus requerimientos y destrezas, los niños que la usan para llegar a sus escuelas van despacio, los jóvenes y adultos van a mayor velocidad hacia sus escuelas, trabajos y lugares de recreación, las personas de edad avanzada la utilizan a menor velocidad para dar un paseo o hacer deporte.

Por este motivo, al estudiar a los diferentes grupos de personas se puede llegar a un mejor diseño, creando cruces seguros, pendientes de vías adecuados para todos y trayectos interesantes en los que las personas transiten de manera cómoda y segura. Deben existir conexiones entre los diferentes medios de transporte, así, si los trayectos son muy largos las personas tienen la posibilidad de llegar en bicicleta hasta el transporte público para dirigirse a su destino final.

Otro factor importante en la infraestructura vial es contar con ciclorutas que sean directas sin interrupciones para que no se alarguen los trayectos, esto fortalece la seguridad de los ciclistas. “Un punto clave es que se debe evitar lo máximo posible los encuentros con el tráfico rápido motorizado, separando los dos modos en términos de tiempo o espacio” (CROW, 2006, pág. 32). Se puede evitar que los ciclistas circulen por vías principales muy congestionadas ofreciéndoles alternativas en vías paralelas a estas, siempre y cuando estas vías sean cómodas y seguras.

Al diseñar toda una red de vías para las bicicletas entran en estudio varios factores importantes que deben ir conectados entre sí para que funcionen, no se pueden diseñar por separado. “La tarea del diseñador es buscar permanentemente el equilibrio justo entre la función (los requisitos funcionales), la forma y el uso” (CROW, 2006, pág. 33). Se debe basar en estudios de casos y en simulaciones logrando ver si tiene lo necesario para llegar a ser la solución que se necesita en el sistema de transporte, adicionalmente hay que prestar mucho cuidado en el diseño de los cruces e intersecciones ya que es en estos en los que se presenta el mayor número de accidentalidad de los ciclistas.

La infraestructura para las bicicletas también debe analizar las dimensiones que necesita un ciclista para transitar, girar, maniobrar, parquear, bajarse de la bicicleta sin que interrumpa el paso de los demás ciclistas ni vehículos evitando el riesgo propio o hacia los demás. De esta manera no hay que tener en cuenta solo el ancho del ciclista sobre su bicicleta, sino, los radios de giro, el balanceo de las personas, lo que ocupa el ciclista al bajarse de su bicicleta para estacionarla o revisarla, que si el ciclista es una persona que va muy lento un segundo ciclista tenga el espacio suficiente para adelantarlo sin arriesgar la integridad de ningún individuo .

Cuando sea necesario generar pendientes, es importante revisar la longitud de éstas y si son elevadas o pendientes deprimidas, ya que si son elevadas deben ser cortas para que el ciclista no haga un esfuerzo muy grande al subir un tramo tan largo, si son deprimidas hay que tener una zona plana para que el ciclista pueda disminuir la velocidad que adquiere al bajar.

En el trazo de las redes para bicicletas se debe garantizar que sean coherentes, directas, seguras, cómodas y atractivas. Al hablar de coherente se hace referencia a la eficiencia en las conexiones desde el inicio hasta el final de cualquier recorrido realizado por los ciclistas, a lo largo de este se debe tener buena señalización de cruces (ubicación y estado) mediante un diseño

estándar para que no haya confusiones. En el caso de ser directa se trata de que el ciclista tenga varias opciones para llegar a su lugar de destino partiendo del mismo origen y en las que pueda escoger las rutas más rápidas y rectas para su desplazamiento. En cuanto a la seguridad la red debe tener pocas intersecciones para evitar accidentes en el encuentro de ciclistas con tráfico vehicular. Lo ideal sería poder separar la red de ciclistas de la red vehicular y diferenciarlas claramente.

Algo que hace atractiva a la red de bicicletas es que este alejada de los vehículos, separada por algún elemento que disminuya la contaminación ambiental, como una red de árboles, de esta manera los ciclistas respiran tranquilos y tienen un paisaje llamativo mientras recorren la vía hasta su destino final, sin estar estresados por el humo y el ruido de los vehículos motorizados. El arbolado también sirve para proteger de los fuertes vientos y en la noche de las luces de los vehículos que afectan la visibilidad de los ciclistas, es importante escoger el arbolado adecuado, que sus raíces y altura no afecten la ciclovía, deben tener un follaje pequeño, plantarlos a una distancia apropiada, tener en cuenta su crecimiento y que no haga insegura la vía.

No se debe obligar a los ciclistas a salir de la calzada. Este principio establece requisitos en cuanto a la superficie de la calle, la vista que se tiene de ella, las radios de las curvas, y la visibilidad. La superficie de la calle debe ser lo suficientemente lisa para evitar maniobras evasivas repentinas, cambios de trayectoria inesperados, y otras situaciones similares. Si se requiere una maniobra evasiva, sin embargo, el ancho del pavimento o la berma debe permitirles suficiente espacio a los ciclistas para realizarla. El cauce horizontal y vertical debe fluir de tal manera que asegure que los ciclistas tengan una vista de la calle suficiente para la función, y por lo tanto, la velocidad de diseño, de la

sección. La radio de las curvas también debe ser coherente con la velocidad de diseño. (CROW, 2006, pág. 101)

Así mismo es importante que el diseño de la ciclovía sea lo más recto y ancho posible para que los ciclistas tengan buena visibilidad, reducir las curvas al máximo y en los lugares donde sean necesarias hacerlas suaves y con pavimento liso para prevenir accidentes. Si los perfiles son anchos hay que tener en cuenta el control de la reducción de velocidad en algunos tramos ya que los ciclistas van a ir más rápido al tener más espacio.

En las intersecciones se debe girar metros antes la ciclovía hacia la calzada y reducir en estos puntos la velocidad de los dos, para que los vehículos puedan ver a los ciclistas fácilmente. De esta manera también los ciclistas pueden ver el tráfico vehicular a distancia antes de llegar a la intersección y saber si pueden seguir con su trayecto o si deben parar, disminuyendo así el riesgo de colisión y retrasos en los trayectos.

En el tema de infraestructura juega un papel importante la permeabilidad del suelo, es importante que el pavimento sea liso, uniforme, con resistencia al arrastre y con buen drenaje para que sea cómoda y segura para los usuarios.

La resistencia de arrastre es determinada en gran parte por la textura de la superficie. La textura, entonces, no es solo importante para la comodidad y el grado de pérdida de energía del usuario, sino también para la seguridad de ciclistas y del tráfico en general. La macro-textura debe tener espacio suficiente para absorber aguas (lluvias) y polvo, permitiendo así un contacto apropiado entre la superficie del camino y el neumático de la bicicleta. La micro-textura determina la dureza de las partículas individuales de la mezcla del pavimento. (CROW, 2006, pág. 292)

Los mejores materiales para construir las ciclovías son el asfalto y el hormigón ya que son materiales no porosos que logran una textura lisa, uniforme y tienen buen drenaje, es importante hacer un buen uso de estos materiales debido a que por lo general se utilizan capas delgadas y las raíces de los árboles pueden levantarlo.

La iluminación juega otro papel importante en el diseño de la infraestructura, su función es hacer más segura la vía en la noche mejorando la visibilidad de los ciclistas, los vehículos y la seguridad ante la delincuencia. Esta iluminación debe ubicarse en las bermas y reflejarse en el pavimento creando buena luminosidad, teniendo en cuenta que los faroles no encandelillen a los ciclistas.

La importancia de tener una infraestructura adecuada promueve la seguridad y confianza de los ciclistas y peatones, generando una ciudad ciclo-inclusiva. "Una ciudad ciclo-inclusiva es aquella en la que cualquier persona puede utilizar la bicicleta de manera segura y cómoda para todos sus desplazamientos" (MINTRANSPORTE, 2016, pág. 29). Si se cuenta con la infraestructura adecuada cada vez más personas van a utilizar este medio de transporte y se podrá mitigar el daño ambiental que causan los vehículos, mejorando la calidad del aire, la contaminación auditiva, la calidad de vida de las personas ya que conlleva mejorar la salud física y mental.

2. CARACTERIZACIÓN DEL LUGAR

2.1 Aproximación al caso de estudio.

Como ya se mencionó al inicio de este documento, el caso de estudio comprende el tramo de cicloruta que recorre el eje de la Ak 7 (Avenida Carrera Séptima) entre las calles Ac 26 y CI 31.

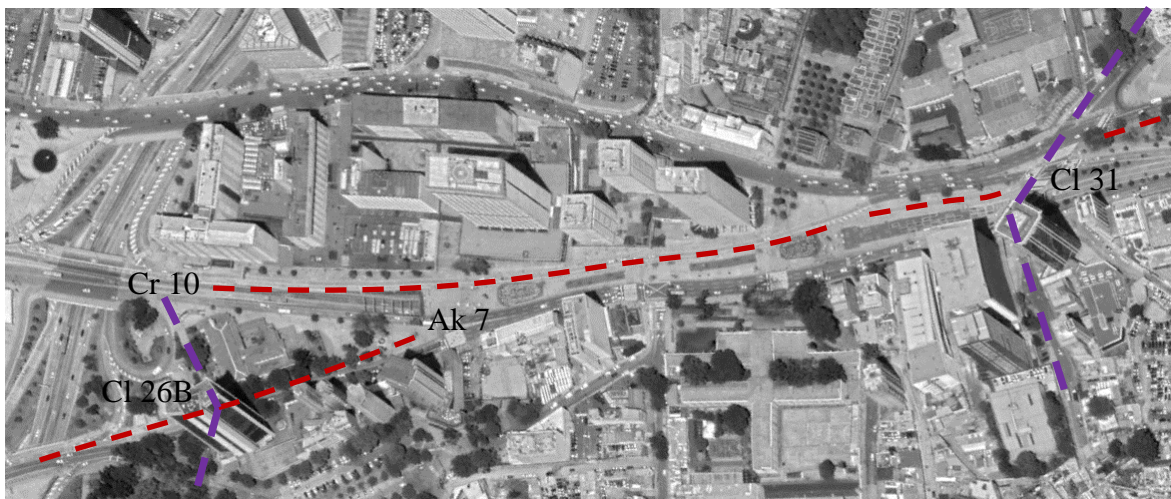


Gráfico 15. Localización del caso de estudio. Fuente: Google Earth. (2019)

Dentro del sistema de ciclorutas urbanas para la ciudad de Bogotá D.C., el trayecto en estudio vincula el centro histórico de la ciudad con la localidad de chapinero, conectando el tramo de la Ak 7 que va desde la Plaza de Bolívar hasta la Ac 26 peatonalizado durante los últimos años, con la ciclovía existente sobre el costado oriental de la Ak 13. Este eje de circulación atraviesa un sector de la ciudad que se destaca por su valor histórico, por albergar una amplia cantidad de instituciones educativas tanto universidades como colegios, espacios culturales como museos y teatros, instituciones públicas, y una alta concentración de comercio. Durante el proceso de diseño este aspecto resulta de gran importancia enfatizando en la necesidad de brindar a los usuarios de la cicloruta un recorrido más directo y comprensible que sea fácil de leer ahorrando esfuerzos tanto de energía como de tiempo. “Las ciclorutas deben ser

directas. Esto significa que al ciclista siempre se le ofrezca la ruta más directa posible, manteniendo los desvíos al mínimo” (CROW, 2011, pág. 31).

Actualmente la ciudad de Bogotá D.C., se destaca a nivel de región por contar con la mayor cantidad de infraestructura dedicada para el tránsito de las bicicletas; según el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), hasta finales del año 2018 la ciudad contaba con 503 km de ciclorutas construidas facilitando así la circulación de los usuarios de este medio de transporte alternativo. Sin embargo, algunas de estas vías no reflejan estándares óptimos de calidad vinculados a su diseño y a su mantenimiento.

Con relación al diseño CROW (2011) señala que “(...) una buena red ciclovial debe ser coherente, directa y segura. También hay otros en cuanto a ser cómoda y atractiva (...)” (pág. 58), basados en lo anterior se puede agregar como aproximación inicial para el caso de estudio que:

Coherente. El recorrido es difícil de leer debido a que el manejo de los materiales no es uniforme y la señalización es escasa, el trazado no es continuo y se mezcla con espacios peatonales provocando desorden y conflicto tanto en el movimiento de las bicicletas como de las personas.

Directa. En relación con la distancia la cicloruta no mantiene un trazado continuo y es poco clara sobre las intersecciones viales existentes, además no mantiene un ancho de calzada continuo en los diferentes tramos de la vía; en función del tiempo la poca claridad de los cruces viales y la mezcla de diferentes actores viales a causa de la poca claridad en algunos sectores del recorrido generan retrasos.

Segura. Entre los factores que pueden fomentar los riesgos de accidente se pueden nombrar la falta de continuidad en la huella de la ciclovía, la mezcla entre diferentes tipos de

tráfico (conflictividad), la invasión del espacio público, la presencia de obstáculos en el recorrido como bolardos y diferencias de nivel.

Mantenimiento. Las obras recientes de construcción de la línea de Transmilenio que recorre la Ak 10 y su conector con buses intermodales que continúan su recorrido hacia el norte de la ciudad, en el sitio de estudio, permiten observar un buen estado en los materiales de construcción de los tramos viales, con relación al mobiliario público se observa deterioro por causa del vandalismo.

Con relación a los materiales utilizados en el proceso constructivo del recorrido de cicloruta caso de estudio, se pueden identificar tres tramos en donde existe predominancia de ciertos materiales constructivos, citados a continuación.

Tramo 1 (Ak 7 entre Ac 26 y Cl 27). Este tramo del recorrido está construido a nivel de la calzada vehicular en asfalto con un acabado superficial en pintura de tráfico azul, que refleja algún desgaste por el uso de la vía. Este tipo de pinturas permiten una mejor visibilidad de la franja de tránsito tanto para ciclistas como para peatones y automotores, y pueden mejorar algunas condiciones de confort térmico; sin embargo, al contener en su composición resinas y plastificantes estas se convierten en promotoras de accidentes bajo condiciones de humedad en la vía, o bajo condiciones de lluvia.

Tramo 2 (Cl 27 entre Ak 7 y Ak 10). Esta sección del recorrido corresponde a una intersección que involucra vehículos, peatones y ciclistas. Integra tramos en asfalto vehicular con pintura de tráfico, áreas en concreto y zonas adoquinadas.

Tramo 3 (Ak 10 entre Cl 27 y Cl 31). Esta parte del recorrido presenta una construcción a nivel de la calzada vehicular en adoquín de concreto con delimitación del trazado mediante la implantación de una línea de elementos tipo bolardo; las calles adoquinadas pueden generar

molestias a los bici-usuarios relacionadas con la incomodidad por vibraciones. La utilización de bolardos permite proteger la ciclo-infraestructura de la posible invasión por parte de otros actores viales como los vehículos, sin embargo, favorecen la accidentalidad de los ciclistas ya que según sea su ubicación en los recorridos, pueden llegar a convertirse en obstáculos.

El sector de estudio presenta baja presencia de arborización concentrándose esta principalmente sobre el eje de la Ak 7 entre la Ac 26 y la Cl 27. Entre las especies que se pueden encontrar predomina el Caucho Sabanero con ejemplares cuya altura varía entre los 3 m y los 15m, también hacen presencia otras especies de porte mediano y alto como el Caucho Lira, el Roble, el Jasmín del Cabo, el Liquidámbar y el Cerezo. La presencia de estas especies en el primer tramo del recorrido, favorecen la protección tanto de ciclistas como de peatones ante la radiación solar especialmente la producida durante el medio día y sobre horas de la tarde.

El porcentaje de zonas verdes no es muy elevado, casi en su mayoría el sector de estudio presenta zonas duras pavimentadas o adoquinadas no permeables. La señalización es escasa y se vincula principalmente al lenguaje de flechas y líneas impresas en el piso que indican los sentidos viales, los giros y las zonas de cruce peatonal; también existen algunas señales preventivas e informativas a la altura del observador, pero son pocas y en su mayoría se encuentran en mal estado.

2.2 Matriz de indicadores de evaluación.

Para el desarrollo del proceso de caracterización del lugar de trabajo, se toman como referencia de evaluación las variables, indicadores y parámetros consignados en la siguiente matriz dentro de las categorías de Medio Ambiente y Paisaje, a partir de su relevancia, objetividad, validez, confiabilidad, comparabilidad, disponibilidad, y medibilidad.

INDICADORES DE EVALUACIÓN PARA EL COMOPONENTE AMBIENTAL Y PAISAJISTICO DEL SISTEMA DE CICLORUTAS EN LA CIUDAD DE BOGOTA D.C.

CATEGORIA	VARIABLE	INDICADOR	PARAMETRO	VALOR	FUENTE
Medio Ambiente	Aire	Indice de calidad del aire	PM10	50 µg/m³ (Anual)	OAB 2018
				75 µg/m³ (24 horas)	OAB 2018
			PM 2.5	25 µg/m³ (Anual)	OAB 2018
				37 µg/m³ (24 horas)	OAB 2018
			O3	100 µg/m³ (8 horas)	OAB 2018
				200 µg/m³ (1 hora)	OAB 2018
	Agua	Precipitación Anual- PA	mm de precipitación promedio anual o mensual		OAB 2018
	Suelo	Espacio Público Total	m²/hab		DADEP 2017
		Espacio público verde	m²/Hab	10m²/hab y 15 m²/hab	DADEP 2017
		Espacio Público Efectivo	m²/hab	15 m²/hab	DADEP 2017
		Permeabilidad del suelo	Σ área suelo * factor de permeabilidad) / superficie urbana *100	≥ 30% de la superficie de espacio público	Salvador Rueda
	Vegetación	Arboles por hectárea	Cantidad de árboles por hectárea de suelo urbano		DADEP 2017
	Confort Térmico	Promedio de Temperatura Media Anual - Estaciones de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá- Temp	Temp C°	N/A	OAB 2018
Acústica Urbana	Confort acústico	Valor mínimo: < 65 dB (A) Para un mínimo de 60% de la población	Valor deseable: < 65 dB (A) Para un mínimo de 75% de la población	DADEP 2016	
Paisaje	Infraestructura	Ciclorutas construidas- CRB	Km		OAB 2018
		Estado de la red de ciclorutas	% de ciclorutas en buen o mal estado	100%	IDU
		Cantidad de mobiliario público	No(#)/m2		Páramo y Burbano
		Iluminación nocturna	No(#)/m2		Páramo y Burbano
	Accesibilidad	Proximidad a espacios verdes	Tramos de calle con acceso simultáneo a los distintos espacios verdes (m. lineales) / metros lineales totales * 100	Area mínima 1000 m², menor área de zona verde / menor distancia de desplazamiento	Salvador Rueda
		Proximidad y dotación de plazas de aparcamiento para bicicletas	Porcentaje de población situada a menos de 100m de los puntos de aparcamiento para bicicletas	Entre el 80 % y el 100%	Agencia de ecología urbana de Barcelona
		Libre de obstaculos al peatón	Cantidad promedio de obstaculos al peatón en 100 m		Leva 2005 (Páramo)

Tabla 9. Matriz de indicadores de evaluación en las categorías de medio ambiente y paisaje. Fuente: Elaboración Propia. (2019)

2.3 Categoría de Medio Ambiental.

2.3.1 Calidad del Aire

La evaluación de este indicador se efectúa en base a los datos provistos por la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de la ciudad (RMCAB) para la estación Min Ambiente, por su ubicación este

sitio se convierte en el punto de medición más cercano a la zona de estudio monitoreando en tiempo real emisiones contaminantes de material particulado (PM₁₀ y PM_{2,5}) y ozono (O₃), además de algunas variables climáticas de manera confiable. Con este fin se adelanta el estudio de una base de datos horaria construida con los valores registrados por esta estación de medición para los últimos 12 meses.

PROMEDIO MENSUAL DE EMISIONES DE MATERIAL PARTICULADO PM₁₀ Y PM_{2,5} Y OZONO O₃				
Año	Mes	PM ₁₀	PM _{2,5}	O ₃
		µg/m ³	µg/m ³	µg/m ³
2018	Noviembre	32,84	16,22	18,67
	Diciembre	33,01	12,72	27,84
2019	Enero	31,92	13,94	24,91
	Febrero	38,86	20,93	34,85
	Marzo	40,25	25,07	36,87
	Abril	33,83	18,4	41,99
	Mayo	26,91	12,52	22,70
	Junio	17,92	6,41	15,38
	Julio	18,70	6,28	16,08
	Agosto	22,47	9,70	36,87
	Septiembre	31,14	11,50	25,04
	Octubre	28,73	11,98	21,13
Promedio (últimos 12 meses)		29,71	13,81	26,86

Tabla 10. Promedio mensual de emisiones contaminantes de material particulado (PM₁₀ y PM_{2,5}) y ozono (O₃), para la estación Min Ambiente. Fuente: Elaboración propia basada en los datos de la RMCAB. (2019)

Otra razón por la cual este análisis se basa en las tres variables anteriormente mencionadas es la información contenida en la Guía de Calidad del Aire de la OMS (2005) según la cual estos contaminantes especialmente el material particulado (PM₁₀ Y PM_{2,5}), son los elementos más peligrosos para la salud de las personas; su producción se vincula principalmente al tránsito de vehículos automotores y sus efectos sobre la salud pueden ir desde infecciones

pulmonares a corto plazo como la bronquitis, hasta EPOC, cáncer de pulmón e infartos por alteraciones a la función cardiaca a largo plazo.

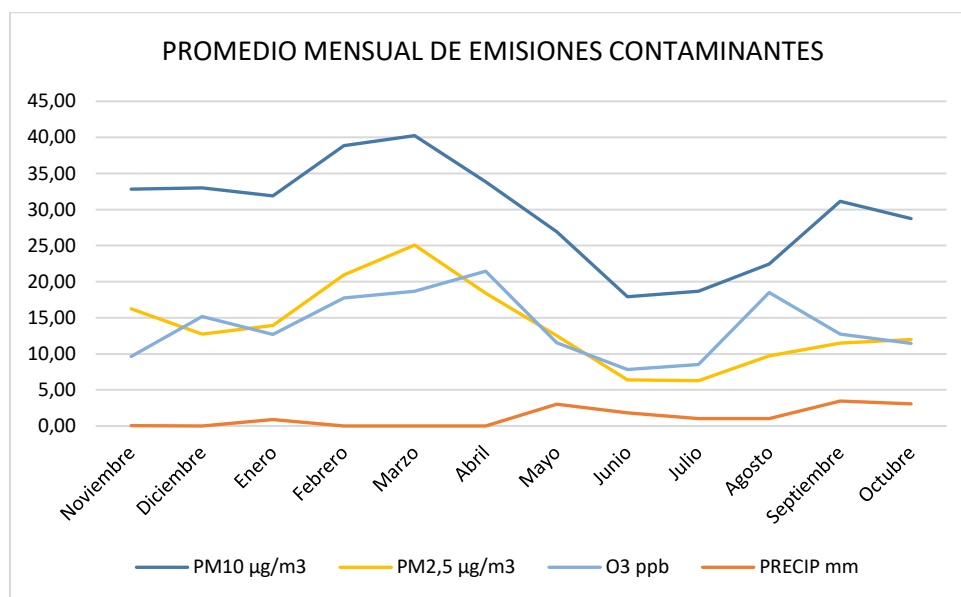


Gráfico 16. Promedio mensual de emisiones contaminantes de material particulado (PM₁₀ y PM_{2,5}) y ozono (O₃), para la estación Min Ambiente, durante el periodo de tiempo comprendido entre noviembre (2018) y octubre (2019). Fuente: Elaboración propia basada en los datos de la RMCAB. (2019)

Los datos recogidos por el punto de medición, permiten establecer que para este sector de la ciudad los valores mensuales promedio más altos se presentan durante los 4 primeros meses del año en donde marzo se destaca por ser el periodo durante el cual se presentaron los mayores valores de material particulado Pm₁₀ con 40,25 µg/m³ y Pm_{2,5} con 25,07 µg/m³, para descender sobre los meses de junio, julio y agosto, retomando durante los meses posteriores una tendencia incremental; este comportamiento puede relacionarse a condiciones ambientales como la radiación solar, los vientos y la precipitación. En comparación con este último se encuentra que los mayores valores de material particulado (PM₁₀ Y PM_{2,5}), se presentan durante los periodos más secos del año, para luego descender a medida que la temporada invernal del mes de mayo y junio se desarrolla; el comportamiento para el segundo semestre del año es similar en función de la temporada invernal del mes de octubre.

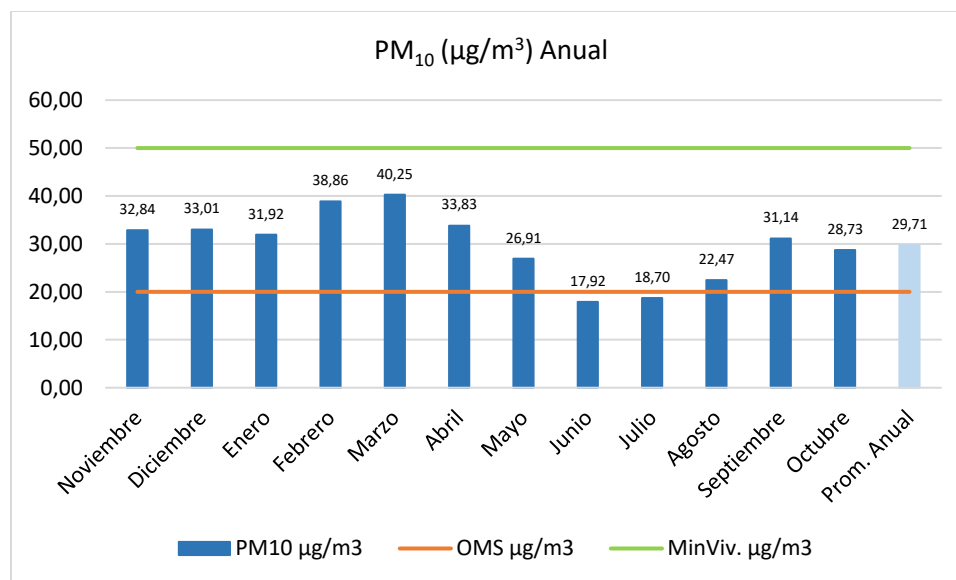


Gráfico 17. Promedio mensual de emisiones de material particulado PM₁₀ para los últimos 12 meses, estación Min Ambiente. Fuente: Elaboración propia basada en la información de la RMCAB. (2019)

La norma nacional expedida por el Ministerio de Vivienda y Desarrollo Territorial mediante la resolución 610 del 24 de marzo del 2010 establece como límite máximo con relación al PM₁₀ una media año de 50 µg/m³ y de 100 µg/m³ para 24 horas; en comparación con los resultados encontrados estos arrojan un promedio anual para este contaminante de 29,71 µg/m³ cifra que se encuentra por debajo del establecido por este ente. Los valores encontrados para periodos de 24 horas reflejan que igualmente no exceden el límite establecido por el artículo 2 de esta resolución, donde el 28 de marzo se destaca por presentar la lectura más alta de 76,6 µg/m³ y el 9 de junio la lectura más baja de 10,54 µg/m³. Es bueno agregar que, si bien los valores promedio calculados para esta variable de contaminación cumplen con lo establecido por la norma nacional, al compararlos con estándares internacionales como los propuestos por la OMS (2005) de 20 µg/m³ anual y 50 µg/m³ para 24 horas, los valores encontrados superan el máximo establecido anual en casi 10 puntos; con relación al cálculo para 24 horas se encontró que 22 días (6%) del periodo analizado supera el parámetro establecido de 50 µg/m³.

