

PROPUESTA PARA LA PREVENCIÓN PRIMARIA DE ACCIDENTES ENTRE
BICICLETAS Y VEHÍCULOS MOTORIZADOS EN INTERSECCIONES DE VÍAS
ARTERIAS PRINCIPALES DE TRÁFICO MIXTO EN CALI

MARIANTONIA ARANA REBOLLEDO

UNIVERSIDAD DEL VALLE

FACULTAD DE ARTES INTEGRADAS

DEPARTAMENTO DE DISEÑO

DISEÑO INDUSTRIAL

SANTIAGO DE CALI

2015

PROPUESTA PARA LA PREVENCIÓN PRIMARIA DE ACCIDENTES ENTRE
BICICLETAS Y VEHÍCULOS MOTORIZADOS EN INTERSECCIONES DE VÍAS
ARTERIAS PRINCIPALES DE TRÁFICO MIXTO EN CALI

MARIANTONIA ARANA REBOLLEDO

PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE:

DISEÑADORA INDUSTRIAL

DIRECTOR DE PROYECTO:

MIGUEL URIBE BECERRA

MDI DISEÑO INDUSTRIAL

UNIVERSIDAD DEL VALLE

FACULTAD DE ARTES INTEGRADAS

DEPARTAMENTO DE DISEÑO

DISEÑO INDUSTRIAL

SANTIAGO DE CALI

2015



A mi madre
por su amor y apoyo
incondicional

A mi padre
por haber sido el mejor guía
y ejemplo a seguir

Agradecimientos

A mi familia, que de distintas maneras me ha brindado su apoyo y es uno de los grandes motores de mi vida.

A amigos, compañeros y maestros que consciente o inconscientemente han aportado a mi proceso de formación profesional y personal.

Contenido

RESUMEN	12
INTRODUCCIÓN.....	13
1 PROBLEMATIZACIÓN.....	15
1.1 Planteamiento del problema.....	16
1.2 Justificación.....	19
1.3 OBJETIVOS	21
1.3.1 Objetivo general	21
1.3.2 Objetivos específicos.....	21
2 METODOLOGÍA.....	22
3 MARCO TEÓRICO-CONCEPTUAL.....	27
3.1 USUARIO	28
3.1.1 GENERALIDADES.....	28
3.1.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS BICICLETAS.....	29
3.1.3 PERFIL DEL CICLISTA EN CALI.....	32
3.1.4 USO DE LA BICICLETA EN CALI	33
3.1.5 PERCEPCIÓN DE SEGURIDAD DE CICLISTAS EN CALI	36
3.2 CONTEXTO.....	39
3.2.1 LOCALIZACIÓN.....	39
3.2.2 SISTEMA VIAL DE CALI	40
3.2.3 MARCO LEGAL	54

3.3	NECESIDAD	57
3.3.1	MOVILIDAD URBANA.....	57
3.3.2	SEGURIDAD VIAL	59
3.4	ACCIDENTES DE TRÁNSITO	60
3.4.1	TRIADA EPIDEMIOLÓGICA DE LOS ACCIDENTES DE TRÁNSITO.....	60
4	ANÁLISIS - TRABAJO DE CAMPO	63
4.1	SITUACIÓN ACTUAL	64
4.1.1	ACCIDENTES DE TRÁNSITO.....	64
4.1.2	CUADRO OPERATIVO DEL PROYECTO	81
4.2	ESTADO DEL ARTE	82
4.2.1	SOLUCIONES A NIVEL MUNDIAL.....	83
4.2.2	SOLUCIONES A NIVEL NACIONAL	85
4.3	ESTADO DE LA TÉCNICA.....	86
4.3.1	Alternativas enfocadas en el entorno	86
4.3.2	Alternativas enfocadas en los vehículos	92
5	REQUISITOS DE DISEÑO	95
5.1	DETERMINANTES DE DISEÑO	95
5.2	REQUERIMIENTOS DE DISEÑO.....	96
6	PROPUESTA.....	98
6.1	CONCEPTO DE DISEÑO / JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA	99
6.2	DESCRIPCIÓN	100
6.2.1	CONSIDERACIONES GENERALES.....	100
6.2.2	INTERSECCIONES SEMAFORIZADAS.....	101

6.2.3	INTERSECCIONES DEFINIDAS POR PRIORIDAD DE PASO	114
6.3	ALCANCES	115
6.4	TRABAJO INTERDISCIPLINARIO.....	115
6.5	RECOMENDACIONES	116
6.6	NOTAS	116
7	CONCLUSIONES	117
8	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	119

Lista de tablas

Tabla 1. Medidas generales de bicicletas según tipología	31
Tabla 2. Matriz de Haddon	62

Lista de gráficas

Gráfica 1. Género del usuario de la bicicleta en Cali.	32
Gráfica 2. Ecolaridad del usuario de la bicicleta en Cali.	33
Gráfica 3. Tiempo para realizar trayecto urbano según medio de transporte	34
Gráfica 4. Proporción de uso de la bicicleta en Cali según actividad	34
Gráfica 5. Proporción de uso de la bicicleta según actividad y hora del día	35
Gráfica 6. Espacio en las vías para los ciclistas en Cali	36
Gráfica 7. Percepción de seguridad en Cali	37
Gráfica 8. Accidentes de ciclistas en Cali	37
Gráfica 9. Seguridad en intersecciones	38
Gráfica 10. Triada epidemiológica de los accidentes de tránsito	61
Gráfica 11. Cuadro operativo del proyecto	81

Lista de figuras

Figura 1. Medidas bicicleta de montaña	29
Figura 2. Medidas bicicleta de turismo	30
Figura 3. Medidas bicicleta de carga	31
Figura 4. Localización geográfica de Cali	40
Figura 5. Conflictos en intersecciones	43
Figura 6. Posibles trayectorias de vehículos en las intersecciones	44
Figura 7. Intersección sin canalizar y canalizada	46
Figura 8. Clasificación de intersecciones según ramales	47
Figura 9. Ciclo rutas en Cali	52
Figura 10. Intersecciones definidas por prioridad de paso, calle 70	70
Figura 11. Intersecciones semaforizadas, calle 70	72
Figura 12. Semáforos calle 70 con carrera 5, Cali.	74
Figura 13. Semáforos calle 70 con carrera 7c Bis, Cali	75
Figura 14. Right hook	77
Figura 15. Áreas de no visión del automovilista	80
Figura 16. Pintura en pavimento	86
Figura 17. Crossing markings	87
Figura 18. Bike box	88
Figura 19. Protected intersection	89
Figura 20. Señal activada - slow down	90
Figura 21. Señal activada - speed limit	91
Figura 22. Sistema de detección de ciclistas Volvo	92
Figura 23. Sistema de detección de ciclistas Jaguar	93
Figura 24. Alertas de detección de ciclistas Jaguar	93
Figura 25. Bicicleta inteligente Vanhawks	94
Figura 26. Tablero de LEDS	105
Figura 27. MicroRadar	107
Figura 28. Instalación de MicroRadar	108
Figura 29. Máquina de aplicación de bandas de vibración	111
Figura 30. Aplicación de bandas de vibración	112

Lista de anexos

Anexo 1. Matriz general de configuración de intersecciones	122
Anexo 2. Mapa de jerarquización vial de Cali	123

Resumen

Este documento reúne el trabajo de investigación realizado como base para el desarrollo de una propuesta de diseño para la prevención primaria de accidentes de tránsito entre bicicletas y vehículos motorizados en vías arteriales principales de tráfico mixto en Cali.

Se plantea una propuesta de diseño desde la perspectiva de la equidad en la movilidad, enfocada en que la ciudad brinde las condiciones necesarias para la movilidad segura de los ciclistas, buscando garantizar que esta no dependa del alcance económico de los usuarios, y que todos puedan acceder a ella de forma equitativa.

Palabras clave:

Movilidad urbana, ciclismo, bicicleta, accidentalidad, prevención, seguridad vial, diseño industrial.

Introducción

Por sus características la bicicleta representa para muchos la mejor forma de suplir sus necesidades de movilidad urbana. Puesto que es un vehículo de bajo costo de compra y mantenimiento y no requiere combustibles, es un medio de transporte asequible, lo que la convierte en el instrumento por el cual muchas personas tienen acceso a lugares de trabajo y estudio.

En ciudades que han crecido en torno al automóvil como símbolo de estatus y progreso no siempre se presentan las condiciones ideales para que medios de transporte no motorizados como la bicicleta circulen de forma segura y eficiente. Es el caso de Cali, que a pesar de ser una de las ciudades con mayor porcentaje de *ciclistas utilitarios* en Colombia, no cuenta con las condiciones de infraestructura suficientes para suplir las necesidades de los mismos, esto se ve reflejado en un incremento exponencial de accidentes que involucran ciclistas en los últimos años.

Las intersecciones de vías arterias principales son puntos neurálgicos para la movilidad de los ciclistas, puesto que son los puntos de la vía en los que necesariamente deben interactuar los diferentes modos de transporte, por lo que se generan conflictos entre bicicletas y vehículos motorizados que pueden resultar en accidentes.

Por medio de este proyecto se busca desarrollar una alternativa desde la perspectiva del diseño industrial para la prevención primaria de accidentes entre bicicletas y vehículos motorizados en las intersecciones de las vías arterias principales de tráfico mixto en Cali, para esto se realiza un trabajo de investigación enfocado en establecer las características del usuario, sus necesidades, y el contexto en el que se desarrolla la problemática planteada. Con base en el trabajo de campo realizado se establecen

requisitos y criterios de diseño para ser aplicados a la propuesta final.

Pregunta de investigación

¿Cómo proponer desde el diseño industrial herramientas para la prevención primaria de accidentes entre bicicletas y vehículos motorizados en intersecciones de vías arterias principales de tráfico mixto en Cali?

Capítulo 1

Problematización

Planteamiento - justificación - objetivos

1.1 Planteamiento del problema

A pesar de que la movilidad en Cali, como en muchas otras ciudades, se encuentra orientada al automóvil, en los últimos años se ha incrementado notablemente la cantidad de *ciclistas utilitarios* en la ciudad, para el 2011 el 12.6% de los viajes realizados diariamente fueron en bicicleta (GESP-Fundación FES, 2011). Es utilizada principalmente como medio de transporte con fines laborales y académicos (74%) (Observatorio de la bicicleta, 2014). A pesar de que la mayoría de quienes la utilizan como medio de transporte lo hacen por necesidad, existe adicionalmente un creciente número de usuarios por convicción.

Independientemente de las razones o motivaciones, el *ciclismo utilitario* en Cali es un fenómeno creciente y notable. Sin embargo, con el incremento de usuarios se evidencia que la ciudad no está preparada y no responde a las necesidades de movilidad de los ciclistas, por lo que los índices de accidentalidad de los mismos se han incrementado exponencialmente en los últimos años. Según las cifras entregadas por la Secretaría de Tránsito y Transporte Municipal (2013), en el año 2012 se registraron un total de 1674 accidentes de tránsito en los que se vieron involucrados ciclistas, con un incremento del 10,57% respecto al año anterior, y del 59,3% desde el 2006.

Culturalmente las bicicletas no son reconocidas como un medio de transporte con iguales derechos sobre las vías que los vehículos motorizados. Esta noción se ve reforzada por una infraestructura vial que responde principalmente a las necesidades y características de los vehículos motorizados y que no proporciona las condiciones para que los ciclistas circulen de forma segura por la ciudad.

Puesto que Cali no cuenta con una red exclusiva para el tráfico de bicicletas que

tenga la cobertura y conectividad que respondan a la demanda de sus usuarios, estos suelen utilizar las vías de tráfico mixto. Vías arterias principales (VAP) y vías arterias secundarias (VAS) son empleadas tanto por ciclistas como por automovilistas para desplazarse de forma directa a través de diferentes sectores de la ciudad. Según las bases de datos de homicidios de ciclistas por accidentes de tránsito en los años 2012, 2013 y 2014, el 100% de los casos se presentó en vías de tráfico mixto; las vías con mayor recurrencia de accidentes fatales fueron la calle 70 y la calle 25, vías arterias principales; el 88% de los casos ocurrieron por conflictos con vehículos motorizados, este tipo de accidentes suelen ser identificados por sus siglas en inglés como *BMV* (Bicycle – Motor vehicle).

Existen aspectos normativos respecto al tránsito de bicicletas que se encuentran desarticulados con la forma y funcionamiento de algunos elementos de la infraestructura vial de la ciudad, generando una dicotomía en las formas de uso de las mismas, en las que aun cuando tanto motoristas como ciclistas circulen de forma correcta y respetando las normas de tránsito, pueden generarse situaciones de conflicto y accidentalidad. Es el caso de muchas intersecciones en vías de tráfico mixto.

Según la entidad sin fines de lucro CROW (2011), la causa más importante de accidentes de tránsito graves que involucran a ciclistas son las colisiones entre estos y vehículos motorizados, de las cuales más de la mitad (58%) tienen lugar en intersecciones del área urbana. Monsef (2013) lleva a cabo un estudio en el área metropolitana de Portland, Oregon, en el que establece que el 70% concluyeron que el 70% de los accidentes que se presentaron entre bicicletas y vehículos motorizados en vías arterias principales y secundarias, tuvieron lugar en las intersecciones de las mismas.

Para el caso específico de Cali, el 85% los usuarios de la bicicleta como medio de

transporte en la ciudad $n=125$ ¹ consideran que las intersecciones son puntos críticos para su seguridad vial. Y el 55% manifestó haber experimentado o estado cerca de experimentar un accidente de tráfico en las mismas.

Se formula entonces la siguiente pregunta de investigación, a partir de la cual se desarrolla el proyecto:

¿Cómo proponer desde el diseño industrial herramientas para la prevención primaria de accidentes entre bicicletas y vehículos motorizados en intersecciones de vías arterias principales de tráfico mixto en Cali?

¹ Según encuesta de percepción de seguridad vial 2015.

1.2 Justificación

La importancia de la movilidad urbana crece a medida que se expanden las ciudades, siendo un factor clave para que los ciudadanos puedan cumplir sus tareas cotidianas, tanto con fines laborales, académicos y de salud, como con actividades socio-culturales, de ocio, etc. Por esta razón, es necesario garantizar a los ciudadanos la posibilidad de desplazarse a través de las mismas.

En ciudades como Cali, con políticas de movilidad orientadas al automóvil, el desarrollo vial y urbanístico se ha llevado a cabo en torno a su uso, dando como resultado una infraestructura vial que prioriza su circulación sobre la del peatón y otros tipos de vehículos como la bicicleta. Un sistema vial que favorece principalmente a los automóviles y otros vehículos motorizados fomenta la inequidad en diferentes aspectos de la movilidad en la ciudad.

Por sus características, la bicicleta representa para muchos de sus usuarios una única alternativa de transporte que suple sus necesidades en cuanto a economía y eficiencia. El 74% de los viajes realizados diariamente en bicicleta son con fines laborales o académicos (Observatorio de la bicicleta, 2014). Sin embargo las condiciones de la ciudad en cuanto a infraestructura no responden adecuadamente a las necesidades de movilidad de los ciclistas, por lo que las cifras de accidentalidad de los mismos son cada vez mayores.

Por sus condiciones físicas y de movilidad los ciclistas son un colectivo vulnerable, puesto que gran parte de los impactos son recibidos directamente por el cuerpo, los accidentes de tránsito suelen tener consecuencias mucho más graves que en otro tipo de vehículos, por lo que resulta necesario tomar medidas para la prevención

primaria² de los accidentes.

Puesto que para gran parte los de ciclistas en Cali transportarse en bicicleta es una necesidad, se aborda el proyecto desde la intervención del *ambiente*, con el fin de que las medidas propuestas para la prevención de ciertos accidentes, acojan igual manera a todos los usuarios, buscando garantizar formas de movilidad que promuevan la equidad.

A través del diseño como actividad proyectual, es posible detectar, analizar y proponer soluciones en torno a este tipo de problemáticas. El diseñador puede actuar como ignitor o potenciador de iniciativas que promuevan el desarrollo social, proponiendo soluciones que respondan a las necesidades específicas de un usuario o grupo de usuarios y contexto determinados.

"Los diseñadores pueden por supuesto actuar como facilitadores, apoyando iniciativas en marcha. Pero también pueden ser los disparadores que inicien nuevas conversaciones en temas sociales." (Manzini, 2013)

² Las fases de prevención de accidentalidad se encuentran definidas en el capítulo 4.4 del marco teórico.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Proponer herramientas para la prevención primaria de accidentes entre bicicletas y vehículos motorizados en intersecciones de vías arterias principales de tráfico mixto en Cali.

1.3.2 Objetivos específicos

- Caracterizar tipos de intersecciones más comunes en vías arterias principales de tráfico mixto en Cali.
- Identificar los accidentes BMV que se presentan en las intersecciones de vías arterias principales.
- Establecer las causas de accidentes BMV que se presentan en las intersecciones de vías arterias principales.
- Proponer herramientas desde el diseño industrial para la prevención primaria de accidentes entre bicicletas y vehículos motorizados en las intersecciones de vías arterias principales de tráfico mixto en Cali.

Capítulo 2

Metodología

A continuación se describen los pasos y estrategias realizadas con el fin de establecer y caracterizar la situación problemática a intervenir, así como el usuario, la necesidad y el contexto en el que se presenta, en aras de dar cumplimiento a los objetivos del proyecto.

Enfoque investigativo

El desarrollo del proyecto parte de una situación problemática observada, el incremento en los índices de accidentalidad de ciclistas en Cali relacionada de forma directamente proporcional con el incremento de usuarios de la bicicleta en la ciudad. Según los datos más recientes presentados por la Secretaría de Tránsito y Transporte Municipal, para el año 2012 hubo un incremento en la accidentalidad del 10,57% respecto al año anterior, y del 59,3% desde el 2006.

Etapas 1

En la primera etapa del proyecto se recopila información en torno a la situación observada, con el fin de tener un mayor entendimiento del problema y los factores relacionados con el mismo, logrando así acotar y establecer de forma puntual la situación problemática a intervenir.

Así mismo, se desarrolla el marco teórico-conceptual del proyecto, para esto se elabora un mapa general de conceptos, con base en el cual se comienzan a caracterizar el usuario, contexto y necesidad con respecto a la problemática planteada, con el fin de conocer las variables que influyen de forma directa e indirecta sobre la misma

En esta fase se recurre principalmente a fuentes secundarias, como libros, artículos científicos y estudios que abordan la problemática y/o los conceptos que componen la estructura del proyecto. Paralelamente, se realiza un primer contacto con los integrantes de la Mesa de Transporte No Motorizado de Cali, compuesta por usuarios de la bicicleta, activistas e integrantes de diferentes colectivos de ciclistas, quienes adelantan y apoyan iniciativas en torno a la movilidad sostenible en la ciudad. Esto

con el fin de conocer de forma general el estado, las necesidades y características de los usuarios de la bicicleta en Cali.

Con el fin de identificar puntos críticos de accidentalidad sobre las vías se lleva a cabo como primera medida la revisión fuentes secundarias, como estudios y proyectos de investigación en los que se estudia la situación en diferentes contextos, como el de Monsef (2013) y la organización sin fines de lucro C.R.O.W (2006), por medio de los cuales se establecen hipótesis con base en las cuales se perfila un cuestionario que posteriormente es aplicado a 125 personas que utilizan la bicicleta como medio de transporte en Cali, mediante el cual se relacionan los conceptos y datos estudiados desde una perspectiva general, con la situación de los ciclistas en el contexto específico de la ciudad de Cali. Así se establecen las intersecciones en vías arterias de tráfico mixto como punto crítico de accidentalidad de ciclistas.

Adicionalmente, se recurre a las bases de datos de homicidios de ciclistas por accidentes de tránsito en los años 2012, 2013 y 2014, las cuales son procesadas por el grupo de investigación GESP de la Escuela de Salud Pública de la Universidad del Valle, a partir de la información recolectada y suministrada por los agentes de tránsito de la ciudad. Con base en esta información, se establece que todos los casos registrados tuvieron lugar en vías arterias principales y secundarias de tráfico mixto, por las que circulan de forma simultánea diferentes tipos de vehículos. También se identificó que la mayoría de los casos ocurrieron por causas relacionadas a conflictos con vehículos motorizados.

Etapa 2

En esta etapa se llevan a cabo las acciones relacionadas con el cumplimiento de objetivos.

Inicialmente se establecen la vía con mayor recurrencia de accidentes de ciclistas en la ciudad, para esto se acude a las bases de datos de homicidios de ciclistas por accidentes de tránsito en Cali en los años 2012, 2013 y 2014. Esta vía es seleccionada como caso crítico de estudio para el desarrollo del proyecto, con el fin de ser utilizada como referente para abordar la problemática desde el análisis del peor escenario, con base en el cual se podrá desarrollar una propuesta aplicable a otras vías de menor riesgo.

Una vez establecida la vía con mayor número de accidentes fatales de ciclistas en estos tres años, se lleva a cabo un trabajo de observación por medio del cual se caracterizan los tipos de intersecciones más comunes en este tipo de vía (vías arterias principales). Para esto se realiza un proceso de revisión bibliográfica, con base en el cual se establecen de forma general los tipos de intersecciones que se implementan con mayor frecuencia, así como sus formas de clasificación, como resultado se elabora una matriz general de configuraciones (anexo 1) que se utiliza como base para la elaboración de la ficha de observación utilizada.

Una vez se establecen las intersecciones más comunes en la vía y sus características, se procede a identificar los tipos de accidentes que se pueden presentar entre bicicletas y vehículos motorizados en las mismas. Para esto se recurre como primera medida a la revisión de fuentes secundarias, como el estudio de Monsef (2013) y Jannat (2014), con el fin de categorizar los tipos de accidentes que suelen presentarse en estos lugares. Se seleccionan aquellos accidentes que tienen relación principalmente con factores del *agente* y el *ambiente*, en los que a pesar de que no haya incumplimiento

a la norma, se presentan conflictos entre automóviles y bicicletas.

Una vez establecido el tipo de accidente, se establecen las condiciones y las causas por las que estos ocurren. Para esto se toma como base el trabajo de investigación realizado por Jannat (2014), quien a través de encuestas en línea y experimentos con un simulador de conducción, establece factores puntuales que causan este tipo de accidentes. Adicionalmente, se recurre a registros audiovisuales del tipo de accidente establecido, con el fin de tener una mayor comprensión de la forma en que se presentan.

