

IV

INFRAESTRUCTURA



IV. INFRAESTRUCTURA



Manual integral de movilidad ciclista para ciudades mexicanas

Coordinación de contenidos:

ITDP: Dhyana Shanti Quintanar Solares, José de Jesús Sánchez Romero y Xavier Treviño Theesz

I-CE: Jeroen Buis, Marieke de Wild y Roelof Wittink

Coordinación editorial: María José Pérez Herrera (LASSO Comunicación)

Diseño editorial: arre

Redacción y corrección de estilo: Helga Marie González Nieves y LASSO Comunicación

Fotografía: Aarón Borrás López, Ignacio Córdova Navarro, Pablo de Gortari Moreno, Diana Frías Fuentes, Onnis Luque Rodríguez, Agustín Otegui Saiz, Mario Andrés Pardo Vélez, Ana Peñalosa Mendoza, Livia Radwanski, Mauricio Ramírez Arizmendi (Zhao Foto), Baldomero Robles Menéndez, Katherine Edith Sánchez Charnock (Zhao Foto), Mariana Monserrat Sánchez Puente, Gonzalo Stierling Aguayo, Jan Van Der Grift, Archivo Eco-counter, Archivo I-CE, Archivo ITDP México, A.C., Archivo Movimiento Biciclero de Cuernavaca y Archivo Mujeres en Bici, A.C.

Ilustración: Jorge Antonio Cejudo Heredia, Arianna Alejandra Cuadros Camacho, María Fernanda de Juambelz García, Laura García Romero, Nora Angélica Morales Zaragoza y Sergio Ovando Ortiz

Agradecimientos especiales:

ITDP: Erik Ehecatl Cisneros Chávez, Helga Marie González Nieves, Karina Licea Viñas, Mario Mira Saucedo, Xtabai Padilla Rodríguez, Carlos Felipe Pardo Vélez, Héctor Basileo Puebla Niño, Roberto Jesús Remes Tello De Meneses y Héctor Manuel Sanromán Flores

Otros: Tomas Bertulis, Rodrigo Guerrero Maldonado Montes, María José Pérez Herrera, Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía de España, Gehl Architects y 8-80 Cities

Ciclociudades™

Instituto para Políticas de Transporte y Desarrollo, México

Av. México 69, Col. Hipódromo,

Cuauhtémoc, 06100, DF.

www.ciclociudades.mx

info@ciclociudades.mx

Todos los derechos reservados. Cualquier reproducción parcial o total de la presente publicación debe contar con la aprobación por escrito del ITDP México, A.C. e I-CE, Interface for Cycling Expertise.

La titularidad de los derechos de esta obra son copropiedad de ITDP México, A.C. e I-CE, Interface for Cycling Expertise, de conformidad con el acuerdo celebrado entre dichas partes.

Impreso en México, 2011

Printed in Mexico, 2011

Esta publicación se realizó gracias al apoyo de la Embajada de Países Bajos en México y de empresas holandesas con presencia en nuestro país:



Dragamex
S.A. de C.V.
Filial de Boskalis International B.V.



Índice

Introducción	7
1. Parámetros de diseño	9
1.1. Principios básicos	12
1.1.1. Jerarquía de usuarios	11
1.1.2. Diseño universal y accesibilidad integral.....	14
1.1.3. Auditoria de movilidad.....	15
1.1.4. Sistemas duales	16
1.2. La bicicleta es un vehículo.....	18
1.2.1. Tipos de vehículo	18
1.2.2. Velocidad y espacio de circulación	44
1.2.3. Normas de circulación aplicables a los ciclistas.....	46
1.3. Requisitos para una infraestructura ciclo-incluyente	47
1.3.1. Coherencia	48
1.3.2. Rutas directas	49
1.3.3. Seguridad	51
1.3.4. Comodidad	53
1.3.5. Rutas atractivas.....	54
1.3.6. Relación entre los cinco requisitos.....	55
2. Proyecto geométrico	59
2.1. Conceptos básicos.....	62
2.1.1. Proceso de diseño	63
2.1.2. Elementos del proyecto geométrico	63
2.2. Velocidad de diseño.....	64
2.3. Pendientes.....	65
2.4. Peraltes y radios de curvatura.....	68
2.5. Distancia de visibilidad.....	70
2.5.1. Verificación de la distancia de visibilidad en planta.....	71
2.5.2. Verificación de la distancia de visibilidad en elevación	73

3. Infraestructura ciclo-incluyente.	75
3.1. Reducción de volúmenes vehiculares	78
3.1.1. Cierre total de la calle.	79
3.1.2. Cierre parcial de la calle.	80
3.1.3. Sentidos de circulación encontrados.	80
3.1.4. Área de tránsito local	81
3.2. Reducción de velocidades vehiculares	82
3.2.1. Tipos de pavimento	83
3.2.2. Conversión de vías unidireccionales a bidireccionales.	84
3.2.3. Isletas y fajas separadoras.	85
3.2.4. Circulación en zigzag.	87
3.2.5. Reductores de velocidad	88
3.3. Tratamiento de intersecciones	93
3.3.1. Orejas y radios de giro	93
3.3.2. Isletas para vueltas continuas a la derecha.	95
3.3.3. Rediseño de intersecciones en «Y»	96
3.3.4. Glorietas	96
3.4. Redistribución del espacio de la vialidad	98
4. Estándares para el diseño de vías ciclistas	101
4.1. Criterios de selección de infraestructura ciclista	104
4.1.1. El usuario como factor de diseño	105
4.1.2. Función, forma y uso de la vía	107
4.1.3. Volumen y velocidad del tránsito motorizado	107
4.1.4. Infraestructura ciclista unidireccional vs. bidireccional.	108
4.2. Elementos generales para la circulación cómoda y segura.	110
4.3. Infraestructura ciclista compartida	110
4.3.1. Calle compartida ciclista	112
4.3.2. Carril compartido ciclista.	118
4.4. Infraestructura ciclista delimitada	124
4.5. Infraestructura ciclista segregada	130
4.6. Infraestructura ciclista de trazo independiente	136
5. Tratamientos específicos	143
5.1. Ciclistas y transporte público	146
5.1.1. Vías ciclistas con paradas de transporte público.	146
5.1.2. Carril ciclista compartido con transporte público	152
5.1.3. Carriles ciclistas en corredores BRT	158
5.1.4. Vialidades de transporte público y no motorizado.	160
5.2. Ciclistas y vehículos de carga	162
5.3. Ciclistas y automóviles estacionados.	163

5.4. Ciclistas y accesos vehiculares	168
5.5. Ciclistas en contraflujo	170
5.6. Ciclistas y peatones	174
5.6.1. Facilidades ciclistas en áreas peatonales.....	174
5.6.2. Andador peatonal y ciclista.....	174
5.7. Permeabilización de barreras urbanas	176
5.7.1. Canaletas en escaleras de puentes peatonales.....	176
5.7.2. Puentes peatonales y ciclistas.....	177
5.7.3. Túneles peatonales y ciclistas	179
5.7.4. Adaptación de puentes y túneles vehiculares para el tránsito ciclista	180
6. Intersecciones	183
6.1. Elementos para el diseño de intersecciones	186
6.2. Cinco requisitos para el diseño de una intersección.....	188
6.2.1. Coherencia	188
6.2.2. Rutas directas	188
6.2.3. Seguridad	189
6.2.4. Comodidad	189
6.2.5. Rutas atractivas.....	189
6.3. Función, forma y uso	190
6.4. Intersecciones reguladas con semáforos.....	192
6.5. Movimientos ciclistas en intersecciones	194
6.5.1. Arranque preferencial.....	194
6.5.2. Vuelta izquierda ciclista.....	194
6.5.3. Trayectoria con entrecruzamiento	195
6.6. Soluciones de intersecciones por tipo de infraestructura ciclista. ...	196
7. Dispositivos para el control del tránsito	211
7.1. Aspectos generales	214
7.2. Señalamiento vertical	216
7.2.1. Señales preventivas.....	216
7.2.2. Señales restrictivas	218
7.2.3. Señales informativas.....	222
7.3. Señalamiento horizontal	228
7.3.1. Marcas en el pavimento.....	228
7.3.2. Dispositivos diversos	237
7.4. Dispositivos luminosos	239
Referencias	241

Introducción

Aunque la infraestructura vial está directamente relacionada con el desempeño económico de una ciudad, los modelos de desarrollo urbano orientados al automóvil no resultan eficaces en su totalidad. Pretendiendo solucionar la movilidad al incrementar la capacidad vial, éstos crean congestión vial y repercuten negativamente en la calidad de vida de los habitantes y en la competitividad de las ciudades. En cambio, implementar políticas de transporte urbano sostenible es una solución ampliamente reconocida a nivel mundial para enfrentar los retos de movilidad e incremento de calidad de vida.

La instauración de infraestructura ciclista es una de las estrategias con mayor impacto dentro de proyectos de transporte sostenible. Representa una fuerte evolución en la política urbana, demostrando una gestión pública de vanguardia, basada en la equidad y la sostenibilidad. Se logra a través de la planeación, diseño y gestión, cambiando el enfoque de los proyectos viales y generando condiciones para que las ciudades sean más humanas, básicamente dando prioridad a la infraestructura peatonal y ciclista. Los equipos técnicos que definen los criterios de diseño, construcción y mantenimiento de la infraestructura vial son los mayores aliados para promover una política de movilidad no motorizada. La infraestructura vial ciclista requiere de una gran cantidad de técnicas que otorguen condiciones de seguridad y comodidad a los usuarios para que mejore la percepción ciudadana y aumenten, por lo tanto, los viajes en bicicleta.



A person is riding a bicycle on a city street. The background is blurred, showing trees and cars, suggesting motion. A yellow banner is overlaid on the bottom of the image.

1. PARÁMETROS DE DISEÑO

La sostenibilidad y la equidad son principios básicos de transporte y se deben utilizar como herramientas para el desarrollo de toda infraestructura vial ciclista. Su correcta aplicación da lugar a una circulación segura y cómoda por parte de los usuarios.

Por lo tanto, la implementación exitosa de proyectos de infraestructura ciclista sólo se puede alcanzar cuando se conoce a detalle la forma de conducción de los usuarios, las normas de circulación aplicables y las características geométricas de los vehículos ciclistas.

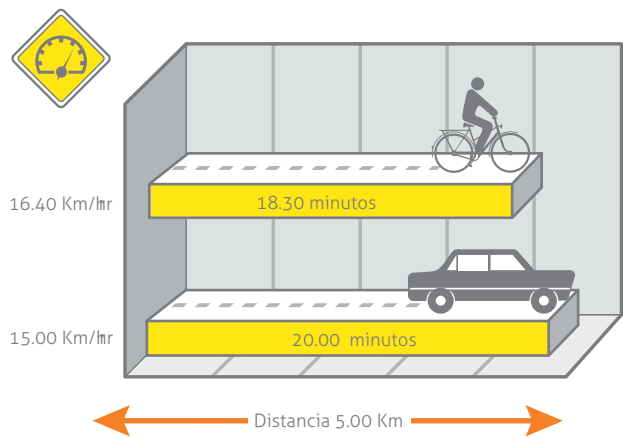
1.1. Principios básicos

La infraestructura vial ciclista es la combinación de vías para la circulación exclusiva o preferente de ciclistas: intersecciones diseñadas apropiadamente, puentes, túneles y otros elementos de infraestructura vial, y dispositivos para el control del tránsito que permitan que los usuarios se desplacen de forma segura, eficiente y cómoda creando una red. Las vías para la circulación ciclista pueden ser urbanas, interurbanas, bidireccionales o unidireccionales, según las condiciones imperantes en cada uno de los espacios urbanos. Deben garantizar el acceso a los destinos de forma continua y sin necesidad de que el ciclista realice maniobras que pongan en riesgo su integridad o la de otras personas.

La creación de infraestructura para el tránsito de bicicletas debe potenciar todas las ventajas competitivas de este modo de transporte; en vialidades congestionadas, el uso de la bicicleta puede ser el modo más rápido para desplazarse.

Varios estudios han demostrado que la bicicleta es el modo de transporte más eficiente en recorridos de hasta cinco kilómetros puerta a puerta. La Encuesta Origen-Destino 2007 (INEGI, 2007) de la Ciudad de México estableció que la velocidad promedio de los viajes realizados en bicicleta es de 16.4 Km/hr, mientras que los recorridos en automóvil se realizan con una velocidad promedio de 15.0 Km/hr.

Hora de máxima demanda en el DF



Es necesario ajustar el diseño de las vías ciclistas a las características específicas de circulación y segregar los flujos ciclistas de los automotores cuando las circunstancias no son seguras ni cómodas. Si el volumen y la velocidad son aceptables se pueden combinar ambos tránsitos, siempre estableciendo dispositivos que aseguren una convivencia armónica. Una infraestructura bien planteada debe prever al máximo los conflictos entre usuarios, impedir que los automóviles invadan las áreas exclusivas de circulación ciclista y destinar áreas de excelente calidad para que los peatones nunca tengan la necesidad de caminar sobre la vía para bicicletas.

1.1.1 Jerarquía de usuarios

El resultado positivo de una política de movilidad sostenible se encuentra en el diseño del espacio público; dentro de éste, se debe comenzar por las vialidades.

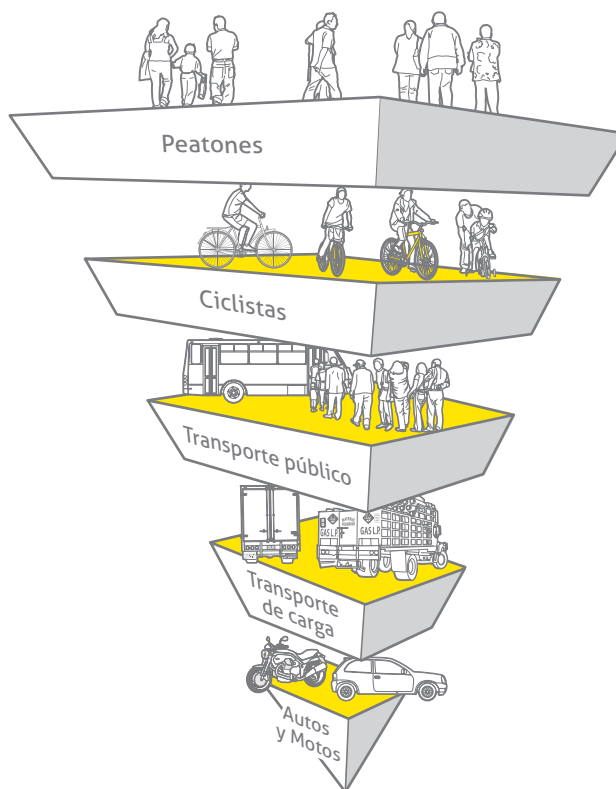
Es indispensable establecer una nueva forma de distribución del espacio de la vía pública, la prioridad del tránsito y la asignación de recursos de acuerdo a la siguiente jerarquía:

1. Peatones: en especial personas con alguna discapacidad y otros sectores de la población con necesidades especiales como adultos mayores, mujeres embarazadas y personas con una limitación temporal.
2. Ciclistas.
3. Usuarios y prestadores de servicio de transporte de pasajeros masivo, colectivo o individual.
4. Usuarios y prestadores de servicio de transporte de carga.
5. Usuarios de transportes particulares automotores.

Para respetar esta jerarquía se recomiendan las siguientes medidas:

- Provocar que los lugares con alta densidad de destinos tengan banquetas más amplias, estén mejor iluminadas y cuenten con dispositivos que eviten que los automóviles se estacionen sobre ellas. Esto incrementa el tránsito de peatones.
- Contar con una ciclovía en una avenida en la que los autos circulan a velocidades mayores a 50 Km/hr, con árboles que dan sombra y semáforos con tiempos especiales que permitan a los ciclistas avanzar en primer lugar al ponerse la luz verde. Esto aumenta las condiciones de seguridad y comodidad, lo cual incrementa el número de ciudadanos que utilizan la bicicleta como modo de transporte.
- Establecer un programa de colocación de biciestacionamientos en vía pública. Esto genera espacios seguros en los que la gente puede estacionar su bicicleta.

Es indispensable establecer una nueva forma de distribución del espacio de la vía pública, la prioridad del tránsito y la asignación de recursos.





- Construir un puente peatonal y ciclista entre dos colonias separadas por una vía rápida o un río, siempre y cuando tenga un ancho y una pendiente adecuados. Esto crea lazos entre los vecinos de ambas comunidades y permite que la población acceda a los servicios públicos de la zona sin necesidad de realizar desplazamientos en modos de transporte motorizados.
- Establecer programas de regulación del estacionamiento de la vía pública, a través de parquímetros. Esto posibilita la recaudación de recursos de los usuarios de la vía que generan mayores externalidades por sus desplazamientos. Dichos recursos pueden asignarse al mejoramiento del espacio público de la zona donde se instaure el programa. Además, se desincentiva el uso del automóvil y, por lo tanto, esto repercute positivamente en la congestión vehicular en la ciudad.

1.1.2. Diseño universal y accesibilidad integral

El diseño universal establece los criterios básicos para crear productos y espacios que, sin necesidad de adaptaciones, pueden ser utilizados por todas las personas, sin importar su género, edad ni capacidad intelectual o física. Deben ser accesibles también para personas que no saben leer o que no conocen el idioma del país donde se encuentran.

El creador de este concepto, Ron Mace, lo define:

«El diseño universal busca estimular la creación, fabricación y comercialización de productos que puedan ser usados por todas y todos. Se trata de un diseño para los ambientes de construcción y para productos de consumo, para una definición amplia de usuarios.» (Ministerio de Economía y Hacienda, 2007, p. 7).

El Centro de Diseño Universal de la Universidad del Estado de Carolina del Norte, EE.UU., establece que los principios bajo los cuales se rige el diseño universal son:

- Uso equitativo: útil y atractivo sin diferenciar los niveles de habilidad.
- Uso flexible: amplio rango de preferencias y habilidades individuales.
- Uso simple e intuitivo: fácil de entender sin importar el nivel de experiencia, conocimiento, lenguaje o capacidad para concentrarse.

- Información perceptible: información necesaria dada de forma efectiva al usuario, sin importar las condiciones ambientales o las capacidades sensoriales del usuario.
- Tolerancia al error: diseño que minimice riesgos y consecuencias de acciones accidentales.
- Mínimo esfuerzo físico: cómodo y eficiente, minimizando la fatiga.
- Tamaño adecuado de aproximación y uso: tamaño y espacio adecuado para el acercamiento, alcance, manipulación y uso, sin importar la talla, postura o capacidad motriz del usuario.

Por lo tanto, si el acceso a un edificio se realiza a través de una rampa y no de una escalera, se otorgan facilidades para alguien en silla de ruedas, para quien transporta un bebé en una carreola, para alguien que camina con una maleta con ruedas y, en general, se vuelve más cómodo para todos los peatones. Sin embargo, el objeto del diseño universal no es construir plataformas sin escaleras o alzar un inodoro; estos elementos se crean al adaptar los espacios tradicionales o mal diseñados para las personas con necesidades especiales (Ministerio de Economía y Hacienda, 2007).

La infraestructura vial ciclista y todos los espacios públicos deben ser diseñados bajo los conceptos del diseño universal. Para esto, es necesario contar con el apoyo de un profesionalista que conozca las tecnologías de rehabilitación o de apoyo. Estas tecnologías están conformadas por un grupo de disciplinas que aportan soluciones a los problemas de la accesibilidad bajo un esquema integral.

1.1.3. Auditoría de movilidad

La planeación adecuada de los proyectos de infraestructura ciclista debe garantizar la seguridad y comodidad de los usuarios. Asimismo, debe considerar medidas que protejan el ambiente y destinar correctamente los recursos. Lograr esto y verificar que la jerarquía de usuarios, el diseño universal y la accesibilidad integral se encuentren presentes en los proyectos viales se alcanza a través de la realización de auditorías de movilidad.



La accesibilidad universal es la característica de todos los espacios, muebles y cualquier producto o servicio que hayan sido diseñados bajo los principios del diseño universal.

Las auditorías de movilidad son evaluaciones a las operaciones y los procesos generados en el transporte de pasajeros, de carga y particular en sus distintas modalidades, para verificar el cumplimiento de la normatividad y de los parámetros de buenas prácticas de operación y servicio. Su objetivo es definir e instrumentar las medidas preventivas y correctivas necesarias para proteger a los peatones, ciclistas y usuarios del transporte público.

Una auditoría de movilidad urbana puede evaluar:

- El estado físico y la calidad del servicio de la infraestructura o equipamiento de transporte urbano.
- El funcionamiento de un servicio de transporte público.
- El comportamiento de los usuarios y operadores de un modo de transporte.

Es indispensable que los gobiernos municipales y estatales consideren estos instrumentos como parte crucial de la planeación, operación y evaluación de los proyectos de infraestructura vial. Para ello, se requiere que las legislaciones locales definan como requisito la elaboración de evaluaciones en el proceso de autorización de proyectos viales y de transporte público.

1.1.4. Sistemas duales

Los ciclistas tienen diferentes necesidades y niveles de conocimiento en lo referente a la circulación en las ciudades, por lo que es necesario que todos tengan un lugar dentro del sistema vial. A los diferentes requerimientos se les debe buscar diferentes soluciones.

Un sistema dual ocurre cuando la totalidad o una parte de la red ciclista cuenta con infraestructura adecuada para

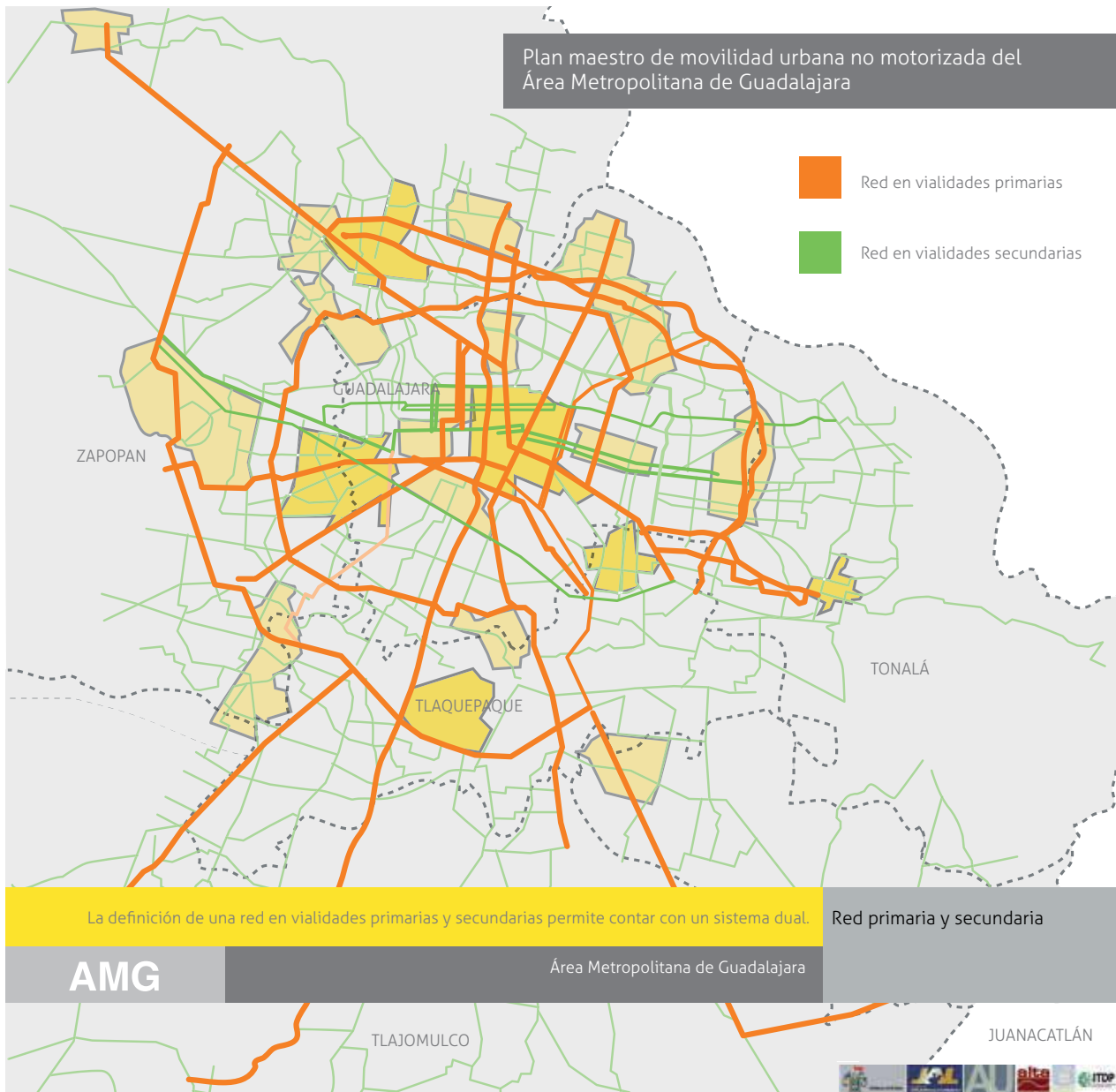


otorgar facilidades, tanto a los principiantes como a los expertos. Esto permite satisfacer las diferentes necesidades y solucionar posibles conflictos entre los diversos usuarios. Se pueden combinar dos medidas:

- Crear redes duales que ofrezcan diferentes niveles de servicio.
- Crear una red con mayor segregación de la circulación de automóviles.

Una red ciclista dual es como una vía primaria de alta ocupación, con carriles centrales de alta velocidad y carriles laterales de baja velocidad, que sirven de acceso a los predios.

Contar con la opción de circular por una vialidad primaria o por una vialidad local paralela para llegar al mismo destino indica que existe una red de sistema dual, siempre y cuando ambas vialidades hayan sido modificadas para dar cabida a los ciclistas de forma segura y cómoda. A través de la aplicación de estas acciones, la ciudad se vuelve ciclo-incluyente.



Adaptado de: AU Consultores et al., 2010.

1.2. La bicicleta es un vehículo

La bicicleta es un vehículo de tracción humana a pedales, de bajo costo en su adquisición y mantenimiento, altamente eficiente en el consumo de energía y de bajo impacto por el espacio que requiere para circular y estacionarse. Además, no emite contaminantes al aire y produce muy poco ruido al circular.

Es necesario que los diseñadores de la infraestructura para bicicletas conozcan a fondo las características de los vehículos ciclistas, el espacio que requieren para transitar y las velocidades que alcanzan, así como el comportamiento de los usuarios y las normas de tránsito aplicables para su circulación.



1.2.1. Tipos de vehículo

Existen tantos tipos de vehículos ciclistas como usuarios; actualmente hay una gran variedad de diseños de acuerdo al uso.

Para establecer una tipología de vehículos, inicialmente, es posible referirse a lo establecido por los fabricantes, quienes han definido cuatro tipos según el uso: ruta, montaña, ciudad y acrobática. Sin embargo, esta clasificación es demasiado básica, ya que no considera todas las adecuaciones que los usuarios realizan en sus vehículos ni tampoco los vehículos no motorizados de más de dos ruedas.

En México es muy común la utilización de vehículos no convencionales o bicicletas adaptadas para las necesidades específicas del usuario, sin importar para lo que fueron diseñadas inicialmente; por ejemplo, la bicicleta de policía, los triciclos de carga y los ciclotaxis.

En la Ciudad de México los tipos de bicicletas más utilizadas son:

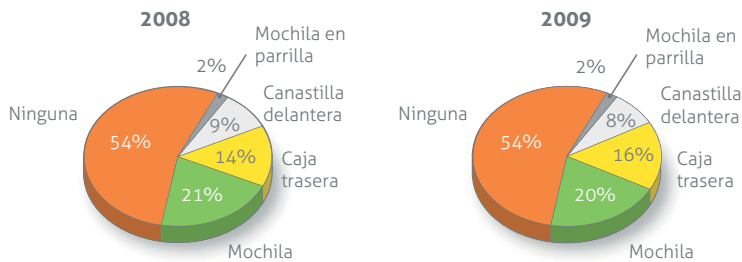
- montaña;
- turismo;
- BMX;
- triciclo de carga;
- híbrida para ciudad;
- ruta;
- plegable.

En términos de carga, casi el 50% de los ciclistas transportan algo en sus bicicletas, comúnmente en canastillas frontales, portabultos o alforjas.

Esta gran variedad de vehículos de tracción humana a pedal ha obligado a los diseñadores a contemplar bicicletas no tradicionales dentro de la norma para los diseños de infraestructura ciclista en zonas urbanas e interurbanas.

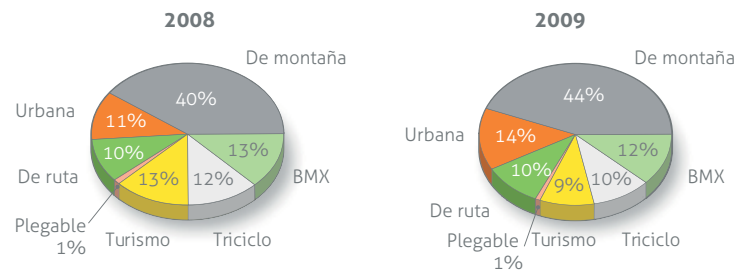
Por lo tanto, el ancho adecuado para la circulación, la posibilidad de rebases de los distintos tipos de vehículos ciclistas, los gálibos horizontales y verticales en túneles y los radios de giro en curvas son elementos básicos para el diseño. Una infraestructura ciclista que no cuenta con el espacio suficiente se convierte en una vía difícil de usar y en muchos casos simplemente inaccesible.

Ciclistas contados según carga en bicicleta



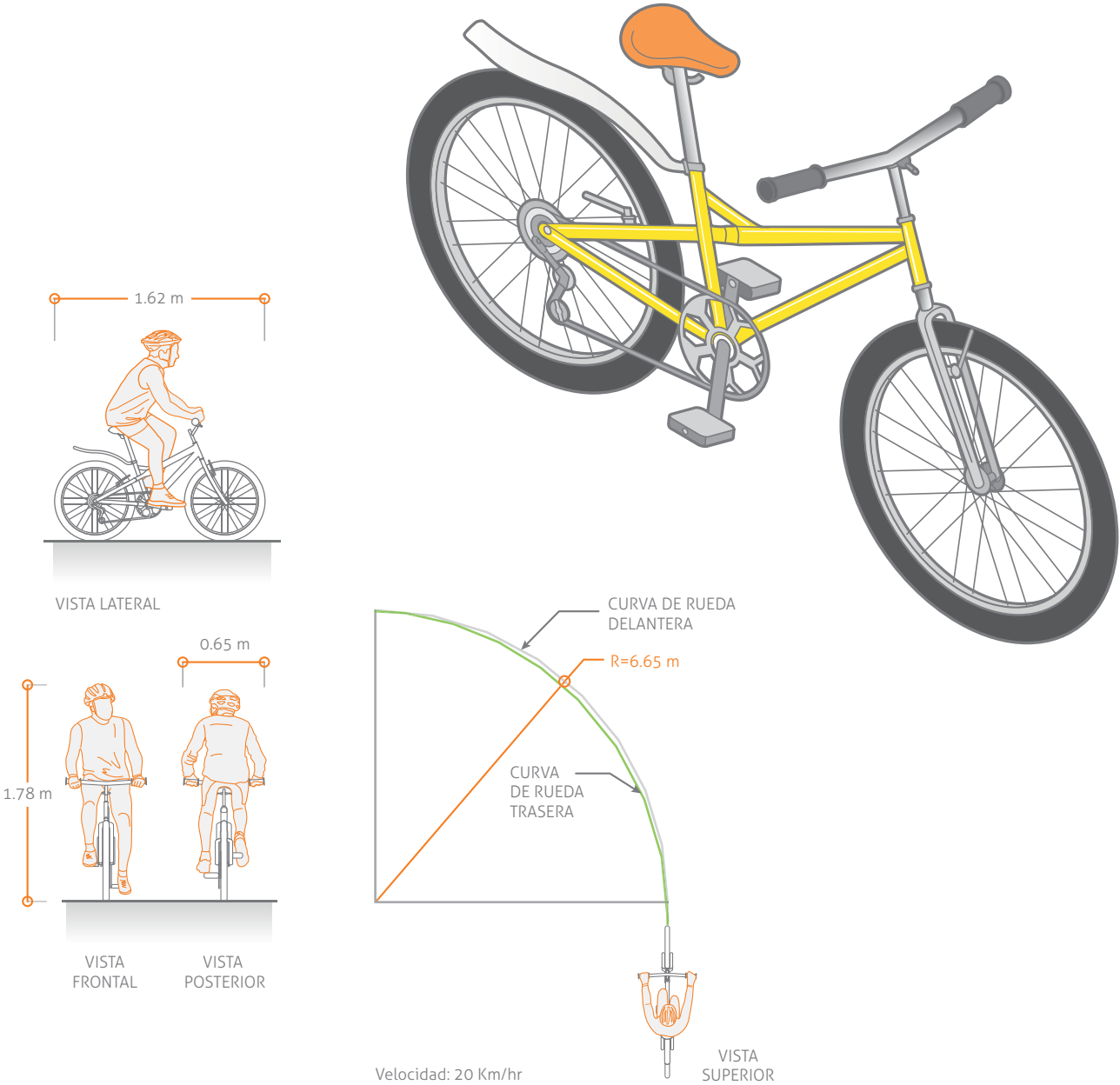
Reporte gráfico de resultados del segundo conteo de ciclistas del Distrito Federal, 2009.

Ciclistas contados según tipo de bicicleta

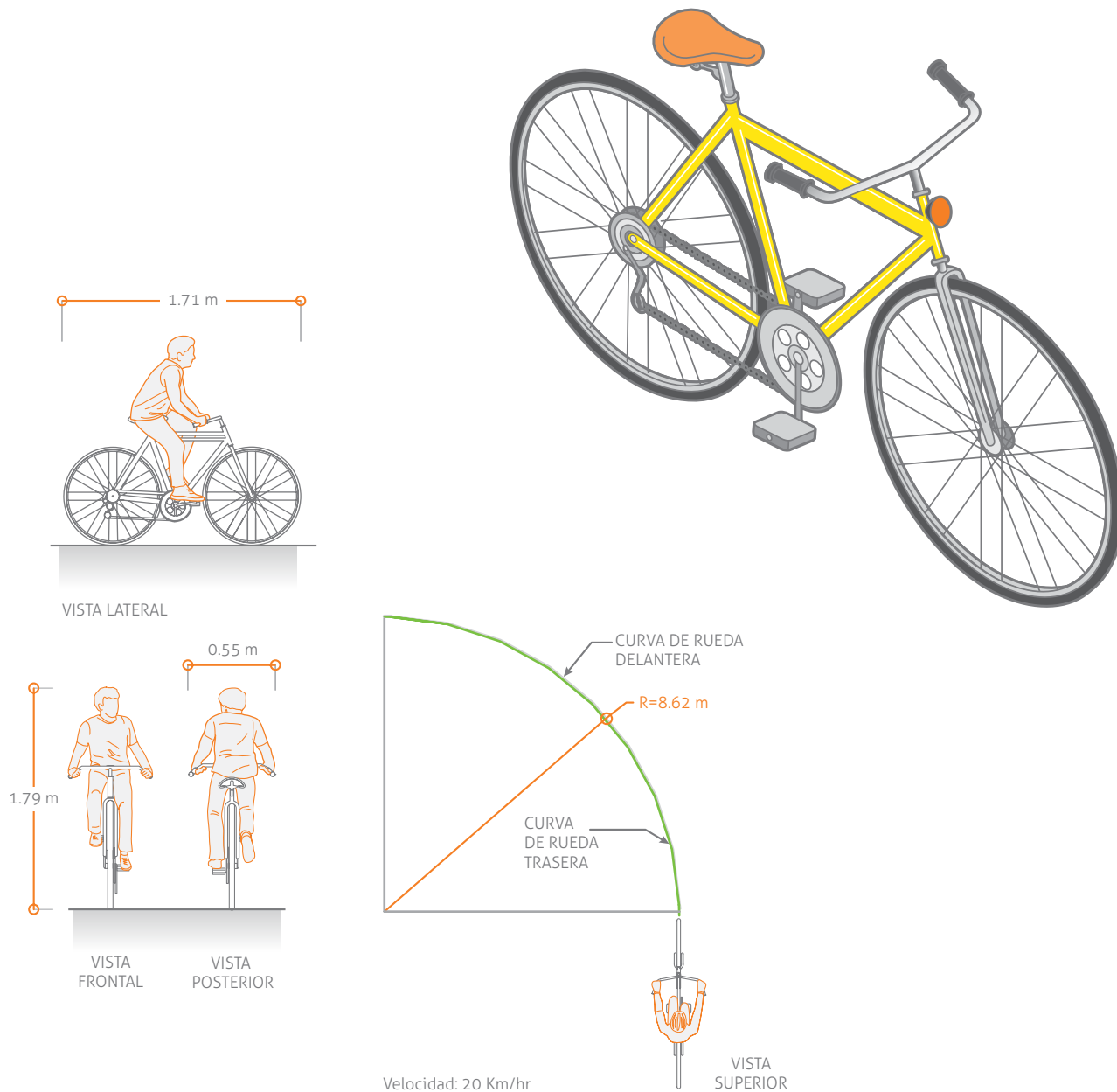


Reporte gráfico de resultados del segundo conteo de ciclistas del Distrito Federal, 2009.

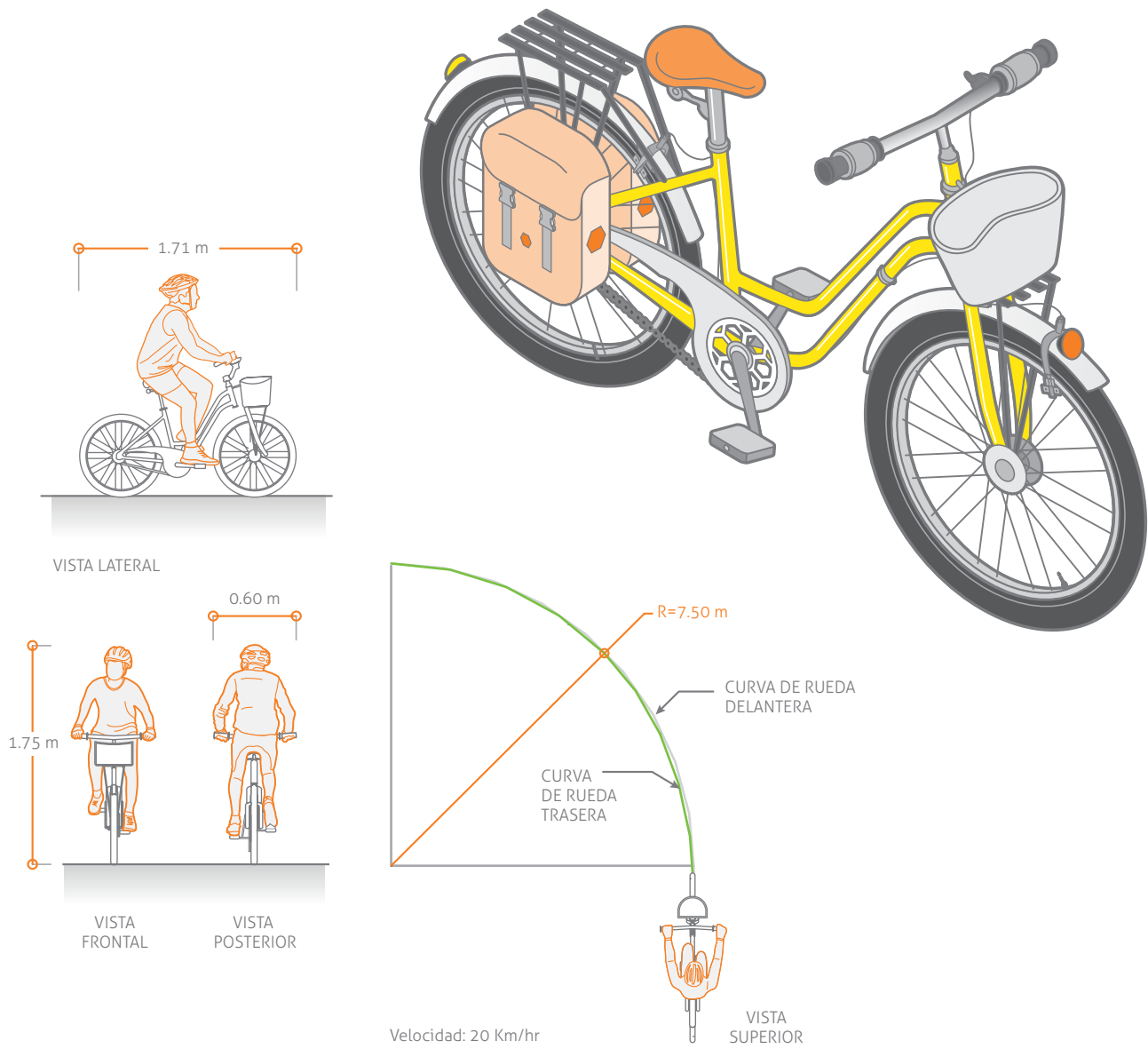
Bicicleta de montaña



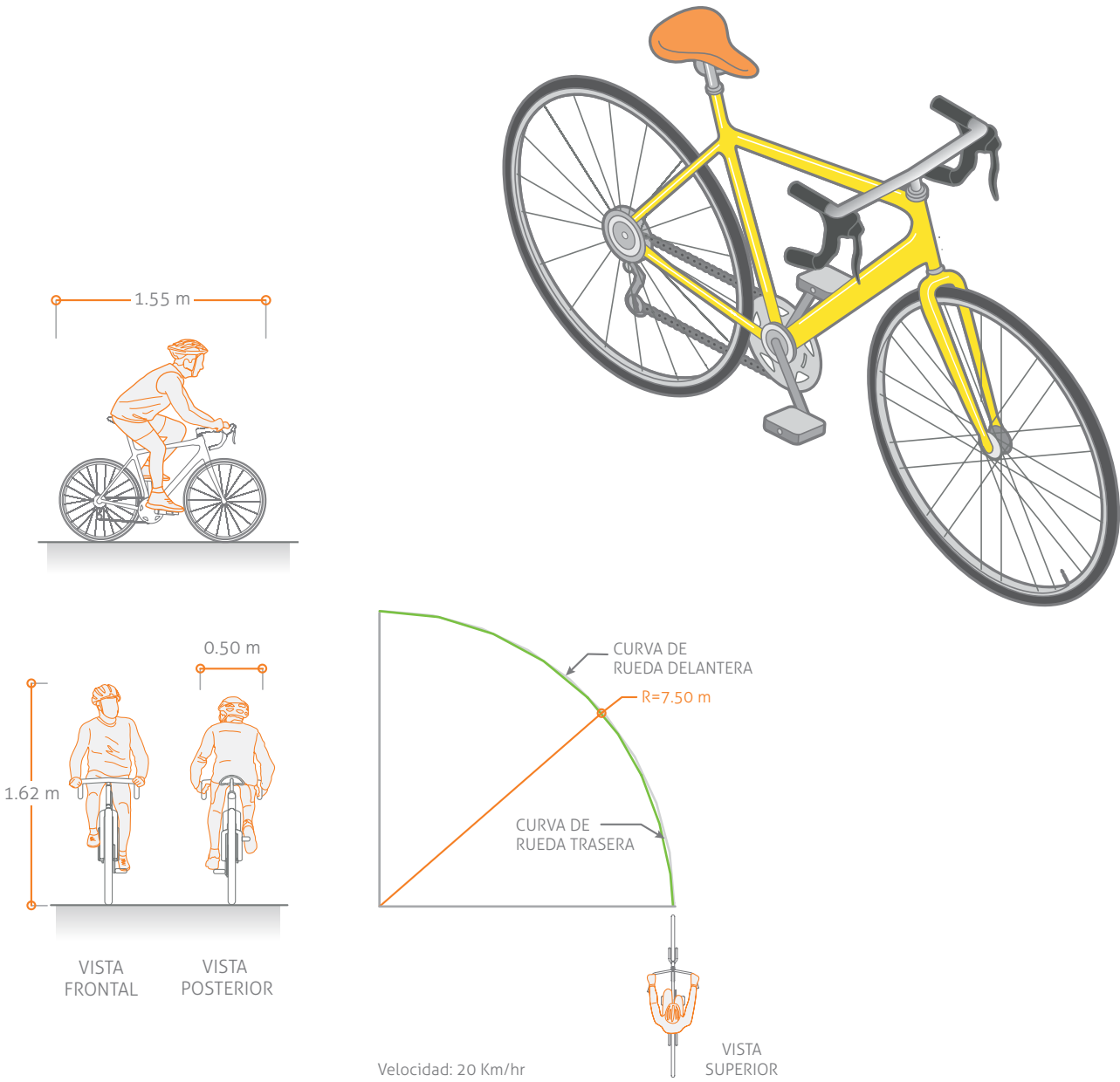
Bicicleta de turismo



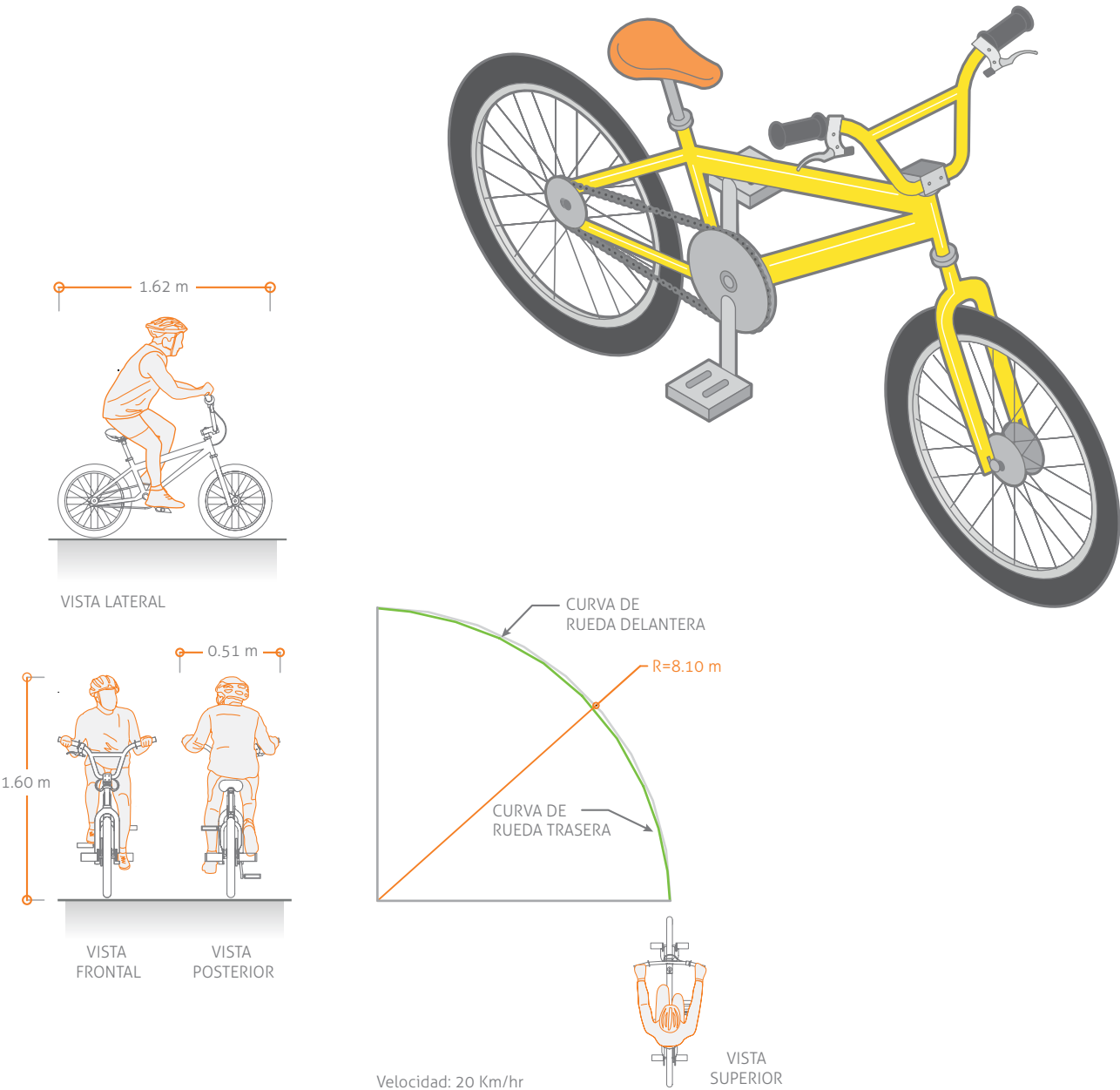
Bicicleta de urbana con canastilla y parrilla con alforjas