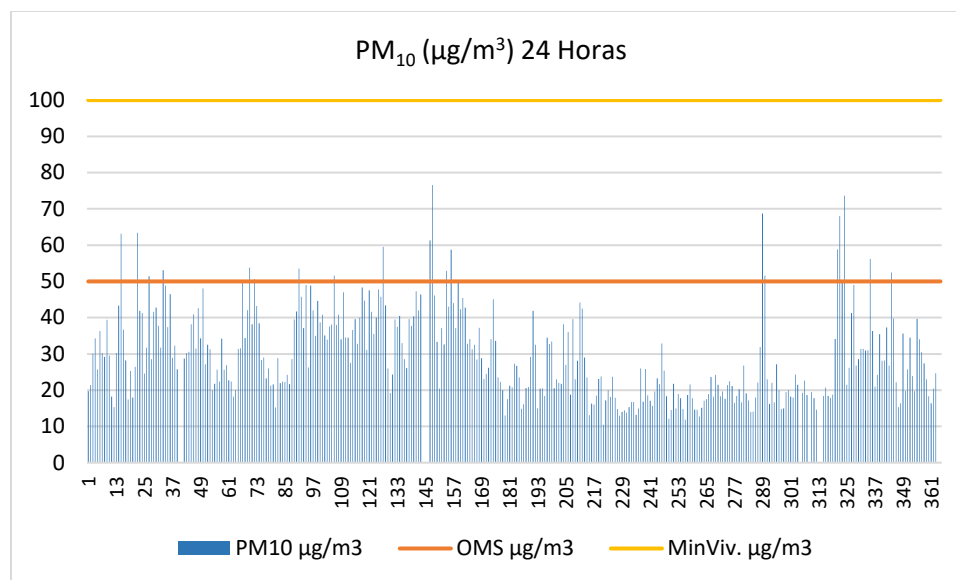


Gráfico 18. Promedio mensual de emisiones de material particulado PM_{10} para periodos de 24 horas, estación Min Ambiente. Fuente: Elaboración propia basada en la información de la RMCAB. (2019)

El material particulado de tipo $PM_{2,5}$, que es considerado el elemento más dañoso tanto para los ciclistas urbanos como para el resto de la población, refleja un comportamiento similar. La resolución 610 de 2010 establece en este sentido como valores máximos permitidos $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ promedio anual, y $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para 24 horas. Los resultados encontrados permiten establecer que para el periodo de doce meses los niveles de este elemento contaminante se encuentran cerca de 11 puntos abajo de los límites determinados por la norma; en este caso nuevamente se observa la misma tendencia creciente desde diciembre hasta marzo, decreciente hasta julio para nuevamente repuntar durante los meses restantes del año, comportamiento ligado al régimen de lluvias. En relación con el periodo de 24 horas se encuentra una variación de los datos encontrados que va desde $1,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el 23 de junio hasta $52,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el 28 de marzo, ambos casos del presente año; este último se convierte en el único día del periodo analizado que supera el límite establecido por la norma nacional.

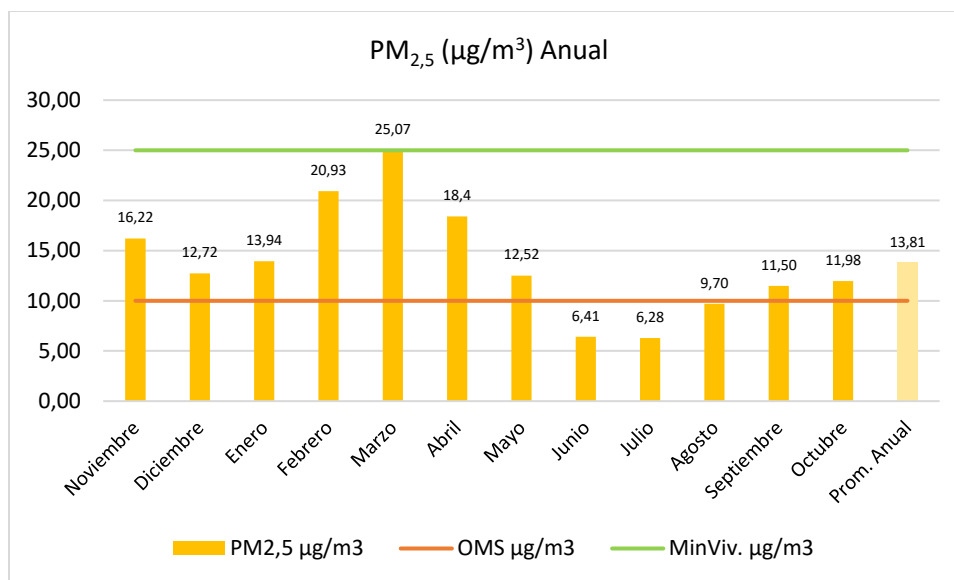


Gráfico 19. Promedio mensual de emisiones de material particulado PM_{2,5} para los últimos 12 meses, estación Min Ambiente. Fuente: Elaboración propia basada en la información de la RMCAB. (2019)

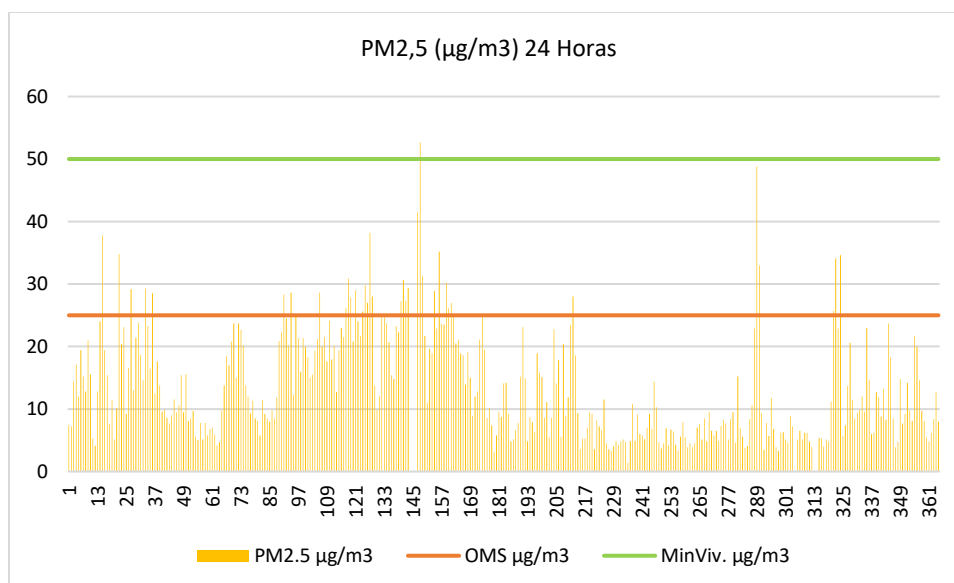


Gráfico 20. Promedio mensual de emisiones de material particulado PM_{2,5} para periodos de 24 horas, estación Min Ambiente. Fuente: Elaboración propia basada en la información de la RMCAB. (2019)

Aunque los valores muestran que se cumple con lo señalado por el Ministerio de Vivienda y Desarrollo Territorial, otro es el panorama al comparar los resultados encontrados con los estándares deseables propuestos por la OMS (2005), en cuyo caso el promedio anual

supera en casi 4 puntos el parámetro de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ determinado por esta organización y un 10 % de los días del año igualmente superan los $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ establecidos para el promedio de 24 horas.

El ozono (O_3), es otro de los contaminantes que alteran negativamente la calidad del aire urbano; su relevancia dentro de este análisis está basada en los argumentos dados por la OMS (2005), según los cuales las afectaciones negativas atribuibles a esta variable se dirigen principalmente a niños activos o adultos sanos que realizan algún tipo de actividad física con regularidad como los ciclistas urbanos, dichos efectos están relacionados principalmente a problemas respiratorios por inflamación de los pulmones (pág. 15).

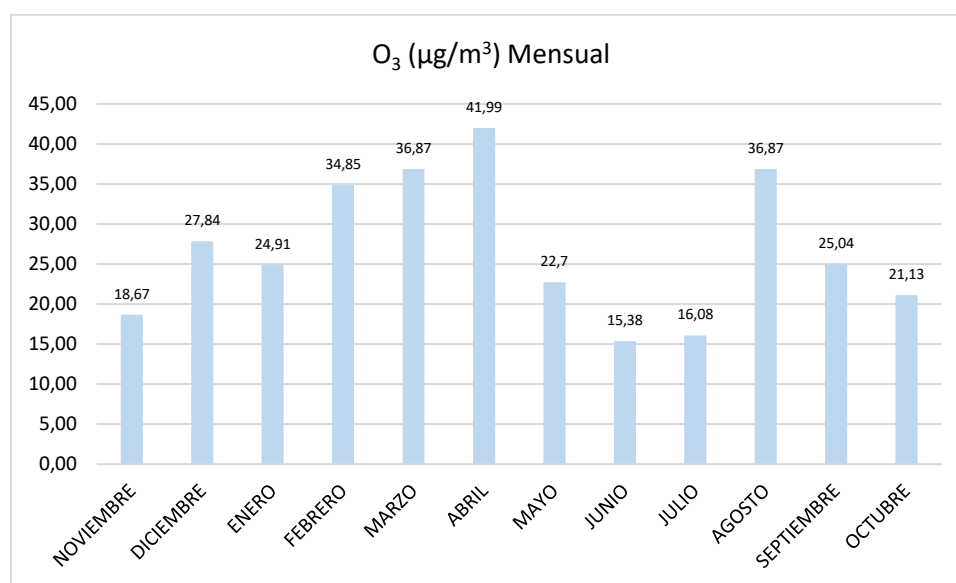


Gráfico 21. Promedio mensual de emisiones de O_3 para los últimos 12 meses, estación Min Ambiente. Fuente: Elaboración propia basada en la información de la RMCAB. (2019)

Los parámetros de evaluación propuestos por la norma nacional establecen $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ como media para un periodo de 8 horas, según el cual se puede observar que el número de episodios que sobrepasan este límite es de 36. El mes de abril se presenta como el periodo del año con mayores valores promedio para periodos de 8 horas, el dato más alto se presenta el día 7 de abril con una lectura a las 4:00 pm de $180,48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y la menor el día 21 de marzo con $0,39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a las 8:00 am; este comportamiento va de la mano con la variación de la temperatura, los

niveles más altos coinciden con periodos de tiempo igualmente con promedios de temperatura altos, este mismo comportamiento se refleja en los análisis diarios en donde las lecturas más bajas se presentan en horas de la madrugada y los más altos después del medio día.

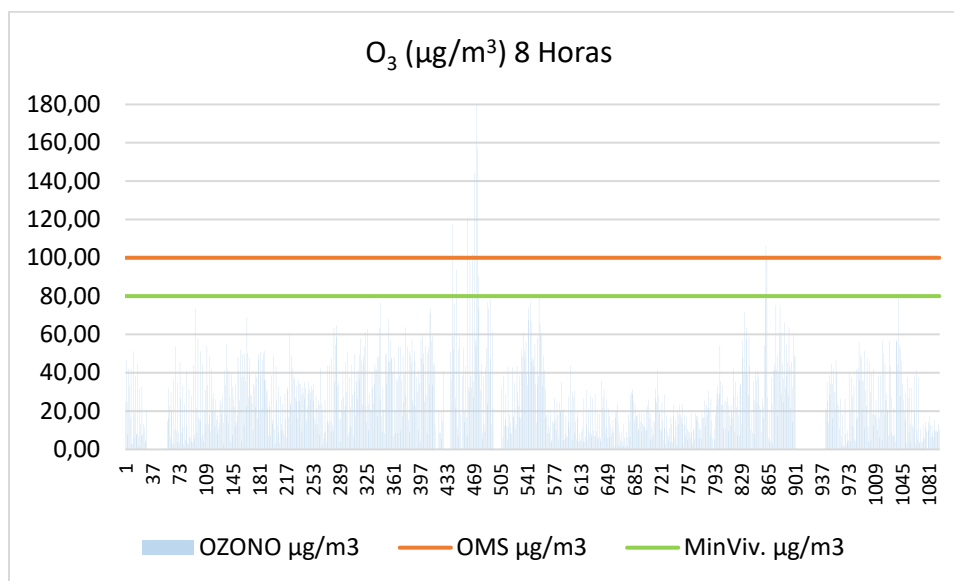


Gráfico 22. Promedio mensual de emisiones de O_3 para los últimos 12 meses, estación Min Ambiente. Fuente: Elaboración propia basada en la información de la RMCAB. (2019)

Como ya se ha mencionado en este documento, desde el diseño las estrategias más eficientes para reducir o mitigar los alcances de la contaminación ambiental son aquellas que se dirigen hacia el fortalecimiento de la estructura verde del sector de interés aumentando tanto la cantidad de árboles como las áreas de suelo permeables cubiertas con prados. La escogencia correcta de especies arbóreas según sean sus rasgos también forma parte de un ejercicio adecuado de diseño, entendiendo que características como el tamaño de las hojas, la densidad del follaje, el tipo de porte o la velocidad con la que crecen, favorecen la fijación de ciertos contaminantes de mejor manera.

2.3.2 Precipitación Anual

Como se menciona en el numeral 2.3.1, históricamente el comportamiento de las lluvias en Bogotá y el resto del país muestran la existencia de dos periodos lluviosos tanto en el primero como en el segundo semestre del año, que abarcan los meses de abril, mayo, octubre y noviembre, conocido como temporada invernal. Esta conducta está estrechamente ligada a factores como el relieve, la humedad relativa, la temperatura, la radiación solar y la presión atmosférica.

El objetivo de este indicador propuesto por el Observatorio Ambiental de Bogotá (OAB) es el conocer la cantidad anual, mensual y diaria de lluvia a partir de los datos recogidos por la estación Min Ambiente, cercana al área de estudio.

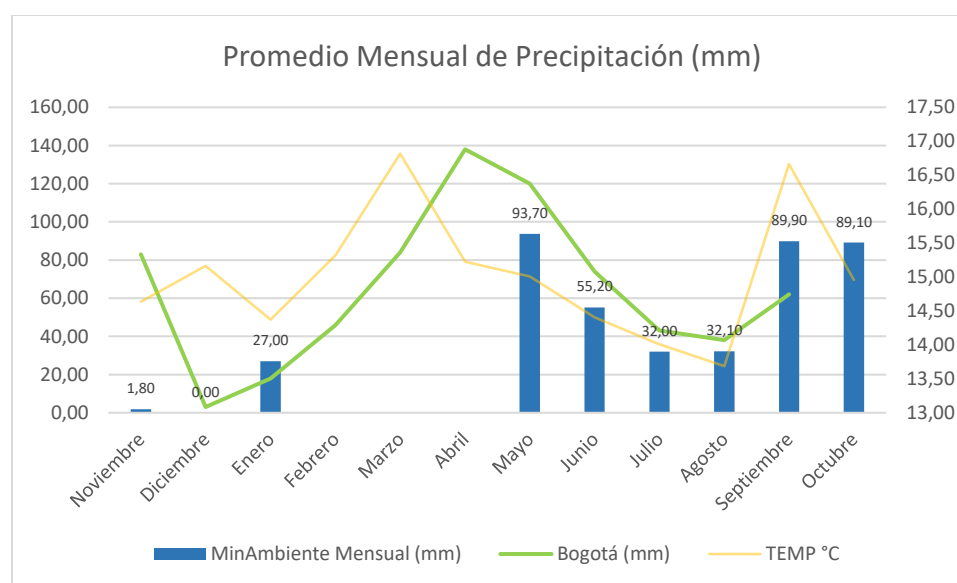


Gráfico 23. Promedio mensual de precipitación para los últimos 12 meses, estación Min Ambiente. Fuente: Elaboración propia basada en la información de la RMCAB. (2019)

El cálculo del promedio mensual permite establecer que dentro de los últimos 12 meses, mayo, septiembre y octubre presentan los valores más elevados de lluvias con 93,70 mm, 89,90 mm y 89,10 mm respectivamente; es bueno aclarar que la estación no reportó datos para el mes de febrero, marzo y abril razón por la cual es difícil establecer el comportamiento de esta

variable respecto a la temperatura durante estas fechas. A escala urbana se refleja que el mes de abril presentó valores más altos que los demás meses de este periodo, hecho que a pesar de la ausencia de datos permite observar una conducta similar con cierta margen de diferencia temporal entre estas desde el mes de mayo hasta el mes de octubre reafirmando el vínculo entre una y otra.

El promedio diario de precipitación permite establecer que los días más lluviosos del periodo fueron el 28 de septiembre y el 23 de octubre del presente año, con 33,4 mm y 30,10 mm respectivamente, es decir que una tercera parte de las lluvias de cada mes se presentaron durante estos días, muestra clara de lo variable que puede ser el clima de la ciudad.

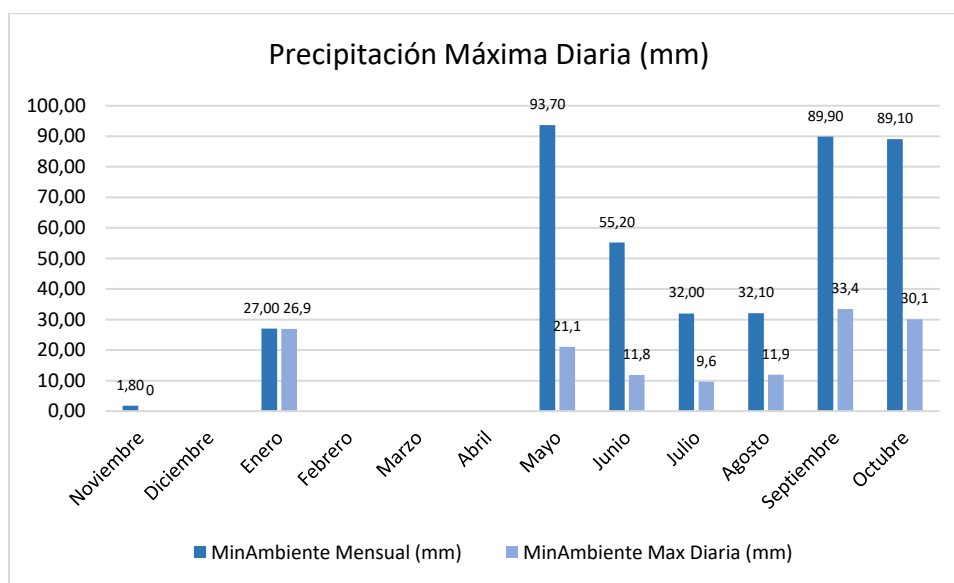


Gráfico 24. Precipitación máxima diaria mensual, estación Min Ambiente. Fuente: Elaboración propia basada en la información de la RMCAB. (2019)

El acumulado de 420,80 mm de lluvia anual calculado para este punto de medición sumado a la clasificación propuesta por la RMCAB, encasillan este sector dentro de un área de lluvias escasas, “menos de 200 son insuficientes, entre 200 y 500 son escasas, entre 500 y 1000 son suficientes, entre 1000 y 2000 son abundantes y más de 2000 son excesivas” (Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá, s.f.). Aunque esto parece ilógico, toma validez en

función de la influencia del fenómeno del niño que, aunque levemente ha venido afectando al país durante el último año, esto genera la modificación del régimen de lluvias reflejado en su descenso; el análisis multianual plasma una leve tendencia al descenso desde el año 2010.

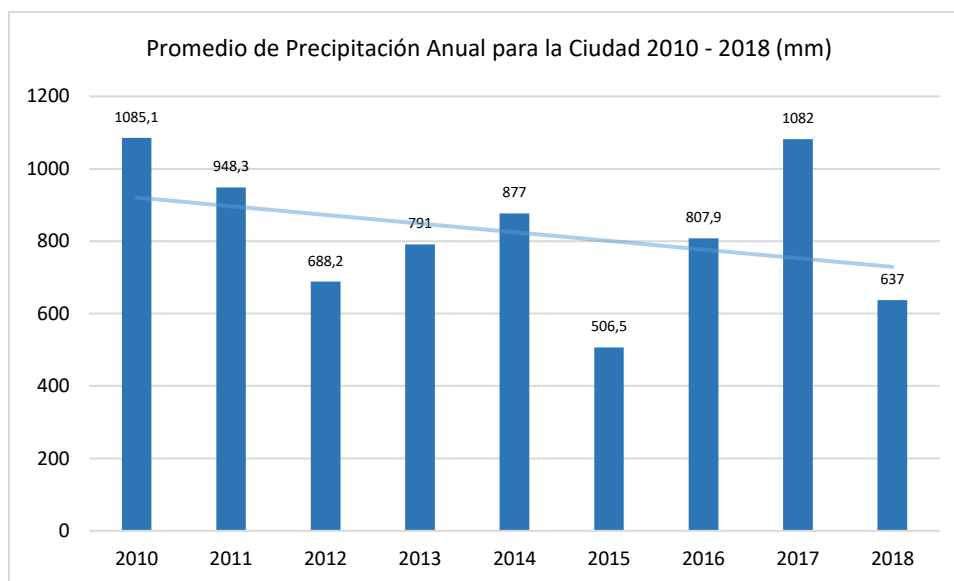


Gráfico 25. Promedio anual de precipitación para Bogotá D.C. Fuente: OAB, edición propia. (2019)

El sitio de estudio está ubicada en la zona baja de los cerros orientales de la ciudad, esto la ubica dentro de uno de los sectores que pueden llegar a tener mayores niveles de lluvia por efecto de la orografía, el volumen alto de arborización, o la escorrentía proveniente de las partes altas. Las afectaciones producidas por las lluvias sobre los bici-usuarios se relacionan con el manejo del agua en el espacio público como componente relevante que relaciona la precipitación con el diseño desde la prevención. Luego de verificación en campo a diferentes horas del día se logra determinar que existen algunos tramos dentro del recorrido de la cicloruta (objeto de estudio) sobre los cuales se producen estancamientos de agua producidos por tres razones principales (sistema de desagüe, materialidad del suelo y deficiente pendiente del suelo).

La ausencia de un sistema de desagüe adecuado responde al hecho de que tradicionalmente por exigencias del terreno o por el diseño de la red de alcantarillado, en algunos

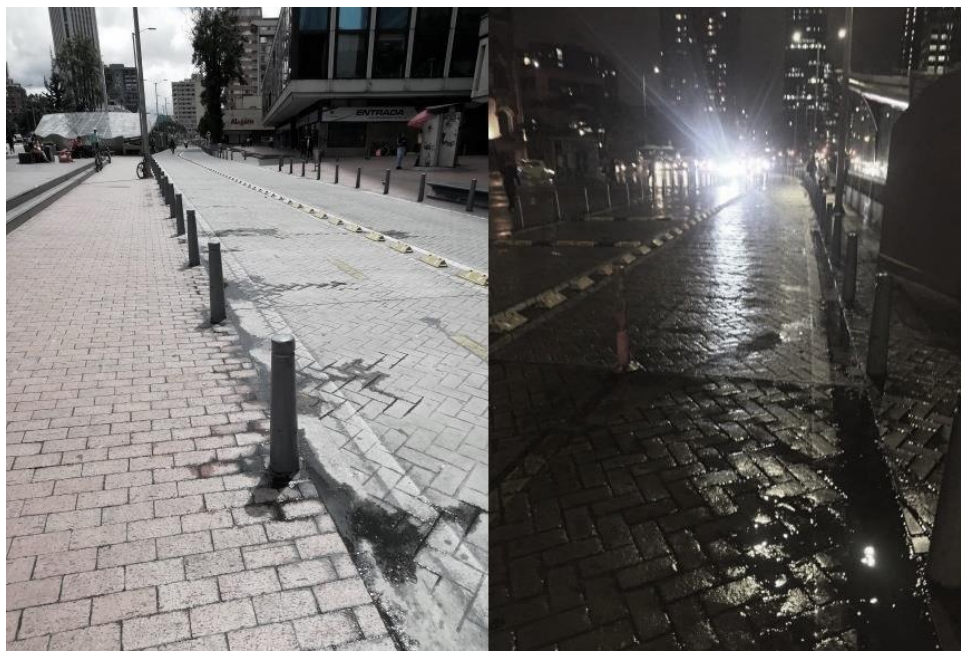
sectores de la ciudad se localizan sumideros de aguas lluvias a un solo costado de la calle normalmente el externo, es decir el que da sobre la banqueta principal de la senda (para el caso de las vías con varias calzadas) algo que sucede en este caso; se observa que no existe un sistema de drenaje con influencia directa sobre la totalidad del recorrido de la cicloruta, hecho que facilita el estancamiento del agua sobre la misma.



Gráfico 26. Ausencia de drenajes de aguas lluvia sobre la totalidad del recorrido de la cicloruta. Fuente: Toma propia. (2019)

La materialidad del suelo es otro factor que favorece el estancamiento del agua sobre el recorrido de la cicloruta y el espacio público vinculado a esta. El índice de permeabilidad del suelo calculado en el numeral 2.3.3.4 establece un valor demasiado bajo para este parámetro, a partir del cual se puede afirmar que el área de referencia corresponde a un sector endurecido prácticamente en su totalidad impidiendo la filtración del agua al terreno, favoreciendo el aumento de volúmenes y corrientes del fluido en la superficie; adicionalmente el formato de los materiales (adoquín) en algunos sectores del recorrido generan un patrón acanalado por la unión entre cada elemento que no favorece la evacuación del agua. La utilización de otro tipo de materiales puede ofrecer niveles de adherencia similares a los propuestos por una superficie

adoquinada, brindando una franja continua que permita evacuar el agua con mayor eficiencia eliminando, otro tipo de molestias asociadas al ciclismo urbano como la molestia por vibraciones en el tránsito relacionadas con este material.



*Gráfico 27. Estancamiento de aguas lluvia por materialidad de la cicloruta.
Fuente: Toma propia. (2019)*

La pendiente de la superficie es el tercer factor que favorece el apozamiento de agua sobre de la cicloruta luego de la lluvia, hecho generado por una deficiente ejecución de la obra civil. En este caso se observa que, aunque la red de sumideros de aguas lluvia están ubicadas sobre el costado externo de la calzada, gran parte del recorrido presenta inclinación hacia el interior de la vía zona en la cual no existe ningún punto de drenaje.

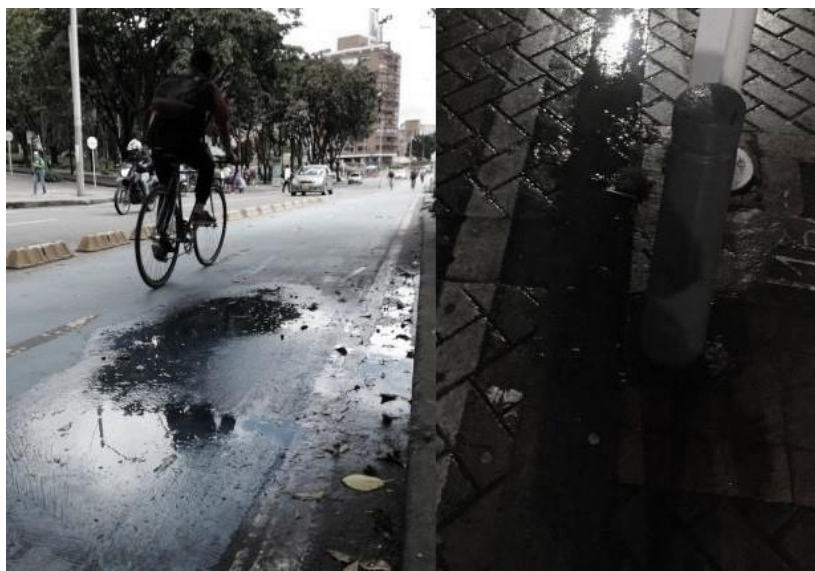


Gráfico 28. Apozamiento de aguas lluvia por mal pendientado de la cicloruta. Fuente: Toma propia. (2019)

Es bueno recordar que obligar a los ciclistas urbanos a transitar sobre superficies húmedas o con aguas estancadas además de la incomodidad, promueve el aumento en la accidentalidad por deslizamiento producto del frenado o al realizar maniobras invasivas para esquivar charcos presentes en el recorrido, esto particularmente se puede presentar en el tramo 1 de la cicloruta, es decir desde la CI 26 B hasta la CI 27 eje caracterizado por presentar un acabado en pintura de tráfico altamente resbalosa en condiciones de humedad. Igualmente, el agua estancada puede producir en los bici-usuarios irritaciones en la piel o infecciones en el sistema digestivo por efecto de las salpicaduras provenientes de vehículos automotores, por otras bicicletas o por las bicicletas propias cuando estas no cuentan con protecciones adecuadas (Guardabarros). En función de lo anterior y buscando promover la utilización de medios de transporte alternativos como la bicicleta, es imprescindible direccionar cada estrategia de diseño hacia el mejoramiento de las condiciones de tránsito para los usuarios de bicicletas incorporando materiales que favorezcan la permeabilidad del del suelo o incorporando técnicas constructivas que favorezcan el drenaje de las superficies de manera eficiente.

2.3.3 Suelo

Dentro de la variable suelo, se pretende evaluar la calidad del entorno físico desde su uso en función de los siguientes indicadores.

2.3.3.1 Espacio Público Total

El espacio público total se refiere a la “sumatoria de los diferentes elementos que hacen parte del espacio público efectivo (parques, plazas, plazoletas y zonas verdes) y el espacio público no efectivo (sistema vial y Estructura Ecológica Principal)” (Departamento Administrativo de la Defensoría del Espacio Público - DADEP, 2017, pág. 15).