Etapas 3

Con base en la información obtenida en las etapas anteriores del proyecto, se establecen los requisitos de diseño que deben ser tenidos en cuenta en el desarrollo de la propuesta de diseño.

A través de la exploración de elementos funcionales y formales se establecen diferentes alternativas. Usando la matriz de los seis sombreros se selecciona la alternativa final a ser desarrollada.

Capítulo 3

Marco teórico

El capítulo del marco teórico-conceptual se compone por cuatro secciones principales:

En las tres primeras secciones se desarrollan los conceptos y nociones que hacen referencia al usuario, contexto y necesidad que hacen parte de la problemática planteada. Finalmente se desarrolla el concepto de accidente de tránsito y la teoría para su prevención.

3.1 Usuario

En el siguiente capítulo se desarrollan conceptos y perfil de los usuarios de la bicicleta en Cali, con el fin de establecer características y necesidades de los mismos, con base en los cuales se definen parámetros de diseño para el proyecto.

3.1.1 Generalidades

Dentro de la normativa de tránsito colombiana (LEY 769 DE 2002) se define a la bicicleta y a los ciclistas de la siguiente manera:

Bicicleta: Vehículo no motorizado de dos (2) o más ruedas en línea, el cual se desplaza por el esfuerzo de su conductor accionando por medio de pedales.

Ciclista: Conductor de bicicleta o triciclo.

Un estudio realizado por GESP-Fundación FES (2011) sobre transporte en bicicleta mostró que ese año en Cali 12.6% de la población usó la bicicleta como medio de transporte. La mayoría de usuarios son hombres de estrato 1 y 2. Esta cifra está muy por encima de otras ciudades del país.

La Dirección Nacional de Tráfico de España (2011) clasifica a los ciclistas como uno de los colectivos vulnerables en materia de movilidad urbana, al igual que a los peatones, debido a que por las características de los medios utilizados para su movilidad, corren mayores riesgos en relación con la seguridad vial.

A pesar de ser una de las ciudades con mayor presencia de usuarios de la bicicleta como medio de transporte en Colombia, Cali no cuenta con muchas de las consideraciones y medios para contrarrestar la vulnerabilidad de los mismos como colectivo de transporte.

3.1.2 Características generales de las bicicletas

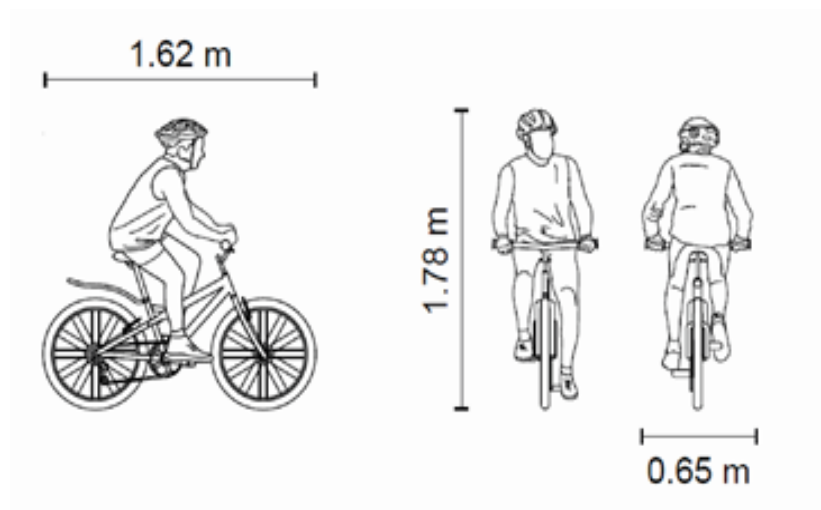
A pesar de que el mercado cuenta con una gran variedad de bicicletas fabricadas para distintas funciones, en Colombia es posible clasificarlas en tres tipos principales:

Bicicleta de montaña

Una de sus principales características es que cuenta con cambios de velocidad que le permiten adaptarse con mayor facilidad a diferentes inclinaciones y tipos de terreno. Es una de las más utilizadas en Colombia.

Figura 1.

Medidas bicicleta de montaña.



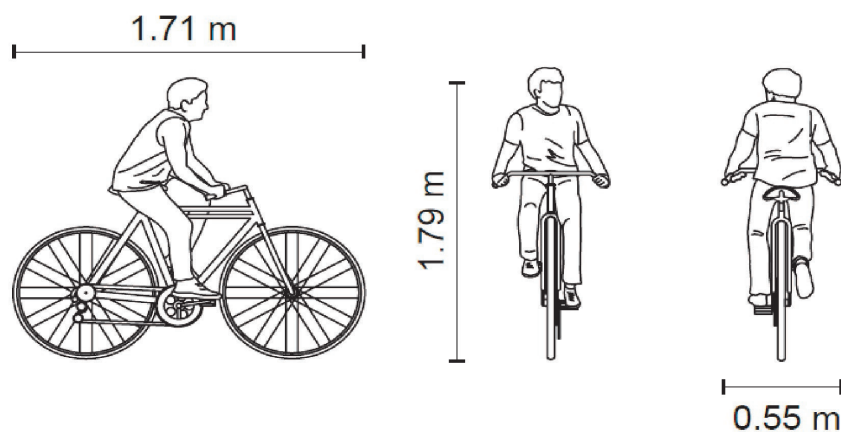
Nota Fuente: Adaptado de Ciclociudades, 2010.

Bicicleta de turismo

Es también bastante común en Colombia, siendo utilizada originalmente con propósitos recreativos. Puesto que es rápida y liviana, es indicada para movilizarse en la ciudad, sin embargo no es apta para terrenos agrestes.

Figura 2.

Medidas bicicleta de turismo.



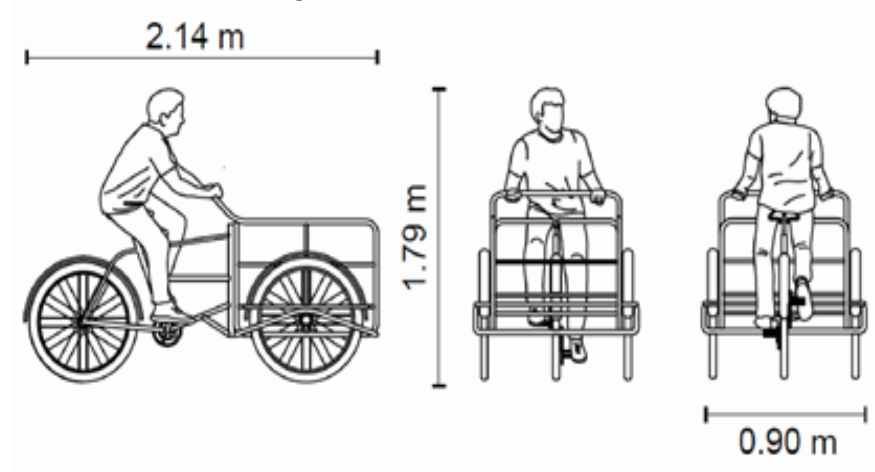
Nota Fuente: Adaptado de Ciclociudades, 2010.

Bicicleta de carga

En el contexto local es común encontrar bicicletas adaptadas para el transporte de cargas pequeñas y medianas, por medio de canastas en las partes delanteras y traseras, además del uso de triciclos con compartimientos de carga.

Figura 3.

Medidas bicicleta de carga.



Nota Fuente: Adaptado de Ciclociudades, 2010.

Tabla 1.

Medidas generales de bicicletas según tipología.

Tipo de bicicleta	Longitud	Altura	Ancho del manubrio	Tamaño de la rueda incluido el neumático	Grosor del neumático
Bicicleta de turismo para adultos	180-195	100-120	50-60	66-72	3,7-4,0
Bicicleta de carrera para adultos	170-190	100-120	45-60	66-72	2,5-3,0
Bicicleta de montaña	170-190	95-110	60-65	66-72	4,0-5,0
Bicicleta de niño	150-170	80-100	50-55	51-62	3,6-3,8
Bicicleta reclinada	170-220	40-60	60-70	-	-

Nota Fuente: Elaboración propia, 2015.

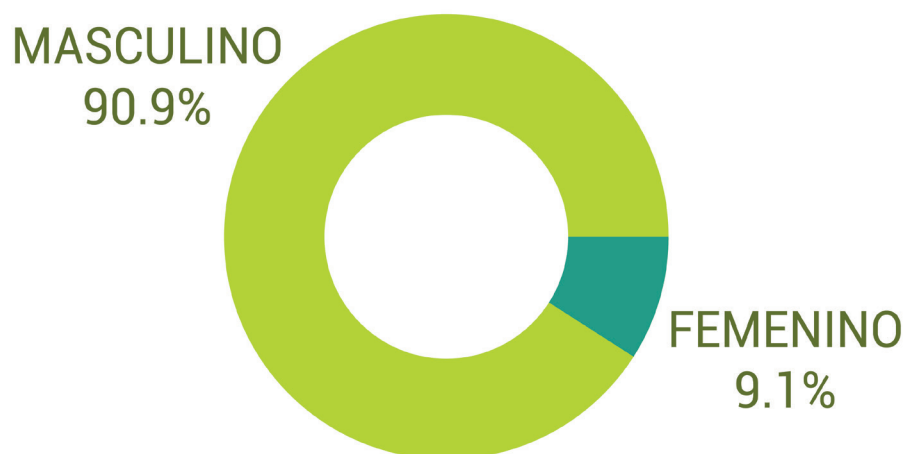
3.1.3 Perfil del ciclista en Cali

Según el estudio del perfil epidemiológico del ciclista en Cali, realizado por el Fondo de Prevención Vial y el Instituto CISALVA (2004), los ciclistas en su mayoría son hombres (Gráfica 1) cuyo nivel educativo no pasa del bachillerato (Gráfica 2) y trabajan como obreros.

Gráfica 1.

Género del usuario de la bicicleta en Cali.

GÉNERO DEL USUARIO DE LA BICICLETA CALI, DICIEMBRE 2004 - ENERO 2005

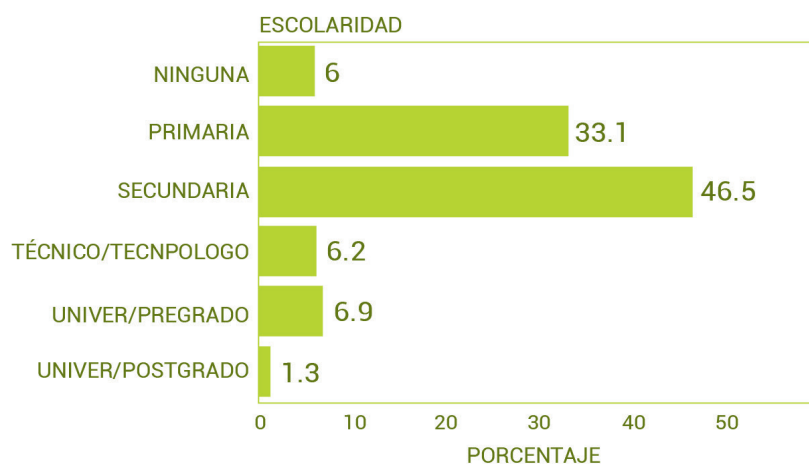


Nota Fuente: Adaptado de Estudio perfil epidemiológico del ciclista en Cali. 2004.
Fondo de prevención vial - Instituto CISALVA.

Gráfica 2,
Ecolaridad del usuario de la bicicleta en Cali.

ESCOLARIDAD DEL USUARIO DE LA BICICLETA

CALI, DICIEMBRE 2004 - ENERO 2005



Nota Fuente: Adaptado de Estudio perfil epidemiológico del ciclista en Cali.
2004. Fondo de prevención vial - Instituto CISALVA.

3.1.4 Uso de la bicicleta en Cali

3.1.4.1 Ciclismo utilitario

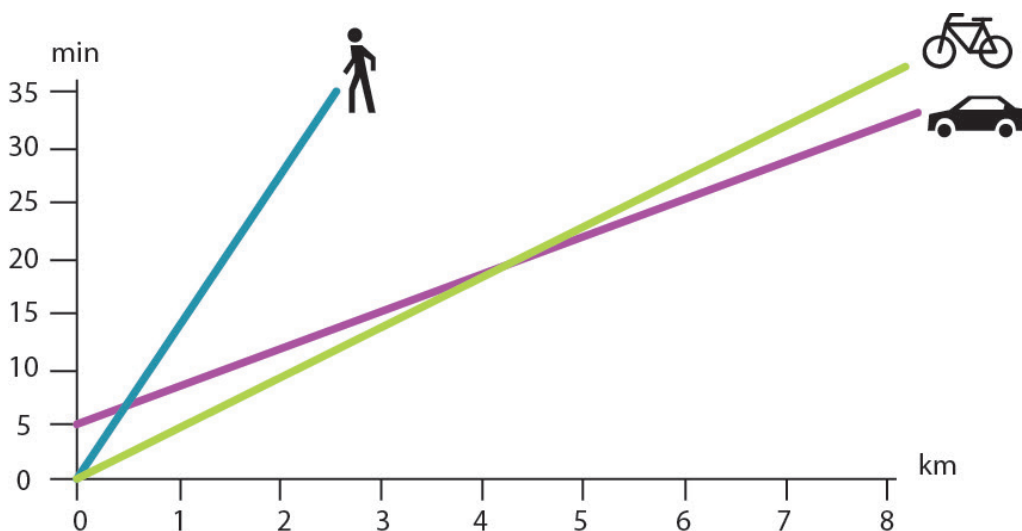
El ciclismo utilitario hace referencia al uso de la bicicleta como medio de transporte, diferenciándolo del ciclismo deportivo o recreativo. Abarca a quienes se movilizan con fines laborales, educativos, de salud, etc. Así como para mensajería y transporte de bienes y servicios.

La bicicleta puede ser un medio de transporte competitivo, teniendo en cuenta las condiciones de congestionamiento en las horas pico del tráfico de la ciudad. Es uno de los más rápidos y eficientes en viajes de hasta 5 kilómetros, con una velocidad

promedio de 16.4 km/hora frente a 15 km/hora de los automóviles en horas pico. Puede incluso competir con el transporte público, puesto que elimina la cadena «caminar-esperar autobús-caminar» (Ciclociudades, Instituto para Políticas de Transporte y Desarrollo, México, 2011, tomo1, P.45)

Gráfica 3.

Tiempo necesario para realizar un trayecto urbano según medios de transporte.

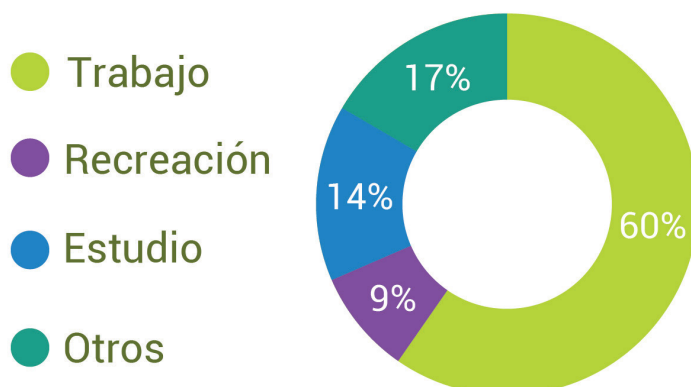


Nota Fuente: Adaptado de Greenpeace, 2009.

Gráfica 4.

Proporción de uso de la bicicleta en Cali según actividad

PROPORCIÓN DE USO DE LA BICICLETA SEGÚN ACTIVIDAD

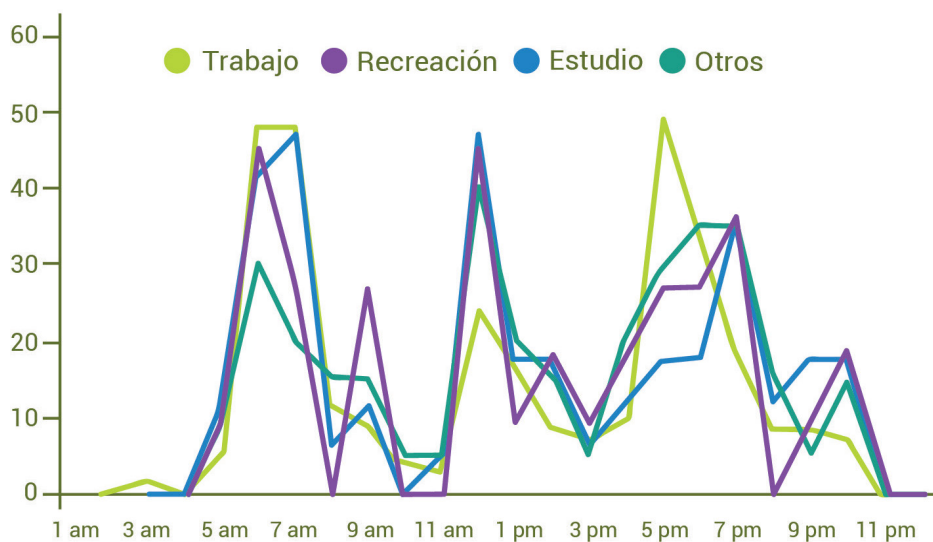


Nota Fuente: Núñez Pamela, Ortiz Isabel, Oviedo Jessica, Grey Elby, Colectivo Cicloamigos Cali. Observatorio de la bicicleta. (2014).

Gráfica 5.

Proporción de uso de la bicicleta según actividad y hora del día

PROPORCIÓN DE USO DE LA BICICLETA SEGÚN ACTIVIDAD Y HORA DEL DÍA



Nota Fuente: Núñez Pamela, Ortiz Isabel, Oviedo Jessica, Grey Elby, Colectivo Cicloamigos Cali. Observatorio de la bicicleta. (2014).

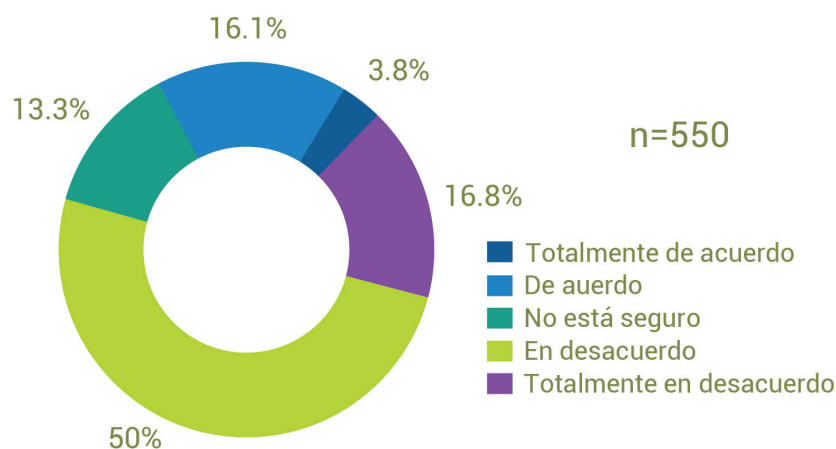
Con base en los datos recolectados y presentados por el Observatorio de la Bicicleta (2014), se establece que la bicicleta en Cali tiene un uso utilitario, principalmente con fines laborales. Para todos los casos, se presentan similitudes en las horas de mayor tráfico, con mayor presencia en horas pico (5-7 am y 5-7 pm), donde hay mayor congestión y presencia de vehículos motorizados, por tanto, se encuentran más susceptibles a sufrir accidentes relacionados con las vías de uso compartido.

Los ciclistas también expresan que no se cuenta con el espacio suficiente en las vías para transitar en bicicleta (Gráfica 6).

Gráfica 6.

Espacio en las vías para los ciclistas en Cali

¿HAY ESPACIO EN LAS VÍAS PARA MONTAR BICLETA?



Nota Fuente: Adaptado de Estudio perfil epidemiológico del ciclista en Cali. 2004. Fondo de prevención vial - Instituto CISALVA.

3.1.5 Percepción de seguridad de ciclistas en Cali

Con base en una encuesta realizada a 125 personas que utilizan la bicicleta como medio de transporte en Cali, se obtienen datos adicionales en torno a la percepción de seguridad para los ciclistas en la ciudad.

El 92% de los ciclistas encuestados considera que Cali no es una ciudad segura para movilizarse en bicicleta.

Grafica 7.

Percepción de seguridad en Cali

¿Considera que Cali es una ciudad segura para movilizarse en bicicleta?



Nota Fuente: Encuesta de percepción de seguridad vial para ciclistas en Cali. Elaboración propia. (2015)

Gráfica 8.

Accidentes de ciclistas en Cali

¿Ha sufrido o ha estado cerca de sufrir un accidente en bicicleta en Cali?



Nota Fuente: Encuesta de percepción de seguridad vial para ciclistas en Cali. Elaboración propia. (2015)

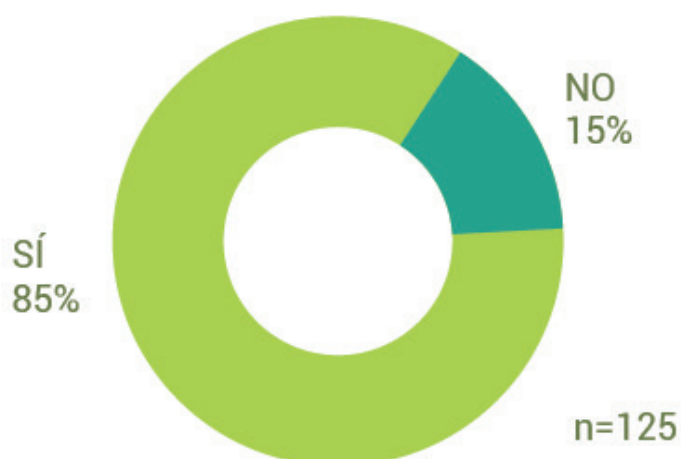
El 86 % de los ciclistas encuestados manifestó haber experimentado o estado cerca de experimentar un accidente de tránsito en bicicleta. El 55% manifestó que ha experimentado o estado cerca a experimentar un accidente de tránsito en bicicleta en una intersección.

Las intersecciones de las vías de tráfico mixto fueron consideradas como puntos críticos de accidentalidad por el 85% los encuestados.

Gráfica 9.

Seguridad en intersecciones

¿Considera que las intersecciones son puntos de alto riesgo para la seguridad de los ciclistas?