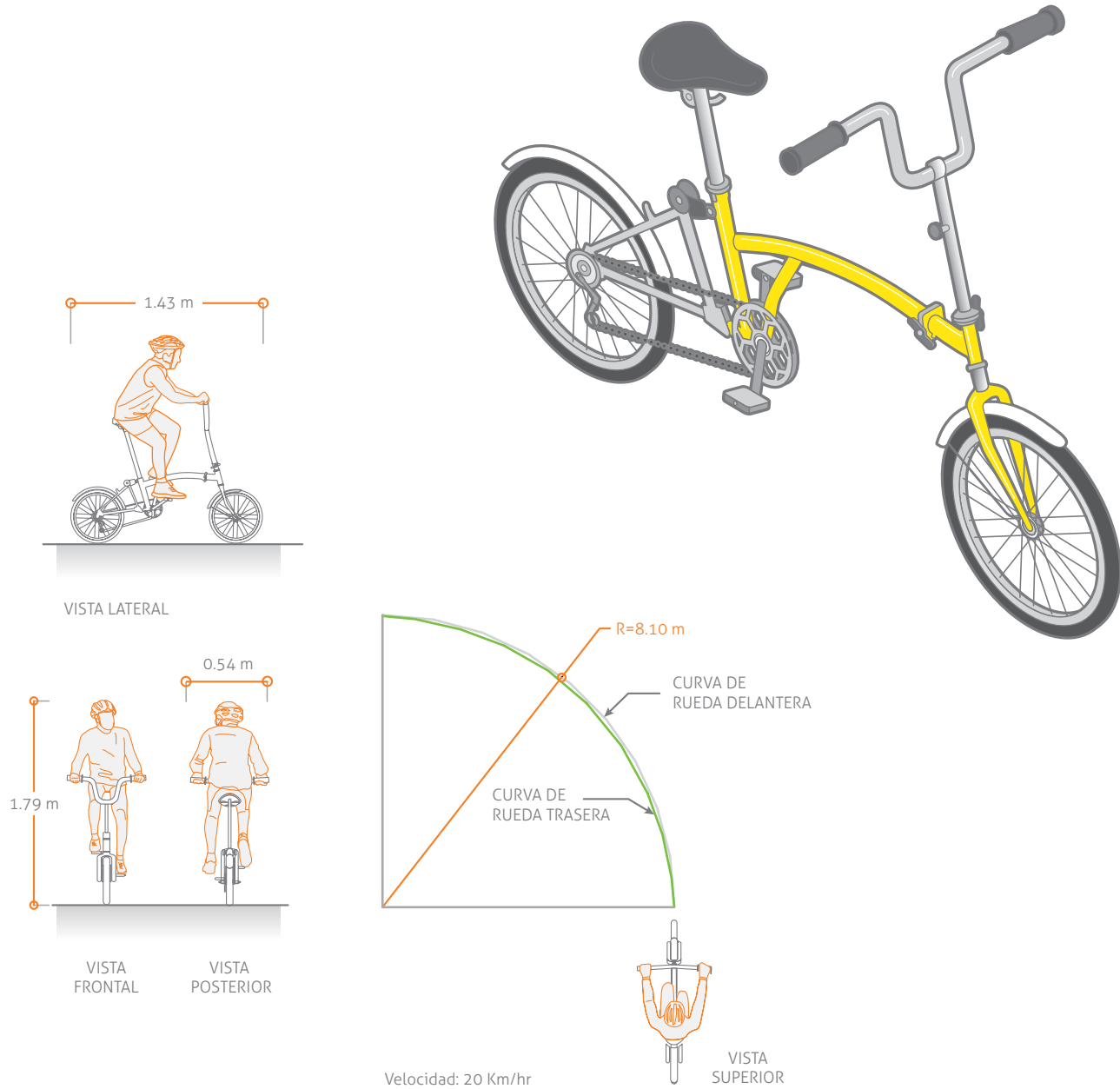
Bicicleta de ruta



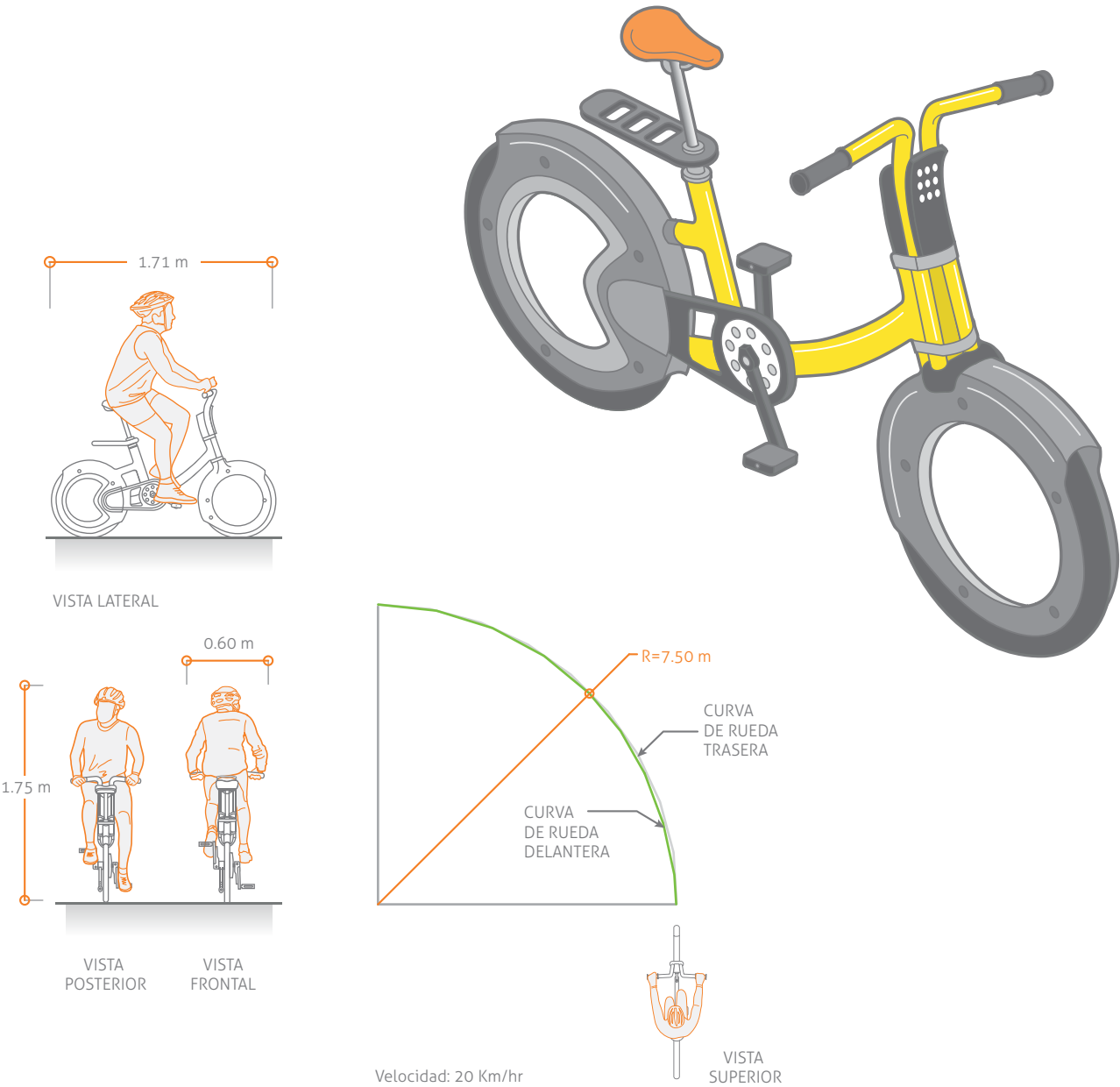
Bicicleta BMX



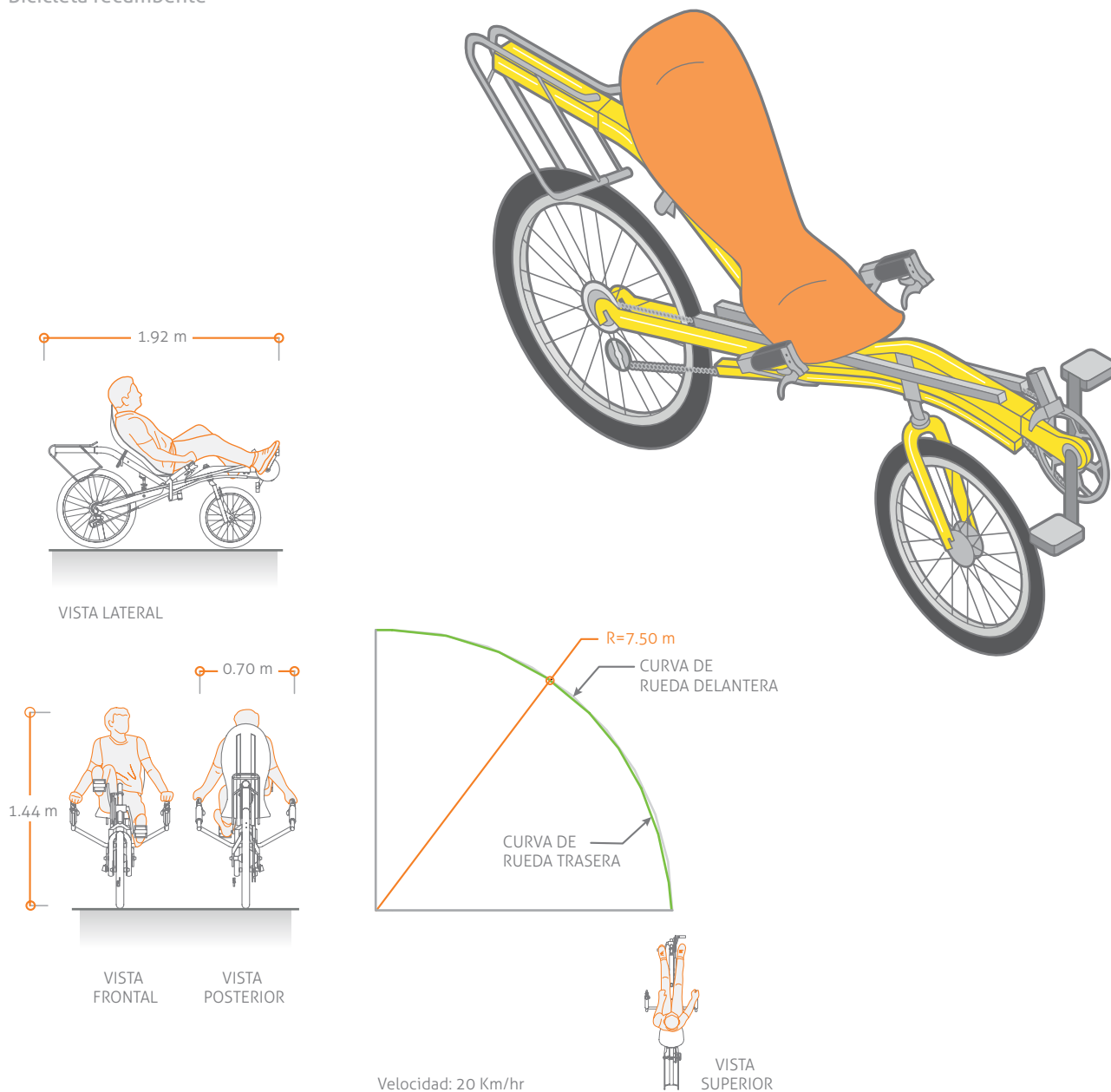
Bicicleta plegable



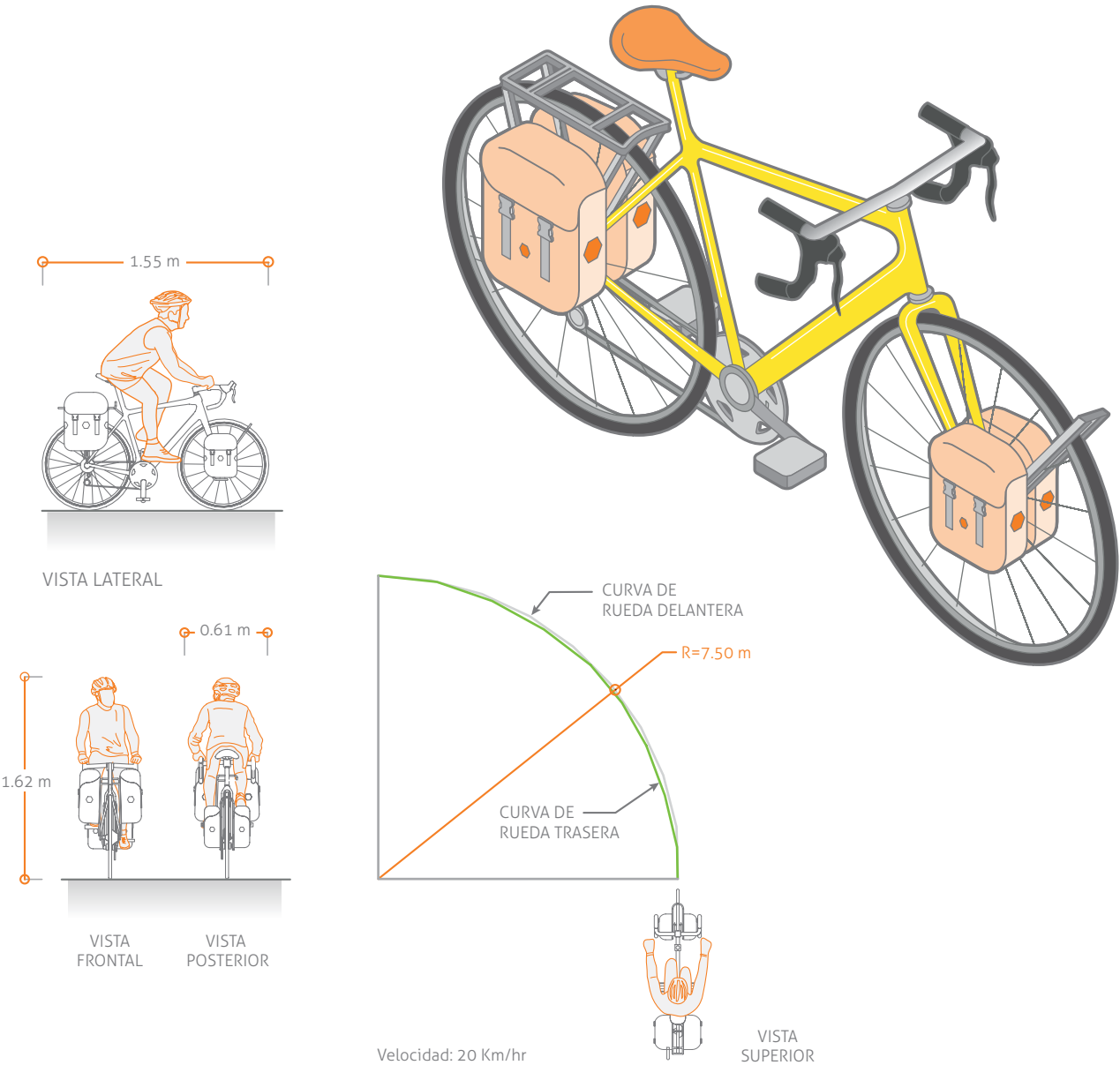
Bicicleta pública



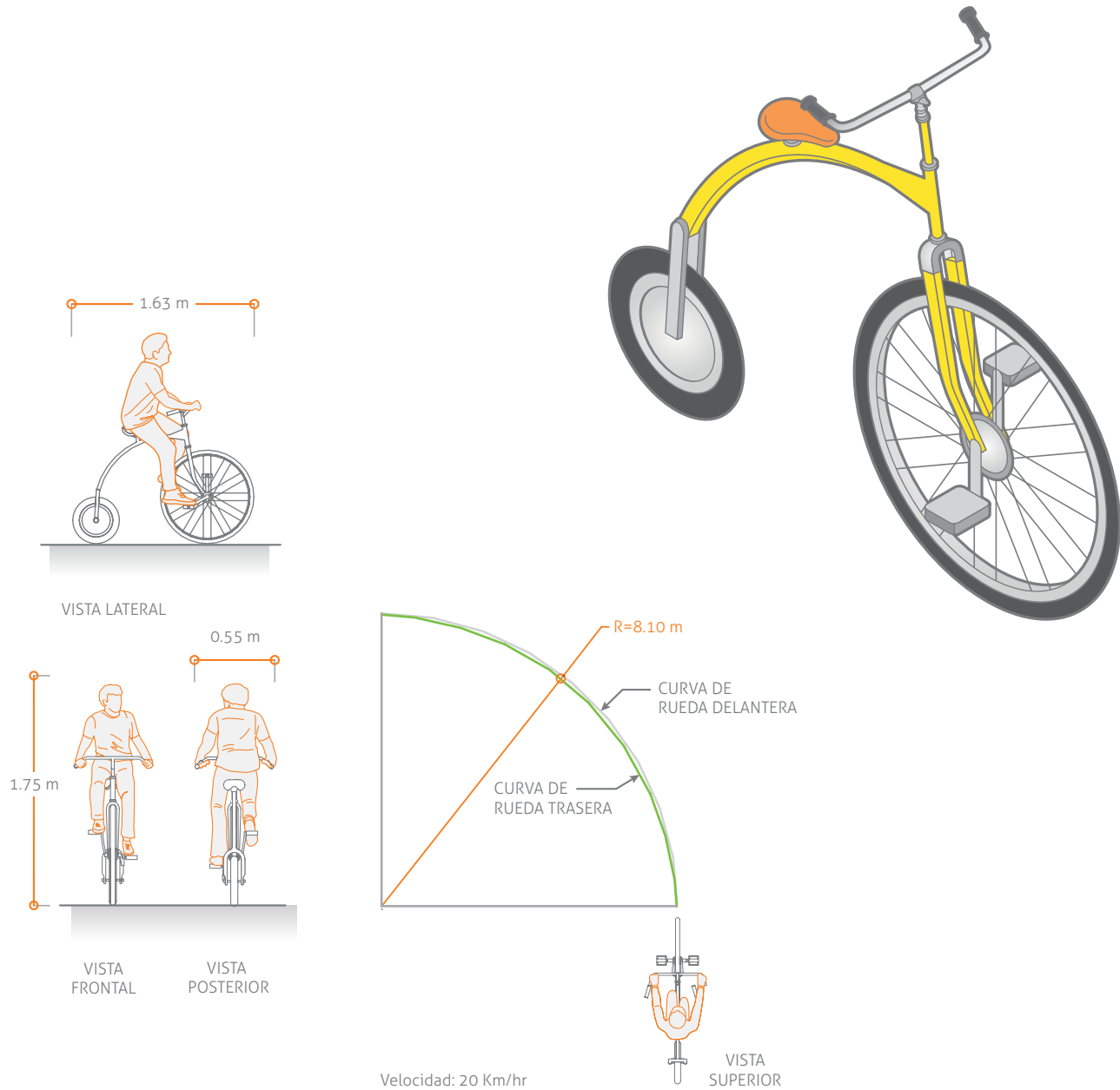
Bicicleta recumbente



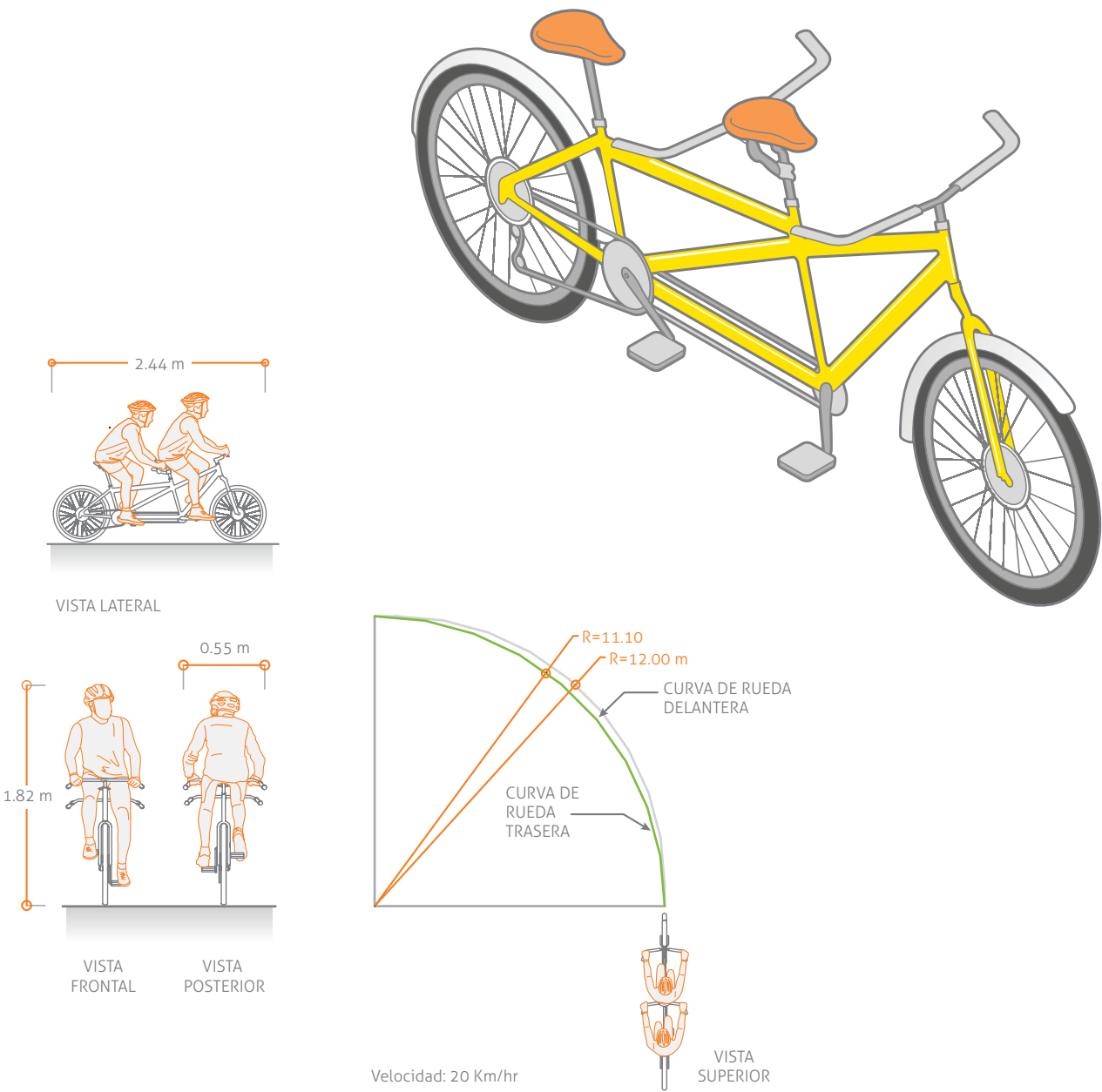
Bicicleta para ciclo-turismo con alforjas traseras y delanteras



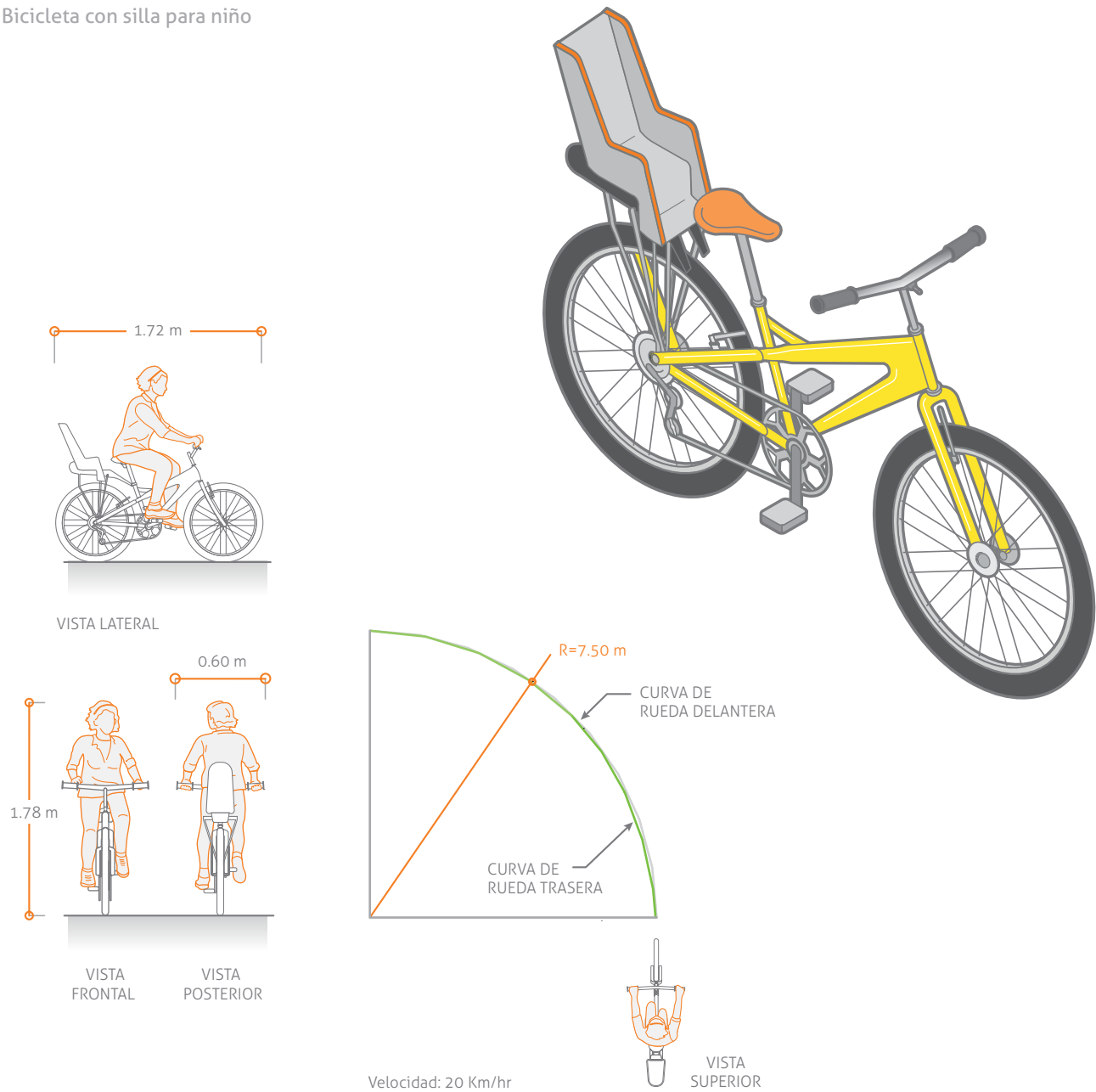
Bicicleta de rueda alta



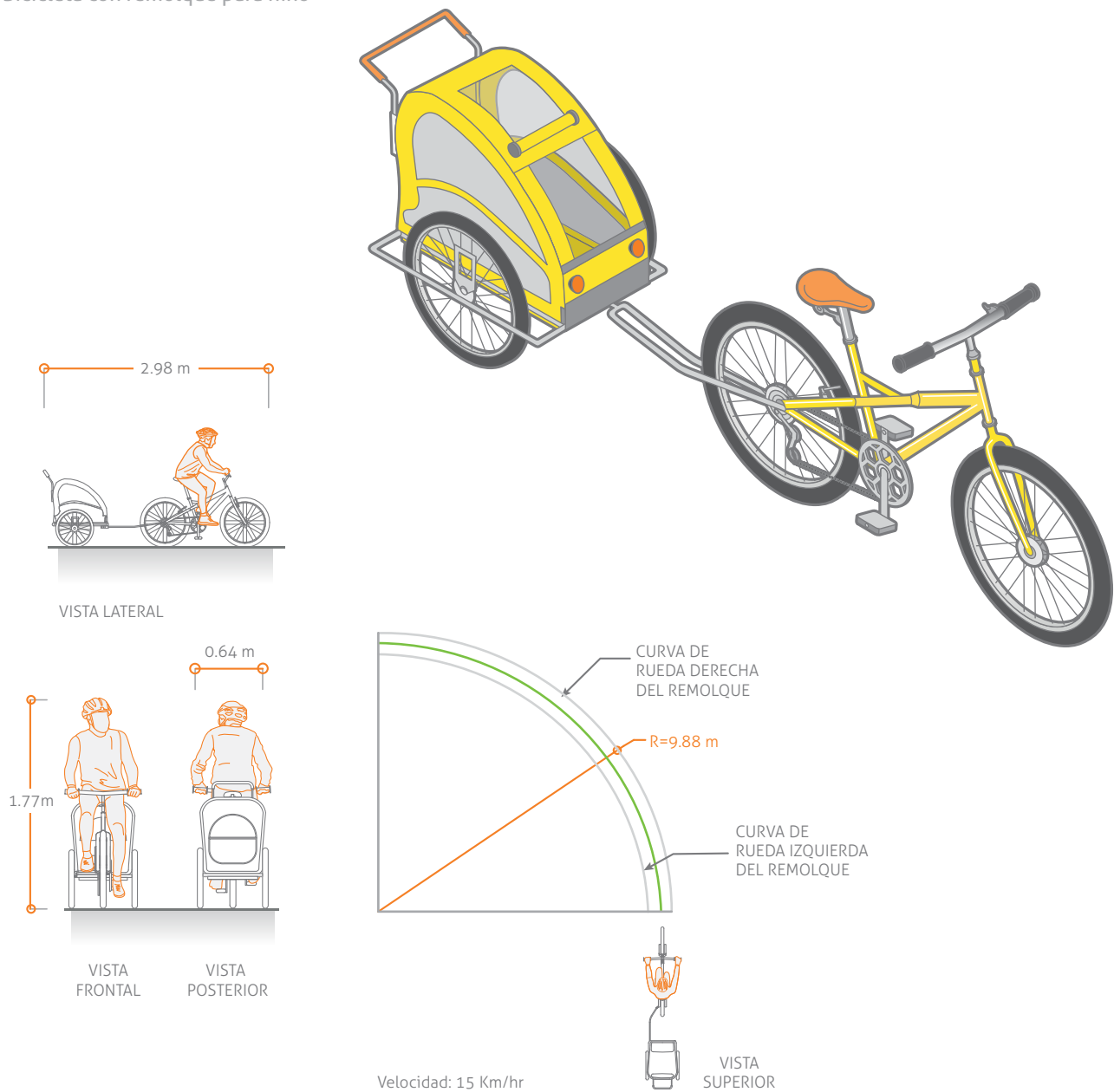
Bicicleta tándem



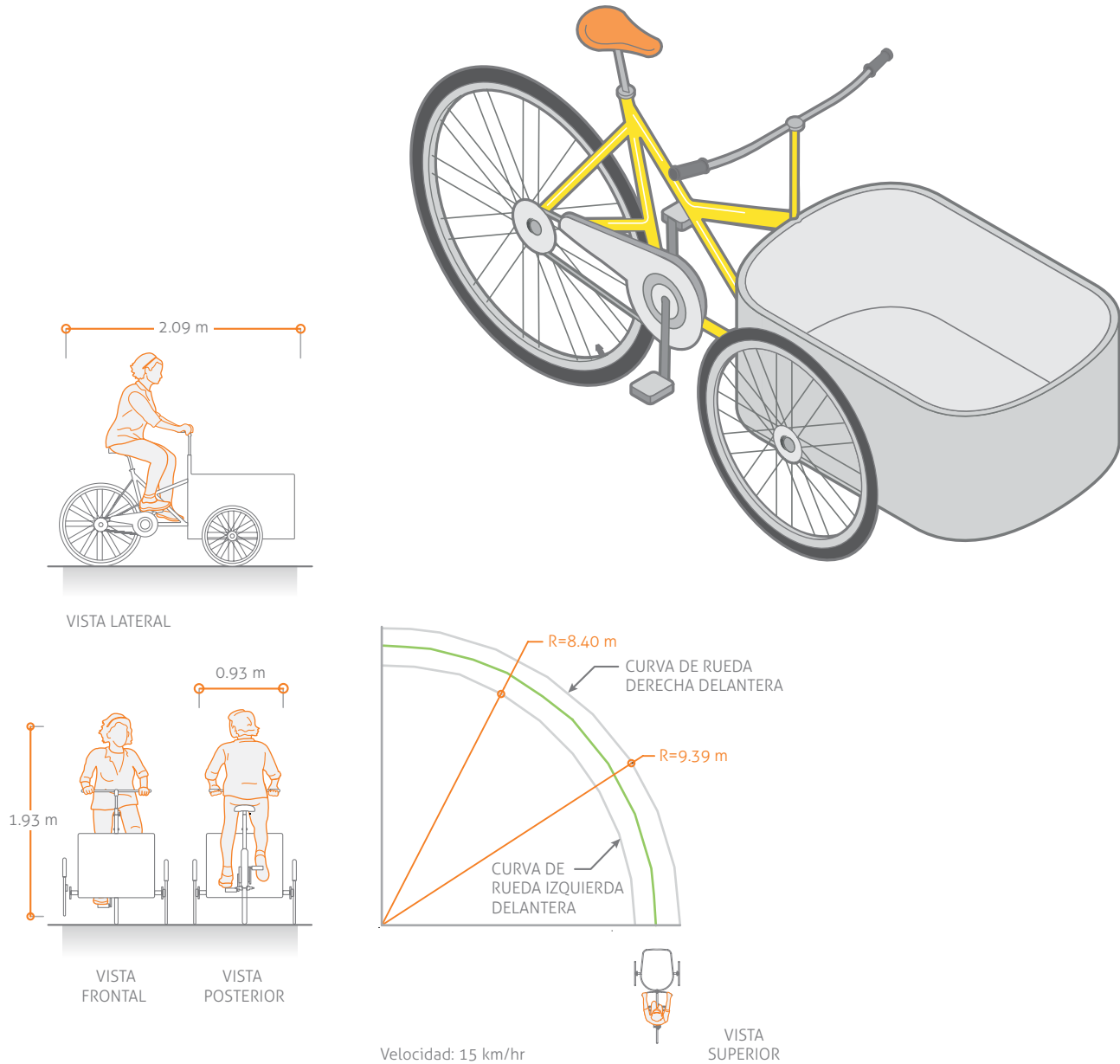
Bicicleta con silla para niño



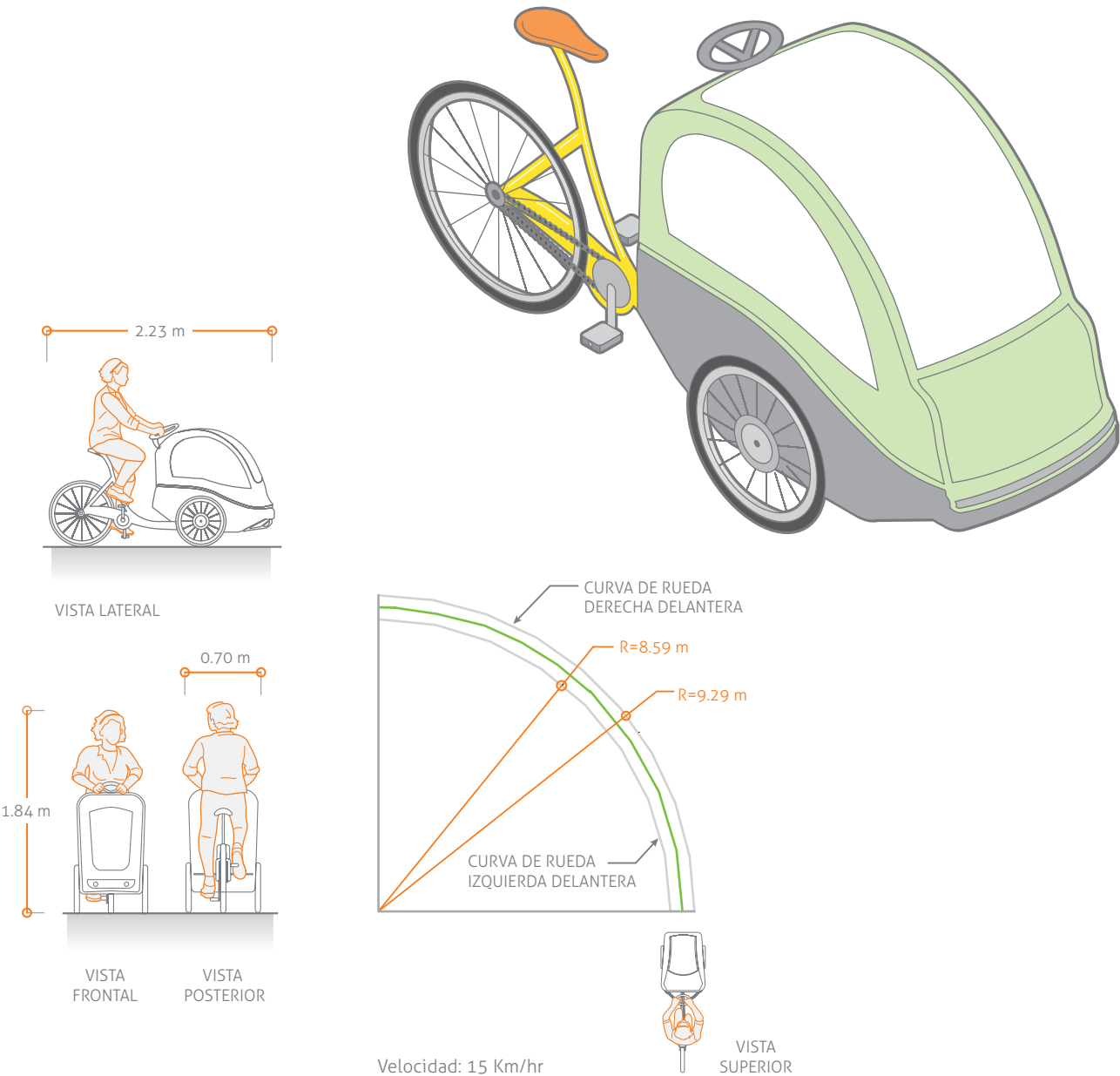
Bicicleta con remolque para niño



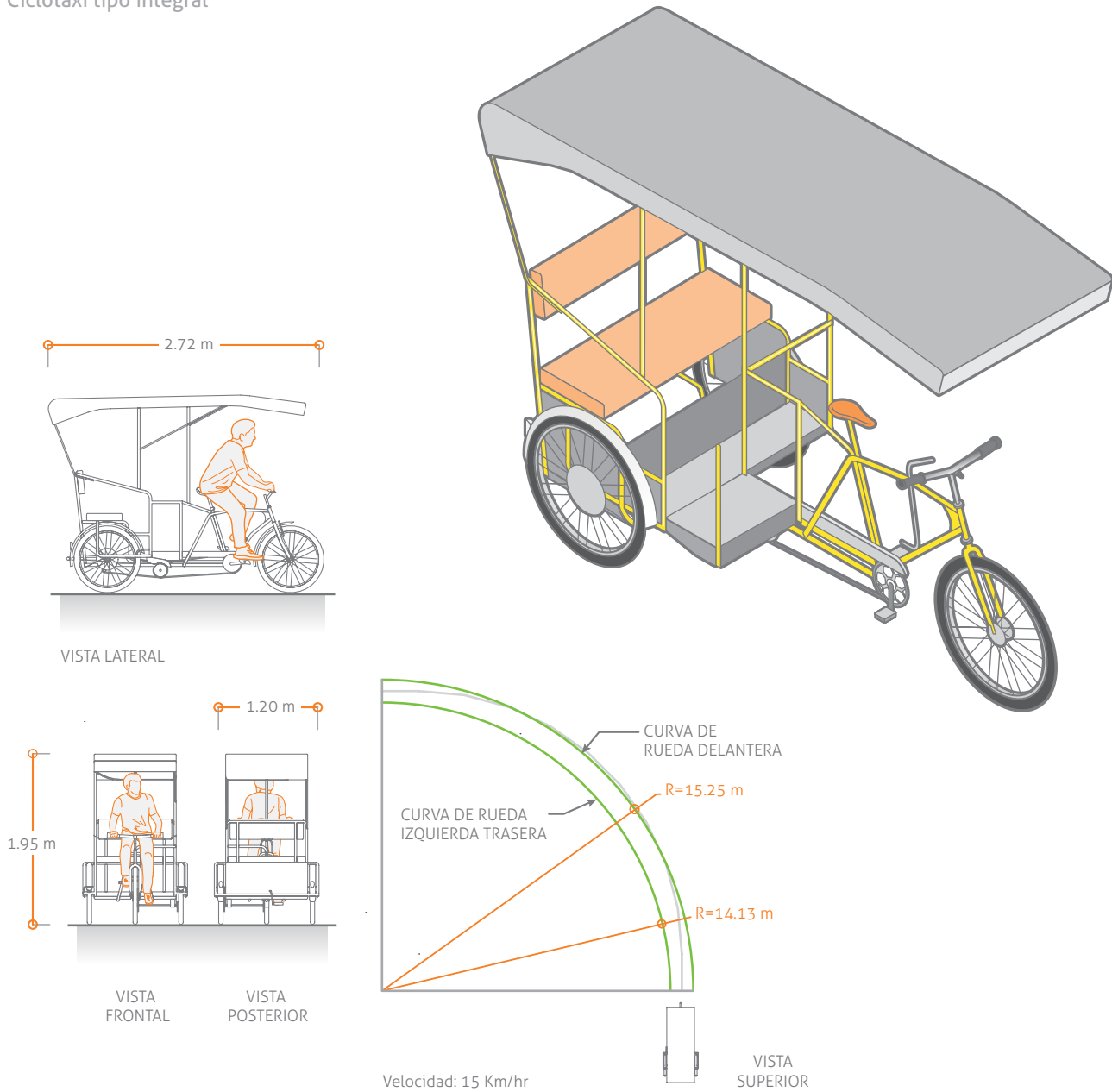
Bicicleta con caja frontal para niño



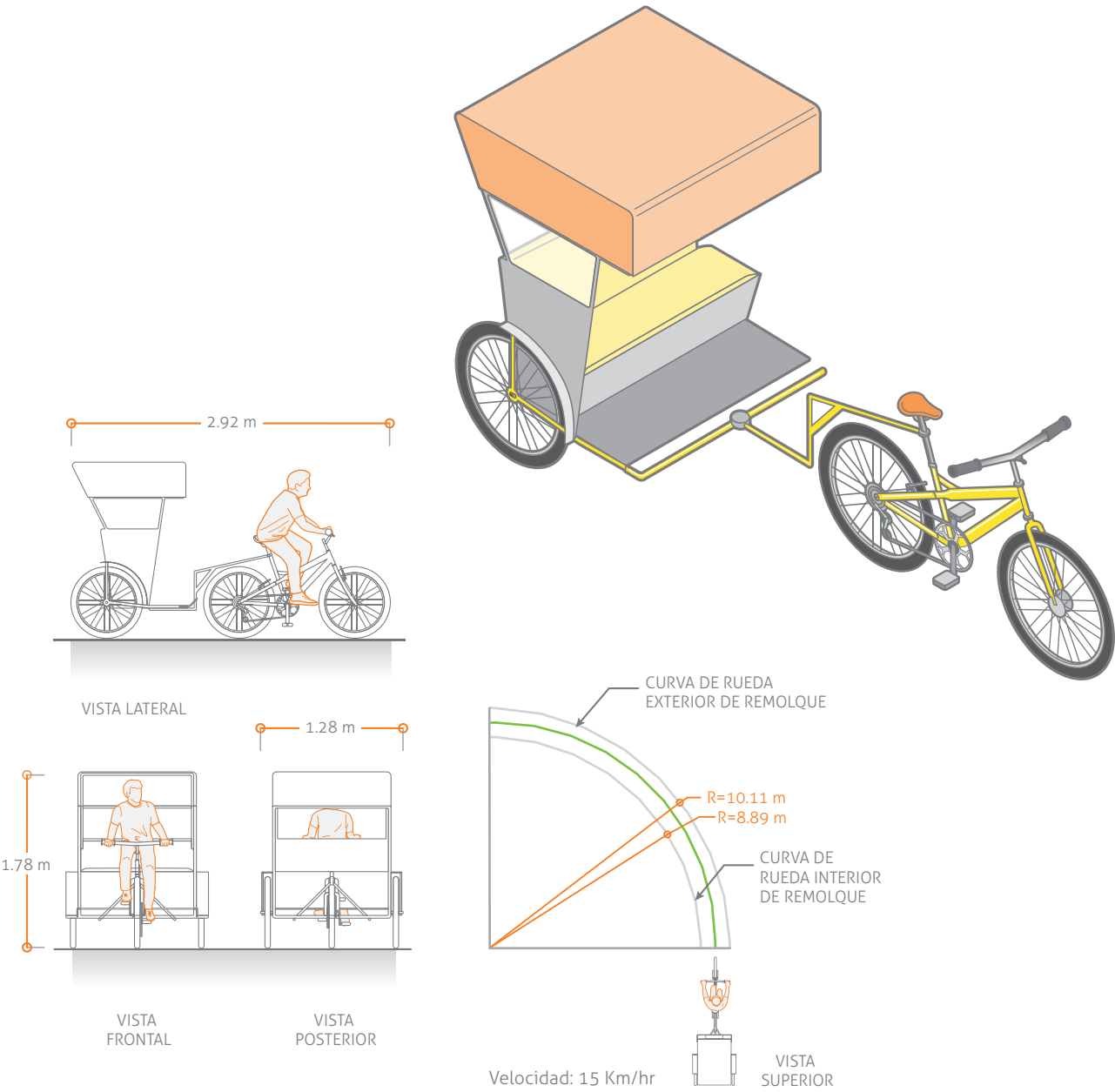
Bicicleta con cabina frontal para niño



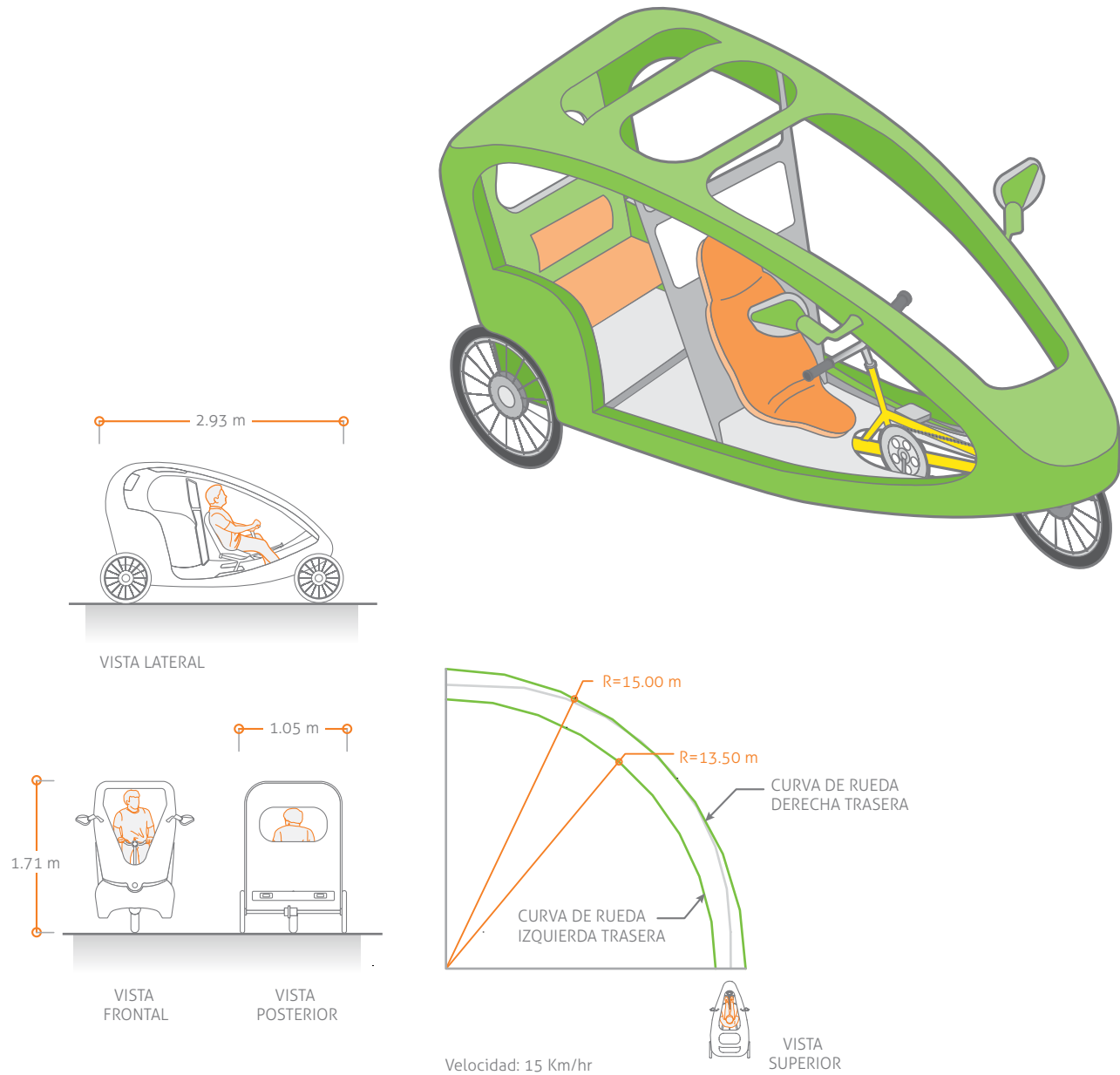
Ciclotaxi tipo integral



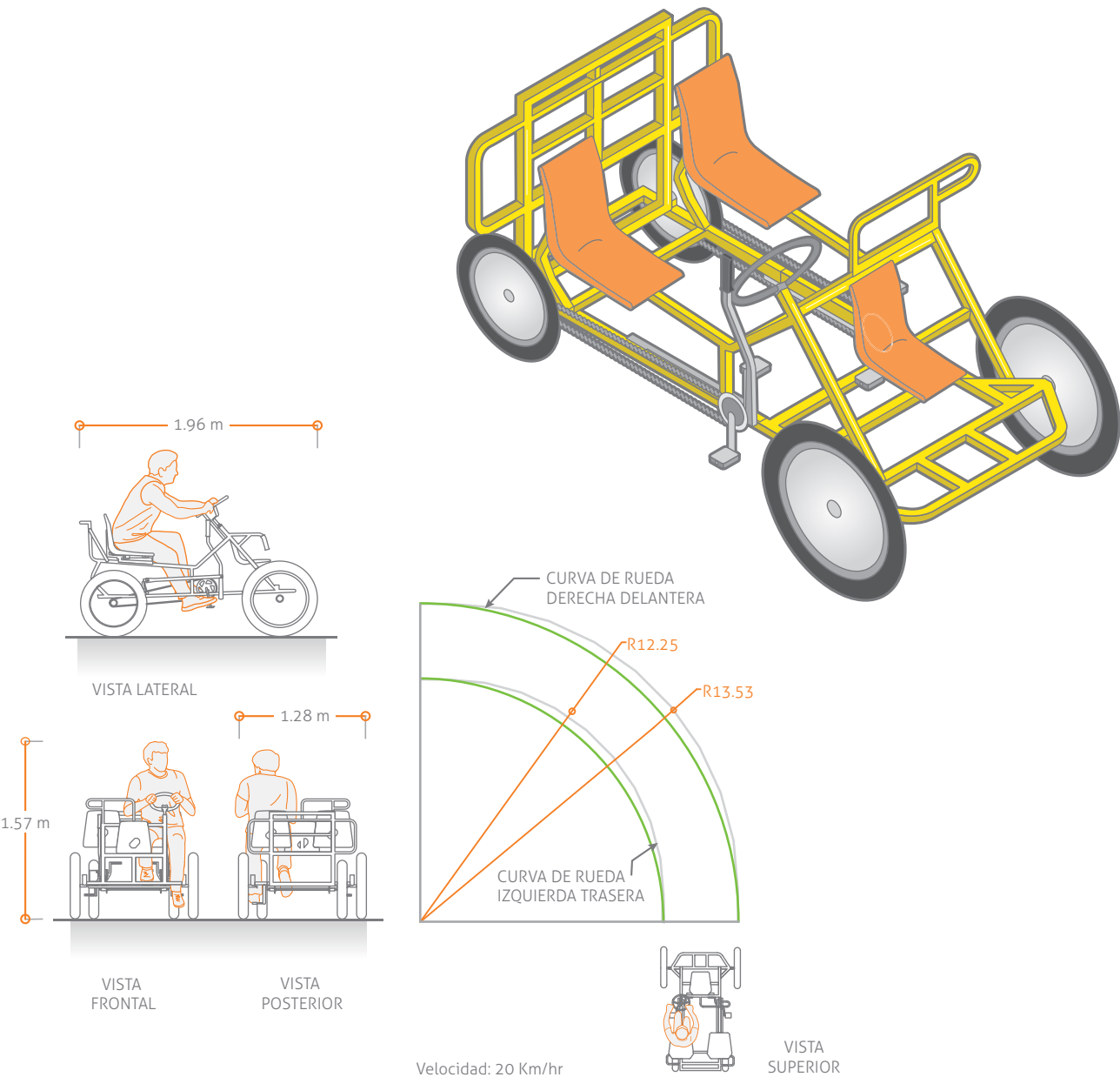
Ciclotaxi tipo remolque



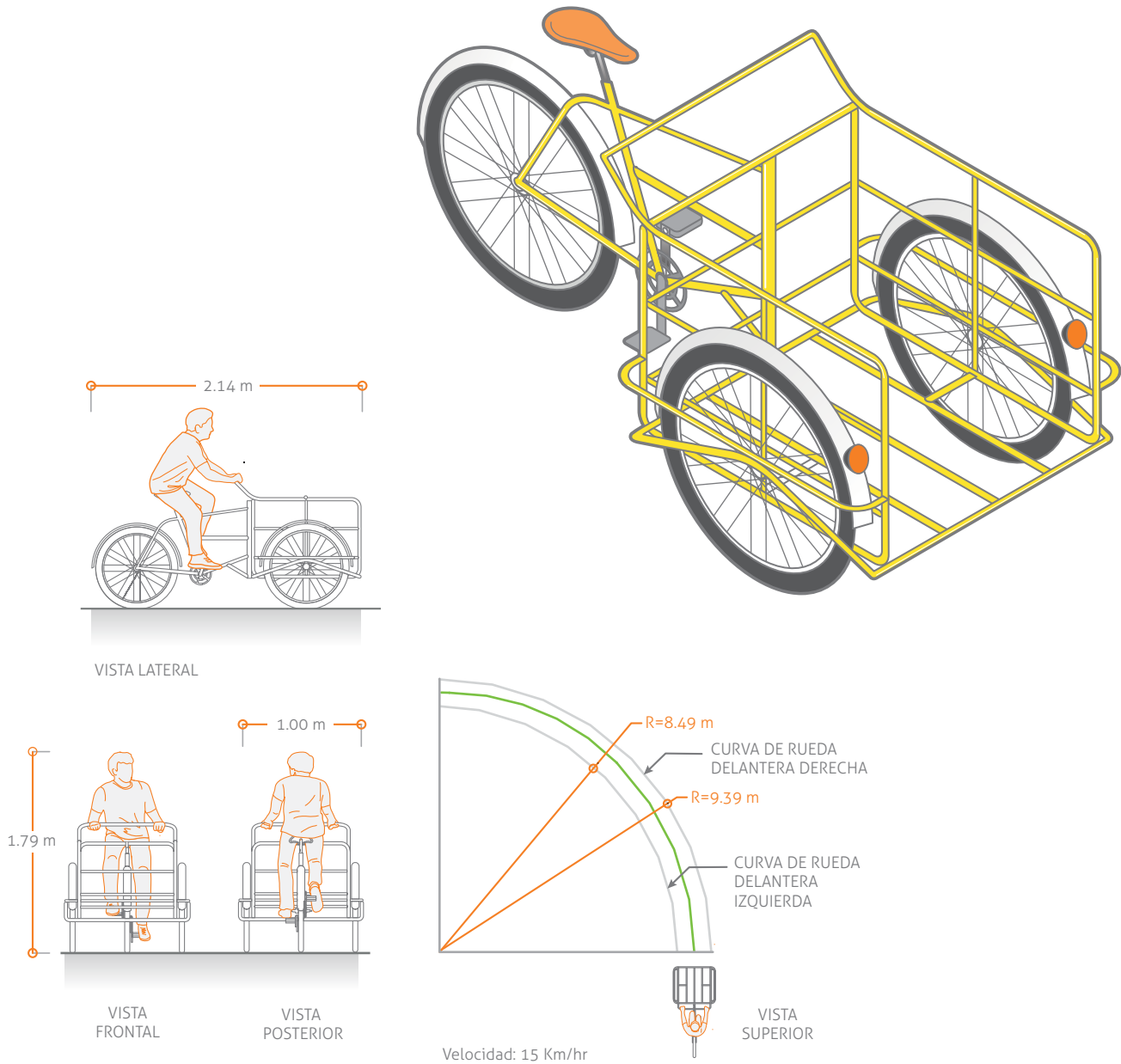
Ciclotaxi tipo ecocab



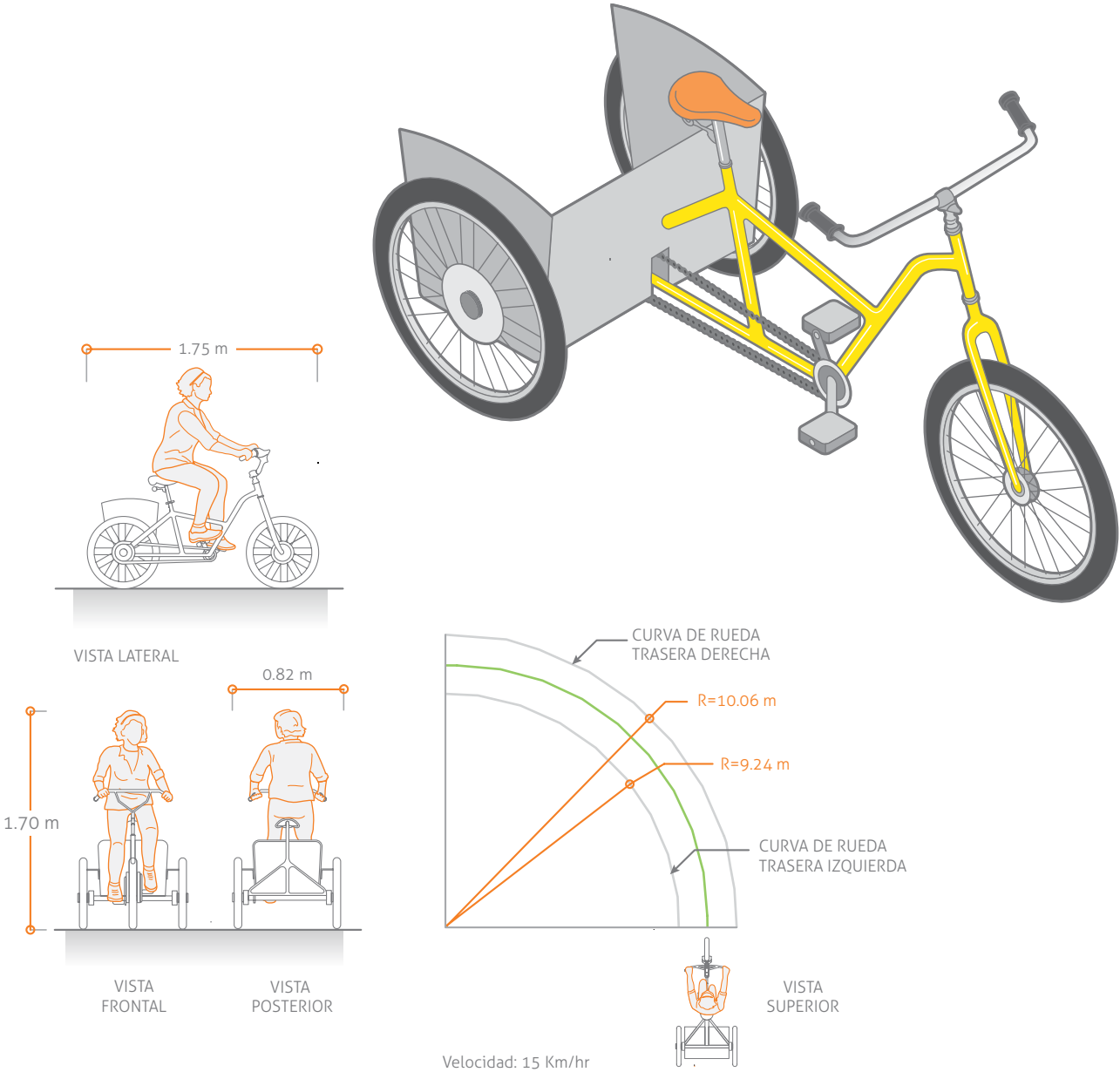
Cuadriciclo



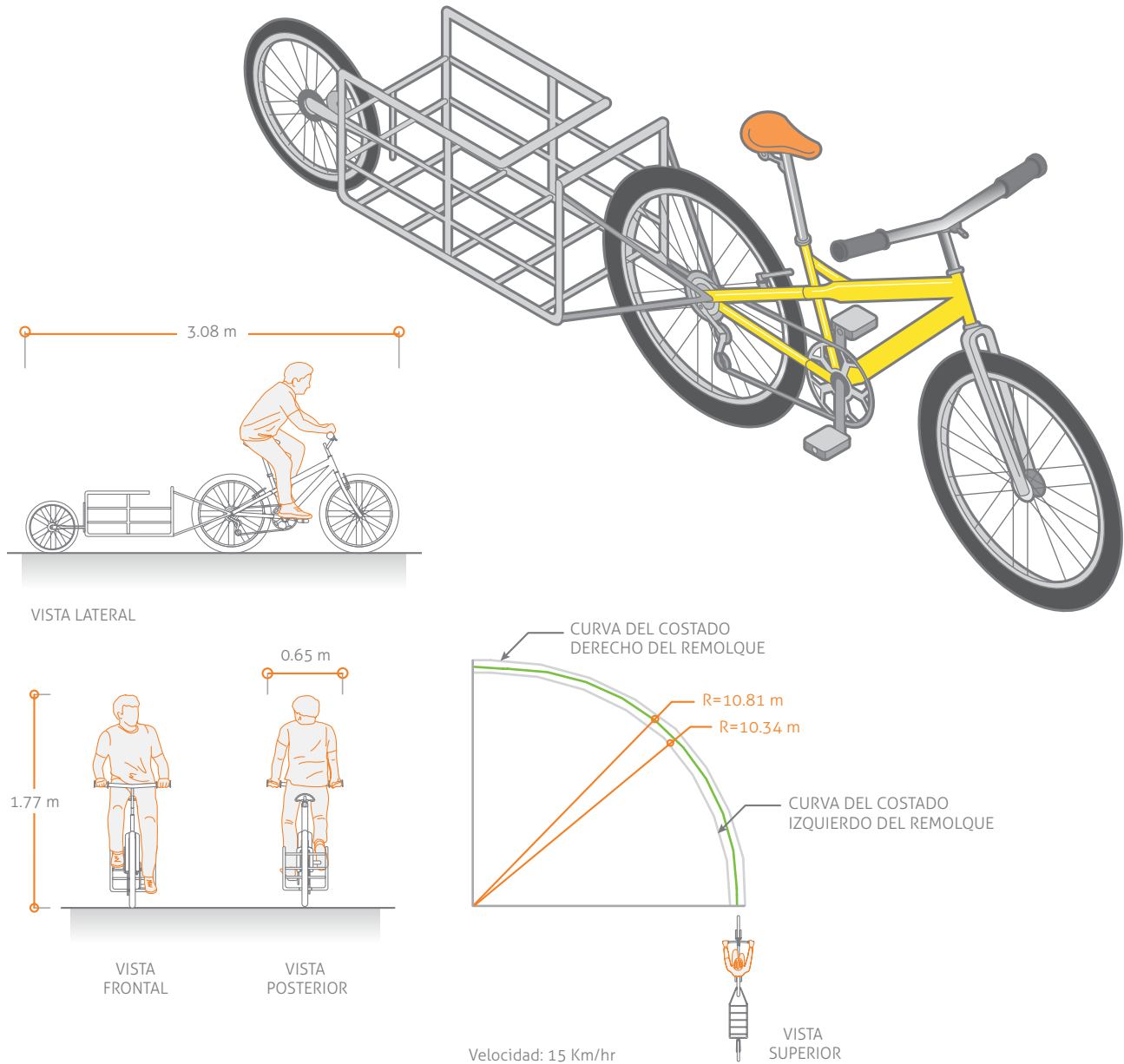
Triciclo de carga con caja frontal



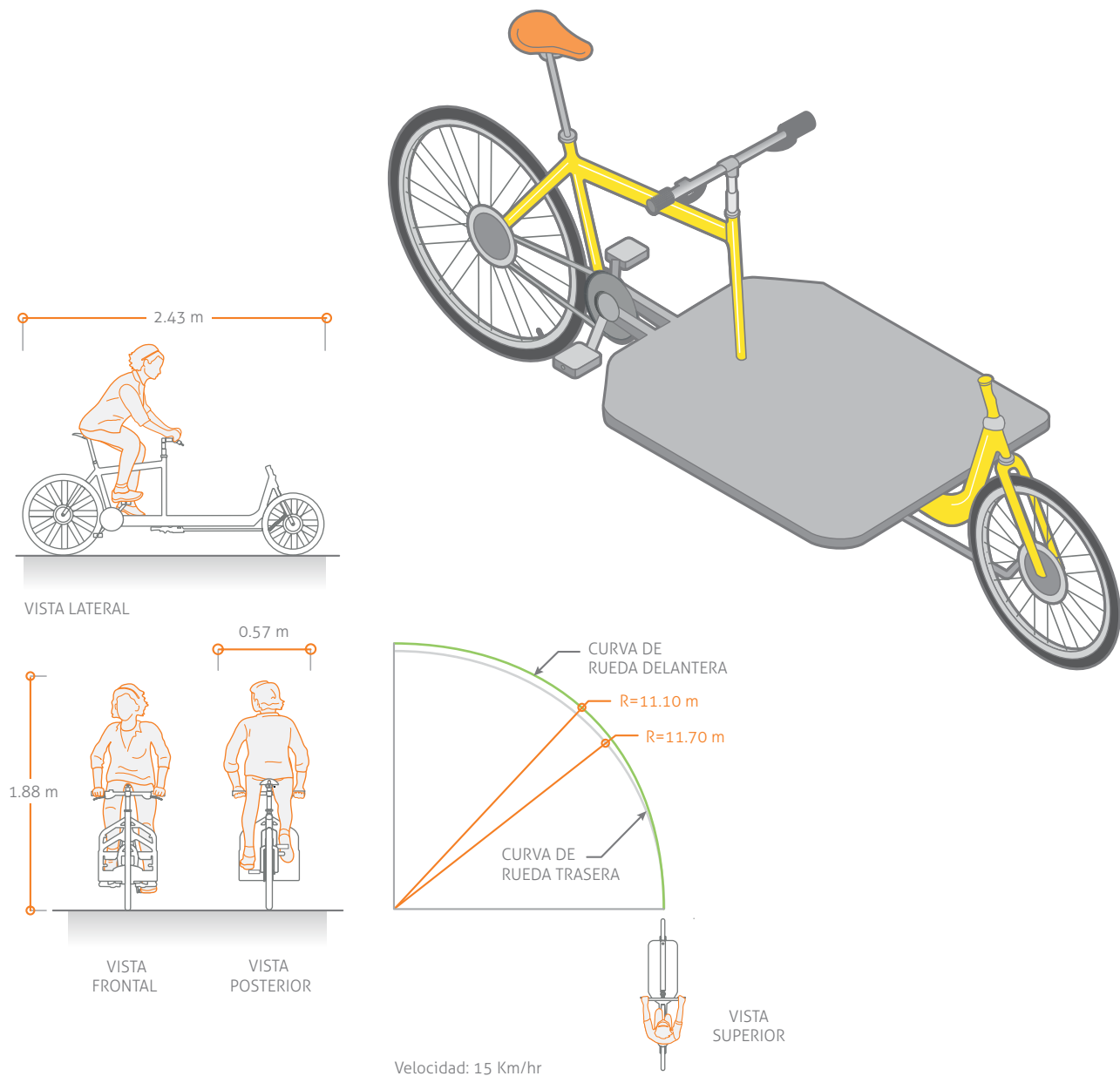
Triciclo de carga con caja trasera



Bicicleta con remolque de carga



Bicicleta con plataforma frontal



Una infraestructura ciclista que no cuenta con el espacio suficiente para todos los tipos de vehículos a tracción humana se convierte en una vía difícil de usar y en muchos casos simplemente inaccesible.