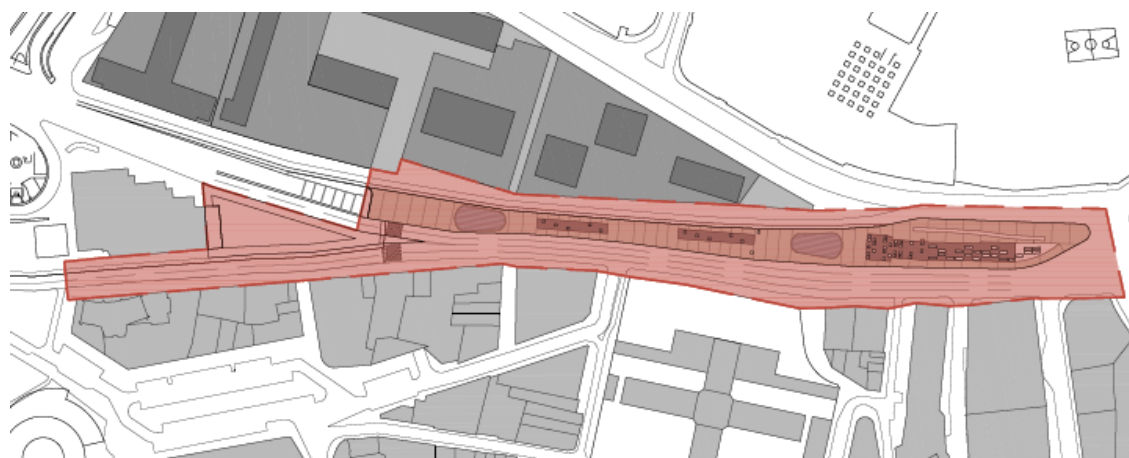


Gráfico 29. Espacio público total asociado a la zona de estudio. Fuente: Elaboración propia. (2019)

Dentro de la evaluación del caso de estudio, en función con la definición dada por el DADEP, se encontró que el espacio público total asociado al eje de la cicloruta objeto de análisis tiene un área aproximada de 27000 m² (Gráfico 17). Adicionalmente se estableció un polígono de influencia poblacional al cual se adosaron las zonas residenciales próximas al mismo, con el fin de calcular la población fija de la zona. Con ayuda de la herramienta estadística del geportal del Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE, se establece una población aproximada de 936 personas para el polígono de referencia.

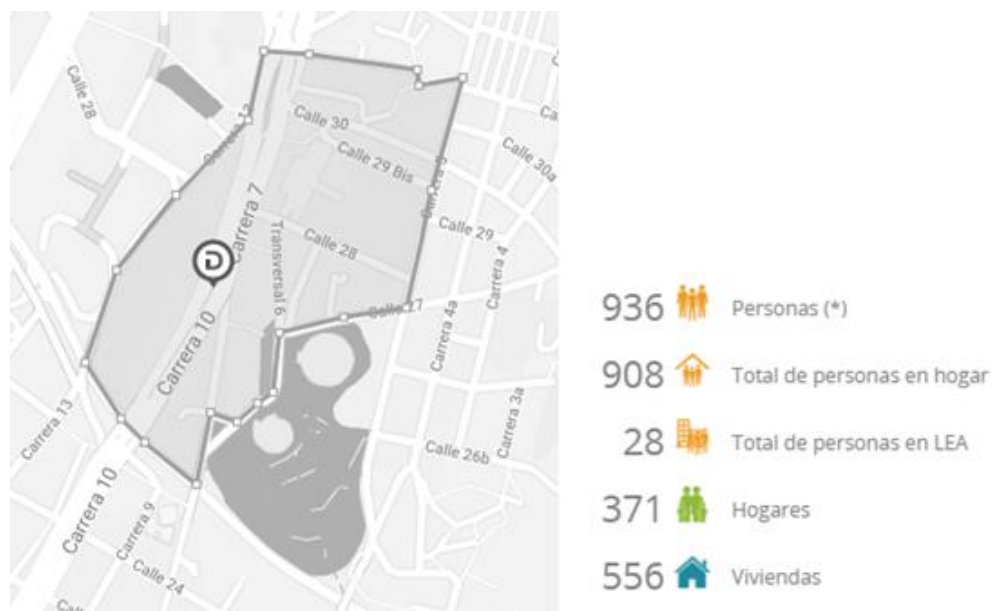


Gráfico 30. Delimitación del área de influencia poblacional para el eje de estudio. Fuente: <https://geoportal.dane.gov.co>. (2019)

Lo anterior permite establecer un valor aproximado de 28.84 m² de espacio público por habitante, cifra que se acerca al valor calculado por el DADEP para la localidad de Santa Fe con 27.33 m² por, localidad dentro de la cual está ubicada el área de referencia.

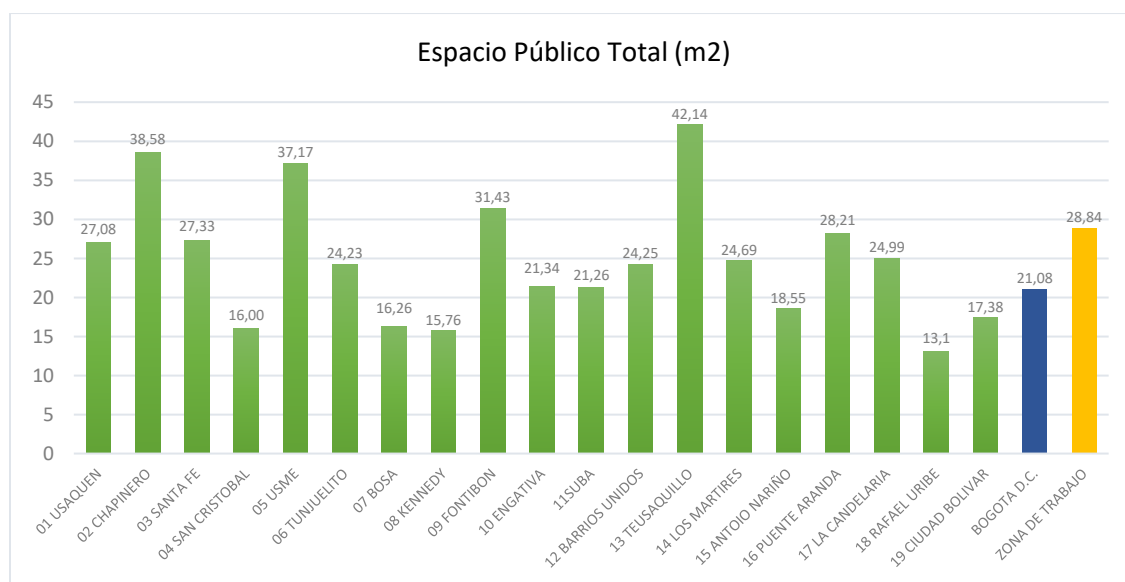


Gráfico 31. Espacio público total (m²/hab). Fuente: DADEP (2017), edición propia. (2019)

De acuerdo con los resultados calculados como parte del proceso de seguimiento de indicadores de espacio público adelantado por el DADEP (2017), la media de espacio público

total para la ciudad de Bogotá D.C es de 21,08 m² por habitante, esto teniendo en cuenta los valores estimados para cada una de las 19 localidades. Estos datos ubican apenas sobre el promedio global el valor calculado para la zona de estudio, siendo este ítem la materia prima para el adelanto de proyectos de diseño urbano de este tipo, enfocados en la construcción de alternativas que mejoren la movilidad urbana mediante la promoción de modelos alternativos de transporte como la red urbana de ciclorutas o redes peatonales.

2.3.3.2 Espacio Público Verde

Este indicador representa un elemento más universal de análisis vinculado al espacio público, con la intención de “dar cuenta de las zonas verdes con las que cuenta la ciudad de Bogotá. El indicador nace a partir de las recomendaciones que brinda la Organización Mundial para la Salud (OMS) de 10 m²/hab” (Departamento Administrativo de la Defensoría del Espacio Público - DADEP, 2017, pág. 18). Para su cálculo se tienen en cuenta zonas verdes, estructura ecológica principal y parques en general, vinculadas al recorrido de la cicloruta objeto de análisis.

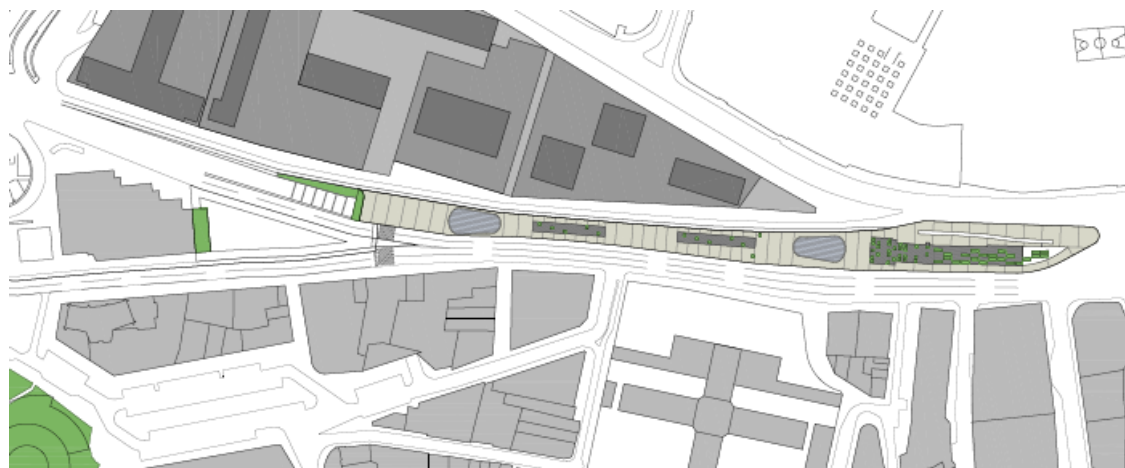


Gráfico 32. Espacio público verde asociado a la zona de estudio. Fuente: Elaboración propia. (2019)

Tomando estrictamente las zonas verdes vinculadas al eje de cicloruta objeto de estudio, se calcula un área de 486.72 m² de áreas verdes destinadas a la permanencia y al encuentro, que

para una población de 936 personas establece una relación de 0.52 m²/hab, valor muy bajo con relación a los estándares establecidos por la OMS, cuyos parámetros establecen un valor mínimo de 10 m²/hab y un valor recomendado de 15 m²/hab (Gráfico 21). Vale la pena agregar que este cálculo se realizó sin tener en cuenta el Parque de la Independencia con un área de 26350 m² aproximadamente, en cuyo caso la cifra subiría drásticamente a 28.67 m²/hab.

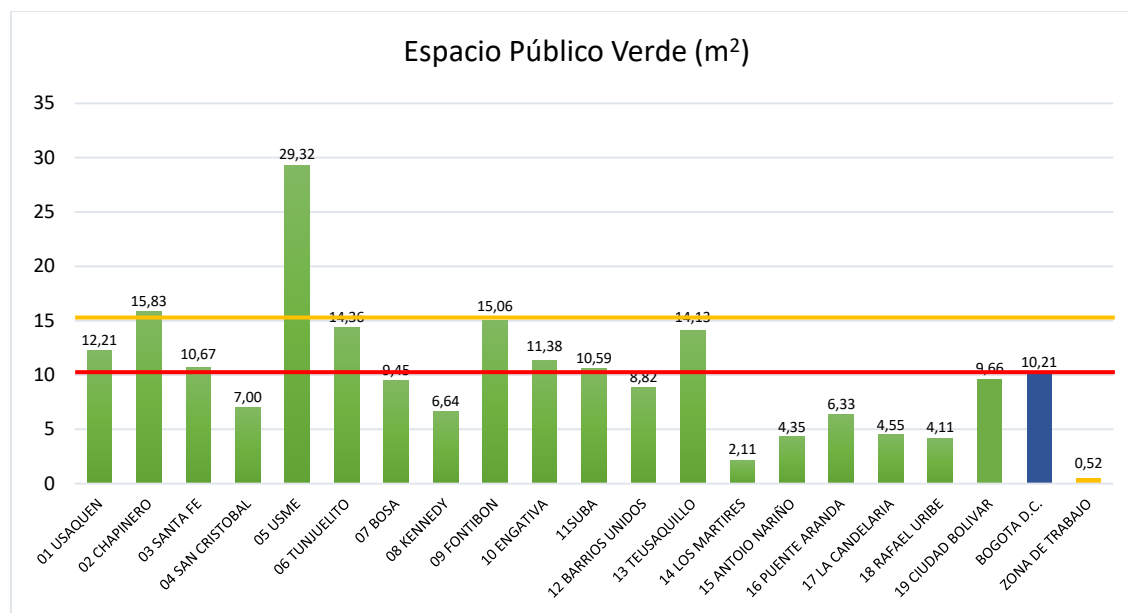


Gráfico 33. Espacio público verde (m²/hab). Fuente: DADEP (2017), edición propia. (2019)

Los beneficios generados por la presencia de zonas verdes al interior de ambientes urbanos son múltiples y afectan positiva o negativamente a la totalidad de la población, de la cual hacen parte los ciclistas urbanos.

Al respecto Salvador Rueda (2013), agrega que:

Los espacios verdes son considerados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como espacios "imprescindibles" por los beneficios que reportan en el bienestar físico y emocional de las personas y por contribuir a mitigar el deterioro urbanístico de la ciudad, haciéndola más habitable y saludable. (pág. 43)



Gráfico 34. Espacio verde existente (Kr 7 con Cl 30). Fuente: Toma propia. (2019)

Esto permite afirmar que este tipo de espacios ayuda en la construcción de ciudades más saludables, cuyos beneficios se transmite directamente a todas las personas que la habitan incluido el creciente grupo de ciclistas urbanos, teniendo en cuenta que su esfuerzo puede provocar con mayor rapidez afectaciones a la salud al involucrar el consumo de mayores niveles de oxígeno y energía. Es por esto que promover la inclusión de mayores porcentajes de zonas verdes dentro de las propuestas urbanas resulta de gran ayuda para el mejoramiento de la calidad de vida tanto de los bici-usuarios, como del resto de residentes.

2.3.3.3 Espacio Público Efectivo

El Departamento Nacional de Planeación – DNP define este indicador como aquel que “(...) corresponde al espacio público de carácter permanente, conformado por *zonas verdes, parques, plazas y plazoletas*” (Departamento Nacional de Planeación - DNP, 2012, pág. 7). Al igual que las zonas verdes, el espacio público efectivo toma gran importancia dentro de la ciudad humanizándola desde su vocación como lugar de encuentro social entre los diferentes grupos

sociales, asociaciones culturales y colectivos de ciclistas urbanos entre otros. A partir del trabajo de campo realizado como parte del desarrollo de este trabajo, se encontró que el espacio público efectivo vinculado al eje de cicloruta objeto de estudio, no es ajeno a esta finalidad.



Gráfico 35. Uso del EPE en el área de trabajo. Fuente: Toma propia. (2019)

Estas áreas presentan una gran afluencia de público debido a la importancia del sector reflejando un elevado nivel de apropiación por parte de los ciclistas. A simple vista puede decirse que la condición de los acabados y el mantenimiento de los espacios es bueno, muestra pequeños síntomas de desgaste que en comparación con otros sectores de la ciudad no son significativos, tal vez en virtud a que este punto de la capital fue intervenido hace poco tiempo como parte del proceso de construcción de infraestructura para la implementación del sistema de transporte masivo Transmilenio sobre la Ak 10.

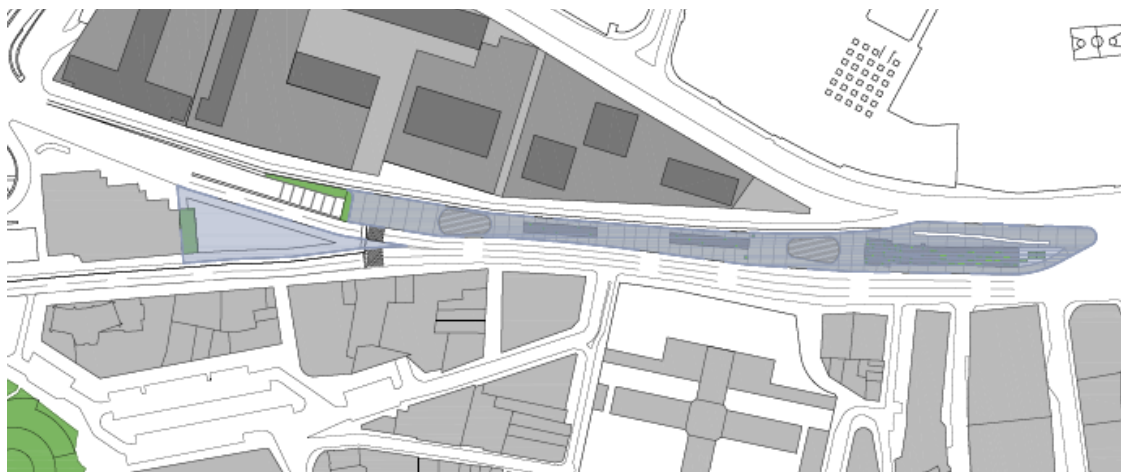


Gráfico 36. Espacio público efectivo asociado a la zona de estudio. Fuente: Elaboración propia. (2019)

La zona de trabajo, dentro de los límites establecidos, cuenta con un área aproximada de espacio público efectivo de 9086,88 m², de los cuales 8600.16 m² corresponden a plazoletas y 486,72 m² a espacio público verde, generando una relación de 9,70 m²/hab, por debajo de los estándares propuestos por entidades como el DNP quienes recomiendan un mínimo de 15 m²/hab, hecho ratificado por el decreto 1077 de 2015.

ARTICULO 2.2.3.2.7 Índice mínimo de espacio público efectivo. Se considera como índice mínimo de espacio público efectivo, para ser obtenido por las áreas urbanas de los municipios y distritos dentro de las metas y programa de largo plazo establecidos por el Plan de Ordenamiento Territorial, un mínimo de quince (15m²) metros cuadrados y por habitante, para ser alcanzado durante la vigencia del plan respectivo. (Ministerio de Vienda, Ciudad y Territorio, 2015, pág. 347)

Dentro del perímetro urbano, comparado con otros sectores de la ciudad se encuentra lo siguiente.

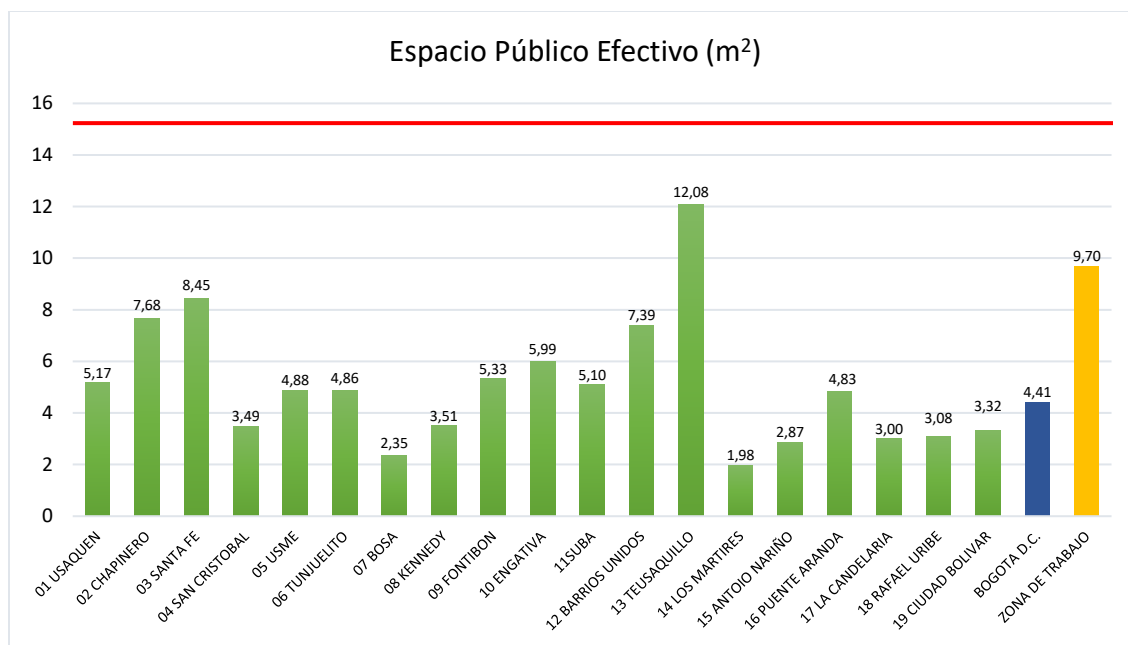


Gráfico 37. Espacio público efectivo (m²/hab). Fuente: DADEP (2017), edición propia. (2019)

Los índices de espacio público efectivo que presentan todas las localidades de la ciudad son inferiores a los señalados por el Ministerio de Vivienda, esto contribuye negativamente en los niveles de calidad de vida de las personas que habitan la ciudad. En relación con la bicicleta y su utilización a nivel urbano, los bajos porcentajes de espacio público efectivo limitan la proyección de redes de apoyo a los ciclistas, entendiendo estas como la suma de espacios de descanso, protección y servicios, necesarios en la promoción de este tipo de transporte alternativo.

2.3.3.4 Permeabilidad del Suelo

Para este caso se define como área de trabajo el espacio público total vinculado de forma directa al eje de estudio, a partir de la cual recurriendo a la metodología sugerida por Salvador Rueda (2010) para la valoración de este indicador, se procede a realizar una clasificación del suelo según su factor de permeabilidad (pág. 63).

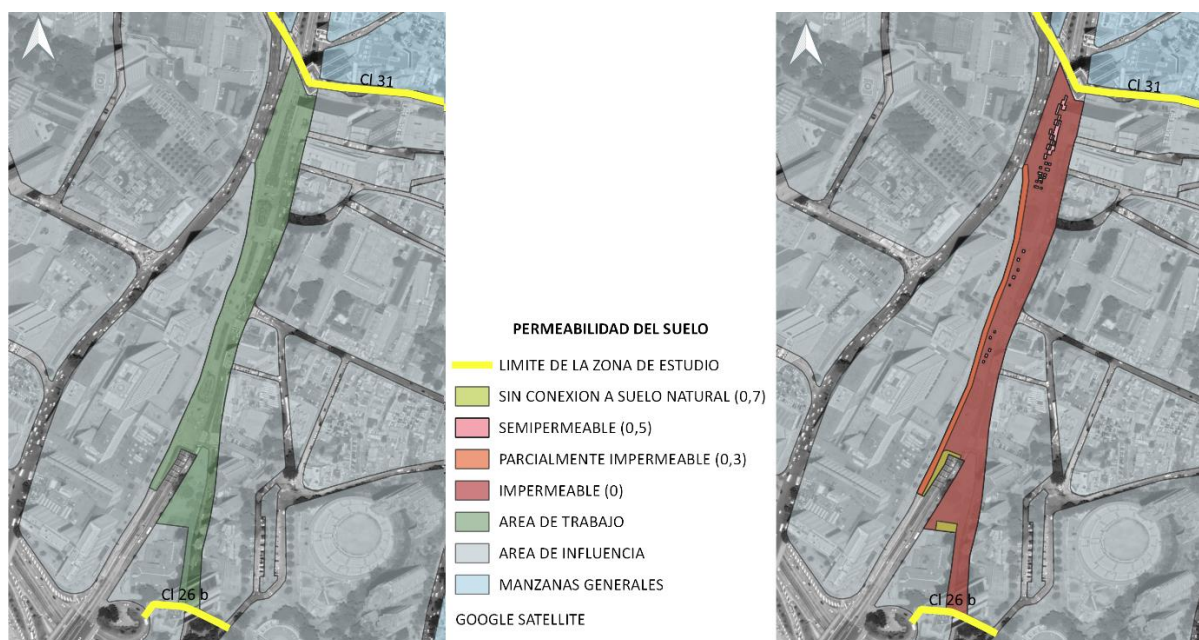


Gráfico 38. Clasificación del suelo según su factor de permeabilidad. Fuente: Elaboración propia, herramienta QGIS. (2019)

La sumatoria de los porcentajes parciales por superficie arroja un valor equivalente al 0.08 (8%) del área total de evaluación, esta cifra se encuentra muy por debajo del porcentaje mínimo sugerido del 30% (deseable 35%), algo lógico teniendo en cuenta que la superficie de evaluación establecida se relaciona estrechamente con la malla de la red vial urbana del sector.

CLASIFICACIÓN DEL SUELO SEGÚN SU FACTOR DE PERMEABILIDAD				
TIPO	AREA (m2)	FACTOR DE PERMEABILIDAD	INDICE DE PERMEABILIDAD	MATERIALIDAD
superficies impermeables	16214,305	0	0	Corresponden a la calzada vehicular de la Ak 7, franja de cicloruta de los tramos 1 y 2, áreas de andén en concreto y adoquín.
superficies impermeabilizadas parcialmente	3525,545	0,3	0,05	Corresponden a la calzada vehicular de la Cr 10 sentido norte - sur y a la franja de cicloruta sobre la misma en adoquín de concreto.
espacios verdes sin conexión con suelo natural	422,04	0,5	0,01	Corresponden a jardineras sobre el tramo subterráneo de la calzada exclusiva de sistema de transporte Transmilenio sin conexión a suelo natural.
espacios verdes sin conexión con suelo natural	503,83	0,7	0,02	Corresponden a zonas verdes sobre el espacio público con profundidad mayor a 0,80 m sin conexión a suelo natural.
TOTAL	20665,72		0,08	

Tabla 11. Clasificación del suelo según su factor de permeabilidad. Fuente: Elaboración propia basado en el trabajo de Salvador Rueda, 2008. (2019)

Teniendo en cuenta que la permeabilidad del suelo urbano tiene efectos sobre los procesos biológicos, el clima, las inundaciones y la seguridad de todos los actores viales, es importante desde el diseño, promover estrategias que propongan espacios de circulación permeables para los ciclistas mejorando sus condiciones de seguridad al disminuir los riesgos de accidente por deslizamiento, especialmente sobre el tramo 1, debido a que actualmente la franja de rodamiento de la cicloruta es una superficie completamente impermeable terminada en pintura de tráfico que en condiciones de humedad es bastante resbaladiza; esto sumado a un mal sistema de drenaje genera adicionalmente apozamiento de agua. Por esta razón se debería replantear el cubrimiento del suelo del eje de estudio y del espacio público adosado a este, con el fin de mejorar los porcentajes de permeabilidad encontrados actualmente, los cuales se alejan demasiado de los rangos deseables.

2.3.4 Árboles por Hectárea

Este indicador describe la correspondencia entre el número de árboles existentes y al área de espacio público vinculado al eje de estudio dentro de los límites establecidos. Luego de realizar levantamiento en sitio se encontró la siguiente información relacionada con las cantidades y características de las especies.