Nota Fuente: Encuesta de percepción de seguridad vial para ciclistas en Cali. Elaboración propia. (2015)

3.2 Contexto

En el siguiente capítulo se desarrollan conceptos relacionados con el contexto en el cual se presenta la problemática planteada. Tales como infraestructura vial y espacio construido, y aspectos legales y normativos.

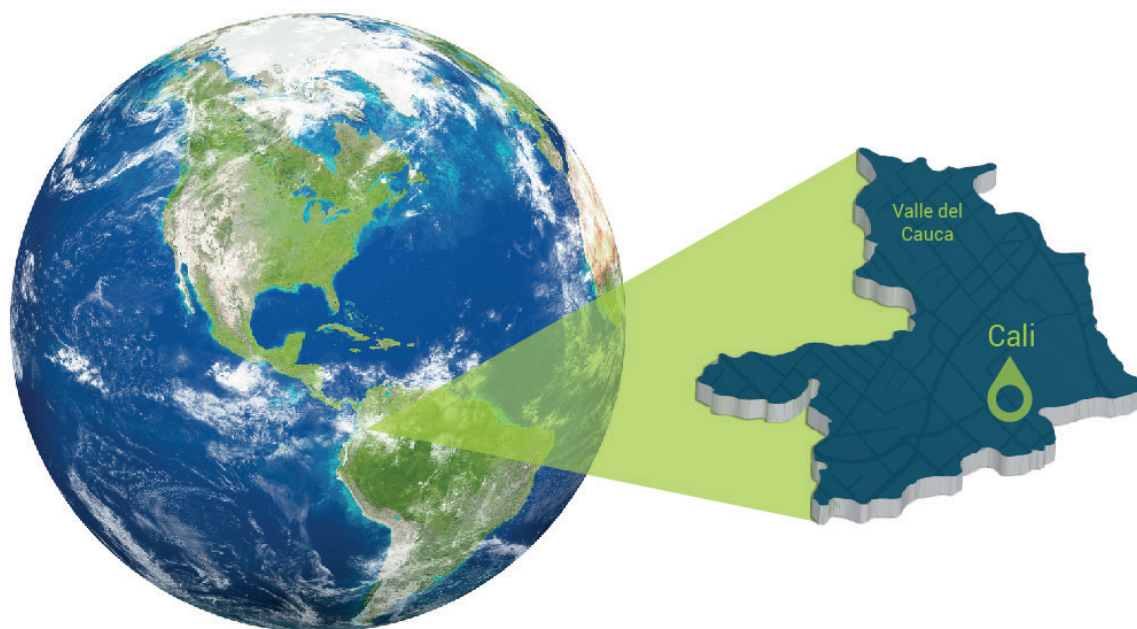
3.2.1 localización

El desarrollo del proyecto tiene lugar en la ciudad de Santiago de Cali, ubicada al sur del departamento del Valle del Cauca. Es la tercera ciudad más poblada en el país y la primera en porcentaje de ciclistas.

Cali es una ciudad plana, con una elevación promedio de 1000 msnm, esta es una de las características más favorecedoras para el uso de la bicicleta como medio de transporte en Cali.

Figura 4

Localización geográfica de Cali



Nota Fuente: elaboración propia (2015)

Imágenes recuperadas de imgkid.com, electrojaponesa.com

3.2.1 Sistema vial de Cali

Según el artículo 70 del Plan de Ordenamiento de Cali (2014), el sistema vial de Cali, está integrado por los siguientes subsistemas:

El Subsistema de vías Inter- Regionales que corresponden a las vías de enlace inter - regional en el Municipio de Santiago de Cali (VIR)

El Subsistema de Integración Rural, compuesto por las vías que comunican el área urbana con las cabeceras de los Corregimientos, sus veredas y de ellos entre sí, y son: las Vías Colectoras Rurales (VCR), las Vías de Integración Veredal (VIV) y las Vías

Locales Rurales (VLR).

El Subsistema de Vías Urbanas, comunica diferentes sectores dentro de la ciudad, se clasifica en:

- **Vías arterias principales (VAP):** Permiten la articulación de forma directa áreas urbanas entre sí, proporcionando fluidez al tráfico de paso.
 - a. Características funcionales:* proveen una buena velocidad de operación y movilidad. Admiten la circulación de importantes flujos vehiculares. No admiten estacionamiento de vehículos.
 - b. Características técnicas:* cuentan con accesos controlados, pueden tener intersecciones a nivel, generalmente con vías menores (como colectoras y locales), requieren de buena señalización y semaforización. Ancho aproximado de carriles 3,65m.
- **Vías arterias secundarias (VAS):** son aquellas vías cuyo tránsito lleva a las vías principales. Distribuyen el tráfico entre distintas áreas, por lo que permiten acceso a zonas residenciales, recreativas, comerciales, etc.
- **Vías colectoras (VC):** son las encargadas de distribuir el tránsito entre la vivienda y los sitios de trabajo.
- **Vías locales (VL):** tienen la función primordial de brindar accesibilidad a barrios y soportan tráficos de corta distancia.
- **Vías peatonales (VP)**
- **Vías marginales (VM)**

- **Vías paisajísticas (VP)**
- **Ciclo vías (C):** vías destinadas al uso de bicicletas y a veces a peatones que se encuentra segregada físicamente del tránsito de vehículos motorizados. El ancho de ellas varía según los volúmenes de bicis esperados. (Otros tipos de vías para tráfico de bicicleta son descritos posteriormente en el capítulo)

3.2.2.1 Vías de tráfico compartido o mixto

Son las vías en las que se presenta tráfico de diferentes tipos de vehículos: de servicio público, automóviles particulares, motocicletas y otros vehículos motorizados, y vehículos de tracción humana como bicicletas y triciclos. Entre estas se contienen todas las vías del subsistema de vías urbanas de la ciudad, a excepción de vías exclusivas para bicicletas y/o peatones.

Puesto que la ciudad no cuenta con una red de ciclo rutas que cubra las necesidades de movilidad de los ciclistas, las vías de tráfico mixto son las más utilizadas por los mismos en sus trayectos.

INTERSECCIONES

La Dirección General de Tráfico de España (2011) define como intersección la zona en la que confluyen dos o más vías. Los tramos de carreteras que confluyen en la intersección se denominan ramales.

Las intersecciones son un punto crítico en cuestión de seguridad, puesto que es donde necesariamente deben interactuar los diferentes medios de transporte que transitan por las vías.

En las intersecciones se pueden generar diferentes tipos de conflictos entre vehículos (figura 5):

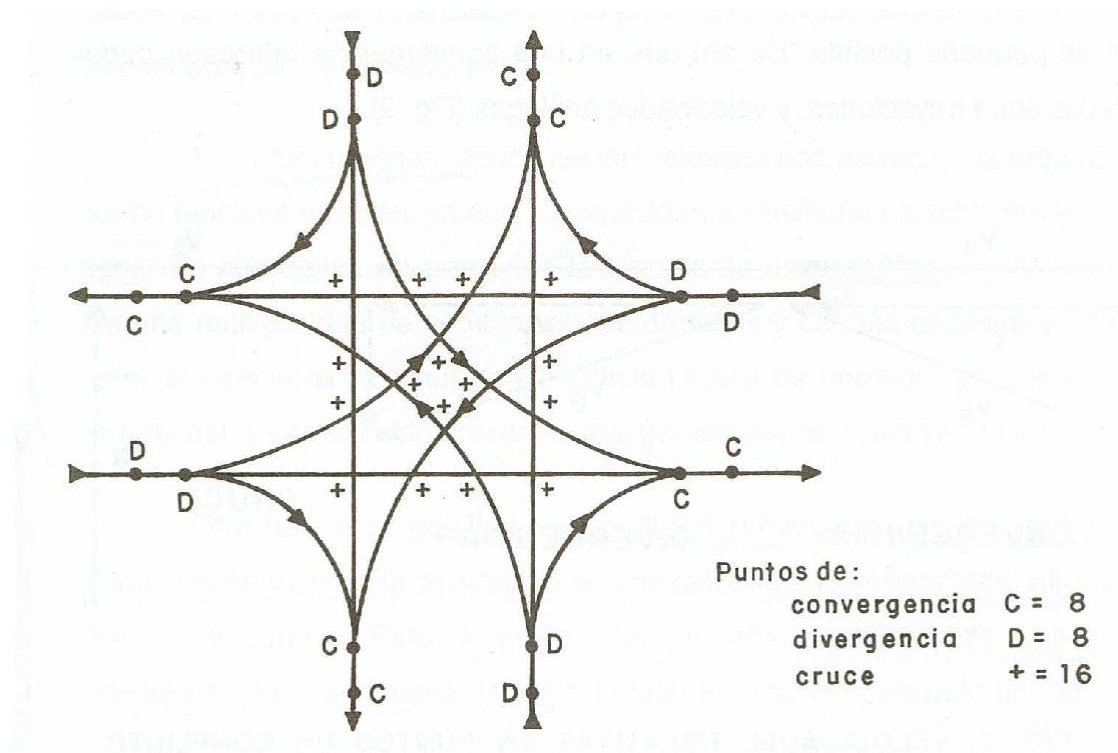
Puntos de convergencia: a los que llegan los vehículos siguiendo trayectorias distintas, y de los que salen siguiendo una trayectoria única.

Puntos de divergencia: a los que llegan los vehículos siguiendo una trayectoria común, y de los que salen siguiendo trayectorias distintas.

Puntos de cruce: en los que se cortan dos trayectorias distintas.

Figura 5

Conflictos en intersecciones



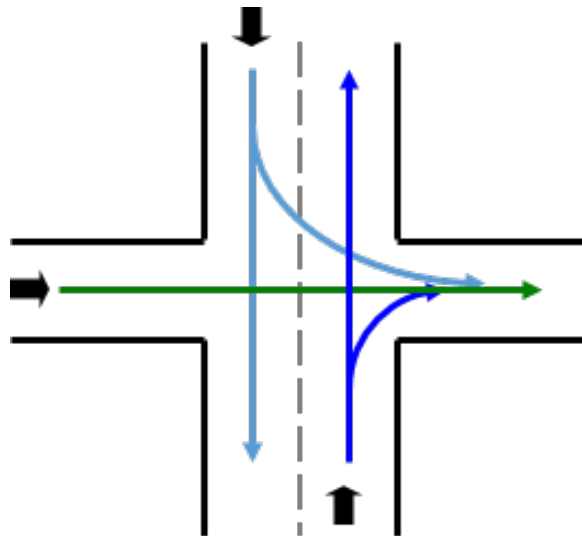
Nota Fuente: Tomado de Especialidad: Gestión Técnica del Tráfico, tema 9. 2011. Dirección General de Tráfico de España.

A través de las intersecciones se presentan tres posibles trayectorias de vehículos (figura 6):

- **Movimiento de paso** con una trayectoria más o menos recta que cruza a otras.
- **Un giro a la derecha**
- **Un giro a la izquierda**, cuya trayectoria cruza a la del paso correspondiente al sentido opuesto.

Figura 6.

Posibles trayectorias de vehículos en las intersecciones



Nota Fuente: Tomado de Infraestructura del transporte terrestre, Diseño Geométrico: Intersecciones. 2008.

CLASIFICACIÓN DE LAS INTERSECCIONES

Según La Dirección General de Tráfico de España (2013), existen diferentes formas de clasificar las intersecciones, frecuentemente son clasificadas según el número de ramales y su forma geométrica. Así se distinguen las intersecciones de tres ramales en T o Y, las de cuatro ramales en cruz o X, las de ramales múltiples y las glorietas o intersecciones giratorias. Sin embargo, la disposición formal tiene menos influencia sobre el diseño de las intersecciones, que el tipo de regulación de tráfico empleado o la disposición de la circulación dentro de la intersección. Por ello es preferible clasificar a las intersecciones a nivel según que:

- La regulación sea por prioridad de paso o por semáforos.
- La circulación sea giratoria (glorietas) o tenga puntos de cruce.
- Estén o no canalizadas.

Las intersecciones más utilizadas son las intersecciones canalizadas o sin canalizar, reguladas por prioridad de paso y con puntos de cruce. Las glorietas con circulación giratoria se emplean en casos especiales.

También son clasificadas por razones funcionales, según el tipo de vías que confluyen en la intersección: intersecciones de vías arteriales, de una vía arterial con una colectora, etc. Esta clasificación permite intentar uniformizar las intersecciones de una red, dando a sus elementos un tratamiento semejante.

En vías importantes, como las arteriales en zonas urbanas, se utilizan tipos de intersecciones que permiten mayor capacidad y mejor nivel de servicio, como las intersecciones canalizadas o las reguladas por semáforos.

Bañon y Beviá (2000) indican que las intersecciones viales se suelen dividir en dos tipos principales, con base en intensidad de tráfico y capacidad: canalizadas y sin canalizar.

Intersecciones sin canalizar

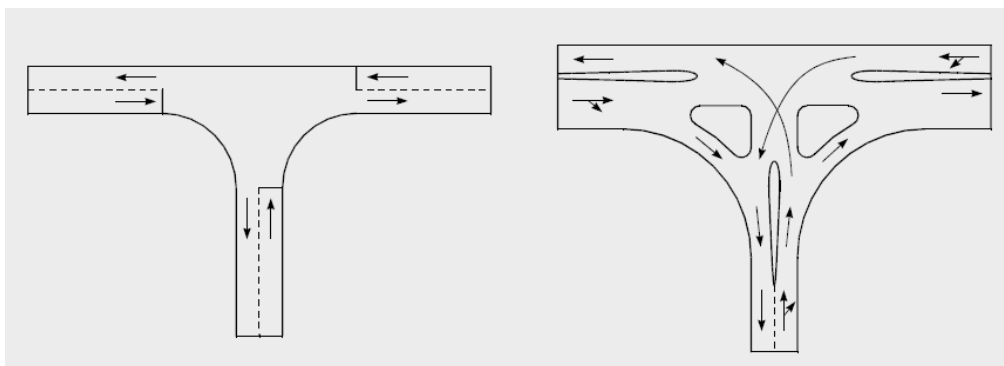
Son según la DGT de España (2013) el tipo más común de intersección, el tratamiento que se le suele dar es el de la pavimentación completa de su superficie.

Intersecciones canalizadas

Según Bañon y Beviá (2000), sus trayectorias son delimitadas y encausadas por medio de isletas, lágrimas y otros dispositivos, lo que les brinda mayor capacidad.

Figura 7.

Intersección sin canalizar y canalizada

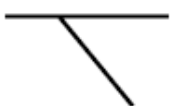
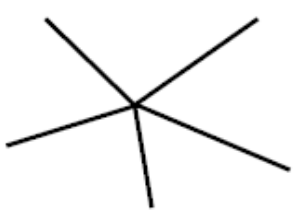
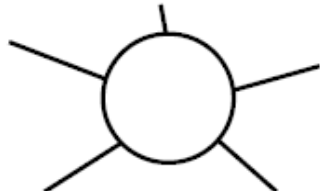


Nota Fuente: Tomado de Manual de Carreteras. Volumen I: elementos y proyecto. 2000

Bañon y Beviá (2000) establecen una tipología de las intersecciones en función del número de vías o ramales que concurren. Dentro de algunos de estos grupos, pueden distinguirse dos subgrupos en función de la disposición geométrica que adoptan los ramales así:

Figura 8.

Clasificación de intersecciones según ramales

	Perpendiculares	Oblicuas
Tres ramales	 En T	 En Y
Cuatro ramales	 En cruz	 En X
Múltiple		
Giratoria		

Nota Fuente: Adaptado de Manual de Carreteras. Volumen I: elementos y proyecto. 2000

Intersecciones de tres ramales

Este tipo de intersecciones se emplean para la resolución de encuentros entre carreteras principales y secundarias, quedando estas últimas absorbidas por las primeras. Por su disposición geométrica en planta, se diferencian claramente dos tipos:

- **Intersecciones en T:** los ramales concurren formando ángulos mayores de 60° , es decir, con direcciones sensiblemente perpendiculares.
- **Intersecciones en Y:** al menos uno de los ángulos formados entre los ramales es menor de 60° .

Intersecciones de cuatro ramales

En ellas se produce un cruce de dos vías –cuatro ramales en total- generalmente de rango similar. Se distinguen dos tipos:

- **Intersecciones en cruz:** Los ramales concurren formando en cualquier caso ángulos mayores de 60° , con direcciones sensiblemente perpendiculares.
- **Intersecciones en X:** Los ramales forman dos ángulos menores de 60° .

Semáforos

Son elementos reguladores de tráfico, utilizados principalmente en zonas urbanas. En cada acceso de la intersección se dispone al menos un semáforo, en el cual aparecen tres luces: roja, amarilla y verde, que se encienden sucesivamente.

Bañon y Beviá (2000) definen dos conceptos consustanciales a las intersecciones semaforizadas, con base en las posibles combinaciones de luces rojas y verdes que pueden estar simultáneamente encendidas en toda la intersección:

- **Fase:** tiempo durante el que puede realizarse un determinado movimiento dentro de la intersección, es decir, el tiempo durante el cual una serie de semáforos permanecen en verde.
- **Ciclo:** tiempo necesario para que vuelvan a repetirse las mismas condiciones de regulación dentro de la intersección; dicho de otro modo, es el resultado de la suma de las diferentes fases, así como de los tiempos de transición –o de amarillo– entre ellas.

3.2.2.2 Vías para el tráfico de bicicletas

En el Manual de Diseño para el Tráfico de Bicicletas (2006), se define como infraestructura cicloinclusiva a todas las facilidades técnicas hechas para ciclistas. Un diseño cicloinclusivo significa que no se le dará a los ciclistas el espacio sobrante en el diseño de la calle o el tiempo sobrante en una secuencia de semáforos, sino que la infraestructura deberá ser planeada para responder a las necesidades de los diferentes actores presentes en las vías de forma justa y armoniosa.

Una red ciclovial utilitaria responde a necesidades de movilidad con fines funcionales, tales como trabajo, educación, vivienda, compras, actividades sociales y culturales, etc. Esta puede abarcar diferentes modalidades viales y facilidades cicloinclusivas.

El ministerio de transporte (2012) categoriza y define las vías para el tránsito de bicicletas en Colombia así:

Ciclo ruta

Una Ciclo ruta es una red de facilidades para la circulación de bicicletas entre un origen y un destino y puede estar compuesta de Ciclovías, Ciclobandas y/o Ciclocalles.

Ciclovía

Vía destinada al uso de bicicletas y a veces a peatones que se encuentra segregada físicamente del tránsito de vehículos motorizados. El ancho de ellas varía según los volúmenes de bicis esperados. En todo caso se recomienda un ancho mínimo de 1.2 m por sentido de circulación.

Ciclobanda

Senda sobre la calzada o andén, segregada del tránsito vehicular o peatonal sólo por demarcación y/o delineadores horizontales. Su ancho puede variar según el flujo esperado de bicicletas. **Sólo pueden ubicarse en vías donde la velocidad máxima permitida es igual o inferior a 60 km/h.**

Ciclocalle

Vía convencional o peatonal donde circulan los bicis junto a otros vehículos motorizados, y/o peatones cuya velocidad máxima permitida no excede los 30 km/h. Generalmente este tipo de vía contempla medidas calmantes de velocidad (traffic calming).

CICLO RUTAS EN CALI

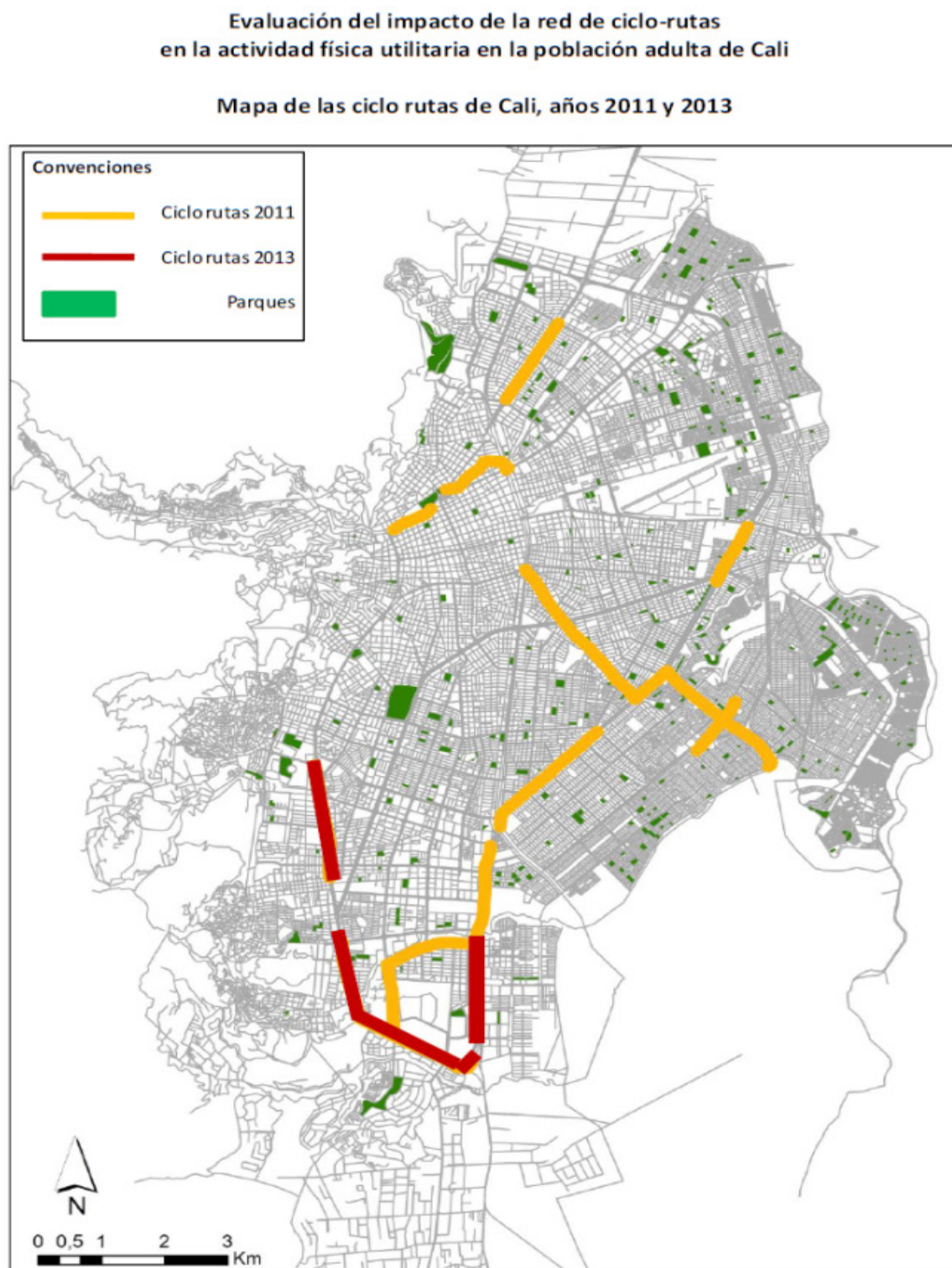
Para el año 2008 estaba planteada la creación de 240 km de ciclo rutas en Cali, para el 2011 se habían construido 21.19 km y para el 2013, 31.2 km (figura 6).