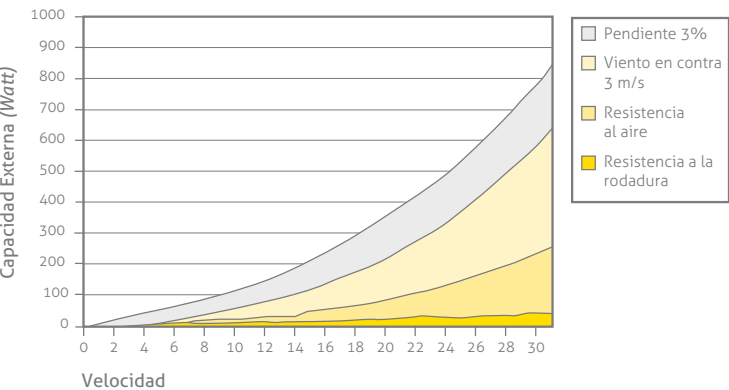
1.2.2. Velocidad y espacio de circulación

La velocidad promedio de un vehículo ciclista puede ser afectada por una gran cantidad de factores como el usuario, el vehículo y el entorno, entre otros.

Usuario	Nivel de destreza Condición física Estado de ánimo
Vehículo	Geometría Ruedas (tamaño, tipo y presión de neumáticos) Peso (vehículo, el usuario y la carga) Sistema de transmisión
Entorno	Superficie de rodadura (textura, terreno mojado) Topografía Viento Insolación Congestión

Otros elementos que afectan la velocidad ciclista tienen que ver con el diseño de la vía, como las intersecciones, los accesos a predios, los caminos angostos, los radios de giro reducidos y la visibilidad limitada.

Resistencia al pedalear



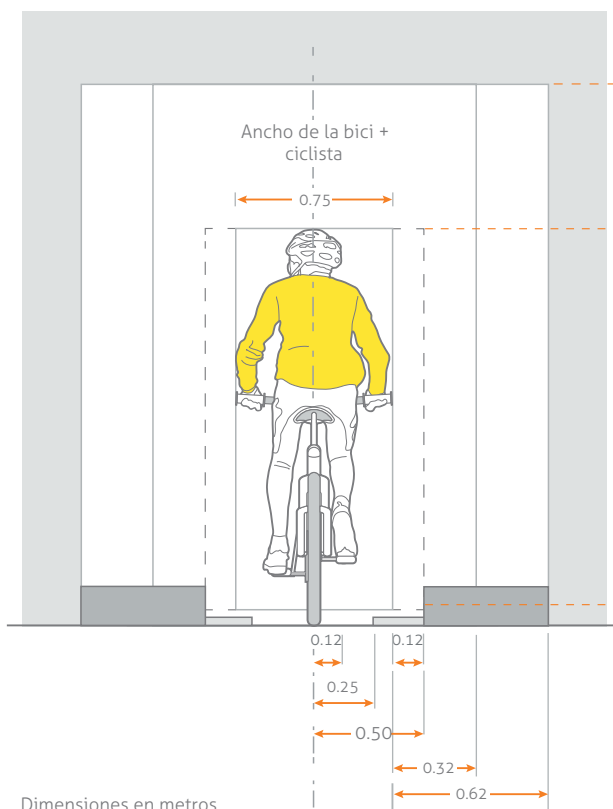
Adaptado de: CROW, 2007

En entornos urbanos que cuentan con una topografía plana, los ciclistas tienen una velocidad promedio de entre 15 y 20 Km/hr; si existen pendientes ascendentes, su velocidad puede reducirse hasta los 10 Km/hr. En cambio, si hay pendientes descendentes, los ciclistas alcanzan velocidades de hasta 40 Km/hr.

En las áreas interurbanas las condiciones son distintas, ya que el ciclista no necesita cambiar constantemente de velocidad porque los conflictos con otros usuarios de la vía son prácticamente inexistentes. La velocidad promedio puede elevarse hasta entre 25 y 30 Km/hr en terrenos planos; si existen pendientes descendentes muy prolonga-

das, y utilizando una técnica correcta para romper el viento, se pueden alcanzar velocidades mayores a 50 Km/hr.

En cuanto al espacio de circulación, se debe considerar que los ciclistas, para guardar el equilibrio, no van en trayectoria recta, especialmente los vehículos de dos ruedas. Siempre se debe tener en cuenta que el ancho de los carriles de circulación debe contar con un margen que permita realizar la maniobra con facilidad. Además, el área requerida para que los usuarios se sientan seguros y cómodos se relaciona directamente con la velocidad de cada ciclista y las de los otros vehículos; se debe dar espacio a los objetos fijos y al tránsito en general.



Se debe considerar que los ciclistas, para guardar el equilibrio, no circulan en trayectoria recta.

Espacio libre necesario para la bicicleta

Espacio para los movimientos laterales al pedalear (debido a los cambios de rumbo ocasionados por la inestabilidad, el viento, habilidad del ciclista, reacciones a golpes, etc.).

Temor a obstáculos en relación al follaje al nivel de la infraestructura ciclista o al de la guarnición inferior a los 5.00 cm.

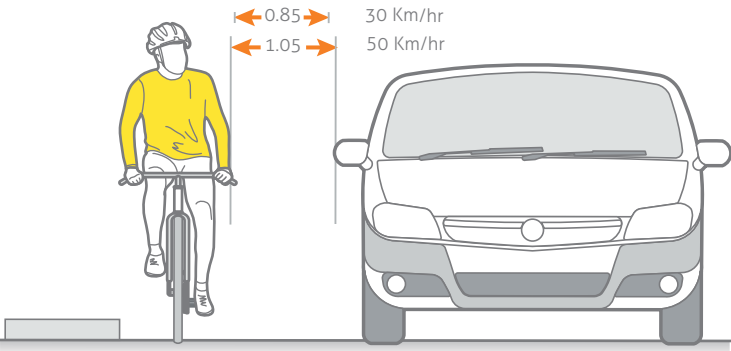
Temor a obstáculos en relación a una guarnición superior a los 5.00 cm.

Temor a obstáculos en relación a objetos fijos (luminarias, señalización, bolardos, árboles, etc.).

Temor a obstáculos en relación a bardas.

Diversos estudios realizados en Países Bajos han demostrado que si los automóviles pasan a 30 Km/hr junto a un ciclista, la distancia adecuada entre ambos debe ser de 0.85 m, mientras que si la velocidad del auto es de 50 Km/hr, la distancia se incrementa a 1.05 m.

Distancia para un rebase cómodo y seguro



1.2.3. Normas de circulación aplicables a los ciclistas

Una de las condicionantes más importantes en el diseño de infraestructura vial ciclista es que ésta cumpla con las normas generales de circulación vehicular. Esto implica el seguimiento de los siguientes conceptos:

- La bicicleta es un vehículo, por lo que el espacio de circulación debe estar dentro del arroyo vehicular y nunca en las banquetas.
- Los ciclistas deben circular en el mismo sentido que los automóviles, a menos que se instaure infraestructura específica que permita el doble sentido.
- Los vehículos de baja velocidad deben circular en la extrema derecha de la vía.
- Los conductores de vehículos motorizados deben otorgar preferencia a los ciclistas en el uso de la vía.
- El concepto de espacio compartido debe ser aplicado en las vías que no cuentan con un espacio exclusivo para la circulación ciclista.

1.3. Requisitos para una infraestructura ciclo-incluyente

La planeación y diseño de una infraestructura ciclista adecuada se basa en cinco requisitos. La infraestructura ciclista debe ser: coherente, directa, segura, cómoda y atractiva. Estos requisitos son útiles para saber cómo diseñar una nueva infraestructura y para evaluar la existente. Esto permite realizar cambios en el diseño antes de su implementación, revisar si es necesario añadir o cambiar señalamientos y simplemente mejorar las condiciones.

El diseñador de infraestructura ciclista necesita tener una comprensión básica de la conducción de la bicicleta, que se puede resumir en:

- El ciclista requiere un camino amigable en el que no pierda energía de manera innecesaria; requiere comodidad y una ruta directa.
- La bicicleta circula, por lo general, de manera serpenteada, por lo que requiere de espacio suficiente para ello. El diseño debe facilitar el equilibrio y evitar caídas; aquí se ven involucradas la seguridad y la comodidad.
- La bicicleta no tiene zona de amortiguamiento en caso de accidente, por lo que sus conductores son usuarios vulnerables. Se debe hacer todo lo posible para la prevención de accidentes. El diseño de la infraestructura debe proveer la distancia necesaria entre los ciclistas y cualquier posible obstáculo fijo o en movimiento; estos son requerimientos de seguridad.
- La mayoría de las bicicletas tienen muy poca amortiguación, por lo que los ciclistas prefieren una superficie de rodadura suave, sin obstáculos y sin rampas.
- Los ciclistas circulan al aire libre, por lo que requieren, en la medida de lo posible, protección contra el viento, la lluvia y el sol. Poder andar al aire libre es uno de los principales atractivos de este modo de transporte; la infraestructura ciclista debe ser atractiva y cómoda.
- Andar en bicicleta también es una actividad social, dos ciclistas deben poder circular juntos; las vías deben ser atractivas y cómodas para ir en grupo.

La infraestructura ciclista debe ser: coherente, directa, segura, cómoda y atractiva.





Los cinco requisitos son necesarios para la planeación y diseño de los cuatro niveles de infraestructura ciclista:

1. Red ciclista.
2. Sección de la vialidad.
3. Intersecciones.
4. Superficie de rodadura.

1.3.1. Coherencia

La coherencia es el estado de continuidad y consistencia entre las cosas. Para que una vía ciclista sea coherente, debe proveer conexiones entre los orígenes y los destinos. Sus elementos más relevantes son aquellos que definen el camino con claridad y que dan libertad para elegir entre varias rutas. Igualmente, indica la posibilidad de estacionar las bicicletas de forma segura al inicio y final del viaje.

- Coherencia en la red ciclista:
 - Conexión: todos los orígenes y destinos deben estar conectados.
 - Jerarquía de la red: las principales vías ciclistas deben coincidir con las rutas de alta demanda ciclista; gran porcentaje de los recorridos en bicicleta dentro de la ciudad deben estar cubiertos por las vías ciclistas primarias de la red.
 - Libertad de elegir entre varias rutas: por cada viaje debe haber por lo menos dos rutas equidistantes disponibles y al menos una debe ser segura por la noche.
- Consistencia: una vía ciclista es constante en calidad cuando no hay ningún cambio en el ancho de la vía ni en los materiales con los que está hecho el pavimento.

- Identificación de rutas: la señalización debe lograr que los ciclistas encuentren fácilmente su camino.
- Consistencia de calidad: las intersecciones similares deben ser diseñadas de la misma manera.
- Coherencia en la superficie de rodadura:
 - Consistencia de calidad: el número de cambios en el pavimento debe ser limitado.
 - Continuidad: el tipo y color de la superficie marca la continuidad de la ruta ciclista dentro de la red.



La infraestructura ciclista debe trazar una ruta lo más directa posible y las demoras en las intersecciones deben ser cortas.

1.3.2. Rutas directas

Todos los factores que influyen en el tiempo de viaje son parte del concepto de rutas directas; la infraestructura ciclista debe trazar una ruta lo más directa posible y las demoras en las intersecciones deben ser cortas. Proveer rutas directas es muy importante, ya que se ha comprobado que los ciclistas tienen poca tolerancia ante las desviaciones y retrasos, y que siempre buscan acortar el tiempo de trayecto.

Rutas directas en la red ciclista

- Distancia de desvío: la distancia del recorrido debe ser lo más recta posible. De preferencia, todas las calles deben ser de doble sentido para ciclistas y las calles sin salida para autos deben tener accesos directos para ciclistas y peatones. La red ciclista se construye en forma de malla, por lo que idealmente el usuario siempre debe tener una vía ciclista cercana.

Rutas directas en la sección de la calle

- Velocidad de los flujos: el ancho y la alineación de la vía deben permitir una velocidad adecuada, por ejemplo 30 Km/hr en rutas primarias.
- Retrasos: el diseño no debe causar demoras a los ciclistas, no debe haber curvas innecesarias y el rebase debe ser fácil, sin necesidad de frenar.



Rutas directas en intersecciones

- Velocidad de los flujos: las bicicletas deben poder mantener su velocidad al cruzar intersecciones; esto requiere que los ciclistas tengan un amplio campo de visión, que estén libres de obstáculos o rampas que los obliguen a bajar la velocidad y que no haya curvas innecesarias antes o después de la intersección.
- Retrasos: el tiempo de espera de los ciclistas en intersecciones, con o sin semáforo, debe ser mínimo. Se deben acortar las distancias de cruce para que el tiempo de espera en los semáforos sea corto. Los ciclistas circulando en vialidades primarias deben tener preferencia sobre los vehículos que den vuelta.



Rutas directas en la superficie de rodadura

- Velocidades de los flujos: el estado del pavimento no debe ser un factor que reduzca la velocidad de los ciclistas. El ancho efectivo de la vía y la velocidad de los ciclistas deben encontrarse libres de obstáculos.

1.3.3. Seguridad

Los ciclistas son vulnerables por que comparten el mismo espacio que los vehículos motorizados, con una diferencia de velocidad y masa. Adicionalmente, las bicicletas no tienen carrocería o áreas de amortiguamiento en caso de accidente.

El diseño de infraestructura ciclista no puede influir demasiado en esta vulnerabilidad inherente, pero sí puede mejorar las condiciones de circulación. La clave está en evitar los encuentros con tránsito motorizado de alta velocidad, ya sea disminuyendo la velocidad de los autos o creando una separación física y/o espacial. Este requisito es de suma importancia dadas las cifras de accidentes; las ciudades con intersecciones conflictivas muestran una mayor tendencia a los accidentes ciclistas.

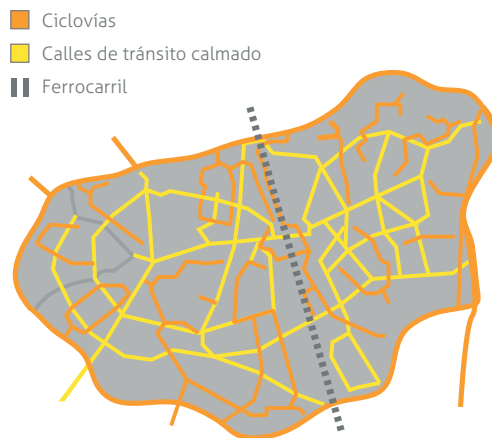
En todos los niveles y aspectos, la seguridad es muy relevante y puede influir de diversas maneras. Hay una serie de medidas para cumplir con este requisito:

- Crear zonas de tránsito calmado (con restricciones de velocidad de 30 Km/hr).
- Evitar viajes a través de caminos relativamente peligrosos.
- Asegurarse que las rutas más cortas también sean las más seguras.
- Separar a los ciclistas de los vehículos motorizados cuando la diferencia de velocidad sea muy elevada.
- Reducir la velocidad de los automóviles en lugares de posible conflicto.

Los diseñadores deben crear excelentes condiciones de perceptibilidad; los ciclistas son más vulnerables en la lluvia o en la oscuridad, por lo que una buena visibilidad es esencial.

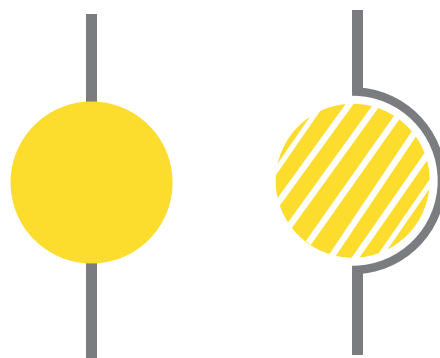
Seguridad en la red ciclista

- Posibilidad de encuentro con tránsito motorizado: los puntos de conflicto con el tránsito motorizado deben ser los menos posibles, evitando los flujos densos de movilidad a gran velocidad. Por ejemplo, se puede desviar el tránsito pesado alrededor de los centros históricos o de las áreas residenciales.



En el pequeño poblado holandés de Houten, que cuenta con una excepcional seguridad en sus vialidades, se conduce al tránsito motorizado de un distrito a otro a través de anillos que rodean las zonas residenciales (líneas amarillas), convertidas a su vez en zonas de tránsito calmado. Esto evita los caminos con mucho tránsito y disminuye el número de intersecciones conflictivas dentro de la ciudad, evitando así las situaciones peligrosas para los ciclistas. La red de infraestructura ciclista es a través de rutas directas (líneas anaranjadas).

Figura 6. Desvío del tránsito pesado



Se elimina la ruta de tránsito pesado por el centro de la ciudad y se mueve a la periferia, así el centro queda para los ciclistas y automóviles.



Seguridad en la sección de la vialidad

- Visibilidad para los ciclistas: la superficie de rodadura, las banquetas y las marcas en el pavimento deben ser perfectamente visibles y estar muy bien iluminadas.
- Visibilidad para los conductores de vehículos motorizados: si hay posibilidad de conflicto entre el tránsito ciclista y el motorizado, los ciclistas siempre deben ser visibles para los automovilistas y debe existir el contacto cara a cara.
- Convivencia entre ciclistas y conductores de vehículos motorizados: todos los problemas potenciales entre los ciclistas y el tránsito motorizado deben ser minimizados. Conforme mayor sea el flujo de vehículos automotores, la segregación requerida entre bicicletas y automóviles también debe aumentar. La infraestructura debe ser lo suficientemente ancha para permitir que los rebases y los movimientos evasivos sean seguros.

Seguridad en las intersecciones

- Convivencia entre ciclistas y conductores de vehículos motorizados: el número de conflictos y de accidentes se puede disminuir al reducir el área de cruce mediante el contacto cara a cara, la reducción de tiempos de espera, segregación cuando hay diferencia de velocidades, eliminación de vueltas continuas a la derecha y establecimiento de suficiente espacio para rebase y maniobras de desvío.

- Visibilidad para los conductores de vehículos motorizados: si existe la posibilidad de conflicto entre tránsito motorizado y ciclistas, los segundos deben ser completamente visibles y tener siempre la preferencia.

Seguridad en la superficie de rodadura

- Posibilidad de encuentro entre ciclistas y vehículos motorizados: la superficie de una ciclovía o un ciclocarril debe ser tan lisa como la que está destinada para el tránsito motorizado.
- La complejidad de andar en bicicleta: el estado del pavimento debe facilitar la movilidad del ciclista, nunca distraerlo ni forzarlo a hacer maniobras peligrosas. También debe permitir la adherencia de las llantas, incluso si llueve.

1.3.4. Comodidad

Que el viaje en bicicleta sea una experiencia placentera y cómoda ayuda a alentar su uso; factores como cuellos de botella, deficiencias en la infraestructura ciclista, un pavimento disparejo, un ancho insuficiente o la falta de segregación con el tránsito motorizado pueden representar un esfuerzo incómodo, desagradable y desmotivador para los ciclistas. Por eso, pavimentos adecuados y la minimización de paradas y posibles conflictos con otros usuarios deben ser las acciones primordiales.

Comodidad en la sección de la calle

- Obstáculos del tránsito: el diseño de la infraestructura ciclista debe evitar al máximo los obstáculos ocasionados por el resto del tránsito, ya sea estacionados o en movimiento; ser lo suficientemente ancha para

permitir un rebase cómodo entre ciclistas; proveer suficiente segregación con el tránsito motorizado; e impedir que vehículos motorizados se encuentren en la vía ciclista.

- Obstáculos del clima: es necesario limitar los obstáculos que podría provocar el clima. La vegetación puede funcionar como protección contra los rayos del sol, sobre todo en zonas cálidas, y se debe evitar el agua de lluvia estancada.
- Alineación vertical: el recorrido de la vía debe ser tan plano como el de los vehículos motorizados, evitando las rampas, los puentes y los pasos a desnivel para los ciclistas.



Comodidad en las intersecciones

- Superficie lisa: el número de transiciones en el pavimento debe ser mínimo y se deben evitar los diseños con rampas o cualquier tipo de obstáculos.

Comodidad en la superficie de rodadura

- Superficie lisa: la superficie no debe ocasionar vibraciones y debe tener un bajo coeficiente de fricción.
- Conflictos con otros usuarios: el estado del pavimento no debe obligar a los ciclistas a cambiar su curso, ya que se pueden crear posibles conflictos con otros usuarios.
- Acumulación de agua: la superficie debe evitar la acumulación de agua estancada.

1.3.5. Rutas atractivas

Tener como objetivo que la infraestructura ciclista sea atractiva es una cuestión subjetiva, especialmente porque cada quien tiene una perspectiva distinta. Así que lo ideal es escuchar las diferentes experiencias de los ciclistas para poder proveer lo que la mayoría busca. En general, para que sea atractiva debe tener un ambiente seguro y amable, el cual se refiere a la estética de la arquitectura y a un entorno natural agradable. Incluso trazar las rutas principales a través de zonas con mucha circulación de gente y con suficiente iluminación minimiza la inseguridad.

Lo atractivo en la red ciclista

- Calidad ambiental: se debe seleccionar una ruta que sea atractiva para los ciclistas, que pase por áreas verdes y con paisajes agradables; que esté en áreas vivas de la ciudad, que sea silenciosa y en donde se respire un aire lo menos contaminado posible.
- Seguridad urbana: se deben trazar las rutas por áreas seguras y que tengan flujo de gente constante.

Lo atractivo en la sección de la calle

- Calidad ambiental: las vías ciclistas deben estar correctamente diseñadas y llenas de vida. El proyecto debe incluir un buen arbolado y mobiliario urbano funcional y estético.
- Seguridad urbana: la infraestructura ciclista debe ser visible para los demás usuarios de la vía y estar bien iluminada. No debe haber muros o arbustos que puedan servir como refugio para delincuentes potenciales.

Lo atractivo en la superficie de rodadura

- Calidad estética: la apariencia del pavimento debe ir de acuerdo con los alrededores.



1.3.6. Relación entre los cinco requisitos

La planeación y el diseño de la infraestructura ciclista siempre debe considerar tanto las necesidades de los usuarios como las características específicas del sitio, y los responsables deben saber cómo combinarlas.

Por ejemplo, una ruta utilizada constantemente por niños que van a la escuela necesita ser más segura y atractiva, sacrificando tal vez lo directo o lo cómodo; en el caso de una ruta que es utilizada en su mayoría por usuarios que recorren largas distancias, ésta necesita ser más directa aunque sacrifique un poco la seguridad. Se debe tomar en cuenta que lo que es seguro para un ciclista de 30 años no necesariamente es igual para un ciclista de 8 años.

Los cinco requisitos tienen el mismo grado de importancia, lo que significa que no se debe construir una infraestructura ciclista muy atractiva pero indirecta o cómoda pero insegura.

Al crear relaciones entre los cinco requisitos, es posible comprender más claramente cada uno de ellos:

Rutas directas y seguras

En una red ciclista bien diseñada, la ruta más corta es la más segura (esto incrementa la posibilidad de que se tome la ruta más segura).

- Desvíos: frecuentemente la infraestructura se diseña pensando en la seguridad pero no se considera la dirección de la vía, la infraestructura ya existente ni los desvíos que esto puede generar; por ejemplo, los pasos a desnivel ciclistas en donde el tránsito motorizado pasa a nivel. Para los ciclistas esta situación implica escoger una ruta más directa pero menos segura o una ruta más segura pero menos directa; en la mayoría de los casos los ciclistas sacrifican la seguridad y eligen la ruta más directa. Una forma extrema de desvío son las vías de un solo sentido, ya que los ciclistas prefieren la ruta más corta; estos sistemas provocan que vayan en sentido contrario de manera ilegal. Una solución puede ser proveer infraestructura ciclista en contraflujo, pero si la calle tiene más de un carril habrá problemas en las intersecciones. La mejor solución es convertir calles de un sentido en calles de doble sentido.



Sin duda, cumplir con los cinco requisitos es la mejor manera de proveer infraestructura ciclista apropiada para todos los ciclistas.



Retrasos

Gran parte de los retrasos ocurren en las intersecciones. Las rutas ciclistas deben estar diseñadas para que pasen por la menor cantidad de cruces, siempre otorgando preferencia a los ciclistas, sobre todo en las intersecciones con semáforo. Si los ciclistas deben esperar demasiado en un semáforo, probablemente seguirán su camino sin esperar a que cambie a verde, aún con todas las implicaciones negativas que esto representa en cuanto a su seguridad; siempre preferirán la ruta más directa.

Comodidad y seguridad

Idealmente, la ruta más segura es la más cómoda; sin embargo, en la práctica, los ciclocarriles y las ciclovías son incómodos para algunos, sobre todo si el pavimento es inadecuado y los señalamientos insuficientes. Si la superficie de rodadura de los automóviles está en mejores condiciones que la infraestructura para bicicletas, los ciclistas preferirán compartir el espacio con los autos con tal de tener mayor comodidad; los ciclistas sacrifican su seguridad por la comodidad.

Rutas directas y atractivas

Algunas veces la ruta más directa es también la más atractiva, por ejemplo cuando se atraviesa un parque. Sin embargo, frecuentemente la ruta más directa es la que está

en las vialidades primarias de la ciudad, que están muy contaminadas; el diseño debe proporcionar elementos para hacer las rutas más atractivas. También hay ciclistas que sacrifican lo directo de su ruta por caminos más atractivos (sobre todo los que usan la bicicleta como elemento de recreación), considerando que su trayecto debe ser una experiencia agradable, por lo que prefieren este tipo de rutas.

La mejor forma de comprobar la existencia de los cinco requisitos es a través de la observación o andando en bicicleta.

Es necesario comprender que los cinco requisitos para la infraestructura ciclo-incluyente proveen el conjunto ideal de elementos para asegurar que el diseño y la construcción de las vías ciclistas se haga de acuerdo con las necesidades de los usuarios. Cualquier proyecto debe revisarse bajo el criterio de cada uno de estos requerimientos antes de ser implementado. Aún después de construida, se pueden utilizar los cinco requisitos para comprobar que se trata de una infraestructura ciclo-incluyente.





2. PROYECTO GEOMÉTRICO

Desde que se creó la bicicleta, inició el diseño y la construcción de vías especiales para su circulación. Estas vías, como las de todos los demás vehículos terrestres, deben cumplir con ciertos requisitos de diseño geométrico que aseguren su correcto funcionamiento.

En un proyecto de construcción o de mejoramiento de infraestructura vial ciclista, el diseño geométrico es la parte más importante. Éste determina su configuración tridimensional: la ubicación, la forma y las dimensiones de todos los elementos de la vía.

La infraestructura ciclista debe trazar una ruta lo más directa posible y las demoras en las intersecciones deben ser cortas.

2.1. Conceptos básicos

La funcionalidad del diseño geométrico está determinada por las características del espacio que se va a proyectar: la topografía, el tipo de suelo y el tránsito.

Un buen diseño geométrico debe considerar las siguientes características:

- Seguridad. Es necesario un trazo adecuado, materiales y obra inducida que garanticen la integridad de los usuarios. La seguridad debe ser la premisa básica en el proceso de diseño.
- Comodidad. El desplazamiento debe evitar tanto una conducción tediosa como un constante estado de alerta. La comodidad está asociada con un trazo adecuado, la calidad de la superficie de rodadura y los servicios en la vía, entre otros factores.
- Estética. La obra final tiene dos puntos de vista: el exterior o estático, relacionado con la adaptación paisajística, y el interior o dinámico, vinculado con la comodidad visual del ciclista ante las perspectivas cambiantes que podrían provocar fatiga o distracción.
- Economía. Se debe buscar el menor costo posible de la ejecución de la obra, la operación y el mantenimiento, sin que esto disminuya la calidad de la infraestructura, ya que la calidad está relacionada con la seguridad de los ciclistas.
- Flexibilidad. El diseño debe ser lo suficientemente adaptable y prever posibles ampliaciones futuras.
- Integración. Se deben minimizar los impactos ambientales al dar lugar a la mayor adaptación física posible a la topografía existente, siempre sin detrimento de la capacidad de pedaleo de los ciclistas.

2.1.1. Proceso de diseño

Para lograr una solución integral de la propuesta, se deben seguir los cuatro pasos del procedimiento de diseño:

- El diseño conceptual se debe hacer en escala amplia para identificar la forma general de la vía y estimar el costo global.
- El diseño funcional se debe hacer en escala media para identificar la forma en que las propiedades y los servicios públicos afectan la propuesta del trazo, buscando refinar las estimaciones de costo.
- El diseño preliminar se debe hacer en escala pequeña para proporcionar una detallada representación gráfica del trazo de la vía.
- El diseño final se debe hacer en una escala similar para proveer una geometría coordinada de la sección transversal y del alineamiento, así como la estimación final de costo y los esquemas de construcción.

2.1.2. Elementos del proyecto geométrico

Los elementos de un proyecto geométrico son:

- Alineamiento vertical (altimetría): es la proyección del desarrollo del centro de línea de una vía terrestre sobre un plano vertical. Está compuesta por tangentes y curvas verticales.
- Alineamiento horizontal (planimetría): es la proyección del centro de la línea de una obra vial sobre un plano horizontal. Se compone de tangentes y curvas horizontales.
- Sección transversal: es un corte con respecto a un plano vertical y normal al centro de línea en el alineamiento horizontal. Permite observar la disposición y las dimensiones de los elementos.

Adicionalmente, en el diseño de una vía ciclista el proyectista siempre debe tener presente la necesidad de pacificar el tránsito y una solución para las intersecciones a nivel y desnivel.

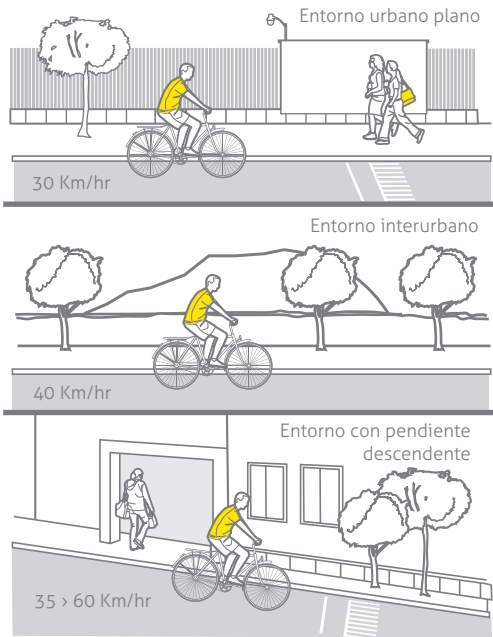


2.2. Consideración de la velocidad en el diseño

La velocidad para la cual se diseña la infraestructura ciclista es de vital importancia, ya que determina el radio y el peralte de las curvas y las distancias mínimas de visibilidad, además de que es crucial para establecer el ancho de la vía.

En entornos urbanos planos, una velocidad de diseño de 30 Km/hr proporciona un margen de seguridad adecuado para un ciclista que viaja a una velocidad promedio de 20 Km/hr. En entornos interurbanos planos, es aconsejable que la velocidad de diseño sea de 40 Km/hr. En descensos, si la pendiente es pronunciada, la velocidad de diseño debe acrecentarse para que el ciclista pueda aumentar su velocidad sin afectar su nivel de seguridad.

La siguiente tabla muestra la variación de la velocidad con la longitud y la pendiente.



Velocidad de diseño en función de la pendiente de descenso			
Pendiente (%)	Longitud (metros)		
	25 a 75	75 a 150	>150
3 a 5	35 Km/hr	40 Km/hr	45 Km/hr
6 a 8	40 Km/hr	50 Km/hr	55 Km/hr
9	45 Km/hr	55 Km/hr	60 Km/hr
Adaptado de: Vélo Quebec, 2003.			

En términos prácticos, la velocidad de diseño establece el ancho de los carriles ciclistas. Para entornos urbanos, se puede optar por las dimensiones mínimas. Sin embargo, en descensos los ciclistas deben

contar con un espacio adicional para hacer correcciones en su trayectoria. De la misma forma, al ascender una pendiente, el ciclista necesita más espacio para circular en zigzag y mantener su balance. Es decir, las vías ciclistas necesitan un sobreancho en zonas con pendientes, especialmente si son bidireccionales.

La siguiente tabla detalla el sobreancho requerido en la vía, dependiendo de la pendiente y la longitud.

Sobreancho de vía			
Pendiente [%]		Longitud [metros]	
		25 a 75	75 a 150 >150
>3 y ≤5			0.20 m 0.30 m Km/hr
>6 y ≤9	0.20 m	0.30 m	0.40 m Km/hr
>9	0.30 m	0.40 m	0.50 m
Adaptado de: Vélo Quebec, 2003.			

En pendientes mayores al 9% se recomienda aumentar el ancho de la vía 0.60 m para permitir que los ciclistas menos experimentados puedan desmontar su bicicleta y continuar el trayecto a pie.

2.3. Pendientes

En referencia a las pendientes, al diseñar una vía ciclista hay dos aspectos a considerar:

- 1. El esfuerzo para ascender.
- 2. La seguridad en los descensos.

Al cumplir con los parámetros de pendientes en los ascensos, el ciclista no tiene que reducir la velocidad repentinamente, sobre todo si

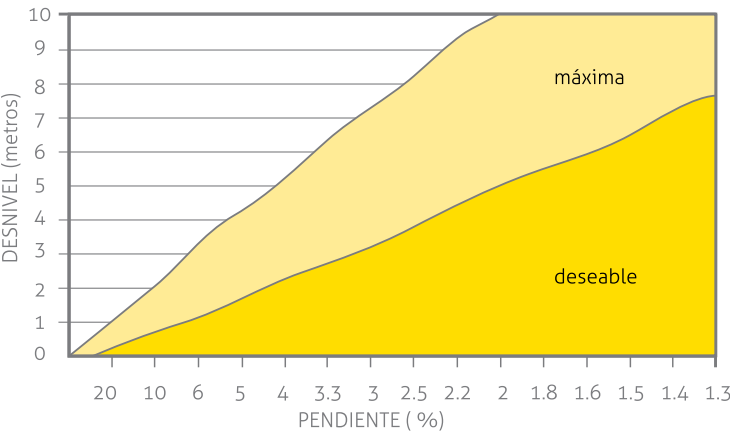
la pendiente se encuentra en una intersección; en los descensos, evita un desgaste inadecuado de los frenos o la pérdida de control de la bicicleta por parte del ciclista. Las pendientes máximas y deseables están calculadas en función del desnivel a superar.

Ejemplo de aplicación de pendientes máximas

Desnivel que se debe superar (%)	Pendientes	
	Deseable (%)	Máxima (%)
2	5.00	10.00
4	2.50	5.00
6	1.70	3.30

Adaptado de: Instituto de Desarrollo Urbano, 1999.

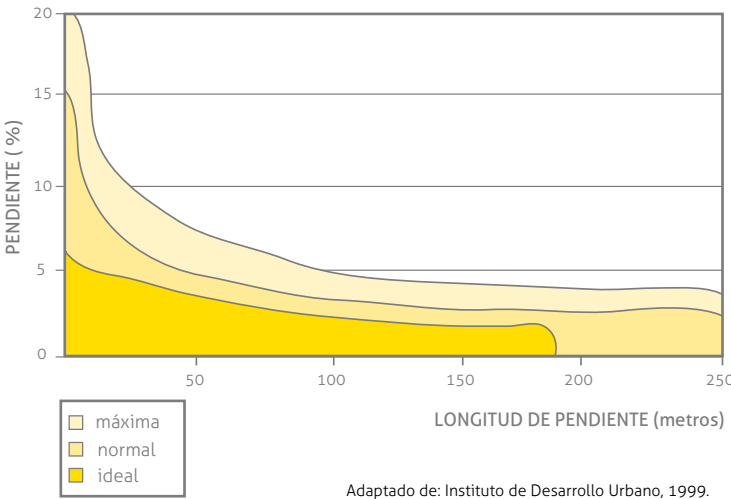
Es recomendable que cada cambio de inclinación esté precedido por un tramo de vía que permita al ciclista acelerar antes de empezar a ascender.



Adaptado de: Instituto de Desarrollo Urbano, 1999.

Con respecto a la longitud de la pendiente, los desniveles inferiores al 3% no causan mayor problema en la circulación ciclista, por lo que pueden existir tramos largos con esta inclinación. En cambio, se deben evitar lo más posible las pendientes mayores al 6%, ya que pueden causar fatiga.

Pendiente aceptable en función de la longitud



De forma general, se pueden manejar las siguientes restricciones en cuanto a las pendientes y su longitud:

Pendientes máximas	
3-6%	hasta 500 m
6%	hasta 240 m
7%	hasta 120 m
8%	hasta 90 m
9%	hasta 60 m
10%	hasta 30 m
11-20%	hasta 15 m

2.4. Peraltes y radios de curvatura

De acuerdo a su geometría, los vehículos ciclistas generan diferentes radios al dar la vuelta. Además, la pericia del ciclista y la velocidad se combinan para lograr un giro adecuado. Independientemente de las características de conducción, el diseño de la vía ciclista debe evitar que la velocidad tenga que reducirse en las curvas y que afecte la sensación de seguridad y comodidad.

Al ser afectadas por la fuerza centrífuga, las bicicletas tienden a desviarse de su trayectoria cuando realizan un giro. Para evitar este fenómeno se debe elevar la parte exterior de la curva, llamada peralte. Este factor tiene un valor máximo de 12%, ya que los ciclistas pueden llegar a percibir incomodidad por la inclinación. En el caso de una vía bidireccional, con curvas en pendientes mayores al 4%, el peralte no debe exceder un 8% para facilitar el ascenso de los ciclistas.

Otra forma de contrarrestar la fuerza centrífuga es inclinando la bicicleta al dar la vuelta. Los ciclistas tienden a ladearse entre 15 y 20°, pero si se pedalea en una curva muy cerrada la inclinación puede alcanzar un ángulo de 25° y provocar que el pedal pegue en el pavimento.

Con cualquier ángulo de inclinación y asumiendo que el ciclista va sentado con la espalda recta, una simple ecuación puede determinar el radio mínimo de una curva:

$$R = \frac{0.0079 V^2}{\tan \Theta}$$

Donde:
R= Radio de la curva
V= Velocidad de diseño
Θ= Ángulo de inclinación

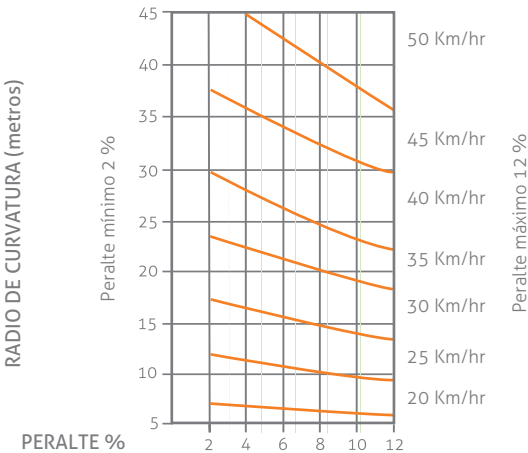
Sin embargo, cuando el ángulo de inclinación se aproxima a los 20°, el radio mínimo de la curva se convierte en una función del peralte, de la velocidad y del coeficiente de fricción de las ruedas con la superficie de rodadura. En estos casos, el radio mínimo se calcula con la fórmula:

$$R = \frac{V^2}{127 (e + f)}$$

Donde:
R= Radio de la curva (m)
V= Velocidad de diseño (Km/hr)
e= Peralte
f= Coeficiente de fricción

Un coeficiente de fricción de 0.40 se asigna a superficies duras, asumiendo que el ciclista se inclinará en un máximo de 20° de la vertical.

En la siguiente gráfica se muestran los radios mínimos de curvatura en función del peralte y de la velocidad de diseño:



Adaptado de: Instituto de Desarrollo Urbano, 1999.

Para superficies fabricadas con materiales sueltos, por ejemplo la arcilla, el coeficiente de fricción debe reducirse a la mitad cuando se calcula el radio de la curva.

La siguiente tabla muestra los radios de curvatura en función de la velocidad de diseño, el peralte y el tipo de superficie:

Radios de curvatura en función de la velocidad de diseño			
Velocidad de diseño	Peralte 2%	Peralte 12%	Superficies destapadas Peralte 2%
20 Km/hr	7.50 m	6.10 m	14.30 m
25 Km/hr	11.70 m	9.50 m	22.40 m
30 Km/hr	16.90 m	13.60 m	32.20 m
35 Km/hr	23.00 m	18.50 m	43.80 m
40 Km/hr	30.00 m	24.20 m	57.30 m
50 Km/hr	46.90 m	37.90 m	89.50 m
60 Km/hr	67.50 m	54.50 m	128.80 m
Adaptado de: Vélo Quebec, 2003.			

En cambio, cuando un ciclista toma una curva estrecha, éste se inclina al entrar, aumentando así el riesgo de colisión; por eso, la vía debe ser más ancha en el interior de la curva. Este sobreancho es una función del radio de la curva.

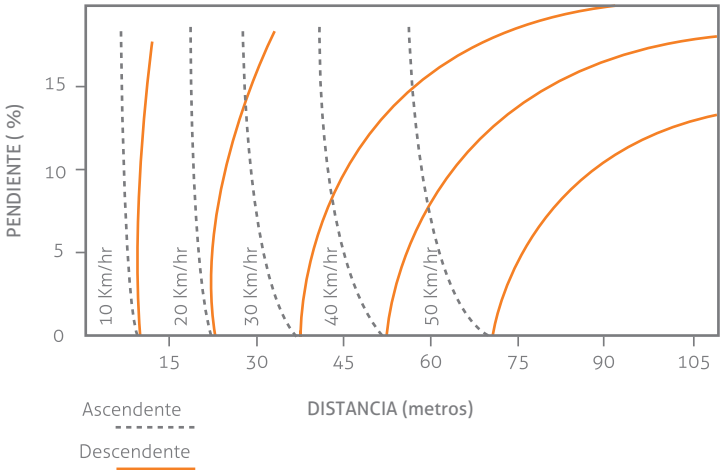
Por último, es necesario recordar que los datos mencionados están basados en la circulación de bicicletas. Sin embargo, en ciudades mexicanas existe una gran diversidad de vehículos ciclistas, por lo que se debe considerar la gran variedad para la dimensión de los carriles ciclistas y los radios de giro.

Sobreancho en el interior de la curva	
Radio de curvatura	Sobreancho requerido (Pendiente entre 0% y 3%)
24 a 32 m	0.25 m
16 a 24 m	0.50 m
8 a 16 m	0.75 m
0 a 8 m	1.00 m
Adaptado de: Vélo Quebec, 2003.	

2.5. Distancia de visibilidad

Un factor extremadamente importante a considerar al diseñar la infraestructura ciclista es la distancia para frenar con seguridad, la cual se determina a partir del momento en que el usuario descubre un obstáculo en su trayectoria y sigue hasta el punto en el que logra estar totalmente detenido. En otras palabras, la distancia de parada o frenado se define en función de la distancia de visibilidad del ciclista. Para calcularlo es necesario conocer el tiempo de la percepción y reacción del ciclista, la pendiente y la velocidad, y el coeficiente de fricción entre las ruedas y la superficie de rodadura.

Considerando un tiempo de percepción-reacción de 2.5 segundos con un coeficiente de fricción de 2.5 y comportamiento estándar del sistema de frenos en superficies húmedas, se puede determinar la distancia de visibilidad:



Adaptado de: Instituto de Desarrollo Urbano, 1999.

$$S = \frac{V^2}{255 (G + f)} + 0.694 V$$

Donde:
S= Distancia de visibilidad (m)
V= Velocidad de diseño (Km/hr)
f= Coeficiente de fricción (0.25)
G= Pendiente (%)

Si hay curvas, el campo de visión es limitado; es necesario verificar la distancia de parada, tanto en planta como en elevación. Para eso, el diseñador debe calcular el despeje lateral en el interior de las curvas horizontales o la longitud de las curvas verticales.

2.5.1. Verificación de la distancia de visibilidad en planta

En curvas horizontales la visibilidad de parada debe ser superior a la distancia de parada. La configuración de una curva puede llegar a impedir la visibilidad hacia el frente, por lo que es crucial proporcionar un despeje lateral (una zona libre obstáculos para el campo visual). El despeje lateral en la parte interna de una curva horizontal está en función del radio de curvatura.

Si la distancia de visibilidad es igual o menor que la longitud de la curva:

$$M = R [1 - \cos [28.65 * S/R]]$$

Donde:

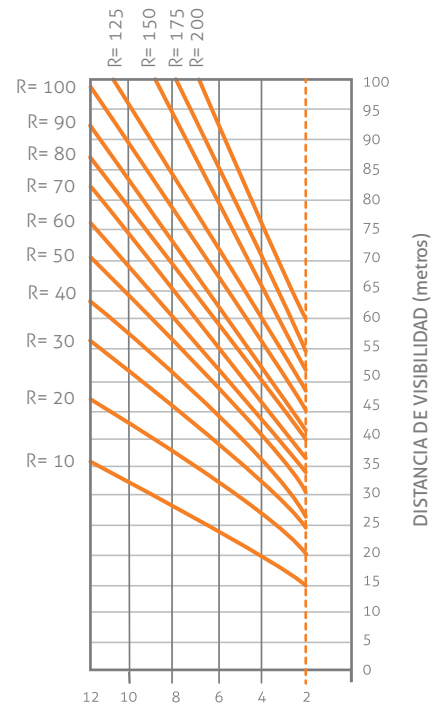
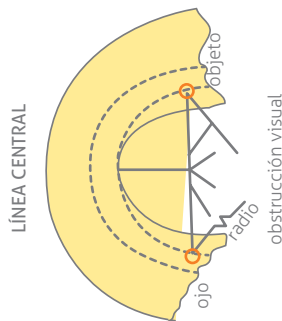
M= Despeje lateral, medido desde el centro de la línea del carril interior (metros).

S= Distancia de visibilidad (metros).

R= Radio en el centro del carril interior.

Se puede observar la distancia de visibilidad de varios radios de curvatura con respecto al despeje lateral:

En una infraestructura bidireccional, el cálculo del despeje lateral se basa en el carril de descenso. Se recomienda que el campo de visión sea igual a dos veces la distancia de parada para reducir el riesgo de accidentes por colisiones entre ciclistas que vienen en direcciones opuestas. Cuando sea imposible otorgar esa distancia, se deben colocar marcas en el pavimento, a lo largo de toda la curva, que indiquen que en esta zona está prohibido realizar un rebase.



Adaptado de: Instituto de Desarrollo Urbano, 1999.



La configuración de una curva puede llegar a impedir la visibilidad, por lo que es crucial proporcionar una zona libre de obstáculos al campo visual.

2.5.2. Verificación de la distancia de visibilidad en elevación

Para mantener el campo de visión mínimo necesario en la cresta de una curva vertical, ésta necesita tener una longitud adecuada. Este dato es una función de la distancia de visibilidad y la diferencia algebraica entre las pendientes a cada lado de la cresta. La longitud de la curva debe medir por lo menos 0.38 veces la velocidad de diseño. La longitud mínima de la curva vertical se determina a través de las siguientes fórmulas:

$$L = 2S - \frac{200 (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2}{A} \text{ Cuando } S > L$$

$$L = \frac{AS^2}{100 (\sqrt{2H_1} + \sqrt{2H_2})^2} \text{ Cuando } S > L$$

Donde:

L= Longitud mínima de la curva vertical (metros)

S= Distancia de visibilidad (metros)

A= Diferencia algebraica de las pendientes (metros)

h_1 = 1.40 metros (altura de los ojos del ciclista)

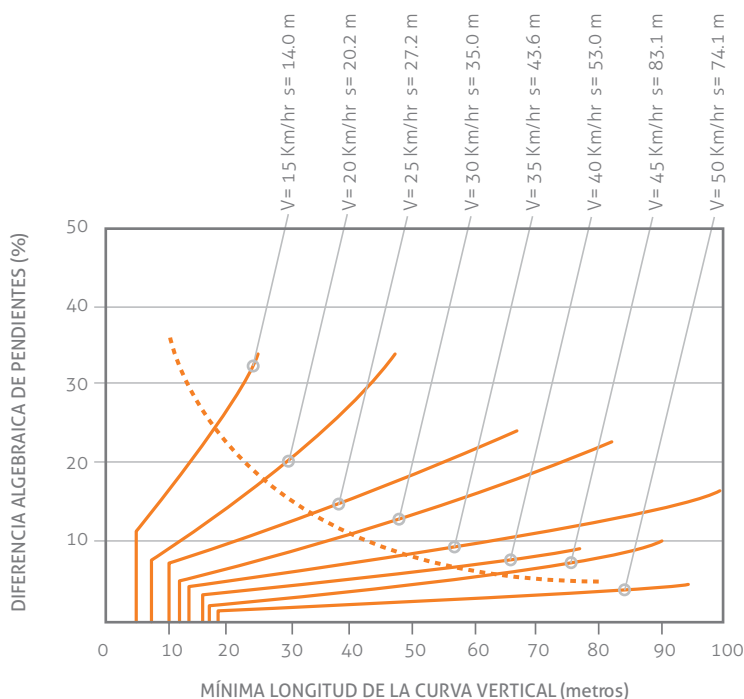
h_2 = 0.0 metros (altura del objeto)

$$A = P_1 - (-P_2)$$

P1=Pendiente de la tangente de entrada, en m/m

P2=Pendiente de la tangente de salida, en m/m

La gráfica muestra la longitud mínima de la curva para diferentes velocidades de diseño, considerando la diferencia algebraica de las pendientes.



Adaptado de: Instituto de Desarrollo Urbano, 1999.





3. INFRAESTRUCTURA CICLO-INCLUYENTE

Antes de construir infraestructura ciclista segregada, una política pública para el fomento de la bicicleta debe priorizar las intervenciones que generen una infraestructura ciclo-incluyente en el espacio vial. A este proceso se le llama jerarquía de soluciones.

Para llevar a cabo esta jerarquía se deben seguir las siguientes técnicas de ingeniería vial: reducir el volumen de los vehículos motorizados, disminuir la velocidad vehicular, adecuar las intersecciones problemáticas, redistribuir el espacio de la vía para proporcionar más espacio a los modos no motorizados y, por último, implementar infraestructura ciclista segregada.

3.1. Reducción de volúmenes vehiculares

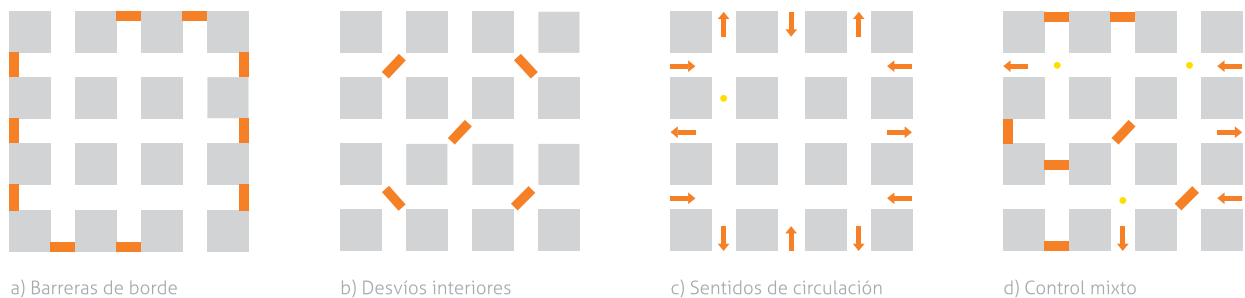
Como parte de una política integral para moderar el tránsito en las ciudades, se debe disminuir la cantidad de vehículos motorizados en circulación. Esta reducción del volumen vehicular implica la utilización de diversas medidas para potenciar el número de viajes a pie, en bicicleta y en transporte público:

- a. Restricciones al estacionamiento en la vía pública: prohibir o cobrar el estacionamiento de automóviles particulares en ciertas vialidades y/o zonas.
- b. Restricciones a la circulación de vehículos: prohibir el acceso de vehículos en algunas zonas, cobrar peaje en vialidades urbanas y restringir la conducción por horas o días establecidos.
- c. Técnicas viales para la accesibilidad reducida en zonas específicas.

Dentro de las técnicas viales, una práctica común que evita el tránsito de paso y, por lo tanto, disminuye la cantidad de vehículos en una zona delimitada de la ciudad, tiene que ver con la gestión de los sentidos de circulación. Hay cuatro sistemas utilizados para moderar el tránsito a partir de las restricciones en los sentidos: control de borde, control interno, control por sentido de circulación y control mixto (Sanz, 1998).

Reducción de volúmenes vehiculares

Esquemas de ordenación para la moderación de tránsito en áreas delimitadas



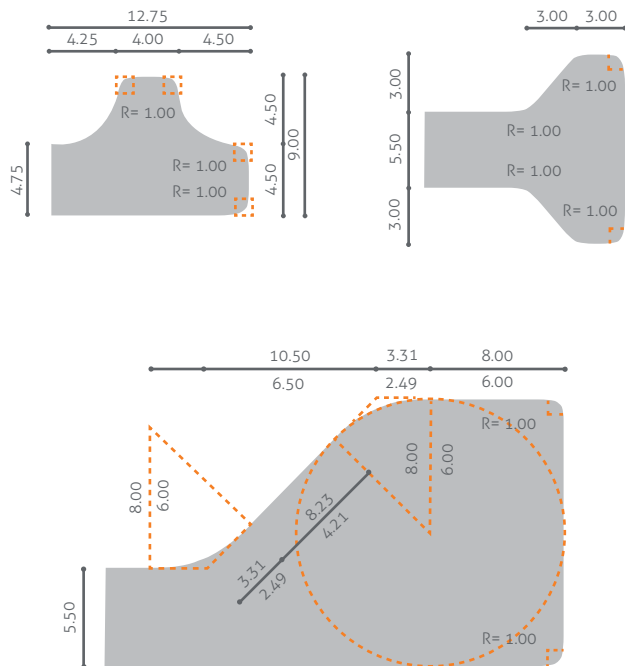
Adaptado de: Sanz, 1998.

3.1.1. Cierre total de la vialidad

El control de borde se realiza a través de barreras físicas que cierran la circulación de autos en la vialidad, obligándolos a girar 180° en un retorno. El cierre de la vialidad o de una intersección siempre debe permitir la libre circulación de todos los peatones, incluidos los usuarios de sillas de ruedas y los ciclistas.

Si la vialidad es ruta de emergencia o de evacuación, o si circulan autobuses escolares, no es recomendable aplicar esta medida. También se pueden colocar las barreras sólo en sitios y días determinados, por ejemplo en fines de semana en algunas zonas residenciales o cuando hay eventos en el centro de la ciudad.

Dimensiones para retornos con barreras



Adaptado de: Sanz, 1998.



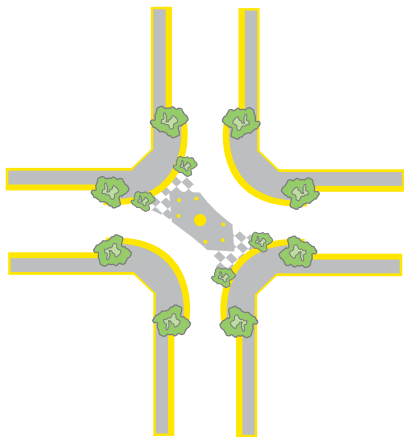
3.1.2. Cierre parcial de la vialidad

Un cierre parcial de la vialidad se puede efectuar a través de un desvío interior: se coloca un elemento de bloqueo en uno o en ambos sentidos de la circulación de los automóviles, en una intersección o a la mitad de una vialidad bidireccional. Esta medida también debe permitir un fácil acceso para los ciclistas y peatones. En caso de emergencia, un cierre parcial permite acceder más fácilmente que un cierre completo.

Dado que este diseño permite a los conductores de vehículos motorizados violar la restricción con cierta facilidad, se requiere que la ley sea correctamente aplicada.

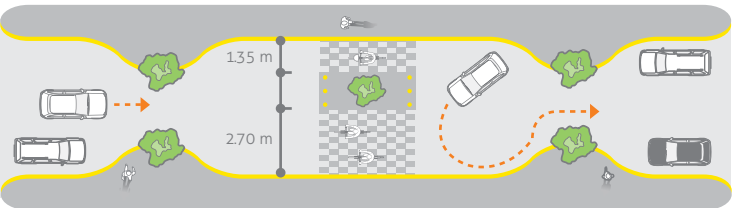
Si el cierre parcial elimina la entrada a la vialidad, no será necesario colocar un retorno; si se cierra la salida de una vialidad, es indispensable que el diseño sea apropiado para dar vuelta en «U».

Barrera en intersección



Adaptado de: Sanz, 1998.

Barrera para un solo sentido de circulación

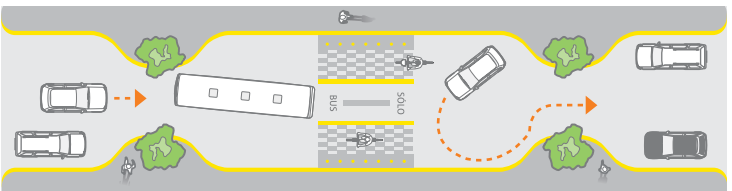


Los autos no pueden seguir de frente en un espacio de 1.35 m pero las bicicletas sí. En el otro sentido todos los vehículos pueden pasar en un espacio de 2.70 m.

Adaptado de: Sanz, 1998.

El cierre parcial de la vialidad permite restringir el acceso sin necesidad de crear vialidades de sentido único. Se debe evitar bloquear los accesos de los vehículos de servicio y considerar el impacto en las rutas de autobuses escolares, el acceso de vehículos de emergencia y de los de servicio de recolección de basura.

Barrera con permeabilidad para buses y bicicletas



Los pasos ciclistas deben tener un ancho de 1.35 m, mientras que el paso para el autobús debe tener un ancho de 2.75 m, con un cojín que evite el paso de automóviles pequeños. La longitud del tratamiento debe ser de 5.00 a 10.00 m.

Adaptado de: Sanz, 1998.