CANTIDAD DE ARBOLES POR ESPECIE									
ESPECIE	NUM	CARACTERISTICAS							
		Nativo	Porte	Altura (m)	Copa		Raíz	Follaje	Funciones
Amplitud (m)	Altura (m)								
Caucho Sabanero	24	Si	Alto	15-20	12	7	Superficial	Denso	Alimento y hábitat para avifauna e insectos. Resistente a heladas, contaminación, vientos, sequía Barrera física y visual, contra ruido, vientos Captación de partículas en suspensión Captación de CO2 Regulador climático y de temperatura Aporte cultural y simbólico Aporte al bienestar psicológico Aporte estético Valorización de la propiedad y del espacio público Recreación
Jazmín del Cabo	3	No	Medio	8-10	8		Profunda	Denso	Captación de partículas en suspensión Captación de CO2

									Regulador climático y de temperatura Provisión de nicho y hábitat Aporte al bienestar psicológico Aporte estético Recreación
Liquidámbur	5	No	Medio	15	8	8	Media	Denso	Provisión de nicho y hábitat Aporte al bienestar psicológico Aporte estético
Roble	1	Si	Alto	2-15	15-20	10	Superficial	Denso	Barrera física y visual, contra ruido, vientos Captación de partículas en suspensión Captación de CO2 Regulador climático y de temperatura Provisión de nicho y hábitat Productividad Aporte cultural y simbólico Aporte al bienestar psicológico Aporte estético Valorización de la propiedad y del espacio público Recreación
Guayacán de Manizales	2	Si	Alto	10-12	8	7	Profunda	Denso	Regulador climático y de temperatura Provisión de nicho y hábitat Aporte cultural y simbólico Aporte al bienestar psicológico Aporte estético Valorización de la propiedad y del espacio público
Urapán	5	No	Alto	20	10		Superficial y profunda	Denso	Captación de partículas en suspensión Captación de CO2 Regulador climático y de temperatura Aporte cultural y simbólico Aporte al bienestar psicológico Aporte estético
Sangregao	6	Si	Alto	20	14	7	Superficial	Denso	Barrera física y visual, contra ruido, vientos Captación de partículas en suspensión Captación de CO2 Regulador climático y de temperatura Provisión de nicho y hábitat Aporte cultural y simbólico Aporte al bienestar psicológico Aporte estético
Eucalipto Pomarroso	4	No	Medio	7-12	8	3-6	Superficial	Denso	Productividad Aporte al bienestar psicológico Aporte estético
Cedro	3	Si	Alto	25	10	6	Superficial a media	Media	Regulador climático y de temperatura Productividad Aporte cultural y simbólico Aporte al bienestar psicológico Aporte estético Valorización de la propiedad y del espacio público
Pino	2	No	Alto	25	12		Superficial	Denso	Barrera física y visual, contra ruido, vientos Captación de partículas en suspensión Captación de CO2 Productividad
Caucho Lira	1	Si	Alto	10-15	8-10	7	Superficial	Denso	Barrera física y visual, contra ruido, vientos Captación de partículas en suspensión Captación de CO2 Regulador climático y de temperatura Provisión de nicho y hábitat Aporte cultural y simbólico Aporte al bienestar psicológico Aporte estético Valorización de la propiedad y del espacio público Recreación
Palma de Cera	4	Si	Alto	30 - 40	6	4	Superficial	Medio	Provisión de nicho y hábitat Aporte cultural y simbólico Aporte al bienestar psicológico Aporte estético Valorización de la propiedad y del espacio público
Sietecueros	1	Si	Medio	8 - 10	6 - 8	5	Profunda	Denso	Aporte cultural y simbólico Aporte al bienestar psicológico Aporte estético Valorización de la propiedad y del espacio público

Pino Colombiano	6	Si	Alto	10 - 15	6 - 10	7	Profunda	Denso	Regulador climático y de temperatura Aporte cultural y simbólico Aporte al bienestar psicológico Aporte estético Valorización de la propiedad y del espacio público
TOTAL	67								

Tabla 12. Caracterización de árboles por tipo. Fuente: Elaboración propia basada en el trabajo de la Arq. Diana Wiesner (<http://dianawiesner.com/>) y del Jardín Botánico de Bogotá. (2019)

Teniendo en cuenta que el área de espacio público determinada para este análisis es de 28485,6 m² (2,85 ha), la relación total de árboles por hectárea es de 23,51 arb/ha para el caso de estudio. El 49,2% de los árboles se localizan al extremo sur del recorrido, sobre el espacio público vinculado al tramo 1 del eje, entre la CI 26 B y la CI 27. Los tramos 2 y 3 recogen el restante 50,8% de los individuos encontrados en sitio en una distribución dispersa y poco favorable teniendo en cuenta que, aunque es un porcentaje ligeramente mayor, el recorrido en longitud se encuentra un poco por encima del doble de la longitud del tramo 1.



Gráfico 39. Localización de árboles por especie. Fuente: Elaboración propia basada en trabajo de campo e información del Jardín Botánico de Bogotá (SIGAU), herramienta QGIS. (2019)

Aunque no se encontró un parámetro deseable propuesto para la evaluación de este indicador, al comparar el resultado con los encontrados por localidad en la evaluación hecha por el Departamento Administrativo de la Defensoría del Espacio Público (2017), se puede afirmar que a nivel local esta cifra es demasiado baja en relación al resto de la localidad de Santa Fe (88.9 arb/ha) de la cual hace parte este sector, en parte por la presencia de grandes agrupaciones de árboles como las encontradas en el Parque Nacional, Parque de la Independencia y la influencia de cierta franja de los Cerros Orientales incluida dentro del perímetro urbano. Dentro de la escala urbana el valor encontrado se encuentra casi 10 puntos por debajo del promedio urbano (32,82 arb/ha), algo preocupante teniendo en cuenta que la ciudad apenas cumple con la mitad de los árboles necesarios para generar un ambiente agradable sugeridos por la OMS de 1 árbol por cada 3 personas.

En consecuencia es importante dirigir los esfuerzos en fortalecer el arbolado aumentando el número de individuos sobre el espacio público inmediato al eje de la cicloruta entre la Cl 27 y la Cl 31, con el objetivo de brindar a los ciclistas un ambiente más cómodo que mejore sus condiciones en el tránsito, teniendo en cuenta la influencia que este aspecto ejerce sobre la reducción de la temperatura por la creación de microclimas, el mejoramiento en las condiciones de calidad del aire y del confort acústico, los beneficios a la salud combatiendo el estrés y el sedentarismo, promoviendo la recreación y el uso de medios de transporte alternativo de tracción humana.

2.3.5 Promedio de Temperatura Media

La temperatura es una variable climática cuyo comportamiento refleja ciertos patrones durante diferentes épocas del año de la misma manera que sucede con el régimen de lluvias, los vientos o la radiación solar, evidenciando la fuerte interrelación existente entre estas como factores

determinadores del clima. Su evaluación es importante teniendo en cuenta las afectaciones que puede generar sobre los ciclistas urbanos relacionadas con el esfuerzo físico, los riesgos a la salud o simplemente la comodidad en el tránsito.

La evaluación de este indicador se realizó con base a los valores medios anuales, mensuales y diarios suministrados por la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB) para todas las estaciones de medición, a partir de los cuales por medio del proceso de interpolación IDW se construye una base de datos aproximada para el punto de interés, esto debido a que no existe una estación de monitoreo de esta variable cercana a este sitio.

A escala urbana, el análisis muestra una línea de tendencia ascendente para los últimos 8 años con una amplitud de $2,4^{\circ}\text{C}$ que van desde los $12,7^{\circ}\text{C}$ para el año 2010 hasta los $15,1^{\circ}\text{C}$ para el año 2016. En este sentido las proyecciones hechas por el IDEAM con relación a los alcances del cambio climático sobre la temperatura de la ciudad hablan de un aumento de esta variable de 1°C para la década actual y de casi 4°C para este siglo.

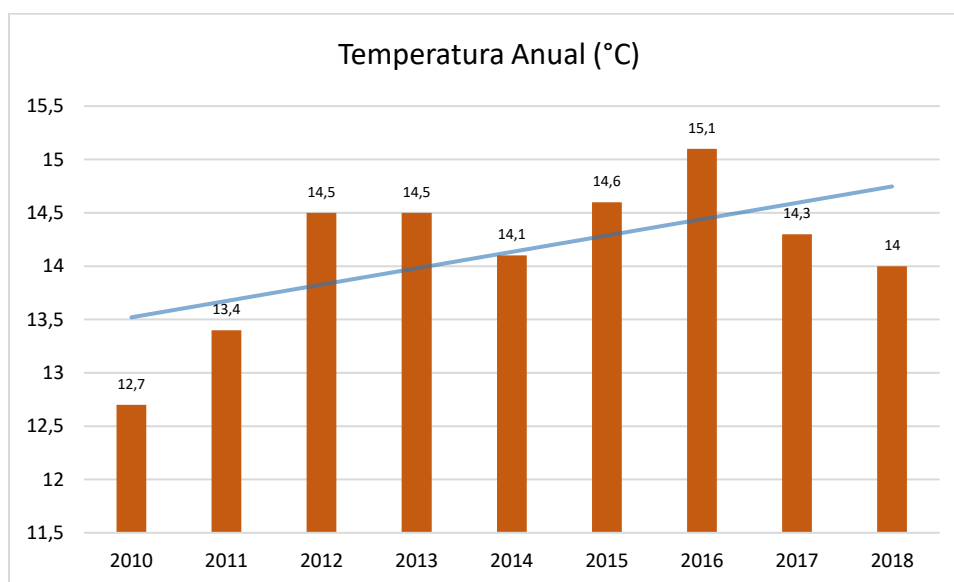


Tabla 13. Promedio anual de temperatura para la ciudad (2010 – 2018). Fuente. Elaboración propia. (2019)

Temperatura Media: Bajo escenarios de cambio climático de IPCC, esta variable meteorológica continuaría presentando un incremento en su temperatura media con efecto casi igual para todo Bogotá. Tal incremento alcanzaría valores por encima entre 3°C y 4°C en algunas localidades como Suba, Engativá, Kennedy y Bosa para finales del siglo XXI (...). (IDEAM, 2012, pág. 16)

El comportamiento de la temperatura para los últimos 12 meses permite establecer un promedio de 15,02°C, siendo agosto el mes más frío con 13,69°C y marzo el mes más cálido con 16,82°C, actuación fácilmente predecible ya que responde a una conducta histórica de esta variable. Normalmente en los meses que presentan algún porcentaje de lluvia, las temperaturas medias tienden a ser un poco más elevadas que durante los meses menos lluviosos, esto se debe a que la nubosidad absorbe la radiación reflectante del sol aumentando de esta manera la temperatura del aire; en los meses con menor nubosidad no sucede esto, estos presentan temperaturas elevadas durante el día y muy bajas durante la noche, en este caso nuevamente se observa similitud en el comportamiento del régimen de lluvias y la temperatura durante el año.

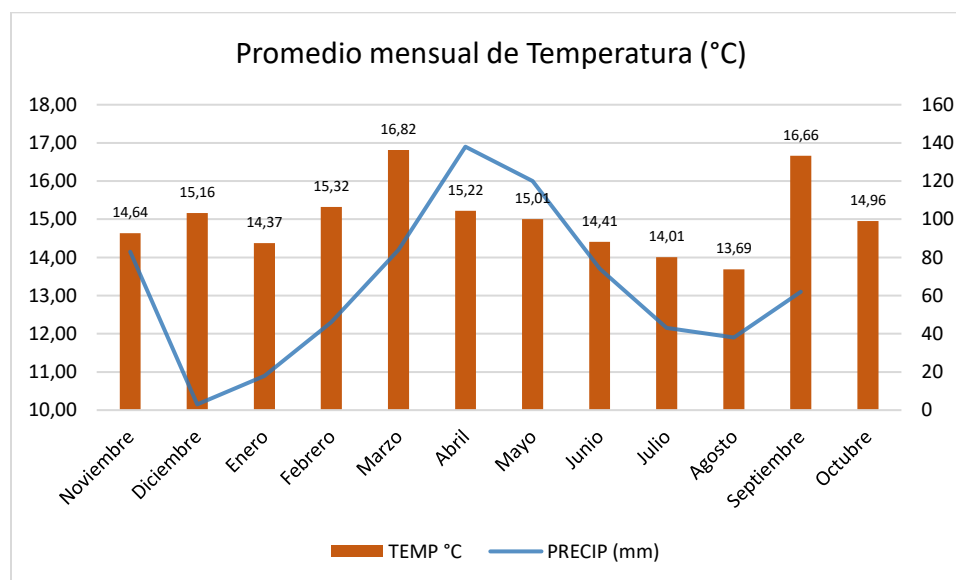


Gráfico 40. Promedio mensual de temperatura (°C) para los últimos 12 meses. Fuente: Elaboración propia basada en la información de la RMCAB. (2019)

Con relación al uso de la bicicleta y la temperatura ambiental es bueno precisar que los periodos del año durante los cuales se presentan mayores porcentajes de uso de esta son los meses más secos, es decir enero, febrero, julio y agosto, temporada durante la cual se presentan los mayores picos de temperatura con valores que llegaron a los 24,4°C para el día 15 de febrero del presente año. Si bien los promedios de temperatura mensual no reflejan valores alarmantes que puedan llegar a ser nocivos, si se pueden llegar a presentar picos que pueden llegar a afectar a los ciclistas urbanos por exceso de calor durante determinados momentos del día para algunos meses del año con efectos como el agotamiento, el golpe de calor, calambres musculares por deshidratación, síncope o lesiones cutáneas por exposición excesiva.

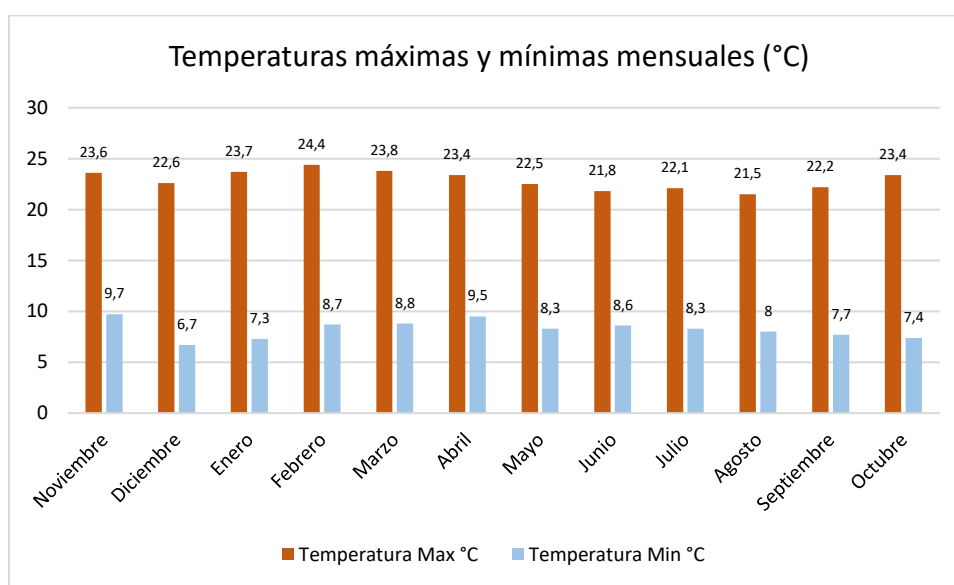


Gráfico 41. Promedio mensual de temperatura (°C) para los últimos 12 meses. Fuente: Elaboración propia basada en la información de la RMCAB. (2019)

Las horas del día durante las cuales se presentan los valores máximos son las 1:00 pm y las 2:00 pm, y las horas durante las cuales se presentan las temperaturas más bajas son las incluidas en la franja comprendida entre las 4:00 am y las 7:00 am, en este sentido las estrategias de diseño deben encaminarse a brindar protección solar a los ciclistas en horas del mediodía y de la tarde buscando minimizar afectaciones por exceso de calor en procura de mejorar las

condiciones de confort térmico existentes; aunque la temperatura no es la única variable que determina esta franja, si es la unidad que lo cuantifica. Uno de los métodos utilizados para su cálculo es el modelo de Aluciens según el cual:

$$Z_n = T_n + - 2,5 \text{ donde,}$$

$$T_n = 17,6 + ((T_{Prom})(0,31))$$

$$Z_{Inferior} = T_n - 2,5^{\circ}\text{C}$$

$$Z_{superior} = T_n + 2,5^{\circ}\text{C}$$

Para este caso T_{Prom} corresponde a $15,02^{\circ}\text{C}$, entonces $T_n = 22,25^{\circ}\text{C}$, según lo cual la franja de confort térmico está delimitada por:

$$Z_{Inferior} = 19,75^{\circ}\text{C}, Z_{superior} = 24,75^{\circ}\text{C}$$

Según la literatura tomada como referencia para este fin, la evaluación del confort térmico “en los espacios urbanos representa el potencial de confort, en términos del número de horas de confort al día respecto a la franja de horas útiles de ocupación del espacio público, considerada entre las 8:00 y las 22:00 horas” (Rueda, 2008, pág. 28), es decir que el criterio de evaluación el número de horas de confort al día, según lo cual se establece como parámetro de evaluación mínimo alcanzar el 50 % de horas en condiciones de confort para el 50% de la superficie, como deseable el 50 % de horas para el 75 % de la superficie. (Rueda, 2010, pág. 77)

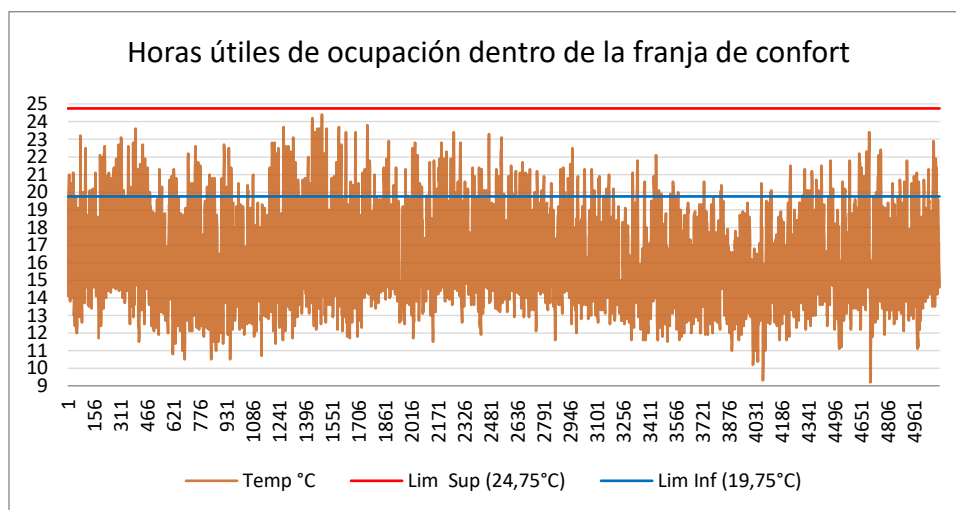


Gráfico 42. Porcentaje de horas útiles de ocupación del espacio público, dentro de la franja de confort térmico. Fuente: Elaboración propia. (2019)

En este caso, se encontró que del 100 % de las horas contenidas dentro de la franja de ocupación propuesta anteriormente, solamente el 12,70 % se encuentra dentro de la zona de confort térmico establecida, el restante 87,30 % de las horas está por debajo del límite inferior. Al comparar estos valores con los parámetros de evaluación establecidos, se puede afirmar que el porcentaje encontrado está muy lejos del valor mínimo establecido del 50 %, esto significa que el potencial ofrecido de horas confort durante el día es insuficiente. Una correcta interpretación de la materialidad del suelo en concordancia con el volumen de árboles y vegetación se pueden convertir en una medida eficiente que ayude a mejorar las condiciones de confort térmico en el espacio público con relación a las horas de utilización del mismo no solamente por ciclistas urbanos, sino también por peatones en general.

2.3.6 Contaminación Acústica

El exceso de ruido es uno de los factores que más afecta a los ciclistas urbanos de forma negativa, ya que rompe la concentración necesaria para maniobrar correctamente la bicicleta, aumenta la ansiedad, eleva los niveles de estrés, y estimula el cambio de comportamiento hacia las conductas agresivas, además de generar a largo plazo condiciones de sordera y niveles bajos de productividad.

La evaluación de este indicador propuesto por el DADEP tiene como objetivo valorar los niveles de ruido encontrados en la zona de estudio respecto a los datos máximos establecidos por la norma nacional contenida en la Resolución No. 627 de 2006, con el fin de establecer además del cumplimiento normativo, estrategias de mitigación de ruido que contribuyan en el descenso de estos niveles. Como parámetro de evaluación los valores contenidos para los usos de parque, vivienda y oficinas contenidos en el Artículo 9 de la resolución 621 de 2006, teniendo en cuenta

la vocación del sector adyacente al recorrido de la cicloruta objeto de análisis, para los cuales se establece un nivel máximo de 65 dB (día) y 50 dB (noche).

ESTÁNDARES MÁXIMOS PERMISIBLES DE NIVELES DE RUIDO AMBIENTAL, EXPRESADOS EN DECIBELES DB(A)			
SECTOR	SUBSECTOR	Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido en dB(A)	
		Día	Noche
Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.		
	Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación	65	55
	Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre		
Sector C. Ruido Intermedio Restringido	Zonas con usos permitidos de oficinas.	65	55
	Zonas con usos institucionales		

Tabla 14. Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental, expresados en decibeles dB(A). Fuente: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Resolución 627 de 2006.

Por medio de actividades de medición en campo a través de la herramienta SoundMeter, se realizó el cálculo de este valor atendiendo las recomendaciones contenidas en el Artículo 5 de la Resolución mencionada anteriormente, a partir de los cuales se construyó la siguiente tabla de valores y correspondiente representación gráfica.

MEDICIÓN DE NIVELES DE RUIDO (Herramienta SoundMeter)						
PUNTO	DIRECCION	INTERVALO DE TIEMPO	HORA			
			08:00 a.m.	12:00 p.m.	06:00 p.m.	08:00 p.m.
1		15 minutos	77 dB	76 dB	78 dB	72 dB
2		15 minutos	74 dB	70 dB	75 dB	68 dB
3		15 minutos	76 dB	73 dB	78 dB	70 dB
4		15 minutos	76 dB	74 dB	80 dB	72 dB
5		15 minutos	80 dB	76 dB	82 dB	74 dB

Tabla 15. Medición de niveles de ruido promedio para determinadas horas del día, herramienta SoundMeter. Fuente: Elaboración propia. (2019)

La experiencia en campo permitió identificar que el ruido percibido en el área de interés corresponde a un tipo de fuente lineal producido por el tráfico automotor presente sobre la Ak 7, la Ak 13, la Ac 26 y la Kr 10; la discontinuidad del tráfico hace que el ruido presente en el ambiente sea de tipo intermitente destacando llamativamente el aporte hecho por los vehículos

de transporte público y principalmente de las motocicletas, con amplia variabilidad en los niveles de sonido.

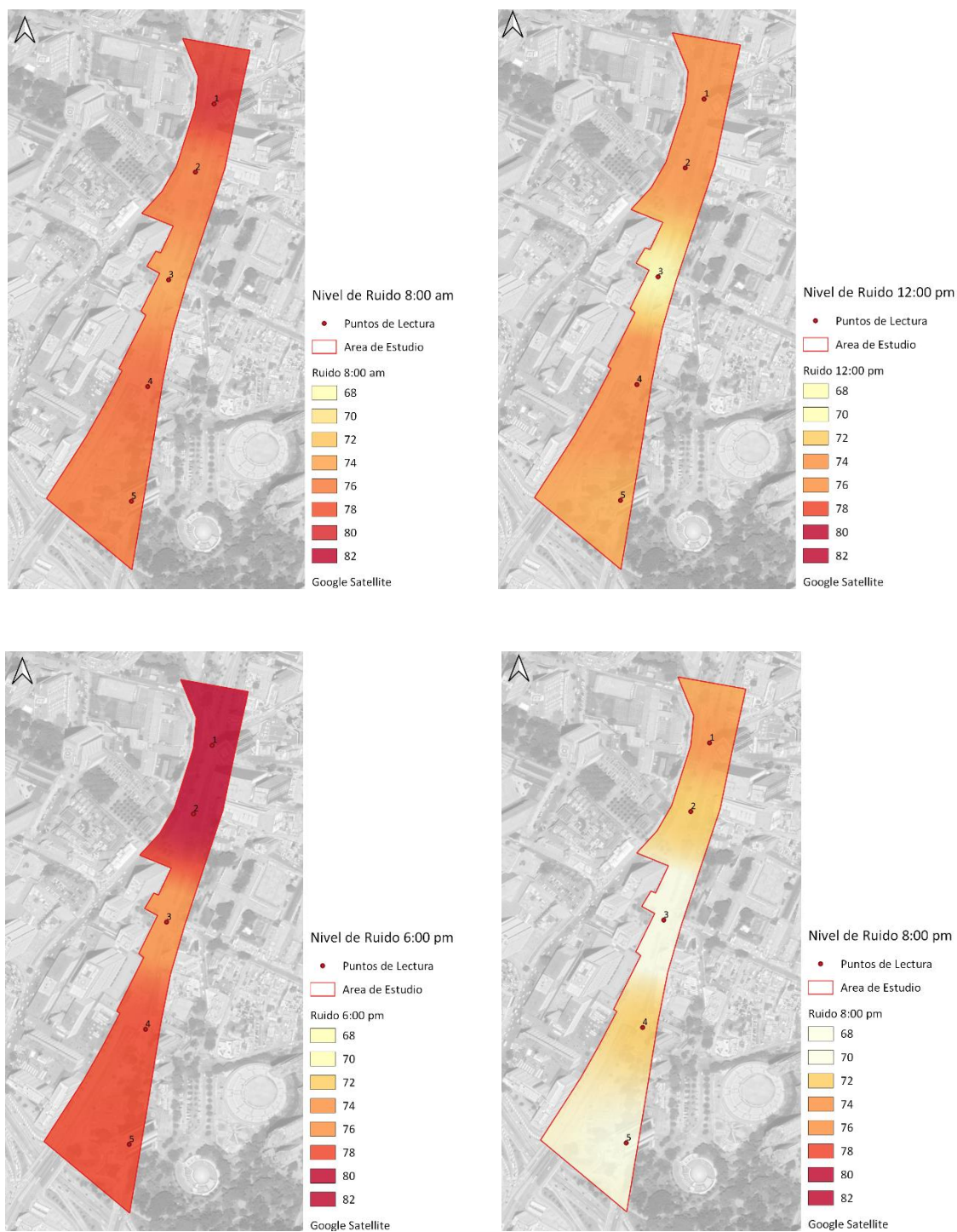


Gráfico 43. Niveles de ruido promedio en determinadas horas del día, para la zona de estudio.
Fuente: Elaboración propia, herramienta QGIS. (2019)

Las mediciones realizadas permiten establecer que existen horas del día con mayores niveles de ruido ambiental, fenómeno asociable al grado de actividad de la ciudad, en donde la mañana y la tarde (8:00 am y 6:00 pm) se convierten en los momentos del día con mayores niveles de contaminación acústica, mientras que el medio día y la noche (12:00 pm y 8:00 pm) son los más tranquilos; sin embargo es bueno agregar que todas las lecturas tomadas sobrepasan los valores máximos señalados por la norma nacional. Así mismo se puede identificar que el área de influencia del punto de medición No. 1 (Cl 31 entre Ak 7 y Ak 13) es la que presenta mayores niveles de ruido durante todas las horas de toma, convirtiéndose en el punto más llamativo de los 5; esto parece algo normal teniendo en cuenta que allí confluyen los volúmenes de tráfico más significativos entorno a la zona de interés, le siguen el punto No 2 y el punto No 5.

Ante esto se puede concluir que de acuerdo a la información recopilada en campo, los niveles de contaminación acústica no están cumpliendo la normativa nacional, debido principalmente a los niveles excesivos provenientes de los escapes y pitos de automóviles y motocicletas sin ser la única fuente pero si la principal, estos generan las alteraciones más bruscas o picos en las lecturas con valores que superan los 90 dB y que a su vez se convierte en el factor más peligroso para los ciclistas urbanos al provocar sobresaltos repentinos o reacciones inesperadas que pueden romper con la tranquilidad en el tránsito de los mismos aumentando el riesgo de accidentalidad o provocando situaciones de conflicto entre actores viales. En este caso el simple hecho de promoción de medios de transporte alternativo como la bicicleta se convierte en una medida eficiente para reducir los niveles de ruido ambiental al carecer esta de un motor de combustión y superficies de fricción amplias.

2.4 Componentes del paisaje.

2.4.1 Ciclorutas Construidas

Como parte del sistema de ciclorutas de Bogotá D.C., el tramo objeto de análisis pertenece al corredor principal integrado por los recorridos ubicados sobre la Ak 7, Ak 13 y Ak 11, desde la Plaza de Bolívar hasta la Cl 116, conectando el centro con el norte de la ciudad; igualmente dentro del programa de ciclovías recreativas del IDRD hace parte del corredor C3 (Centro 3).