Aunque existe una evidente necesidad de la creación de soluciones que permitan la reducción de la accidentalidad en ciclistas, que han sido contempladas por las entidades de planeación municipal, las iniciativas mínimas propuestas para la protección de los mismos no han sido llevadas a cabo en totalidad.

Como se puede observar en el mapa de la ciudad (figura 9), no solo no se han construido los 240 km planteados, sino que además, las ciclo rutas existentes han sido realizadas de forma totalmente inconexa, por lo que no existe una red vial especializada para el tránsito de bicicletas, y representan además un riesgo de accidentalidad aún mayor, puesto que los ciclistas que deseen utilizarlas, deben transitar de forma irregular por vías e intersecciones compartidas con vehículos motorizados, con el fin de entrar y salir regularmente de las mismas.

Figura 9.

Ciclo rutas en Cali.



Nota Fuente: tomado de Grupo de Epidemiología y Salud Poblacional. (2013)

SEÑALIZACIÓN

Las señales asociadas al uso de bicicletas en vías con o sin facilidades para ellas cumplen tres funciones básicas: regular la circulación (reglamentarias), advertir sobre peligros (preventivas) y guiar a los ciclistas a través de las vías (informativas). La disposición frecuente de señales informativas ayuda a mantener a los ciclistas en la ruta diseñada. (Corporación Fondo de Prevención Vial, 2013, p.64)

A pesar de que en la normativa colombiana se establecen los tipos de señalización con la cual deben contar las vías con tránsito de bicicletas, en Cali se observan grandes deficiencias en la aplicación y disposición de las mismas, la mayoría de ciclo rutas se encuentran sin señalización, y las vías de uso compartido cuentan con pocos elementos de señalización que le comuniquen al ciclista como debe actuar y que lineamientos seguir en vías y zonas con diferentes características y flujo de tráfico. Así como información que le comunique a los conductores de otros vehículos acerca de la presencia de ciclistas en la vía y las formas de interacción con los mismos.

3.2.3 Marco legal

Desde el punto de vista legal y normativo la bicicleta es uno de los medios de transporte menos favorecidos, puesto que la normativa de tránsito para su uso no contempla muchas de las características y necesidades de sus usuarios, son en ocasiones agrupadas con motocicletas y vehículos de tracción animal, cuyas características de movilidad distan bastante de las bicicletas. Esto da lugar a situaciones de ambigüedad en la aplicación de la normativa, además de desconocimiento y desacato de las mismas por parte tanto de ciclistas, como de usuarios de otros medios de transporte.

Existen aspectos de la normativa que rige el tráfico de bicicletas que entran en disonancia con las características del entorno construido por el que estas transitan, principalmente al momento de compartir las vías con vehículos motorizados, dando lugar a conflictos que pueden resultar en accidentes de tránsito.

3.2.3.1 Normativa

LEY 769 DE 2002 por la cual se expide el código nacional de Tránsito terrestre y se dictan otras disposiciones:

Parágrafo 1°. Sin perjuicio de las normas que sobre el particular se establecen en este código, las bicicletas, motocicletas, motociclos, mototriciclos y vehículos de tracción animal e impulsión humana, transitarán de acuerdo con las reglas que en cada caso dicte la autoridad de tránsito competente. En todo caso, estará prohibido transitar por los andenes o aceras, o puentes de uso exclusivo para los peatones.

Parágrafo 2°. Se prohíbe el tránsito de motocicletas y motociclos por las ciclo rutas

o ciclovías. En caso de infracción se procederá a la inmovilización.

Artículo 94. Normas generales para bicicletas, triciclos, motocicletas, motociclos y mototriciclos:

Los conductores de bicicletas, triciclos, motocicletas, motociclos y mototriciclos, estarán sujetos a las siguientes normas:

- Deben transitar por la derecha de las vías a distancia no mayor de un (1) metro de la acera u orilla y nunca utilizar las vías exclusivas para servicio público colectivo.
- Los conductores de estos tipos de vehículos y sus acompañantes deben vestir chalecos o chaquetas reflectivas de identificación que deben ser visibles cuando se conduzca entre las 18:00 y las 6:00 horas del día siguiente, y siempre que la visibilidad sea escasa.
- Los conductores que transiten en grupo lo harán uno detrás de otro.
- No deben sujetarse de otro vehículo o viajar cerca de otro carruaje de mayor tamaño que lo oculte de la vista de los conductores que transiten en sentido contrario.
- No deben transitar sobre las aceras, lugares destinados al tránsito de peatones y por aquellas vías en donde las autoridades competentes lo prohíban. Deben conducir en las vías públicas permitidas o, donde existan, en aquellas especialmente diseñadas para ello.
- Deben respetar las señales, normas de tránsito y límites de velocidad.
- No deben adelantar a otros vehículos por la derecha o entre vehículos que transiten por sus respectivos carriles. Siempre utilizarán el carril libre a la

izquierda del vehículo a sobrepasar.

- Los conductores y los acompañantes cuando hubieren, deberán utilizar casco de seguridad, de acuerdo como fije el Ministerio de Transporte.
- La no utilización del casco de seguridad cuando corresponda dará lugar a la inmovilización del vehículo.

Artículo 95. Normas específicas para bicicletas y triciclos. Las bicicletas y triciclos se sujetarán a las siguientes normas específicas:

- No podrán llevar acompañante excepto mediante el uso de dispositivos diseñados especialmente para ello, ni transportar objetos que disminuyan la visibilidad o que los incomoden en la conducción.
- Cuando circulen en horas nocturnas, deben llevar dispositivos en la parte delantera que proyecten luz blanca, y en la parte trasera que reflecte luz roja.

3.3 Necesidad

En el siguiente capítulo se desarrollan los conceptos que se relacionan con las necesidades de los usuarios en torno a la problemática planteada, así como nociones que contribuyen a perfilar el enfoque del proyecto.

3.3.1 Movilidad Urbana

Para Montezuma (2003), el concepto de movilidad urbana ofrece una perspectiva de los individuos en su realidad socioeconómica y espacial más amplio que el término transporte, el cual se limita a una relación de oferta y demanda expresada esquemáticamente, por un lado, en cantidad de infraestructuras y medios de transporte y, por el otro, en el número de desplazamientos por persona por día, según motivo, modo, itinerario, tiempo.

Al hablar de transporte, suelen pasarse por alto las necesidades de colectivos vulnerables como peatones y ciclistas, personas en condición de discapacidad, y de escasos recursos, entre otros. *“Al tratar la movilidad y no el transporte se centra la problemática en la persona y su entorno, y no únicamente en sus desplazamientos”*. (Montezuma, 2003, p.175). Por tanto, se pueden abarcar estas mismas problemáticas desde una perspectiva más equitativa cuando se intenta responder a las necesidades de movilidad de los ciudadanos teniendo en cuenta muchos más factores influyentes en la misma, tales como situación socio-económica, vulnerabilidad física o geográfica, condición de discapacidad, etc.

3.3.1.1 Movilidad voluntaria o libre

Incluye la movilidad espontánea (la persona decide por si misma movilizarse), a lugares donde puede suplir las necesidades de ocio y la movilidad facilitada (el Estado de origen o de destino, o ambos, brindan los medios para desarrollar procesos de movilidad) (Red Andina de Migraciones, 2013, p.1)

3.3.1.2 Movilidad obligatoria

La movilidad se origina de manera voluntaria en cumplimiento de una obligación de la persona: como cuando una persona se dirige a centros médicos, a centros de estudio y/o trabajo. (Red Andina de Migraciones, 2013, p.1)

3.3.1.3 Equidad en la movilidad

"El derecho a moverse con facilidad por la ciudad debe universalizarse y no reservarse sólo para los que disponen de un vehículo motorizado privado. En otras palabras, las ciudades en las que el espacio público está dominado por el automóvil son ciudades sin equidad." (Ciclociudades tomo I, 2010, pág. 20)

La bicicleta como medio de transporte, proporciona a sus usuarios no solo la capacidad de desplazarse a distancias y velocidades mayores que mediante la caminata, sino que a distancias cortas y medias puede ser un medio de transporte igual o más veloz que un automóvil público o privado. Siendo un vehículo mucho más económico tanto en adquisición como en mantenimiento, lo que significa que es mucho más asequible a personas de estratos socio-económicos bajos, generando oportunidades de desarrollo a partir de la movilidad.

Por tanto, es necesario que una ciudad pueda satisfacer las necesidades de movilidad de sus ciudadanos, además de promover las formas de movilidad que más favorecen

a la ciudad, en cuanto a sostenibilidad, uso del espacio, etc. Buscando además generar igualdad de oportunidades de acceder a sitios de empleo, educación, salud, entre otros.

3.3.2 Seguridad vial

La seguridad vial involucra los componentes estratégico, táctico y operativo, dando cabida a los elementos psicológico, teórico y práctico bajo los modelos de seguridad basada en el comportamiento, teoría básica del manejo defensivo y prevención de accidentalidad vial bajo una herramienta desarrollada de manera exclusiva. (Concejo colombiano de seguridad, 2014)

Algunos de los principales factores de desestímulo del uso de la bicicleta en Cali, son la accidentalidad y la percepción de seguridad vial en la ciudad.

El uso de vías compartidas con vehículos motorizados genera no solo un mayor riesgo de accidentalidad, relacionado con las velocidades, el espacio vial ocupado, las formas de conducción, y las condiciones espaciales, sino con los aspectos culturales de la utilización de la bicicleta, que aunque cuenta con iguales derechos de utilización de las vías que los vehículos motorizados, actualmente resulta relegada a condiciones mínimas de ocupación de las vías.

3.4 Accidentes de tránsito

El Ministerio de Tránsito (2002) define un **accidente de tránsito** como un evento, generalmente involuntario, generado al menos por un vehículo en movimiento, que causa daños a personas y bienes involucrados en él e igualmente afecta la normal circulación de los vehículos que se movilizan por la vía o vías comprendidas en el lugar o dentro de la zona de influencia del hecho.

Debido a sus características, peatones, ciclistas y motociclistas son afectados en mayor medida por los accidentes de tránsito. Puesto que gran parte de los impactos son recibidos directamente en el cuerpo, los accidentes suelen tener consecuencias más graves y mayores índices de mortalidad que los conductores de automóviles.

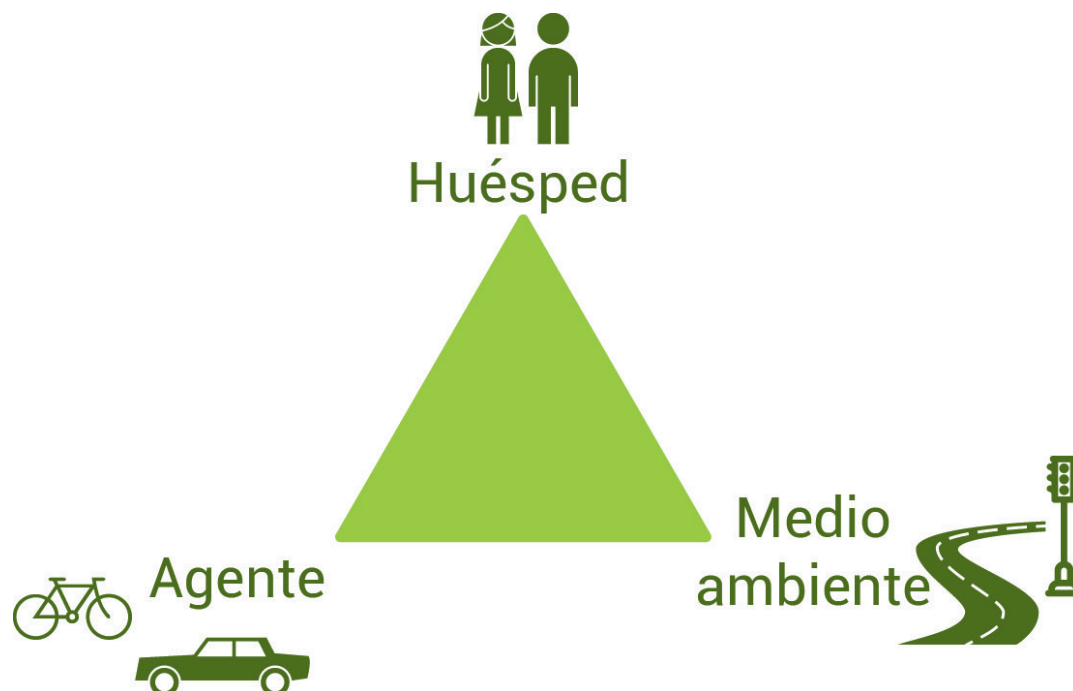
3.4.1 Triada epidemiológica de los accidentes de tránsito

William Haddon plantea la aplicación de principios epidemiológicos para la prevención de lesiones, tomando como base la interacción de los tres factores en el desarrollo de enfermedades: *huésped*, *agente* y *medio ambiente*, lo que se conoce como "Triada Epidemiológica".

En materia de lesiones relacionadas con el tránsito, el *huésped* representa el componente humano y su comportamiento; el *agente* está asociado con los vehículos, sus características y su estado; el *medio ambiente* es el espacio en el que el *huésped* y el *agente* interactúan, tales como infraestructura vial y entorno construido, estado del tiempo, aspectos culturales, etc.

Gráfica 10

Triada epidemiológica de los accidentes de tránsito



Nota Fuente: elaboración propia 2015.

Para su aplicación en prevención de lesiones de tránsito, Haddon extiende la interacción de estos tres factores en unión con la secuencia de choque, a partir de tres momentos: *Pre-evento* (antes del choque), donde se pueden ejecutar acciones de prevención primaria, como elementos de control de tráfico, separación de vías, legislación, etc.; *evento* (choque), donde se llevan a cabo acciones de prevención secundaria, como uso de cascos, airbags y similares; *post evento* (post choque), donde se ejecutan acciones de prevención terciaria como mecanismos de respuesta y atención médica.

Así, Haddon propone el desarrollo de una matriz en la que se relacionan todos estos elementos. Mediante la comprensión de los factores presentes en las diferentes células que componen la matriz, se podrán llevar a cabo intervenciones más eficaces.

Tabla 2.

Matriz de Haddon

Factores de la triada epidemiológica <i>Fases temporales</i>	Factores de la triada epidemiológica		
	Huésped (Víctima)	Agente (Energía)	Ambiente (Físico, mecánico o social)
<i>Pre evento</i>	Visión de conductor. Consumo de alcohol. Pericia y criterios Duración del viaje. Grado de fatiga. Cumplimiento de la normatividad de movilidad.	Mantenimiento de frenos. Material defectuoso. Centro de gravedad. Velocidad. Facilidad de control. Revisión técnico-mecánica y mantenimiento preventivo en general.	Riesgos de visibilidad. Curva y pendiente de la carretera. Coeficiente de fricción de la superficie. Carretera estrecha. Señalización. Límites de velocidad. Condiciones climatológicas. Actitudes con el alcohol. Leyes relacionadas con una conducción defectuosa. Apoyo a los esfuerzos de prevención de lesiones. Vías empleadas como campos de juegos.
<i>Evento</i>	Uso del cinturón de seguridad. Osteoporosis. Umbral de lesión. Proyección.	Capacidad de velocidad. Tamaño del vehículo. Limitadores automáticos. Dureza y agudeza de las superficies de contacto. Columna de dirección.	Ausencia de guardar railes. Barreras medianas. Distancia entre la carretera y objetos inmóviles. Límites de velocidad. Tráfico. Actitudes sobre el uso de cinturones de seguridad. Leyes sancionatorias sobre asientos infantiles de seguridad. Leyes sobre el uso de casco y chalecos refractivos en motos.
<i>Post evento</i>	Edad. Condición física Tipo o gravedad de la lesión. Conocimientos en primeros auxilios.	Integridad del depósito de combustible. Atrapamiento.	Sistema de comunicaciones de emergencia. Existencia de SEM. Distancia a y calidad del SEM. Entrenamiento del personal SEM. Equipos de rescate y extracción vehicular. Sistemas para sistemas de atención del trauma. Programas de rehabilitación.

Nota Fuente: Tomado de Corporación Fondo de Prevención Vial, 2013.

Capítulo 4

Análisis

En este capítulo se presentan y describen los resultados del desarrollo de la metodología y el trabajo de campo realizado con el fin de dar cumplimiento a los objetivos del proyecto, así como un cuadro operativo general del proyecto.

4.1 Situación actual

4.1.1 Accidentes de tránsito de ciclistas en Cali

La secretaría de Tránsito y Transporte Municipal de Cali (STTM) obtiene estadísticas de accidentalidad por los diferentes tipos de vehículos presentes en la ciudad, estas estadísticas se logran con apoyo de la fiscalía, la policía metropolitana y Medicina Legal.

Según el último informe de estadísticas de accidentalidad entregado por la Secretaría de Tránsito y Transporte Municipal de Cali, en el año 2012 se registraron un total de 1674 accidentes de tránsito en los que se vieron involucrados ciclistas, con un incremento del 10,5% respecto al año anterior, y del 59,3% desde el 2006.

A pesar del incremento de accidentes de ciclistas en los últimos años, los datos recolectados en torno a este fenómeno en la ciudad son escasos. Actualmente se recopila de forma detallada **únicamente la información correspondiente a los homicidios** de ciclistas por accidente de tránsito; en estos casos se consigna la vía en la que se presentó, los tipos de vehículos involucrados y los datos del ciclista. Sin embargo, no existe registro detallado de todos los demás accidentes que no resultan en fatalidad, por lo que se desconocen sus causas y consecuencias y los lugares en los que se presentan.

Según las bases de datos de homicidios de ciclistas por accidentes de tránsito en los años 2012, 2013 y 2014, las cuales fueron procesadas por el grupo de investigación GESP de la escuela de Salud Pública de la Universidad del Valle con la información recolectada por los agentes de tránsito de Cali, se lleva a cabo un análisis comparativo con base en el cual se identifican aspectos importantes para la comprensión de los mismos.

4.1.1.1 Vías de alta presencia de accidentalidad en Cali

Según la información consignada en las bases de datos de homicidios de ciclistas por accidentes de tránsito en los años 2012, 2013 y 2014, en estos tres años se registraron un total de 97 casos de accidentes fatales de ciclistas, todos tuvieron lugar en **vías de tráfico mixto**, por las que transitan diferentes tipos de vehículos motorizados, de tracción humana e incluso de tracción animal.

Teniendo en cuenta el número de accidentes fatales registrados en cada periodo de tiempo, se evidencia que en la **calle 70** se presentan de forma consistente el mayor número de accidentes fatales, con un total de 13 casos.

Vías de tráfico mixto o compartido

En las vías de uso compartido o carriles mixtos, transitan paralelamente automóviles de transporte privado y público, vehículos de carga, motocicletas, bicicletas y otros vehículos de tracción humana y animal, buses de transporte público, etc.

Debido a que la ciudad solo cuenta con 31,2 kilómetros construidos de ciclo rutas, la mayoría de las cuales no se encuentran interconectadas ni cubren trayectos largos, las vías de uso mixto son las más utilizadas por los ciclistas en Cali.

Según la normativa de tránsito colombiana, en carriles mixtos los ciclistas deben transitar siempre al lado derecho de la vía, en un espacio de aproximadamente un metro desde el borde del andén, esto los obliga a competir constantemente por el espacio de circulación, que deben compartir con vehículos que invaden su espacio y exponen a los ciclistas a riesgos de accidentalidad. Por esta razón, a pesar de que ninguno de los actores presentes en las vías esté necesariamente violando las normas de tránsito, la forma en la que se ven obligados a transitar los ciclistas los

expone a situaciones de conflicto con otros vehículos, especialmente en puntos de intercambio de vías.

Caso crítico: calle 70

La calle 70 en Cali, presenta alto tráfico de diferentes tipos de vehículos, incluidas bicicletas, así como el mayor número de muertes de ciclistas por accidentes de tránsito en la ciudad en los últimos años. Por esta razón, se identifica como caso crítico, y se utiliza como referente para abordar la problemática desde el análisis del peor escenario, con base en el cual se podrá desarrollar una propuesta aplicable a otras vías de menor riesgo

Esta vía se encuentra clasificada dentro de la jerarquización vial de la ciudad³ como *vía arteria principal (VAP)*, es una de las vías más utilizadas diariamente por los ciclistas utilitarios, ya que atraviesa gran parte del oriente de la ciudad, comunicando diferentes sectores de la misma.

Debido a sus características, las *VAP* son los tipos de vías en las que los ciclistas se encuentran más expuestos a sufrir un accidente. Por una parte, puesto que su intención es conectar diferentes sectores de la ciudad de forma directa, son vías de alto tráfico, con muchas entradas y salidas, por lo que los ciclistas se enfrentan a una mayor exposición a los conflictos con otros vehículos. En este tipo de vías, también se encuentran más marcadas las diferencias en las características de movilidad entre las bicicletas y los vehículos motorizados, tales como la velocidad, la aceleración, la estabilidad, entre otras.

La calle 70 tiene entre cuatro y cinco carriles en cada sentido de la vía, distribuidos

³ Las categorías de jerarquización de las vías se encuentran definidas de forma general en el capítulo 4.2 del *marco teórico-conceptual*.

según su función. Dos o tres carriles centrales de tráfico directo y dos carriles externos en los cuales se encuentran las entradas y salidas de la vía.