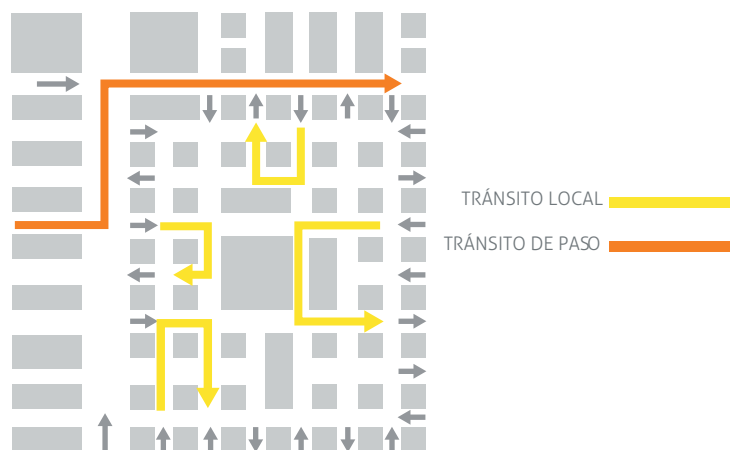
3.1.3. Sentidos de circulación encontrados

El control de acceso por sentidos de circulación es una forma económica y eficiente para desmotivar el tránsito de paso. Se debe cambiar la dirección del tránsito en las secciones centrales de la zona en donde se busca controlar el acceso de vehículos motorizados. Así, los autos no pueden seguir de frente y deben salir por donde entraron.

En muchas ocasiones esto implica convertir una vialidad bidireccional en unidireccional, lo que tiene un efecto inicialmente negativo ya que se aumenta la capacidad de la vía y la velocidad de circulación. Sin embargo, al funcionar como un circuito, finalmente no recibe gran número de vehículos, aunque sí es necesario colocar dispositivos para disminuir la velocidad.

Es conveniente diseñar un método que permita que las bicicletas circulen en contraflujo, con el objetivo de que la zona sea accesible para este modo de transporte.

Zona con sentidos encontrados



3.1.4. Área de tránsito local

Por último, a través de la implementación de un control mixto –se colocan barreras en la periferia y en la parte interna, además de ordenar los sentidos de la circulación–, se expulsa en su totalidad el tránsito de paso, con el fin de que en la zona sólo circule tránsito local (Sanz, 1998).

Antes de tomar la decisión de cerrar una zona por completo al tránsito de paso, se debe analizar si las vías circundantes tienen capacidad para el tránsito desviado por consecuencia del cierre. Además, esto obliga a proporcionar un tratamiento a las intersecciones que recibirán tránsito adicional, para reducir los impactos al tránsito peatonal.

Antes de tomar la decisión de cerrar una zona por completo al tránsito de paso, se debe analizar si las vías circundantes tienen capacidad para el tránsito desviado.

3.2. Reducción de velocidades vehiculares

Controlar la velocidad de los vehículos motorizados es un recurso que permite disminuir el riesgo que causan y hacerlos compatibles con la vida urbana.

En el caso específico de la bicicleta, reducir la velocidad de los automóviles a 30 Km/hr permite que ambos vehículos circulen utilizando la misma infraestructura vial, sin necesidad de crear carriles ciclistas especiales. Así, el espacio urbano se aprovecha más, el paisaje se mantiene sin cambios y los costos son mínimos, logrando una circulación segura y cómoda de la bicicleta.

El control de la velocidad se logra a través de dos posibles opciones:

- a. Limitar la velocidad en la reglamentación de tránsito.
- b. Aplicar técnicas de diseño vial que impidan la circulación a velocidades mayores que la permitida.

La estrategia de control de velocidad debe aplicar una o ambas posibilidades, dependiendo de las características de la vía y de la circulación vehicular. En una vía rápida, donde es más compleja la colocación de dispositivos para la reducción de la velocidad, la firme aplicación de la ley es indispensable. En cambio, en una zona residencial en la que no es lógico contar con un gran número de agentes de tránsito que aseguren el respeto de la velocidad permitida, el uso de elementos de disminución de la velocidad es una mejor opción.

Las técnicas de diseño vial modifican la conducta de los conductores; en los sitios en los



que se cambia el tipo de pavimento, la geometría de la vía y los señalamientos, se provoca una percepción de riesgo en el conductor que los obliga a reducir la velocidad.

3.2.1. Tipos de pavimento

El tipo de pavimento utilizado en una vialidad afecta la comodidad y el atractivo del camino y, por lo tanto, la velocidad de los vehículos. La reducción de la velocidad por medio del tipo de pavimento es un aspecto difícil de lograr, ya que sólo debe afectar a los vehículos motorizados y nunca la circulación de peatones y ciclistas.

Las opciones básicas para la superficie del arroyo vehicular son:

- a. Asfalto: por el bajo costo es el material más común en pavimentos para vehículos, sin embargo no es tan durable. Las fracturas del asfalto deben cubrirse rápidamente, si no la sub-base puede dañarse. El asfalto permite el desarrollo de velocidades altas.
- b. Concreto: es el material más común para banquetas y sólo se usa ocasionalmente en los arroyos vehiculares por el alto costo inicial, a pesar de su larga durabilidad. Las vías hechas de concreto pueden tener un diseño estampado que produce una pequeña vibración en los vehículos, provocando que la velocidad se modere. Esto no es muy adecuado para los ciclistas, quienes necesitan un área lisa para circular.
- c. Adoquín: material comúnmente utilizado en zonas patrimoniales y residenciales. No es una superficie muy cómoda para la circulación de vehículos, por lo que está asociado con velocidades bajas.
- c. Superficies blandas: se utilizan en caminos privados, áreas con bajo volumen vehicular y áreas de protección ambiental. La superficie está hecha a base de materiales granulados, siendo muy incómoda para la circulación, sobre todo de bicicletas.



3.2.2. Conversión de vías unidireccionales a bidireccionales

Históricamente, la solución a los problemas de congestión en vialidades primarias ha sido el aumento de la capacidad de las vías.

Muchas ciudades han convertido vialidades de doble sentido en vías de un solo sentido, permitiendo un mayor flujo vehicular, cambiando la apariencia y la forma de moverse en las vialidades. Sin embargo, las vialidades de un sentido disminuyen la seguridad de los peatones e impiden la existencia de barrios unificados, bien integrados y accesibles, provocando menos dinamismo en las calles y disminuyendo la actividad económica.

Al circular en una vialidad de un sentido, un automóvil presenta una diferencia mínima de velocidad con respecto a los otros autos, provocando una falsa sensación de baja velocidad. En respuesta, los automovilistas incrementan su velocidad, volviéndola muy alta en vialidades de un solo sentido. En cambio, en vialidades de doble sentido los autos, al circular en dirección contraria, muestran diferencia de velocidades causando una sensación de inseguridad entre ambos, por lo que se disminuye la velocidad y la vialidad se percibe más atractiva para los peatones y ciclistas.

Además, las vialidades de doble sentido hacen más fácil el acceso directo a los destinos, evitando que se tomen rutas indirectas por lugares desconocidos. También invitan a los conductores a detenerse en las áreas comerciales, en vez de únicamente circular por la vialidad. En una vialidad con varios carriles de circulación en un mismo sentido, es difícil que los locales comerciales funcionen exitosamente. En cambio, si la vialidad es de doble circulación y con pocos carriles, la imagen se vuelve la típica de un barrio agradable.

Los cambios necesarios para convertir una vialidad de un sentido a una de doble circulación son, por lo general, bastante simples:

- a. Pintar una raya que separe los sentidos de circulación.
- b. Añadir y remover algunas señales de tránsito.
- c. Instalar nuevos semáforos para el tránsito en ambos sentidos.

En las décadas de 1970 y 1980, muchas ciudades europeas utilizaron esta técnica en sus áreas centrales sin generar problemas severos de congestión, obteniendo beneficios para la seguridad peatonal y para la revitalización de zonas comerciales.



3.2.3. Isletas y fajas separadoras

Las isletas son pequeñas áreas de resguardo que se colocan en el centro de las vías de doble sentido para facilitar el cruce de peatones y ciclistas. Permiten que los usuarios se enfrenten a un sentido de circulación a la vez, que se puedan detener con seguridad a la mitad de la vialidad y esperar hasta poder cruzar de forma segura.

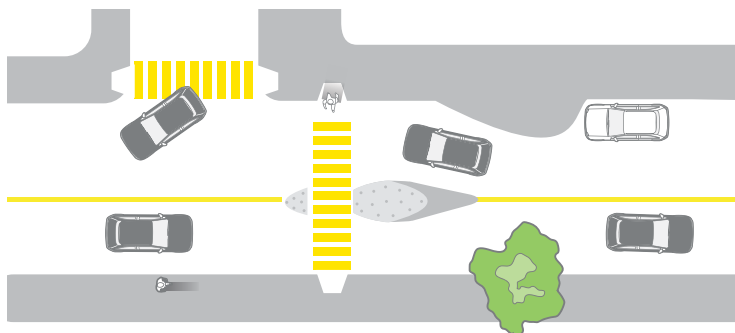
Las isletas son utilizadas principalmente en cruces peatonales, en intersecciones sin semáforo y en cruces a la mitad de la cuadra. También, son adecuadas para los cruces con semáforo, siempre y cuando no provoquen un cruce de peatones en dos fases.

En las avenidas lo suficientemente anchas, lo más adecuado es contar con fajas separadoras (camellones). Éstas cumplen con las mismas funciones que las isletas y pueden ser utilizadas para colocar vegetación, creando una imagen urbana agradable.

Las isletas pueden reducir significativamente los accidentes peatonales:

- Disminuyen conflictos entre peatones y automovilistas.
- Disminuyen la velocidad vehicular.
- Aumentan la visibilidad del cruce peatonal.
- Incrementan el espacio para colocar señalización.
- Disminuyen la distancia del cruce peatonal.

Isleta



El ancho de las isletas debe tener un mínimo de 2.00 m.

Adaptado de: FHWA, 2004



Deben colocarse dispositivos que alerten a los usuarios con discapacidad visual que están transitando por un cruce peatonal seccionado.

3.2.4. Circulación en zigzag

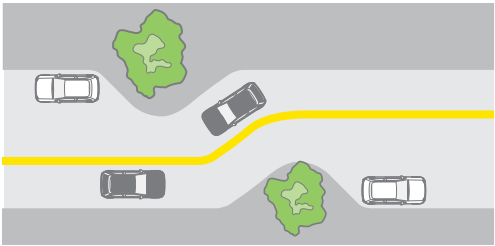
La circulación en zigzag crea una trayectoria sinuosa en la circulación vehicular, lo cual obliga a reducir la velocidad. Para lograrlo, se puede modificar el trazo de guarniciones o acomodar el estacionamiento para crear el efecto de zigzag.

Para reducir la velocidad, los radios de giro deben diseñarse de tal forma que los vehículos no puedan circular a una velocidad mayor que la deseada.

El cambio de estacionamiento de un lado a otro es posible en vialidades que originalmente tenían espacio de estacionamiento sólo en uno de sus costados. Al hacer esto, es necesario que la seguridad y la movilidad de los ciclistas no se afecten, sobre todo en las vialidades con pendientes pronunciadas. También se debe cuidar que exista una buena visibilidad, plantando sólo arbustos bajos o árboles de copas altas.

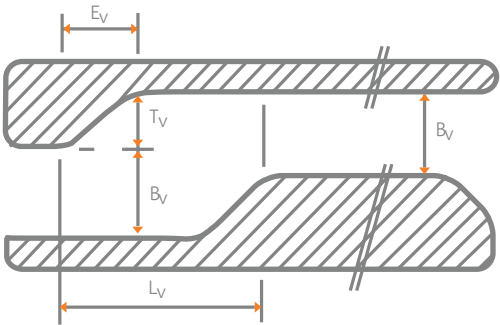
Dimensionamiento de zigzag				
Tipo de cruce ($B_v + T_v$) / L_v	B_v (m)	T_v (m)	L_v (m)	E_v (m)
5/10	3.20	1.80	10.00	2.00
6.5	4.00	2.00	5.00	2.00
6/9	3.50	2.50	9.00	4.00
7/8	4.00	3.00	6.00	3.00
7/10	3.50	3.50	10.00	4.00
8/11	3.50	4.50	11.00	4.50
9.5	5.00	4.00	5.00	4.00
9/9	4.00	5.00	9.00	5.00
9/12	3.50	5.50	12.00	5.50
10/6	5.00	5.00	6.00	3.00
10/9	4.00	6.00	9.00	6.00

Circulación en zigzag

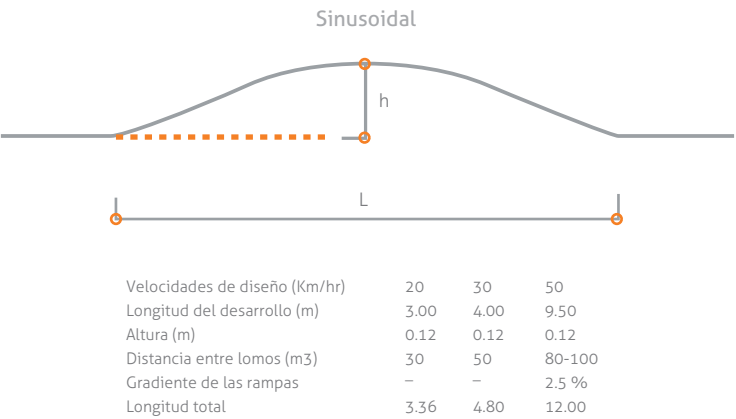


Adaptado de: FHWA, 2004.

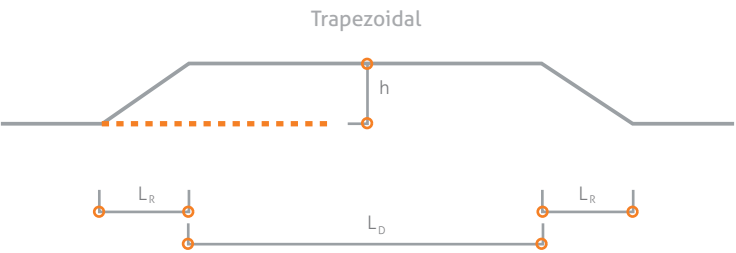
Norma suiza para el dimensionamiento de zigzags



Dimensiones recomendadas en Holanda para lomos sinusoidales y trapezoidales



Adaptado de Vejdirektoratet 1991.



Dimensiones recomendadas en Dinamarca para lomos de perfil trapezoidal

Velocidades de diseño (Km/hr)	20	30	50
Altura (m)	0.10	0.10	0.12
Longitud de la rampa	0.70	1.00	2.40
Gradiente de las rampas	14%	10%	2.5%
Longitud del desarrollo (m)	4.00	4.00	5.2
Con las dimensiones señaladas, los vehículos que sobrepasen en más de 5 Km/hr las velocidades de diseño sufrirán cierta incomodidad.			

Adaptado de: CROW 1988.

3.2.5. Reductores de velocidad

El cambio en el alineamiento vertical de la vía es uno de los métodos más exitosos para reducir la velocidad vehicular; existe una gran variedad de dispositivos que cumplen con este fin y todos tienen la característica de crear incomodidad si se excede la velocidad para la que fueron diseñados. Por lo tanto, los usuarios cumplen con el límite de velocidad establecido.

La instalación de cualquier reductor de velocidad debe ir acompañada de señalización horizontal y vertical que permita disminuir la velocidad gradualmente con el fin de evitar posibles accidentes.

a. Cruces peatonales elevados

Los cruces peatonales elevados, o lomos, son simples elevaciones del arroyo vehicular en los sitios donde existe un cruce peatonal, ya sea en intersecciones o a media cuadra.

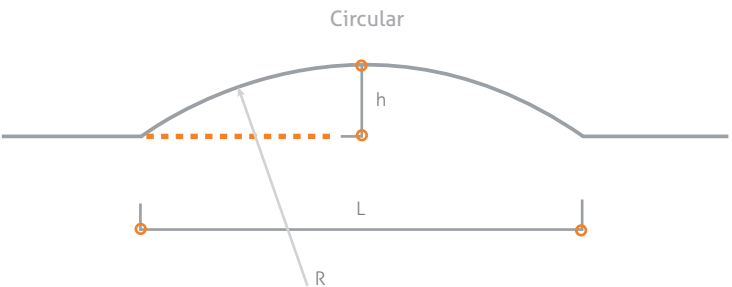
Los lomos son bien recibidos cuando es evidente la necesidad de disminuir la velocidad del tránsito y/o donde es necesario mejorar las condiciones de los peatones. Éstos permiten que la velocidad vehicular sea más predecible y dan lugar a un cruce más seguro.

Es recomendable considerar las áreas de encharcamiento, por lo que el diseño de los lomos debe permitir la circulación del agua hacia el drenaje. Además, el diseño no debe ser demasiado agresivo para los ciclistas y debe contemplar la posible circulación de autobuses o servicios de emergencia.

La estética de los cruces elevados puede mejorarse mediante el uso de distintos materiales.

b. Topes

Los topes son un tipo de lomos con forma circular. A diferencia de los lomos sinusoidales y trapezoidales, presentan el inconveniente de obligar a los vehículos a hacer un alto total antes de cruzarlo. Esto aumenta las emisiones a la atmósfera y es incómodo para el tránsito ciclista, por lo que su uso no es recomendable a menos de que exista la necesidad de que los vehículos se detengan por completo. Se puede dejar un área libre junto a las guarniciones que permita que las bicicletas circulen sin necesidad de pasar por el tope.



Dimensiones recomendadas en Dinamarca para lomos cilíndricos o de perfil circular

Velocidades de diseño (Km/hr)	20	30	50
Altura (m)	0.10	0.10	0.10
Radio (m)	11.0	20.0	113.0
Longitud de la cuerda (m)	3.00	4.00	9.50

Adaptado de Vejdirektoratet 1991

c. Intersecciones elevadas

A diferencia de los lomos, las intersecciones elevadas o mesetas son un levantamiento de toda la intersección, quedando al nivel de la banqueta. Su objetivo principal es que los peatones puedan seguir su trayecto al mismo nivel de la banqueta, eliminando la necesidad de rampas. Este tipo de intersecciones mejoran las condiciones de la circulación peatonal, evitando los cambios de nivel y obligando a los automóviles a disminuir la velocidad.

Las mesetas pueden construirse con una gran variedad de materiales como asfalto, concreto, concreto estampado o adoquín. Requieren la colocación de bolardos que impidan que los autos invadan las banquetas y deben contar con marcas que indiquen a las personas con discapacidad visual la presencia de este tipo de intersección.





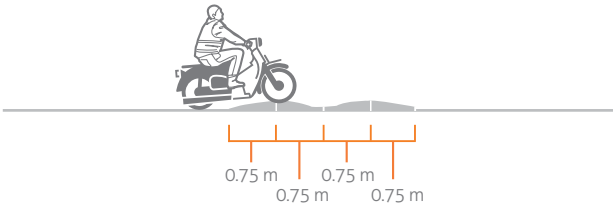
d. Vados

Los vados son un tipo de «lomo inverso» (se utilizan sobre todo en los Países Bajos y en Suecia). Son muy efectivos para reducir la velocidad, aunque es necesario cuidar que no presenten encharcamientos.

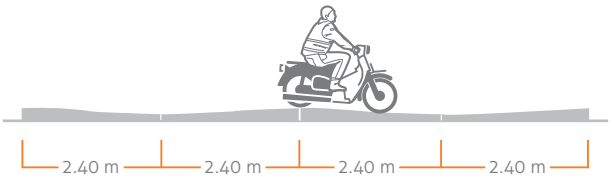
Una forma de vados es utilizada en las ciclovías para regular la velocidad de las motocicletas que podrían invadirlas, sin afectar a la circulación ciclista.

Reductores de velocidad en ciclovías

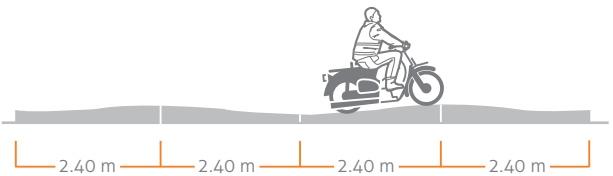
La variante Huissen



La variante Hague



La variante Amsterdam



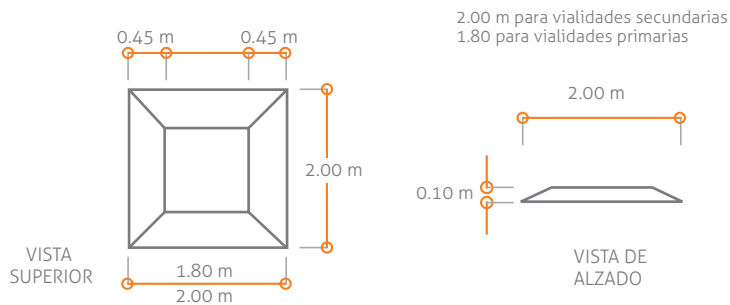
Adaptado de: CROW, 1993.

e. Cojines

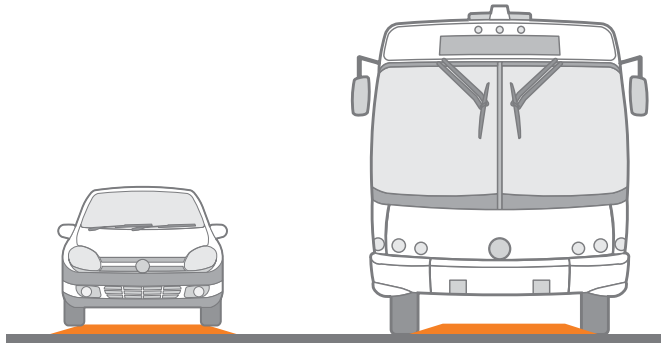
Los cojines son dispositivos similares a los lomos, con la diferencia de que están concebidos como pequeños montículos, con espacios entre ellos, instalados a todo lo ancho de la calle. Permiten el libre paso de bicicletas, autobuses o vehículos de emergencia, pero impiden que los automóviles convencionales pasen sin reducir su velocidad; por esta cualidad, su uso se está popularizando en países como el Reino Unido. Además, sus costos son menos elevados y su eficacia es prácticamente la misma que la de otros reductores de velocidad.

Las dimensiones de los cojines se calculan de acuerdo a la distancia entre los ejes de las ruedas de los autobuses y vehículos de emergencia. Pueden ser de asfalto, concreto o materiales plásticos; el concreto tiene mayor durabilidad, aunque es la opción más costosa.

Dimensiones de cojines

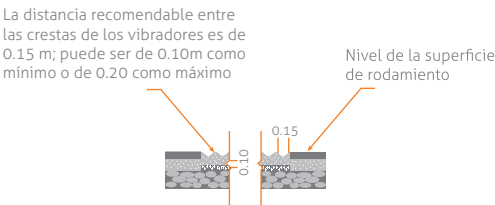
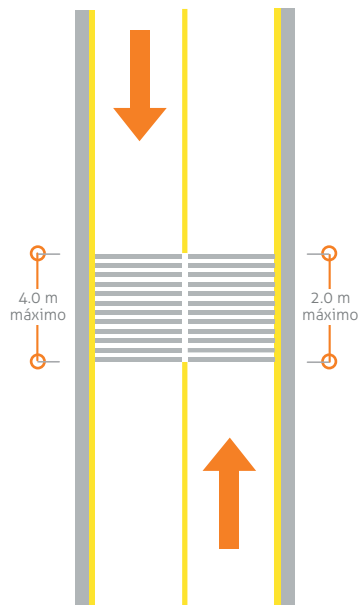


Efecto del cojín en diferentes tipos de vehículos



f. Vibradores

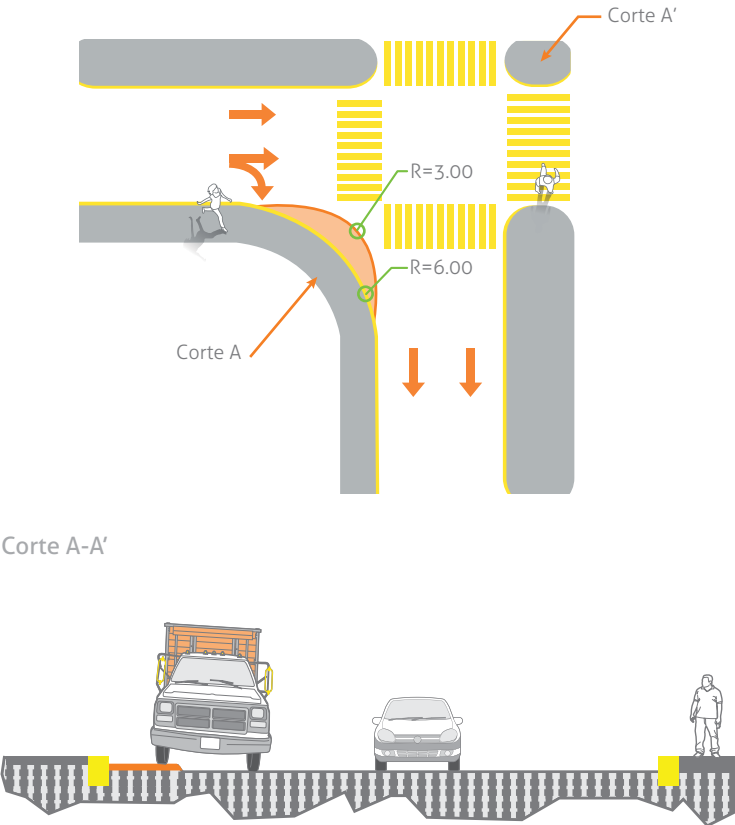
Los vibradores se utilizan para indicar a los automovilistas que deben reducir la velocidad. Pueden estar formados por resaltes o rugosidades en el pavimento, generando vibración y ruido producto de su acción en el sistema de amortiguamiento. Se fabrican de concreto o a través de botones en el pavimento.



Adaptado de: SETRAVI GDF, 2002.

g. Delantal

Dimensiones de delantales



En las intersecciones, los delantales son utilizados con el propósito de impedir que los automóviles den la vuelta a altas velocidades, aprovechando el amplio radio en las esquinas, necesario para que los vehículos de carga giren sin dificultad. Un delantal consiste en una elevación del pavimento, correspondiente al 50% de la altura de la banquetta, que minimiza el radio de giro de tal forma que un vehículo pequeño tiene que girar más lentamente, pero permite que los vehículos grandes cuenten con el espacio suficiente para virar sin pegar en la guarnición.

3.3. Tratamiento de intersecciones

Las intersecciones causan el mayor número de conflictos entre los distintos usuarios de la vía y son los sitios con mayor número de accidentes viales en las ciudades.

Los accidentes ciclistas no son la excepción; aunque se cuente con un carril exclusivo para bicicletas, es imposible evitar los conflictos en las intersecciones. En México no se cuenta con toda la información referente a las características de los accidentes ciclistas (dada la falta de rigor al reportar dichos accidentes). Sin embargo, en Estados Unidos se reporta que del 40 al 64% de los accidentes ciclistas suceden en las intersecciones (Mattar, 2004; Wachtel y Lewiston, 1994).

Los elementos que se deben cubrir en las intersecciones para reducir el riesgo, principalmente para peatones y ciclistas, son:

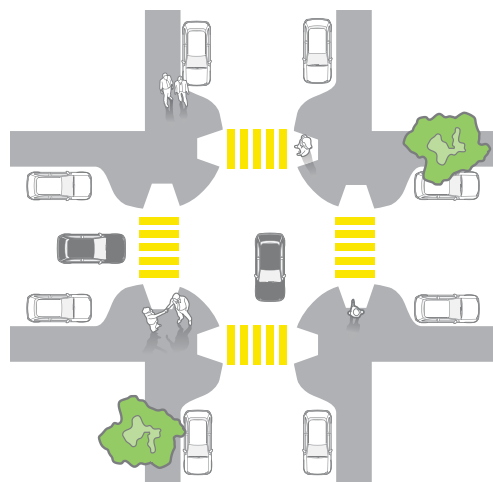
- Reducción de la distancia de cruce peatonal y ciclista.
- Reducción de la velocidad de los vehículos.
- Mejoramiento de las condiciones de visibilidad.
- Creación de trayectorias de circulación predecibles.

El rediseño de las intersecciones se realiza a través de la combinación de las técnicas de reducción de velocidad (previamente descritas) y las técnicas que se presentan a continuación. Pueden aplicarse en todo tipo de intersecciones, con o sin semáforo; es indispensable que las fases del semáforo consideren el tiempo de cruce peatonal y, en caso de ser necesario, haya fases exclusivas para peatones y ciclistas.

3.3.1. Orejas y radios de giro

Las orejas son extensiones de la banqueta en las esquinas, que se crean a partir del espacio normalmente ocupado por estacionamiento de autos en ambos lados. Son eficaces para reducir la distancia de cruce peatonal, evitar que el área sea invadida por estacionamiento ilegal, moderar la velocidad vehicular, mejorar la visibilidad de peatones y conductores, y permitir la colocación de señalamientos más visiblemente. Sólo son adecuadas cuando existen carriles de estacionamiento; no deben colocarse sobre carriles de circulación, ciclo-carriles o ciclovías ni acotamientos.

Intersección con orejas



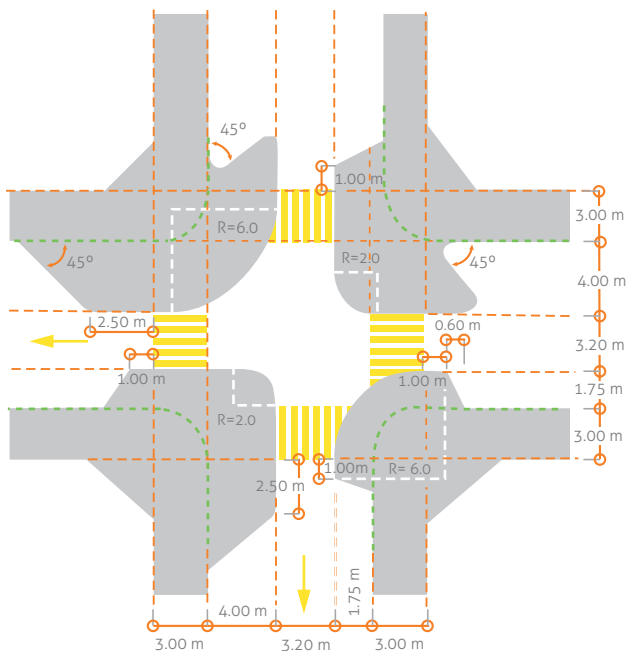
Adaptado de: FHWA, 2004.

Por otro lado, los radios de giro en las esquinas de las intersecciones pueden tener un gran impacto en el comportamiento de peatones y conductores. El principio básico al dar vuelta en una intersección es que mientras menor sea el radio de giro, menor será la velocidad del vehículo, lo que incrementa la seguridad de los peatones.

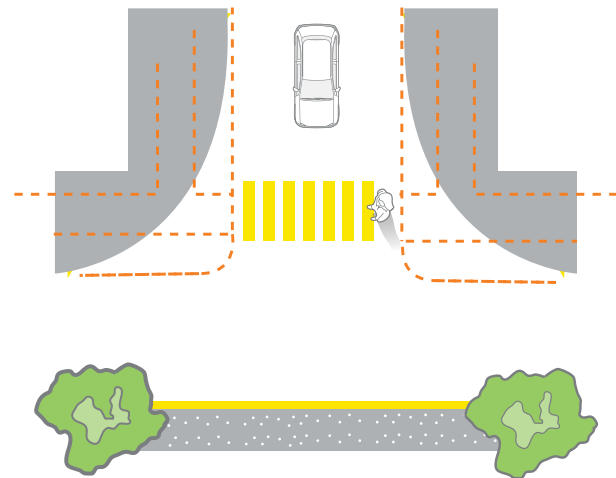
Por ejemplo, una esquina con un radio de giro de 15 metros es de gran ayuda para los camiones grandes. En cambio, para un peatón un radio de giro de esa dimensión significa que los autos irán a mayor velocidad, por lo que su tiempo de cruce sería más largo y tendría menos tiempo para percibir a los automóviles que se aproximan.

Reducción de radios de giro en intersecciones

Dimensiones de referencia para la creación de orejas



Adaptado de: Sanz, 1998.



Adaptado de: FHWA, 2004.

Tomando en cuenta dicho principio, el radio de giro es el que describen los vehículos cuando circulan a velocidades bajas. Normalmente, este valor es de 6 m cuando en una esquina existe la posibilidad de dar vuelta, pero si el sentido de la calle no permite girar, la esquina deberá contar con un radio de 2 m o menos.

Cuando el tipo de vehículo de dimensiones mayores representa el 5% del flujo del tránsito, es posible hacer un cálculo más preciso del radio de giro a través de un estudio en campo: se colocan conos para observar el radio que describen dichos vehículos a bajas velocidades. Si se requiere de un radio de giro amplio para vehículos de mayor tamaño, es necesario implementar medidas de protección para peatones y ciclistas, por ejemplo las isletas para vueltas derechas.

Radios de giro	
Radio de la esquina	Características de operación
< 1.50 metros	No apropiado, ni siquiera para automóviles particulares. Se debe utilizar cuando no exista giro en esa esquina.
3.00 metros	Vuelta a velocidad baja de automóviles particulares.
6.00 - 9.00 metros	Vuelta a velocidad moderada de automóviles particulares; vuelta a velocidad baja de camiones medios.
12.00 metros	Vuelta a velocidad alta de automóviles particulares; vuelta a velocidad moderada de camiones medios.
15.00 metros	Vuelta a velocidad moderada de camiones pesados.

3.3.2. Isletas para vueltas continuas a la derecha

Muchas de las intersecciones que actualmente presentan un radio de giro amplio muestran que hay un área que no es utilizada al dar vuelta. En ésta se puede colocar un área de resguardo peatonal que permita acortar la distancia de cruce.

La geometría de esta intervención debe dar lugar a un ángulo de visión adecuado para que los conductores puedan ver el tránsito que viene desde la izquierda y permitir que el giro se realice a una velocidad moderada. Esto puede complementarse con reductores de velocidad para mayor seguridad de los peatones.

Ángulo de entrada al realizar un giro a la derecha



Adaptado de: FHWA, 2004.

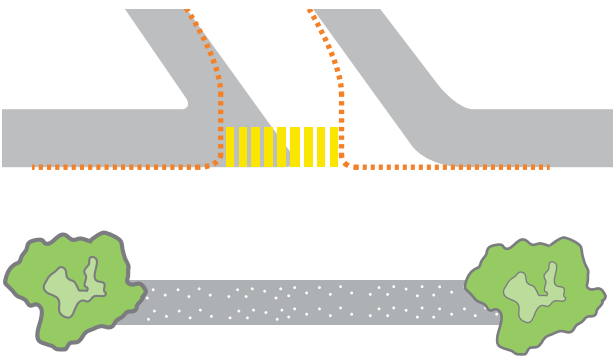
El rediseño de las intersecciones en «Y» es sencillo; sólo es necesario adecuar la geometría de las banquetas, recortando de un lado y aumentando en el otro extremo.

3.3.3. Rediseño de intersecciones en «Y»

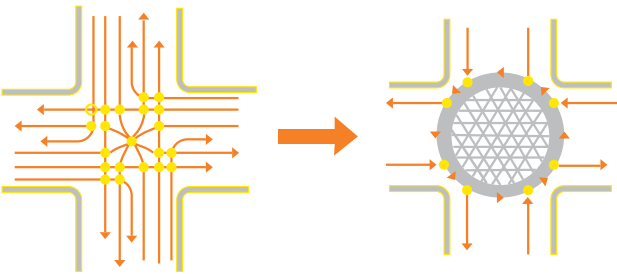
Con excepción de las vías rápidas, en la ciudad se deben evitar las incorporaciones o desincorporaciones de vehículos en ángulos diferentes a 90°, ya que esta configuración genera giros realizados a velocidades altas y la distancia de cruce peatonal es mayor que en una intersección en forma de «T».

El rediseño de estas intersecciones implica una sencilla adecuación de la geometría de las banquetas, recortando de un lado y aumentando en el otro extremo.

Modificación de intersección en Y



Conflictos potenciales reducidos por uso de glorietas



Adaptado de: FHWA e ITE, 1999.

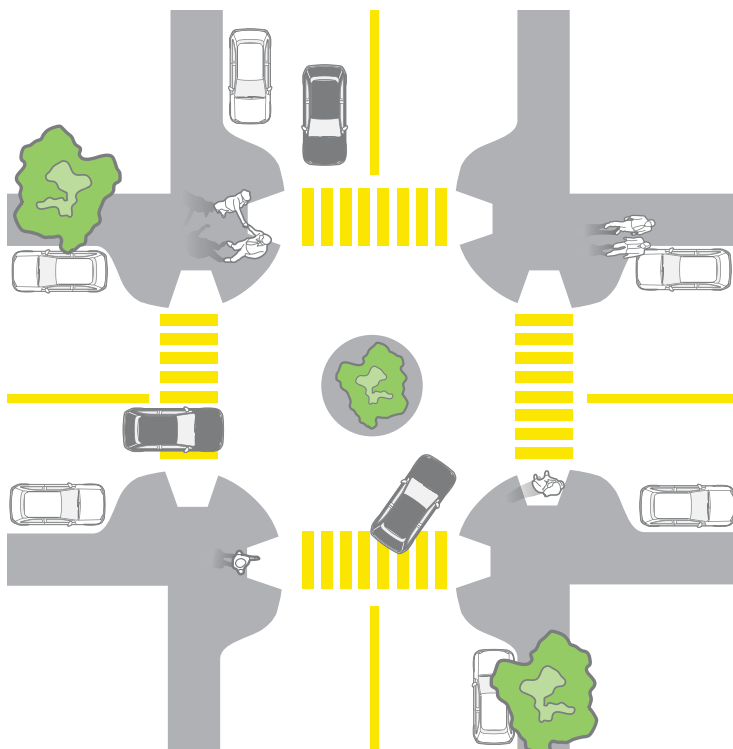
3.3.4. Glorietas

Una glorieta es una intersección circular en la que los giros se hacen en sentido contrario a las manecillas del reloj para dar vuelta a la derecha en la calle deseada y eliminar las vueltas a la izquierda.

A diferencia de una intersección semaforizada, el flujo de los vehículos es constante, por lo que, aunque aumenta la capacidad, reduce la velocidad con la que se realiza el cruce.

Dependiendo de las características de la intersección es posible implementar glorietas tradicionales, miniglorietas o glorietas turbo.

Miniglorieta

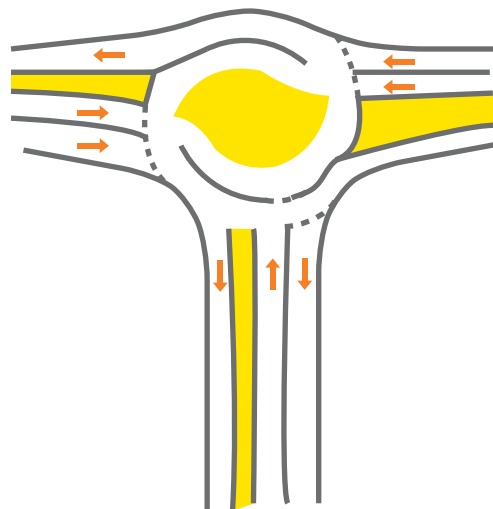


Adaptado de: FHWA, 2004.

Una miniglorieta es una glorieta muy pequeña, generalmente construida con guarniciones, que incluso puede únicamente pintarse en el pavimento. Se utiliza en las calles locales, modificando la trayectoria de los vehículos para reducir la velocidad.

Una glorieta turbo segrega los flujos de tránsito, lo que significa que los automovilistas deben elegir su dirección antes que su carril; al circular por el carril exterior los autos se ven obligados a salir de la intersección. Debido a la segregación física de los carriles de circulación y al hecho de que sólo tiene 10 puntos de conflicto en comparación con los 16 de una glorieta convencional, la seguridad es, por lo general, muy elevada.

Glorieta turbo



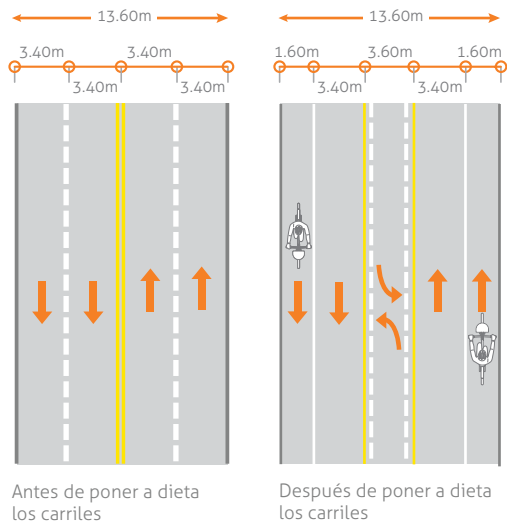
3.4. Redistribución del espacio de la vialidad

El espacio de la vialidad es un recurso valioso y limitado que debe poder ser utilizado por todos los usuarios de la vía. Desafortunadamente, este espacio público está prácticamente tomado por los automóviles. Es necesario rediseñar la vialidad para dar lugar, también, a los peatones y ciclistas.

El aumento y la saturación de la capacidad de las redes viales es la oportunidad para que el espacio público se otorgue a los peatones y los ciclistas y deje de ser de los automóviles. Las vialidades más congestionadas pueden ser las mejores para ceder espacio, aunque de inicio no se perciba.

El espacio que los vehículos motorizados ocupan es en proporción al tamaño y la velocidad; los automóviles requieren mucho más espacio de la vialidad por kilómetro/pasajero que cualquier otro modo de transporte. Por lo tanto, los autos congestionan a todos los demás usuarios de la vía.

Esquema para poner calle a dieta



Adaptado de: FHWA, 2010.

El fenómeno conocido como la «Paradoja de Braess» explica que, al disminuir la capacidad de una vía, se incrementa la capacidad de la red. Esto se demostró recientemente en Manhattan: cerraron varias intersecciones de una gran avenida y disminuyó la congestión y el tiempo de traslado, y aumentaron significativamente los viajes de peatones y ciclistas. El proyecto inició con una mínima infraestructura de señalización horizontal y jardineras.

Para recuperar espacio en la vialidad, uno de los métodos más conocidos es la «dieta de calle», que consiste en reducir el espacio de circulación vehicular. Por ejemplo, una vía de cuatro carriles se reduce a sólo dos carriles, ganando espacio para peatones, ciclistas o transporte público. El espacio ganado también se puede utilizar para un carril de acumulación para vueltas izquierdas. Una calle de cuatro carriles con una carga vehicular entre 12,000 y 18,000 viajes diarios es ideal para «ponerla a dieta»; en algunos casos, una calle con una carga por encima de 25,000 viajes diarios también puede calificar para este proceso. Con la dieta, a pesar de que el número de carriles se reduzca a la mitad, la capacidad total disminuye sólo un poco y rara vez resulta en congestión.

Los costos son generalmente mínimos; pueden elevarse si se incluyen isletas, se cambia la posición de las guarniciones o si se incluye un proyecto de mejoramiento de la imagen urbana.

También se puede reasignar el espacio vial a través de la reducción del ancho de los carriles vehiculares moderando, al mismo tiempo, la velocidad. Esta técnica es la primera opción cuando se requiere espacio para un carril ciclista segregado.

Por último, una política de estacionamientos reasigna el espacio que ocupan actualmente los automóviles. El ordenamiento del estacionamiento ofrece gran potencial para transformar la imagen, la forma y la sensación en general de las calles. El estacionamiento gratuito es el factor que más fomenta el uso del automóvil. Una estrategia integral debe regular el estacionamiento en la vía pública y modificar la norma de los cajones requeridos para las edificaciones.

Ejemplo de parámetros para redistribuir el espacio vial				
Ancho de la calzada (m) ^a	Carril ciclista (m)	Carril de autos 1 (m)	Carril de autos 2 (m)	Contraflujo (m)
7.30	1.30	2.50		3.50
7.50	1.50	2.50		3.50
8.00	1.50	2.50		4.00
8.50	1.50	3.00		4.00
9.00	1.50	3.00		4.50 (1.50 + 3.00)
10.00 (1 carril)	1.50	3.50		5.00 (1.50 + 3.50)
10.00 (2 carriles)	1.50	2.50	2.50	3.50
10.50	1.50	2.50	2.50	4.00
11.00	1.50	2.50	2.50	4.50 (1.50 + 3.00)
11.50	1.50	2.75	2.75	4.50 (1.50 + 3.00)
12.00	1.50	3.00	3.00	4.50 (1.50 + 3.00)
15.00	1.50	3.00	3.00	3.00 + 3.00 + 1.50
<div><div>* Ancho sin contar el camellón</div><div>Notas:</div><div>1. Los tratamientos en todos los lugares deben ser considerados en sus características específicas.</div><div>2. En vialidades con alto flujo de camiones de carga, el carril no debe ser menor a 3.00 m y se debe estudiar la colocación del carril ciclista.</div><div>Adaptado de: Transport for London, 2005.</div></div>				





4. ESTÁNDARES PARA EL DISEÑO DE VÍAS CICLISTAS

Ejemplificar y describir las principales características de los diversos tipos de infraestructura vial para la circulación de bicicletas tiene un objetivo primordial: otorgar a los diseñadores todos los elementos básicos para la realización adecuada de este tipo de proyectos.

Se busca homologar los elementos de diseño de las vías ciclistas, con el fin de ofrecer a los usuarios soluciones congruentes y que les permitan circular con seguridad y comodidad. Por lo tanto, es necesario que los proyectistas siempre apliquen su discernimiento para poder adaptar correctamente los conceptos teóricos de acuerdo al entorno específico donde se está realizando la intervención.

4.1. Criterios de selección de infraestructura ciclista

Los criterios de selección para los diversos tipos de infraestructura vial ciclista, en cuanto a cuál es la más adecuada, dependen de varios factores:

Todos los proyectos de infraestructura vial ciclista deben realizar estudios previos de ingeniería vial. Por ejemplo, es indispensable contemplar los aforos vehiculares y los movimientos direccionales en el diseño de las intersecciones.

- Los diseñadores deben elegir la categoría de intervención más adecuada de acuerdo al tipo de vialidad (arteria, colectora o de acceso), el volumen y la velocidad del tránsito automotor.
- La intervención identificada debe garantizar la comodidad y seguridad de los usuarios; no se debe elegir simplemente por ser la que menos impacta al flujo vehicular motorizado.
- Se deben respetar los anchos establecidos para cada tipo de infraestructura ciclista. Esto evita que los usuarios sufran accidentes por rebases y/o que los más experimentados dejen de utilizarla por tener que circular a velocidades muy bajas.

Hay varios aspectos que se deben tomar en consideración para hacer la mejor elección de infraestructura vial ciclista:

- La conducción de los usuarios.
- La función, la forma y el uso de la vía en cuestión.
- La velocidad y volumen de tránsito automotor (que permite identificar el nivel de segregación de los flujos).

No es posible insertar artificialmente un cuerpo vial ciclista dentro de una vialidad sin contemplar el panorama global de cada vía. Todo proyecto de infraestructura vial ciclista tiende a restar espacio que estaba destinado a la circulación de automóviles. Siempre se debe seleccionar la opción de infraestructura vial ciclista más conveniente para el ciclista, aunque ésta afecte la circulación del tránsito automotor.

4.1.1. El usuario como factor de diseño

En cada ciudad existen diversos tipos de usuarios de la bicicleta. Algunos tienen mayor experiencia que otros, por lo que resulta indispensable diseñar infraestructura que considere todos los niveles de habilidad y vulnerabilidad. Las velocidades de circulación de los ciclistas son relativamente diversas, los usuarios más lentos llegan a circular hasta a la mitad de velocidad que los más rápidos. Esto depende de la edad, el hábito en el pedaleo, el motivo de viaje, la carga que se transporta y el tipo de bicicleta (Sanz, 1999).

La infraestructura ciclista debe satisfacer las necesidades tanto de los usuarios con experiencia (usualmente más rápidos) como de los principiantes (generalmente más lentos y con trayectorias sinuosas). Un usuario experimentado circula de manera más vehicular, incorporándose con habilidad y seguridad al tránsito de vehículos automotores y compartiendo el espacio sin requerir un tratamiento más elaborado. En cambio, un usuario con mínima experiencia generalmente se comporta más como un peatón, conduciendo pegado a la guarnición y cruzando intersecciones pegado al cruce peatonal. Su falta de habilidad para sortear riesgos requiere de mayor espacio para realizar maniobras sin obstáculos ni otros vehículos motorizados y demanda mayor señalización.

La mayoría de las vialidades para automóviles cuentan con un carril de baja velocidad y uno, o varios, de mayor velocidad. Esto permite un rebase adecuado y da flexibilidad para transitar a velocidades diversas. En el caso de la bicicleta, su infraestructura está diseñada con un único carril por donde todos circulan compartiendo el espacio disponible, por lo que es necesario que este carril sea de un ancho suficiente para permitir un rebase seguro y cómodo entre sus usuarios.

Para evitar los conflictos entre usuarios rápidos y lentos, se puede crear un sistema dual. Éste se establece al instaurar una red primaria y una secundaria, implementando dos tipos de infraestructura ciclista dentro de la misma vía: un carril para los ciclistas inexpertos y vulnerables, y un carril compartido con los automóviles para los ciclistas más experimentados. En cualquier caso, el diseño de la infraestructura ciclista siempre debe contemplar las necesidades de circulación de ambos tipos de usuarios.

Factores que influyen en la selección de infraestructura												
Motivo de viaje	Características del grupo de usuarios							Condiciones necesarias de la vía ciclista				
	Vulnerabi- lidad	Tiempo máximo (minutos)	Velocidad (Km/hr)	Distancia (Km)	Fase del día	Edad	Tipo de bicicleta	Sensibili- dad a las pendientes	Atractivo	Comodidad	Sensibili- dad a los rodeos	Protección climática
Escuela primaria	***	15	10	2.50	Mañana Tarde	<14	1/3	***	**	**	***	***
Escuela secundaria y bachillerato	**	30	15	7.50	Mañana Tarde	14-18	1/3	**	**	**	***	***
Universidad	*	30	15	7.50	Todo el día	>18	1/3	**	**	**	***	***
Trabajo	*	15	20	5.00	Todo el día	18-60	Todas	**	*	***	***	***
Compras	**	10	15	2.50	Todo el día	>12*	1/3	***	**	***	***	***
Centro Ciudad	*	20	15	2.50	Todo el día	>12*	1/3	***	**	***	***	***
Paseo	***	>45	10	>10.00	Mañana Tarde	>12*	Todas	***	***	***	*	**
Centro de Esparcimiento	**	30	20	10.00	Todo el día	>12*	Todas	**	**	**	***	**
Deporte	***	>45	>25	>20.00	Todo el día	>12*	Todas	*	***	*	*	*
Estación de trasporte público	*	10	15	2.50	Todo el día	>12*	1/3	**	**	***	***	***
Visitas	*	15	10	2.50	Todo el día	>12*	1/3	**	**	**	**	**
<div> <div> <div>*** Alta</div> <div>** Media</div> <div>* Baja</div> </div> <div>* Menores de 12 años acompañados</div> <div>Tipos de bicicletas: 1: bicicletas urbanas 2: bicicletas de ruta 3: bicicletas de montaña</div> </div>												
Adaptado de: Sanz, 1999.												

4.1.2. Función, forma y uso de la vía

Dependiendo de las características de la vía que se pretende intervenir para incorporar facilidades para la bicicleta, se debe contemplar desde el principio la función, la forma y el uso actual de la vía en cuestión. Una infraestructura verdaderamente amigable con los ciclistas toma en cuenta la situación completa del tránsito, no sólo el flujo ciclista en específico. La elección del tipo de infraestructura por aplicar debe considerar las dimensiones de la sección total de la vía, la posibilidad para redistribuir este espacio entre los distintos usuarios, el volumen y la velocidad del tránsito motorizado.

4.1.3. Volumen y velocidad del tránsito motorizado

La forma generalmente utilizada para elegir el tipo de infraestructura ciclista está directamente relacionada con el volumen y la velocidad máxima del tránsito automotor. En algunas tipologías de vía, con combinaciones de volumen y velocidades adecuadas, es posible integrar la circulación de bicicletas en el tránsito vehicular general; es decir, se puede favorecer la seguridad y comodidad ciclista sin recurrir a su segregación del resto de los vehículos motorizados. Esta selección demanda una reflexión basada en la posibilidad de un rebase seguro (por parte de los autos) al ciclista, así como la consideración de las velocidades de los mismos. Dicha reflexión define si lo más adecuado es crear infraestructura ciclista compartida, delimitada con marcas, o segregada del tránsito automotor; normalmente existe más de una posible solución.



Diagrama de opciones de tipología ciclista			
Tipo de vialidad	Velocidad máxima de los vehículos (Km/hr)	Volumen de los vehículos por día	Categoría de la red ciclista
		Red secundaria	Red primaria
Tipología de intervención			
Vías interurbanas, derechos de vía y áreas verdes	No aplica	No aplica	Infraestructura ciclista segregada (ciclovía bidireccional)
Vías de acceso	Hasta 30 Km/hr	Hasta 4,000	Infraestructura ciclista compartida (Vialidad compartida ciclista)
Vías colectoras	Hasta 40 Km/hr	Mayor a 4,000	Infraestructura ciclista delimitada (ciclocarril) o infraestructura ciclista compartida (carril compartido ciclista)
Arterias	Hasta 50 Km/hr	Irrelevante	Infraestructura ciclista segregada (ciclovía unidireccional) o infraestructura compartida ciclista (carril compartido ciclista)
Arterias	Mayores a 50 Km/hr	Irrelevante	Infraestructura ciclista segregada (ciclovía unidireccional)
Adaptado de: CROW, 2007.			

Este diagrama es una adaptación al contexto mexicano, obtenida del Manual Holandés de Diseño Ciclista (CROW, 2007). Si existe más de una opción de tipología de intervención para la vialidad en cuestión, se debe implementar la que produzca la mejor situación para los ciclistas. Este diagrama es una herramienta para que los diseñadores moldeen la solución para una situación específica, y se debe poseer la sensibilidad para determinar la elección más adecuada de acuerdo con el contexto específico.

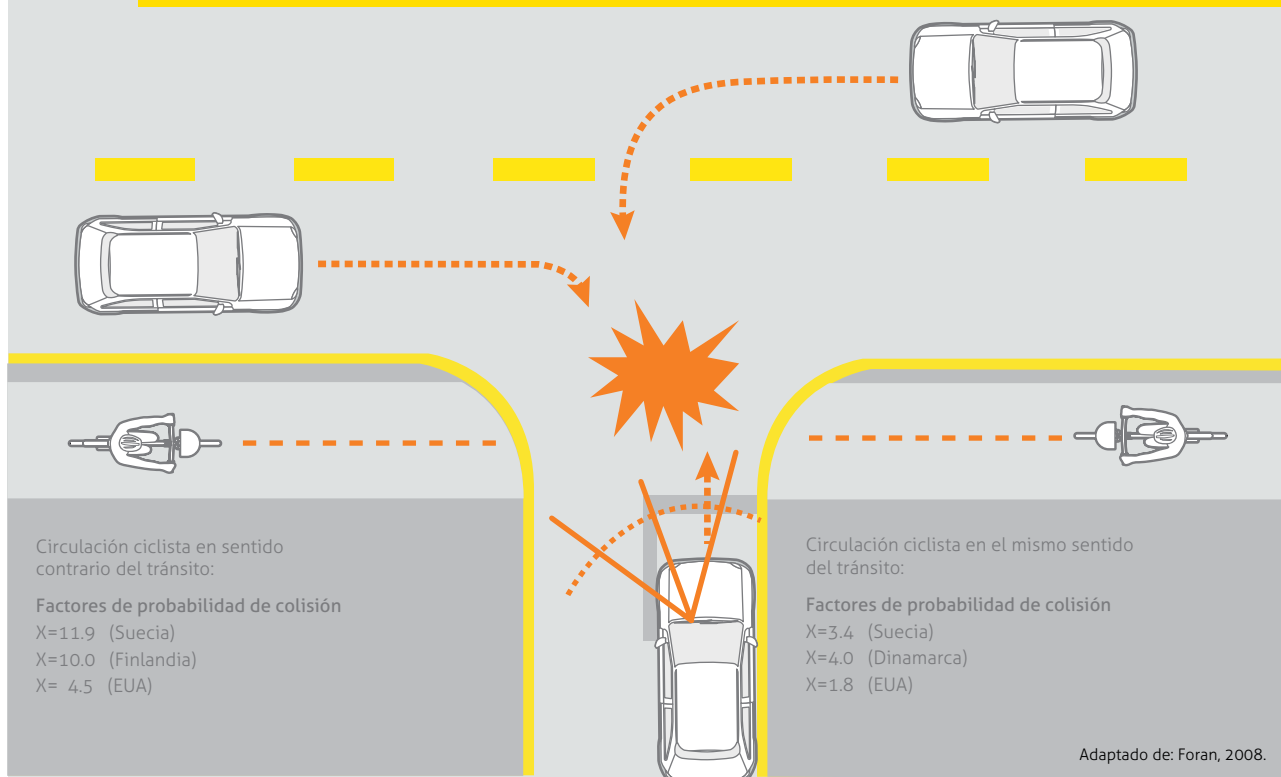
4.1.4. Infraestructura ciclista unidireccional vs. bidireccional

Frecuentemente, al diseñar infraestructura ciclista se contempla un diseño bidireccional (con los dos sentidos de circulación ciclista en un mismo cuerpo vial), buscando concentrar a los ciclistas en un solo lado de la vialidad. Comúnmente, se razona que la configuración bidireccional es más eficiente, dado que demanda menor espacio vial que un diseño unidireccional y limita la intervención a una sola vialidad en lugar de a dos. Muchas veces una ciclovía bidireccional se plantea sobre un camellón al centro de la vía o sobre las banquetas, con el afán de que al separar a los usuarios de la vía se logra mayor seguridad. Sin embargo, una configuración bidireccional, salvo en escasas excepciones, no es adecuada para un entorno urbano ya que pone en riesgo a los ciclistas.

Está demostrado que la mayoría de los accidentes ciclistas suceden en las intersecciones, los cuales corresponden hasta el 74% del total de los accidentes ciclistas (Wachtel y Lewiston, 1994). Wachtel y Lewiston (1994) descubrieron que un ciclista

está en riesgo de sufrir un accidente hasta 3.6 veces más si circula en sentido contrario al tránsito automotor. Este riesgo aumenta hasta 5.3 veces si el ciclista circula en sentido contrario al tránsito y en una ciclovía ubicada sobre una banqueta. Entonces, en un contexto urbano donde existen intersecciones cada 100 o 200 metros, el riesgo de que un ciclista que circula en sentido opuesto al del arroyo vehicular sufra un accidente con un auto es sumamente alto. Este riesgo incrementa al existir salidas de cocheras, ya que el automovilista normalmente sólo voltea hacia el lado de donde viene el tránsito automotor, nunca previendo la posibilidad de que un ciclista se aproxime desde la otra dirección. Gracias a esta evidencia es indispensable que la infraestructura vial ciclista, en un entorno urbano, se diseñe lo más próximo al carril de baja velocidad, de forma unidireccional, en el mismo sentido de circulación del tránsito automotor y procurando alta visibilidad en las intersecciones.