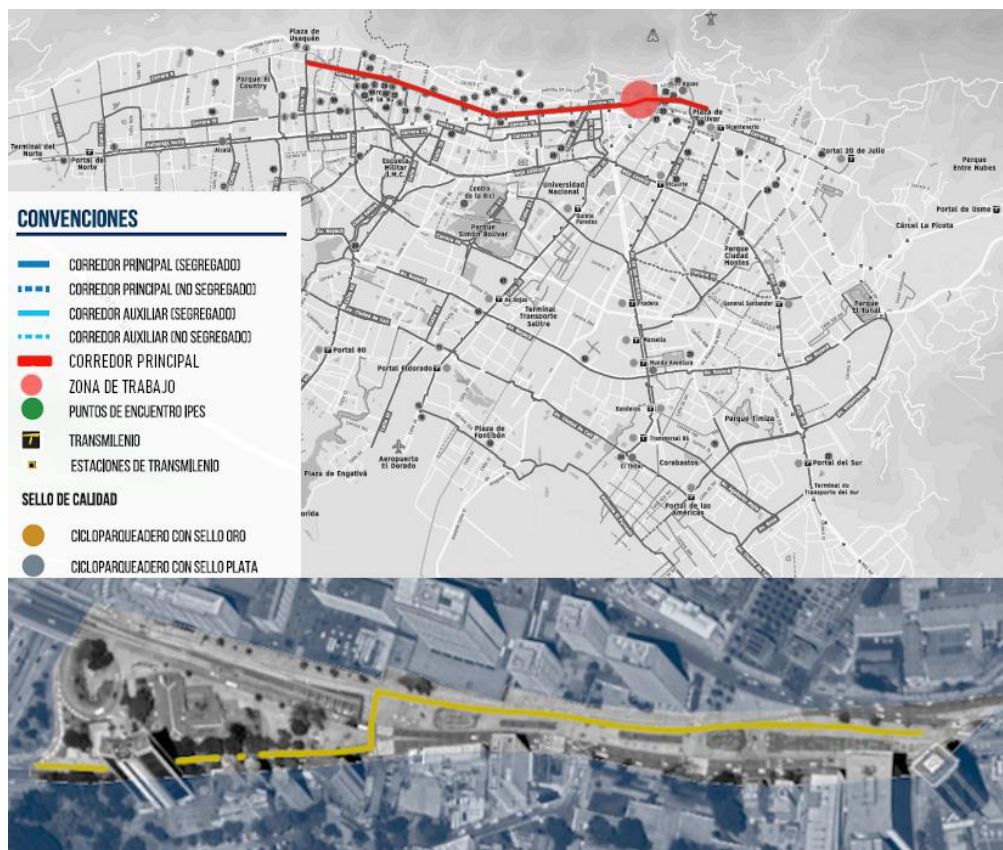


Gráfico 44. Mapa de ciclorutas de Bogotá D.C. Fuente: <https://www.movilidadbogota.gov.co>. (2019). Edición propia. (2019)

Cuenta con una longitud de 658.02 m en el trayecto que va desde la Cl 26 B y la Cl 31 sobre la Ak 7 y la Cr 10, describiendo un trazado en zeta (discontinuo) que corresponde al 0.12% de los 532 km de ciclorutas construidos hasta el mes de enero de 2019 en la ciudad de Bogotá D.C. Es bueno recordar que favorecer la continuidad en los recorridos promueve la utilización de

medios alternativos de movilidad como la bicicleta en función del esfuerzo físico y de la seguridad de los bici-usuarios.

2.4.2 Estado de la Red de Ciclorutas

Por sus características, dentro del trazado en cuestión se logran identificar tres tramos con características diferentes, hecho llamativo teniendo en cuenta lo corto del trayecto, se puede afirmar que el estado de la cicloruta caso de estudio es bueno en comparación con otros sectores de la ciudad, aunque existen aspectos que ponen en peligro la seguridad de los beneficiarios de este corredor.

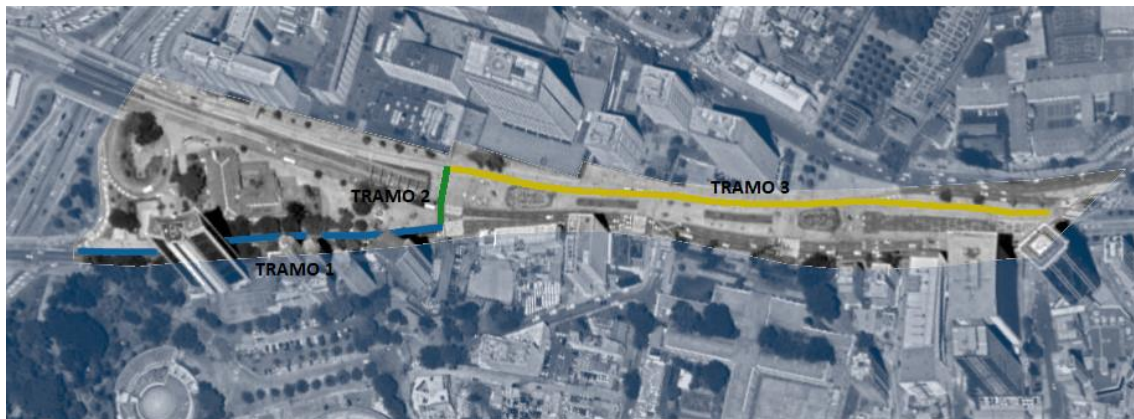


Gráfico 45. Caracterización de tramos sobre el recorrido. Fuente. Google Earth. (2019)

La falta de continuidad y uniformidad en los materiales utilizados en el recorrido, generan una difícil lectura del mismo propiciando estados de confusión y duda en los ciclistas, además de generar ambientes conflictivos entre actores viales; además de lo anterior, la excesiva presencia de obstáculos especialmente sobre los tramos 2 y 3, promueven un continuo estado de inseguridad hacia los bici-usuarios por riesgo de accidentes en el tránsito.




EVALUACION DEL ESTADO DE LA CICLORUTTA (CASO DE ESTUDIO)							
TRAMO	LIMITES	LONGITUD (m)	ANCHO (m)	TIPO	ESTADO	DESCRIPCION	IMAGEN
1	Ak 7 entre Cl 26b y Cl 27	235,85	3,00	Segregada a nivel de calzada	Regular	Este tramo se caracteriza por presentar un recorrido de doble sentido continuo y de fácil lectura, presenta un acabado en pintura de tráfico texturizada no permeable que no favorece la seguridad en el tránsito de los ciclistas en condiciones de humedad, incorpora en la mayoría del tramo arborización adecuada como protección a la radiación solar, presenta poca señalización.	
2	Cl 27 entre Ak 7 y Cr 10	34,34		Compartida	Regular	Este tramo corresponde al cruce peatonal de la Cl 27 entre Ak 7 y Cr 10. En este punto la cicloruta de la Ak 7 desaparece para continuar sobre la Cr 10. Es un trayecto de difícil lectura que tiende a confundir a los bici-usuarios por la poca e inadecuada señalización, dentro de un escenario conflictivo con el peatón. No presenta uniformidad en los acabados encontrando zonas adoquinadas, en concreto, en asfalto y en pintura de tráfico con alta presencia de obstáculos para el peatón y para los ciclistas.	
3	Cr 10 entre Cl 27 y Cl 31	387,83	2,40	Segregada a nivel de calzada	Bueno	Este tramo presentar un recorrido de doble sentido continuo y de fácil lectura, presenta un acabado en adoquín de concreto que puede generar vibraciones incómodas al tránsito de los bici-usuarios. Aunque el recorrido es continuo, una línea de obstáculos (Bolardos metálicos) casi al final de este genera una ruptura, poniendo en peligro la seguridad de los ciclistas.	







Tabla 16. Caracterización y evaluación del estado de la cicloruta (caso de estudio). Fuente: Tomas y elaboración propia. (2019)

2.4.3 Cantidad de Mobiliario Público

El mobiliario público para los ciclistas urbanos se convierte en parte de un sistema paralelo de servicios que facilita el descanso, provee protección ante el clima, fortalece las condiciones de

seguridad en el tránsito o ante la delincuencia, además de mejorar las condiciones de higiene del entorno urbano; de manera general este elemento facilita el uso del espacio público.

Dentro de la evaluación de este indicador propuesto por Paramo y Burbano (2015), el objetivo pretende establecer la cantidad de mobiliario por metro cuadrado de espacio público efectivo para la zona de estudio. Con este fin, se realizó el levantamiento de la información pertinente en sitio a partir de la cual se encontró la siguiente información.

INVENTARIO DE MOBILIARIO PUBLICO ENCONTRADO EN SITIO							
Tipo	Cant.	Mat.	Est.	#/EPT (m2)	Descripción	Ref. Fotográfica	Localización
Banca	31	C	R	0,0011	La mayoría de bancas encontradas en el sector corresponden a elementos tradicionales prefabricados en concreto sin ningún tipo de material aislante, reflejan regular estado y que prestan un servicio adecuado a los usuarios en general, esto incluye a los ciclistas.		
Bici parqueadero	42	M	B	0,0015	Los bici-parqueaderos se encuentran localizados cerca de las salidas de la Estación Museo Nacional, son elementos metálicos con diseño de onda con un número total de 42 cupos.		
Caneca de basura	15	M P	R	0,0005	Dentro del espacio público inmediato a la cicloruta en estudio, se encontraron canecas metálicas de piso y plásticas adosadas a postes de iluminación. La mayoría reflejan un estado regular de mantenimiento en gran medida por efecto del vandalismo.		

Luminaria	45	M	B	0,0016	Se encontraron 45 luminarias de poste metálico distanciadas entre sí en promedio unos 35 m (aprox), con una altura de 12 m en su mayoría. A grandes rasgos la distribución se ajusta a las recomendaciones hechas por las normativas de CODENSA S.A, con relación al alumbrado público. Se puede observar que su implantación está dirigida a mejorar las condiciones de visibilidad de los ejes vehiculares, y no tanto los ejes de la cicloruta o las zonas de espacio público peatonal.		
Quiosco	2	M	R	0,0001	Se encontraron tres quioscos del programa de venta callejera del IPES. Estos responden a un modelo de volumetría típico modular en acero inoxidable, que reflejan un estado regular por causa del vandalismo, algunos de esto no se están utilizando actualmente.		
Señalización	14	M	M	0,0007	La mayor parte de la señalización encontrada en terreno está dirigida al tráfico vehicular y no tanto al flujo de los usuarios de bicicletas, construyendo un entorno confuso para los mismos. Estas no son muy visibles, se encuentran en un estado regular de mantenimiento y su localización en el sitio se puede convertir en un factor de inseguridad para el tránsito de los ciclistas por sus dimensiones.		
Semáforos	5	M	B		Se encontraron tres puntos semaforizados que impactan el recorrido de la cicloruta objeto de estudio y el espacio público aledaño a esta. El funcionamiento de estos elementos es adecuado, sin embargo, el estado de mantenimiento refleja desgaste a causa del vandalismo y de las partículas expulsadas por los exostos de los vehículos automotores que se adhieren a estos elementos creando una capa negra de hollín.		
Total				0,0054			

Mat (Material), C (Concreto), M (Metal), P (Plástico), Est (Estado), B (Bueno), R (Regular), M (Malo)

Tabla 17. Inventario de mobiliario público encontrado en sitio. Fuente: Tomas y elaboración propia, herramienta QGis. (2019)

Aunque no se encontró un parámetro mínimo o deseable comparable para determinar si el resultado encontrado es adecuado o no, se logran identificar aspectos llamativos. La mayor parte

del mobiliario público está ubicado entre la CI 27 y la CI 31, dejando el recorrido sur de la cicloruta con poca presencia de este tipo de elementos. Para el caso de las bancas se encontró que, aunque hay un buen número de estas en la zona, los materiales de las mismas no son aislantes transmitiendo condiciones incómodas de calor o frío a los usuarios, además de no contemplar ningún tipo de protección ante las condiciones atmosféricas como el aprovechamiento de las sombras de los árboles o de algún tipo de parasol.

El caso de los bici-parqueaderos refleja que aunque su ubicación cerca de los accesos de la estación Museo Nacional, estos no brindan condiciones adecuadas de seguridad algo que se manifiesta en la poca utilización de los mismos, quizás si este servicio fuera controlado e integrado a la estación como ocurre en otros puntos de la ciudad, se podría generar mayor promoción al uso de la bicicleta zonalmente como instrumento de conexión dentro de un sistema multimodal de transporte, que aumente la utilización de dichas plazas de aparcamiento. La iluminación claramente está planteada en función de mejorar las condiciones de circulación sobre las sendas vehiculares dejando de lado un poco, cierta parte del recorrido de la cicloruta y el espacio público inmediato a esta.

De igual manera se identificaron tres puntos (Quiscos) de venta de productos sobre el espacio público contemplados dentro de los programas de economía informal implementados por el IPES que no se utilizan en su totalidad, tal vez por su ubicación en función de los flujos de personas presentes en el sector, en este sentido es bueno agregar que la oferta de servicios de apoyo como la venta de alimentos sólidos y líquidos, o la presencia de bici-talleres promueve la utilización del sistema de ciclorutas urbanas.

Desde el principio, la falta de claridad en la lectura del recorrido de la cicloruta se ha convertido en uno de los aspectos más llamativos para la evaluación, hecho fortalecido por una

señalización deficiente; se pudo observar que por un lado la señalización existente está definida principalmente hacia los conductores de vehículos automotores dejando de lado tanto a ciclistas como a peatones, por otro, el estado de estos elementos es malo y no cumple con el objetivo de informar a los ciclistas sobre los cambios de dirección presentes en el recorrido.

Basados en lo anteriormente dicho, es bueno fijar la atención en estrategias de diseño que fomenten el uso de la bicicleta mediante la potenciación no solo de la misma, sino del espacio público adyacente a esta con un adecuado manejo del mobiliario implantado, a través del cual se estimule el desarrollo de actividades paralelas tanto de apoyo al tránsito en bicicleta, como de disfrute del mismo espacio.

2.4.4 Iluminación Nocturna

La iluminación sobre las ciclorutas juega un papel importante que promueve la seguridad de los ciclistas urbanos al permitir que estos puedan identificar posibles riesgos que alteren la normalidad tanto en el tránsito, como ante posibles robos o agresiones. El Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público (RETILAP), establece algunos lineamientos asociables a este tipo de espacios públicos que cumplen la función de estándar para esta evaluación. “La iluminación de estas áreas debe garantizar que los peatones y ciclistas puedan distinguir la textura y diseño del pavimento, la configuración de bordillos, escalones marcas y señales; adicionalmente debe ayudar a evitar agresiones al transitar por estas vías”. (Ministerio de Minas y Energía, 2010, pág. 120). Dentro del numeral 510.2.2 de este documento, relacionado con los requisitos de iluminación en este tipo de vías se definen los valores mínimos a satisfacer en luxes.

Clase de iluminación	Iluminancia Horizontal (luxes)	
	Valor promedio	Valor mínimo
P1	20,0	7,5
P2	10,0	3,0
P3	7,5	1,5
P4	5,0	1,0
P5	3,0	0,6
P6	1,5	0,2
P7	No aplica	No aplica

Tabla 18. Requisitos mínimos de iluminación para tráfico peatonal. Fuente: RETILAP. (2010)

Teniendo en cuenta la relevancia del sector en la ciudad y basados en la clasificación encontrada dentro del numeral 510.1.2 de esta norma técnica relacionado con la clasificación de la iluminación para vías peatonales y ciclorutas, se establece el grupo P1 y sus valores en luxes (promedio y mínimo) como referencia de evaluación.

DESCRIPCIÓN DE LA CALZADA	CLASE DE ILUMINACIÓN
Vías de muy elevado prestigio urbano	P1
Utilización nocturna intensa por peatones y ciclistas	P2
Utilización nocturna moderada por peatones y ciclistas	P3
Utilización nocturna baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes	P4
Utilización nocturna baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes. <i>Importante preservar el carácter arquitectónico del ambiente.</i>	P5
Utilización nocturna muy baja por peatones y ciclistas, únicamente asociada a las propiedades adyacentes. <i>Importante preservar el carácter arquitectónico del ambiente</i>	P6
Vías en donde únicamente se requiere una guía visual suministrada por la luz directa de las luminarias	P7

Tabla 19. Clases de iluminación para diferentes tipos de vías en áreas peatonales y de ciclistas. Fuente: RETILAP. (2010)

Luego de realizar levantamiento en el sitio de estudio, a partir del cual se pudo identificar la cantidad, ubicación y tipo de iluminación, se realiza una simulación de iluminación utilizando la herramienta DIALux Evo permitiendo identificar gráficamente algunas falencias dentro del esquema de iluminación actual, en virtud de los valores sugeridos por la norma.

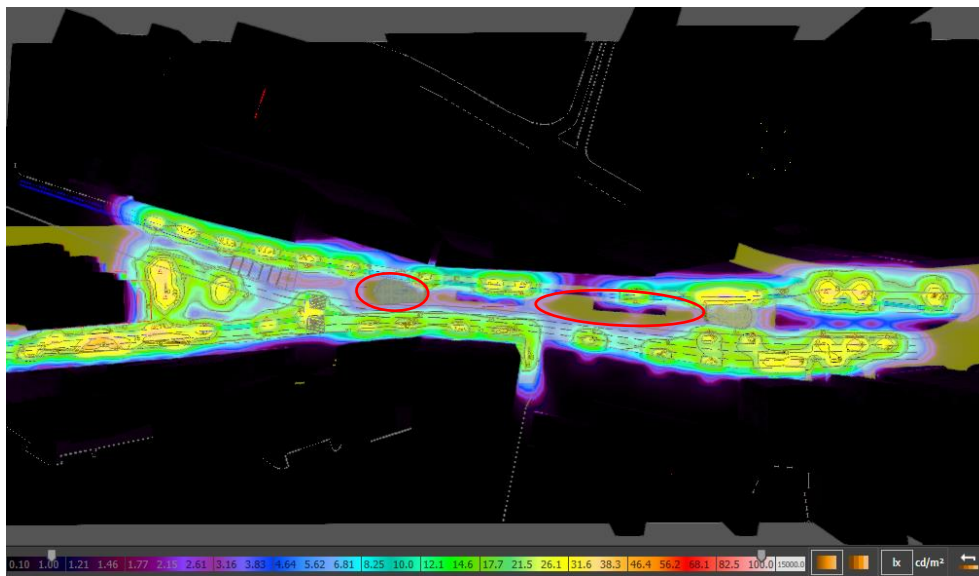


Gráfico 46. Simulación de iluminación para el caso de estudio (rango de 1 a 20 luxes).
Fuente: Elaboración propia, herramienta DIALux Evo. (2019)

Una primera aproximación permite apreciar vacíos que llaman la atención dentro de un rango de iluminación general, en donde sin duda los valores normativos no se alcanzan los cuales se encuentran enmarcados en rojo dentro de la imagen anterior.

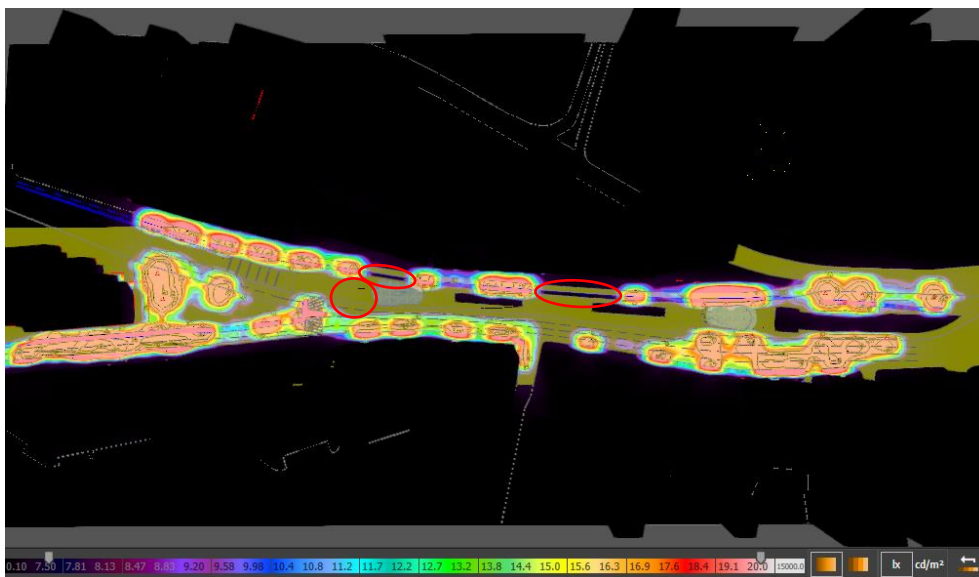


Gráfico 47. Simulación de iluminación para el caso de estudio (rango de 7.5 a 20 luxes).
Fuente: Elaboración propia, herramienta DIALux Evo. (2019)

Al ajustar el rango estrictamente a los valores normativos el escenario se hace mucho más claro de tal modo que las áreas con iluminación deficiente o nula aumentan drásticamente; dentro

de estas se pueden identificar tres puntos críticos que afectan directamente el recorrido actual de la cicloruta convirtiéndolos en espacios potencialmente peligrosos para recorridos nocturnos en bicicleta, hecho que se pudo comprobar durante visitas nocturnas realizadas a la zona de estudio; durante estas, se encontró que las zonas resaltadas dentro de los círculos rojos en el anterior gráfico cuentan por un lado con niveles deficientes de iluminación efecto de la distribución no homogénea de las luminarias dentro del espacio público; por otro se encontró que la carencia de mantenimiento adecuado de la trama de alumbrado no solamente en estos puntos sino para la zona de análisis en general, se convierte en otro factor que genera un efectos negativos sobre la seguridad de ciclistas y peatones.

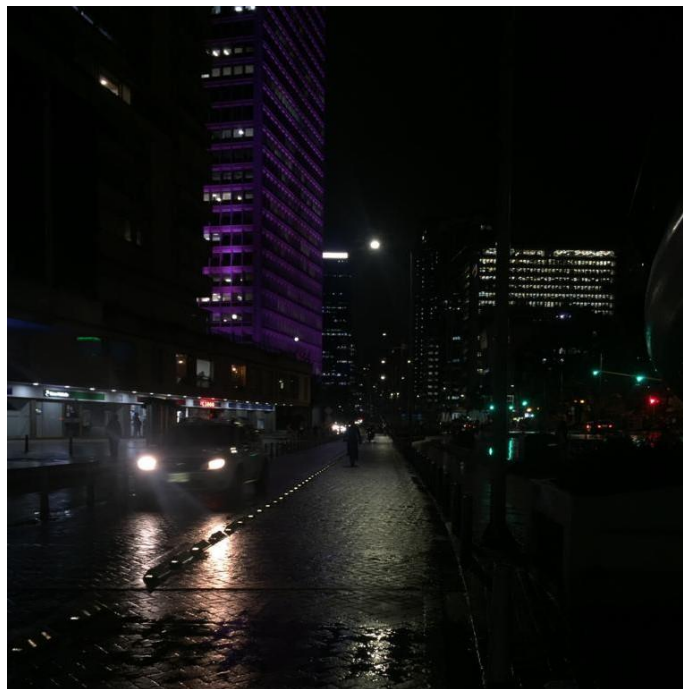


Gráfico 48. Iluminación deficiente sobre eje de la cicloruta (caso de estudio). FUENTE: Toma propia. (2019)

Brindar niveles adecuados de iluminación sobre zonas de circulación de ciclistas se convierte en sinónimo de seguridad en el tránsito o ante actos delincuenciales, ante esto se puede afirmar que las condiciones encontradas para el caso de estudio tanto en terreno como en las simulaciones realizadas no son las óptimas, esto se convierte en un factor que sin duda alguna

desincentiva el uso de la bicicleta en horas de poca y nula iluminación natural y en general del aprovechamiento del espacio público durante estos periodos de tiempo. Por esta razón se deberían hacer mayores esfuerzos en la construcción de mallas de alumbrado público más eficientes proyectadas desde la utilización de herramientas digitales que facilitan su diseño en donde se integren nuevas tecnologías de eficiencia y ahorro energético, como estrategia para el mejoramiento en las condiciones de iluminación nocturna de las ciclorutas y demás espacios urbanos.

2.4.5 Proximidad a Espacios Verdes

Garantizar el fácil acceso de los ciclistas a zonas verdes de calidad, es un aspecto muy importante teniendo en cuenta la necesidad de ofrecer a estos una estructura paralela que involucre estancias para la socialización, la relajación y el descanso, como medio de promoción de este tipo de alternativas de transporte urbano. Para la evaluación de este indicador se procede inicialmente a la identificación de las zonas verdes cercanas al tramo de cicloruta elegido, determinando el área de influencia de cada una según sea su tamaño de acuerdo a lo sugerido en la metodología establecida por Salvador Rueda (2008).

CLASIFICACIÓN DE ZONAS VERDES SEGÚN TAMAÑO Y RADIO DE INFLUENCIA				
LOCALIZACION	AREA (m2)	PARAMETRO	RADIO DE INFLUENCIA	DESCRIPCIÓN
A7 con CI 27 (Plazoleta de San Diego)	223,56	ZV < 1000 m ²	N/A	Zona verde en plazoleta pública, no es tenida en cuenta debido a que su área no es superior a 1000 m ² .
A10 con CI 27	238,04	ZV < 1000 m ²	N/A	Zona verde sobre vía pública, no es tenida en cuenta debido a que su área no es superior a 1000 m ² y se vincula a residuales del sistema vial.
A10 con CI 29 (Plazoleta)	143,85	ZV < 1000 m ²	N/A	Zona verde en plazoleta pública, no es tenida en cuenta debido a que su área no es superior a 1000 m ² .
Ac 26, Ak 7 y Ak 10	1531,79	ZV > 1000 m ²	N/A	Zona verde residual del sistema vial (Ac 26), a pesar de su área no es tenida en cuenta debido a que no responde a un lugar de estancia.
Ac 26 con Ak 10 (Oreja)	1143,68	ZV > 1000 m ²	N/A	Zona verde asociada al sistema vial (Intersección), a pesar de su área no es tenida en cuenta debido a que no responde a un lugar de estancia.

Ak 7 y Cl 31	314,5 639,47	ZV > 1000 m ²	N/A	Estas zonas corresponden a residuales del sistema vial, vinculados al carril exclusivo del sistema Transmilenio, por esta razón no son tenidas en cuenta.
Ak 7 y Cl 28 (Museo Nacional)	1966,68	ZV > 1000 m ²	200 m	Esta zona verde se ubica sobre el tramo frente al Museo Nacional, es tomada en cuenta debido a que su área es superior a los 1000 m ² , y la permeabilidad del suelo es superior al 50% de la misma.
Ak 7 y Cl 29 (Parque Central Bavaria)	1036,47	ZV > 1000 m ²	200 m	Esta zona verde brinda espacios adecuados de estancia en el sector tradicional del centro de la ciudad conocido como el Parque Central Bavaria, es tomada en cuenta debido a que su área es superior a los 1000 m ² , y la permeabilidad del suelo es superior al 50% de la misma.
Ak 7 y Cl 29 (Parque Central Bavaria)	1578,04	ZV > 1000 m ²		
Ak 7 y Cl 29 (Parque Central Bavaria)	2433,13	ZV > 1000 m ²		
Ak 7 y Cl 31	1373,51	ZV > 1000 m ²	200 m	Esta zona verde se ubica sobre el costado norte del tramo, es tomada en cuenta debido a que su área es superior a los 1000 m ² , y la permeabilidad del suelo es superior al 50% de la misma.
Ak 7 y Ac 26	37105,72	ZV > 10000 m ²	2 km	Corresponde al Parque de la Independencia cuya influencia se clasifica dentro de la escala zonal, es un importante pulmón del centro de la ciudad, visitado diariamente por un alto número de personas.

Tabla 20. Clasificación de zonas verdes según tamaño y radio de influencia. Fuente: Elaboración propia. (2019)

La clasificación contenida en la *tabla 11*, permite establecer cuales zonas verdes aledañas al tramo de estudio, cumplen con las características mínimas para ser consideradas dentro de esta categoría como espacios diseñados y adecuados para tal fin; es por esto que los espacios residuales viales o inferiores a 1000 m² con superficies permeables por debajo del 50 % no son tenidos en cuenta para esta evaluación.

Dentro de las zonas verdes con áreas superiores a 1000 m², se encuentran las plazoletas que hacen parte del Parque Central Bavaria, el área de acceso al Museo Nacional y la plazoleta situada en la intersección de la Ak 7 con Cl 31, cuyo radio de proximidad (200 m) se asocia a una influencia de escala vecinal cubriendo el 85.4% del recorrido de la cicloruta en estudio, es decir que los ciclistas que utilizan este corredor pueden acceder a estancias verdes de escala vecinal, en tiempos y distancias optimas durante la mayor parte del recorrido dentro de los límites establecidos para este ejercicio. El 14.6 % restante del recorrido está ubicado en el

costado sur del tramo muy cercano a la plazoleta posterior a la Iglesia de San Diego, aunque este espacio por área podría estar incluido dentro de este cálculo de cubrimiento, no fue tenido en cuenta debido a que en su mayoría la superficie no es permeable cambiando su percepción, al revertir esta condición podría ampliarse el acceso a este tipo de zonas en la totalidad del recorrido.