4.1.1.2 Puntos críticos de accidentalidad

Para el caso de este proyecto, nos referimos a puntos críticos como los lugares sobre las vías, en este caso *vías arterias principales*, en los que por sus características los riesgos de exposición a conflictos o accidentes de tránsito para los ciclistas se incrementan.

Intersecciones de Vías arterias principales

"En las intersecciones los conflictos con el tráfico que intersecta son inevitables dada la función de intercambio." (CROW, 2011, p.187). Por esta razón, es importante prestar especial atención al funcionamiento de las mismas cuando de seguridad vial se trata, particularmente en el caso de los ciclistas. Debido a esto, diferentes autores y entidades han llevado a cabo estudios en torno a la forma en que influyen las intersecciones en los accidentes entre bicicletas y vehículos motorizados.

Según la entidad sin fines de lucro CROW (2011), la causa más importante de accidentes de tránsito graves que involucran a ciclistas son las colisiones entre estos y vehículos motorizados, de las cuales más de la mitad (58%) tienen lugar en intersecciones del área urbana.

Monsef (2013) lleva a cabo un estudio en el área metropolitana de Portland, Oregon, con el fin de hallar formas de mejorar la seguridad vial, enfocándose principalmente en los accidentes entre bicicletas y vehículos motorizados, en un esfuerzo por comprender cómo y por qué se producen. Los resultados de este estudio, concluyeron que el

70% de los accidentes que se presentaron entre bicicletas y vehículos motorizados en vías arterias principales y secundarias, tuvieron lugar en las intersecciones de las mismas.

Para el caso específico de Cali, el 85% los usuarios de la bicicleta como medio de transporte en la ciudad $n=125^4$ consideran que las intersecciones son puntos críticos para su seguridad vial. Y el 55% manifestó haber experimentado o estado cerca de experimentar un accidente de tráfico en las mismas.

Intersecciones en las vías arterias principales: Calle 70

Con el fin de determinar las características generales de las intersecciones de las vías arterias principales de Cali, se llevó a cabo un trabajo de observación, tomando como caso crítico la calle 70.

Para esto se realizó una matriz de posibles configuraciones de los tipos de intersecciones que se presentan comúnmente en las vías arterias principales. Tomando como base las diferentes formas de clasificación de intersecciones, se relacionaron entre sí tres variables: disposición geométrica, canalización y formas de regulación de tráfico. A partir de esta matriz se obtienen a grandes rasgos ocho formas comunes de configuración de intersecciones en vías arterias.

Como resultado del trabajo de observación realizado, se establecen las formas más comunes de configuración y las características generales de las mismas.

Las intersecciones de la calle 70 son *no canalizadas*, y puesto que, como se explica anteriormente (pie de página dónde), la configuración geométrica juega un papel

4 Según encuesta de percepción de seguridad vial 2015

menos importante que otros aspectos funcionales de las intersecciones, se dividen las mismas en dos grandes categorías según su mecanismo de control de tráfico:

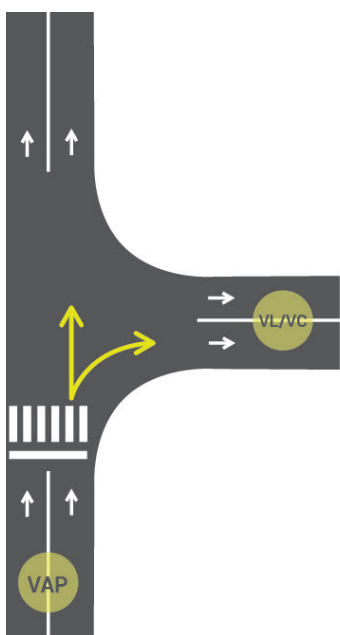
Intersecciones definidas por prioridad de paso

Las intersecciones cuyo mecanismo de control de tráfico depende de la prioridad de paso, son generalmente intersecciones en las que se presenta un flujo medio o bajo de vehículos. Las VAP comunican grandes extensiones de la ciudad, y son conectadas con diferentes sectores residenciales, comerciales, industriales, etc. por medio de vías colectoras (VC) y vías locales (VL). Por esta razón se encuentran muchas intersecciones que conectan VAP-VC y VAP-VL. Puesto que las VC y VL son vías de tráfico vehicular bajo o medio y bajas velocidades, es común que en estas intersecciones la medida de control de tráfico sea por prioridad de paso. Su disposición geométrica es generalmente tipo "T".

A continuación se encuentran esquematizadas a grandes rasgos las formas de configuración más comunes de intersecciones definidas por prioridad de paso sobre la calle 70:

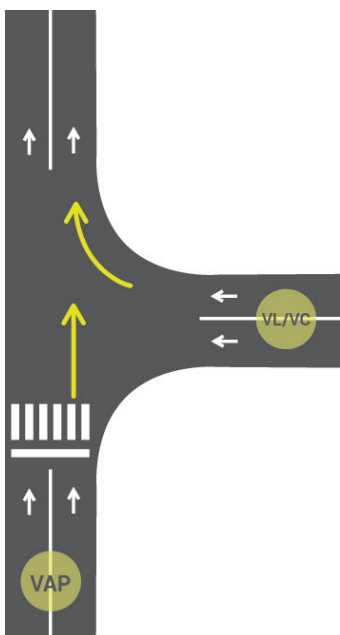
Figura 10.

Intersecciones definidas por prioridad de paso, calle 70.



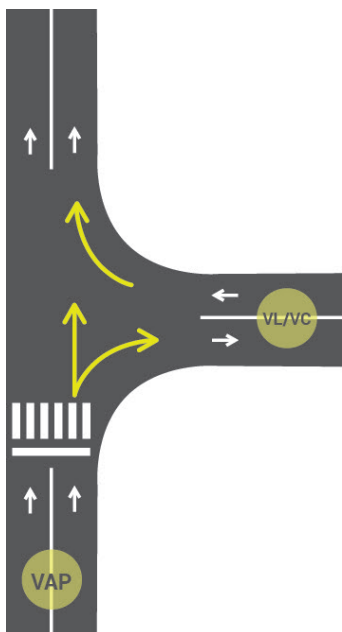
Intersección definida por prioridad de paso tipo T que comunica una VAP con VL/VC de un solo sentido

En este tipo de intersecciones se pueden realizar dos tipos de movimientos: movimiento de paso o cruce a la derecha.



Intersección definida por prioridad de paso tipo T que comunica una VAP con VL/VC de un solo sentido

En este tipo de intersecciones se pueden realizar dos tipos de movimientos: movimiento de paso de quienes transitan por la VAP o cruce a la derecha de quienes transitan por la VL/VC.



Intersección definida por prioridad de paso tipo T que comunica una VAP con VL/VC

En este tipo de intersecciones se pueden realizar los mismos movimientos que en la anterior. Además, los vehículos que transitan por la VC/VL pueden realizar cruces a la derecha hacia la VAP.

Nota Fuente: Elaboración propia, 2015..

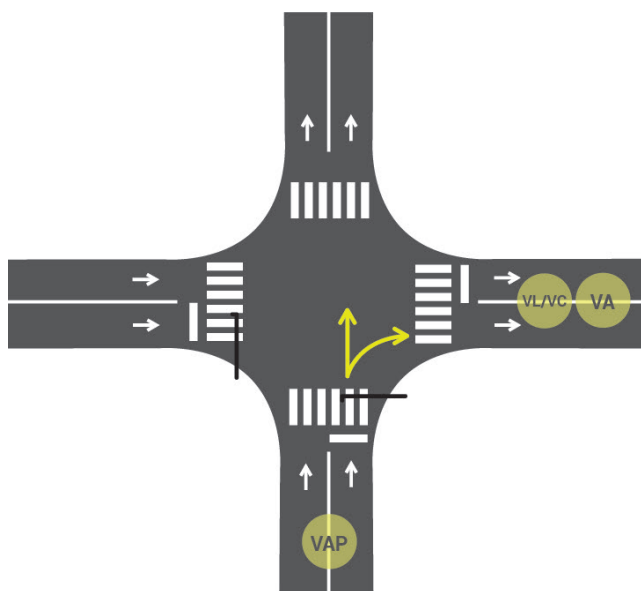
Funcionalmente estas tres formas de configuración se diferencian principalmente en los sentidos de circulación de las vías, que generan a su vez diferentes acciones que pueden realizarse por los vehículos en las intersecciones

Intersecciones semaforizadas

En las intersecciones que conectan la calle 70 con otras vías arterias principales o secundarias, el mecanismo de control de tráfico empleado es generalmente el semáforo, puesto que se presenta un tráfico mayor de vehículos y velocidades más altas en comparación con vías de menor categoría. Geométricamente pueden estar dispuestas en "T" o en cruz. A continuación se encuentran esquematizadas a grandes rasgos las formas de configuración más comunes de intersecciones semaforizadas sobre la calle 70:

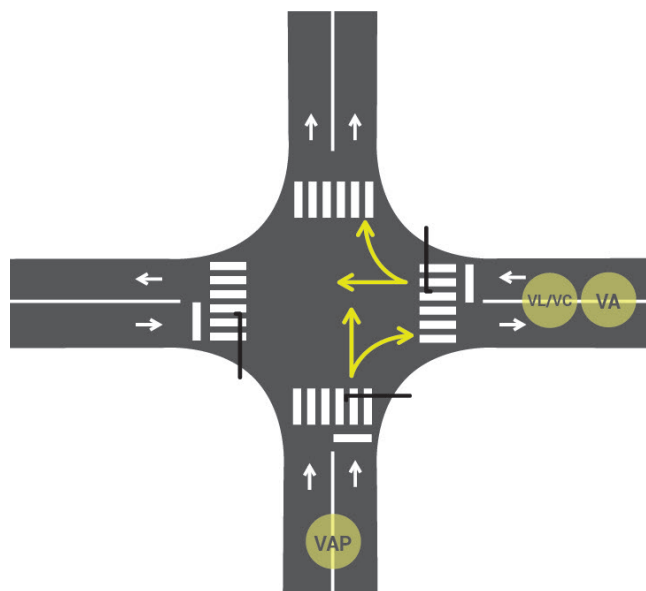
Figura 11

Intersecciones semaforizadas, calle 70.



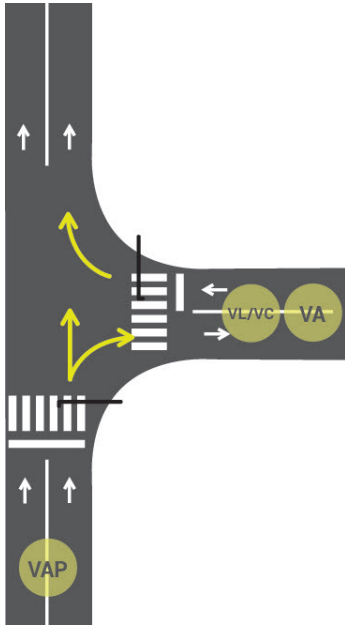
Intersección semaforizada que comunica una VAP con VL, VC u otra VA

En este tipo de intersecciones un vehículo que transite sobre la VAP puede realizar dos movimientos: movimiento de paso o cruce a la derecha.



Intersección semaforizada tipo cruz que comunica una VAP con VL, VC u otra VA

En este tipo de intersecciones se pueden realizar las mismas acciones que en la anterior, y adicionalmente los vehículos que transitan por la VC/VL o VA pueden hacer cruces a la derecha hacia la VAP



Intersección semaforizada tipo T que comunica una VAP con VL, VC u otra VA

En este tipo de intersecciones los vehículos que transiten sobre la VAP pueden realizar dos movimientos: movimiento de paso o cruce a la derecha. Quienes transitan sobre la VC/VL o VA pueden realizar cruces a la derecha.

Nota Fuente: Elaboración propia, 2015..

En las intersecciones cuyo control de tráfico está definido por semáforos, se observaron algunas variaciones principalmente en el soporte y la ubicación de los mismos con algunas variaciones, así:

- **Semáforos montados en postes:** estos son los semáforos que se emplean generalmente para controlar los cruces a la derecha. Suelen estar acompañados por un *semáforo montado en ménsula larga sujeta a poste lateral*.
- **Semáforo montado en ménsula larga sujeta a poste lateral:** son empleados principalmente para controlar el tráfico que transita de forma recta, por su altura y ubicación tienen un alcance mayor para los conductores. En algunos casos se dispone además, un semáforo para controlar los cruces a la derecha sobre el mismo poste.

Adicionalmente, en casi todos los casos hay presencia de semáforos peatonales, que son instalados en los mismos postes que los vehiculares, apuntando de forma perpendicular a los mismos.

Figura 12.

Semáforos calle 70 con carrera 5, Cali.



Nota Fuente: adaptado de Google Street View, 2015.

Figura 13.

Semáforos calle 70 con carrera 7c Bis, Cali.



Nota Fuente: adaptado de Google Street View, 2015.

4.1.1.3 Accidente de ciclistas: Intersecciones de VAP

Como se estableció previamente, la gran mayoría de accidentes de ciclistas en las VAP suceden por conflictos entre bicicletas y vehículos motorizados, con mayor concentración en las intersecciones de las mismas. Dicho esto, es necesario definir aspectos de los tipos de accidentes que se presentan con mayor frecuencia en estos puntos y sus causas.

Al hablar de accidentes *BMV*, se hace referencia a aquellos accidentes que ocurren por conflictos entre bicicletas y vehículos motorizados, diferenciándose de aquellos

que afectan únicamente al ciclista, como el caso de una caída, un problema mecánico o un choque con un objeto estático, entre otros.

Tipos y causas de accidentes BVM en VAP

La División de Servicios de Transporte de la ciudad de Toronto (2003), define diferentes tipos de accidentes entre bicicletas y vehículos motorizados que se presentan en las vías arterias principales y secundarias, entre ellos se clasifican aquellos que ocurren en las intersecciones.

Teniendo en cuenta el enfoque del proyecto, se realiza un proceso de selección en el que se tienen en cuenta accidentes relacionados con factores *ambientales*: (infraestructura, espacio construido, etc.), y su relación con el *agente* (vehículos) estableciendo entonces que los tipos de accidentes a intervenir son aquellos cuyas causas no están relacionados con incumplimiento a la norma.

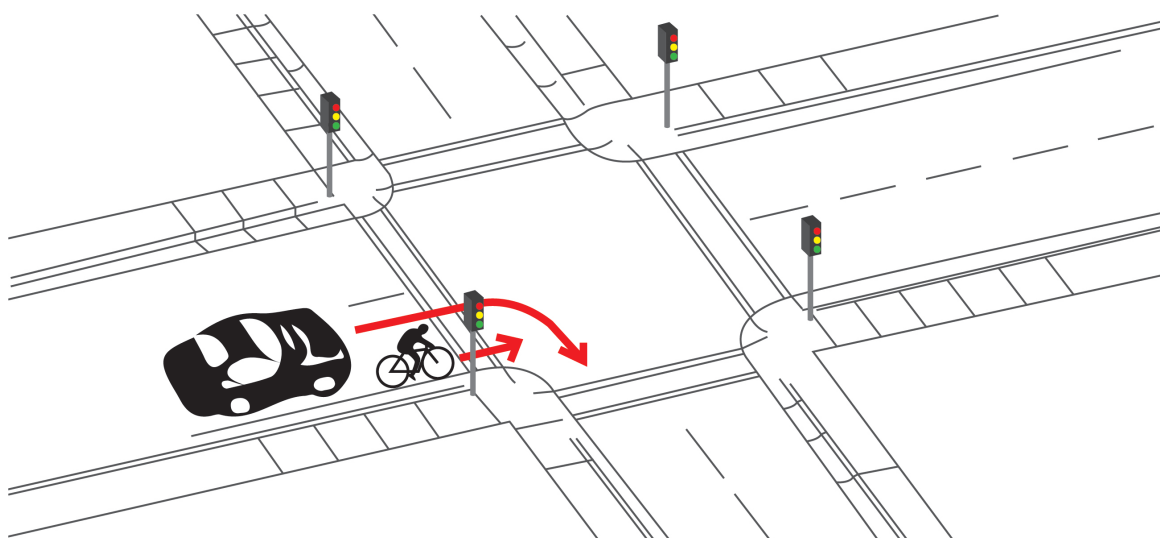
La División de Servicios de Transporte de la ciudad de Toronto y otras entidades mencionan otros tipos de accidentes sobre las intersecciones, sin embargo estos ocurren por incumplimiento a la normativa y las señales de tránsito por parte de uno o los dos actores involucrados en el mismo, por lo tanto son descartados.

El tipo de accidente seleccionado con base en los criterios establecidos es el ***“motorist right hook”*** o ***giro derecho del motorista***.

Este tipo de accidente ocurre cuando la bicicleta y el automóvil circulan de forma paralela en el mismo sentido, y sobre la intersección el automovilista realiza un giro a la derecha que se interpone en la trayectoria del ciclista.

Figura 14.

Right hook



Nota Fuente: Adaptado de safety.fhwa.dot.gov, 2012.

- **Intersecciones definidas por prioridad de paso:**

En el caso de las intersecciones cuyo mecanismo de control de tráfico está definido por prioridad de paso, el conflicto se presenta generalmente en una sola fase temporal, en la que los dos vehículos transitan de forma continua y paralela.

- **Intersecciones definidas por semáforo:**

En el caso de las intersecciones cuyo control de tráfico se encuentra definido por semáforos, el *right hook* puede suceder en las dos fases temporales del mismo:

En la **fase verde**, cuando al igual que en las intersecciones definidas por prioridad de paso, los dos vehículos circulan de forma continua en la intersección, y el automovilista realiza el giro a la derecha que se interpone en el camino del ciclista.

En la **fase de cambio rojo-verde**, en la que los dos vehículos que se encuentran detenidos inician la marcha y se genera el conflicto.

CAUSAS DEL MOTORIST RIGHT HOOK:

Jannat (2014) realiza un trabajo de investigación por medio del cual proporciona una mejor comprensión de los factores que causan este tipo de accidente, principalmente en la fase verde del semáforo, a través de una encuesta en línea y experimentos con un simulador de conducción. De 209 ciclistas que respondieron la encuesta, el 78% afirmó no ser consciente de su posición de parada con respecto a los vehículos motorizados en la fase roja del semáforo, y 19% de los automovilistas (n = 246) afirmó que no cedería el paso a ciclistas adyacentes acercándose desde atrás si fueran detectados en los retrovisores. Por medio del experimento con el simulador de conducción (n = 51), se investigaron las causas del *right hook* relacionadas con los **automovilistas y el entorno construido** utilizando tres medidas de desempeño del automovilista: a) atención visual, b) conocimiento de la situación, c) conducta de prevención de accidentes.

La medición de la atención visual del automovilista reveló que en presencia de tráfico vehicular en sentido contrario, los automovilistas enfocaron la mayor parte de su atención visual en mirar el tráfico que se aproxima, que plantea un peligro inmediato para ellos, y no en detectar a un ciclista que se acerca por detrás. También se encontró que los automovilistas detectan a un ciclista que transita en su campo visual delantero más exitosamente que a un ciclista que se aproxima desde atrás en el punto ciego del vehículo. La conducta de prevención de accidentes de los automovilistas reveló que el 92% de 26 accidentes observados ocurrieron con un ciclista aproximándose desde atrás en el punto ciego del vehículo, con presencia de tráfico vehicular aproximándose en sentido contrario en 88% de esos accidentes.

Con base en el análisis de los resultados obtenidos en este estudio, se definen factores específicos que tienen influencia directa en la forma en la que ocurren este tipo de accidentes:

a) ATENCIÓN VISUAL DEL AUTOMOVILISTA

La **atención visual** es un mecanismo por medio del cual el cerebro selecciona información relevante e inhibe información irrelevante.

En los experimentos de conducción realizados por Jannat (2014), se encontró que cuando un automovilista llega a una intersección a pesar de que su intención sea realizar un cruce a la derecha, su atención visual se enfoca principalmente en el tráfico que se aproxima desde el frente y en el estado del semáforo. Por lo tanto no suele detectarse la presencia de un ciclista que se aproxima desde atrás o lateralmente, incluso cuando se encuentre dentro de su rango visual.

b) CAMPO VISUAL Y PUNTO CIEGO DEL AUTOMOVILISTA

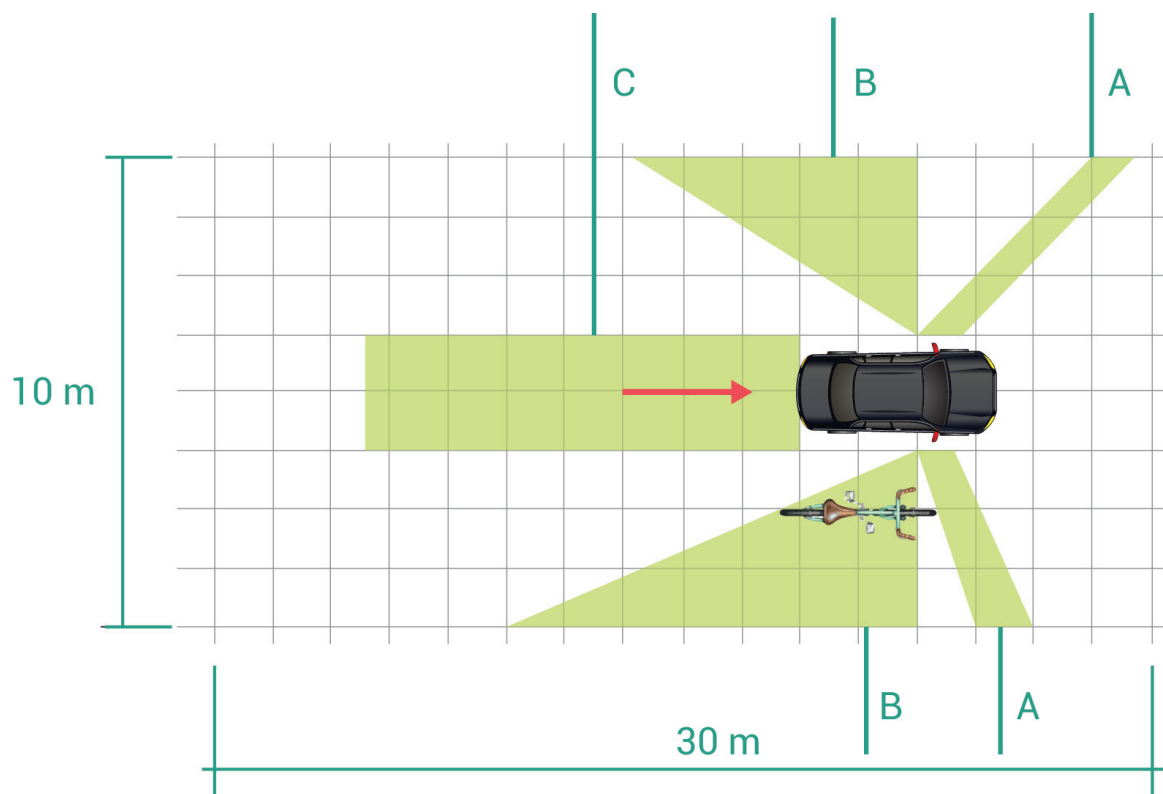
El **campo visual** hace referencia a la porción del espacio que el ojo es capaz de ver.