La infraestructura vial ciclista en un entorno urbano se debe diseñar lo más próxima al carril de baja velocidad, de forma unidireccional, en el mismo sentido de circulación del tránsito automotor y procurando alta visibilidad en las intersecciones.





4.2. Elementos generales para la circulación cómoda y segura

La superficie de rodadura de cualquier infraestructura vial ciclista debe asegurar una conducción cómoda y segura. La comodidad exige una superficie uniforme, sin baches o irregularidades en el pavimento (deben reducirse en la medida de lo posible, minimizando la fricción al pedalear). Además, la seguridad requiere una adherencia adecuada de las ruedas de la bicicleta. Por lo tanto, el material que se debe utilizar para la superficie de rodadura en infraestructura ciclista es el asfalto.

Asimismo, toda infraestructura vial ciclista debe contemplar la colocación de iluminación adecuada, mobiliario urbano (como los bicies-tacionamientos), vegetación y arbolado, así como otros servicios para los ciclistas. Es importante destacar la necesidad de considerar obras inducidas al momento de diseñar, con el fin de evitar que los usuarios se encuentren con obstáculos al circular por el carril ciclista; por ejemplo, el drenaje, la reubicación de mobiliario urbano y de postes de redes eléctricas y telefónicas.

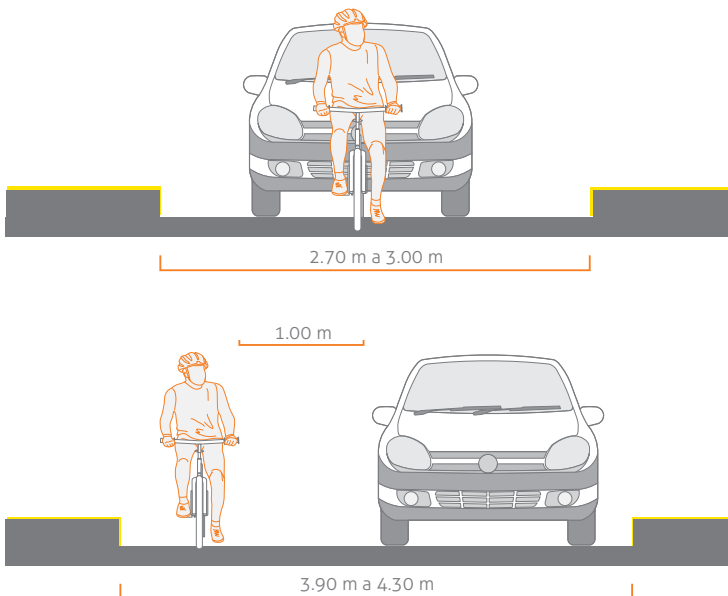
4.3. Infraestructura ciclista compartida

Aunque cuando se habla de infraestructura vial ciclista la mayoría de las personas piensa en vías segregadas del tránsito automotor, la realidad es que la mayor parte de los desplazamientos ciclistas se realizan de forma compartida con los demás vehículos. Además, gran parte de la red vial de las ciudades corresponde a vialidades de acceso y de tránsito local

en donde se circula a 30 Km/hr o menos, donde las velocidades y los volúmenes de los autos son perfectamente compatibles con la circulación ciclista. A pesar de lo anterior es necesario asegurarse, a través de medidas de pacificación del tránsito, que la convivencia se dé en las mejores condiciones para la circulación ciclista.

La infraestructura vial ciclista compartida puede darse tanto en el tratamiento de una vialidad completa, cuando ésta sea una vía de acceso, como en un solo carril de circulación, cuando se trate de vías colectoras o arterias. El principal secreto para asegurar la comodidad y la seguridad de los ciclistas en este tipo de intervención tiene que ver con los anchos de los carriles de circulación: cuando la dimensión del carril es menor a 3.00 metros, no hay posibilidad de que los vehículos automotores rebasen a los ciclistas, por lo que las normas y medidas para que los autos circulen a velocidades bajas deben ser muy rigurosas. En contraparte, las dimensiones entre 3.90 y 4.30 metros permiten que los automóviles rebasen a los ciclistas (sin cambiar de carril) de una forma segura.

Dimensión de carriles para infraestructura ciclista compartida



Para crear una vialidad compartida ciclista, es necesario implementar medidas de pacificación del tránsito.

4.3.1. Vialidad compartida ciclista

La vialidad compartida ciclista es una vía, colectoras o de acceso, que presenta bajos volúmenes de tránsito y que, por lo tanto, otorga facilidad para darle prioridad a la circulación ciclista, compartiendo el espacio con el tránsito automotor de forma segura. Esta infraestructura es creada a partir de la modificación de la operación de la vía, con circulación de vehículos motorizados únicamente del tránsito local. Generalmente, cuenta con estacionamiento en vía pública y con un solo carril efectivo de circulación por sentido. Requiere de dispositivos para regular la velocidad.

- Vías susceptibles a intervenir: vías colectoras o de acceso, con velocidades permitidas de hasta 30 Km/hr.
- Sección: los carriles de circulación deben ser menores a 3 metros de ancho para permitir que el ciclista controle el carril.

Esta intervención requiere de medidas para la pacificación del tránsito, con el objetivo de controlar las velocidades, limitar los conflictos entre usuarios y dar prioridad a las bicicletas. De forma adicional se deben incorporar tratamientos que faciliten el cruce de los ciclistas en las vías principales.

Este tipo de infraestructura ciclista funciona mejor en vialidades altamente conectadas (traza reticular), en las que los ciclistas pueden seguir rutas razonablemente directas y donde existen arterias paralelas para el tránsito pesado.

La implementación de vialidades compartidas ciclistas se realiza en cinco niveles; conforme mayor es el nivel, aumenta la intervención física y su costo de implementación:



Ventajas

- Sirve como ruta paralela a vialidades primarias que carecen de infraestructura ciclista.
- Sirve como vía alimentadora a vialidades primarias con infraestructura ciclista para viajes largos.
- Es fácil de aplicar en la mayoría de las vialidades locales y tiene costos más razonables.
- Además de los beneficios para el ciclista, mejora la calidad de vida de la zona en la que se implementa, reduce ruido, contaminación y accidentes de tránsito.

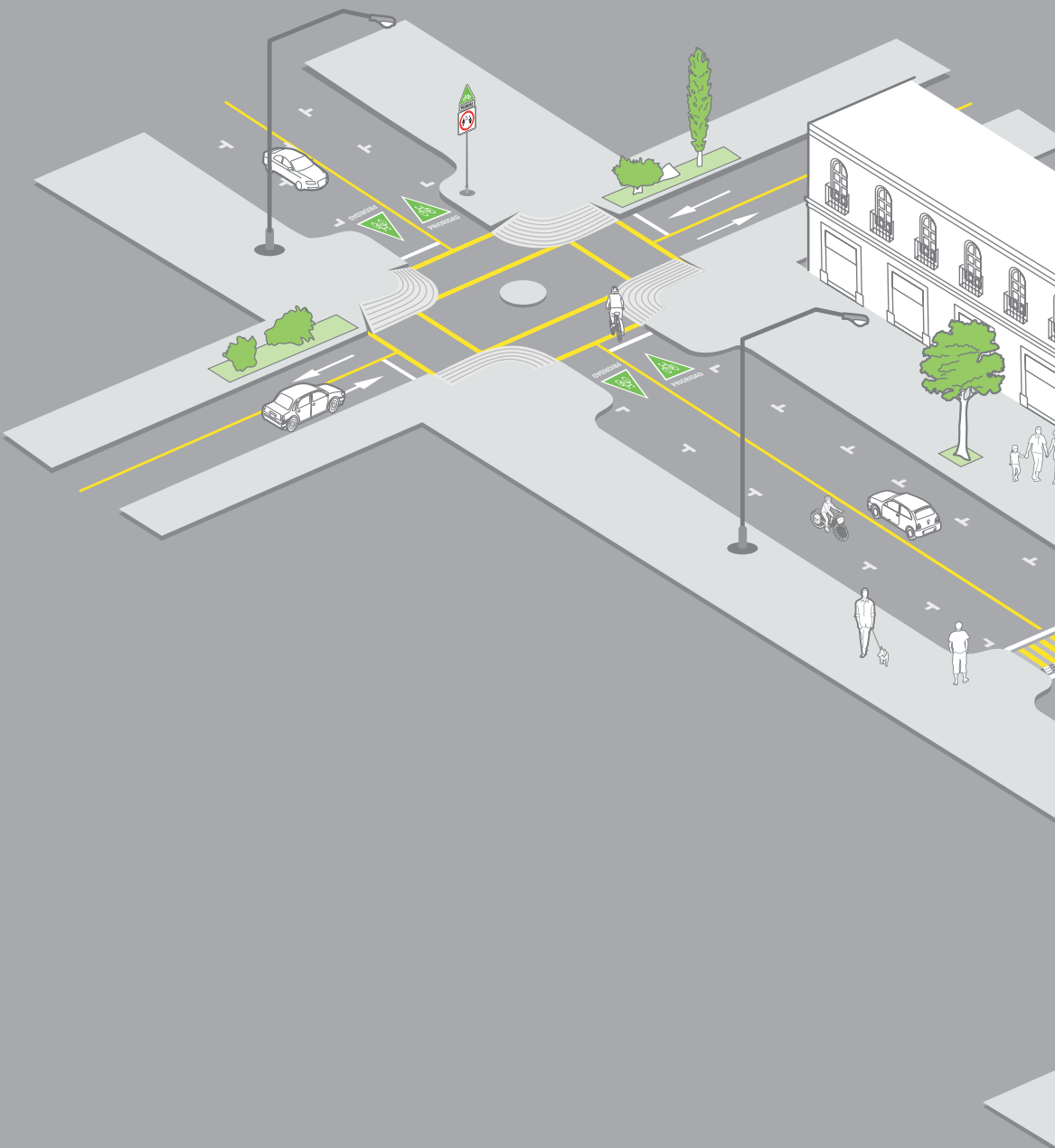
Desventajas

- Percepción de menor seguridad por parte de los ciclistas inexpertos, en comparación con la infraestructura segregada.

1. Señalización vertical: instalación de señalamientos informativos indicando que la vía es de tránsito compartido, así como señalamientos informativos de destino para ciclistas.
2. Señalamiento horizontal: colocación de marcas en el pavimento indicando que la vía tiene prioridad ciclista, al igual que marcas delimitando el espacio de estacionamiento.
3. Tratamiento de intersecciones: los dispositivos de control en las intersecciones deben favorecer la circulación continua y conveniente de los ciclistas, así como proveer las condiciones para el cruce seguro en las vialidades principales.
4. Pacificación del tránsito: se deben implementar las técnicas para pacificar el tránsito que se ajusten a las características de la vialidad, con el objetivo de hacer compatibles las velocidades de las bicicletas y los automóviles. Estas vialidades deben contar con dispositivos que obliguen a respetar la velocidad permitida.
5. Desviar el tránsito: se pueden utilizar técnicas para desincentivar el tránsito automotor de paso; consisten en mantener los viajes en bicicleta continuos y sin obstáculos, mientras se restringe físicamente el paso a los automóviles en ciertos puntos de la vialidad. Los desvíos dirigen el mayor flujo de automóviles hacia vialidades primarias paralelas, permitiendo únicamente la circulación de bicicletas y tránsito local de autos.

Los niveles más altos requieren la previa implementación de los niveles inferiores. Es decir, que en una vialidad donde se aplique el nivel 3 también es necesario aplicar el nivel 1 y el 2.





Vialidad compartida ciclista



4.3.2. Carril compartido ciclista

Un carril compartido ciclista es aquel que da preferencia para las bicicletas y en el que se comparte el espacio con el tránsito automotor. Ubicados siempre en el extremo derecho del arroyo vehicular, estos carriles se pueden implementar en arterias y vías colectoras. El primer carril de circulación es adaptado para permitir la convivencia de las bicicletas con el tránsito automotor; los ciclistas siempre deben circular en el sentido de circulación establecido en el carril. Esta es una excelente primera medida ciclista; genera un espacio de circulación ciclista que atrae a usuarios existentes, para posteriormente incorporar en la vía una infraestructura segregada para todo tipo de usuarios.

- Vías susceptibles a intervenir: arterias y vías colectoras con velocidades permitidas de hasta 50 Km/hr.
- Sección: los carriles de circulación deben ser entre 3.90 y 4.30 metros de ancho, para permitir el rebase del ciclista con una distancia de 1.00 metro.
- Delimitación: raya doble en el costado izquierdo para delimitar el carril exclusivo. En el caso de existir estacionamiento en la vía pública, se debe colocar una franja de mínimo 0.50 metros de ancho en el costado derecho, como amortiguamiento para la apertura de portezuelas.

Lo que se debe evitar en la infraestructura ciclista compartida

Los carriles de entre 3.10 y 3.80 metros deben evitarse, ya que promueven un rebase riesgoso de los ciclistas. Puede crearse confusión en los automovilistas en cuanto a la distancia que deben guardar con los ciclistas al realizar un adelantamiento, provocando incomodidad en los ciclistas, o incluso, en algunas ocasiones, los autos pueden golpear el manubrio y provocar que se pierda el control de la bicicleta.



Para su implementación se requiere:

- Redistribución del espacio vial: para obtener un ancho suficiente en el carril derecho, que permita el rebase seguro entre bicicletas y automóviles, se debe ajustar el ancho de los demás carriles.
- Señalización vertical: instalación de señalamientos informativos indicando que el carril derecho es de tránsito compartido.
- Señalamiento horizontal; colocación de marcas en el pavimento indicando que el carril derecho es de prioridad ciclista.
- Tratamiento de intersecciones: se deben colocar áreas de espera ciclista en todas las intersecciones semaforizadas, permitiendo el arranque preferente de los ciclistas al encender la luz verde del semáforo.
- Control de velocidad: es recomendable colocar reductores de velocidad que aseguren que la velocidad en el carril no sea mayor a 30 Km/hr. De esta forma se reducirá el riesgo de accidentes.

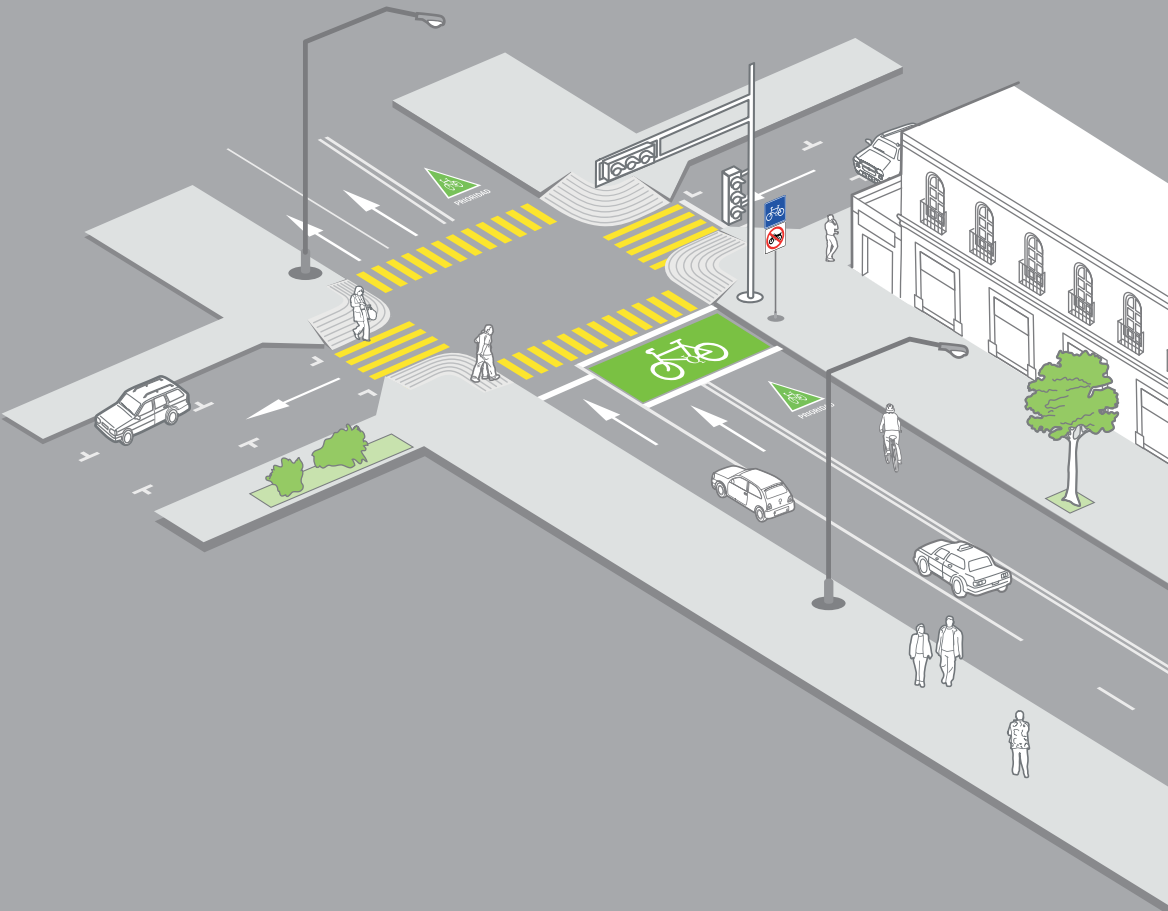
Ventajas

- Otorga un espacio de circulación cómodo y seguro para los ciclistas actuales.
- La ejecución es muy rápida y económica.
- Demuestra claramente un cambio en la prioridad de circulación.
- Acostumbra al automovilista a conferir el derecho de circulación a los ciclistas y permite irse apropiando del carril para uso exclusivo de bicicletas, con el fin de crear infraestructura ciclista segregada posteriormente.

Desventajas

- Esta intervención atrae a pocos ciclistas potenciales.
- El carril puede fomentar el estacionamiento ilegal.
- Requiere la colocación de un sello asfáltico o repavimentación del carril para implementar adecuadamente la medida.







Ventajas

- Su implementación es económica y se realiza en poco tiempo.
- Atrae a usuarios existentes y potenciales.
- Refuerza el derecho a los ciclistas a circular por el arroyo vehicular.

Desventajas

- El ciclocarril puede ser invadido por automóviles y motocicletas, por lo que requiere de apoyo de la policía de tránsito a través de operativos que eviten que sea invadido.
- Percepción de menor seguridad por parte de ciclistas inexpertos, en comparación con la infraestructura segregada.

4.4. Infraestructura ciclista delimitada

Un ciclocarril es una franja dentro del arroyo vehicular destinada exclusivamente para la circulación ciclista; se delimita a través del señalamiento de un carril en el costado derecho de la vía. Este carril debe ser unidireccional, con el mismo sentido de circulación que está establecido en la vialidad elegida. Se utiliza en arterias que no cuentan con estacionamiento o en vialidades colectoras con estacionamiento derecho.

- Vías susceptibles a intervenir: arterias y vías colectoras con velocidades permitidas de hasta 50 Km/hr.
- Sección: ancho mínimo de 1.50 metros en áreas urbanas.
- Delimitación: raya doble en el costado izquierdo para delimitar carril exclusivo.

La implementación de ciclocarriles provoca un cambio en el comportamiento de todos los usuarios que, al ver un espacio de circulación exclusivo disminuyen sus precauciones y elevan su velocidad, reduciendo el nivel de seguridad que genera la delimitación. Por lo mismo, el ancho de los carriles se vuelve un factor clave, ya que los espacios amplios generan velocidades altas y las secciones estrechas generan maniobras riesgosas (Sanz, 1999).

Los factores a considerar para establecer el ancho de un ciclocarril son:

- Rebase de ciclistas lentos utilizando el área del ciclocarril.
- Estacionamiento de automóviles a la derecha del ciclocarril.
- Volumen del tránsito ciclista.
- Volumen y velocidad de los automóviles.

Lo que se debe evitar en la infraestructura ciclista delimitada

En ningún caso se deben implementar ciclocarriles bidireccionales o ciclocarri-les que vayan en el mismo sentido de circulación vehicular en el costado izquierdo de la vía. En caso de existir estacionamiento en vía pública, siempre se debe destinar un área de amortiguamiento para la apertura de portezuelas.

La implementación de esta infraestructura ciclista se realiza a través de:

- Redistribución del espacio vial: se requiere ajustar el ancho de todos los carriles de la vía o eliminar un carril de circulación o de estacionamiento para asignar el espacio del ciclocarril. Los carriles de circulación adyacentes al ciclocarril deben medir mínimo 3.00 m en áreas urbanas y 3.50 m en áreas interurbanas.
- Señalización vertical: instalación de señalamientos informativos indicando que existe el servicio de ciclocarril, así como señalamientos restrictivos indicando la prohibición de motocicletas en ese espacio.
- Señalamiento horizontal: colocación de marcas en el pavimento para delimitar el ciclocarril, así como marcas de identificación de carriles ciclistas. Cuando exista estacionamiento adyacente, se deben marcar los cajones de estacionamiento y colocar una franja de amortiguamiento con un mínimo de 0.50 m para la apertura de portezuelas. En accesos a cocheras, se deben utilizar marcas para indicar el cruce ciclista. Es ideal colocar señalamientos de destinos ciclistas y de identificación de ruta.



- Tratamiento de intersecciones: se deben colocar áreas de resguardo ciclista en las intersecciones, ya sea para permitir el arranque prioritario cuando exista vuelta a la derecha o para permitir que los ciclistas giren a la izquierda. Se deben colocar marcas indicando el área de cruce ciclista en todas las intersecciones; es recomendable instalar orejas si existe estacionamiento adyacente.
- Aplicación de la ley: es muy común que este tipo de infraestructura sea invadida por estacionamiento ilegal, por lo que es indispensable contar con un programa permanente de sanciones a los automovilistas que invadan el área de circulación ciclista.

Dimensiones de ciclocarriles en áreas urbanas*		
Tipo	Más de 1,500 ciclistas/día	Menos de 1,500 ciclistas/día
Ciclocarril sin estacionamiento a un costado	2.25 m	1.50 m
Ciclocarril con estacionamiento a un costado	2.50 m	1.50 m
* Dimensiones para velocidades de diseño de 30 Km/hr en zonas planas.		

Dimensiones de ciclocarriles en áreas interurbanas*		
	Mayor a 70 Km/hr	Menor a 70 Km/hr
Para volúmenes vehiculares mayores a 2,000 autos/día	2.50 m	1.70 m
Para volúmenes vehiculares menores a 2,000 autos/día	2.50 m	1.70 m
* Dimensiones para velocidades de diseño de 40 Km/hr en zonas planas.		



Ciclocarril



4.5. Infraestructura ciclista segregada

La ciclovía unidireccional es una vía o sección de una vía exclusiva para la circulación ciclista físicamente separada del tránsito automotor pero dentro del arroyo vehicular. Se debe establecer como un carril unidireccional, en el sentido de circulación del tránsito y ubicarse en el extremo derecho del arroyo vehicular.

- Vías susceptibles a intervenir: arterias y vías colectoras con velocidades permitidas entre los 50 y 70 Km/hr.
- Sección: el ancho efectivo de circulación óptimo es entre 2.00 y 4.00 m, dependiendo del número de usuarios.
- Confinamiento: en vialidades sin estacionamiento en vía pública, se deben colocar elementos de confinamiento con un ancho mínimo de 0.50 m, acompañados de raya doble para delimitar el carril exclusivo. La separación entre las rayas corresponde al ancho del confinamiento.

El ancho mínimo de una ciclovía unidireccional segregada se define en función del número de ciclistas que circulan en ella en hora pico (o haciendo una proyección de cuando ya esté implementado).

Lo que se debe evitar en la infraestructura ciclista segregada

En contextos urbanos no se deben implementar ciclovías bidireccionales o ciclovías que vayan en el mismo sentido de circulación vehicular en el costado izquierdo de la vía. Se deben evitar las ciclovías sobre los camellones y sobre las banquetas existentes, dado que ponen en riesgo a los ciclistas en las intersecciones y tienden a ser invadidas por peatones. En caso de existir estacionamiento en vía pública, siempre se debe colocar un área de amortiguamiento para la apertura de portezuelas.

Para segregar los tránsitos peatonal, ciclista y automotor existe una variedad de medidas:

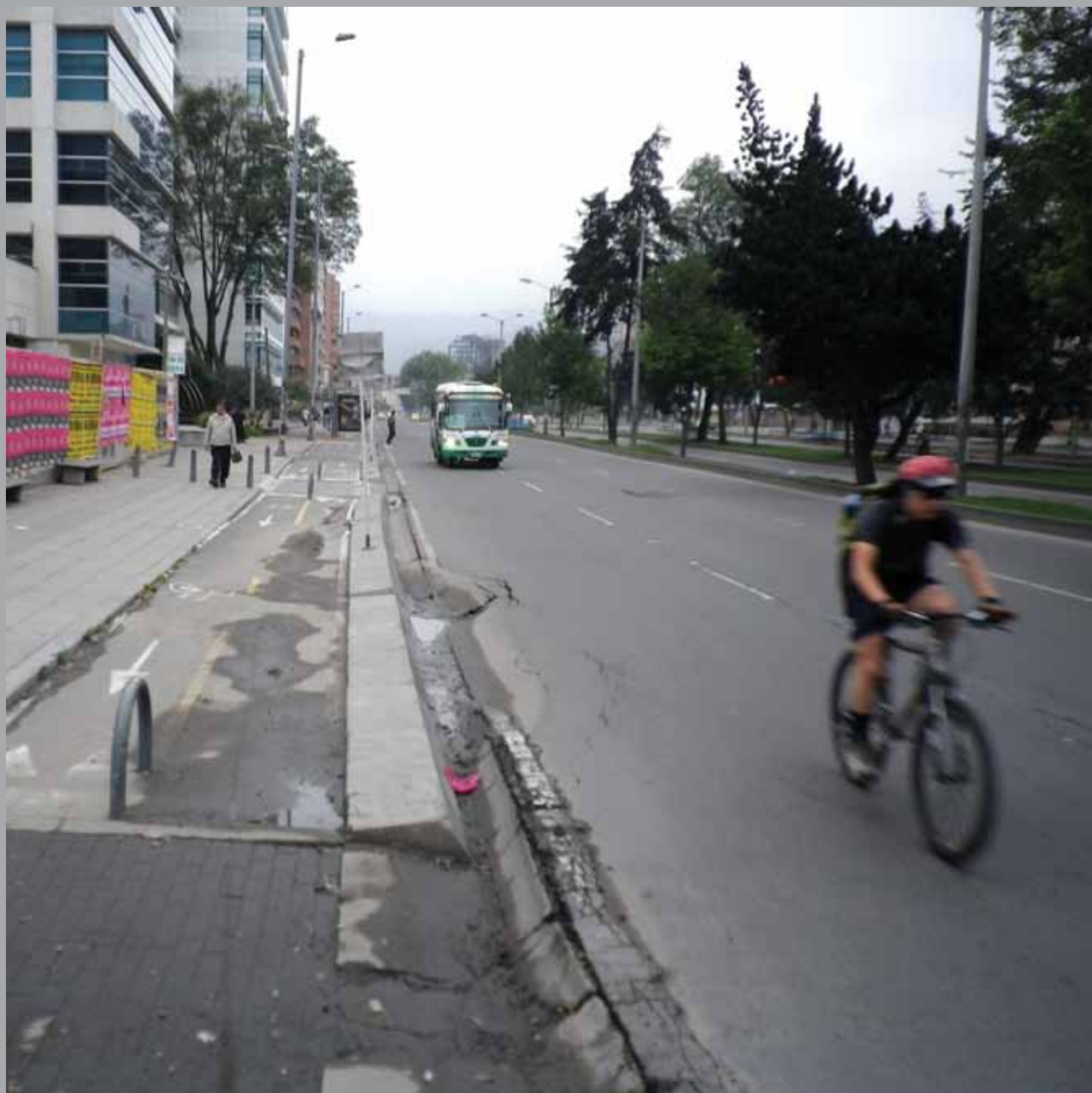
- fajas separadoras (guarniciones);
- elementos de confinamiento prefabricados;
- elevación del pavimento;
- Vegetación o área de estacionamiento adyacente.

Cuando haya un área de estacionamiento se puede utilizar el cordón del estacionamiento como confinamiento, complementándolo con una franja de mínimo 0.50 m de ancho como amortiguamiento para la apertura de portezuelas.

En todos los casos se debe cuidar que, al acercarse a las intersecciones, el flujo ciclista y automotor sean visibles y se integren de forma segura para evitar colisiones, sobre todo por giros a la derecha de los vehículos motorizados. Esto implica dejar por lo menos 10.00 m libres de obstáculos para visualizar al ciclista antes de cualquier intersección. Otro aspecto que se debe cuidar son las bahías para ascenso y descenso del transporte público y para las maniobras de vehículos de servicio o de distribución.

La implementación de esta infraestructura se realiza a través de:

- Redistribución del espacio vial: se requiere ajustar el ancho de todos los carriles de la vía o eliminar un carril de circulación o estacionamiento para asignar el espacio de la ciclovía.
- Señalización vertical: instalación de señalamientos informativos indicando que existe el servicio de ciclovía y de señalamientos restrictivos indicando la prohibición de motocicletas en este espacio. Es ideal colocar señalamientos de destinos ciclistas y de identificación de la ruta.
- Señalamiento horizontal: colocación de elementos de confinamiento con reflectante o separación física y raya doble para delimitar el carril exclusivo, así como colocación de marcas de identificación de carriles ciclistas.



Dimensiones de ciclovías unidireccionales en áreas urbanas*	
Volumen ciclista unidireccional en hora pico (ciclistas/hr)	Ancho de carril
0 - 150	2.00 m
150 - 750	3.00 m (2.50 m mínimo)
>750	4.00 m (3.50 m mínimo)
* Dimensiones para velocidades de diseño de 30 Km/hr en zonas planas. Adaptado de: CROW, 2007.	

Cuando exista estacionamiento adyacente en el costado izquierdo, se deben marcar los cajones de estacionamiento y colocar una franja de amortiguamiento con un mínimo de 0.50 m para la apertura de portezuelas. En accesos a cocheras se deben utilizar marcas para indicar el cruce ciclista.

- Tratamiento de intersecciones: se deben colocar áreas de resguardo ciclista en las intersecciones, ya sea para permitir el arranque prioritario cuando exista vuelta a la derecha o para permitir que los ciclistas giren a la izquierda. Se deben colocar marcas para indicar el área de cruce ciclista en todas las intersecciones y es recomendable instalar orejas si existe estacionamiento adyacente.
- Aplicación de la ley: es muy común que este tipo de infraestructura sea invadida en los accesos a intersecciones y cocheras, por lo que es indispensable contar con un programa permanente que sancione a los automovilistas que invadan el área de circulación ciclista.

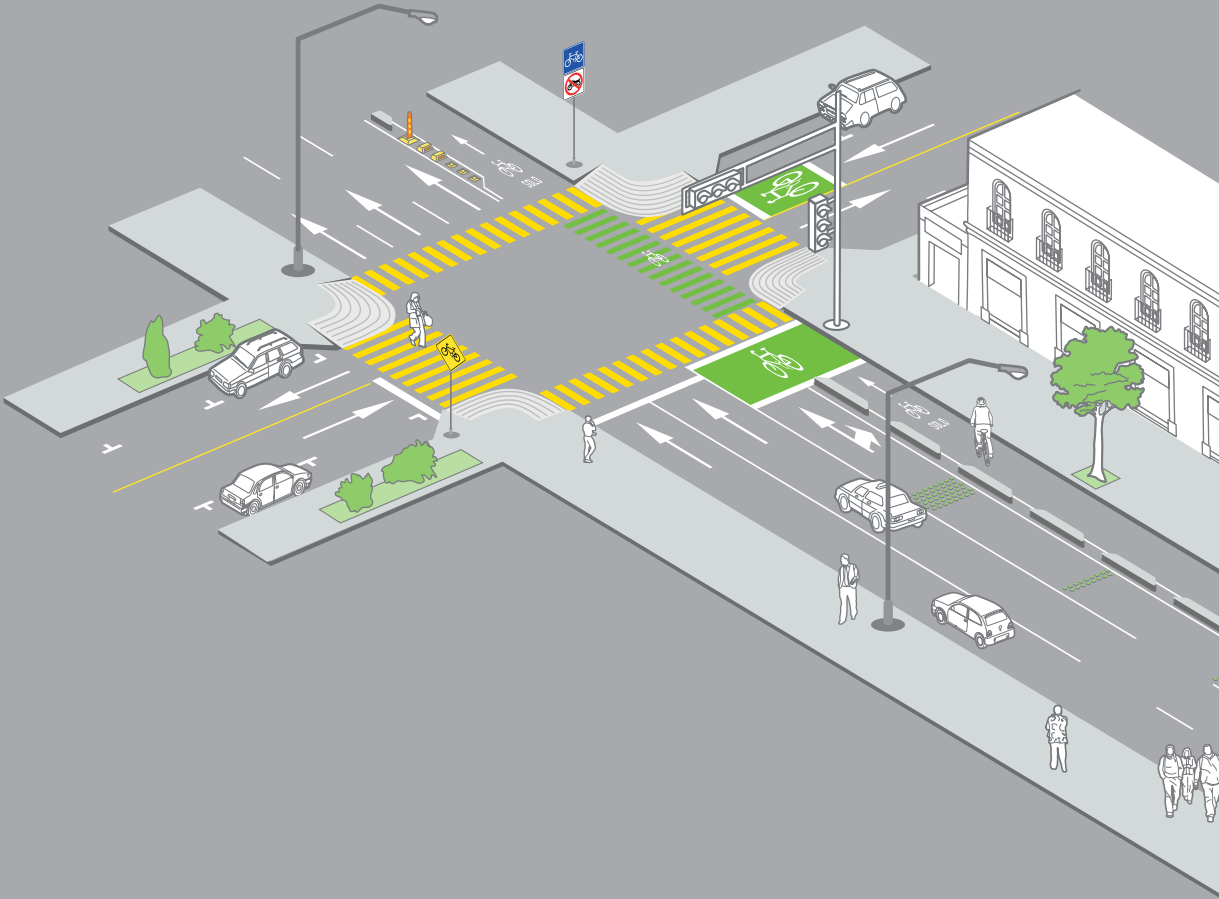
Ventajas

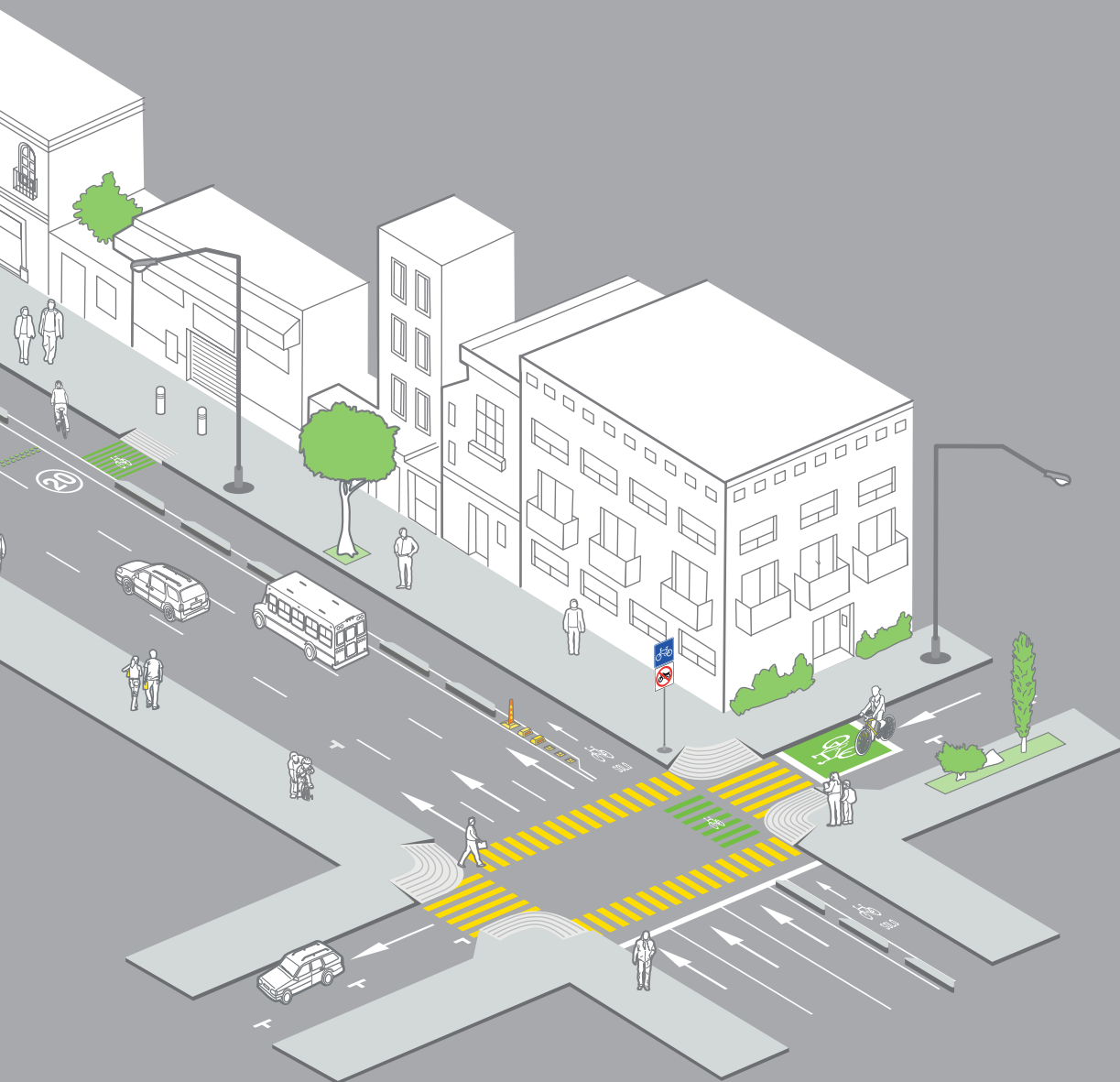
- Da una percepción de gran comodidad y seguridad, por lo que atrae a usuarios existentes y potenciales.
- Mejora la imagen urbana de las vías donde se implementa.
- Es una acción contundente que demuestra un cambio en la prioridad de circulación.

Desventajas

- Su implementación es más costosa y se realiza en un mayor plazo de tiempo.
- Es una implementación socialmente difícil ya que reduce la capacidad de la vía, por lo que requiere de voluntad política.
- Requiere del apoyo de la policía de tránsito, a través de operativos que eviten que sea invadido por autos estacionados en los accesos a cocheras y en las intersecciones.







4.6. Infraestructura ciclista de trazo independiente

La infraestructura ciclista de trazo independiente se refiere a aquellas vialidades exclusivas para la circulación ciclista, apartadas de la circulación del tránsito automotor y cuyo espacio de diseño no depende de la redistribución del arroyo vehicular. Normalmente son bidireccionales, aunque se pueden diseñar de manera unidireccional.



- Áreas susceptibles a intervenir: únicamente deben ubicarse en áreas verdes, derechos de vía, cauces o zonas federales, áreas naturales protegidas y áreas interurbanas. Como excepción se pueden colocar en camellones con escasas intersecciones (una cada 500 m como mínimo), siempre y cuando no sea necesario cruzar más de 3 carriles para acceder al camellón (incluyendo el carril de estacionamiento).
- Sección: el ancho efectivo de circulación bidireccional debe ser entre 2.60 y 4.00 m, dependiendo del número de usuarios.
- Área de amortiguamiento: siempre se debe contemplar un área de amortiguamiento de 1.00 m de ancho en cada costado de la ciclovía. En caso de que exista un área de circulación peatonal adyacente, ésta debe contar con un ancho mínimo de 2.00 m.

El ancho mínimo de una ciclovía bidireccional se define en función del número de ciclistas que circulan en ella en hora pico.

Cuando los estudios preliminares determinen que en el trazo hay un flujo peatonal, se debe considerar un área de circulación adyacente al trazo de la ciclovía, delimitada con marcas en el pavimento o con un cambio de material en la superficie.

Este tipo de infraestructura no requiere quitar espacio de la vía para su creación, ya que se establece en áreas donde existe un derecho de vía o en espacios abiertos.

Lo que se debe evitar en la infraestructura ciclista de trazo independiente

En entornos urbanos no se deben implementar ciclovías bidireccionales, salvo en escasas excepciones. Se deben evitar ciclovías sobre los camellones, dado que ponen en riesgo a los ciclistas en las intersecciones y tienden a ser invadidas por peatones.

Dimensiones de ciclovías bidireccionales*	
Volumen ciclista bidireccional en hora pico (ciclistas/hr)	Ancho de vía
0 - 50	2.60 m
50 - 150	2.50 a 3.00 m
> 150	3.50 a 4.00 m
* Dimensiones para velocidades de diseño de 40 Km/hr en zonas planas. Adaptado de: CROW, 2007.	

Dimensiones de faja separadora en ciclovías interurbanas	
Velocidad máxima de la vía adyacente	Ancho de faja separadora
60 Km/hr	≥ 1.50 m
≥ 80 Km/hr	≥ 4.50 m
> 100 Km/hr	> 6.00 m

En las áreas interurbanas, cuando existe una carretera de dos carriles, se puede colocar una ciclovía bidireccional a un costado. Cuando se trate de una carretera de cuatro o más carriles y existan destinos en ambos lados de la carretera, es recomendable colocar un cuerpo de ciclovía bidireccional en ambos lados, siempre contemplando una faja separadora.

La implementación de esta infraestructura se realiza a través de:

- Señalización vertical: instalación de señalamientos informativos indicando que existe el servicio de ciclovía y señalamientos restrictivos indicando la prohibición de motocicletas en este espacio. Es ideal colocar señalamientos de destinos ciclistas y de identificación de ruta.
- Señalamiento horizontal: colocación de raya separadora de sentido de circulación y rayas delimitadoras de área de circulación, así como marcas de identificación de carriles ciclistas.
- Tratamiento de intersecciones: se deben colocar marcas indicando el área de cruce ciclista en todas las intersecciones y, en caso de existir barreras urbanas o naturales, se deben colocar pasos a desnivel.
- Faja separadora: en caso de colocarse junto a un cuerpo vial, se debe contemplar el espacio para una faja separadora.
- Estaciones de servicios: colocación de equipamientos y servicios complementarios.

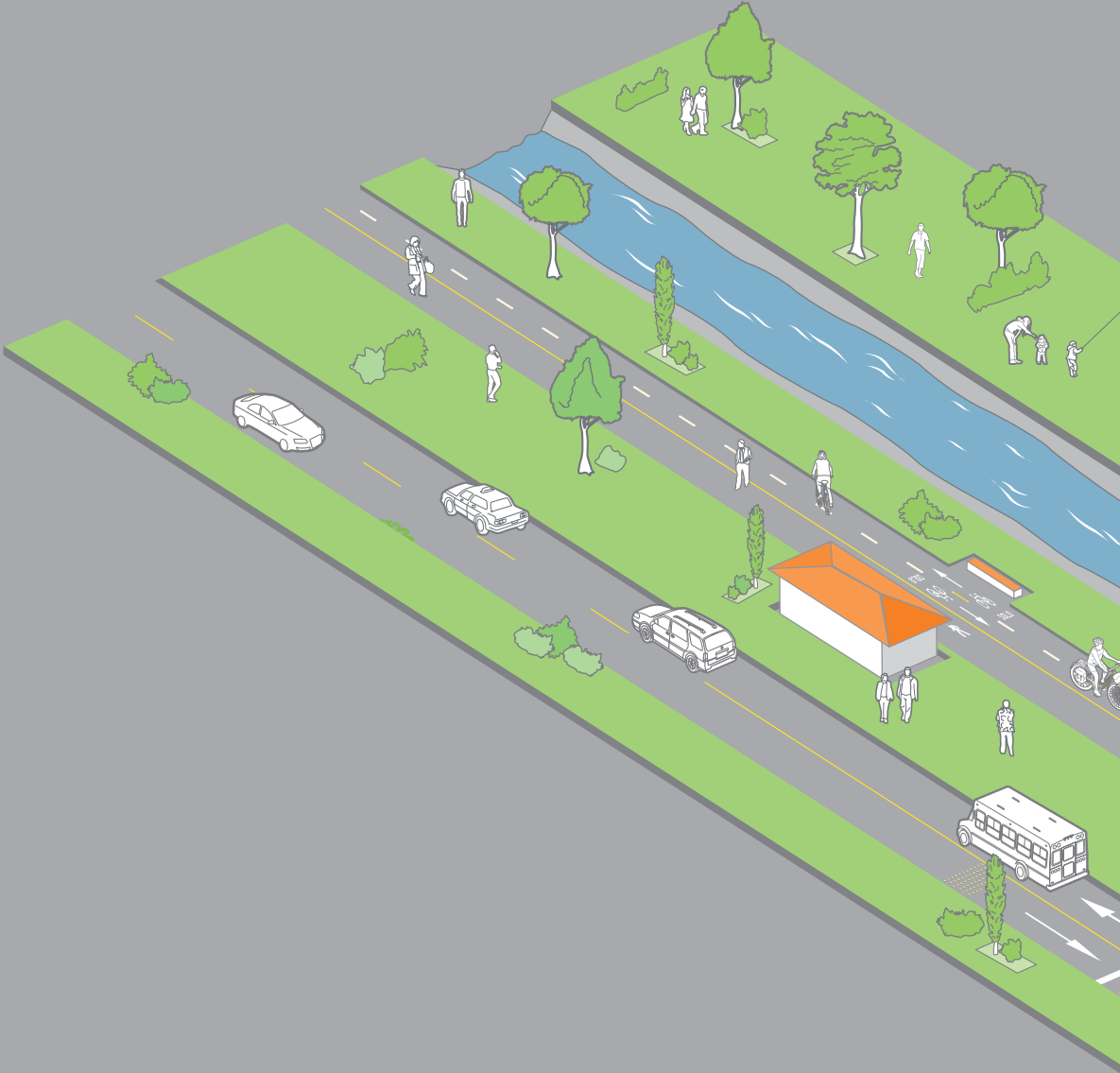
Ventajas

- Es una excelente opción para conectar una zona suburbana con una urbana, especialmente si las opciones de transporte son limitadas.
- Permite hacer viajes de recreación y turismo.
- Permite la recuperación de espacios abandonados.

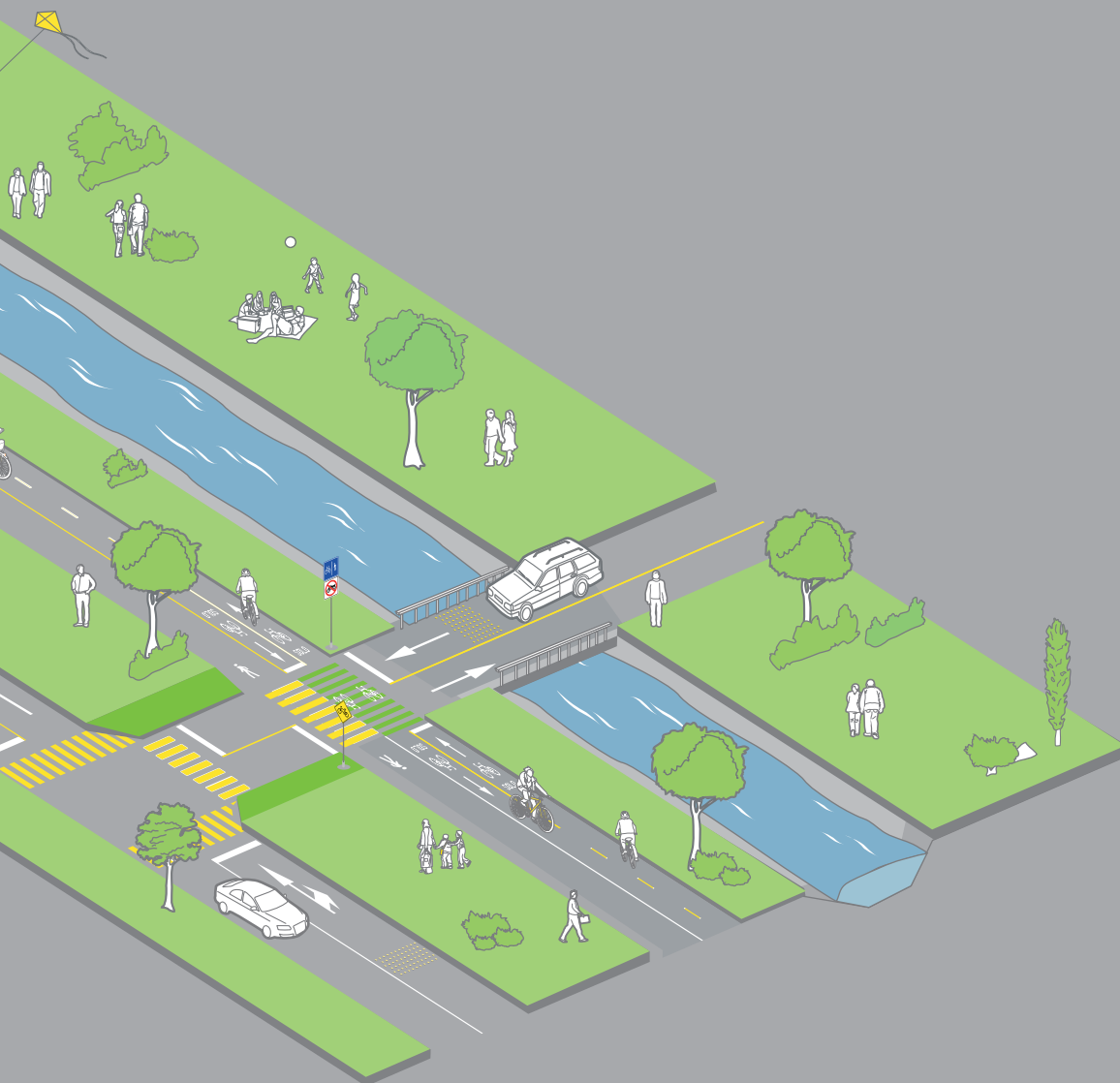
Desventajas

- Su implementación es más costosa y se realiza en un mayor plazo de tiempo.
- Requiere de apoyo de la policía de tránsito, a través de operativos que eviten que sea invadido por asentamientos informales.
- Requiere un plan de manejo a largo plazo, dado que es susceptible a un rápido deterioro.





Ciclovia bidireccional







5. TRATAMIENTOS ESPECÍFICOS

Gran parte del éxito de una infraestructura vial ciclista se obtiene al dar un tratamiento adecuado a las zonas donde se pueden presentar posibles conflictos con los demás usuarios de la vía. Asimismo, en las vialidades donde existen proyectos para el transporte público y el espacio es limitado, dificultándose la construcción de una infraestructura exclusiva para la bicicleta, se debe otorgar un área adecuada a los modos más eficientes de movilidad y no simplemente restringir su circulación.

A continuación se detallan las diversas soluciones de diseño para casos recurrentes de la infraestructura vial ciclista, que tienen como objetivo fomentar una interacción adecuada entre ciclistas y otros usuarios de la vía. Además, se explican los tratamientos para evitar las barreras urbanas al contruir infraestructura ciclista.

5.1. Ciclistas y transporte público

Es frecuente que la infraestructura ciclista se encuentre en una vía que cuenta con servicio de transporte público de pasajeros. Dado que los ciclistas normalmente circulan en el extremo derecho de la vía, donde comúnmente los vehículos de transporte público realizan maniobras de ascenso y descenso de pasajeros, es necesario identificar soluciones que minimicen los conflictos que se puedan suscitar entre ambos tipos de vehículos, así como con los peatones que abordan las unidades de transporte público.

5.1.1. Vías ciclistas con paradas de transporte público

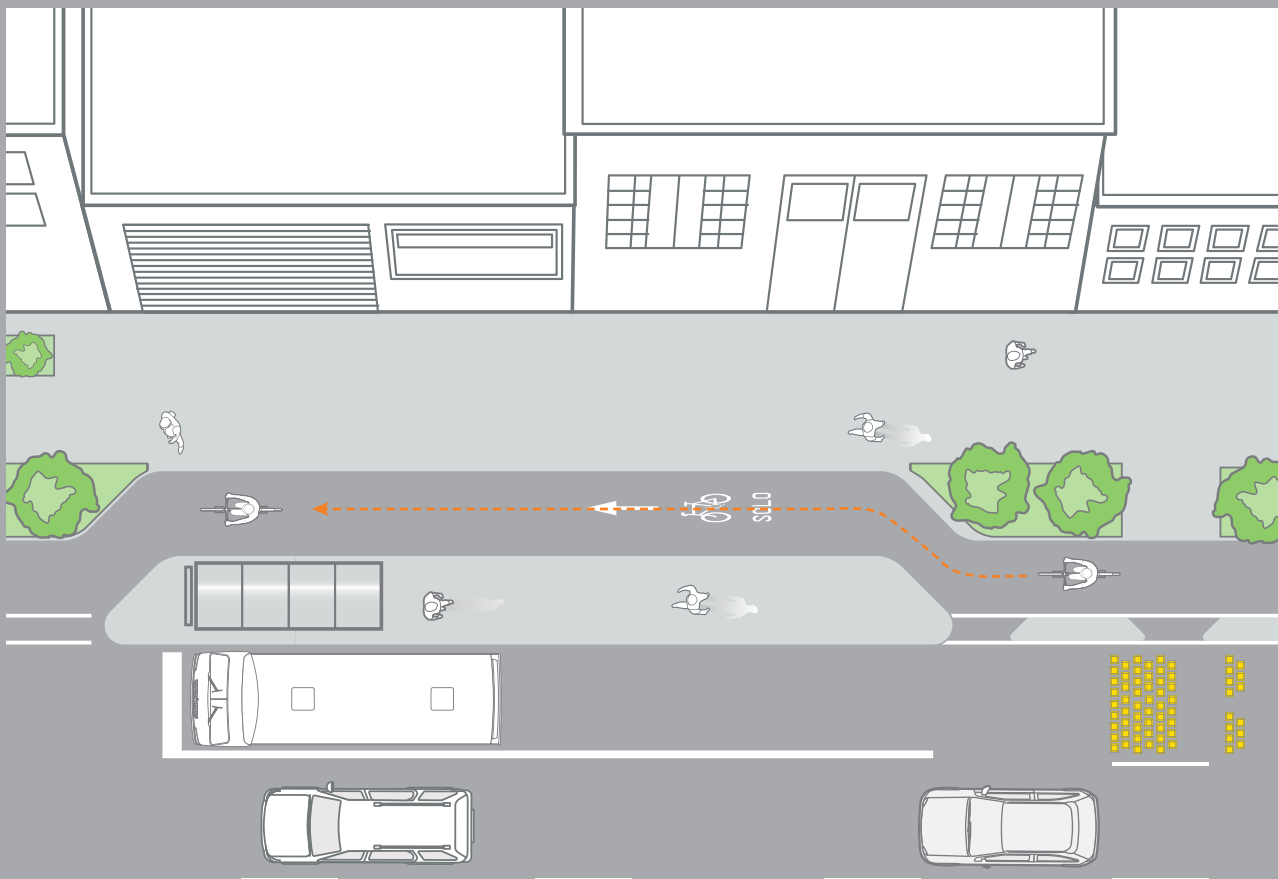
Existen cuatro soluciones utilizadas alrededor del mundo para resolver el conflicto que se presenta al implementar una infraestructura ciclista delimitada o segregada que cuente con paradas de transporte público. Cada una es aplicable dependiendo de la disponibilidad del espacio en la vía y otorga diferentes niveles de seguridad y comodidad a los usuarios.



a. Parada de transporte público con desvío ciclista

En esta solución se coloca el cobertizo de la parada de transporte público (parabús) sobre la trayectoria del carril ciclista, por lo que las bicicletas tienen que rodear el mobiliario urbano por la parte posterior, en el sitio donde originalmente se encontraba el parabús. De esta forma, los vehículos de transporte público realizan las maniobras sobre su carril de circulación.

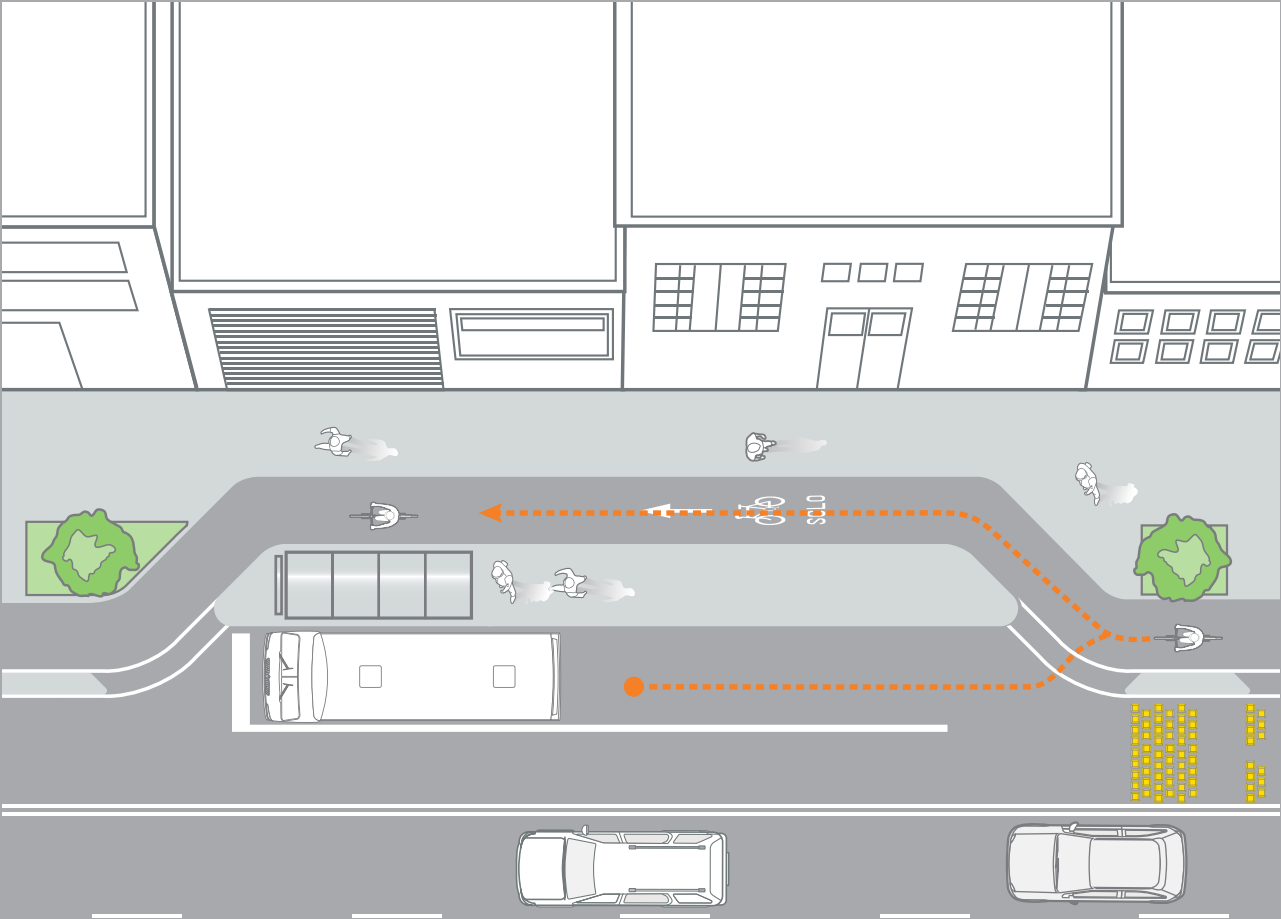
Esta opción es recomendable sólo cuando la franja de mobiliario urbano tiene una superficie amplia que permite la circulación ciclista sin invadir el área de circulación peatonal.



b. Parada de transporte público con trayectoria dual ciclista

Cuando se cuenta con una banqueta amplia, se puede seleccionar un diseño con el que el parabús continúe en su ubicación original y el ciclista pueda optar por circular de frente o rodear el mobiliario.