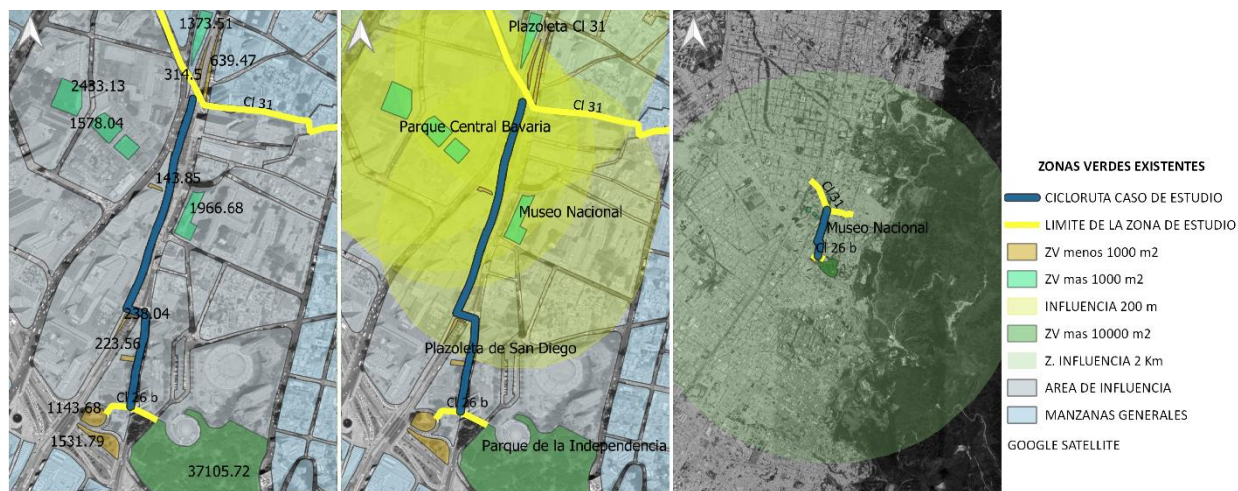


Gráfico 49. Identificación de zonas verdes cercanas al tramo de estudio, proyección del radio de influencia vecinal y zonal. Fuente: Elaboración propia, herramienta QGIS. (2019)

Dentro de la escala Zonal, el recorrido en su totalidad se encuentra cubierto por el radio de proximidad (2 km) del Parque de la Independencia contiguo al recorrido, y del Parque Nacional (Ak 7 con CI 39). Estos espacios por su tamaño ($> 10000 \text{ m}^2$) ofrecen a los ciclistas y a la población en general actividades especializadas de mayor escala de convocatoria, aunque también pueden cumplir funciones del orden vecinal y local. Es bueno agregar que el tramo carece de condiciones adecuadas de accesibilidad por proximidad a espacios verdes de escala local y metropolitana. Se puede afirmar que las condiciones actuales del entorno de la zona de estudio, brinda circunstancias de proximidad a espacios verdes del orden vecinal y zonal adecuadas, no así para la escala local y metropolitana, por esta razón es importante direccionar

las estrategias de diseño al aumento y mejoramiento de espacios verdes en las zonas no cubiertas buscando mejorar las condiciones de proximidad a estas durante todo el recorrido.

2.4.6 Proximidad y Dotación de Plazas de Aparcamiento para Bicicletas

El establecimiento de una buena estructura de apoyo al ciclista beneficia el uso de este medio de transporte dentro del entorno urbano. La oferta de sitios seguros para el aparcamiento de bicicletas que cubran a la mayor parte de la población es de gran importancia con el fin de alcanzar este objetivo. Según en la metodología de cálculo para este indicador sugerida por Salvador Rueda (2008), se establece un área de influencia con un radio de 100 m entorno al eje de referencia buscando que cualquier usuario tenga la posibilidad de aparcarse su bicicleta de forma segura a no más de 1 minuto caminando; esta cifra asciende a 404 habitantes dentro de la zona.

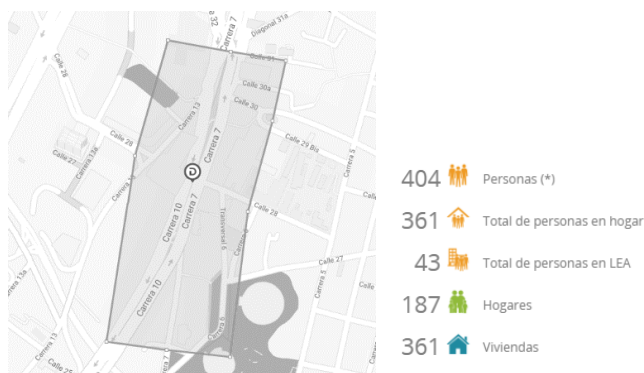


Gráfico 50. Cálculo del área de influencia poblacional del eje de estudio (Radio 100 m). Fuente: <https://geoportal.dane.gov.co>. (2019)

Con relación a los puntos de aparcamiento, a partir de la información recopilada en campo se logran identificar cinco lugares de los cuales tres se localizan sobre espacio público con una capacidad total de 42 cupos gratuitos, y dos puntos comerciales (pago por minuto) con una oferta total de 60 plazas, para un total de 102 unidades de aparcamiento para bicicletas

dentro del área de influencia. La zona de cobertura de cada punto identificado se establece mediante la proyección de un buffer de 100 m de radio.

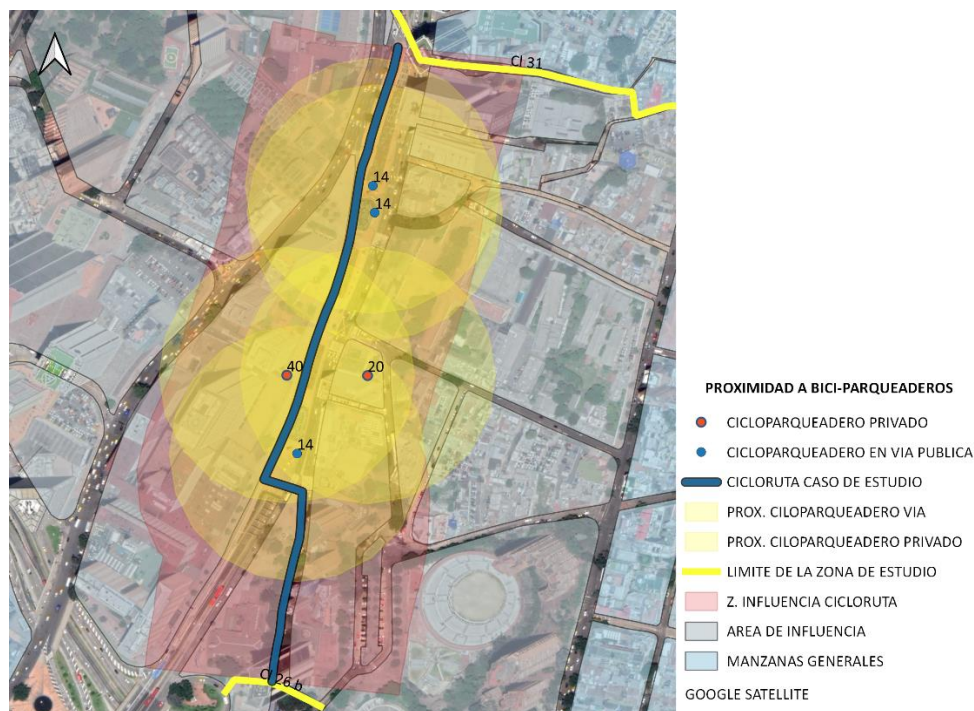


Gráfico 51. Proximidad a parqueaderos de uso público cercanos a la zona de trabajo.
Fuente: Elaboración propia, herramienta QGis. (2019)

De acuerdo a lo anterior se puede establecer que el área de cubrimiento de los puntos de ciclo-parqueo existentes satisfacen parcialmente la zona de influencia del tramo en estudio, algo que dicho en cifras se puede interpretar como, del 100% ($128203,89 \text{ m}^2$) del área total de la zona de influencia los puntos de ciclo-parqueo cubren el 78,48% ($100620,35 \text{ m}^2$), hecho que de acuerdo a la metodología referida inicialmente ubica este porcentaje muy cerca de la cifra de exigencia mínima del 80%. Si bien este valor no es desalentador, una mejor distribución de los puntos de aparcamiento sobre el eje de la cicloruta, permitiría ampliar su cubrimiento prestando atención a la zona sur del área establecida, cercana al Parque de la Independencia, donde se observa los principales vacíos.



Gráfico 52. Bici-parqueadero gratuito en espacio público (Zona de estudio). Fuente: Toma propia. (2019)

2.4.7 Espacio Público Libre de Obstáculos al Peatón

Contar con espacio público accesible es de vital importancia en función del concepto de equidad dentro de cualquier comunidad urbana, por esta razón, encontrar un exagerado número de obstáculos al peatón y al ciclista va en contravía con este objetivo. Luego de verificación en sitio, se pudo observar que el tramo de cicloruta objeto de análisis y el espacio público inmediato que sirve como apoyo a la misma, presenta un gran número de elementos que pueden entorpecer el tránsito de personas y bici-usuarios, afectando igualmente su seguridad por riesgos de accidente.

En lo que se refiere directamente a este indicador se pudo establecer en los 658,02 m de recorrido una cantidad aproximada de 261 obstáculos permanentes (Tipo bolardo) al peatón y al bici-usuario, que dan una relación $0,39^{\text{obstáculos/m}}$ de cicloruta principalmente dentro de los tramos 2 y 3 del recorrido en cuestión. Esta cifra es llamativa teniendo en cuenta lo elevado del caso, describiendo así, un escenario donde un elemento de protección se convierte en un

elemento de obstrucción peligroso para la seguridad de los usuarios de la cicloruta y del espacio público en general, además de convertirse en un objeto paisajístico pesado y tosco dentro de la imagen de la ciudad.

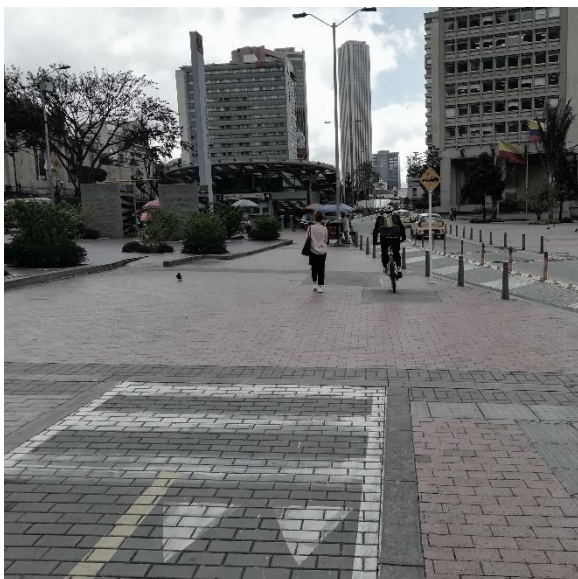


Gráfico 53. Presencia de obstáculos al tránsito de peatones y ciclistas. Fuente: Toma propia. (2019)



Gráfico 54. Presencia de obstáculos al tránsito de ciclistas. Fuente: Toma propia. (2019)

Así mismo se identifican otros dos fenómenos no cuantificables que se vinculan directamente con la obstrucción del espacio público en el área de trabajo, que son la falta de cultura ciudadana e invasión del espacio público, y la falta de continuidad y difícil lectura del recorrido en cuestión.



Gráfico 55. Invasión del espacio exclusivo para ciclistas. Fuente: Toma propia. (2019)



Gráfico 56. Invasión del espacio público en cruce peatonal y de ciclistas. Fuente: Toma propia. (2019)

Las imágenes anteriores permiten concluir que la invasión del espacio público origina la construcción de escenarios complejos e inseguros, que pueden promover la accidentalidad de los ciclistas o generar conflicto entre diferentes actores viales, en donde claramente la proliferación de elementos físicos de protección del espacio público no garantiza el respeto por el mismo.



Gráfico 57. Falta de continuidad del recorrido como obstáculo a los ciclistas. Fuente: Toma propia. (2019)

En relación con la discontinuidad del trazado, su interpretación como obstáculo está dirigida exclusivamente a los ciclistas y se relaciona principalmente con el rompimiento obligatorio del esfuerzo físico y mental que genera la utilización de la bicicleta dentro de un ambiente urbano, implicando adicionalmente la realización de maniobras peligrosas para dar continuidad al desplazamiento.

3. ESTRATEGIAS DE DISEÑO SOSTENIBLE PARA CICLORUTAS

Como etapa final del proceso de investigación y evaluación de la red de ciclorutas en su componente ambiental y paisajístico con el fin de construir espacios ciclo-amistosos que promuevan el uso de la bicicleta como medio de transporte urbano, a continuación se expone una serie de estrategias de diseño construidas a partir tanto de los resultados conseguidos durante el proceso de valoración de indicadores de sostenibilidad desarrollado durante el capítulo previo sobre el área de estudio, como de modelos propuestos por algunos autores que ya han profundizado en el tema.

3.1 Estrategias para promover el mejoramiento en la calidad del aire.

3.1.1 Fortalecer la red arbórea del lugar.

Al hablar sobre estrategias para el mejoramiento de la calidad del aire urbano, sin duda alguna los árboles se convierten en aliados importantes como fijadores de contaminantes a través de procesos internos como la fotosíntesis, o por características físicas de su follaje como la densidad o el tamaño, es así como el aumento tanto en calidad como en número de individuos se traduce en una estrategia eficiente en este sentido.

Los árboles absorben el dióxido de carbono atmosférico a través de las hojas (...) que permiten que este gas entre por difusión y se incorpore en los cloroplastos. Estos, junto con la luz, en un proceso de cadena de electrones y en el ciclo de fijación de carbono, transforman el CO₂ y el H₂O en carbohidratos básicos —glucosa, fructosa, sacarosa y almidón—.

A través de la evapotranspiración, que es el proceso por medio del cual la planta pierde H₂O por evaporación desde las estomas, los árboles incrementan la humedad que ayuda a

capturar del aire las partículas contaminantes —arena, polvo, ceniza, polen y humo—.

Estas partículas son atrapadas por hojas, ramas y troncos para más tarde ser lavadas por la lluvia. (Jardín Botánico de Bogotá, 2010, pág. 27)

La elección correcta de especies que contribuyan adecuadamente en la fijación o absorción tanto de material particulado (Pm_{10} o $Pm_{2,5}$) como de otros compuestos químicos contaminantes es una tarea importante; con este fin y en base a la información suministrada por el Jardín Botánico de Bogotá se realizó la escogencia de algunas especies arbóreas para su implantación dentro de un sistema de arborización propuesto para la zona de trabajo en función de la cicloruta delimitada por esta, cuyo resultado se materializa en la siguiente tabla.

ESPECIES PROPUESTAS DENTRO DEL SISTEMA DE ARBORIZACION PARA LA ZONA DE ESTUDIO EN FUNCION A SU CAPACIDAD CAPTADORA DE CONTAMINANTES											
ESPECIE	CARACTERISTICAS FISICAS				CAPTACION		BARRERA FÍSICA		REGULADOR CLIMATICO	PROVISIÓN DE NICHOS	APORTE ESTETICO
	ALTO (m)	COPA (d)	RAIZ	FOLLAJE	Pm	CO ₂	RUIDO	VIENTO			
Caucho Tequendama	15 -20	8 m (d)	Superficial	Caduca	B	B	B	B	B	B	B
Caucho Sabanero	15 -20	12 m (d)	Superficial	Caduca	B	B	B	B	B	B	B
Jazmín del Cabo	8 - 10	14 m (d)	Profunda	Perenne	B	B	R	R	B	B	B

d = diámetro, B = Bueno, R = Regular, M = Malo

Tabla 21. Especies propuestas dentro del sistema de arborización para la zona de estudio en función a su capacidad captadora de contaminantes. Fuente: Elaboración propia basada en el trabajo de la Arq. Diana Wiesner (<http://dianawiesner.com/>) y del Jardín Botánico de Bogotá. (2019)

Para este caso como parte de la propuesta se priorizó la ubicación de estas especies entorno al eje de la cicloruta sobre franjas verdes amplias con protección de raíz y suelo de conexión natural profunda buscando además de aprovechar la capacidad purificadora del aire de estas especies, la no alteración en la uniformidad del acabado de esta a causa del desarrollo de sus raíces en virtud de la seguridad de los ciclistas.



*Gráfico 58. Esquema de arborización sobre el eje de la cicloruta caso de estudio.
Fuente: Elaboración propia. (2019)*

Como resultado de esta estrategia se espera el mejoramiento en la calidad del aire del área intervenida materializado en el descenso de niveles de contaminantes como el material particulado Pm_{10} y $Pm_{2.5}$, ozono O_3 y óxido nitroso N_2O , catalogados como los más dañosos para la salud humana, del dióxido de carbonó CO_2 causante en gran medida del efecto invernadero y de la isla de calor en las ciudades, y del impacto negativo de estos sobre los ciclistas urbanos.

3.1.2 Aumentar la cantidad de suelo natural con cobertura vegetal de pequeño porte.

De igual manera que los árboles, la vegetación de porte pequeño ligada a suelo natural como la grama realiza aportes en el mejoramiento de la calidad del aire urbano. Por un lado, al ser un organismo vegetal se encuentra su capacidad para absorber contaminantes presentes en el aire y convertirlos en nutrientes necesarios para su desarrollo, por otro esta la posibilidad de que el

suelo natural al recibir material particulado por lavado desde las hojas de los árboles lo elimine por absorción propia o de las raíces de las plantas en general.

Un kilómetro cuadrado de bosque genera unas 1.000 toneladas de oxígeno anuales, requiriendo el doble de superficie una plantación de césped. También son fijados por la vegetación los óxidos de azufre, oxigenándose el SO_2 , dando lugar a sulfatos. El plomo se acumula sin transformarse en las plantas, eliminándolo de la atmósfera. Además, acumulan entre las hojas, polvo y partículas en suspensión gracias a fenómenos electrostáticos y a la presencia de aceites. (Higueras, 1998, pág. 18)



Gráfico 59. Esquema de cobertura vegetal, actual vs propuesta. Fuente: Elaboración propia. (2019)

3.2 Estrategias de diseño para el mejoramiento en el manejo del agua.

3.2.1 Integración de redes de drenaje sostenible.

Un de los elementos identificados durante la evaluación de indicadores de sostenibilidad para el área de trabajo fue la inexistencia de una red de drenaje para la evacuación de agua sobre la

totalidad del tramo de la cicloavía, algo que llama particularmente la atención. Es importante como estrategia de diseño integrar una red de evacuación de aguas lluvias eficiente con sumideros a lo largo del recorrido de la cicloruta, que desaloje adecuadamente fluidos presentes en la vía, evitando molestias a los ciclistas por salpicaduras o ingesta de agua contaminada con las consecuencias que esto implica.



Gráfico 60. Sistema de recolección y drenaje de agua propuesto. Fuente: Elaboración propia. (2019)

Con este fin se propone la utilización de un sistema de drenaje conformado por una serie de ejes de evacuación de agua a lo largo del recorrido de los ciclistas, construidas bajo el concepto de jardines infiltrantes o rain gardens, “estos permiten un tratamiento de la escorrentía a través de la vegetación y suelos preparados o autóctonos. (...) En estos sistemas tienen lugar

procesos de interceptación de la lluvia, evapotranspiración, infiltración, eliminación de contaminantes” (Instituto Universitario del Agua y de las Ciencias Ambientales, 2016, pág. 17).



Gráfico 61. Rain garden, detalle axonométrico. Fuente: Elaboración propia. (2020)

Este tipo de elementos promueve la infiltración del agua en el terreno natural disminuyendo el volumen de escorrentía presente en la superficie a causa de la creciente tendencia por impermeabilizar la superficie urbana y favoreciendo procesos como el de la evapotranspiración con las virtudes que este trae como regulador climático.

3.2.2 Superficies de rodamiento de bicicletas pendientadas que eviten el apozamiento de fluidos.

Para que los sistemas de recolección de agua cumplan con su función eficientemente es necesario direccionarla hacia estos, esto se logra mediante el pendientado de la superficie de rodamiento de la cicloruta; esta estrategia de diseño para el manejo de las corrientes de agua no es nueva sin embargo su poca eficiencia en la práctica depende más de la falta de controles de calidad durante el desarrollo y finalización de las obras civiles.

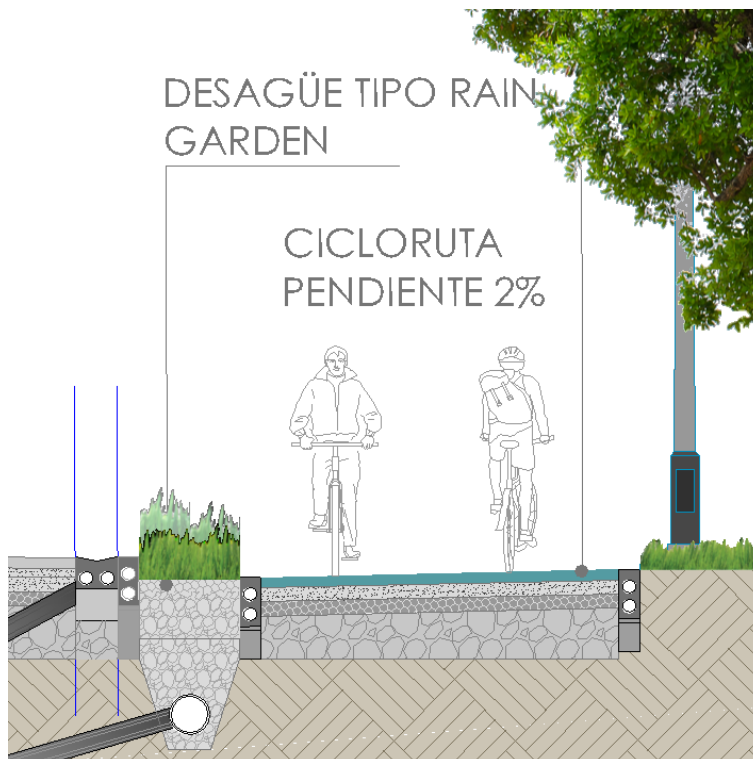


Gráfico 62. Corte esquemático del recorrido de la cicloruta (caso de estudio). Fuente: elaboración propia. (2019)

Evitar el apozamiento de fluidos sobre la cicloruta es importante ya que mejora las circunstancias de seguridad en el tránsito asociado al riesgo de accidentes por deslizamiento y disminuye la posibilidad de afectar la salud de los ciclistas por contacto con la piel o ingesta de aguas contaminadas por salpicaduras; con esto lo que se espera es brindar superficies más limpias que faciliten el tránsito seguro de las bicicletas.

3.2.3 Utilizar materiales que faciliten la infiltración o escurrimiento del agua.

En relación con los materiales, es conveniente utilizar texturas y tamaños que faciliten la infiltración o evacuación del agua, principalmente de formato continuo; de no ser así es bueno procurar la utilización de piezas que manejen uniones entre ellas no biseladas; esto evita incomodidades en el tránsito de los ciclistas, asociadas al apozamiento de agua o vibraciones causadas por el ensamble entre piezas utilizadas como recubrimiento del piso.

Actualmente se han desarrollado materiales duros como concretos y aglomerados plásticos reciclados que a la vez son permeables permitiendo la filtración del agua para ser absorbida por el suelo; su estructura compacta facilita el aseo y mantenimiento de las zonas públicas sin retener el agua en la superficie. En este caso se plantea la utilización de concretos permeables para la superficie de la cicloruta como medida de apoyo para la evacuación del agua, de esta manera se evita la saturación del sistema de alcantarillado de aguas lluvia esperando poder brindar superficies más cómodas y seguras para el tránsito de los ciclistas.

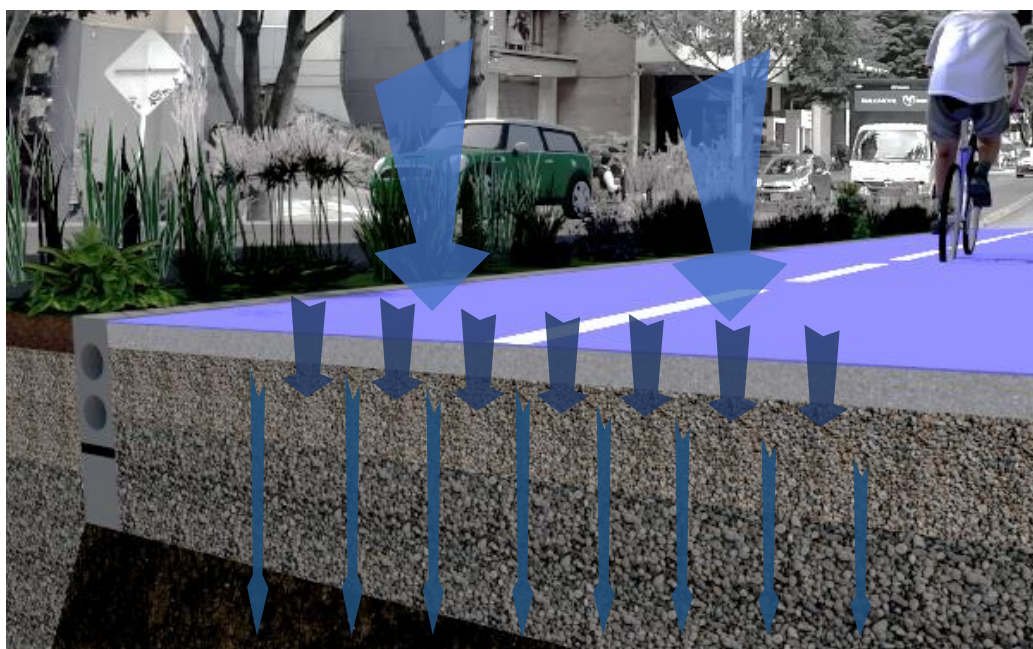


Gráfico 63. Concreto permeable. Fuente: Elaboración propia. (2019)

3.2.4 Red de hidratación para ciclistas.

Otro aspecto relacionado con el agua es la hidratación de los ciclistas, en este sentido con relación al esfuerzo de los bici-usuarios es importante la proyección de una red de puntos de hidratación a lo largo de la cicloruta como parte de un sistema de apoyo dentro del mobiliario público proveedora de agua potable que de algún modo sirva para contrarrestar los efectos de la deshidratación producida por la exigencia física; estos deberían ubicarse en lugares cercanos de

fácil acceso para los usuarios de la ciclovía, con entornos que faciliten el descanso y la recuperación.

3.3 Estrategias de diseño relacionadas al manejo del suelo

3.3.1 Aumentar el porcentaje de áreas verdes cercanas al eje de la cicloruta.

Como ya se ha mencionado en este documento las zonas verdes traen consigo beneficios relacionados con la regulación térmica de su entorno, mejoran la calidad del aire asociada a la absorción de contaminantes y a la producción de oxígeno, promueven el incremento de la biodiversidad en el medio urbano y generan una mayor sensación de tranquilidad en los individuos.

En este caso, luego de la evaluación de este indicador se identificó que para una población fija de 936 personas vinculadas de forma directa con la zona de estudio estas cuentan con un área de 486,72 m² para una relación de 0,52 m²/hab actualmente, cifra lejana a los estándares establecidos por la OMS de 10 m²/hab como mínimo y 15 m²/hab como deseable.

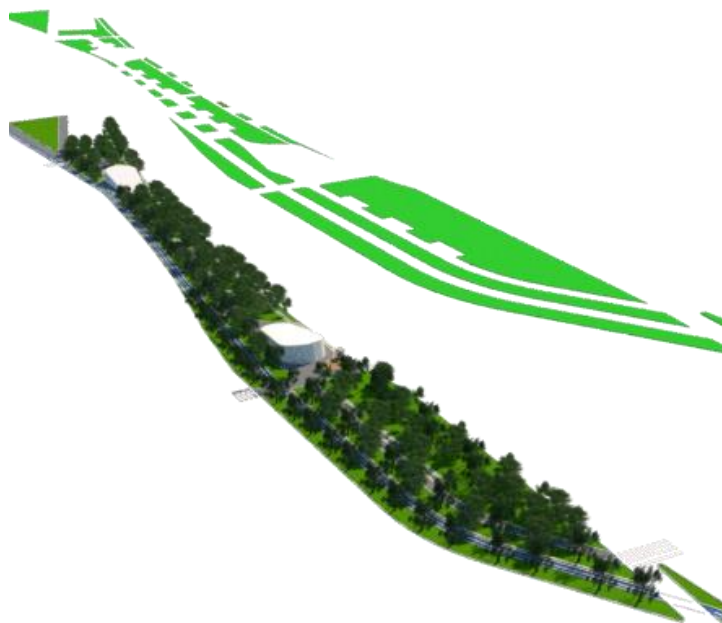


Gráfico 64. Esquema de zonas verdes propuesto para el caso de estudio. Fuente: Elaboración propia. (2019)

En respuesta, como parte de la propuesta de diseño se propone aumentar dicha área hasta los 7569,10 m² de zonas verdes, este valor permite establecer una relación de 8,08 m²/ha hecho que, aunque no logra cumplir con el valor deseado mínimo propuesto de 10 m²/hab aumenta en 7082,30 m² el área destinada para este fin.