Muchos accidentes se producen porque los conductores no son capaces de percibir otros elementos o vehículos cuya trayectoria se encuentra en un punto fuera del alcance de su visión.

Las áreas de no visión del conductor se pueden clasificar en visibilidad delantera (A), visibilidad lateral (B) y visibilidad trasera (C), como se muestra en la figura 15.

Figura 15.

Áreas de no visión del automovilista

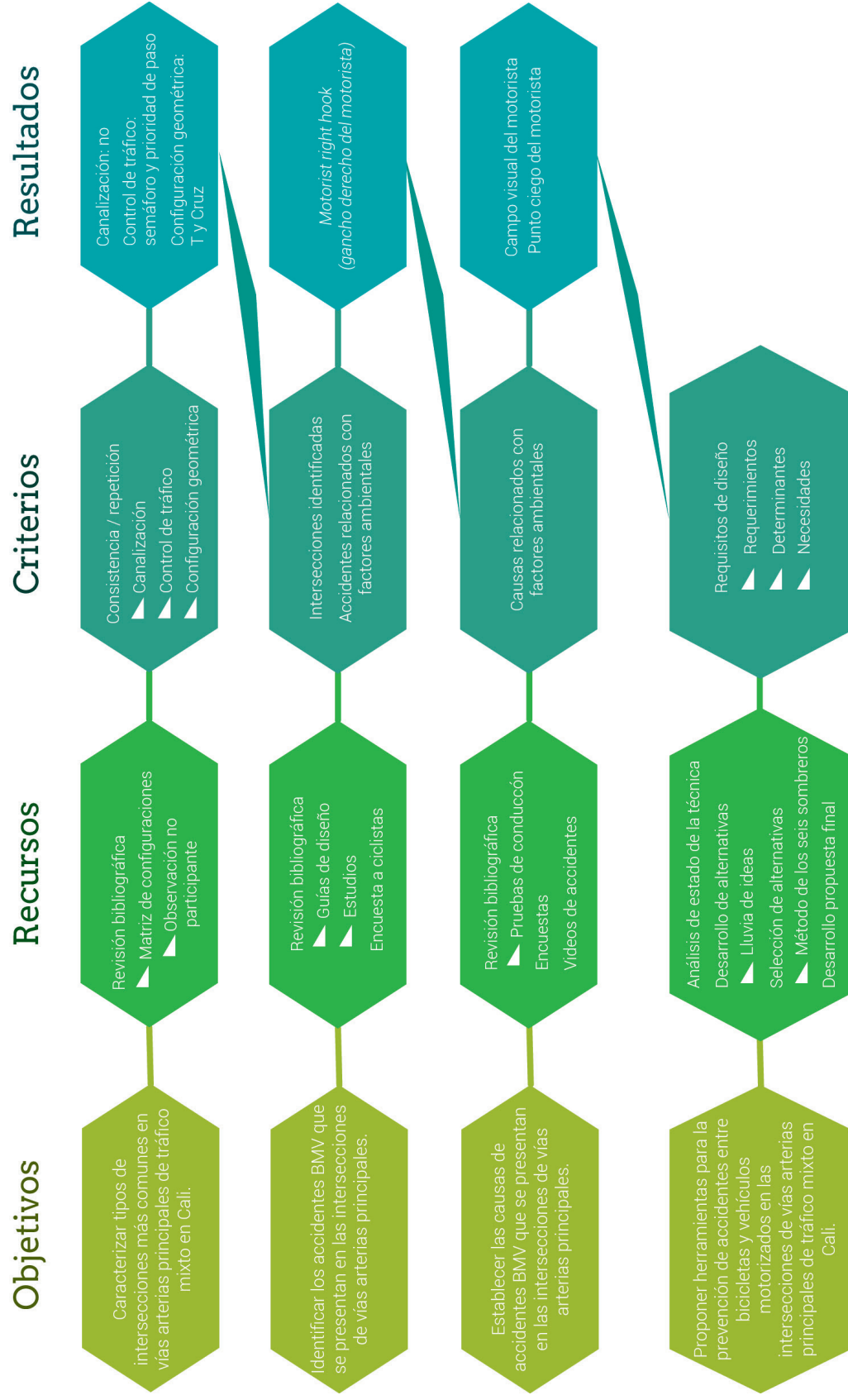


Nota Fuente: Adaptado de cesvi.com.ar, 2015.

Como se menciona anteriormente, en carriles mixtos los ciclistas deben transitar sobre el lado derecho de la vía, lo que quiere decir que si este transita a la misma altura o más atrás que el automóvil, se encontrará en un punto ciego del automovilista, por lo que probablemente no será detectado.

Gráfica 11

Cuadro operativo del proyecto



Nota Fuente: elaboración propia, 2015.

4.2 Estado del arte

Existe gran variedad de iniciativas y estrategias empleadas en la búsqueda de soluciones para problemáticas relacionadas con la movilidad de ciclistas en diferentes lugares del mundo. Estas soluciones pueden estar categorizadas en tres grandes grupos, según los actores y los medios empleados en las mismas:

Soluciones sociales, aquellas que apelan al conocimiento, a la educación y a la concientización de los ciudadanos en torno a diferentes situaciones relacionadas con la problemática. Estas soluciones pueden partir de iniciativas gubernamentales o no gubernamentales, por medio de activismo, acción ciudadana, etc.

Soluciones materiales, este tipo de soluciones contempla intervenciones físicas u objetuales relacionadas con el agente (vehículos) o con el ambiente (infraestructura vial). Su implementación depende de las necesidades de los usuarios y el contexto en que se desarrollan.

Soluciones legales, este tipo de soluciones están relacionadas con decisiones principalmente políticas, donde se implementan o modifican medidas legales y normativas para la resolución de situaciones conflictivas.

La mayoría de casos exitosos y conocidos de soluciones a este tipo de problemáticas a escala de ciudad o país, son aquellas que han logrado articular soluciones desde estas tres perspectivas. Sin embargo existen iniciativas a menor escala que parten de uno de estos tres tipos de soluciones y logran irse fortaleciendo y dando lugar a la implementación de alternativas que se le sumen.

4.2. 1 Soluciones a nivel mundial

4.2.1.1 AMSTERDAM, Holanda.

En Ámsterdam, reconocida como “la capital ciclista del mundo”, aproximadamente el 38% de todos los viajes realizados diariamente se realiza en bicicleta. Van der Zee (2015). En los años 60' con el auge de los automóviles en el país, se incrementaron las muertes por accidentes de tránsito, esto generó gran descontento en los ciudadanos, quienes a través de la protesta y el activismo lograron convencer al estado de comenzar a tomar medidas para disminuir la accidentalidad. Esto sumado a la crisis energética relacionada con el alza en los precios del petróleo proveniente del oriente medio en los 70', llevó a que tanto política como socialmente se tomaran fuertes medidas en la desestímulo del uso de vehículos motorizados y de ahorro energético. A medida que los ciudadanos se transportaban con mayor frecuencia en bicicleta, los gobernantes fueron evidenciando todos los beneficios que esta representaba para la ciudad y sus habitantes. Poco a poco fueron cambiando las políticas de movilidad en la ciudad en beneficio de los ciclistas, se construyeron cada vez más redes de ciclo rutas e infraestructura cicloinclusiva.

Actualmente Amsterdam es tal vez el mayor referente de ciudad ciclista en el mundo, sirviendo como guía y ejemplo para otras ciudades.

4.2.1.1 PORTLAND, Estados Unidos

PORTLAND BICYCLE PLAN FOR 2030

El plan de bicicletas de Portland para el 2030 es un mapa de ruta para convertir a Portland en una ciudad ciclista de clase mundial. En este documento se plantea no

solo la importancia, sino la necesidad de abordar la planeación de la movilidad y el transporte de las ciudades desde nuevas perspectivas, para que por medio de las mismas se pueda llegar a ciudades más seguras y más equitativas en términos de movilidad, medio ambiente, salud, etc. Este plan maestro de bicicletas entró en vigencia en 1996 y ha sido actualizado constantemente con base en resultados de estudios de movilidad realizados constantemente en la ciudad.

Para lograr el cumplimiento de este objetivo, debe entenderse y abordarse la movilidad desde diferentes puntos de vista que deben estar en relación constante: la gestión y planeación administrativa, la intervención espacial y de infraestructura, la promoción e incentivo, y la educación.

Por medio de la obtención de *bicycle crash data* o datos de accidentalidad de bicicletas, se recoge información puntual sobre puntos críticos de accidentalidad, de zonas de mayor o menor flujo de bicicletas y otros vehículos, tipos de accidentes más comunes y sus causas, etc. Con base en el análisis de estos datos, se identifican diferentes condiciones potencialmente peligrosas para los ciclistas, y se miden los resultados del uso de nueva infraestructura construida, y los puntos sobre los cuales deben hacerse cambios o intervenciones. La recolección y análisis constante de *bicycle crash data* supone una mirada más amplia a las características y las necesidades de movilidad y seguridad vial de los ciudadanos en general, por lo que el plan maestro de bicicletas de la ciudad está en constante evolución, esto permite tomar medidas y generar propuestas que respondan de forma más acertada a estas necesidades.

Gracias a la implementación del Plan de Bicicletas de Portland, esta se ha convertido en una de las ciudades con mayor presencia de ciclistas en Estados Unidos, y ha sido declarada una de las mejores ciudades para ciclistas.

4.2.2 Soluciones a nivel nacional

En Colombia la situación es distinta, pese a que las grandes ciudades como Bogotá, Cali y Medellín presentan un número cada vez mayor de usuarios de bicicleta, las medidas implementadas para solucionar problemáticas relacionadas con su seguridad, han ocurrido a escalas menores y no han sido aun completamente articuladas con soluciones materiales o legales.

4.2.2.1 BOGOTÁ, Colombia

Actualmente Bogotá cuenta con una red de aproximadamente 376 km de ciclo rutas construidas (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2015) y varios proyectos en ejecución para su extensión. Adicionalmente, desde el plan de gobierno actual se implementan iniciativas legales como el *Día sin carro* que ayudan a promover a través de la concientización y la invitación a los ciudadanos a utilizar la bicicleta como medio de transporte.

4.3 Estado de la técnica

En cuestión de estado de la técnica, existe variedad de alternativas para la prevención primaria de accidentes entre bicicletas y vehículos motorizados en intersecciones de vías de tráfico mixto.

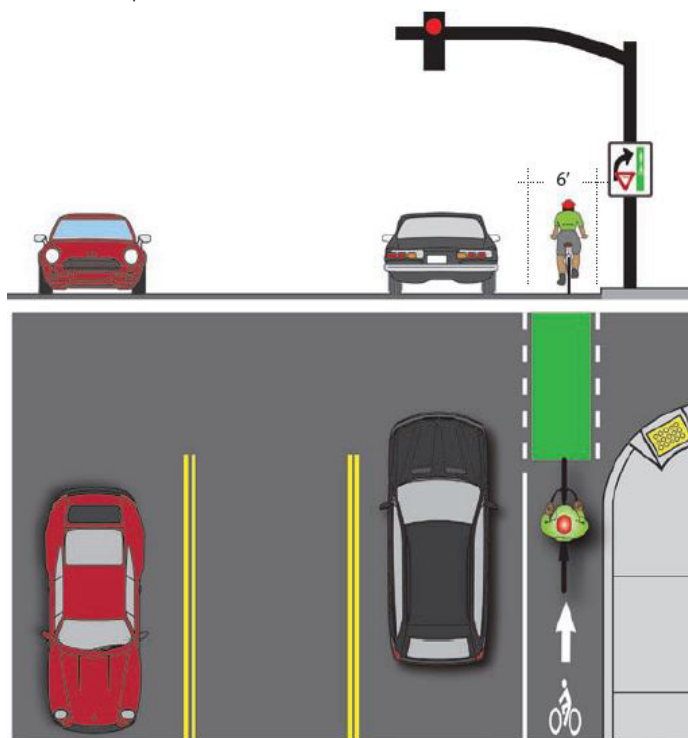
4.3.1 Alternativas enfocadas en el entorno

Aquellas que intervienen directamente sobre el espacio construido, la infraestructura vial y su relación con los actores presentes en las vías.

a. Pavimento pintado en zonas de conflicto / crossing markings

Figura 16.

Pintura en pavimento



Nota Fuente: obtenido de NACTO, 2011.

La pintura sobre el pavimento y los crossing markings se extienden sobre la intersección a través de la zona de conflicto entre ciclistas y vehículos motorizados. Mediante este tipo de alternativas se busca atraer la atención sobre las zonas de conflicto y enfatizar la posible presencia de ciclistas en la vía.

Figura 17

Crossing markings.



Nota Fuente: obtenido de NACTO, 2011.

Este tipo de medidas se utiliza en combinación con la demarcación de un carril para el tráfico de bicicletas, con el fin de mantener continuidad. También con señalización que indique la forma en la que se debe transitar a través de la intersección.

Pueden ser aplicadas en intersecciones existentes con bajos costos, tiempos de implementación y esfuerzo.

b. Bike box

Desplaza hacia atrás la línea de parada de los vehículos motorizados en las intersecciones semaforizadas, proporcionando a los ciclistas un área designada para esperar mientras el semáforo se encuentra en rojo.

Figura 18

Bike box



Nota Fuente: obtenido de NACTO, 2011.

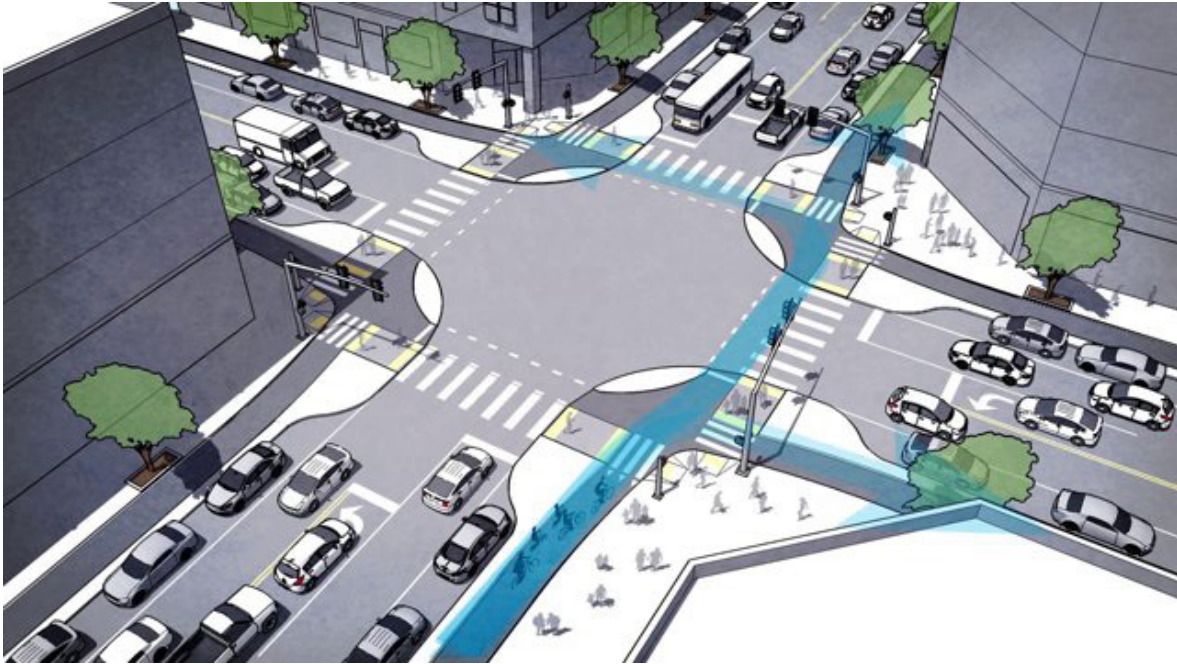
Incrementa la visibilidad de los ciclistas en la intersección, dando prioridad a su movilidad. Este tipo de alternativas ha sido implementado en combinación con vías de uso exclusivo de ciclistas en ciudades como Portland y Austin en Estados Unidos.

Al igual que en el caso anterior, las bike boxes puede implementarse en intersecciones existentes de forma rápida y económica, sin necesidad de grandes esfuerzos constructivos.

c. Protected intersection for bicyclists (intersección protegida para ciclistas)

Figura 19

Protected intersection



Nota Fuente: obtenida de www.protectedintersection.com

Proporciona una isla de refugio para los ciclistas; adelanta la línea de parada de las bicicletas, dándoles mayor visibilidad y ventaja en el arranque; y un semáforo para ciclistas.

Este tipo de medidas dan prioridad a la movilidad de los ciclistas, y proporcionan una separación física entre estos y los vehículos motorizados que transitan en la vía.

Su implementación en intersecciones existentes requiere de mayores esfuerzos constructivos, así como disponibilidad espacial, por lo cual este tipo de alternativas son orientadas a nuevas vías construidas y no a la modificación de vías existentes.

c. Señales activadas por vehículos

Este es un tipo de señal empleado generalmente en carreteras, con el fin de transmitir mensajes únicamente en los momentos en los que sea necesario. En algunos casos se utilizan para informar límites de velocidad, la señal se activa cuando se acerca un vehículo que excede los límites de la zona, transmitiendo la velocidad reglamentaria y mensajes como 'reduzca la velocidad'.

Figura 20

Señal activada - slow down



Nota Fuente: obtenida de sherifftechnologies.com

Adicionalmente, dependiendo de la zona y el tipo de uso para el que esté planteada, este tipo de señales es utilizada además para recolectar y posteriormente procesar datos relacionados con la forma de uso de las vías en las que son instaladas, tales como velocidad, conteo de vehículos, horarios de menor o mayor flujo, etc.

Estudios relacionados con la implementación de señales de este tipo revelan resultados exitosos en cuanto a reducción de porcentajes de vehículos que exceden los límites de velocidad en las zonas donde estas han sido instaladas, reducción de velocidad promedio de los vehículos, reducción de índices de accidentalidad, etc.

Figura 21

Señal activada - speed limit



Nota Fuente: recuperada de www.pwssigns.com

4.3.1 Alternativas enfocadas en los vehículos

4.3.1.1 Automóviles

a. Sistema de detección de ciclistas de Volvo

Figura 22.

Sistema de detección de ciclistas Volvo



Nota Fuente: tomado de www.media.volvocars.com

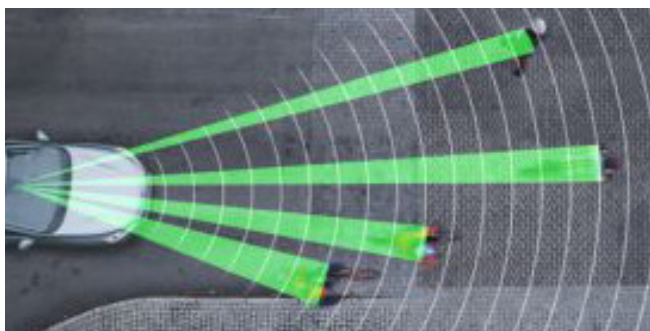
A partir de su lanzamiento en el 2013, los vehículos Volvo cuentan con un sistema integrado de detección de ciclistas y peatones, por medio del cual los conductores pueden identificarlos fácilmente en el camino. El sistema se compone de cámaras que detectan el tipo de objeto o vehículo, un radar que detecta la proximidad y una unidad de control central. Cuando el sistema detecta una posible colisión, se activa un mecanismo de frenado automático.

b. Bike Sense de Jaguar

Este sistema opera de forma similar al desarrollado por Volvo en cuestión de detección de ciclistas y peatones que se encuentran en el entorno próximo. La diferencia consiste en el tipo de reacción del vehículo frente a la presencia de los mismos.

Figura 23.

Sistema de detección de ciclistas Jaguar



Nota Fuente: tomado de www.landrover.com

A través de señales como un toque en el hombro, el sonido de una campanilla de bicicleta y alertas vibratorias en lugares como los pedales y las manijas de las puertas; el sistema comunica al conductor del vehículo el lugar en el que se encuentra un ciclista y sus posibles acciones, con el fin de que éste instintivamente tome decisiones que prevengan posibles colisiones o conflictos.

Figura 24.

Alertas de detección de ciclistas Jaguar



Nota Fuente: tomado de www.landrover.com

4.3.2.2 Bicicletas

a. Bicicletas inteligentes

Este tipo de bicicletas está equipada con sensores de proximidad que detectan cuando se acercan vehículos motorizados, alertando al ciclista por medio de vibración en diferentes lugares de las mismas como el manillar y el sillín.

Varias marcas han optado por desarrollar bicicletas inteligentes, que además de sistemas de detección de vehículos, cuentan con elementos de orientación y seguimiento como GPS, conexión con aplicaciones de celular, sistemas antirrobo, etc.

Figura 26.

Bicicleta inteligente Vanhawks



Nota Fuente: tomado de vanhawks.com

5. Requisitos de diseño

5.1 Determinantes

- Exposición de diferentes elementos a condiciones de intemperie.
- Los espacios dispuestos para el tráfico de ciclistas deben disponer de un espacio de circulación de mínimo un metro (1m) de ancho.
- Las bicicletas deben circular siempre al lado derecho de las vías, según se dispone en la LEY 769 DE 2002 por la cual se expide el código nacional de Tránsito terrestre y se dictan otras disposiciones.
- Deben tenerse en cuenta los colores, medidas y otras disposiciones reglamentarias establecidas en el código nacional de tránsito para la implementación de infraestructura y señalización vial.
- La alternativa propuesta debe poder ser funcional tanto en día como en la noche.