En este caso, se elimina el confinamiento del carril ciclista en el área de la parada de transporte público y se construye un desvío por la parte posterior del mobiliario sobre el área de circulación peatonal. De esta forma, los ciclistas tienen que rodear el parabús cuando un vehículo de transporte público se incorpore al carril de bicicletas para el abordaje de pasajeros o pueden seguir de frente si en ese momento no hay algún vehículo haciendo maniobras.



c. Parada de transporte público con área compartida peatón - ciclista

Al elevar el carril ciclista a nivel de banqueta, a través de un reductor de velocidad tipo lomo, se crea una oreja para el ascenso y descenso de pasajeros del transporte público, por lo que no es necesario modificar la ubicación original del parabús.

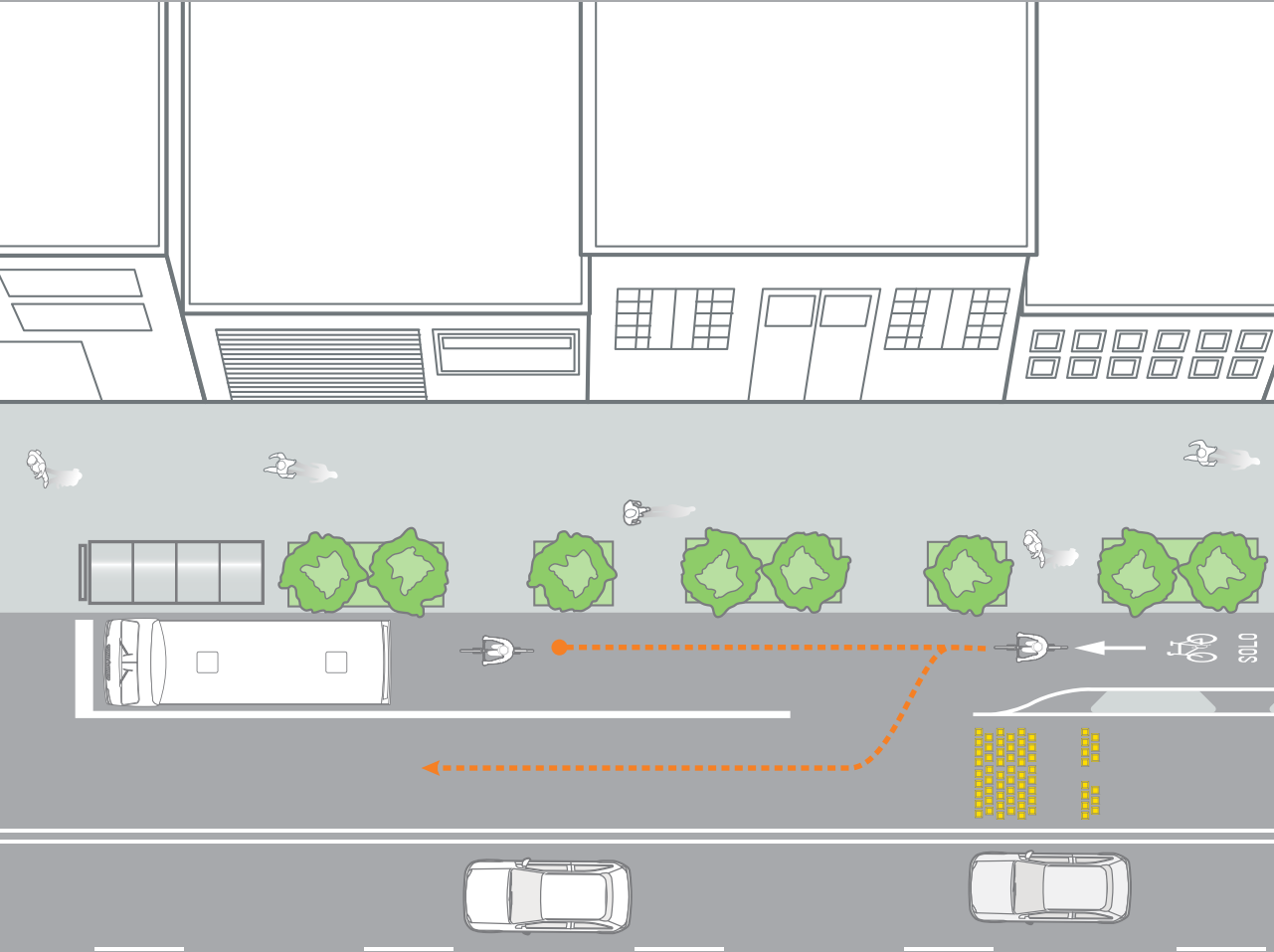
Con dicha configuración el peatón tiene preferencia de paso, por lo que el ciclista es obligado a detenerse cuando los vehículos de transporte público hacen alto para subir y bajar pasajeros.



d. Parada de transporte público con bahía compartida bus - bicicleta

Para esta solución, se requiere interrumpir el confinamiento del carril ciclista para convertirse en una bahía en la que los autobuses se incorporan para el ascenso y descenso de pasajeros. De esta forma, el ciclista tiene que detenerse cuando hay un vehículo de transporte público haciendo maniobras o puede seguir de frente si el espacio se encuentra vacío.

En esta situación la posición del parabús no se modifica y puede utilizarse tanto para infraestructura ciclista segregada como para la delimitada.



Fortalezas y debilidades de los diversos tratamientos de parada de transporte público				
a	b	c	d	Fortalezas
	X		X	Permite el rebase de vehículos de transporte público.
	X	X	X	Responde al deseo natural de circulación ciclista.
X		X	X	No afecta el área de circulación peatonal existente.
			X	No hay conflicto con peatones (los usuarios más vulnerables).
		X	X	No hay derribo de árboles o reubicación de postes.
	X	X	X	No requiere reubicación del parabús existente.
			X	Implica menor inversión económica.
			X	Implica menor esfuerzo de gestión.
1/8	3/8	4/8	8/8	
a	b	c	d	Debilidades
X	X	X		Posibles colisiones entre peatones y ciclistas.
	X		X	Posibles colisiones entre autobuses y ciclistas.
X	X			Implica derribo de árboles y reubicación de postes y mobiliario.
X				Implica reubicación del parabús.
X	X	X		No responde al deseo natural de circulación ciclista, al implicar desvío de trayectoria y reducción de velocidad ciclista.
		X	X	En ocasiones, el ciclista deberá detenerse y esperar ante la presencia de un autobús.
X	X	X		En caso de alta afluencia de pasajeros en ascenso y descenso, los ciclistas están obligados a detenerse y ceder el paso.
X	X			Implica la colocación del parabús lejos de la esquina (donde se encuentra el cruce peatonal) debido al espacio necesario para reincorporar a los ciclistas al arroyo vehicular.
X				Implica mayor costo de inversión económica.
X				Implica mayor esfuerzo de gestión.
8/10	6/10	4/10	2/10	

5.1.2. Carril ciclista compartido con transporte público

Los carriles ciclistas compartidos con el transporte público son una modalidad de los carriles compartidos descritos en el capítulo anterior. Conocido coloquialmente como carril «bus-bici», éste es un carril preferente para la circulación ciclista compartido con el transporte público, ubicado en el extremo derecho del arroyo vehicular o en contraflujo.



Esta solución ha demostrado ser bastante eficiente en países como Francia, Alemania, Irlanda, Reino Unido y Dinamarca. Su éxito se debe a que el autobús es el mejor aliado de la bicicleta para evitar que el carril sea invadido por vehículos automotores, en especial en intersecciones y accesos a cocheras. En el caso de un carril en contraflujo, es más fácil para los usuarios entender la circulación bidireccional de las bicicletas, por lo que aumenta la seguridad.

El carril bus- bici es una medida de bajo costo, fácil implementación y alta rentabilidad ambiental, excelente como primera medida en el proceso de generación de un espacio de circulación de bicicletas para un mayor número de usuarios existentes, sin reducir mayormente el espacio destinado a los vehículos automotores.

- Vías susceptibles a intervenir: arterias y vías colectoras con velocidades permitidas de hasta 50 Km/hr, con un carril exclusivo para transporte público en el extremo derecho de la vía y/o en contraflujo.
- Sección: los carriles de circulación deberán tener una dimensión entre 4.30 m a 4.60 m de ancho para permitir el rebase entre vehículos con una distancia adecuada; este ancho es indispensable, sobre todo cuando el carril está segregado y los ciclistas no tienen la posibilidad de incorporarse de forma rápida al segundo carril de circulación para realizar una maniobra de emergencia.
- Confinamiento: este tipo de carril deberá implementarse exclusivamente cuando el carril esté protegido por elementos de confinamiento acompañados de raya doble separadora de carril.

Cuestiones a evitar en infraestructura compartida con transporte público

Las secciones menores a 4.30 m deben evitarse pues promueven un rebase riesgoso entre ciclistas y vehículos de transporte público. Asimismo, carriles mayores a 4.60 m alientan la invasión por automóviles para el estacionamiento informal. Al implementar un carril compartido en contraflujo, siempre deberán existir semáforos para el transporte público e, idealmente, semáforos ciclistas. Nunca se deberá delimitar el carril ciclista dentro de un carril exclusivo para el transporte público, pues genera conflictos en los puntos de parada del transporte público y genera puntos ciegos en intersecciones, poniendo en riesgo a los ciclistas. En caso de colocarse entre los autobuses y autos, se convierte en un carril extremadamente incómodo e inseguro (la experiencia francesa de más de 10 años denota que siempre será más seguro un carril compartido al 100%).

Ventajas

- Otorga un espacio de circulación cómoda y segura a los ciclistas existentes.
- Su ejecución es muy rápida y económica.
- Es una acción muy vistosa para demostrar un cambio en la prioridad de circulación.
- El ancho del carril compartido provee la posibilidad al autobús de circular en un área más amplia para hacer maniobras de evasión de obstáculos cuando no circulen ciclistas por el mismo carril.
- Cuando hay un autobús descompuesto, los que vienen detrás (autobuses o bicicletas) tienen un mayor espacio para hacer el rebase sin invadir el segundo carril de circulación.
- Los autobuses se vuelven un aliado ante la invasión del área de circulación ciclista, sobre todo en los accesos a cocheras.
- Se reducen los conflictos entre ciclistas y peatones, principalmente en las paradas de transporte público, dada la posibilidad del rebase izquierdo.
- Puede ser más fácil justificar una vía para autobús/ bicicleta que una vía sólo para bicicletas.

Desventajas

- Esta intervención atrae a pocos usuarios potenciales.
- Requiere la colocación de un sello asfáltico o repavimentación del carril para implementar adecuadamente la medida.

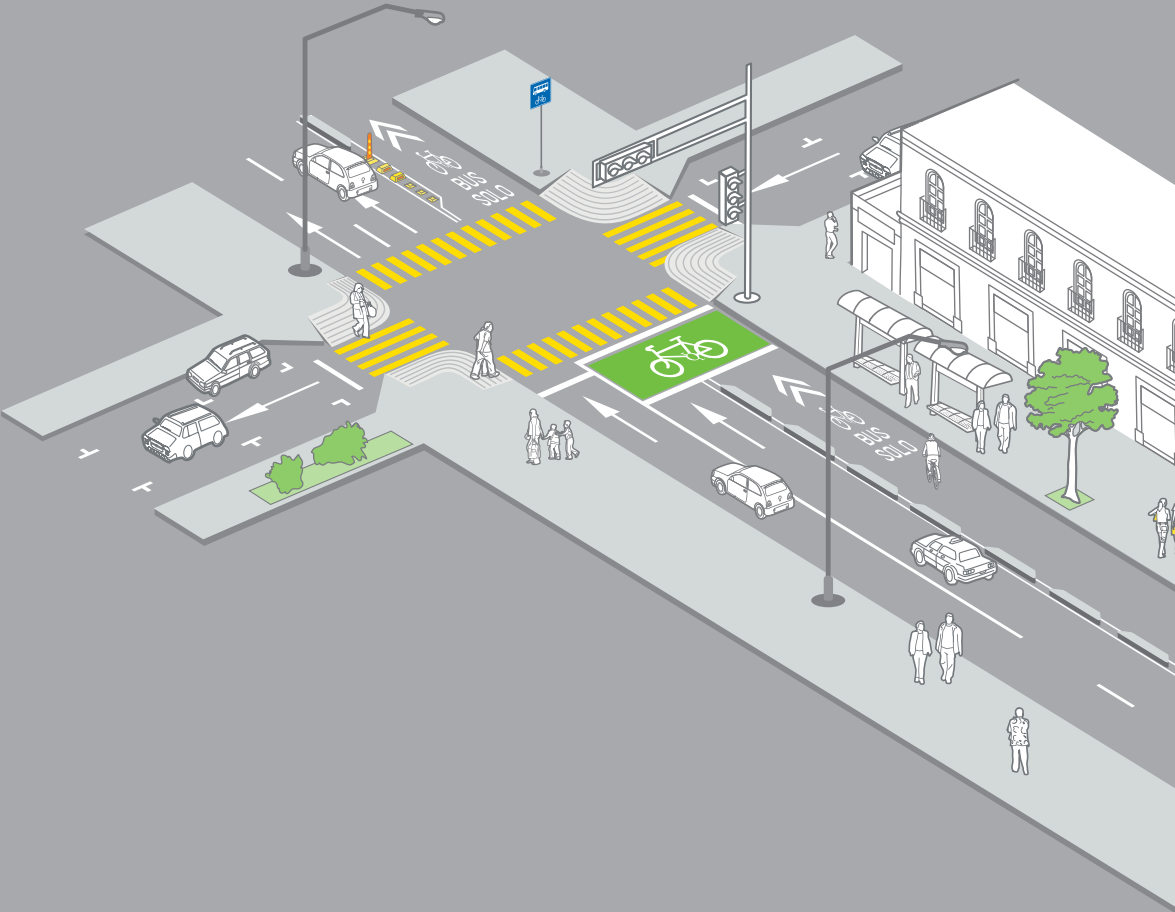
Los diseñadores deben tomar los siguientes factores en consideración cuando planeen un carril bus-bici:

- Frecuencia del servicio de transporte: es aconsejable que la frecuencia de paso de los autobuses sea mayor a 2 minutos.
- Velocidades de los autobuses: un arranque lento de los autobuses permite a los ciclistas un arranque más cómodo, mejorando las condiciones de visibilidad entre ambos modos.
- Volumen del tránsito automotriz: volúmenes altos en los movimientos direccionales que interfieran con los flujos de buses y ciclistas deben tener un tratamiento específico con objeto de disminuir los conflictos.

Para su implementación se requiere:

- Redistribución del espacio vial: para obtener un ancho suficiente para que el carril derecho permita el rebase seguro, se debe ajustar el ancho de los demás carriles.
- Señalización vertical: instalación de señalamientos informativos que indiquen que el carril derecho es de tránsito compartido entre transporte público y bicicletas y señalamientos restrictivos que indiquen la prohibición de motocicletas en este espacio.
- Señalamiento horizontal: colocación de elementos de confinamiento con reflectante, separación física de 0.50 m y raya doble para delimitar carril exclusivo en el costado izquierdo, así como marcas de identificación de carril compartido ciclista con transporte público y colocación de flechas sin cuerpo a cada 30.00 m.
- Tratamiento de intersecciones: colocación de áreas de espera ciclista en todas las intersecciones semaforizadas para permitir el arranque preferencial de los ciclistas.





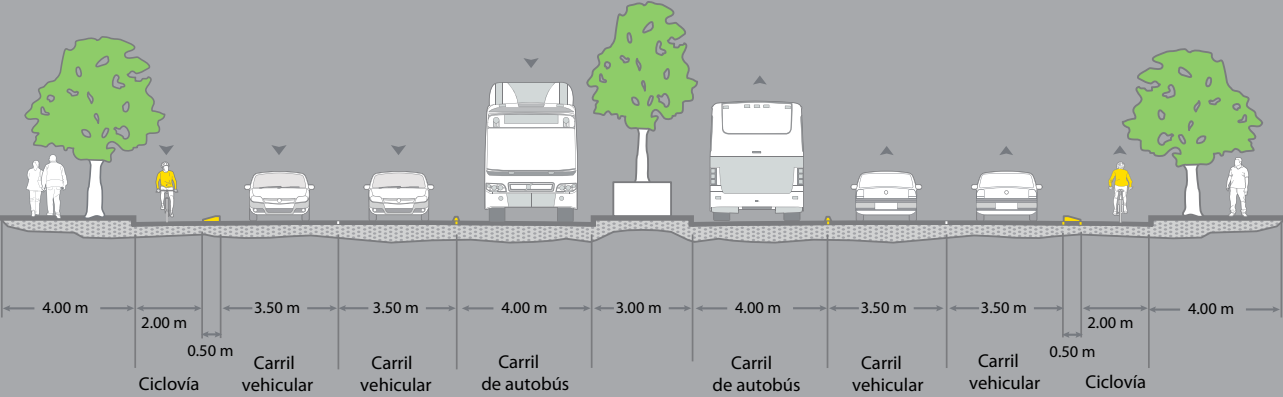
Carril ciclista compartido con transporte público



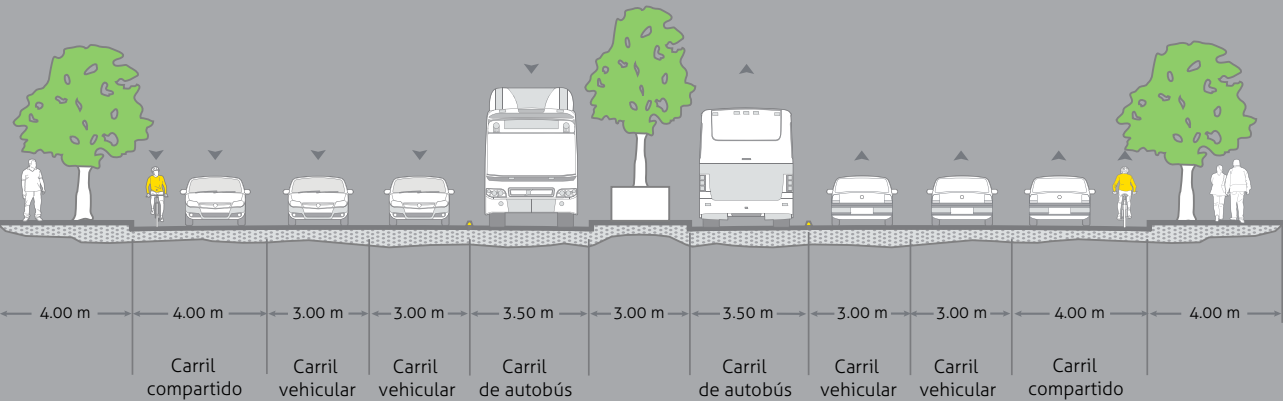
5.1.3. Carriles ciclistas en corredores BRT

En corredores de transporte donde se coloque un sistema de autobuses de tránsito rápido (BRT, por sus siglas en inglés) será necesario colocar algún tipo de infraestructura vial ciclista para evitar que los carriles de transporte público de alta capacidad sean utilizados por los ciclistas. Al no contar con opciones cómodas y seguras de circulación, los ciclistas frecuentemente optan por circular en los carriles exclusivos del BRT, pues es donde perciben mayor seguridad y comodidad. Para evitar el conflicto entre autobuses y ciclistas se recomienda colocar ciclovías unidireccionales por cada sentido a lo largo del corredor. Cuando esto no sea posible por limitación de espacio, siempre se deberán colocar carriles compartidos entre ciclistas y automóviles, que confieran preferencia a la circulación de bicicletas.

Corredor BRT con ciclovías unidireccionales



Corredor BRT con carriles compartidos ciclistas





Es necesario colocar algún tipo de infraestructura vial ciclista para evitar que los carriles de transporte público de alta capacidad sean utilizados por los ciclistas.

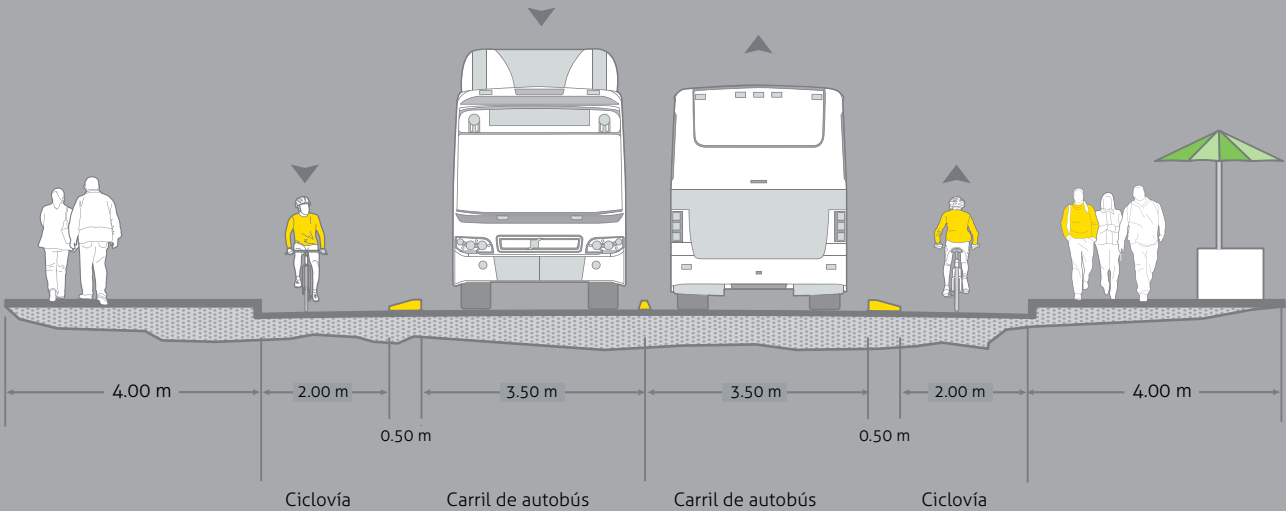


5.1.4. Calles de transporte público y no motorizado

Las ciudades mexicanas pueden inspirarse en las ciudades europeas y latinoamericanas (como Bogotá) para implementar calles completamente destinadas al transporte público y transporte no motorizado. En estas calles se pueden colocar los carriles de transporte público, seguidos por carriles de circulación ciclista y áreas peatonales amplias. Esta disposición se logra al suprimir la circulación de vehículos automotores particulares.

En Europa, estas calles comúnmente se colocan en vías colectoras o de acceso ubicadas en zonas con usos de suelo mixto que concentran o conectan destinos de relevancia histórica o comercial en la ciudad.

En este tipo de calles, los vehículos de transporte público deben limitar su velocidad a un máximo de 30 Km/hr.





5.2. Ciclistas y vehículos de carga

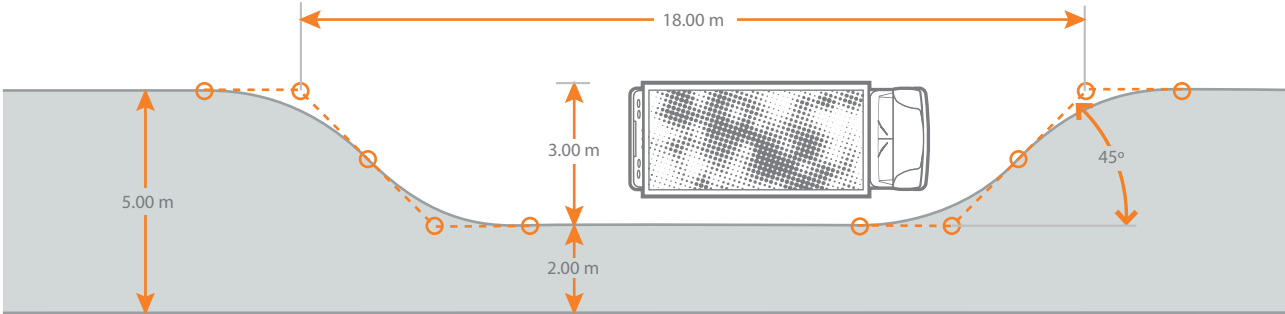
Debido al efecto aerodinámico generado por los vehículos de gran tamaño a altas velocidades, los ciclistas realizan recorridos incómodos en corredores con volumen alto de transporte de carga y en algunos casos pueden llegar a perder el control de la bicicleta. Adicionalmente, los ciclistas en muchas ocasiones no son vistos por los operadores dadas las zonas ciegas en las partes posteriores de sus camiones. Todo esto genera riesgos para la circulación ciclista, por lo que se deben contemplar medidas para minimizar estos conflictos.

Algunas formas para minimizar estos efectos en dichos corredores son:

- Colocación de áreas de espera ciclista en los cruces semaforizados.
- Fase especial del semáforo para el arranque preferencial de los ciclistas, sobre todo en las intersecciones en donde muchos vehículos de carga dan vuelta a la derecha.
- Prohibición de vueltas continuas a la derecha.
- Restricciones a la velocidad de los vehículos de carga en zonas urbanas a través de los reglamentos de tránsito y técnicas para la pacificación del tránsito.

Asimismo, toda infraestructura ciclista delimitada o segregada que presente destinos comerciales a lo largo de su trazo deberá contemplar la construcción de bahías para los vehículos de distribución de mercancías y servicios, siempre y cuando estas actividades no se puedan realizar en las calles transversales.

Bahía de servicio



Adaptado de: SETRAVI, 2010.

5.3. Ciclistas y automóviles estacionados

El estacionamiento de automóviles adyacente a la infraestructura ciclista deberá analizarse con detenimiento, ya que existen conflictos potenciales entre los usuarios cuando los automóviles cruzan la vía ciclista para las maniobras de estacionamiento y debido a la apertura de portezuelas sobre la trayectoria ciclista. Si bien es recomendable prohibir el estacionamiento de automóviles al colocar infraestructura ciclista sobre una vía colectora, siempre se deberán analizar todas las consecuencias de esta medida. Algunas de las alternativas a esta prohibición pueden ser:

- a. Regular el estacionamiento en un solo lado de la calle.
- b. Reubicar los espacios de estacionamiento sobre calles aledañas.
- c. Construir la vía ciclista entre la acera y el carril de estacionamiento.

La ubicación más común de carriles ciclistas es adyacente al área de estacionamiento en vía pública. En estos casos, los ciclistas están expuestos a la apertura de las portezuelas de los autos, a la salida de los autos de su lugar de estacionamiento y a la poca visibilidad en las intersecciones. Por ello, en esta situación siempre se deberán contemplar los siguientes criterios:

- Dimensionar los cajones de estacionamiento con un ancho de 1.80 a 2.50 m. Se deben colocar marcas en el pavimento para delimitar los espacios.
- Colocar un área de amortiguamiento para apertura de portezuelas con un ancho mínimo de 0.50 m y un ancho óptimo de 0.80 m,

Sobra mencionar que siempre se debe prohibir el estacionamiento de vehículos sobre una vía ciclista. Sin embargo, es común que algunos automovilistas asuman automáticamente que el estacionamiento está permitido en las vías ciclistas en horario nocturno, por lo que se deberá reforzar la aplicación de la ley en estos casos.

dado que en México existe una gran cantidad de autos con puertas grandes (1.35 m de largo). En caso de ubicar el estacionamiento del lado izquierdo de la vía ciclista, se deberán colocar lengüetas retráctiles a cada 10.00 m.

- Los extremos de cada cuadra deberán estar libres de estacionamiento (6.00 m a partir del cruce peatonal). Esto se puede hacer preferentemente colocando una oreja o delimitando el área con señalamientos horizontales. Con dicha restricción se asegura la visibilidad de los ciclistas en las intersecciones.

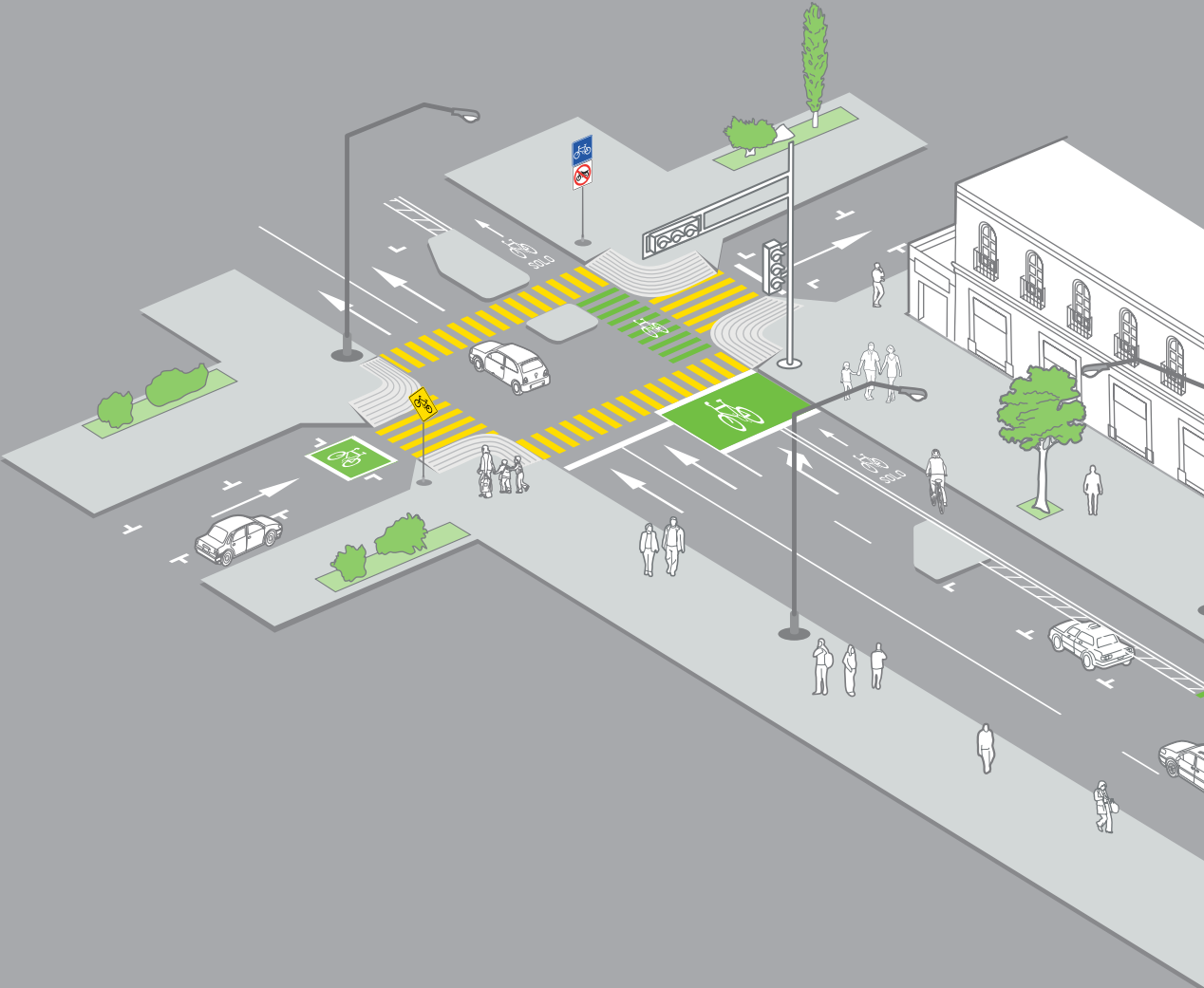
Ventajas

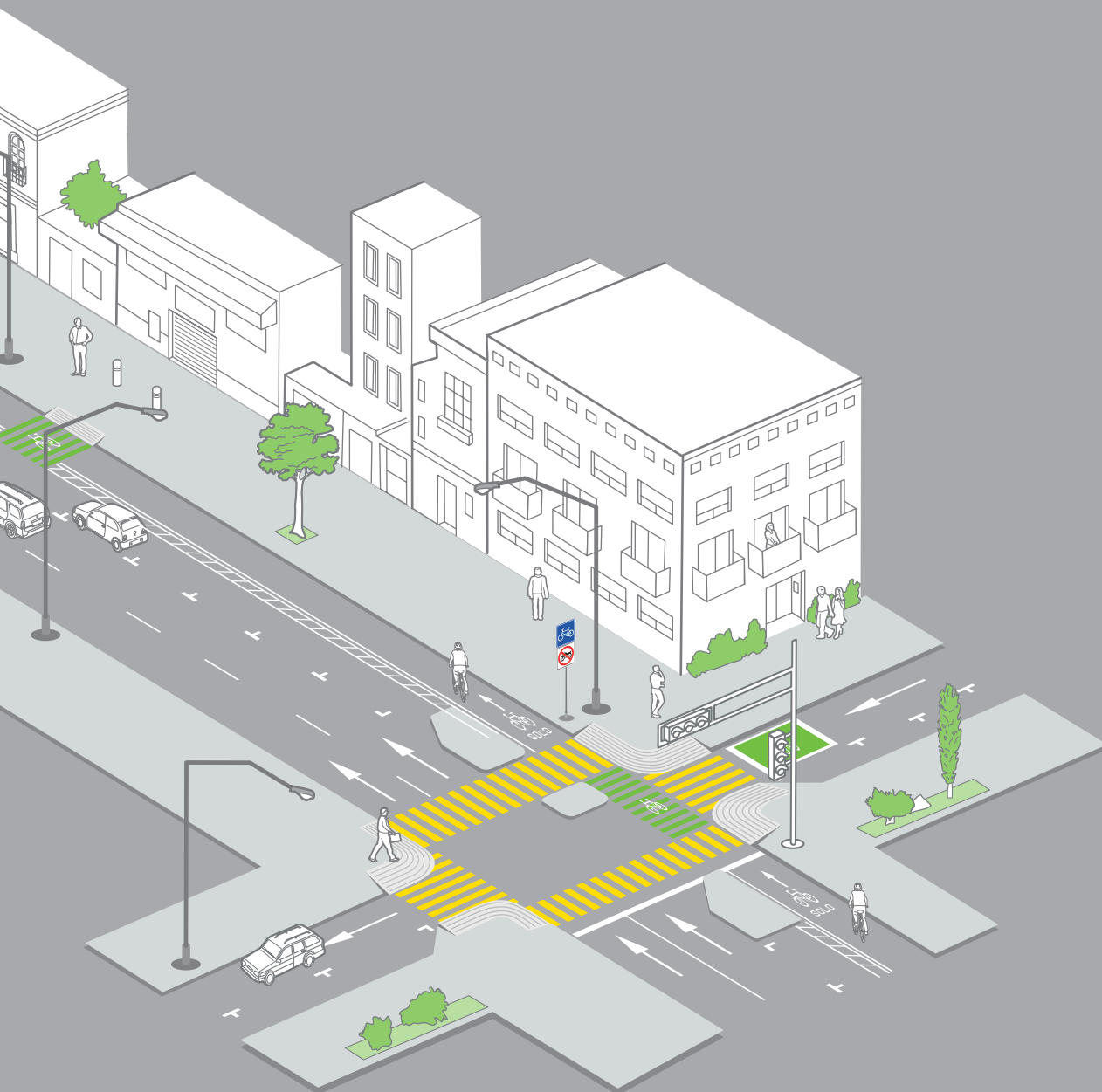
- Es una buena forma de iniciar con las intervenciones de infraestructura ciclista en la ciudad a bajo costo y en poco tiempo, en comparación con las ciclovías que utilizan elementos de confinamiento.
- Da una percepción de gran comodidad y seguridad, por lo que atrae a usuarios existentes y potenciales.
- Su diseño permite hacer ajustes a la infraestructura, con base en la experiencia de los primeros meses de operación, sin hacer grandes erogaciones.

Desventajas

- La implementación es socialmente compleja por la reducción de un carril de circulación, por lo que se requiere voluntad política. Sin embargo, en comparación con las ciclovías que requieren elementos de confinamiento, esta solución no elimina el área de estacionamiento en vía pública.
- Si no cuenta con el mantenimiento adecuado, puede perder su efectividad en poco tiempo, al despintarse las marcas en el pavimento.





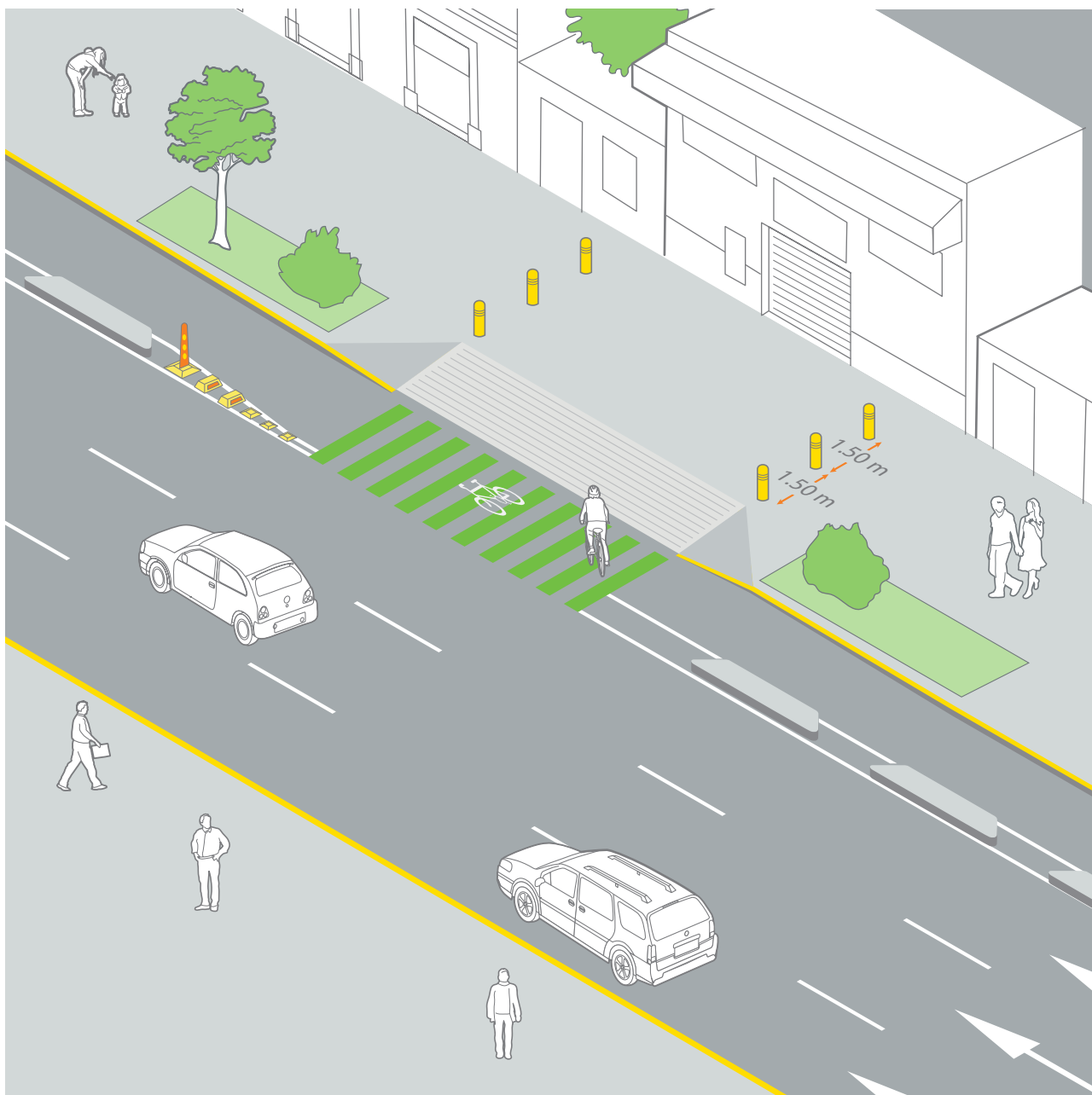




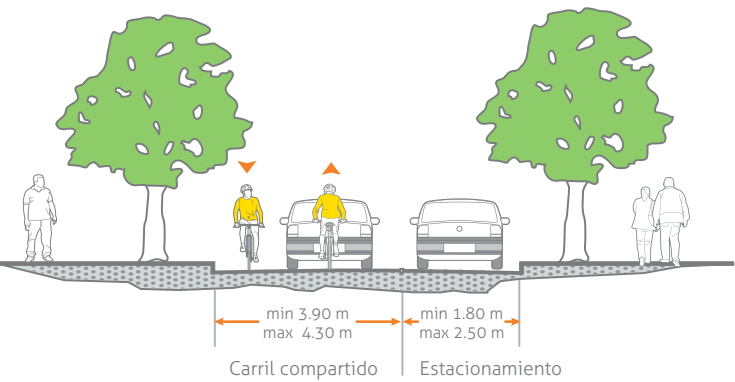
5.4. Ciclistas y accesos vehiculares

Muchos accesos vehiculares a predios generan conflicto con peatones y ciclistas debido a su diseño inadecuado. La gestión apropiada de éstos incluye:

- Los accesos anchos a cocheras deben reducirse a una dimensión máxima de 6.00 m. Esto promoverá que estas áreas no sean utilizadas para el estacionamiento en batería.
- Se deben confinar los accesos mediante bolardos para evitar que los autos se estacionen sobre la banqueta.
- Cuando un predio cuente con varios accesos vehiculares se deberá realizar una consolidación suprimiendo algunos o, en el caso de contar con dos accesos, se puede disponer de uno para entrada y otro para salida.
- Se deben disminuir de los radios de giro para evitar que los autos realicen la maniobra de incorporación a altas velocidades.
- Es importante eliminar cualquier obstáculo visual en los accesos vehiculares como pueden ser arbustos o señalamientos verticales sobredimensionados.
- Se deben colocar fajas separadoras en calles bidireccionales para evitar que los autos atraviesen la calle al girar a la izquierda para acceder a una cochera.
- Se deben evitar las rampas desvanecidas desde el alineamiento del predio y hasta la guarnición de la banqueta. La rampa para librar el desnivel de la banqueta deberá restringirse a la línea de mobiliario urbano, de la forma que el área de circulación peatonal sea constante. Esta solución obliga a los automovilistas a realizar el acceso al predio a velocidades bajas y da el mensaje de la prioridad peatonal y ciclista sobre los vehículos motorizados.
- Cuando exista una infraestructura ciclista segregada se deberán suprimir los elementos de confinamiento en los accesos a cocheras y señalizar como si fuera un cruce ciclista. Es recomendable colocar lengüetas en los extremos para que los automovilistas puedan percibir el sitio donde están los elementos de confinamiento.

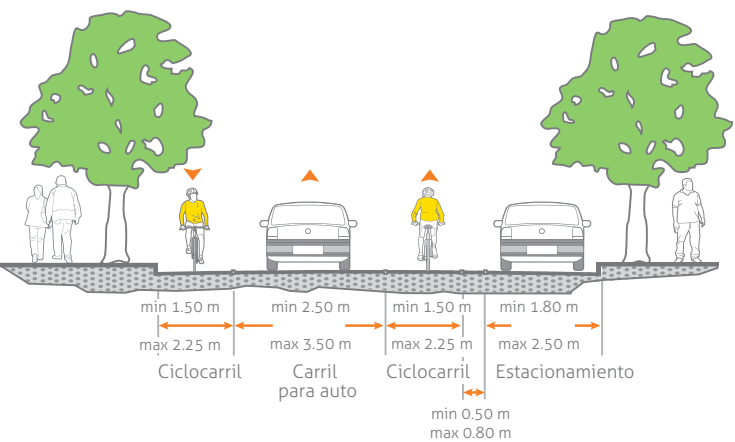


Sección de una vialidad ciclista compartida con circulación de bicicletas en ambos sentidos



Adaptado de: Sanz, 1999.

Sección de una vialidad con ciclocarriles en ambos sentidos



Adaptado de: Sanz, 1999.

5.5. Circulación ciclista en contraflujo

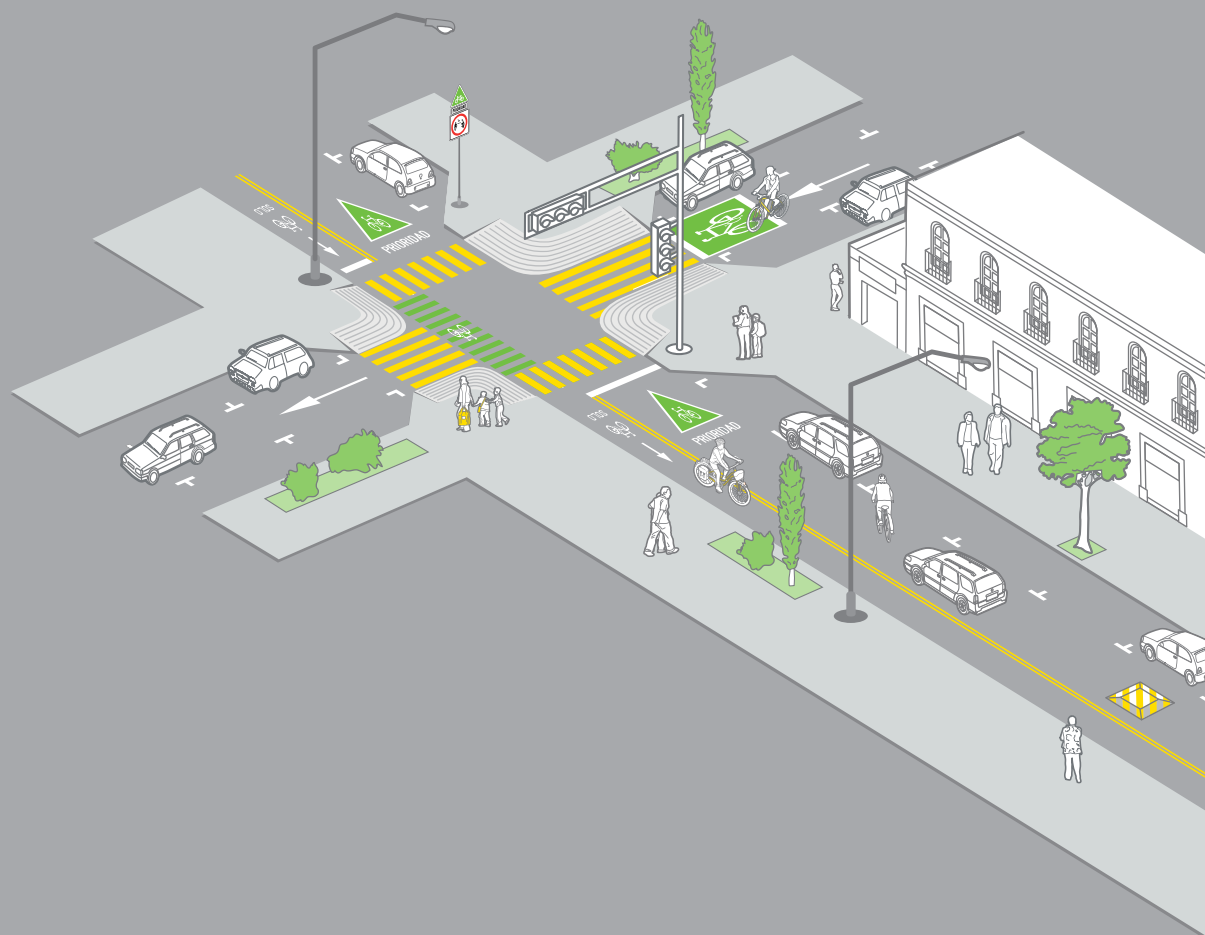
La flexibilidad natural con la cual circula la bicicleta en las ciudades requiere que la infraestructura también sea flexible; por lo tanto, se deben contemplar facilidades para que los ciclistas puedan disminuir los rodeos y aumentar su accesibilidad. Para ello, una práctica ampliamente utilizada en ciudades europeas es diseñar atajos y permitir la circulación ciclista en contraflujo en ciertas vialidades. Esta práctica es muy recomendable sobre todo para zonas de hábitat.

Si el ancho de las vialidades lo permite y la circulación para automotores es de un sentido, éstas pueden fácilmente convertirse en calles de doble sentido ciclista. La circulación en contraflujo puede ser permitida mediante una normativa y señalización adecuadas en las vías de acceso que tengan una intensidad máxima de tránsito de 300 vehículos/hr y una velocidad de circulación de hasta 30 Km/hr.

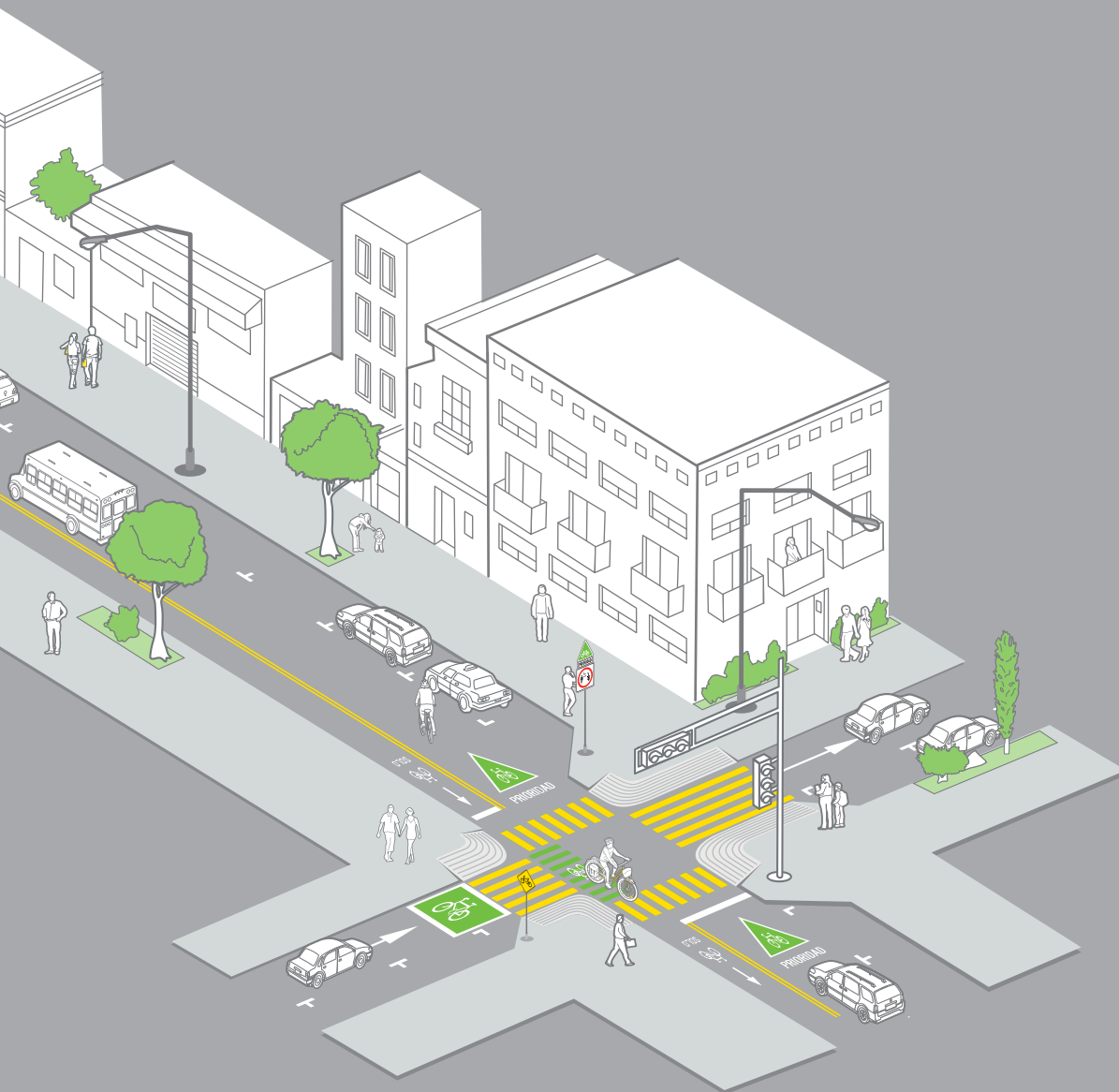
También se puede favorecer la circulación ciclista bidireccional mediante diferentes tratamientos de infraestructura ciclista. Se pueden colocar ciclocarriles o ciclovías en contraflujo en vías unidireccionales siempre que la intensidad del tránsito automotor sea menor a 600 vehículos/hr y la velocidad de circulación sea de hasta 50 Km/hr.

Es importante destacar que se debe evitar colocar estacionamiento del lado izquierdo de la vía donde se encuentre el ciclocarril o ciclovía en contraflujo con el fin de evitar accidentes por la apertura de portezuelas. Además, los anchos de los carriles compartidos, ciclocarriles y ciclovías se deben ajustar a lo señalado en el capítulo anterior.





Vialidad compartida ciclista con ciclocarril en contraflujo





5.6. Ciclistas y peatones

Los peatones y ciclistas forman parte de un mismo grupo de usuarios vulnerables de la vía. Sin embargo, por la diferencia de velocidad con la que circulan, puede ser incompatible compartir el mismo espacio. Antes de redistribuir la sección vial para incorporar a la bicicleta, siempre se deberá pensar primero en las necesidades de circulación peatonal para posteriormente ocuparnos de las necesidades ciclistas.

En ningún caso se debe construir infraestructura ciclista en banquetas pues éstas son áreas de circulación peatonal, y puede generarse una gran cantidad de conflictos entre usuarios. Únicamente los niños de hasta 10 años deben circular sobre los espacios peatonales sin ninguna restricción.

5.6.1. Facilidades ciclistas en áreas peatonales

En áreas peatonales (andadores y plazas), es posible otorgar facilidades a los ciclistas con el objetivo de acortar sus recorridos, siempre y cuando el tránsito sea menor a 100 peatones/hr. En estos casos no es recomendable segregar los flujos, se debe colocar una línea de botones ciclistas que indique la ruta sugerida, por lo que los ciclistas deben moderar su conducción dando prioridad siempre a los peatones. Asimismo, se deben colocar señalamientos verticales informativos de tránsito compartido entre ciclistas y peatones, señalamientos de destinos y elementos que impidan la invasión de vehículos motorizados en estas áreas (guarniciones, macetas y bolardos, entre otros).

En caso de que el flujo peatonal sea mayor, se deben colocar señalamientos verticales restrictivos que señalen que se debe desmontar al inicio y fin de la zona peatonal.

5.6.2. Andador peatonal y ciclista

Cuando se pretenda diseñar una infraestructura ciclista con fines de recreación, turismo o recuperación del espacio público, se podrá optar por un andador peatonal y ciclista. Este tipo de infraestructura se define como una vía de circulación compartida por peatones

y ciclistas que carece de marcas que delimiten áreas de circulación. Normalmente, están ubicadas en áreas verdes, derechos de vía, cauces o zonas federales, y áreas naturales protegidas. Como excepción, se pueden colocar en camellones con pocas intersecciones, siempre y cuando no sea necesario cruzar más de dos carriles para acceder al camellón (incluyendo el carril de estacionamiento).

Este tipo de infraestructura debe contar con una sección mínima de 4.00 m de ancho y pavimento cómodo para todos los usuarios. Preferentemente, se debe contemplar la colocación de una faja separadora de 1.00 m de ancho en aquellos costados que colinden con una vialidad. Asimismo, debe contar con elementos para impedir la invasión por el tránsito motorizado y es recomendable colocar servicios y equipamiento a lo largo de su trazo. El diseño de un andador peatonal y ciclista debe moderar la velocidad ciclista a través de trayectorias sinuosas. No se deben considerar sobreanchos, peraltes, y el radio de giro para ciclistas; estos elementos pierden relevancia por ser una vía de baja velocidad. En este tipo de infraestructura no se colocan marcas en el pavimento que delimiten los flujos ciclistas, solamente se coloca señalamiento vertical informativo de tránsito compartido entre ciclistas y peatones, así como señalamientos de destinos.

Uno de los tipos de infraestructura ciclista de trazo independiente, que a su vez funciona como andador peatonal y ciclista, es la denominada "vía verde", la cual es una infraestructura autónoma destinada al tránsito no motorizado como peatones, ciclistas, personas con movilidad reducida, jinetes de caballos, patinadores, etc. Estas vías utilizan antiguas infraestructuras lineales parcial o totalmente fuera de servicio, como las plataformas de ferrocarriles en desuso y los caminos adyacentes al cauce federal de ríos. Dichas vías suelen estar interconectadas mediante caminos de servicio de canales, caminos rurales y vecinales, caminos forestales, caminos sobre diques y caminos de peregrinaje, entre otros (Asociación Europea de Vías Verdes, 2000).



5.7. Permeabilización de barreras urbanas

Existe una serie de medidas que permiten acondicionar el entorno urbano con el objetivo de librar puntos inaccesibles que no pueden ser resueltos mediante el tratamiento de vías ciclistas o la intervención de intersecciones. Estas se basan particularmente en permeabilizar barreras: facilidades en puentes peatonales, ampliación de puentes existentes y construcción de túneles y puentes con nuevos estándares para la movilidad peatonal y ciclista.

5.7.1. Canaletas en escaleras de puentes peatonales



Quando no exista espaço suficiente para construir uma rampa com uma inclinação aceitável, a colocação de canaletas pode facilitar o empurrão da bicicleta por parte do ciclista desmontado enquanto sobe ou desce a escada (Sanz, 1999).