3.3.2 Mejorar la permeabilidad del suelo.

Las intervenciones en el suelo urbano han venido respondiendo a una creciente tendencia por su impermeabilización trayendo consigo consecuencias negativas para la ciudad; por un lado “frena la posibilidad de vida vegetal y la aparición de multitud de organismos dependientes. Por otra parte, conlleva alteraciones en el ciclo hidrológico, en el microclima urbano o en la contaminación atmosférica”. (Agencia de Ecología Urbana de Barcelona, Red de Redes de Desarrollo Local Sostenible, 2010, pág. 42)

Es importante desde el diseño promover como estrategia el aumento de superficies permeables buscando alcanzar los porcentajes propuestos mínimos del 30% mínimo y 35% deseable, como herramienta que apoye la construcción de un ambiente más ameno y saludable entorno a los diferentes tramos de cicloruta. La evaluación de este indicador expuesto en el capítulo anterior para el caso de estudio permitió establecer que el espacio público de influencia directa sobre el tramo de cicloruta cuenta con un índice de permeabilidad del 8%, 22 puntos por debajo del mínimo establecido por Salvador Rueda (2010).

PROPUESTA CLASIFICACIÓN DEL SUELO SEGÚN SU FACTOR DE PERMEABILIDAD				
TIPO	AREA (m2)	FACTOR DE PERMEABILIDAD	INDICE DE PERMEABILIDAD	MATERIALIDAD
superficies impermeables	6133,06	0	0	Corresponden a la calzada vehicular de la Ak 7, franja de cicloruta de los tramos 1 y 2, áreas de andén en concreto y adoquín.
superficies impermeabilizadas parcialmente	4799,92	0,3	0,07	Corresponden a los recorridos peatonales y a la franja de cicloruta.

superficies semipermeables	964,47	0,5	0,02	Corresponde al adoquín ecológico y las zonas en arena.
espacios verdes con conexión a suelo natural	6552,13	1	0,32	Corresponden a jardineras y rain garden con conexión a suelo natural.
espacios verdes sin conexión a suelo natural	2216,14	0,7	0,08	Corresponden a zonas verdes sobre el espacio público con profundidad mayor a 0,80 m sin conexión a suelo natural.
TOTAL	20665,72		0,49	

Tabla 22. Clasificación del suelo propuesta según su factor de permeabilidad (caso de estudio). Fuente: Elaboración propia basado en el trabajo de Salvador Rueda, 2008. (2019)

Como respuesta se plantea una propuesta que involucra además de mayores porcentajes de zonas verdes como ya se mencionó en el numeral anterior, materiales permeables (concreto permeable, adoquín ecológico) que mejoran la conexión con el suelo natural.



Gráfico 65. Esquema de permeabilidad del suelo (caso de estudio). Fuente: Elaboración propia. (2019)

3.4 Fortalecimiento de la estructura arbórea.

Aumentar la cantidad de árboles es la principal estrategia para el fortalecimiento de la estructura vegetal de la zona de estudio o de cualquier sector de la ciudad; la evaluación realizada previamente permitió identificar una cantidad de 67 individuos en total de diferentes especies para una relación de $23,51 \text{ arb/ha}$, esto sobre un área de espacio público con vínculo directo sobre el tramo de cicloruta en estudio de $28485,6 \text{ m}^2$ ($2,85 \text{ ha}$); como efecto de la aplicación de esta medida el esquema de diseño incrementa la cantidad de unidades a 239 aumentando la relación a $83,86 \text{ arb/ha}$.



Gráfico 66. Esquema de arborización propuesto (caso de estudio). Fuente: Elaboración propia. (2019)

Volteando la mirada hacia estándares internacionales, la OMS sugiere contar con un árbol por cada tres habitantes (1:3) como referencia óptima, el escenario actual muestra que el sector

cuenta con un árbol para cada 14 personas aproximadamente tomando la cifra de 936 habitantes fijos para la zona de influencia de la cicloruta analizada, una imagen muy alejada del ideal. Como respuesta, el ejercicio de diseño realizado logra una proporción aproximada de un árbol para cuatro personas (1:3,87), en este caso aunque no se puede llegar al ideal si se logra una mejora significativa en este sentido.

Las especies sugeridas como parte de la propuesta se seleccionaron tomando en cuenta las recomendaciones hechas por el Jardín Botánico de Bogotá basadas en características como su altura, el diámetro y forma de su copa; la densidad, tamaño y renovación de sus hojas, las características de su raíz y valores vinculados con la capacidad fijante y absorbente de contaminantes del aire, ruido y viento, además de su valor estético dentro de la composición urbana.

ESPECIES PROPUESTAS DENTRO DEL SISTEMA DE ARBORIZACION PARA LA ZONA DE ESTUDIO (PROPUESTA GENERAL)											
ESPECIE	CARACTERISTICAS FISICAS				CAPTACION		BARRERA FÍSICA		REGULADOR CLIMATICO	PROVISIÓN DE NICHOS	APORTE ESTETICO
	ALTO (m)	COPA (d)	RAIZ	FOLLAJE	Pm	CO ₂	RUIDO	VIENTO			
Caucho Tequendama	15 -20	8 m (d)	Superficial	Caducifolio	B	B	B	B	B	B	B
Caucho Sabanero	15 -20	12 m (d)	Superficial	Caducifolio	B	B	B	B	B	B	B
Jazmín del Cabo	8 - 10	14 m (d)	Profunda	Perenne	B	B	R	R	B	B	B
Alcaparro	6 - 8	5 m (d)	Superficial	Perenne	R	R	R	R	R	R	B
Sietecueros	8 - 10	8 m (d)	Profunda	Perenne	R	R	R	R	R	R	B
Falso Pimiento	10 - 12	8 m (d)	Superficial	Perenne	R	R	R	R	R	R	B

d = diámetro, B = Bueno, R = Regular, M = Malo

Tabla 23. Especies propuestas dentro del sistema de arborización para la zona de estudio (propuesta general). Fuente: Elaboración propia basada en el trabajo de la Arq. Diana Wiesner (<http://dianawiesner.com/>) y del Jardín Botánico de Bogotá. (2019)

La importancia del arbolado público se asocia no solamente al mejoramiento de la calidad del aire urbano como ya se mencionó, también ayuda en la mejora de las condiciones de confort térmico gracias al restablecimiento de los procesos de evapotranspiración y al incremento de las

superficies sombreadas; contribuye aunque de manera menos eficiente en la mitigación del ruido, reconstruye relaciones naturales por medio de la provisión de nichos ecológicos y del aumento de la biodiversidad, embellece corredores de ciclorutas y otros espacios públicos hecho que cambia la percepción de y sensibilidad de los ciclistas hacia los mismos.

3.5 Mejoramiento del confort térmico en las ciclorutas urbanas.

En este caso la estrategia de diseño más eficiente nuevamente se relaciona con el aumento de superficies verdes y del volumen de árboles, gracias a sus propiedades reguladoras de la temperatura sobre los ejes de cicloruta. Las superficies verdes permiten una mejor absorción del calor provocado por la radiación incidente en el suelo, disminuyendo la cantidad de radiación reflejada nuevamente al medio, esto las convierte en elementos termorreguladores que mejoran el clima de la ciudad.

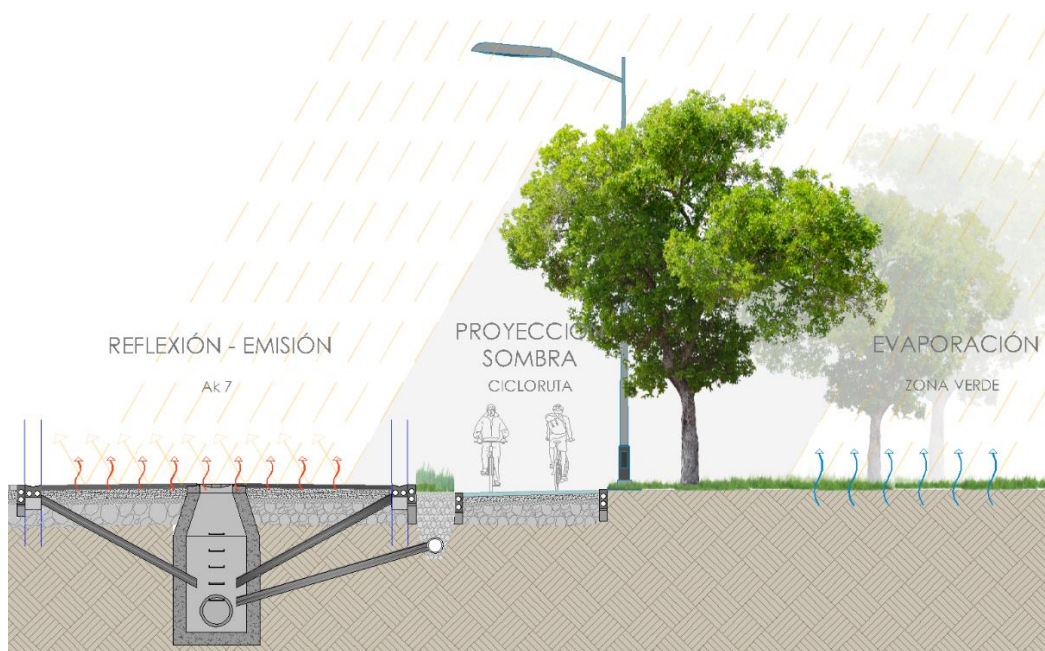


Gráfico 67. Esquema de proyección de sombra y respuesta térmica del suelo (caso de estudio).
Fuente: Elaboración propia. (2019)

Los árboles por su parte fortalecen la generación de microclimas debido al proceso de evapotranspiración fecundando ambientes más fríos y húmedos con mayor estabilidad térmica,

así mismo la mayor provisión de sombra evita que los ciclistas urbanos absorban directamente la energía radiante que viene del sol hecho que facilita su desempeño en función del esfuerzo físico que realizan y de otras afectaciones para la salud como el cáncer de piel provocado por la exposición a niveles excesivos de radiación solar. Aunque en este caso no se contemplan dentro de la propuesta de diseño, se pueden utilizar elementos artificiales que generen sombra sobre la cicloruta en casos donde la arborización no sea posible.



Gráfico 68. Aprovechamiento de la sombra de los árboles sobre la cicloruta como protección ante la radiación directa (caso de estudio). Fuente: Elaboración propia. (2019)

3.6 Acústica urbana.

Como parte del ejercicio de diseño realizado para el caso de estudio en virtud del mejoramiento del confort acústico del sector y del tramo de cicloruta que contiene, como estrategia se plantea la incorporación de tramos subterráneos de vías para automotores, específicamente el recorrido que de la Ak 10 realiza entre las calles Cl 26B y Cl 31 hoy en día subterranizado únicamente para el sistema de transporte público Transmilenio. Los tramos subterráneos de vía reducen sustancialmente el ruido ambiental, debido a que el principal actor generador de ruido urbano es

3.7 Mejoramiento del recorrido de la cicloruta.

3.7.1 Recorridos más directos, cómodos, seguros y atractivos.

Con relación al recorrido de la cicloruta caso de estudio, se plantea el mejoramiento de la sección en función de las recomendaciones hechas por CROW (2011) en cuanto a ser directa, segura, cómoda y atractiva. Para ser directa se modificó el recorrido de la cicloruta de tal modo que se favoreciera el esfuerzo de los ciclistas con una menor distancia a recorrer y un menor tiempo para lo mismo, con esta medida se pasa de tener un recorrido discontinuo en Z (3 tramos) de 658.02 m a uno lineal continuo de 580.07 m, esto debería verse reflejado en menores tiempos de tránsito.

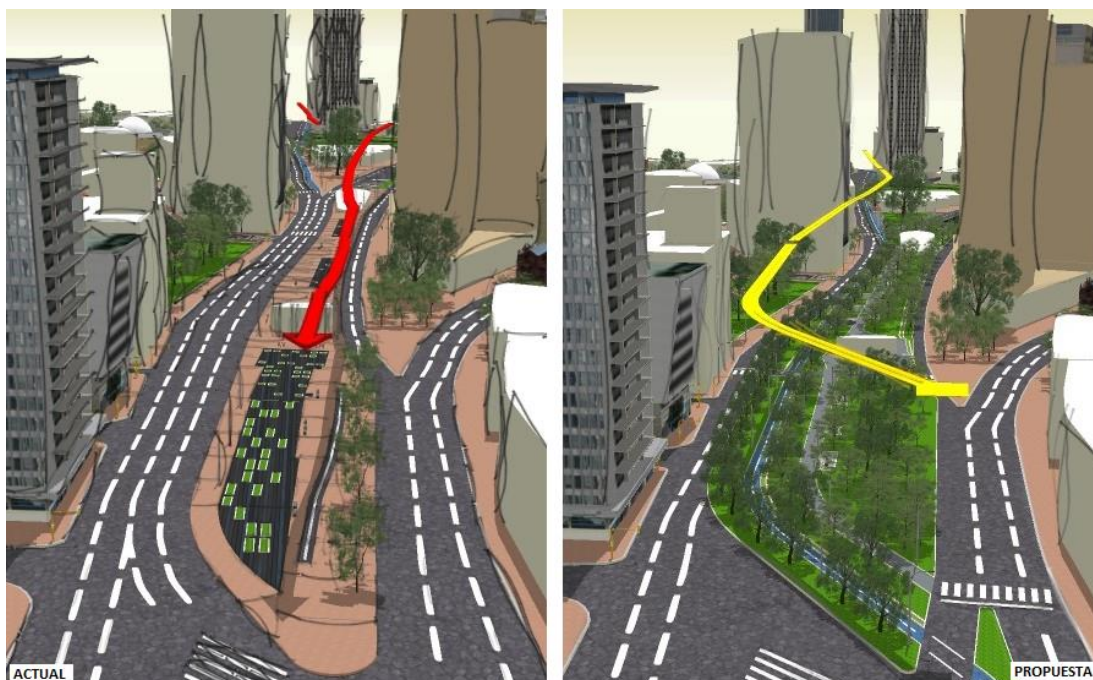


Gráfico 70. Reconfiguración del recorrido de la cicloruta (caso de estudio). Fuente: Elaboración propia. (2019)

Ser segura implica la mitigación del riesgo de accidentes en el tránsito de las bicicletas, para esto al plantearse un recorrido directo y segregado como parte de la propuesta de diseño se disminuye la generación de escenarios conflictivos compartidos con otros actores viales,

adicionalmente al mejorar la eficiencia del alumbrado público paralela al eje de la cicloruta, se aumenta la posibilidad de ver y ser visto especialmente en horas de la noche cuando crece la percepción de inseguridad por robo. Los materiales y técnicas constructivas también contribuyen en el mejoramiento de la seguridad sobre los ejes de la ciclovía; ofrecer superficies de rodamiento como se propone, con acabados continuos y permeables con pendientes que faciliten la evacuación del agua evitando el apozamiento de los fluidos sobre la vía mejoran la adherencia de las bicicletas minimizando el riesgo de accidentes por deslizamiento.



Gráfico 71. Esquema de segregación de tránsito por actor vial (caso de estudio). Fuente: Elaboración propia. (2019)

Segregar el tránsito de los bici-usuarios además de seguro también es cómodo sobre todo si se hace sobre infraestructura diseñada teniendo en cuenta dimensiones, pendientes (no en este caso), y radios de curva adecuados que minimizan el esfuerzo realizado por los ciclistas; los materiales igualmente aportan en este sentido teniendo en cuenta que la rigidez de las bicicletas se transmite directamente al ciclista de forma molesta, para esto se propone recubrir el 100% de la superficie de rodamiento con concreto permeable eliminando las superficies adoquinadas incómodas para transitar utilizadas actualmente, adicionalmente la uniformidad del material

también facilita la lectura del recorrido. Las líneas de arborización dispuestas a los lados de la cicloruta buscan hacerla más cómoda desde la provisión de sombra y de protección contra los vientos especialmente aquellos que penetran lateralmente.



Gráfico 72. Continuidad en la lectura del recorrido de la cicloruta (caso de estudio). Fuente: Elaboración propia. (2019)

3.7.2 Mejorar la iluminación nocturna

Es importante proveer una red de iluminación que acate con los patrones mínimos propuestos por la normativa nacional buscando niveles adecuados para el tránsito de las bicicletas en condiciones nocturnas, esta estrategia se liga directamente con la anterior modificando la percepción de comodidad y seguridad.

3.7.3 Mejorar la red de mobiliario público.

Proveer una red de apoyo para el bici-usuario a la propuesta de diseño se convierte en una estrategia importante que normalmente no es tomada en cuenta, los ciclistas deben tener la

posibilidad de acceder fácilmente a servicios de alimentación, hidratación, refacción, parqueo y descanso; de este modo la propuesta integra entre otras estas posibilidades a la red de mobiliario público como medio para su oferta.

3.8 Accesibilidad

Producto del estudio del concepto de accesibilidad universal (diseño universal), se plantea como estrategia la eliminación de cualquier barrera urbanística que impida la libre utilización y disfrute por parte de cualquier tipo de usuario tanto del eje de la cicloruta como del espacio inmediato a este de manera libre y segura. Para esto se suprime cualquier tipo de desnivel que no responda a necesidades propias de la pendiente del terreno o al direccionamiento de fluidos superficiales, se elimina elementos como bolardos, separadores plásticos y bordillos que además de interrumpir la libre circulación convirtiéndose en elementos peligrosos para los ciclistas, deterioran la calidad del paisaje urbano, con materiales seguros y duraderos que exijan poco mantenimiento.

CONCLUSIONES

La construcción de una base teórica para esta investigación definida por los conceptos de medio ambiente, paisaje urbano, movilidad y accesibilidad, facilita dentro de la temática establecida, el abordaje y explicación de fenómenos relacionados con el problema de estudio; este proceso inicial permite identificar atributos relevantes dentro de las categorías ambiental y paisajística, sus efectos positivos o negativos, y el nivel de relevancia a corto, mediano y largo plazo en los ciclistas urbanos; esto dentro de la etapa de planteamiento de estrategias de evaluación en la red de ciclorutas entorno a lo cual gira el objetivo general de esta investigación.

La identificación y evaluación de indicadores ambientales y paisajísticos se convierte en un insumo vital a la hora de construir el concepto de sostenibilidad urbana (modelos de ciudades sostenibles), su importancia radica en la capacidad de cuantificar el impacto a partir de la obtención de datos objetivos, confiables y comparables, desde los cuales se pueden establecer metas que promuevan el mejoramiento de las condiciones ambientales y paisajísticas entorno a la red de ciclorutas que promuevan volúmenes más altos de utilización de la bicicleta como medio de transporte alternativo en la ciudad. Además, se debe reconocer que este tipo de tareas conllevan niveles altos de complejidad a raíz de la amplitud del tema cuando se lleva a escalas metropolitanas, razón por la cual es absolutamente necesario conformar equipos interdisciplinarios que aborden dichas labores.

La construcción de una matriz de indicadores ambientales y paisajísticos se convierte en el eje fundamental para el desarrollo del proyecto ya que esta nace de un proceso previo de apropiación conceptual, para luego convertirse en el insumo a partir del cual se proyecta cada una de las estrategias de diseño aplicables al eje de infraestructura para el tránsito de bicicletas y a espacio público inmediato a esta.

Con el fin de responder al objetivo de la investigación, la matriz de evaluación agrupa una serie de indicadores dentro de las categorías de medio ambiente y paisaje, a partir de lo cual se concluye lo siguiente.

El fortalecimiento de la red arbórea cumple un papel primordial en el mejoramiento de la calidad ambiental de la ciudad, al brindar beneficios importantes vinculados con variables como la calidad del aire, la recuperación del ciclo hídrico, el fortalecimiento de las condiciones y estructura del suelo, la regulación de la temperatura y la mitigación del ruido ambiental; también fortalece la sensibilidad urbana de los ciclistas vista desde la calidad del paisaje urbano y su composición.

Como respuesta a estándares internacionales sugeridos por la OMS que contemplan la relación de un árbol por cada tres habitantes (1 : 3), los resultados de la investigación permitieron pasar de tener un árbol por cada catorce habitantes (1:14) a un escenario propuesto que aporta un árbol por cada cuatro habitantes (1 : 3.87), en este caso, aunque se acerca mucho al valor deseado no se logra cumplir con la meta en parte porque cada especie de árbol contempla una serie de características físicas en cuanto a su altura, el tamaño de su copa, la densidad de su follaje, o la profundidad y tamaño de su raíz; atendiendo a esto, se hace necesario atender a las recomendaciones hechas por profesionales del tema como ingenieros forestales, ambientales, paisajistas o entidades como el Jardín Botánico ya que saturar inadecuadamente el espacio público puede generar graves afectaciones a la infraestructura vial, de redes de servicios públicos o para la seguridad de los ciclistas urbanos.

Con relación a la calidad del aire urbano se pudo establecer que la mayor parte de las afectaciones negativas producidas por la contaminación sobre los ciclistas urbanos son atribuibles a tres elementos principalmente, el material particulado (Pm_{10} y $Pm_{2,5}$), el ozono (O_3)

y el óxido nitroso (N_2O), especialmente el primero este primero. Así mismo es importante aclarar que los efectos nocivos producidos por la mala calidad del aire sobre los bici-usuarios pueden manifestarse más profunda y rápidamente consecuencia del consumo de mayores volúmenes de aire producto del esfuerzo físico que realizan. Aunque el fortalecimiento de la red arbórea contribuye en el mejoramiento de la calidad del aire es claro que esto debe estar acompañado por políticas públicas que controlen la cantidad de emisiones contaminantes producidas por la industria y los vehículos promoviendo el uso de fuentes de energía y medios de transporte alternativos como la bicicleta.

El análisis de permeabilidad del suelo inicialmente permite identificar la necesidad de proponer un sistema de materiales que brinde mayores índices de permeabilidad del suelo para el caso de estudio, esta medida promueve la reconstrucción del ciclo del agua y de sus efectos benéficos para la ciudad a través del fortalecimiento del proceso de la evapotranspiración. Como parte de la propuesta se logra un aumento de 41 puntos con relación al estado actual, pasando de un índice de 0,08 a un índice de 0,49 alcanzando los niveles esperados deseables sugeridos. Contar con un sistema de suelos más permeables mejora la seguridad en el tránsito de los ciclistas urbanos, y les aporta sumado al sistema de arborización espacios más cómodos y estables térmicamente.

La creciente tendencia por la impermeabilización del suelo urbano ha hecho del manejo del agua un tema complejo lo cual hace necesario sumado al mejoramiento en los índices de permeabilidad del suelo, la incorporación de redes eficientes que eviten la presencia de grandes volúmenes de escorrentía sobre los ejes de la cicloruta; para esto se han desarrollado sistemas de drenajes sostenibles que dirigen la absorción de cierto porcentaje del agua hacia el suelo natural evitando que la red tradicional colapse; en ese sentido esta investigación resulta en una situación

favorable para el conocimiento de nuevas técnicas de drenaje urbano amigables con el medio ambiente dentro de las cuales se encuentran los Rain Gardens.

El confort térmico y acústico es otro factor importante que debe ser tenido en cuenta a la hora de construir estrategias de diseño vinculadas con la red de ciclorutas. En este caso se debe decir que las costumbres constructivas actuales fortalecen los efectos de la isla de calor en la ciudad, producto de la utilización de materiales poco permeables para el recubrimiento del suelo (ver gráfico 7) y de la poca arborización del espacio público, generadora de sombras. Proponer sistemas de recubrimiento del suelo más permeables con mayor presencia de arborización mejora las condiciones térmicas tanto de las ciclorutas como de los espacios ligados a estas mitigando efectos de la isla de calor mediante la construcción de ambientes más estables térmicamente.

Con relación al ruido se debe agregar que rompe con la tranquilidad en el tránsito de los ciclistas, esto se puede ver reflejado en mayores índices de accidentalidad o de confrontación con otros actores viales; a pesar de esto su manejo es complejo ya que medidas como la densificación de la vegetación de mediano y gran porte ayudan, pero no son del todo eficaces, y las que pueden ser eficientes son demasiado costosas, tal es el caso de la subterranización del tráfico. La evaluación realizada permite establecer que los mayores causantes de ruido en la zona de estudio son los motores de los vehículos grandes como buses y camiones de modelos viejos, las motocicletas cuyo tránsito generó los mayores picos medidos con valores superiores a los 90 dB y las bocinas (pitos) vehiculares, en este caso la cultura de los conductores juega un papel primordial basada en el respeto hacia los ciclistas.

En cuanto a la infraestructura vial de ciclorutas, es evidente que el manejo segregado de la misma favorece su promoción, al hacerla más directa con la reducción de distancias y tiempos, más cómoda al mejorar la percepción de tranquilidad y minimizar molestias producidas por la

discontinuidad del recorrido y de los materiales de recubrimiento, y más segura al minimizar la cantidad de cruces con otros actores viales.

Con relación a la accesibilidad es importante que se facilite el acceso de los ciclistas urbanos a servicios de apoyo o de interconexión con otros medios de transporte dentro del sistema urbano convirtiendo a la bicicleta un conector en vez de una barrera, además de brindar en cuanto a la infraestructura, condiciones adecuadas para la utilización de las ciclorutas y de su espacio público de apoyo por parte de cualquier tipo de usuario.

Finalmente es importante decir que la estructuración y evaluación de indicadores urbanos de sostenibilidad se convierte en el principal insumo a tener en cuenta a la hora de construir modelos de ciudades sostenibles ya que permiten caracterizar fenómenos mediante la cuantificación de impactos (ambientales, sociales o económicos), a partir de los cuales se pueden comenzar a generar estrategias de mitigación o promoción.

BIBLIOGRAFIA

- Agencia de Ecología Urbana de Barcelona, Red de Redes de Desarrollo Local Sostenible. (2010). *Sistema de indicadores y condicionantes para ciudades grandes y medianas*. Madrid, España.
- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (s.f.). EPA. Obtenido de <https://espanol.epa.gov/espanol/inundaciones>
- Aguilera Martínez, F. A. (2019). *Del patrón al modelo, recomposición del borde. Caso de estudio borde periurbanode Bogotá, territorio de Usme(tesis doctoral, inédita, universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco)*. Ciudad de México, México.
- Aguilera Martínez, F. A. (2013). Transformación de ciudades deshumanizadas a ciudades inteligentes. *ARKA Revista de arquitectura, Vol 4.*, 158.
- Aguilera Martínez, F. A., & Sarmiento Valdés, F. (2019). *El borde urbano como territorio complejo. Reflexiones para su ocupación*. Bogotá D.C., Colombia: Universidad Católica de Colombia.
- Aguilera Martínez, F. A., & Sarmiento Valdés, F. A. (2018). Aproximación conceptual al modelo de capacidad de carga. *AUS Revista de Arquitectura No 24.*, 78.
- Bianconi, A. S., & Victoria Uribe, R. (2012). La vegetación como parte de la sustentabilidad urbana. Toluca, México.
- BOE, B. O. (1993). Ley de promoción de la accesibilidad y supresión de barreras arquitectónicas. Madrid, España.
- Bogotá Como Vamos. (2016). *Informe de Calidad de Vida en Bogota*. Bogotá, Colombia.
- Bogotá Como Vamos. (Febrero de 2017). Obtenido de <http://www.bogotacomovamos.org/documentos/5116/>
- Bogotá, A. m. (2017). *Reporte técnico de indicadores de espacio público*. Bogotá.
- Camacho Barreiro, A., & Ariosa Roche, L. (2000). *Diccionario de Términos Ambientales*. La Habana: Acuario.
- CEPAL - PNUMA. (1979). *Estilos de Desarrollo y Medio Ambiente en America Latina*. Santiago de Chile, Chile.
- Comisión Mundial del Medio Ambiente y desarrollo - ONU. (1987). *Informe Brundtland*. Oslo, Noruega.
- Consejo de Europa. (2000). *Convenio Europeo del Paisaje*. Florencia, Italia.

- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR. (2007). *MAPA DE RUIDO*. Cundinamarca. Bogotá, Colombia.
- Corporacion Ciudad Accesible. (2010). *Manual de Accesibilidad Universal*. Santiago de Chile, Chile.
- CROW. (2006). *Manual de Diseño para el tráfico de bicicletas*. Ede, Holanda: Fiets Beraad.
- CROW. (2011). *Manual de diseño para el trafico de bicicletas*. Ede, Holanda: Crow.
- Cullen, G. (1974). *El paisaje urbano. Tratado de estetica urbana*. Barcelona, España: Blume.
- Departamento Administrativo de la Defensoria del Espacio Público - DADEP. (2017). *Reporte Técnico de Indicadores de Espacio Público*. Bogotá, Colombia.
- Departamento Nacional de Planeación - DNP. (2012). *CONPES 3718*. Bogotá, Colombia.
- Departamento Nacional de Planeación. (2018). *CONPES 3943*. Bogotá, Colombia.
- Dinero.com. (14 de Noviembre de 2014). *Dinero*. Obtenido de <https://www.dinero.com/empresas/articulo/costo-trancones-colombia/203215>
- European Lung Fundation. (16 de 1 de 2017). *European Lung Fundation*. Recuperado el 24 de 9 de 2019, obtenido de <https://www.europeanlung.org/assets/files/factsheets/ten-top-tips-en.pdf>
- Fundación ONCE. (2011). *Accesibilidad universal y diseño para todos*. Madrid, España: EA Ediciones de Arquitectura.
- Gongora, L. (2010). *Semiótica del paisaje urbano*. Bogotá Colombia: Editorial Pontificia Universidad Javeriana.
- González Gaudiano, E. (30 de 5 de 1999). *Academia Nacional de Educación Ambiental*. Obtenido de <http://anea.org.mx/docs/Gonzalez-EcologiayMedioAmb.pdf>
- Harvey, D. (1989). *The Urban Experience*. Baltimore, Estados Unidos.
- HERNÁNDEZ, Agustín (coord.). *Manual de diseño bioclimático urbano. Recomendaciones para la elaboración de normativas urbanísticas*. Bragança, Portugal: Instituto Politécnico de Bragança, 2013.
- Higueras, E. (1998). *Urbanismo bioclimatico*. Madrid España: Instituto Juan de Herrera.
- IDAE. (2006). *Guía práctica PMUS*. Madrid: IDAE.
- IDEAM. (2012). *Alteraciones de la precipitación y la temperatura ante variabilidad y cambio climático para la ciudad de Bogotá*. Bogotá, Colombia.
- IDEMAN - PNUD. (2016). *Conocer: el primer paso para adaptarse*. Bogotá, Colombia: Zetta Comunicadores S.A.
- INRIX. (Febrero de 2019). *Global Traffic Scorecard*. Kirkland. Londres, Inglaterra.

- Instituto Universitario del Agua y de las Ciencias Ambientales. (2016). *Técnicas de Drenaje Urbano Sostenible*. Alicante, España.
- Jardín Botánico de Bogotá. (2010). *Arbolado Urbano de Bogotá*. Bogotá D.C, Colombia: Editorial Scripto Gómez y Rosales Asociados Compañía LTDA.
- Life+Respira. (2017). *Gude Book, Medidas para reducir la exposición de los ciclistas a los principales contaminantes atmosféricos urbanos*. Pamplona, España: LICA, Universidad de Navarra.
- Ministerio de Minas y Energía. (2010). *Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público - RETILAP*. Bogotá, Colombia.
- Ministerio de Vienda, Ciudad y Territorio. (2015). *Decreto 1077*. Bogotá, Colombia.
- MINTRANSPORTE. (2016). *Ministerio de Transporte de Colombia. Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas*. Bogotá D.C.: Despacio, Gea21.
- Mutis, J. B. (2010). *Arbolado urbano de Bogotá*. Bogotá, Colombia: Editorial Scripto Gómez y Rosales Asociados Compañía LTDA.
- Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía - OSMAN. (6 de 7 de 2016). *OSMAN*. Obtenido de <http://www.osman.es/project/urbanismo-medio-ambiente-y-salud/>
- Observatorio de Salud y Medioambiente de Andalcía - OSMAN. (s.f). *Observatorio de Salud y Medioambiente de Andalcía - OSMAN*. Obtenido de https://www.osman.es/download/guias/osman/ruido_salud_osman.pdf
- OMS. (2018). *Organización Mundial de la salud*. Obtenido de [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- ONU. (1948). Declaración universal de derechos humanos. París, Francia.
- ONU. (2004). Carta Mundial por el Derecho a la Ciudad. *Paz y Conflictos*, 191.
- Organización Mundial de la Salud - OMS. (2006). *Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno, y el dióxido de azufre. Actualización mundial 2005*. Ginebre, Suiza: OMS.
- Organización Mundial de la Salud - OMS. (2 de 5 de 2018). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- OSMAN. (s.f). *Urbanismo, medio ambiente y salud*. Andalucía, España.
- Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá. (s.f.). *RM CAB*. Obtenido de <http://201.245.192.252:81/home/text/1506>
- Rodríguez, L. C., & Ferro Cisneros, S. A. (2015). *La problemática del diseño con árboles en vías urbanas: "verde con pespuntos negros"*.

- Rueda Palenzuela, S. (2012). *Libro Verde de Sostenibilidad Urbana y Local en la Era de la Información*. Madrid, España: Centro de publicaciones del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- Rueda, S. (2008). *Plan Especial de Indicadores de Sostenibilidad Ambiental de la Actividad Urbanística de Sevilla*. Barcelona, España.
- Rueda, S. (2010). *Plan de Indicadores de Sostenibilidad Urbana de Vitoria Gasteiz*. Vitoria Gasteiz, España.
- Secretaría de Ambiente. (18 de 06 de 2014). *bogota.gov.co*. Obtenido de <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/ambiente/conozca-los-puntos-criticos-por-causa-del-ruido-en-la-capital>
- Selga, J. (Abril de 2010). *Diseño de la ciudad*. Obtenido de <https://www.disenodelaciudad.es/arbol-en-diseno-urbano/>
- Sistema de Información Ambiental de Colombia - SIAC. (s.f.). *Sistema de Información Ambiental de Colombia - SIAC*. Obtenido de <http://www.siac.gov.co/clima>
- Tumini, I. (s.f.). *Estrategias para reducción del efecto isla de calor en los espacios urbanos*. España.
- UNESCO. (2004). *Programa de Desarrollo de Capacidades para el Caribe. Modulo 4, Gestión de Paisajes Culturales*. La Habana, Cuba.
- Universidad Rey Juan Carlos. (s.f.). *Universidad Rey Juan Carlos on line*. Obtenido de <https://urjconline.atavist.com/nociones-bsicas-de-accesibilidad-universal-y-diseo-para-todos>
- Vega, P. (2017). *Los planes de Movilidad urbana Sostenible (PMUS) Balance desde la perspectiva ecologista*. Madrid, España: Ecologistas en Acción.
- Wiesner Ceballos, D. (s.f.). *Dianawiesner.com*. Obtenido de http://dianawiesner.com/?page_id=1487

FACULTAD DE DISEÑO
MAESTRÍA EN DISEÑO SOSTENIBLE
BOGOTÁ D.C.

LICENCIA CREATIVE COMMONS:

Atribución		Atribución no comercial	X	Atribución no comercial sin derivadas	
Atribución no comercial compartir igual		Atribución sin derivadas		Atribución compartir igual	

AÑO DE ELABORACIÓN: 2020

TÍTULO: Evaluación ambiental y paisajística desde el diseño de estrategias para el sistema de ciclorutas de la ciudad de Bogotá D.C.

AUTOR (ES):

Muñoz Martínez, Antonio José de Jesús

DIRECTOR(ES)/ASESOR(ES):

Aguilera Martínez, Fabián Adolfo

MODALIDAD: Tesis de maestría.

PÁGINAS:	163	TABLAS:	23	CUADROS:		FIGURAS:	72	ANEXOS:	
-----------------	------------	----------------	-----------	-----------------	--	-----------------	-----------	----------------	--

CONTENIDO:

INTRODUCCIÓN

1. MARCO TEORICO
2. CARACTERIZACION DEL LUGAR
3. ESTRATEGIAS DE DISEÑO SOSTENIBLE PARA CICLORUTAS

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

DESCRIPCIÓN:

Este proyecto de investigación tiene como propósito profundizar en el diseño de estrategias para la evaluación del sistema de ciclorutas de la ciudad de Bogotá D.C, desde el componente ambiental y paisajístico; la escogencia de este tema está basada en la necesidad de promover el uso de alternativas diferentes de transporte como la bicicleta, articuladora dentro de un sistema multimodal en contraposición al modelo tradicional de transporte urbano basado en el automóvil particular. Para esto, partiendo de una fase de recopilación y análisis de información relevante y enmarcando intereses en un sector céntrico de la ciudad conocido tradicionalmente como el Centro Internacional (Ak 7 entre Cl 26b y Cl 31) se procede a la evaluación de una serie de indicadores de sostenibilidad urbana seleccionados previamente cuyo resultado permite construir una imagen real del problema en cuestión y la categorización de su impacto en el diseño urbano. Finalmente, en una fase propositiva se sugieren algunas medidas de diseño urbano a modo de esquemas que permiten establecer diferencias significativas dentro de un proceso comparativo entre el escenario actual y uno probable a partir de estándares normativos nacionales e internacionales aplicables al tema. Este proceso permite concluir que la cuantificación, categorización y comparación del impacto expone la relevancia de la evaluación de indicadores de sostenibilidad como el insumo más importante desde el cual se construye el concepto de sostenibilidad urbana.

METODOLOGÍA:

Como parte del proceso de búsqueda de los objetivos planteados para este proyecto, la metodología de trabajo propuesta responde a un modelo de investigación deductivo por el cual se pretende llegar a una serie de conclusiones vinculadas a la evaluación y diseño de ciclorutas urbanas a partir de la profundización de los conceptos generales propuestos como base de esta; con este fin y de manera específica se procede al desarrollo de tres fases metodológicas que comprenden el análisis, la evaluación y la proposición.

Durante el periodo de análisis, el trabajo realizado se enfoca en recolectar, reconocer y examinar información relevante para la construcción de una imagen real del problema asociado al deterioro ambiental y paisajístico del sistema de ciclorutas de la ciudad, vinculando al proceso actividades como la búsqueda y lectura de fuentes secundarias bibliográficas, la revisión de referentes, la investigación de antecedentes y la percepción propia en el sitio. Como resultado se pretende construir un marco que sirva de referencia conceptual propia como elemento orientador de la investigación, permitiendo visualizar evidencias del impacto generado por la red de ciclorutas para la ciudad de Bogotá D.C. en su componente ambiental y paisajístico, y su efecto en la promoción en el uso de la bicicleta a nivel urbano.

Con la evaluación se busca establecer el impacto dentro del componente ambiental y paisajístico generado por la red de ciclorutas para la ciudad de Bogotá D.C, y su efecto en la promoción del uso de la bicicleta como medio de transporte alternativo urbano, a partir de la medición de indicadores de sostenibilidad. Dentro de las actividades planeadas para el desarrollo de esta etapa de la investigación se plantea el levantamiento de información ambiental (variables ambientales) y de infraestructura (mobiliario, accesibilidad, seguridad, interconexión) tanto en sitio según

disponibilidad de recursos, como en entidades distritales; la depuración o construcción de bases de datos ambientales, el montaje y procesamiento de datos en programas de diseño asistido CAD, de simulación de variables como DIALux evo y geoestadísticos como QGis y R. Como resultado de esta fase se pretende realizar una caracterización del estado actual del caso de estudio y su comportamiento con relación a estándares de sostenibilidad nacionales e internacionales vinculados a cada uno de los indicadores evaluados.

Finalmente, con la proposición como fase metodológica se pretende realizar la formulación de una serie de estrategias de diseño expresadas en esquemas, que respondan de manera eficientemente en la construcción de un sistema de ciclorutas urbanas capaz de brindar escenarios inclusivos y amigables con el bici - usuario, con la ciudad y con el medio ambiente, como herramienta promotora en el aumento de los porcentajes de utilización de la bicicleta, buscando alcanzar los valores establecidos como referencia deseable o mínima para cada uno de los indicadores de evaluación, en este caso se recurre nuevamente a la utilización de las herramientas de software manejadas en la fase anterior vinculando adicionalmente programas de modelado y renderizado en la construcción de los esquemas gráficos de cada estrategia propuesta.

PALABRAS CLAVE:

VEHÍCULO, TRANSPORTE URBANO, CALIDAD AMBIENTAL, CALIDAD DE VIDA.

CONCLUSIONES:

La construcción de una base teórica para esta investigación definida por los conceptos de medio ambiente, paisaje urbano, movilidad y accesibilidad, facilita dentro de la temática establecida, el abordaje y explicación de fenómenos relacionados con el problema de estudio; este proceso inicial permite identificar atributos relevantes dentro de las categorías ambiental y paisajística, sus efectos positivos o negativos, y el nivel de relevancia a corto, mediano y largo plazo en los ciclistas urbanos; esto dentro de la etapa de planteamiento de estrategias de evaluación en la red de ciclorutas entorno a lo cual gira el objetivo general de esta investigación.

La identificación y evaluación de indicadores ambientales y paisajísticos se convierte en un insumo vital a la hora de construir el concepto de sostenibilidad urbana (modelos de ciudades sostenibles), su importancia radica en la capacidad de cuantificar el impacto a partir de la obtención de datos objetivos, confiables y comparables, desde los cuales se pueden establecer metas que promuevan el mejoramiento de las condiciones ambientales y paisajísticas entorno a la red de ciclorutas que promuevan volúmenes más altos de utilización de la bicicleta como medio de transporte alternativo en la ciudad. Además, se debe reconocer que este tipo de tareas conllevan niveles altos de complejidad a raíz de la amplitud del tema cuando se lleva a escalas metropolitanas, razón por la cual es absolutamente necesario conformar equipos interdisciplinarios que aborden dichas labores.

La construcción de una matriz de indicadores ambientales y paisajísticos se convierte en el eje fundamental para el desarrollo del proyecto ya que esta nace de un proceso previo de apropiación

conceptual, para luego convertirse en el insumo a partir del cual se proyecta cada una de las estrategias de diseño aplicables al eje de infraestructura para el tránsito de bicicletas y a espacio público inmediato a esta.

Con el fin de responder al objetivo de la investigación, la matriz de evaluación agrupa una serie de indicadores dentro de las categorías de medio ambiente y paisaje, a partir de lo cual se concluye lo siguiente.

El fortalecimiento de la red arbórea cumple un papel primordial en el mejoramiento de la calidad ambiental de la ciudad, al brindar beneficios importantes vinculados con variables como la calidad del aire, la recuperación del ciclo hídrico, el fortalecimiento de las condiciones y estructura del suelo, la regulación de la temperatura y la mitigación del ruido ambiental; también fortalece la sensibilidad urbana de los ciclistas vista desde la calidad del paisaje urbano y su composición.

Como respuesta a estándares internacionales sugeridos por la OMS que contemplan la relación de un árbol por cada tres habitantes (1 : 3), los resultados de la investigación permitieron pasar de tener un árbol por cada catorce habitantes (1:14) a un escenario propuesto que aporta un árbol por cada cuatro habitantes (1 : 3.87), en este caso, aunque se acerca mucho al valor deseado no se logra cumplir con la meta en parte porque cada especie de árbol contempla una serie de características físicas en cuanto a su altura, el tamaño de su copa, la densidad de su follaje, o la profundidad y tamaño de su raíz; atendiendo a esto, se hace necesario atender a las recomendaciones hechas por profesionales del tema como ingenieros forestales, ambientales, paisajistas o entidades como el Jardín Botánico ya que saturar inadecuadamente el espacio público puede generar graves afectaciones a la infraestructura vial, de redes de servicios públicos o para la seguridad de los ciclistas urbanos.

Con relación a la calidad del aire urbano se pudo establecer que la mayor parte de las afectaciones negativas producidas por la contaminación sobre los ciclistas urbanos son atribuibles a tres elementos principalmente, el material particulado (Pm10 y Pm2,5), el ozono (O3) y el óxido nitroso (N2O), especialmente el primero este primero. Así mismo es importante aclarar que los efectos nocivos producidos por la mala calidad del aire sobre los bici-usuarios pueden manifestarse más profunda y rápidamente consecuencia del consumo de mayores volúmenes de aire producto del esfuerzo físico que realizan. Aunque el fortalecimiento de la red arbórea contribuye en el mejoramiento de la calidad del aire es claro que esto debe estar acompañado por políticas públicas que controlen la cantidad de emisiones contaminantes producidas por la industria y los vehículos promoviendo el uso de fuentes de energía y medios de transporte alternativos como la bicicleta.

El análisis de permeabilidad del suelo inicialmente permite identificar la necesidad de proponer un sistema de materiales que brinde mayores índices de permeabilidad del suelo para el caso de estudio, esta medida promueve la reconstrucción del ciclo del agua y de sus efectos benéficos para la ciudad a través del fortalecimiento del proceso de la evapotranspiración. Como parte de la propuesta se logra un aumento de 41 puntos con relación al estado actual, pasando de un índice de 0,08 a un índice de 0,49 alcanzando los niveles esperados deseables sugeridos. Contar con un sistema de suelos más permeables mejora la seguridad en el tránsito de los ciclistas urbanos, y les aporta sumado al sistema de arborización espacios más cómodos y estables térmicamente.

La creciente tendencia por la impermeabilización del suelo urbano ha hecho del manejo del agua un tema complejo lo cual hace necesario sumado al mejoramiento en los índices de permeabilidad del suelo, la incorporación de redes eficientes que eviten la presencia de grandes volúmenes de escorrentía sobre los ejes de la cicloruta; para esto se han desarrollado sistemas de drenajes sostenibles que dirigen la absorción de cierto porcentaje del agua hacia el suelo natural evitando que la red tradicional colapse; en ese sentido esta investigación resulta en una situación favorable para el conocimiento de nuevas técnicas de drenaje urbano amigables con el medio ambiente dentro de las cuales se encuentran los Rain Gardens.

El confort térmico y acústico es otro factor importante que debe ser tenido en cuenta a la hora de construir estrategias de diseño vinculadas con la red de ciclorutas. En este caso se debe decir que las costumbres constructivas actuales fortalecen los efectos de la isla de calor en la ciudad, producto de la utilización de materiales poco permeables para el recubrimiento del suelo (ver gráfico 7) y de la poca arborización del espacio público, generadora de sombras. Proponer sistemas de recubrimiento del suelo más permeables con mayor presencia de arborización mejora las condiciones térmicas tanto de las ciclorutas como de los espacios ligados a estas mitigando efectos de la isla de calor mediante la construcción de ambientes más estables térmicamente.

Con relación al ruido se debe agregar que rompe con la tranquilidad en el tránsito de los ciclistas, esto se puede ver reflejado en mayores índices de accidentalidad o de confrontación con otros actores viales; a pesar de esto su manejo es complejo ya que medidas como la densificación de la vegetación de mediano y gran porte ayudan, pero no son del todo eficaces, y las que pueden ser eficientes son demasiado costosas, tal es el caso de la subterranización del tráfico. La evaluación realizada permite establecer que los mayores causantes de ruido en la zona de estudio son los motores de los vehículos grandes como buses y camiones de modelos viejos, las motocicletas cuyo tránsito generó los mayores picos medidos con valores superiores a los 90 dB y las bocinas (pitos) vehiculares, en este caso la cultura de los conductores juega un papel primordial basada en el respeto hacia los ciclistas.

En cuanto a la infraestructura vial de ciclorutas, es evidente que el manejo segregado de la misma favorece su promoción, al hacerla más directa con la reducción de distancias y tiempos, más cómoda al mejorar la percepción de tranquilidad y minimizar molestias producidas por la discontinuidad del recorrido y de los materiales de recubrimiento, y más segura al minimizar la cantidad de cruces con otros actores viales.

Con relación a la accesibilidad es importante que se facilite el acceso de los ciclistas urbanos a servicios de apoyo o de interconexión con otros medios de transporte dentro del sistema urbano convirtiendo a la bicicleta un conector en vez de una barrera, además de brindar en cuanto a la infraestructura, condiciones adecuadas para la utilización de las ciclorutas y de su espacio público de apoyo por parte de cualquier tipo de usuario.

Finalmente es importante decir que la estructuración y evaluación de indicadores urbanos de sostenibilidad se convierte en el principal insumo a tener en cuenta a la hora de construir modelos de ciudades sostenibles ya que permiten caracterizar fenómenos mediante la cuantificación de

impactos (ambientales, sociales o económicos), a partir de los cuales se pueden comenzar a generar estrategias de mitigación o promoción.

FUENTES:

Agencia de Ecología Urbana de Barcelona, Red de Redes de Desarrollo Local Sostenible. (2010). Sistema de indicadores y condicionantes para ciudades grandes y medianas. Madrid, España.

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (s.f.). EPA. Obtenido de <https://espanol.epa.gov/espanol/inundaciones>

Aguilera Martínez, F. A. (2019). Del patrón al modelo, recomposición del borde. Caso de estudio borde periurbanode Bogotá, territorio de Usme(tesis doctoral, inedita, universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco). Ciudad de México, México.

Aguilera Martínez, F. A. (2013). Transformación de ciudades deshumanizadas a ciudades inteligentes. ARKA Revista de arquitectura, Vol 4., 158.

Aguilera Martínez, F. A., & Sarmiento Valdés, F. (2019). El borde urbano como territorio complejo. Reflexiones para su ocupación. Bogotá D.C., Colombia: Universidad Católica de Colombia.

Aguilera Martínez, F. A., & Sarmiento Valdés, F. A. (2018). Aproximación conceptual al modelo de capacidad de carga. AUS Revista de Arquitectura No 24., 78.

Bianconi, A. S., & Victoria Uribe, R. (2012). La vegetación como parte de la sustentabilidad urbana.Toluca, México.

BOE, B. O. (1993). Ley de promoción de la accesibilidad y supresión de barreras arquitectónicas. Madrid, España.

Bogotá Como Vamos. (2016). Informe de Calidad de Vida en Bogota. Bogotá, Colombia.

Bogotá Como Vamos. (Febrero de 2017). Obtenido de <http://www.bogotacomovamos.org/documentos/5116/>

Bogotá, A. m. (2017). Reporte técnico de indicadores de espacio público. Bogotá.

Camacho Barreiro, A., & Ariosa Roche, L. (2000). Diccionario de Términos Ambientales. La Habana: Acuario.

CEPAL - PNUMA. (1979). Estilos de Desarrollo y Medio Ambiente en America Latina. Santiago de Chile, Chile.

Comisión Mundial del Medio Ambiente y desarrollo - ONU. (1987). Informe Brundtland. Oslo, Noruega.

Consejo de Europa. (2000). Convenio Europeo del Paisaje. Florencia, Italia.

- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR. (2007). MAPA DE RUIDO. Cundinamarca. Bogotá, Colombia.
- Corporación Ciudad Accesible. (2010). Manual de Accesibilidad Universal. Santiago de Chile, Chile.
- CROW. (2006). Manual de Diseño para el tráfico de bicicletas. Ede, Holanda: Fiets Beraad.
- CROW. (2011). Manual de diseño para el tráfico de bicicletas. Ede, Holanda: Crow.
- Cullen, G. (1974). El paisaje urbano. Tratado de estética urbana. Barcelona, España: Blume.
- Departamento Administrativo de la Defensoría del Espacio Público - DADEP. (2017). Reporte Técnico de Indicadores de Espacio Público. Bogotá, Colombia.
- Departamento Nacional de Planeación - DNP. (2012). CONPES 3718. Bogotá, Colombia.
- Departamento Nacional de Planeación. (2018). CONPES 3943. Bogotá, Colombia.
- Dinero.com. (14 de Noviembre de 2014). Dinero. Obtenido de <https://www.dinero.com/empresas/articulo/costo-trancones-colombia/203215>
- European Lung Foundation. (16 de 1 de 2017). European Lung Foundation. Recuperado el 24 de 9 de 2019, obtenido de <https://www.europeanlung.org/assets/files/factsheets/ten-top-tips-en.pdf>
- Fundación ONCE. (2011). Accesibilidad universal y diseño para todos. Madrid, España: EA Ediciones de Arquitectura.
- Gongora, L. (2010). Semiótica del paisaje urbano. Bogotá Colombia: Editorial Pontificia Universidad Javeriana.
- González Gaudiano, E. (30 de 5 de 1999). Academia Nacional de Educación Ambiental. Obtenido de <http://anea.org.mx/docs/Gonzalez-EcologiyMedioAmb.pdf>
- Harvey, D. (1989). The Urban Experience. Baltimore, Estados Unidos.
- HERNÁNDEZ, Agustín (coord.). Manual de diseño bioclimático urbano. Recomendaciones para la elaboración de normativas urbanísticas. Bragança, Portugal: Instituto Politécnico de Bragança, 2013.
- Higueras, E. (1998). Urbanismo bioclimático. Madrid España: Instituto Juan de Herrera.
- IDAE. (2006). Guía práctica PMUS. Madrid: IDAE.
- IDEAM. (2012). Alteraciones de la precipitación y la temperatura ante variabilidad y cambio climático para la ciudad de Bogotá. Bogotá, Colombia.
- IDEMAN - PNUD. (2016). Conocer: el primer paso para adaptarse. Bogotá, Colombia: Zetta Comunicadores S.A.
- INRIX. (Febrero de 2019). Global Traffic Scorecard. Kirkland. Londres, Inglaterra.

Instituto Universitario del Agua y de las Ciencias Ambientales. (2016). Técnicas de Drenaje Urbano Sostenible. Alicante, España.

Jardín Botánico de Bogotá. (2010). Arbolado Urbano de Bogotá. Bogotá D.C, Colombia: Editorial Scripto Gómez y Rosales Asociados Compañía LTDA.

Life+Respira. (2017). Gude Book, Medidas para reducir la exposición de los ciclistas a los principales contaminantes atmosféricos urbanos. Pamplona, España: LICA, Universidad de Navarra.

Ministerio de Minas y Energía. (2010). Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público - RETILAP. Bogotá, Colombia.

Ministerio de Vienda, Ciudad y Territorio. (2015). Decreto 1077. Bogotá, Colombia.

MINTRANSPORTE. (2016). Ministerio de Transporte de Colombia. Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas. Bogotá D.C.: Despacio, Gea21.

Mutis, J. B. (2010). Arbolado urbano de Bogotá. Bogotá, Colombia: Editorial Scripto Gómez y Rosales Asociados Compañía LTDA.

Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía - OSMAN. (6 de 7 de 2016). OSMAN. Obtenido de <http://www.osman.es/project/urbanismo-medio-ambiente-y-salud/>

Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía - OSMAN. (s.f).

Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía - OSMAN. Obtenido de https://www.osman.es/download/guias/osman/ruido_salud_osman.pdf

OMS. (2018). Organización Mundial de la salud. Obtenido de [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

ONU. (1948). Declaración universal de derechos humanos. París, Francia.

ONU. (2004). Carta Mundial por el Derecho a la Ciudad. Paz y Conflictos, 191.

Organización Mundial de la Salud - OMS. (2006). Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno, y el dióxido de azufre. Actualización mundial 2005. Ginebra, Suiza: OMS.

Organización Mundial de la Salud - OMS. (2 de 5 de 2018). Organización Mundial de la Salud. Obtenido de [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

OSMAN. (s.f). Urbanismo, medio ambiente y salud. Andalucía, España.

Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá. (s.f.). RMCAB. Obtenido de <http://201.245.192.252:81/home/text/1506>

Rodríguez, L. C., & Ferro Cisneros, S. A. (2015). La problemática del diseño con árboles en vías urbanas: "verde con respuntes negros".

Rueda Palenzuela, S. (2012). Libro Verde de Sostenibilidad Urbana y Local en la Era de la Información. Madrid, España: Centro de publicaciones del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Rueda, S. (2008). Plan Especial de Indicadores de Sostenibilidad Ambiental de la Actividad Urbanística de Sevilla. Barcelona, España.

Rueda, S. (2010). Plan de Indicadores de Sostenibilidad Urbana de Vitoria Gasteiz. Vitoria Gasteiz, España.

Secretaría de Ambiente. (18 de 06 de 2014). bogota.gov.co. Obtenido de <https://bogota.gov.co/mi-ciudad/ambiente/conozca-los-puntos-criticos-por-causa-del-ruido-en-la-capital>

Selga, J. (Abril de 2010). Diseño de la ciudad. Obtenido de <https://www.disenodelaciudad.es/arbol-en-diseno-urbano/>

Sistema de Información Ambiental de Colombia - SIAC. (s.f.). Sistema de Información Ambiental de Colombia - SIAC. Obtenido de <http://www.siac.gov.co/clima>

Tumini, I. (s.f). Estrategias para reducción del efecto isla de calor en los espacios urbanos. España.

UNESCO. (2004). Programa de Desarrollo de Capacidades para el Caribe. Modulo 4, Gestión de Paisajes Culturales. La Habana, Cuba.

Universidad Rey Juan Carlos. (s.f.). Universidad Rey Juan Carlos on line. Obtenido de <https://urjconline.atavist.com/nociones-bsicas-de-accesibilidad-universal-y-diseo-para-todos>

Vega, P. (2017). Los planes de Movilidad urbana Sostenible (PMUS) Balance desde la perspectiva ecologista. Madrid, España: Ecologistas en Acción.

Wiesner Ceballos, D. (s.f.). Dianawiesner.com. Obtenido de http://dianawiesner.com/?page_id=1487