5.2 Requerimientos

1. Requerimientos de uso

- *Comunicación*: debe transmitir de forma clara información para los ciclistas y automovilistas presentes en la intersección.
- *Visibilidad*: los elementos comunicativos deben encontrarse dentro del campo visual de automovilistas y ciclistas.

2. Requerimientos funcionales

- *Adaptabilidad* a la infraestructura vial existente y a las bicicletas existentes en el mercado.
- *Visibilidad*: la propuesta debe poder cumplir con sus funciones a cualquier hora o en cualquier condición de luz.

3. Requerimientos estructurales

- *Resistencia*: los elementos que se encuentren expuestos deberán ser resistentes a condiciones climáticas de intemperie.
- *Modularidad*: la propuesta deberá poder ser adaptada a intersecciones de diferentes configuraciones según se establece anteriormente.

4. Requerimientos formales

- *Uniformidad*: en la aplicación de elementos en diferentes tipos de intersecciones, con el fin de generar una lectura clara y rápida.
- *Legibilidad*: los colores, formas y elementos gráficos implementados deben ser de fácil reconocimiento y lectura.

5. Requerimientos técnico-productivos

- Los elementos que componen la propuesta deberán poder ser producidos de forma industrial.

6. Requerimientos económicos y de mercado

- Considerar que los costos económicos de producción e implementación de la propuesta provendrán del municipio.

Capítulo 6

Propuesta

En este capítulo se presenta la propuesta de diseño desarrollada como respuesta a la problemática planteada. Se describen los conceptos, principios y características de la misma.

6.1 Concepto de diseño / justificación de la propuesta

Teniendo en cuenta las condiciones y características de los ciclistas en Cali, así como sus necesidades en materia de movilidad y seguridad, se plantea una propuesta desde el punto de vista de la equidad en la movilidad.

Como se establece anteriormente, la mayoría de quienes utilizan la bicicleta en Cali dependen de ella como único medio de transporte, por medio de la cual acceden a trabajo y educación. Por esta razón, la propuesta planteada para la prevención primaria de accidentes será abordada a través de intervenciones sobre el *medio ambiente* como elemento de la triada epidemiológica de los accidentes de tránsito. Es decir que las intervenciones se enfocan en que sea la ciudad, desde su infraestructura vial la que brinde las condiciones necesarias para la movilidad segura de los ciclistas, buscando garantizar que esta no dependa del alcance económico de los usuarios, y que todos puedan acceder a ella de forma equitativa.

6.2 Descripción

Se propone un sistema para ser implementado en las intersecciones descritas en el capítulo 5 (Análisis – trabajo de campo). Por medio de este se busca en primer lugar, **visibilizar** a los ciclistas en las intersecciones, teniendo en cuenta que las causas principales de los accidentes BVM que se presentan en las mismas tienen relación con los puntos ciegos y las zonas de atención visual de los motoristas. Adicionalmente se busca **alertar** a los conductores de vehículos motorizados frente a la posible presencia de ciclistas en la intersección al momento de realizar giros a la derecha, así como la posibilidad de una colisión con los mismos.

La aplicación del sistema propuesto se divide en dos grandes grupos según el tipo de intersección a intervenir: definidas por semáforo y definidas por prioridad de paso.

6.2.1 Consideraciones generales

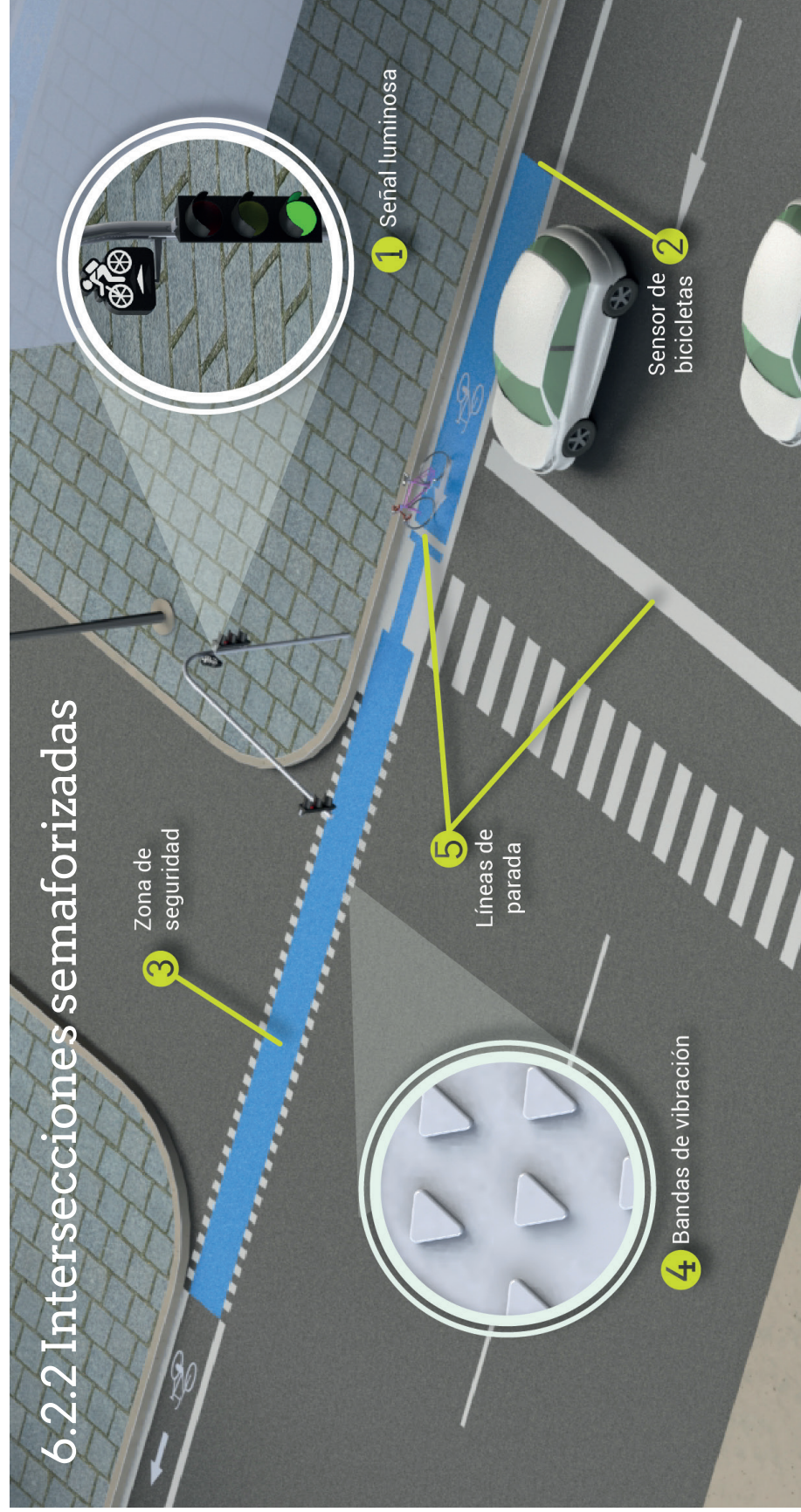
Previo a la aplicación de elementos del sistema, se establece que a través de toda la vía (ramales e intersecciones) debe estar demarcada una zona para el tráfico exclusivo de bicicletas. Esto se propone con el fin de brindar seguridad y comodidad de los ciclistas al transitar. Adicionalmente esta demarcación brinda continuidad y conciencia para ciclistas y motoristas al momento de llegar a las intersecciones.

Teniendo en cuenta las características de este tipo de vías, se propone una *ciclobanda* de un sentido, es decir, que las demarcaciones se realizaran por medio de pintura o elementos adheridos al pavimento.

El ancho mínimo para la *ciclobanda* será de 1m, en vías en las que se disponga de más espacio el ancho puede ser mayor. En este caso se utilizará una línea blanca de pintura de 20 cm de ancho.

Render 1

Propuesta para intersecciones semaforizadas

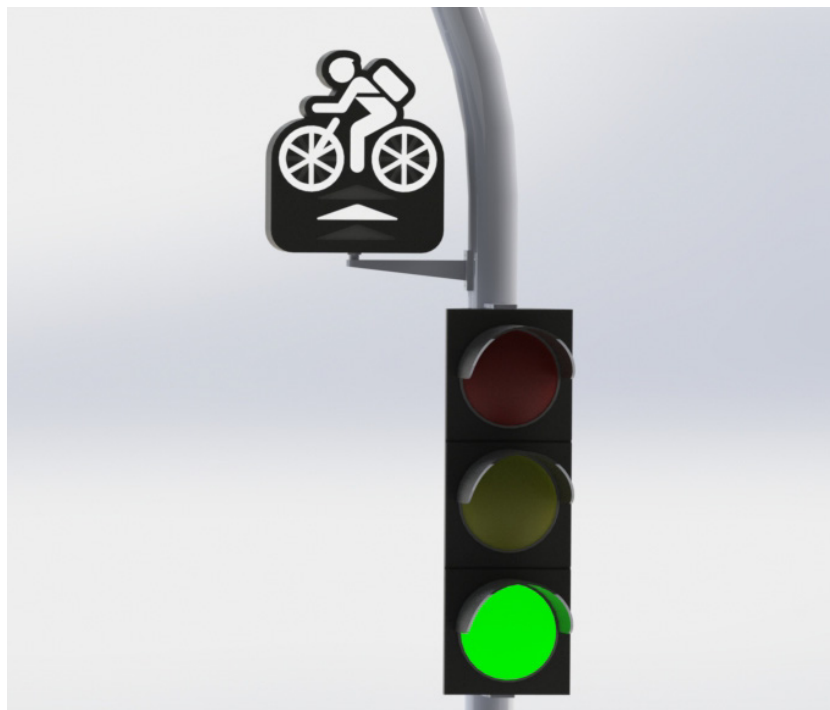


Nota Fuente: elaboración propia, 2015.

1) Señal luminosa

Render 2.

Señal luminosa



Nota Fuente: elaboración propia, 2015.

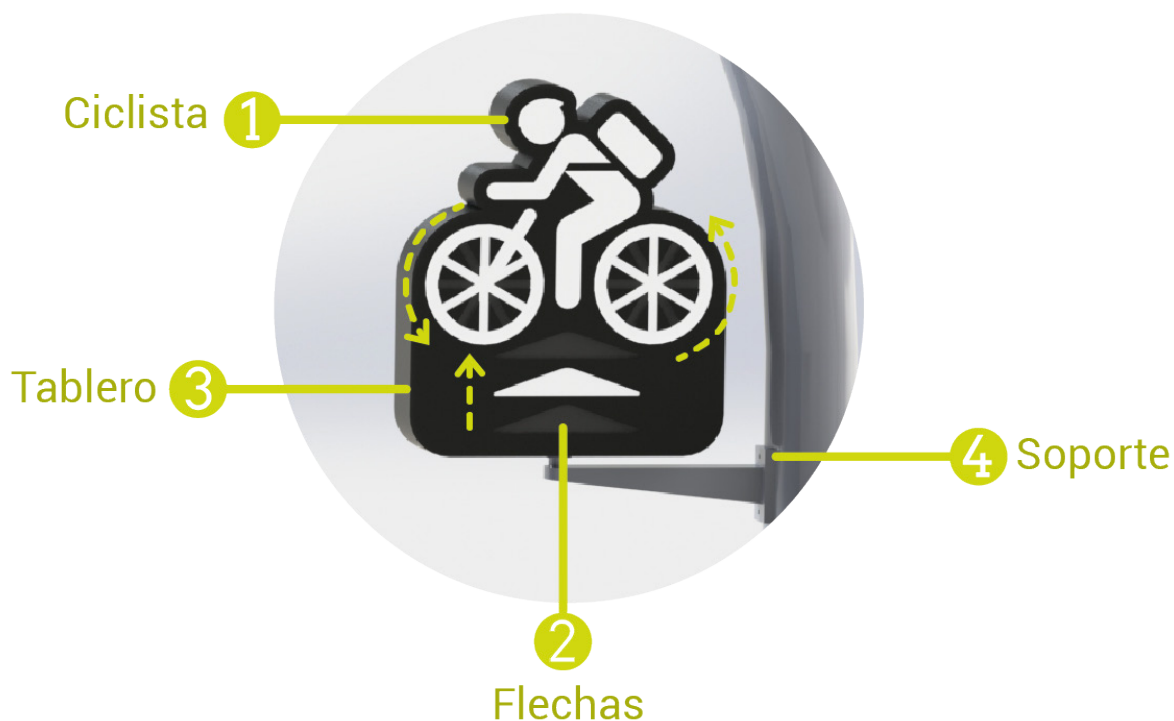
La señal luminosa se ubicará en el poste del semáforo que controla los cruces a la derecha, puesto que así se encontrará en el área tanto de visión como de atención visual de motoristas y ciclistas. El soporte mediante el cual se sujeta la señal al poste del semáforo permite que este pueda ser adaptado a las diferentes formas en las que puedan estar configurados los semáforos de la intersección.

Su principal función es comunicar la presencia de ciclistas dentro de la **zona segura de seguridad**, durante la **fase verde del semáforo**, es decir, hacer saber a los conductores que hay una bicicleta transitando cerca, aunque esta se encuentre fuera de su área

de visión o atención, con la que puede haber un conflicto o choque. Que el tablero se encuentre encendido es señal para los conductores de estar alerta y ceder el paso a los ciclistas que realizan un movimiento de paso o de cruce a la derecha.

Render 3.

Partes de la señal luminosa



Nota Fuente: elaboración propia, 2015.

Aspectos comunicativos

En cuanto a los aspectos comunicativos, generalmente las señales empleadas en el diseño de ciclo infraestructura utilizan el icono de una bicicleta. Para este caso se plantea una propuesta desde lo icónico, pero asociada a la imagen de **ciclista** (1) en lugar de la de bicicleta, esto con el fin de asignarle cualidades humanas por medio de las cuales los motoristas puedan sentirse identificados o puedan asociar a personas

conocidas. *"No es una bicicleta, es una persona viajando en bicicleta"*. Adicional a la representación de la figura humana, se hace uso de recursos como el casco y el maletín para aportar a la humanización de la imagen, sin hacerla demasiado compleja como para dificultar una lectura y asociación rápida de la misma.

Cromáticamente, se selecciona la luz blanca por su naturaleza neutra, que es asociada a señales y elementos de orden informativo o comunicativo, a diferencia de colores como verde y rojo que comunican acciones a realizar o pasos a seguir. Para el fondo del **tablero** (3) se selecciona el negro, puesto que genera el contraste necesario para que la señal luminosa pueda ser vista bajo cualquier condición de luz (noche o día) y cualquier condición climática o atmosférica. Este mismo principio es aplicado generalmente a los semáforos.

La imagen de la señal tiene una secuencia de movimiento en las llantas del ciclista y en las **flechas** (2), que indica que hay ciclistas en la **zona de seguridad**, esta secuencia se logra intercalando las secciones que se iluminan periódicamente.

Aspectos funcionales

La señal se ilumina por medio de un tablero interno de bombillos LED programables, que son alimentados a través de la energía empleada por los semáforos. Para esto se realiza una conexión entre el mecanismo interno del tablero y la fuente eléctrica en el poste del semáforo por medio de cables que pasan internamente a través del soporte.

Figura 27.

Tablero de LEDS



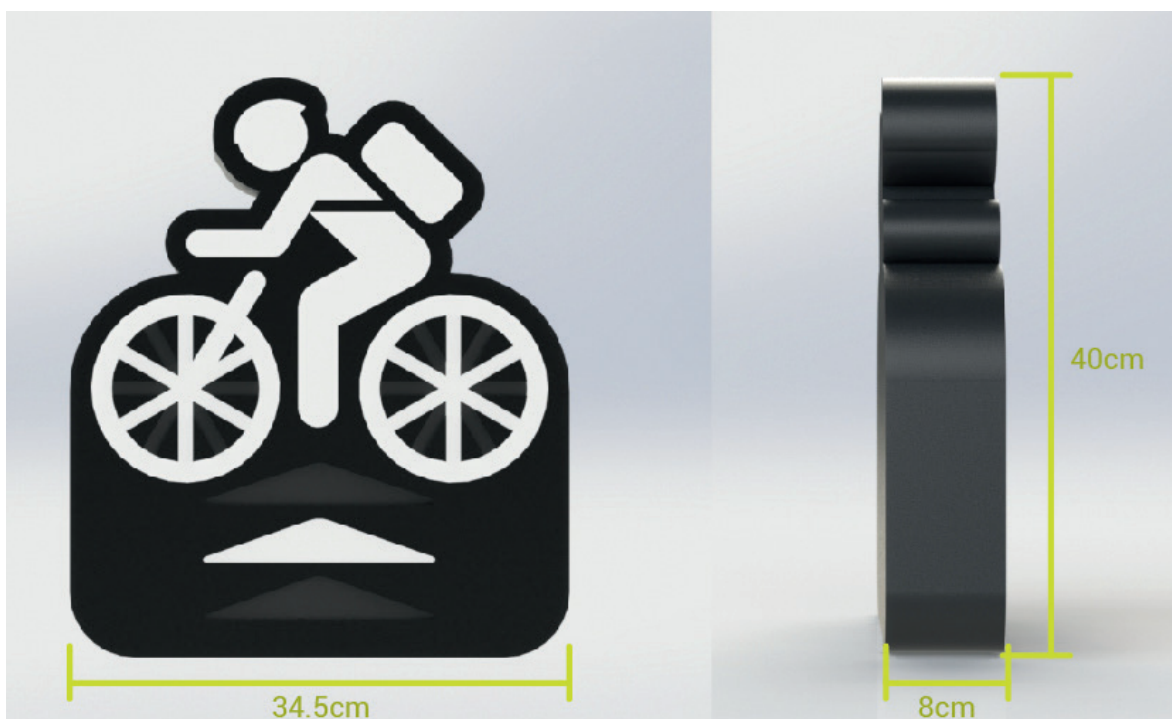
Nota Fuente: recuperada de thedoityourselfworld.com

Aspectos técnicos / constructivos

El **soporte** de la señales elaborado con fundición de aluminio, que le brinda alta resistencia mecánica, con recubrimiento de poliéster en polvo polimerizado a 230°C, que le brinda resistencia a las condiciones ambientales y atmosféricas. Protege el cableado eléctrico pues este pasa a través del mismo internamente. Para su instalación se realizan perforaciones en el poste del semáforo, su fijación se realiza por medio de tornillos o bridas de fleje metálico.

Render 4.

Tablero señal luminosa



Nota Fuente: elaboración propia, 2015.

2) Sensor de bicicletas

Su función es detectar los ciclistas que ingresan en la **zona de seguridad**, y activar de forma automática la señal. Se encuentra ubicado al inicio de la misma.

MicroRadar® es un producto creado específicamente para la detección de ciclistas en intersecciones con diferentes aplicaciones, tales como conteo de ciclistas y programación de olas de semáforo, es capaz de recolectar y proveer estadísticas de presencia de ciclistas.

Figura 28.
MicroRadar



Nota Fuente: recuperada de sensysnetworks.com

Funciona con el mismo principio de otros radares, emite ondas de radio frecuencia (RF) de alta frecuencia que rebotan en el objeto detectado y devuelve los impulsos de retorno por medio de un mezclador de RF. Los datos de RF reflejados son analizados para producir información de presencia, distancia y movimiento.

Tienen un rango de detección programable de entre 1,2 y 3m. Son inalámbricos, de bajo consumo energético y cuentan con una batería integrada que dura aproximadamente 8 años.

Una de sus ventajas es que su instalación es rápida, fácil y poco invasiva.

Figura 29.

Instalación de MicroRadar



Nota Fuente: elaboración propia, 2015.

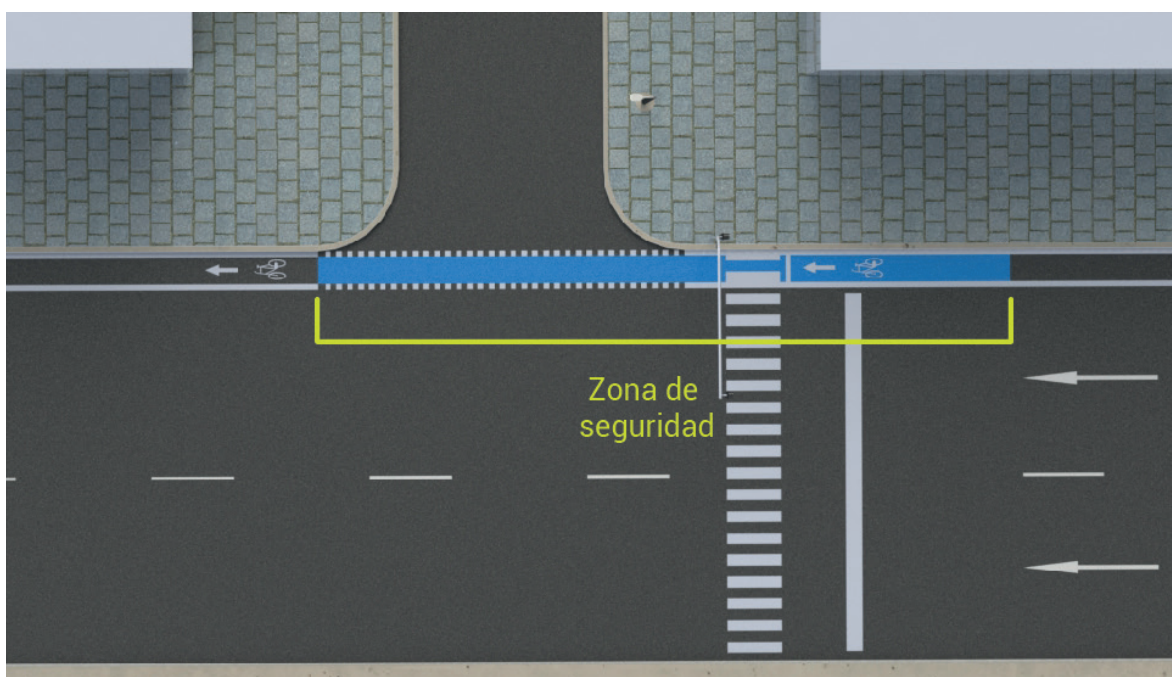
Imágenes recuperadas de sensysnetworks.com

3) Zona de seguridad

La zona de seguridad es el área demarcada con pintura azul sobre las intersecciones. Tiene varias funciones, por una parte la de visibilizar y destacar el área de conflicto. También se piensa como un área de resguardo para el ciclista, puesto que al entrar a esta zona activa automáticamente la señal luminosa, por lo que podrá ser detectado por los motoristas. La zona se encuentra demarcada con líneas discontinuas de 20cm a cada lado con una separación de 20cm.