En aquellos sitios donde se requiere librar una barrera urbana que impide la movilidad peatonal y ciclista, lo fundamental es sustituir los puentes peatonales existentes por puentes peatonales y ciclistas. Sin embargo, cuando no haya posibilidad de adaptarlo, un primer paso para mejorar las condiciones de los usuarios de la bicicleta es la colocación de canaletas en las escaleras para evitar que los usuarios tengan que cargar la bicicleta. Dichas canaletas deben tener las mismas características que las utilizadas en las estaciones de transporte público.

5.7.2. Puentes peatonales y ciclistas

La característica principal de un puente peatonal y ciclista es que éste cuenta con rampas con una inclinación aceptable para la movilidad de todos los peatones y ciclistas, además de contar con un ancho mínimo 3.50 m para que no existan conflictos entre los diversos tipos de usuarios.

El diseño de esta infraestructura debe considerar ante todo las líneas de deseo peatonal y ciclista. No se debe construir en lugares donde sobre espacio, sino donde los estudios indiquen que se presentan los movimientos más constantes de movilidad no motorizada.

El desarrollo de las rampas debe responder a las trayectorias descritas por los ciclistas al subir una cuesta y la velocidad que alcanzan en el descenso; esto implica que una rampa no debe tener una pendiente mayor a 8%. El desarrollo máximo de la rampa, sobreanchos y radios de curvatura deben respetar lo establecido en el capítulo correspondiente a proyecto geométrico.





En ningún momento se debe construir infraestructura que obligue a los ciclistas menos expertos a desmontar su bicicleta o que su trazo termine en un cruce con automóviles o en curvas pronunciadas.

En los casos en que el contexto lo permita, es aconsejable que los vehículos automotores sean los que cambien de nivel y no los modos no motorizados. Esto demostrará que la prioridad la tienen los usuarios más vulnerables.

5.7.3. Túneles peatonales y ciclistas

Los túneles para la movilidad no motorizada presentan ventajas con respecto a la construcción de puentes. Primero, el gálibo de un túnel es menor, ya que los ciclistas sólo requieren de 3.50 m para salvar la vía y en el caso de un puente se requiere un gálibo mínimo de 5.50 m para permitir el flujo de vehículos de gran tamaño. Por lo tanto, la dimensión de las rampas es menor, además de que los ciclistas pueden aprovechar el impulso del descenso ini-

cial para reducir su gasto de energía en la subida, situación contraria a la que sucede con los puentes (Sanz, 1999).

Sin embargo, los túneles pueden presentar desventajas como un mayor costo de construcción y una percepción de inseguridad. Los túneles requieren ser anchos para evitar situaciones riesgosas y es aconsejable que desde la entrada sea visible su salida, por lo que no deben contar con curvas en su trazo. Adicionalmente, se requiere iluminación y un excelente sistema de drenaje.

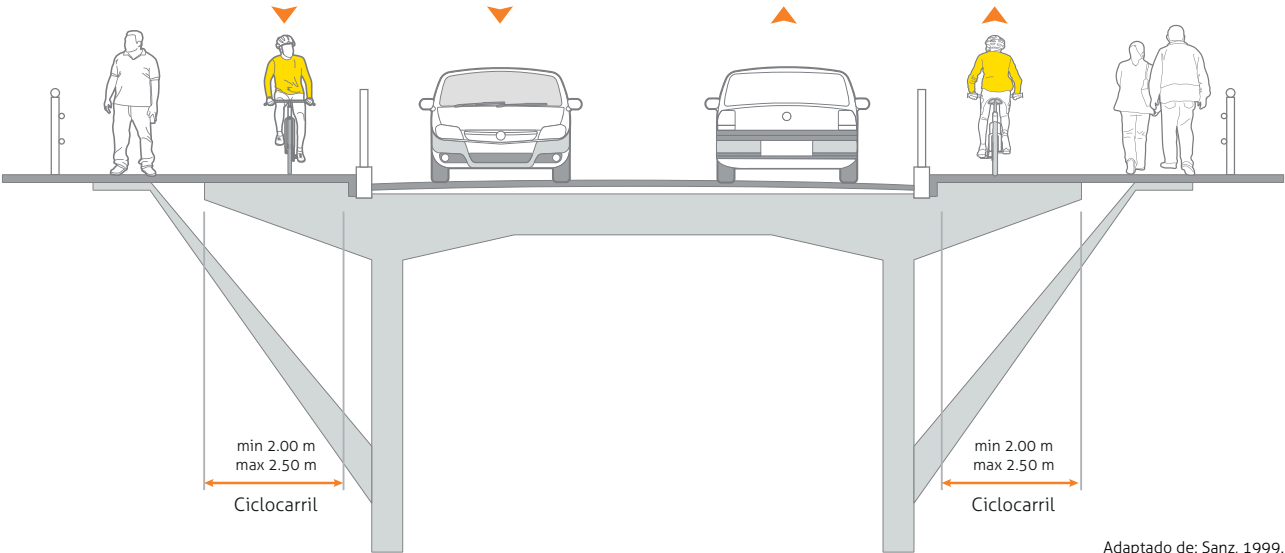
Una práctica que ha dado buenos resultados para tener una mayor percepción de seguridad es colocar comercios en estas áreas. Esto, además de dar vida al sitio, puede ser utilizado para que el mantenimiento sea cubierto por los propietarios de los locales.



5.7.4. Adaptación de puentes y túneles
vehiculares para el tránsito ciclista

Normalmente, cuando se construye un paso a desnivel en las ciudades mexicanas sólo se piensa en la movilidad de los vehículos motorizados y no se dispone un espacio para la circulación peatonal y ciclista. Esto obliga a cambiar los estándares de diseño con los cuales se proyecta esta infraestructura. En el caso específico de los ciclistas, las trayectorias tienden a coincidir con las de los automóviles; sin embargo, las pendientes a salvar impiden que en los puentes y túneles se pueda compartir el espacio vial. Es aconsejable que la infraestructura ya construida sea adaptada para contar con pasarelas peatonales y ciclovías. En el caso de nuevos proyectos, la normatividad debe exigir que toda infraestructura vial considere a todos los usuarios de la vía.

Ampliación de un puente vehicular para permitir la movilidad peatonal y ciclista



Adaptado de: Sanz, 1999.



Los puentes de acceso a la isla de Manhattan se adaptaron para permitir el tránsito ciclista.





6. INTERSECCIONES



El diseño de las intersecciones es crucial para el desempeño correcto de la infraestructura vial ciclista, ya que es en ellas en donde se da la mayor cantidad de interacciones entre los diversos usuarios de la vía. Como menciona Sanz (1999), es en estos sitios donde tiene lugar la mayor cantidad de conflictos y accidentes en los que se ven involucrados peatones, ciclistas y vehículos automotores.

Cada tipo de infraestructura vial ciclista debe contar con un diseño específico de sus intersecciones con el objetivo de que los desplazamientos se realicen de forma cómoda y segura. El cuidado que se tenga en estas medidas contribuirá al éxito de los proyectos. En países como México, donde la planeación y el diseño de infraestructura ciclista es una experiencia relativamente nueva, a menudo sucede que las vías ciclistas no consideran una adaptación de las intersecciones para satisfacer las necesidades de los ciclistas.

6.1. Elementos para el diseño de intersecciones

Las estadísticas a nivel internacional demuestran que los accidentes de gravedad (fallecimientos y hospitalizaciones) entre ciclistas y vehículos motorizados ocurren en las intersecciones. En Holanda, el 58% de los accidentes ciclistas ocurren en ellas y, de éstos, 95% ocurre en vías con velocidades de 50 Km/hr (CROW, 2007). Por ello, es vital un diseño minucioso que considere los movimientos de todos los usuarios.

Las principales funciones de las intersecciones son:

- Regular y organizar los encuentros entre usuarios de la vialidad con diferentes direcciones, de tal manera que el número de conflictos sea limitado y que se eviten accidentes.
- Ofrecer posibilidades de seguridad para el tránsito cuando se presentan movimientos que generan conflicto, con la menor demora posible.

En otras palabras, las intersecciones tienen como objetivo otorgar seguridad vial y hacer las rutas más directas. Puede haber conflictos entre las exigencias de seguridad y la prioridad que existe por hacer la ruta directa. La reducción de velocidad ante una intersección, por ejemplo, aumentará la seguridad, pero también puede aumentar los tiempos de viaje. Del mismo modo, el aumento en el tiempo de compensación en los semáforos hará más seguros los cruces, pero a su vez incrementará el tiempo de recorrido.

En las intersecciones, los distintos flujos de tránsito tienen múltiples grados de prioridad, por lo que es necesario resolverlos mediante la asignación de preferencia de paso o asignando diferentes tiempos en las fases de los semáforos. En general, la vialidad con la más alta jerarquía tiene prioridad sobre la de nivel inferior.

Es importante que los proyectistas tengan presente que las interrupciones de la marcha penalizan de manera importante a los ciclistas, ya que pierden su energía cinética y requieren un esfuerzo suplementario para reemprender el pedaleo (Sanz, 1999). Asimismo, las intersecciones semaforizadas con fases en rojo muy prolongadas hacen que la bicicleta pierda su ventaja competitiva sobre los demás modos de transporte urbano.

Los elementos básicos que se deben contemplar en el diseño de intersecciones para reducir el riesgo de accidentes y aumentar la comodidad y rapidez de los itinerarios ciclistas son:

- Reducción de la distancia de cruce peatonal y ciclista: a menor distancia de cruce, menor es la exposición a una colisión.
- Reducción de la velocidad de los vehículos: compatibilizar las distintas velocidades de los distintos usuarios de la vía, ya que menor es la velocidad, los peatones, ciclistas y automovilistas se perciban unos a otros con tiempo suficiente para prevenir una colisión.
- Mejoramiento de las condiciones de visibilidad: mantener las intersecciones libres de obstáculos y bien iluminadas.
- Creación de trayectorias de circulación predecibles: la geometría y la colocación de dispositivos para el control del tránsito son fundamentales; las intersecciones deben ser claramente legibles para facilitar las maniobras y evitar indecisiones o decisiones erróneas.
- Minimización de los tiempos de espera: las facilidades para movimientos direccionales y las fases semafóricas deberán buscar favorecer a ciclistas y peatones.

El diseño de las vías ciclistas debe estar apoyado en lo dispuesto en el Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT, 2009). Sin embargo, es importante señalar que los lineamientos contenidos en dicho manual no prevén la movilidad ciclista, por lo que se deben hacer ajustes sobre todo en lo que respecta a las velocidades de diseño de los vehículos automotores. Por lo tanto, existe un contraste entre las condiciones ideales y las funciones asignadas y aceptadas en los flujos que determinarán el diseño de cada intersección.



6.2. Cinco requisitos para el diseño de una intersección

A continuación analizaremos los cinco requisitos básicos para el diseño ciclo-incluyente en las intersecciones.

6.2.1. Coherencia

La coherencia en el nivel de la intersección significa que debe ser claro para los ciclistas el cómo encontrar la manera de cruzar una intersección. Un diseño lógico, aunado a una buena señalización vial, puede ayudar a solucionarlo. La coherencia a nivel de la intersección significa:

Encontrar la ruta

La señalización facilita a los ciclistas la manera de encontrar su camino, además de que la intersección es clara, mostrando a los ciclistas trayectorias evidentes.

Consistencia de calidad

Las intersecciones iguales son diseñadas de manera similar. Las marcas en el pavimento y la diferencia de color crean una buena coherencia en el nivel de la intersección.

6.2.2. Rutas directas

Planear rutas directas al nivel de una intersección es muy importante. Si los ciclistas tienen que hacer rodeos innecesarios o esperar demasiado en los cruces semafóricos, se puede generar incomodidad e incluso irritación. Lo anterior puede provocar que los ciclistas opten por caminos inseguros o rutas más directas a través de la intersección, o hasta pasarse la luz roja.

Velocidad del flujo

Los ciclistas pueden mantener su velocidad en los cruces en verde o al pasar los cruces no señalizados. Un amplio campo de visión permite a los ciclistas mantener su velocidad, por lo que no debe haber curvas innecesarias en la intersección



o en sus accesos, ni bordes o rampas que obliguen a los ciclistas a disminuir la velocidad dentro de la intersección.

Retrasos

El tiempo de espera para los ciclistas en las intersecciones señalizadas y no señalizadas debe ser reducido en lo posible. Debe haber tiempos de espera cortos en los semáforos y distancias de cruce cortas. Los ciclistas tienen prioridad sobre los vehículos motorizados que quieran dar vuelta en una calle transversal; sin embargo, la vuelta continua a la derecha para automovilistas significa luz roja para los ciclistas.

6.2.3. Seguridad

Las intersecciones son lugares con gran potencial para mejorar la seguridad vial de los ciclistas. En muchos de los casos, lo primero que se debe hacer es cambiar la geometría de la intersección, si es necesario, para posteriormente incorporar la infraestructura ciclista para permitir un cruce seguro.

Complejidad de andar en bicicleta

La probabilidad de conflictos y de accidentes severos se puede disminuir si se reduce la distancia de cruce, se permite y facilita el contacto visual entre los usuarios, se reducen los tiempos de espera ciclistas y el número de encuentros entre el tránsito motorizado y el ciclista, se hace la intersección perfectamente legible, se reducen las diferencias de velocidad, se provee de espacio para que los ciclistas puedan adelantarse y desviarse, se cambian las vialidades de un sentido a vialidades de dos sentidos, y se elimina la vuelta continua a la derecha.

Visibilidad

Los ciclistas deben ser muy visibles en donde puedan tener conflictos con otros vehículos. Una opción es acercar el cruce de la vialidad lo más posible al ciclista, sin llegar al arroyo vial, y así poder tener mayor visibilidad. Hay que evitar que las edificaciones, los autos estacionados

y arbustos provoquen una pérdida de visibilidad de los ciclistas al momento de aproximarse a una intersección.

Legibilidad

Las intersecciones son sitios en donde sólo se toman las decisiones necesarias para cambiar de camino. Sin embargo, un error común en México es que los cambios de configuración de la vía (reducción o ampliación de carriles) siempre se presentan en las intersecciones en lugar de hacerlo en los tramos intermedios donde es más fácil orientar el flujo vehicular cuando no hay movimientos direccionales. Es importante considerar que las luces de los vehículos motorizados pueden dificultar la visibilidad de los ciclistas.

6.2.4. Comodidad

Las trayectorias ciclistas cómodas se obtienen con:

Suavidad en la superficie de rodadura

Se deben reducir los cambios en el tipo de pavimentos al mínimo; en caso de ser necesario se debe hacer con transiciones suaves. Es importante evitar los diseños que necesiten rampas y bordes ya que las rampas provocan incomodidad a los usuarios.

Segregación o integración

Así como en el resto de la vialidad, en las intersecciones también se tiene que tomar la decisión de instaurar carriles compartidos, ciclocarriles o ciclovías. El enfoque más común es el de resolver la intersección de la misma manera en que se resolvió el resto del trazo. Así, una calle con una ciclovía mantendrá la trayectoria ciclista a través de marcas en el pavimento. En el caso de infraestructura compartida, la bicicleta es un vehículo más al entrar a la intersección.

6.2.5. Rutas atractivas

Ya que las intersecciones no tienen el requisito de ser atractivas, el punto no será abordado en esta sección.

6.3. Función, forma y uso

Respecto a la función, forma y uso de las vialidades, el diseño de una intersección está determinado por el tipo de calles que se interceptan: mientras mayor jerarquía tiene la vía, más complejos tienden a ser los movimientos que se realizan en ella. Por ello, es indispensable la instalación de dispositivos para el control del tránsito.

De forma simple se pueden distinguir cinco tipos de intersecciones:

- a. Intersecciones no reguladas.
- b. Intersecciones con preferencia de paso.
- c. Glorietas.
- d. Intersecciones reguladas con semáforos.
- e. Intersecciones a diferente nivel.

En términos generales, se puede decir que el primer tipo de intersección se utiliza en calles locales con muy bajas velocidades y poco volumen de automóviles, mientras que el último tipo de intersección se utiliza en vialidades con altos volúmenes de tránsito y altas velocidades.

Si recordamos la jerarquía de las vialidades, podemos distinguir las siguientes opciones entre sus intersecciones:

Función de la calle			
	Vías arteriales	Vías colectoras	Vías de acceso
Vías arteriales	A diferente nivel, regulada con semáforo o con glorieta	A diferente nivel, regulada con semáforo o con glorieta	(Estas no deben conectar ni cruzar de manera directa)
Vías colectoras		Regulada con semáforo o con glorieta	Regulada con semáforo, con glorieta o con preferencia de paso
Vías de acceso			No reglamentada o con miniglorieta

Hay muchos factores que determinan qué tipo de intersección es la más adecuada. En esta sección se alistará una serie de criterios que pueden ser útiles para decidir qué tipo de intersección aplicar.

En las arterias principales:

- Las intersecciones a diferente nivel son la opción más segura; sin embargo, es la más costosa. Como ya se ha comentado anteriormente, siempre se le debe dar prioridad a los movimientos de los usuarios más vulnerables. Son los vehículos automotores los que preferentemente deben realizar el cambio de nivel y no los peatones y ciclistas.
- Ya que el mayor número de accidentes ocurre en las intersecciones semaforizadas, es preferible que éstas tengan glorietas o se construyan a diferente nivel.
- En intersecciones con 2,000 a 4,000 automóviles por hora, las glorietas de doble carril son una buena solución.
- En las intersecciones de las arterias principales se registran movimientos direccionales muy elevados y la tipología de infraestructura ciclista que se construye en ellas es normalmente segregada, por lo que se presentan entrecruzamientos entre ciclistas y vehículos motorizados. La solución más adecuada es prevenir a los usuarios de la trayectoria que seguirán los ciclistas y, en casos donde existan flujos elevados de vuelta de derecha, es aconsejable integrar ambos flujos para mejorar la visibilidad. Asimismo, se requiere colocar áreas de espera ciclista para permitir el arranque preferencial.

En las vías colectoras:

- Cuando dos vialidades colectoras se cruzan, una glorieta de un carril es la solución más segura cuando no hay más de 2,000 vehículos/hora; cuando hay de 2,000 a 4,000, se debe optar por una de doble carril.
- Cuando se cruza una vialidad colectora con una calle de acceso, se puede utilizar una intersección con preferencia de paso si los volúmenes de ambas vías son bajos.
- Cuando se cruza una vialidad colectora y una calle local, pero la vialidad colectora tiene una intensidad por encima de 1,500 vehículos/hora y la calle local tiene una intensidad por debajo de los 500 vehículos/hora, la intersección regulada con semáforo es la mejor opción.
- Cuando tanto la vialidad colectora como la calle local tienen altos volúmenes de vehículos, una glorieta es la mejor opción aunque también se puede implementar una intersección regulada con semáforo.

En calles de acceso:

- La solución estándar son las intersecciones no reguladas. Una buena opción es una intersección con meseta, pues disminuye la velocidad de los autos y aumenta la seguridad vial.

Independientemente de la jerarquía de la vialidad, la buena visibilidad en un cruce es consecuencia de la forma de la intersección. En intersecciones con ángulos diferentes a 90°, los automovilistas tienden a perder a los ciclistas del campo visual, además de que la geometría promueve una incorporación o desincorporación a mayores velocidades. En estos casos se debe optar por modificar la geometría de la vía para que la intersección pase de tener una forma de «Y» a forma de «T». En caso de no ser posible, se deberán colocar reductores de velocidad y orejas que reduzcan la distancia de cruce.



6.4. Intersecciones reguladas con semáforos

Como ya se ha mencionado, las intersecciones semaforizadas son menos seguras que las intersecciones a diferente nivel o con una glorieta bien diseñada, por lo que deben ser consideradas como la segunda mejor opción. Si se utilizan semáforos en una intersección donde hay un alto flujo de ciclistas, se debe hacer una serie de adaptaciones para mejorar las condiciones de circulación.

Los tiempos de espera para los ciclistas en una intersección regulada con semáforo son, en casi todos los casos, mayores que en una intersección con preferencia de paso o en una glorieta. Por lo tanto, tomando en cuenta el requisito de ruta directa, este tipo de intersecciones no es lo ideal para los ciclistas.

En los semáforos, el movimiento de los ciclistas puede ser eficiente si consideramos que una ciclovía de 2.00 m de ancho tiene una capacidad de 4,700 ciclistas por hora (CROW 2007). Incluso en breves periodos de tiempo la fila de espera ciclista en un semáforo puede desaparecer muy pronto mientras que la capacidad de ejecución de un carril para los vehículos motorizados es seis veces menor.

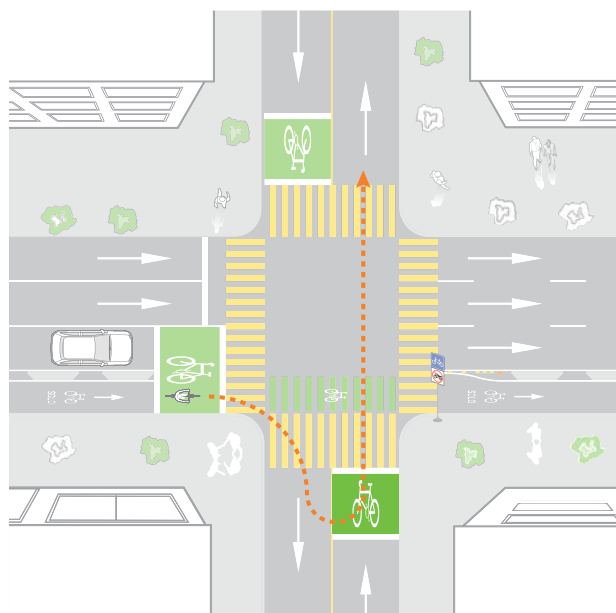
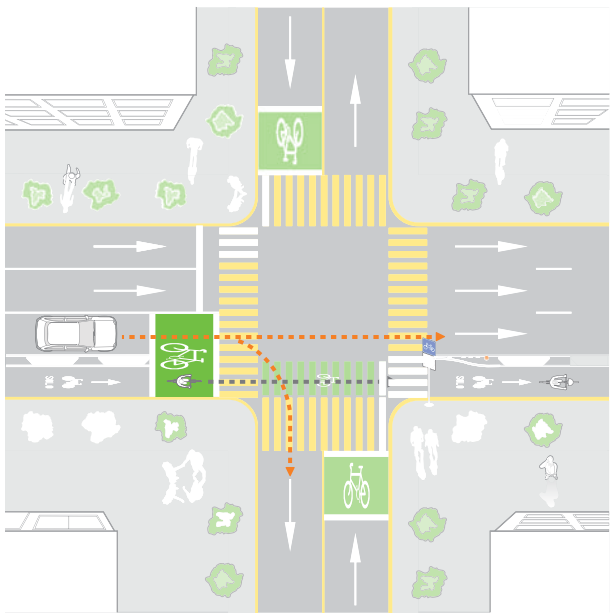
El tiempo de espera ciclista en un semáforo debe ser de máximo de 90 segundos, si es posible. Si los tiempos de espera son muy largos, no se cumpliría con el requisito de hacer la ruta directa, además de que obligaría al ciclista a cruzar aún estando la luz roja, creando problemas de seguridad. Un tiempo medio de espera mayor a 20 segundos es considerado muy largo.

Una buena medida para reducir el tiempo de espera de los ciclistas en las intersecciones es la «luz verde para todas las direcciones». De esta manera, los ciclistas y los peatones tienen luz verde para cruzar a cualquier lado, un par de veces en cada ciclo. Esto también permite a los ciclistas cruzar en diagonal, como sucede en ciudades de Japón y Holanda.



En Tokio se da un ejemplo de «luz verde en todas las direcciones». En este caso, los volúmenes de peatones son tan altos que los ciclistas prefieren cruzar junto con el tránsito motorizado.





6.5. Movimientos ciclistas en intersecciones

Como se ha mencionado, en la medida en que los ciclistas sean visibles para los automovilistas y sus movimientos sean predecibles, se disminuye drásticamente el número de conflictos. Las formas que han demostrado ayudar a este fin son las que se describen a continuación.

6.5.1. Arranque preferencial

A través de la colocación de áreas de espera ciclista adelantadas a la línea de alto de los vehículos motorizados, además de semáforos con fases especiales para ciclistas, se permite que estos usuarios comiencen su desplazamiento previo a los autos. La posición adelantada permite que los conductores de los vehículos automotores tengan en su campo visual a los ciclistas al otorgar por lo menos dos segundos de ventaja en el arranque, lo cual permite que los ciclistas desarrollen velocidad antes que los demás usuarios. Esto cobra importancia pues es en el arranque el momento en que el ciclista zigzaguea más para tener control de la bicicleta y su baja velocidad no le permite realizar movimientos ágiles para evadir un posible conflicto. Utilizar la técnica de fase adelantada para ciclistas requiere de la instalación de semáforos especiales para la circulación ciclista.

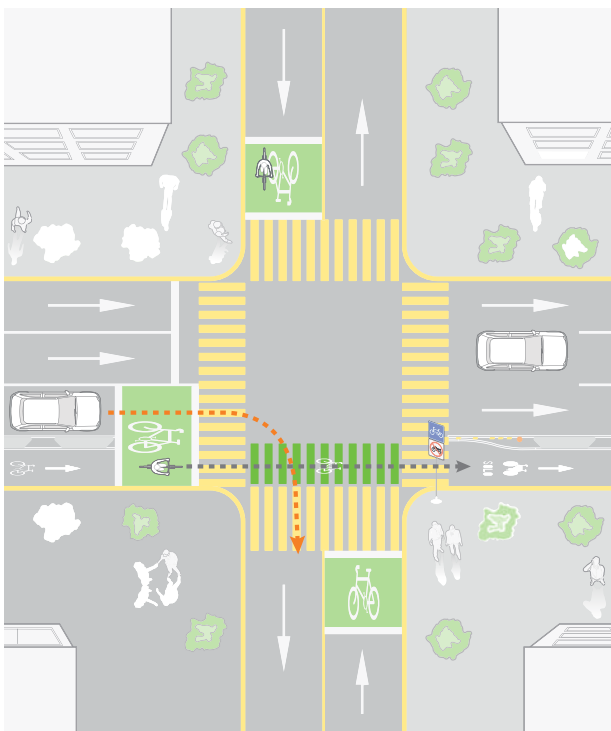
6.5.2. Vuelta izquierda ciclista

Debido a que los ciclistas tienden a circular del lado derecho de la vía por ser vehículos de baja velocidad, resulta complicado colocarse en el carril de extrema izquierda para dar un giro en esta dirección sobre todo para los usuarios inexpertos. Este movimiento se facilita a través de áreas de espera ciclista colocadas a todo lo ancho de la vía. Otra opción es colocar estos dispositivos en las vías transversales para que los ciclistas den vuelta a la izquierda en dos movimientos.

6.5.3. Trayectoria con entrecruzamiento

En las intersecciones de las vías ciclistas delimitadas y segregadas es necesario indicar cuál es la trayectoria de los ciclistas, sobre todo cuando los vehículos automotores dan vuelta a la derecha, lo cual puede causar un corte de circulación. Esto se logra a través de la colocación de marcas de cruce ciclista y dispositivos que alerten a los automovilistas que al realizar su giro existe la posibilidad de encontrar un ciclista, por lo que deben permitirle el paso.

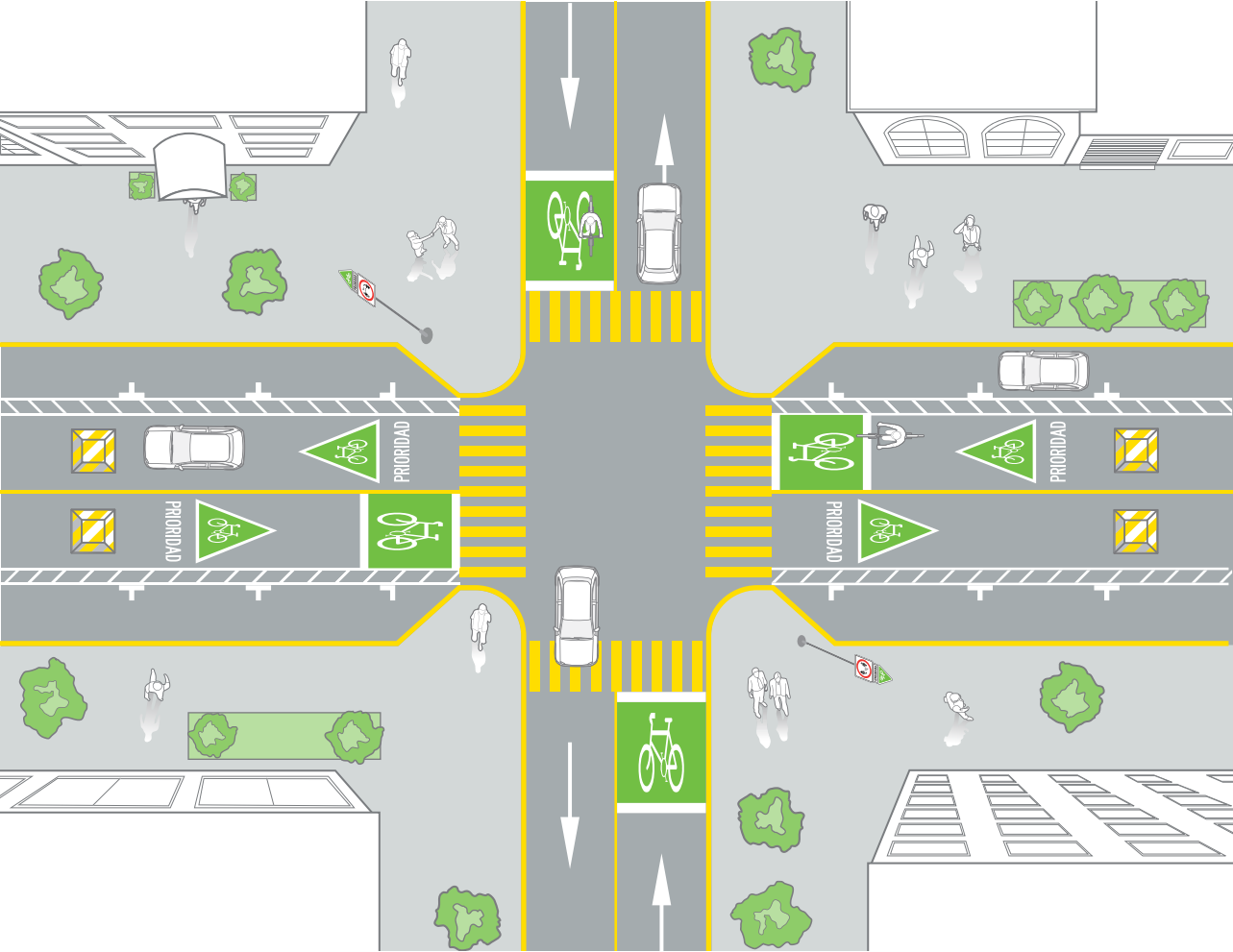
En infraestructura ciclista segregada alejada del arroyo vehicular, lo más conveniente es realizar una modificación de la geometría para acercar ambas trayectorias. De esta forma se permite que ambos tipos de usuarios se observen al llegar a la intersección.



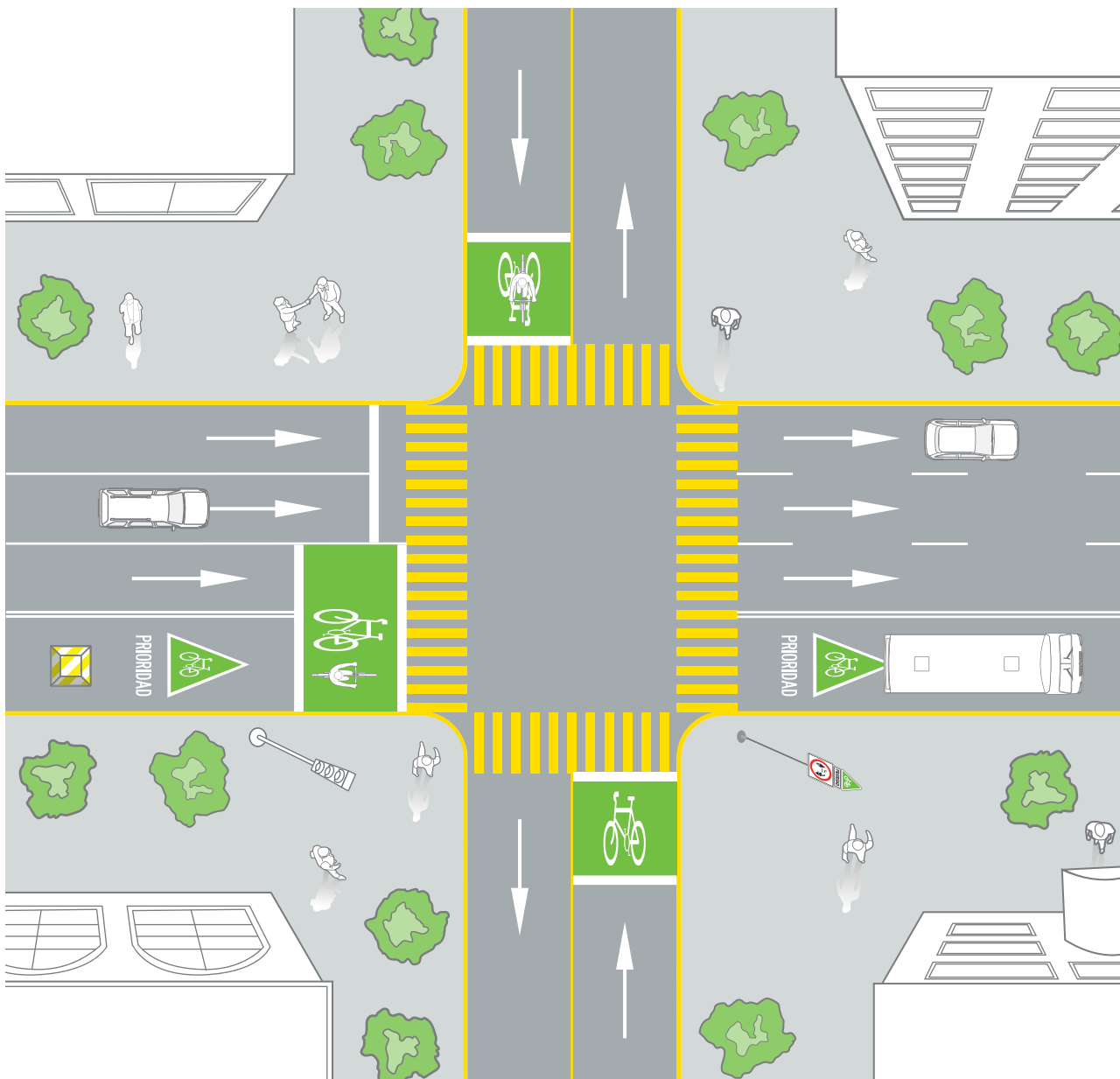
6.6. Soluciones de intersecciones por tipo de infraestructura ciclista

A continuación se muestran los diseños de intersecciones más comunes por cada tipo de infraestructura ciclista. En los gráficos se muestran la geometría y los dispositivos para el control del tránsito con los que debe contar cada solución. Es importante señalar que cuando se inicie o concluya una vía ciclista en una intersección se debe hacer la intervención de todo el cruce indicando de forma previa el cambio de configuración de la vía.

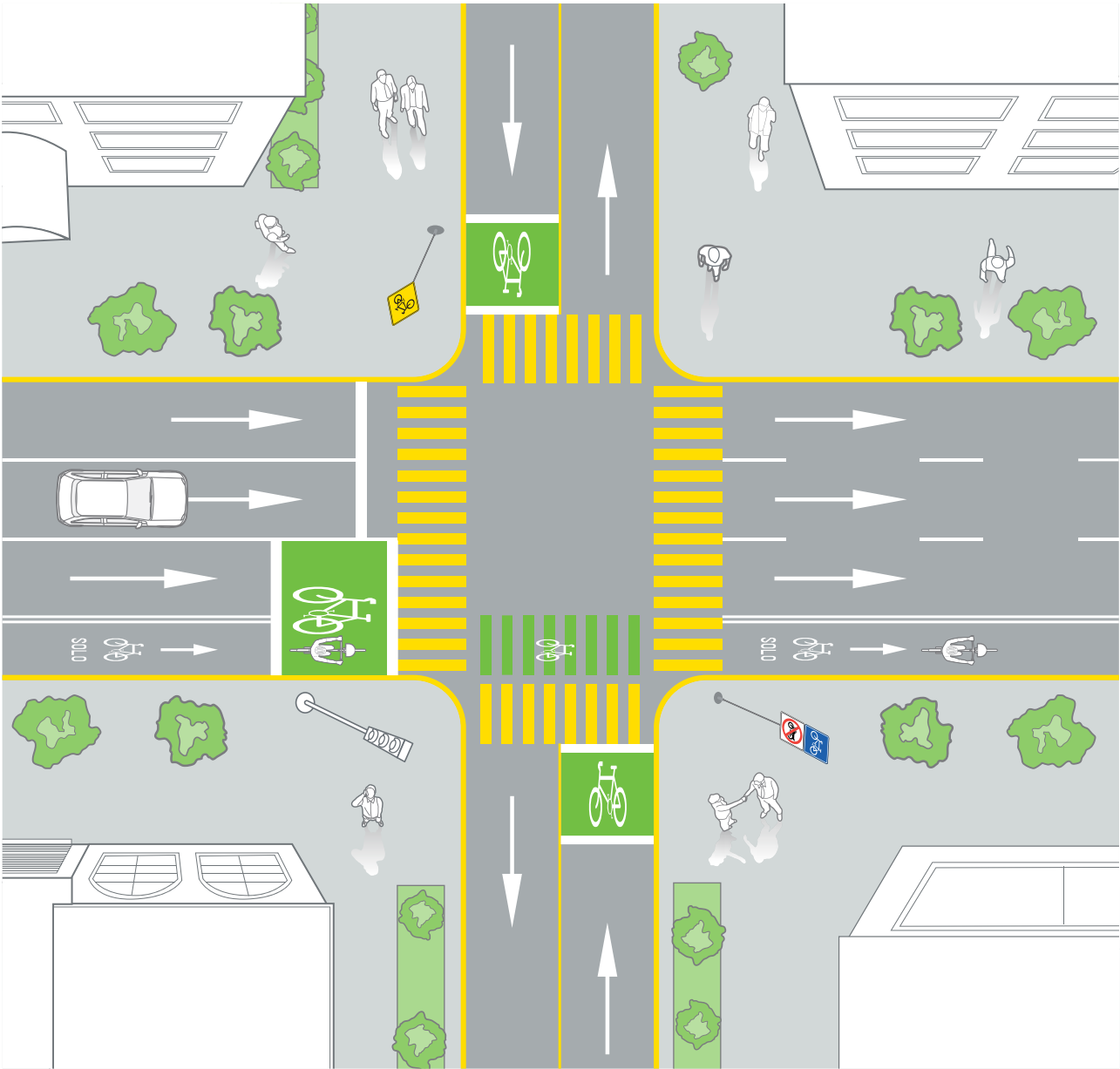
Intersección tipo de vialidad compartida ciclista



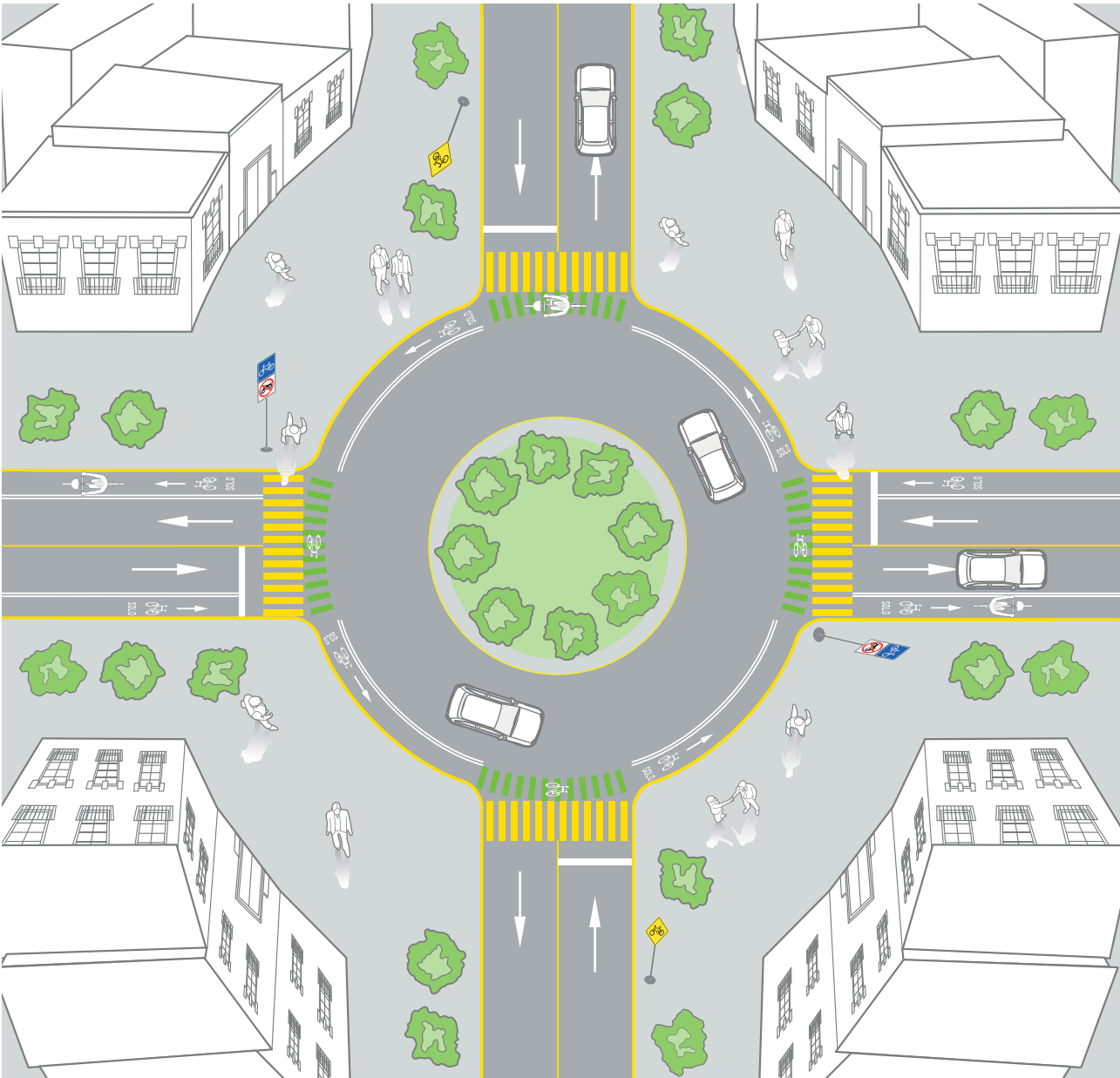
Intersección tipo de vialidad con carril compartido ciclista



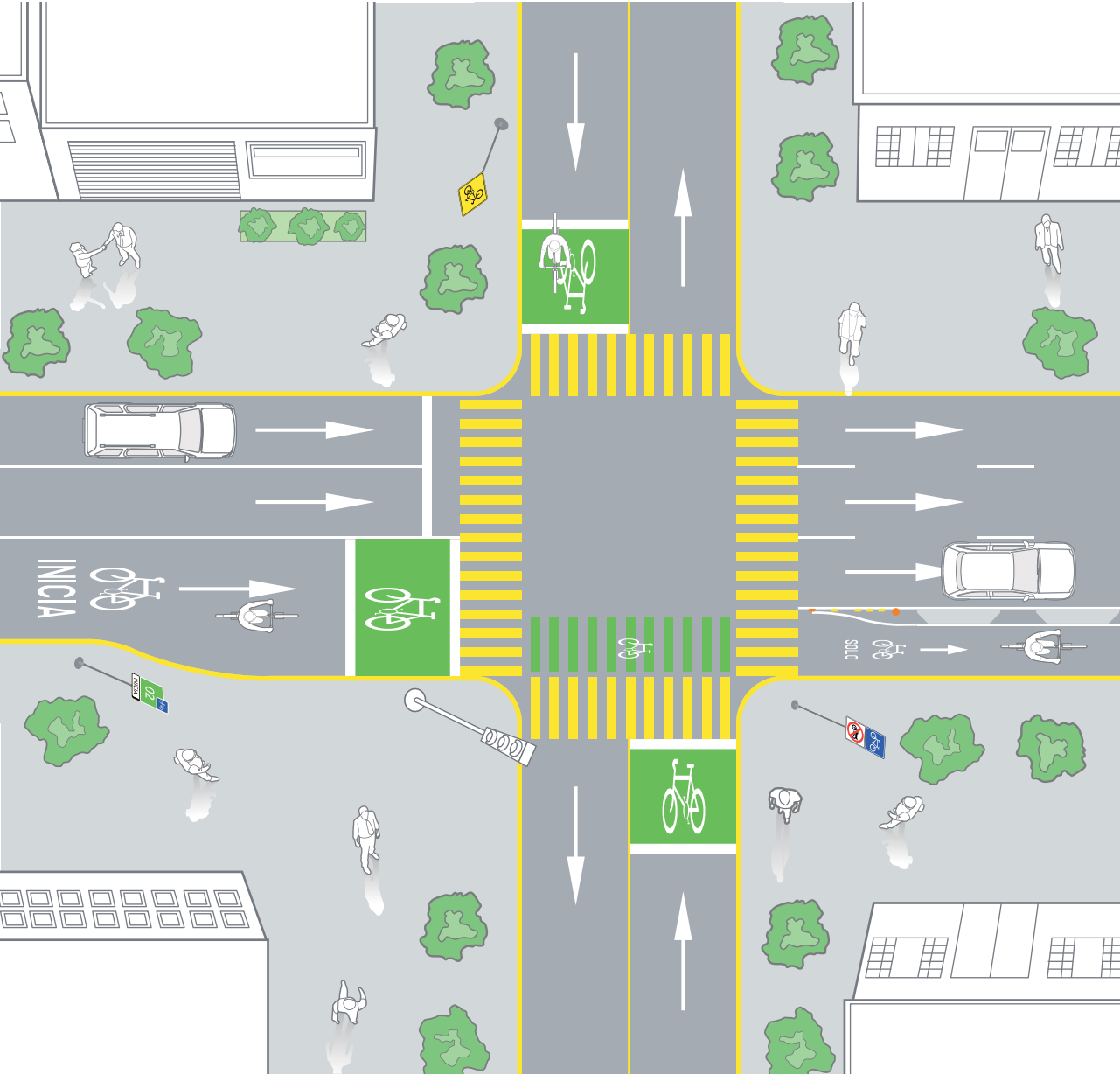
Intersección tipo de una vialidad con ciclocarril



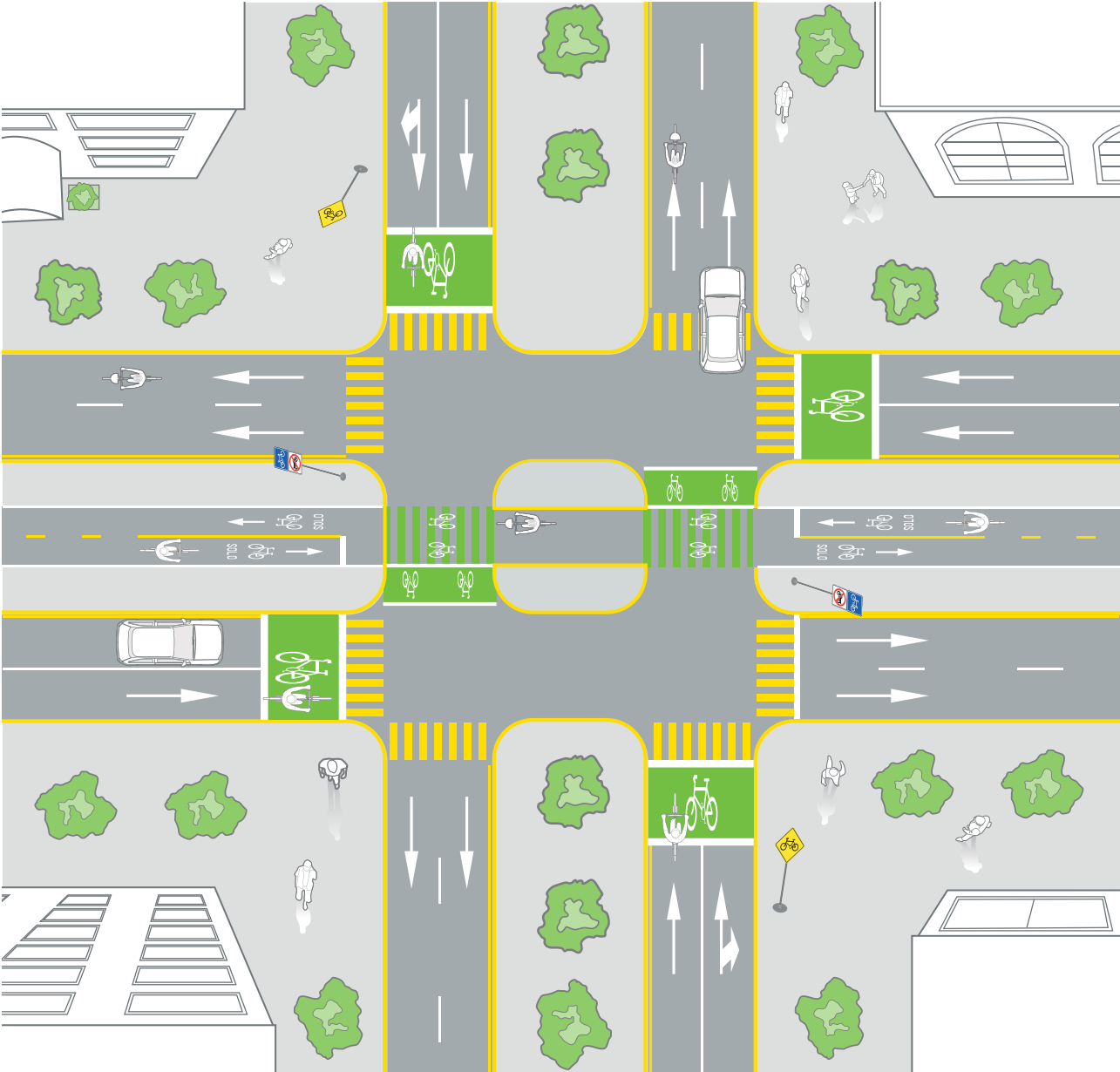
Intersección tipo glorieta en una vialidad con ciclocarriles



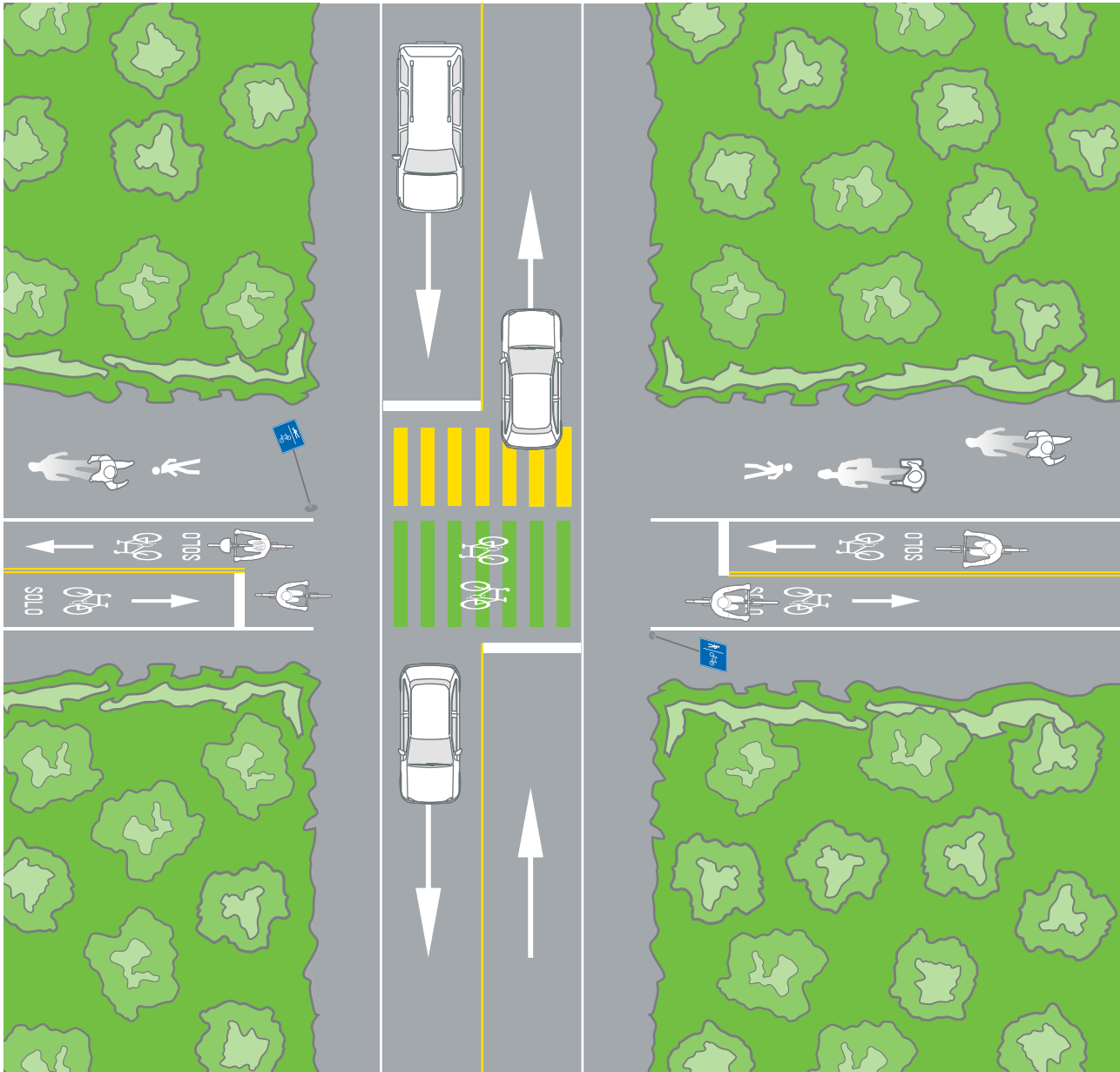
Intersección de inicio de ciclovía unidireccional



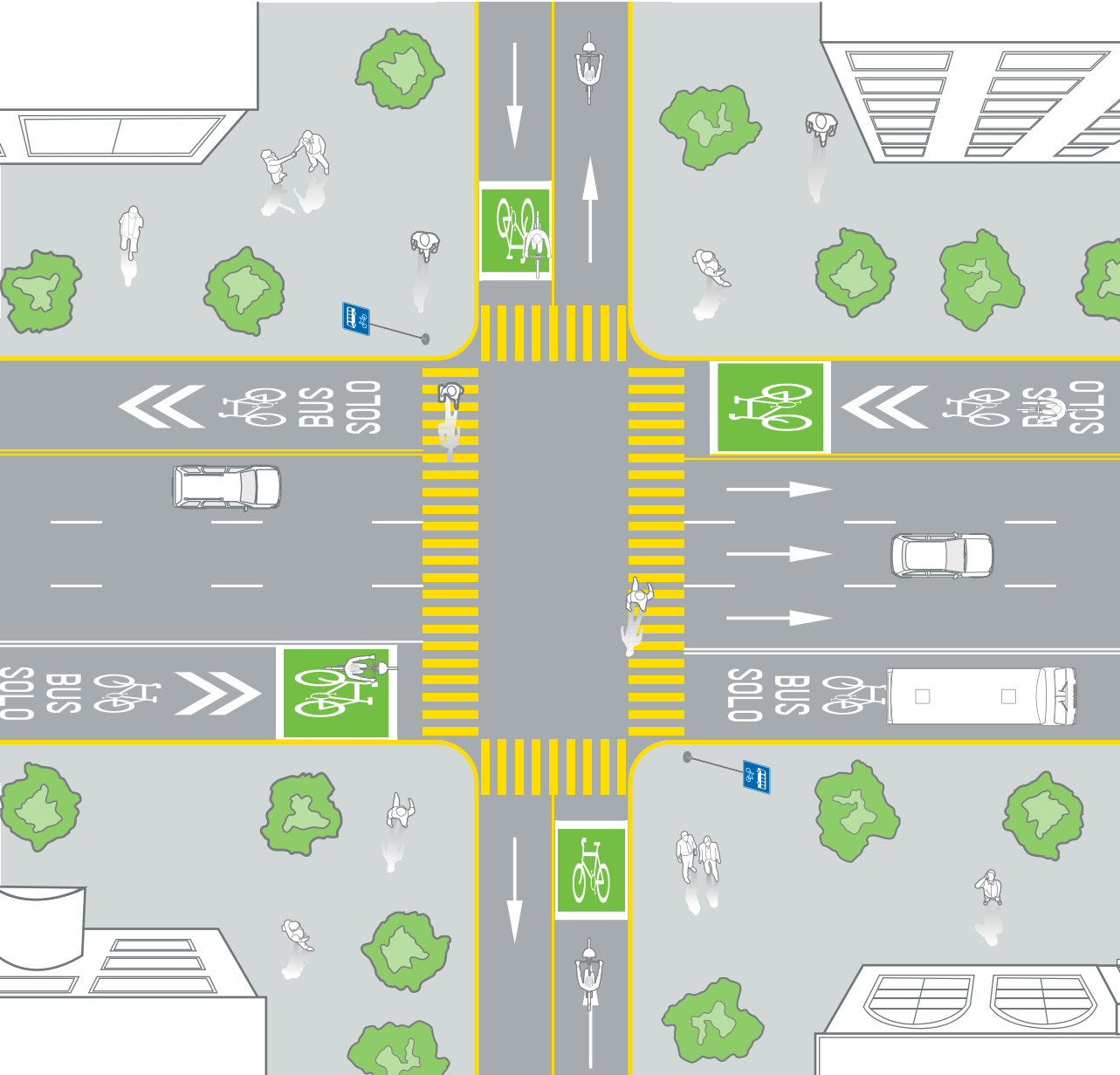
Intersección tipo de una ciclovía bidireccional en una vialidad con faja separadora central