Render 5.

Tablero señal luminosa



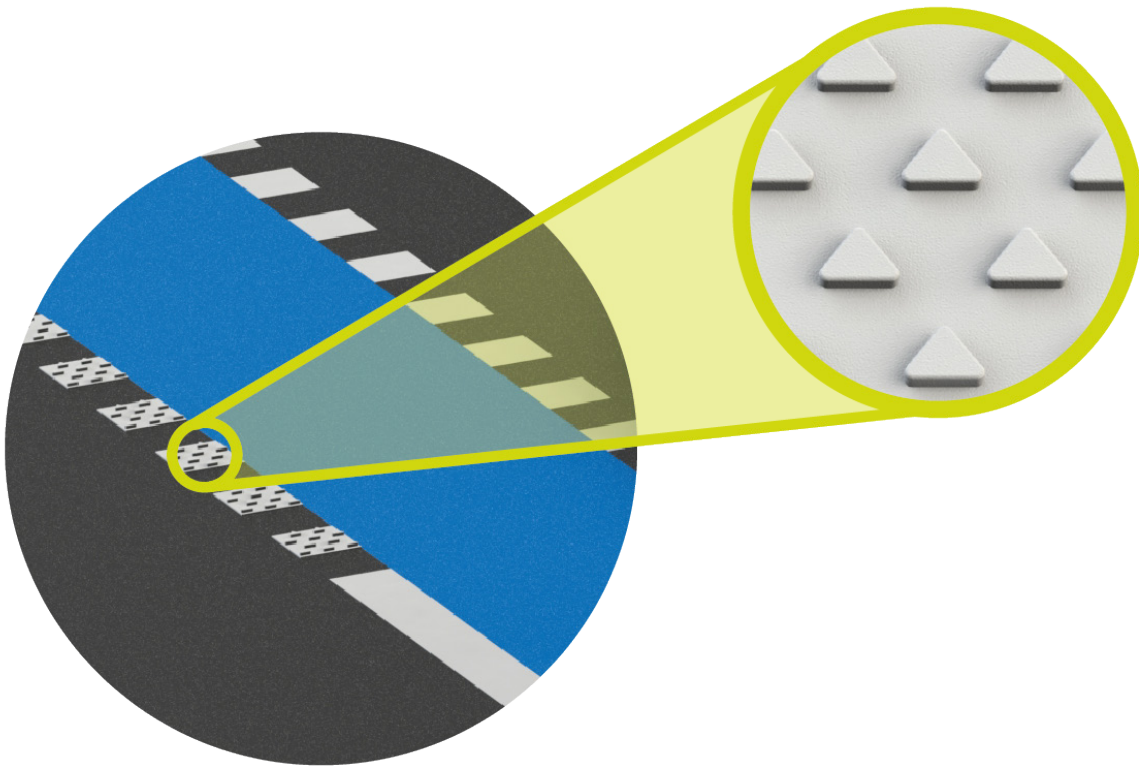
Nota Fuente: elaboración propia, 2015.

4) Bandas de vibración

La función de las bandas de vibración es alertar e informar a los motoristas de que están atravesando la vía de los ciclistas cuando realizan un cruce a la derecha, por lo tanto deben prestar mayor atención a la posible presencia de los mismos. Los módulos tendrán 1 cm de altura, por lo que no generan la misma sensación de elementos de control de tráfico y reducción de velocidad como estoperoles, sino que generan una vibración suave en los vehículos. Medidas similares son implementadas en algunas carreteras de Estados Unidos, donde se utilizan elementos adheridos al pavimento en las líneas de cambio de carril, para evitar que los vehículos se muevan entre los mismos sin darse cuenta y ocasionen accidentes.

Render 6.

Bandas de vibración



Nota Fuente: elaboración propia, 2015.

Para la elaboración de las mismas se utiliza pintura termoplástica de aplicación in situ. Este material se conserva en forma sólida, generalmente en pellets y pasa a estado líquido cuando es calentado para su aplicación. Contiene micro perlas de vidrio mezcladas, por lo que son visibles en la noche gracias a la reflexión de la luz. Es muy utilizado por su relación entre costo y duración.

Beneficios del material:

- Resistente a abrasión
- Altura de aplicación variable

- Tiempo de secado de aproximadamente 3 minutos
- Excelente adherencia al pavimento
- Alta duración

El proceso consiste en fundir el material con calor para aplicarlo directamente sobre el pavimento, para esto se emplea una máquina de autopropulsión específica para este tipo de aplicaciones. La máquina cuenta con un microcomputador por medio del cual se programa la forma y configuración de los topes.

Figura 30.

Máquina de aplicación de bandas de vibración



Nota Fuente: recuperada de en.sdlumei.com

Figura 31.

Aplicación de bandas de vibración



Nota Fuente: recuperada de alibaba.com

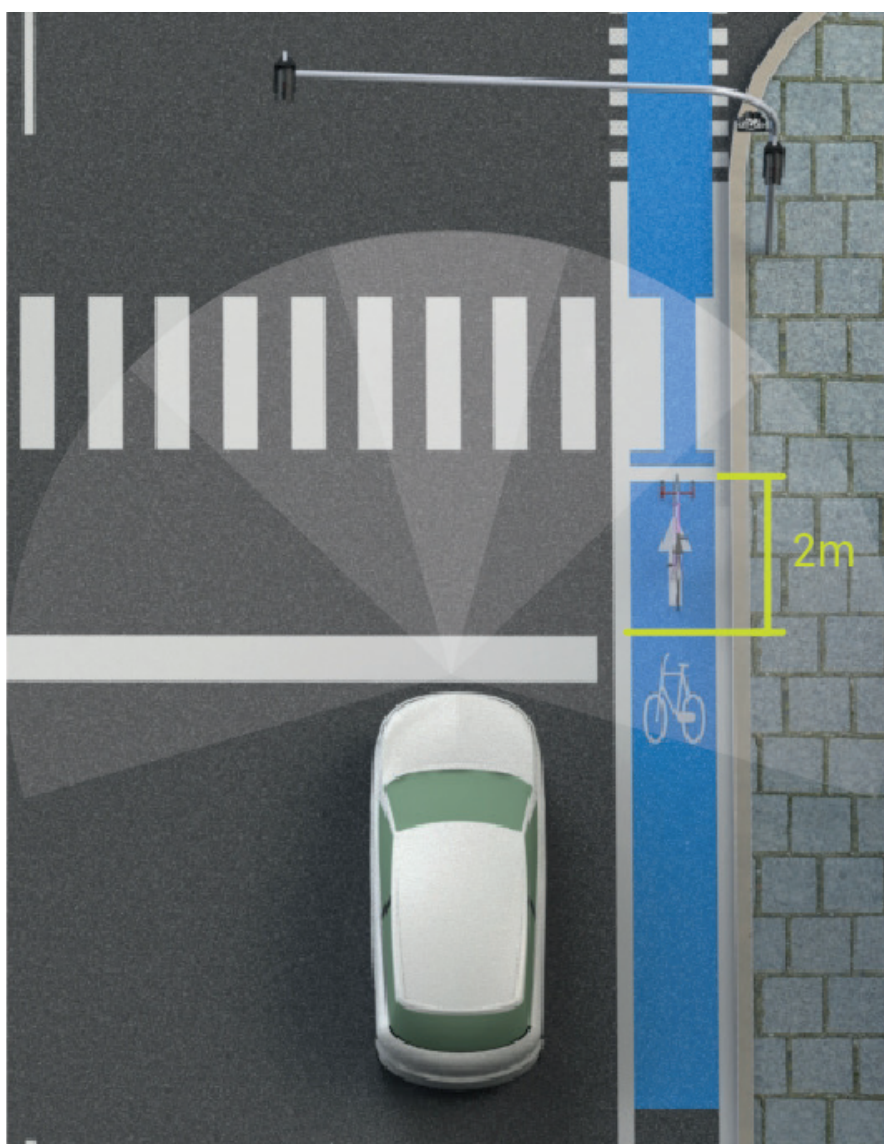
La configuración de los topes empleados cumple la función de generar vibración en los vehículos motorizados. Se emplean líneas diagonales y horizontales, y se evita el uso de líneas verticales que generen zanjas que puedan afectar la maniobrabilidad o estabilidad de las bicicletas.

5) Líneas de parada

Con el fin de ubicar a los ciclistas dentro de las áreas de visión y atención visual de los motoristas en la **fase de cambio rojo-verde** del semáforo, en la que los dos vehículos que se encuentran detenidos e inician la marcha, se propone retrasar la línea de parada de los vehículos motorizados 2m.

Render 7.

Líneas de parada



Nota Fuente: elaboración propia, 2015.

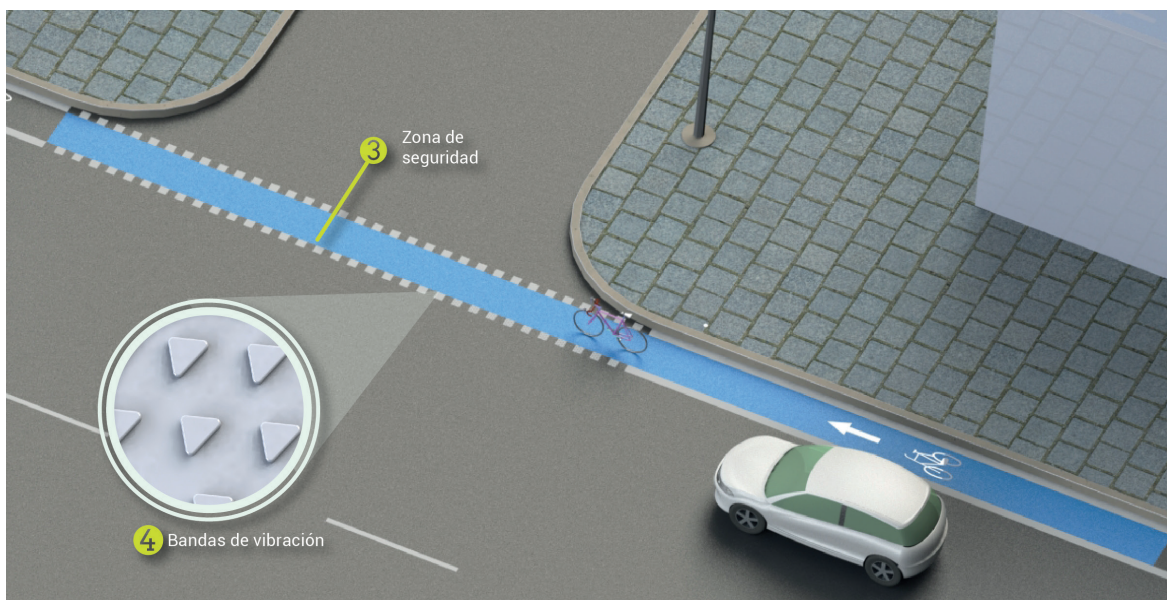
6.2.3 Intersecciones definidas por prioridad de paso

Las intersecciones cuyo control de tráfico se define por prioridad de paso tienen un flujo menor de vehículos, ya que conectan las VAP con vías de menor jerarquía como Vías colectoras (VC) y Vías locales (VL). Adicionalmente quienes las utilizan suelen tener mayor cuidado y atención al realizar cualquier acción, por el hecho de que no existen otros mecanismos de control de tráfico.

Por esto, para este tipo de intersecciones se plantea la implementación de la **zona de seguridad** y las **bandas de vibración** de la siguiente manera:

Render 8.

Propuesta para intersecciones con prioridad de paso



Nota Fuente: elaboración propia, 2015.

6.3 Alcances

Los alcances del proyecto contemplan el desarrollo de la propuesta a nivel conceptual y formal estableciendo los principios de funcionamiento y aplicación de la misma en el contexto determinado.

El desarrollo de algunos elementos y procesos de carácter técnico y tecnológico requieren del aporte de disciplinas externas al diseño industrial para su implementación.

6.4 Trabajo interdisciplinario

Debido a la naturaleza del proyecto, resulta necesaria la relación con otras disciplinas o áreas del conocimiento que puedan aportar en procesos específicos. Para el desarrollo final de la propuesta se presenta la necesidad de trabajo interdisciplinario con ingeniería eléctrica, para el manejo de circuitos y alimentación eléctrica de los elementos que así lo requieran. Con ingeniería electrónica, para el desarrollo y programación del tablero de bombillos LED y el sensor de bicicletas. Adicionalmente se requiere de la asesoría y aporte desde el punto de vista de ingenierías civil y de transporte.

6.5 Recomendaciones

De manera paralela con la implementación de la propuesta, son necesarias acciones e intervenciones en diferentes niveles que exceden el alcance del proyecto::

En el aspecto legal y normativo deben implementarse medidas que regulen el uso del sistema.

Adicionalmente es necesario realizar acciones enfocadas en el agente, es decir, en los aspectos culturales y educativos del uso de los elementos del sistema por parte de los diferentes actores involucrados en el mismo. Para esto se sugieren campañas educativas y de concientización, con apoyo de piezas gráficas que ilustren las formas de uso y beneficios que representan.

6.6 Notas

Algunas de los aspectos de los elementos propuestos tales como especificaciones técnicas y productivas están sujetos a pequeños cambios con base en el resultado de los procesos de comprobación digital y física.

Las especificaciones técnicas y productivas no presentadas aquí, serán definidas posteriormente con base en el los resultados de los procesos de comprobación.

7. Conclusiones

La importancia de la movilidad urbana aumenta conforme las ciudades se expanden, puesto que de esta depende que los ciudadanos puedan realizar sus actividades cotidianas, relacionadas con trabajo, estudio, acceso a salud y actividades de ocio y recreación. La movilidad es entonces un aspecto fundamental para la construcción del concepto de equidad en las ciudades. Por lo tanto es necesario que las problemáticas relacionadas con la misma puedan ser abordadas desde diferentes perspectivas y áreas del conocimiento, que permitan un acercamiento más riguroso a las necesidades y características de los actores involucrados y su relación con el contexto en el que se presentan. De esta forma se podrán brindar soluciones que estén ligadas de manera más estrecha con los ciudadanos y la forma en que estos conciben y son afectados por las dinámicas de movilidad en la ciudad.

Con el desarrollo de las diferentes fases del proyecto se evidencian grandes vacíos respecto a la recolección, procesamiento y disponibilidad de datos relacionados con la movilidad en bicicleta en la ciudad, principalmente por parte de las entidades gubernamentales. A pesar de que grupos de investigación como el GESP y grupos de activistas como La Mesa de Transporte No Motorizado de Cali han realizado importantes aportes en cuestión de recolección y procesamiento de datos, estos no son suficientes para abarcar la situación en toda su magnitud.

La disponibilidad de información detallada y datos completos y precisos son cruciales en el desarrollo de cualquier tipo de intervención relacionada con temas de movilidad, por parte de iniciativas tanto públicas como privadas. Muchas de las intervenciones

realizadas por la Alcaldía de Cali en cuanto a infraestructura ciclo incluyente en la ciudad han sido realizadas sin poseer datos concretos respecto a la situación real de los ciclistas, cantidad, rutas, necesidades, accidentalidad, etc. lo que ha dado como resultado infraestructura que no responde a sus necesidades, y por lo tanto se ha visto condenada al uso inadecuado y al desuso, dejando a los ciclistas en iguales o peores condiciones.

La importancia del diseño industrial en este tipo de problemáticas de orden social, radica en la posibilidad no solo de intervenir las características del espacio físico construido con el fin de mejorar las condiciones de movilidad y seguridad de los ciclistas, sino en la oportunidad de generar a partir de estas intervenciones una visibilización y concientización de diferentes situaciones que aún no han sido tratadas con la suficiente profundidad, sirviendo como base para el desarrollo de nuevas intervenciones en torno a las mismas.

8. Referencias bibliográficas

- Alcaldía de Medellín. (2014). *Manual del ciclista urbano*. Medellín
- Bañon Blázquez, L., & Beviá García, J. F. (2000). *Manual de carreteras. Volumen I: Elementos y proyecto*. Alicante: Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, SA.
- Consejo Colombiano de Seguridad (2014) Recuperado de: http://ccs.org.co/asistencia_interna.php?idtema=7
- Corporación Fondo de Prevención Vial. (2013) *Guía práctica de ciclo infraestructura*. Recuperado de: http://www.fpv.org.co/centro_de_recursos/guia_de_cicloinfraestructura/306
- Corporación Fondo de Prevención Vial. (2013) *Sistema de indicadores de atención pre hospitalaria para accidentes de tránsito, Colombia*. Bogotá, Colombia.
- CROW. (2011) *Manual de Diseño para el Tráfico de Bicicletas*. CROW, Ede.
- DAGMA. (2013). *Plan de descontaminación del aire para la ciudad de Santiago de Cali*. Recuperado de: www.cali.gov.co/descargar.php?id=33564
- Dirección General de Tráfico de España. (2013). *Tema 9: Intersecciones. Concepto, funcionamiento y clasificación*. Recuperado de: http://www.dgt.es/Galerias/la-dgt/empleo-publico/oposiciones/doc/2013/TEMA_9_GESTION_TECNICA_TRAFICO.doc
- Dirección General de Tráfico de España. (2013). *Tema 30: Peatones y ciclistas. Magnitud y naturaleza del problema en España y en la Unión Europea*. Recuperado de: <http://www.dgt.es/Galerias/la-dgt/empleo-publico/>

oposiciones/doc/2013/TEMA_30_Parte_Comun_mov_segura15e.doc

Fondo de prevención vial - Instituto CISALVA. (2004). *Estudio perfil epidemiológico del ciclista en Cali*.

Grupo de Epidemiología y Salud Poblacional. (2012) *Evaluación del impacto de la red de Ciclo Rutas en la actividad física utilitaria en la población adulta de Cali*. Documento no publicado.

Grupo de Epidemiología y Salud Poblacional. (2015) *Bases de datos de homicidios de ciclistas por accidentes de tránsito 2012, 2013, 2014 en Cali*. Documento no publicado.

Instituto de Desarrollo Urbano. (2010) *Información general de la malla vial de Bogotá*. Recuperado de: http://www.idu.gov.co/html/ftpidu/dte/inventario_malla_vial_2010_v3.pdf

Instituto para Políticas de Transporte y Desarrollo, México. (2010) *Ciclociudades Tomo I. México*. Lasso Comunicación.

Jannat, M. (2014). Right-hook crash causality at signalized intersections. (Tesis de doctorado, Oregon State University)

Manzini, E. (2014). Making things Happen: Social Innovation and Design. *DesignIssues*: 30 (1), 57-66. doi: 10.1162/DESI_a_00248

Maslow A. H. (1943) A Theory of Human Motivation. *Psychological Review*, 50, 370-396.

Ministerio de Transporte (2002). *LEY 769 DE 2002 por la cual se expide el código nacional de Tránsito terrestre y se dictan otras disposiciones*.

Moller, R. (2006) *Transporte y desarrollo sostenible en América Latina: el ejemplo de*

Santiago de Cali, Colombia. Programa editorial Universidad del Valle.

Monsef, K. (2013). *An Exploration of Bicycle-Motor Vehicle Crash Types and Causes in Portland-Metro, Oregon*. (Tesis de maestría, Portland State University).

Recuperado de www.its.pdx.edu/upload_docs/1363981296.pdf

Montezuma, R. (2003). *Ciudad y transporte: la movilidad urbana*. Cuadernos de la CEPAL.

NACTO. (2011). *Urban Bikeway Design Guide*. Washington DC, Estados Unidos.

Portland's Bureau of Transportation. (2010). *Portland's Bicycle plan for 2030*. City of Portland.

Red Andina de Migraciones. (2013). *Conceptos básicos de movilidad humana*. Lima: Red Andina de Migraciones.

Secretaría de Tránsito y Transporte Municipal de Cali. (2006). *Accidentes de tránsito Cali 2006*.

Secretaría de Tránsito y Transporte Municipal de Cali. (2011). *Accidentes de tránsito Cali 2011*.

Secretaría de Tránsito y Transporte Municipal de Cali. (2012). *Accidentes de tránsito Cali 2012*.

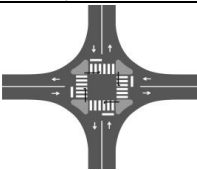
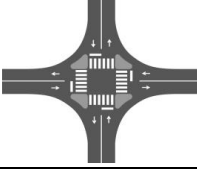
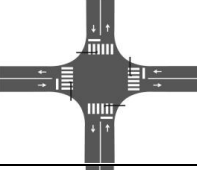
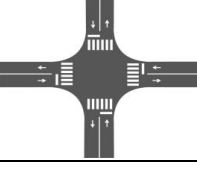
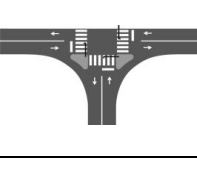
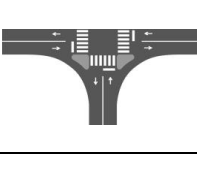
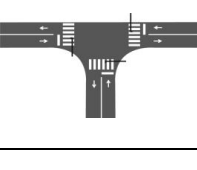
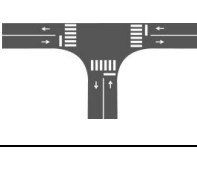
Van der Zee, R. (5 de mayo de 2015). How Amsterdam became the bicycle capital of the world. *The Guardian*. Recuperado de <http://www.theguardian.com/>

Wang, C., Lu, L., & Lu, J. (2014). *Statistical analysis of bicyclists' injury severity at unsignalized intersections*. *Traffic injury prevention*, (just-accepted), 00-00.

Anexos

Anexo 1

Matriz general de configuración de intersecciones

Disposición geométrica	Canalización	Regulación	Representación
+	sí	Semáforo	
+	Sí	Prioridad de paso	
+	No	Semáforo	
+	No	Prioridad de paso	
T	Sí	Semáforo	
T	Sí	Prioridad de paso	
T	No	Semáforo	
T	No	Prioridad de paso	

Nota Fuente: elaboración propia, 2015.

Anexo 2

Mapa de jerarquización vial de Cali