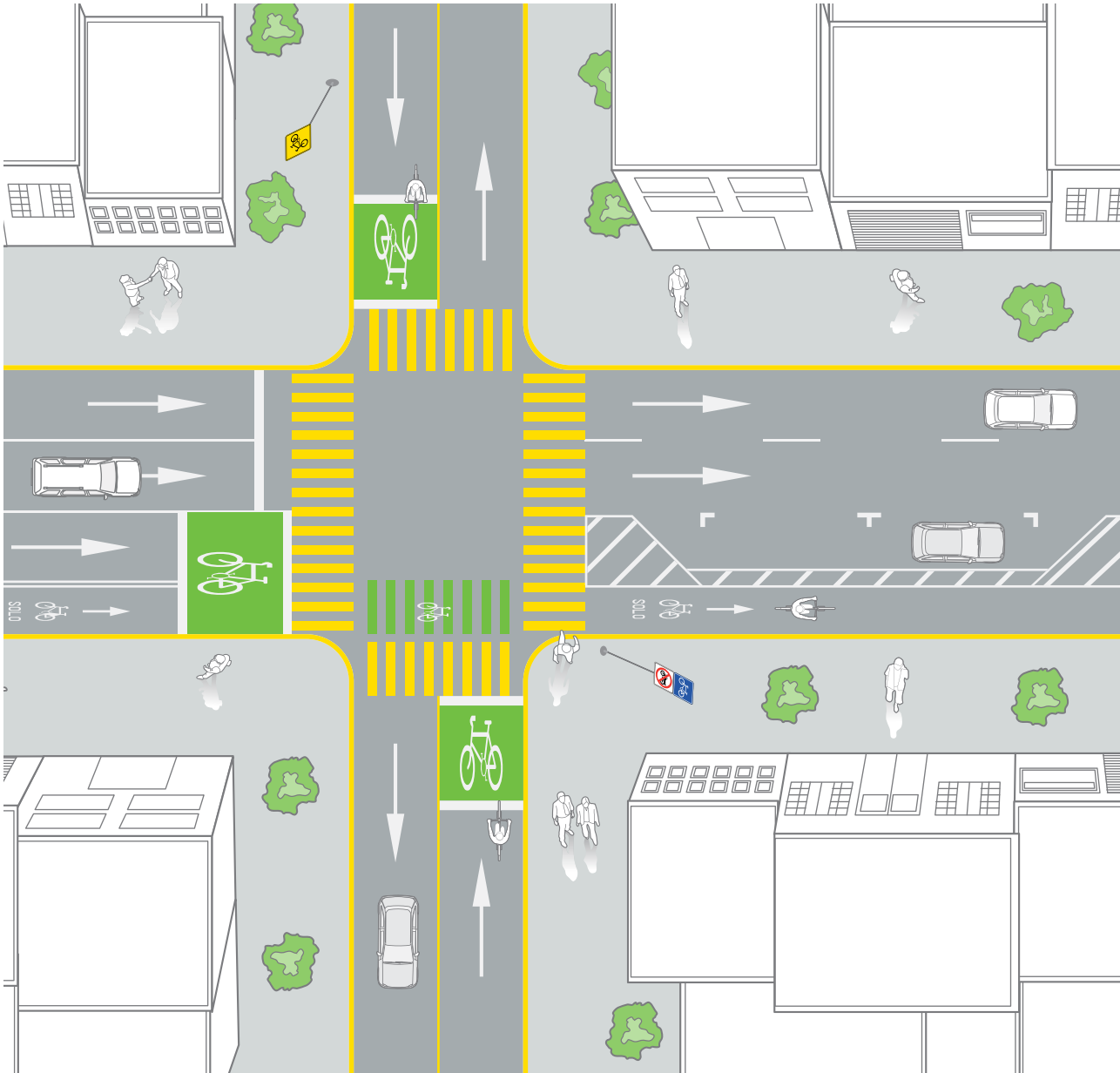
Intersección de carretera con ciclovia bidireccional de trazo independiente



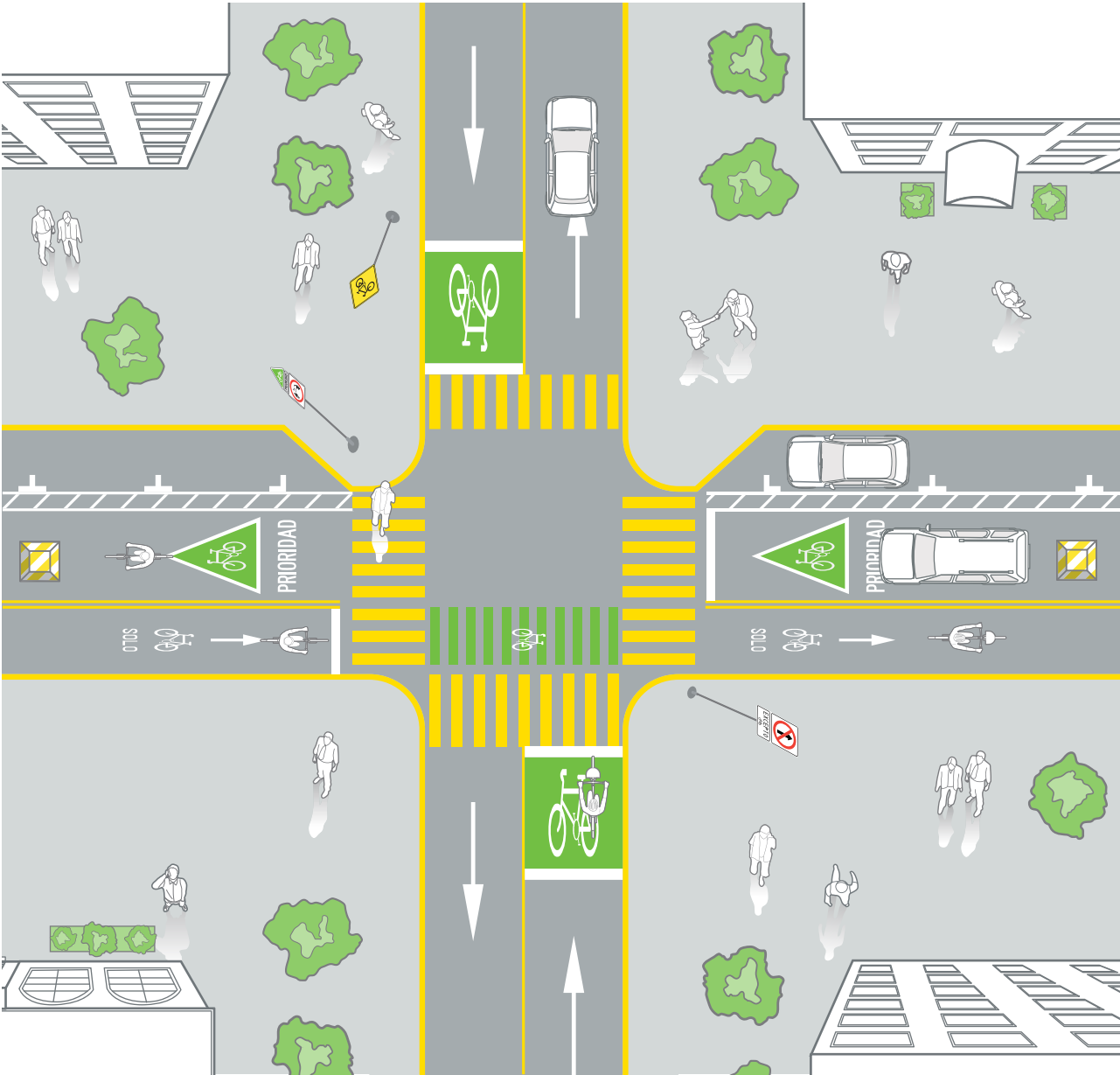
Carriles ciclistas compartidos con transporte público



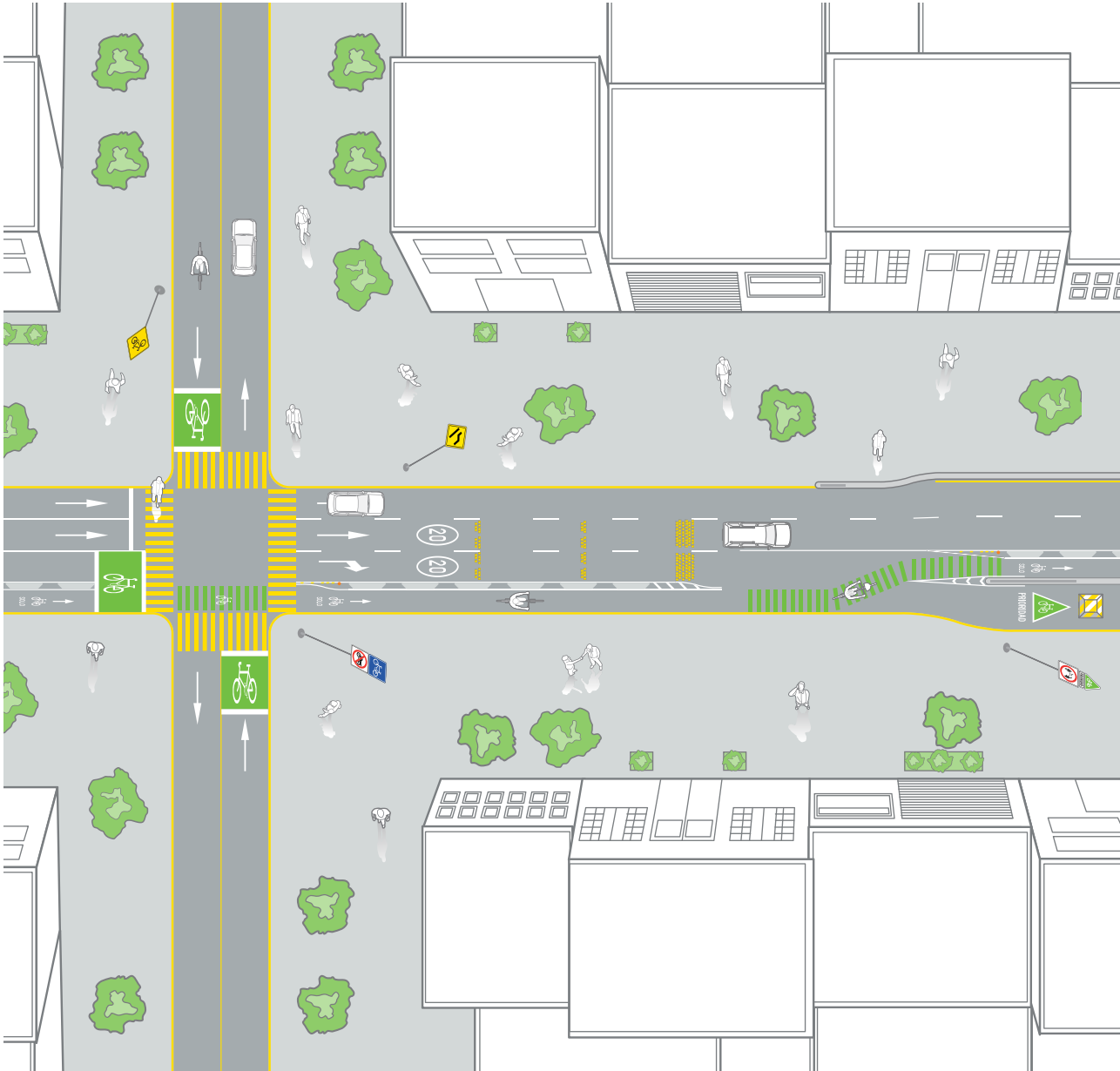
Intersección tipo de una vialidad con ciclovía unidireccional con estacionamiento adyacente



Intersección tipo de una vialidad compartida ciclista con ciclocarril en contraflujo



Entrecruzamiento de ciclovía unidireccional para incorporarse a un paso a desnivel





e escribir,
protestar
tra las
encias de
vida.*

MTO. A LA REVOLUCION
IGNACIO RA
↑ INSURGEN





7. DISPOSITIVOS PARA EL CONTROL DEL TRÁNSITO

Los dispositivos para el control del tránsito son todos aquellos elementos que, a través de códigos gráficos, auditivos o luminosos o de otro tipo, regulan la forma en que circulan los vehículos y peatones en el espacio vial. Sin ellos no habría reglas claras hacia los usuarios acerca del sentido de circulación de la vialidad, la velocidad a la cual transitar, el momento en que se puede cruzar una intersección y la dirección de la vía.

En la infraestructura ciclista, estos dispositivos cobran una gran importancia al informar los espacios exclusivos para la circulación de bicicletas, indicar su trayectoria en los puntos en los que se interactúa con otros usuarios y conocer los servicios y facilidades ciclistas en el espacio público. Sin estos dispositivos sólo la infraestructura de trazo independiente otorgaría un grado adecuado de seguridad y comodidad.

Siempre que se realice un proyecto de dispositivos para el control del tránsito es necesario realizar un estudio para la correcta colocación de las señales.

7.1. Aspectos generales

Los dispositivos para el control del tránsito juegan un papel fundamental para el desarrollo de una vía segura, útil y atractiva para las bicicletas. Se trata de una parte importante cuando se habla de una ciudad amistosa con el ciclista y se debe tener gran cuidado en el momento de su diseño, fabricación e instalación.

Los requisitos básicos con los que deben contar los dispositivos para el control del tránsito son: proporcionar seguridad, llamar la atención del usuario, transmitir un mensaje sencillo y claro, hacer que el usuario respete lo indicado, ubicarse en un sitio que permita al usuario recibir el mensaje de forma adecuada, y que la distancia a la que se encuentra permita al usuario reaccionar de una forma efectiva y oportuna.

El diseño y la fabricación de los dispositivos para el control del tránsito deben asegurar que sus dimensiones, características de contraste, colores, formas, composición e iluminación o efecto reflectante, se combinen para llamar la atención del usuario. El diseño, forma, tamaño, colores y simplicidad del mensaje se deben combinar para proporcionar un significado comprensible. La legibilidad y el tamaño deberán complementarse con su localización, a fin de que exista el tiempo suficiente para una reacción correcta, además de que la uniformidad, racionalidad, tamaño y legibilidad deben imponer respeto.

En todo momento se debe verificar que el dispositivo esté dentro de los límites del cono visual del usuario, para así llamar su atención y que éste pueda captar su significado. Se deben considerar las distintas velocidades con que viajan los usuarios, por lo que es necesario que el texto de las señales sea legible tanto para ciclistas como para automovilistas.

La conservación de los dispositivos debe asegurar su legibilidad y visibilidad. Se debe proporcionar un mantenimiento funcional para ajustarlos a las necesidades del

tránsito, incluyendo el retiro de aquellos que no sean necesarios. Un mantenimiento sin el cuidado debido puede destruir el valor de un grupo de dispositivos, poniéndolos fuera de balance; por ejemplo, el reemplazo de una señal por otra desproporcionadamente grande puede provocar el que no se perciban otras señales cercanas.

La uniformidad de los dispositivos para el control del tránsito simplifica la lectura del usuario, pues ayuda a que éste los reconozca e interprete de mejor manera. También facilita la resolución de problemas de señalización y economiza en la fabricación, colocación y conservación. A este respecto es importante señalar que todos los dispositivos contenidos en el presente capítulo se realizaron acorde a lo contenido en el Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Calles y Carreteras de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y en el proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-034-SCT2-2010, Señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas.

Sin embargo, como estas disposiciones aún no reconocen muchas de las necesidades de la movilidad en bicicleta, se han retomado las mejores prácticas internacionales en el tema para proponer nuevos señalamientos, siempre adaptándolos a nuestro código. En el caso de algunos señalamientos ya contenidos en el manual se homologan los pictogramas para obtener uniformidad.

El objetivo es contar con los mismos dispositivos en todas las ciudades mexicanas. En este momento Guadalajara y Ciudad de México ya han considerado estas propuestas para sus normas locales y proyectos de infraestructura ciclista.



7.2. Señalamiento vertical

La señalización vertical se refiere a placas fijadas en postes o estructuras, con símbolos y/o leyendas que tienen por objeto prevenir a los usuarios sobre la existencia de peligros y determinadas restricciones, o proporcionarles la información para facilitar sus desplazamientos.

Las señales verticales se clasifican en:

- Señales preventivas.
- Señales restrictivas.
- Señales informativas

7.2.1. Señales preventivas

Tienen el objetivo de advertir de forma anticipada a los usuarios del espacio público la existencia de un peligro o evento inesperado. La señal debe llamar la atención del usuario para que reduzca su velocidad o efectúe una maniobra en aras de su propia seguridad y la de otros usuarios. Las señales preventivas tienen forma de rombo color amarillo con pictogramas en color negro.

Estas señales deben colocarse a una distancia que otorgue el tiempo suficiente para que el usuario reaccione (distancia de riesgo). Dicha distancia se determina de acuerdo a la velocidad y a las condiciones ambientales predominantes. Ambos factores influyen respectivamente en el tiempo disponible para que el conductor comprenda, reaccione ante el mensaje y tenga el tiempo suficiente para realizar cualquier maniobra. Por ello, las señales preventivas deben estar ubicadas antes del riesgo que se indica, a una distancia que depende de la velocidad de aproximación, conforme a la siguiente tabla:

Velocidad en Km/hr	30	40	50	60	70	80	90
Distancia en metros	20	30	40	55	75	90	115
Adaptado de SETRAVI, 2001							

En el caso específico de los señalamientos verticales para ciclistas, es necesario considerar que la línea de horizonte se encuentre entre 0.40 a 0.60 m por encima de la de un conductor de automóvil, por lo que las señales deben estar colocadas a 3.00 m de altura.

Señales preventivas

Cruce de ciclistas



Se utiliza para indicar a los peatones y conductores de vehículos automotores la proximidad del cruce con una vía ciclista. Esta señal debe ser visible para los peatones y automovilistas.

La señal debe complementarse en la parte inferior con la señal informativa «sentido del tránsito», sobre todo cuando el sentido de circulación de las bicicletas sea en contraflujo.

Descenso pronunciado



Se utiliza para indicar a los ciclistas la proximidad de una pendiente descendente en la que es necesario frenar constantemente y realizar el cambio de velocidad para tener control de la bicicleta.

Esta señal debe ser visible para los ciclistas y debe colocarse únicamente cuando la pendiente sea mayor a 8% y con una longitud mayor a 25.00 m.

Ascenso pronunciado



Indica a los ciclistas la proximidad de una pendiente en ascenso donde es necesario aumentar el esfuerzo de pedaleo y realizar el cambio de velocidad para controlar la bicicleta o, en casos extremos, desmontar de ella.

Esta señal debe ser visible para los ciclistas y debe colocarse únicamente cuando la pendiente sea mayor a 8% y con una longitud mayor a 25.00 m.

Reductor de velocidad (tipo boma o meseta)



Se utiliza para indicar la proximidad de un dispositivo que, por medio de la elevación del nivel de la superficie de rodadura, obliga a los automovilistas a reducir la velocidad.

Esta señal puede complementarse en la parte inferior con la señal «distancia» cuando así se requiera.

Apertura de portezuelas



Se emplea en infraestructura ciclista delimitada o segregada ubicada junto a un área de estacionamiento y donde es constante la apertura de portezuelas. Tiene por objeto advertir tanto a los ocupantes de los automóviles como a los ciclistas de la posibilidad de impactos.

Esta señal debe ser visible para los automovilistas y ciclistas, por lo que es necesario que se coloque una placa en cada tramo de la vía.

7.2.2. Señales restrictivas

Indican a los usuarios la existencia de alguna regulación o prohibición en la vía. Por sus características generales se pueden dividir en regulativas y prohibitivas. Las primeras son placas cuadradas en color blanco con un anillo rojo y pictograma en color negro; las segundas adicionalmente cuentan con una franja diagonal que cruza el anillo.

Su colocación debe coincidir con el sitio donde el usuario debe seguir la orden indicada y debe ser visible para el grupo de usuarios que se desea que atienda la restricción.

Señales restrictivas

Alto, circulación uno y uno



En cruces en donde las calles que se intersectan cuentan con un solo carril efectivo de circulación, los conductores deben hacer alto total para permitir el paso de un vehículo a la vez de cada uno de los brazos de dicha intersección. Este señalamiento no aplica a peatones pues estos siempre tendrán preferencia de paso sobre los demás usuarios de la vía.

Circulación obligatoria en isleta



Esta señal se utiliza para indicar la obligación de circular hacia la derecha al encontrar una isleta en una vialidad de doble circulación, con el objetivo de no invadir un carril de circulación en sentido contrario.

Esta señal puede complementarse con un dispositivo «indicador de obstáculo» en la parte inferior de la señal para mejorar la visibilidad de la punta de una isleta.

Conserve su derecha



Se emplea en los tramos de vías ciclistas bidireccionales con el objetivo de que los usuarios transiten por el carril de la derecha. Esta señal debe de ser visible a los ciclistas.

Información complementaria a la señal prohibido seguir de frente o dar vuelta izquierda o derecha



Esta señal indica que las bicicletas están exentas de obedecer dicha señal. Su uso es para zonas de hábitat en las que se permite la circulación ciclista en contrasentido o cuando existe una infraestructura ciclista en contraflujo en calles de un solo sentido.

Desmontar de la bicicleta



Se utiliza en aquellos lugares destinados para la circulación ciclista donde es recomendable desmontar de la bicicleta. Se debe colocar donde haya obstáculos, pendientes muy pronunciadas o en cualquier lugar donde es deseable que el ciclista se convierta en un peatón. Esta señal debe estar colocada de forma que sea visible para los ciclistas.

Mascotas con correa



Se utiliza en aquellos lugares destinados a la circulación ciclista con el objetivo de que los propietarios de perros tengan el control de sus mascotas y con ello se evite conflicto con los demás usuarios. Esta señal debe ser visible para los peatones y es recomendable que se coloque una placa a cada kilómetro para no saturar visualmente el entorno.

Zona de tránsito calmado (Zona 30)



Se utiliza en los accesos y salidas de las áreas decretadas como zonas de tránsito calmado, con el objetivo de indicarle a los automovilistas que se encuentran en una zona preferencial para peatones y ciclistas en donde encontrarán dispositivos de infraestructura vial que le obligan a mantener una velocidad menor a los 30 Km/hr.

Se podrán colocar placas adicionales con las leyendas «principia» o «termina» acompañadas de una flecha ascendente o descendente respectivamente.

Distancia mínima para el rebase seguro de ciclistas



Se emplea en infraestructura ciclista compartida. Tiene por objetivo indicar a los automovilistas que en el momento de rebasar a un ciclista deberán conservar como mínimo un metro de distancia.

Esta señal debe ser visible a los automovilistas y es recomendable que se coloque una placa cada kilómetro para no saturar visualmente el entorno.

Prohibida la vuelta continua a la derecha



Se emplea en las intersecciones donde la vuelta continua de los vehículos automotores pueda generar conflicto con la circulación peatonal y ciclista.

Esta señal debe de ser visible a los automovilistas y es recomendable que se coloque una placa en cada intersección donde se pretenda prohibir dicho movimiento.

Prohibido el paso a automotores



Indica la prohibición de paso a todo tipo de vehículos con motor. Se utiliza en vías de uso exclusivo para peatones o ciclistas, por lo que debe estar colocada en todos los accesos a dichas áreas.

Es recomendable que se acompañe de dispositivos que eviten la invasión de automóviles y motociclistas.

Prohibido el paso a bicicletas, motocicletas y vehículos de carga



Esta señal se usa para indicar que se prohíbe el paso de bicicletas, motocicletas y vehículos pesados en determinadas vialidades o tramos de la misma, por lo que debe colocarse al inicio del tramo de referencia.

Prohibido el paso a bicicletas



Esta señal se usa para prohibir la entrada de bicicletas a vialidades o espacios donde las condiciones del entorno no permitan la circulación de estos vehículos. Se debe colocar al inicio del tramo de referencia.

Prohibido el rebase



Se emplea en las vías exclusivas para el tránsito de ciclistas con el objetivo de advertirlos los tramos en los que no se permite rebasar. Se usa en ciclovías unidireccionales con un ancho menor a 1.90 m y ciclovías bidireccionales si no es posible ver a los ciclistas que vienen de frente o en caso de existir pendientes pronunciadas.

Esta señal debe estar colocada de manera que sea visible para los ciclistas.

La colocación de las señales restrictivas debe coincidir con el sitio donde el usuario debe seguir la orden indicada y debe ser visible para el grupo de usuarios que se desea que atienda la restricción.



7.2.3. Señales informativas

Son aquellas que se utilizan para guiar a los usuarios en su trayecto y les informan sobre los nombres de las vías por las que circulan, así como sus sentidos de circulación, los nombres de poblaciones, lugares de interés, servicios en el camino y distancias; en algunos casos también pueden proporcionar ciertas recomendaciones. Dependiendo de la información que proporcionen, éstas pueden ser placas cuadradas en color azul con pictogramas en color blanco (para servicios), placas rectangulares de color verde con leyendas en color blanco (para indicar destinos) o placas rectangulares en color blanco con leyendas en color negro (para nomenclatura de vialidades o información general).

En el caso de los señalamientos de destino, los distintos usuarios de la vía requieren información diferenciada ya que las distancias que recorren peatones, ciclistas o conductores de vehículos automotores son muy variadas. Considerando que en la actualidad dichos señalamientos sólo atienden las necesidades de los vehículos automotores, se incluye una propuesta para ofrecer información de destinos para peatones y ciclistas. Para diferenciar los destinos de los diferentes grupos de usuarios se adopta una nueva forma y color en dichos señalamientos. En Ciudad de México ya se inició la instalación de placas en sus proyectos de movilidad para la bicicleta.

Coordenadas que definen las áreas cromáticas para los señalamientos de destinos peatonales y ciclistas			
Verde	Punto N°	Coordenadas	
		x	y
	1	0.164	0.537
	2	0.239	0.501
	3	0.223	0.454
	4	0.145	0.488
Adaptado de: SCT, 2010			

Señales informativas de destinos

Diagramática ciclista



La señal «diagramática vehicular» puede complementarse con una diagramática ciclista en la misma señal. Se utiliza cuando se cruzan varias rutas ciclistas en un sitio y es necesario guiar los movimientos de estos usuarios indicando la dirección de los destinos más importantes.

Dirección ciclista en señal elevada



Se utiliza en las intersecciones de las vialidades que cuentan con infraestructura ciclista segregada con el objetivo de dirigir a los usuarios hacia un determinado destino. Los destinos que indica la señal pueden referirse a una vialidad o un servicio.

Los elementos que deben integrar esta señal son: nombre del destino y el símbolo del servicio en su caso, la distancia y el tiempo de recorrido (calculada a partir de una velocidad de 15 Km/hr), la flecha del sentido y el símbolo de servicio ciclista. En la parte inferior de la señal se puede contar con una placa de nomenclatura.

Dirección peatonal o ciclista en señal baja



Se utiliza en las intersecciones de las diferentes vialidades para dirigir a los usuarios hacia un determinado destino. Se coloca paralelamente al eje longitudinal de la vialidad por la que debe transitar el usuario. El destino que indica la señal puede referirse a una vialidad o un servicio.

Los elementos que deben integrar esta señal son: nombre del destino y el símbolo del servicio en su caso, la distancia y el tiempo de recorrido (calcular con la velocidad de 4 Km/hr para peatones y de 15 Km/hr para ciclistas), la flecha del sentido y el símbolo de servicio peatonal o ciclista. En la parte inferior se puede colocar una señal de «nomenclatura».

Identificación de ruta ciclista



Se utiliza para identificar las diferentes rutas ciclistas dentro de la ciudad según la nomenclatura establecida en la red de movilidad en bicicleta. Se complementa con placas adicionales para indicar el inicio o término del tramo, el kilometraje o el sentido del tránsito.

Los elementos que deben integrar esta señal son: número de la ruta, el símbolo de servicio ciclista y una placa adicional indicando el inicio o término del tramo, el kilometraje o el sentido del tránsito.

Señales informativas de servicios	
Infraestructura ciclista compartida	
	<p>Se utiliza para indicar la prioridad de circulación ciclista. Esta señal se coloca en vialidades o carriles compartidos ciclistas. Esta señal debe ser visible para los automovilistas y ciclistas, por lo que es necesario que se coloque una placa en cada tramo de la vía.</p> <p>La señal debe complementarse en la parte inferior con una placa que contenga la leyenda «prioridad».</p>
Infraestructura ciclista delimitada o segregada	
	<p>Se utiliza para indicar el servicio de carril exclusivo para la circulación ciclista. Esta señal se coloca en los inicios de cada tramo de ciclocarriles y ciclovías.</p> <p>Adicionalmente, se puede utilizar para indicar servicios especiales como rampas ciclistas en escaleras.</p>
Infraestructura ciclista compartida con transporte público	
	<p>Se utiliza para indicar el servicio de carril compartido con buses. Se ubica en los inicios de cada tramo.</p>
Infraestructura ciclista adjunta a un carril de transporte público	
	<p>Se utiliza para indicar la existencia de un ciclocarril cuando éste se encuentra adjunto a un carril exclusivo para transporte público.</p>
Infraestructura ciclista adjunta a un área peatonal	
	<p>Se utiliza para indicar la existencia de un área peatonal en áreas exclusivas para la circulación ciclista.</p> <p>La disposición de los pictogramas debe coincidir con la configuración de la vía. Si los peatones van a la derecha, el señalamiento debe aparecer en dicha posición.</p>

Infraestructura peatonal compartida con ciclistas



Se utiliza para indicar áreas de circulación compartidas entre peatones y ciclistas, como es el caso de andadores peatonales y ciclistas.

Servicio mecánico para bicicletas



Se utiliza para indicar el servicio mecánico para bicicletas.

Estacionamiento de bicicletas



Se utiliza para indicar el servicio de estacionamiento de bicicletas. Se ubica junto al estante o en los accesos de los inmuebles con una placa adicional para indicar la dirección en la que se encuentra el mueble.

Alquiler de bicicletas



Se utiliza para indicar el servicio de renta de bicicletas.

Parada de ciclotaxis

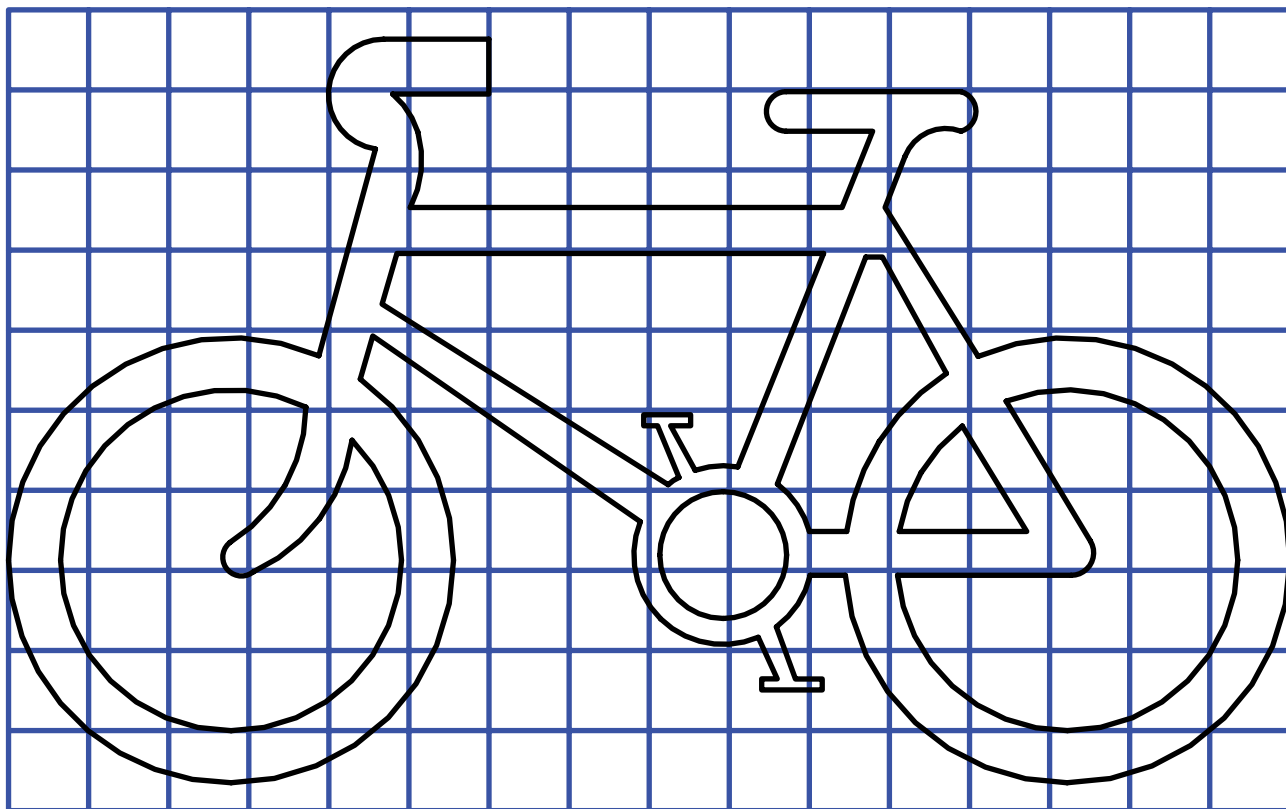


Se utiliza para indicar el sitio donde se puede abordar un ciclotaxi.

Área de tránsito mixto



Se coloca para indicar las vialidades en donde no existen dispositivos que delimiten áreas de circulación de los diversos usuarios.



Es importante siempre respetar la forma y posición del pictograma de los señalamientos ciclistas. El símbolo de bicicleta siempre debe estar orientado hacia la izquierda.



Colores de las marcas en el pavimento

- Color amarillo:
 - Raya separadora de sentido de circulación.
 - Raya para cruce de peatones.
 - Rayas canalizadoras.
 - Isletas.
 - Delimitación de la orilla izquierda cuando existan calzadas separadas.
 - Guarniciones en donde esté prohibido estacionarse.
- Color blanco:
 - Raya separadora de carriles.
 - Raya para delimitar la orilla de la calzada.
 - Áreas de estacionamiento.
 - Flechas, símbolos y leyendas.
 - Rayas para reducción de velocidad.
 - Rayas canalizadoras.
 - Rayas de alto.
 - Guarniciones en donde esté permitido el estacionamiento.
- Color verde:
 - Rayas para el cruce de ciclistas.
 - Áreas de espera ciclista.
 - Símbolo de prioridad ciclista.

Adaptado de: SCT, 2010

7.3. Señalamiento horizontal

La señalización horizontal son las rayas, símbolos y leyendas que se colocan sobre el pavimento, guarniciones y estructuras, así como los objetos instalados sobre la superficie de rodadura con el fin de regular o canalizar el tránsito de vehículos y peatones.

7.3.1. Marcas en el pavimento

Las marcas en el pavimento sirven para indicar a los usuarios la delimitación de las áreas de circulación, indicar las áreas de cruce con otro grupo de usuarios o indicar algún obstáculo. Deben ser reflectantes en colores blanco, amarillo o verde, según su función. Cuando el color del pavimento no permita un contraste adecuado con las marcas, se deberá delinear el contorno con franjas negras de 0.05 m de ancho.

Debido a que la bicicleta es un vehículo, el señalamiento responde a las mismas reglas que el destinado a los vehículos automotores y, solamente en algunos casos, se modifican las dimensiones de las marcas debido a que la velocidad es más baja. Los siguientes conceptos se basan en lo dispuesto en el proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-034-SCT2-2010, Señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas.

Raya separadora de sentidos de circulación

En infraestructura ciclista segregada bidireccional, la raya separadora de sentidos de circulación es una raya continua sencilla en los tramos donde la distancia de visibilidad no permita un rebase seguro, así como al aproximarse a las intersecciones que cuenten con «raya de alto», en cuyo caso tiene una longitud de 30.00 m.

La raya discontinua sencilla se emplea para indicar que es posible realizar un rebase seguro. Se indica a través de segmentos de raya de 1.00 m con una separación de 2.00 m. En todos los casos las rayas tienen un ancho de 0.10 m.

Raya en la orilla del arroyo vial

Se utiliza en infraestructura ciclista de trazo independiente cuando no existan banquetas o guarniciones, con el objetivo de indicar las orillas del arroyo vial. La raya en la orilla derecha debe ser continua con un ancho de 0.10 m y puede complementarse con botones reflectantes. En los tramos donde se permita la incorporación de bicicletas se debe sustituir con una raya discontinua de 1.00 m con separación de 2.00 m.

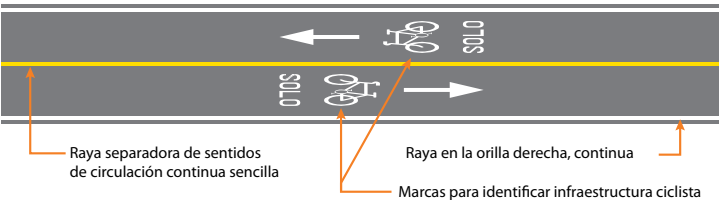
Raya de alto

Se utiliza para indicar el sitio donde deben detenerse los vehículos, de acuerdo con una señal de alto o semáforo. Debe ser continua sencilla cruzando todos los carriles que tengan tránsito en el mismo sentido. Cuando la raya de alto se utilice junto con una señal de alto, ésta última se debe colocar alineada con la raya.

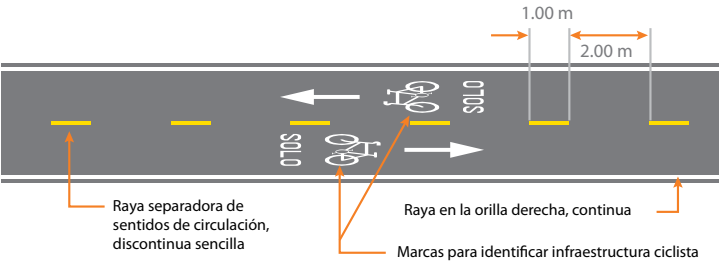
Cuando la infraestructura ciclista comparta el mismo arroyo vial que los automóviles, debe ser de 0.60 m de ancho en vías primarias y de 0.40 m de ancho en vías secundarias. Si se trata de una infraestructura ciclista de trazo independiente, debe ser de 0.40 m de ancho.

Se traza paralela al cruce peatonal a una distancia de 1.20 m antes del mismo. En caso de no existir cruce de peatones, la raya de alto debe ubicarse en el lugar preciso donde deban detenerse los vehículos (no menos de 1.20 m ni a más de 5.00 m de la orilla más próxima de la vía de circulación que cruza y paralela a esta última). Si los vehículos deben detenerse en un paso a nivel de peatones en algún sitio donde no exista una intersección, la raya de alto debe ser trazada paralela a la trayectoria de los peatones.

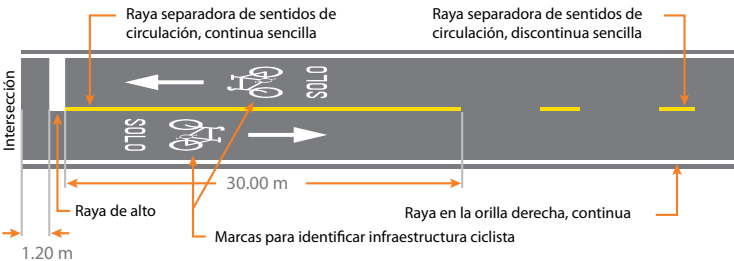
En zona de rebase prohibido



En zona de rebase

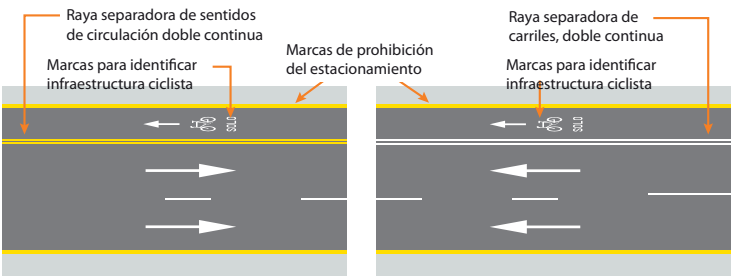


En aproximación a intersecciones



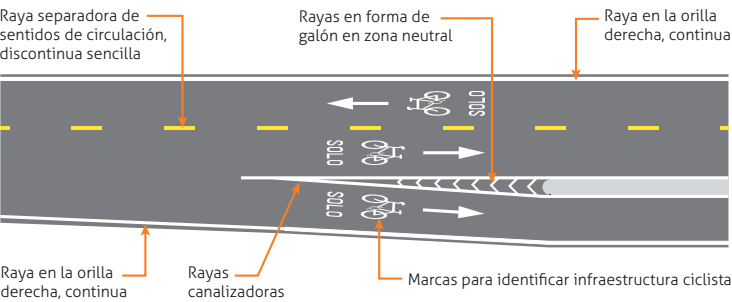
Raya separadora de carriles exclusivos

En infraestructura delimitada o segregada se debe utilizar una raya separadora de carriles continua doble a todo lo largo del carril. Las rayas deben ser de 0.10 m de ancho y la separación entre rayas debe ser igual a su ancho. Si existen elementos de confinamiento o botones, la separación entre rayas debe ser igual al ancho de dichos dispositivos.



Rayas canalizadoras

Se utilizan para delimitar la trayectoria de los vehículos, canalizar el tránsito en incorporaciones y desincorporaciones o separar sentidos de circulación, creando una zona neutral antes de isletas o fajas separadoras.

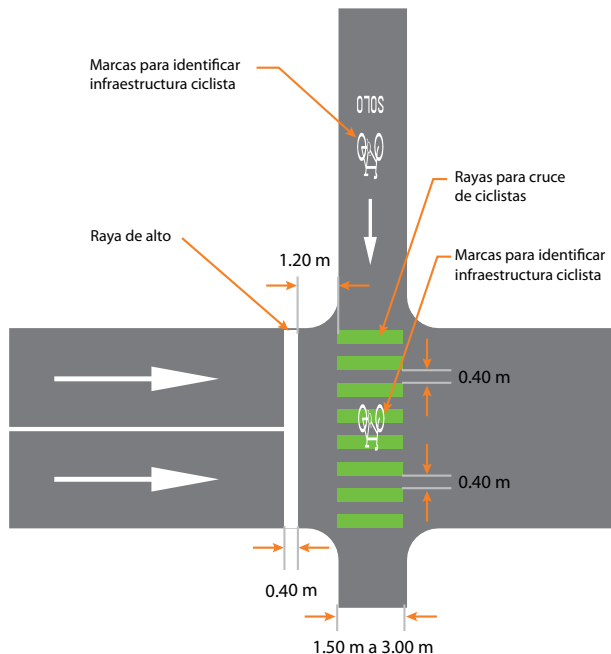


Para infraestructura ciclista, las rayas que limitan la zona neutral deben ser continuas, de color blanco cuando separen flujos en un solo sentido y amarillo cuando separen flujos bidireccionales. Son rayas de 0.10 m de ancho con una separación de 0.50 m. La zona neutral

se marca mediante rayas diagonales de 0.10 m de ancho con una inclinación de 45°, trazadas de izquierda a derecha en el sentido del tránsito. Cuando la zona neutral se ubica entre dos sentidos del tránsito, las diagonales tienen una sola inclinación y cuando se localiza entre trayectorias de un solo sentido tienen dos inclinaciones.

La longitud mínima de la zona neutral en la aproximación a isletas o fajas separadoras debe ser de 10.00 m. Es conveniente colocar botones reflectantes en la misma posición que las rayas diagonales, en la mitad de la zona neutral más cercana a la isleta. Los botones reflectantes deben ser del mismo color que dichas rayas.

Rayas para cruce de ciclistas

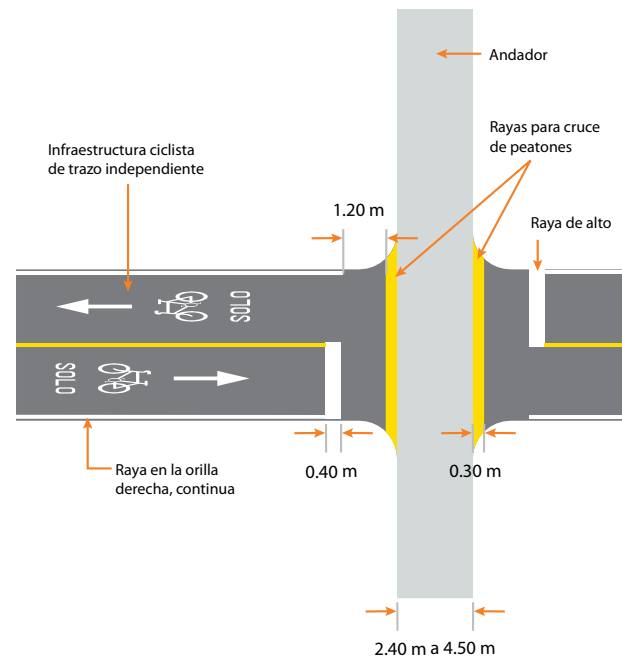


En infraestructura ciclista delimitada o segregada, se utilizan para indicar las áreas de cruce ciclista en intersecciones y accesos a cocheras. Deben ser continuas de

color verde y trazarse en todo el ancho de la vialidad. Deben ser una sucesión de rayas de 0.40 m de ancho separadas entre sí por la misma distancia. Se deben colocar paralelas a la trayectoria de los vehículos con una longitud igual al ancho de la infraestructura ciclista, pero en ningún caso deben ser mayores de 3.00 m ni menores de 1.40 m. De forma complementaria, se debe colocar un símbolo de bicicleta por cada sentido de circulación ciclista.

Rayas para cruce de peatones en infraestructura ciclista

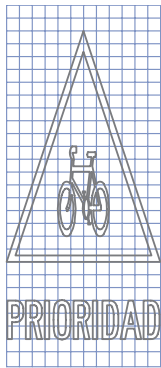
En vías ciclistas de trazo independiente, las rayas para el cruce de peatones deben ser dos rayas paralelas a la trayectoria de los peatones, de 0.20 m de ancho, trazadas a una separación que se determina por el ancho de las banquetas. En ningún caso dicha separación debe ser menor a 2.00 m ni mayor a 4.50 m.



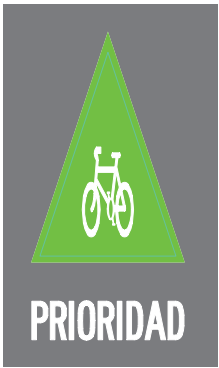


Marca para identificar infraestructura ciclista compartida

Se utiliza para indicar la existencia de una vía o carril ciclista compartido. Esta marca está compuesta por la leyenda «prioridad» de 0.60 m de alto en color blanco y un triángulo de color verde delimitado por un filete de 0.10 m en color blanco con un símbolo de bicicleta de 1.40 por 0.80 m al centro, también en color blanco. Debe haber una separación de 0.60 m entre la leyenda y el triángulo. La marca se aloja sobre el eje del carril y se repite sistemáticamente en el inicio y final de cada tramo de vía.



X=0.2 m

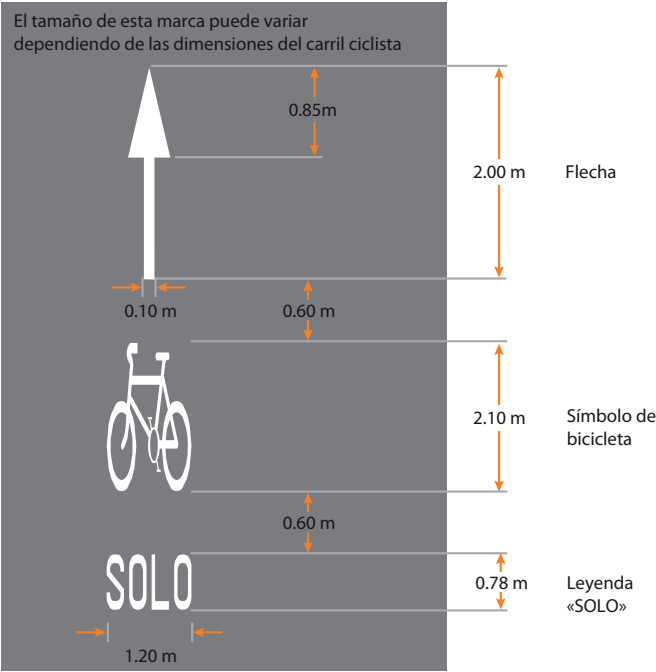


Marca para identificar infraestructura ciclista exclusiva

Se utiliza para indicar la existencia de un carril exclusivo para la circulación ciclista; se aplica en ciclocarriles y ciclovías. Esta marca está compuesta por la leyenda «solo» de 1.60 m de alto, un símbolo de bicicleta de 3.15 por 1.80 m y una flecha de dirección de 5.00 m de longitud, todo en color blanco. La leyenda,

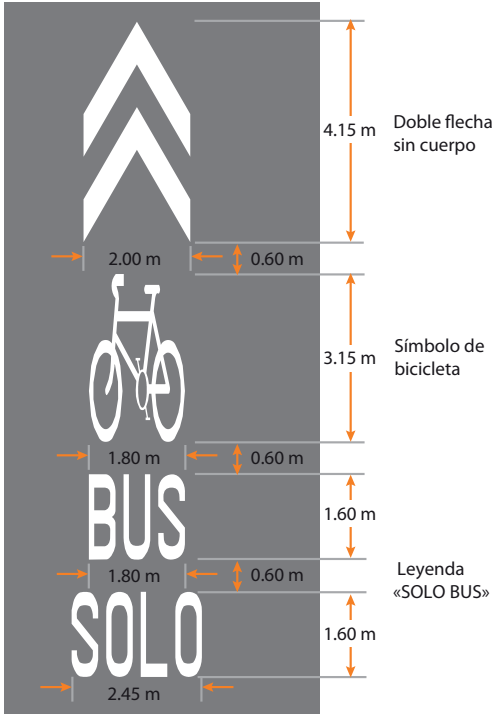
el símbolo y la flecha deben estar separados entre sí por 0.60 m. La marca se aloja sobre el eje de la vía ciclista y se repite sistemáticamente en el inicio y final de cada tramo de vía.

Dependiendo del ancho de la infraestructura ciclista se debe ajustar proporcionalmente la marca para permitir alojarla en el carril, dejando por lo menos 0.20 m libres a cada lado.



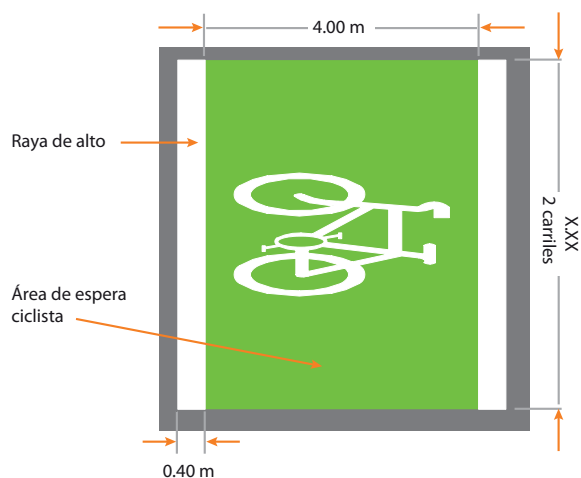
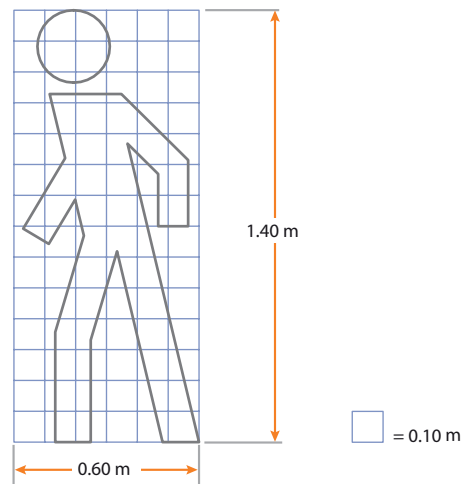
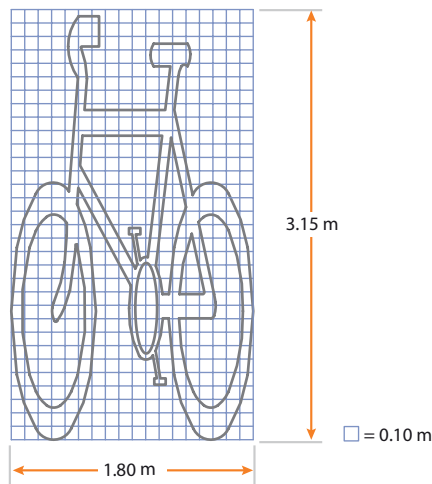
Marca para identificar infraestructura ciclista compartida con el transporte público

Se debe de utilizar en los carriles compartidos con el transporte público en el sentido de circulación de la vía o en contraflujo, con el objetivo de indicar los vehículos permitidos en dicho carril. Esta marca está formada por una doble flecha sin cuerpo, un símbolo de bicicleta de 3.15 m por 1.80 m y la leyenda «solo bus» con una altura de 1.60 m. Todos los elementos deben ser en color blanco y estar separados por 0.60 m. Esta marca se coloca al inicio y término de cada tramo de vía.



Marca para identificar área de circulación peatonal

Se utiliza en las áreas de circulación peatonal adyacentes a las vías ciclistas, con el objetivo de indicar a ambos grupos de usuarios cuál es el espacio destinado para su circulación. La marca debe medir 1.40 m de alto por 0.60 m de ancho en color blanco. Esta marca se coloca al inicio y término de cada tramo de vía.

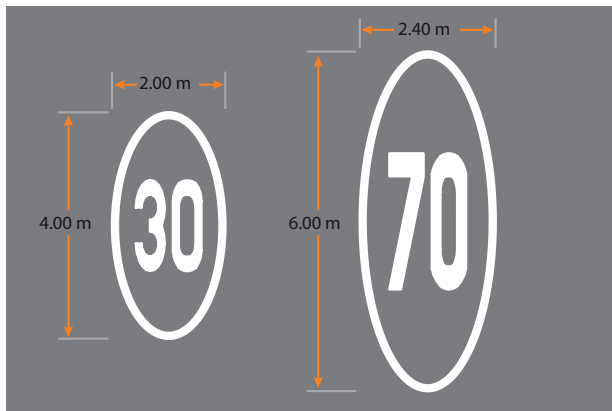


Áreas de espera ciclista

Se deben utilizar en las intersecciones semaforizadas de cualquier vía ciclista para delimitar las áreas de espera ciclista, con el objetivo de permitir la posición adelantada a los ciclistas en la intersección y con ello conferirles preferencia para realizar el cruce en la intersección o para permitir que se posicionen en una vialidad transversal para realizar un movimiento hacia la izquierda de la vía. Estas marcas deben ser rectángulos de color verde delimitados por las rayas de «alto» de 4.00 m de alto y un ancho correspondiente a los dos primeros carriles de circulación (incluyendo el de circulación ciclista). En el centro deben tener un símbolo de bicicleta de 3.15 m por 1.80 m en color blanco.

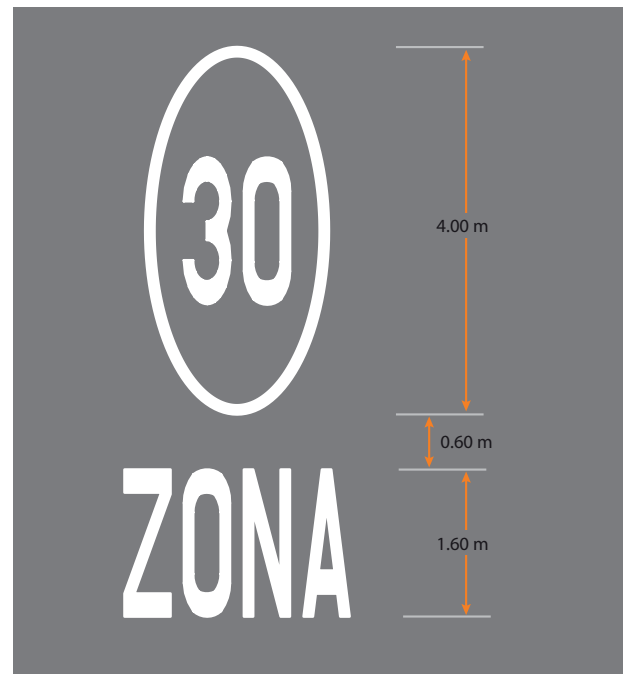
Marca para indicar velocidad máxima

Se utiliza en vialidades con objeto de indicar a los conductores de vehículos la velocidad máxima permitida, sobre todo en aquellas vías en las que cada uno de los carriles cuenta con diferente velocidad permitida. Para velocidades de hasta 60 Km/hr, esta marca está compuesta por un óvalo de 4.00 m de alto por 2.00 m de ancho con la leyenda correspondiente a la velocidad máxima al centro, de 1.60 m de alto; o un óvalo de 6.00 m de altura por 2.40 m de ancho con leyendas de 2.40 m de alto en caso de ser velocidades mayores a 60 Km/hr. Todos los elementos de esta marca deben ser en color blanco.



Marcas para indicar zona de tránsito calmado (Zona 30)

Se utiliza para indicar a los conductores de vehículos que están entrando o saliendo de una zona de tránsito calmado en la que deberán transitar a una velocidad menor a 30 Km/hr. Esta marca está compuesta por una marca «indicación de velocidad máxima» y la leyenda «zona» de 1.60 m de alto con una separación de 0.60 m. Todos los elementos de esta marca deben ser en color blanco.





7.3.2. Dispositivos diversos

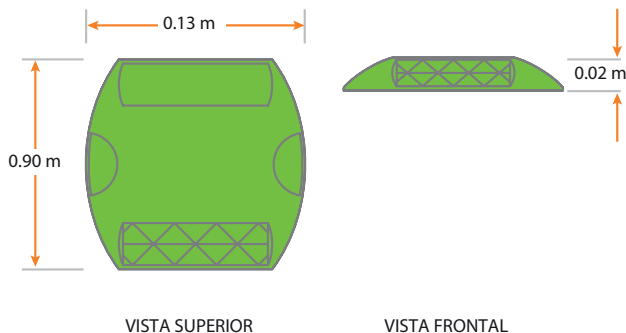
Los elementos diversos son elementos físicos que se encuentran en la vía o en sus inmediaciones con el objetivo de proteger a los usuarios o encauzar el tránsito de los diversos grupos de usuarios de la vía (SETRAVI, 2001).

Botones reflejantes

Estos son dispositivos que se colocan en la superficie de rodadura o en las estructuras adyacentes al arroyo vial. Los botones reflectantes se usan para complementar las marcas, mejorando la visibilidad de la geometría de la vialidad. Los delimitadores se pueden emplear para acotar los carriles exclusivos, o también se emplean para transmitir a los automovilistas una señal de alerta mediante vibración y sonido.

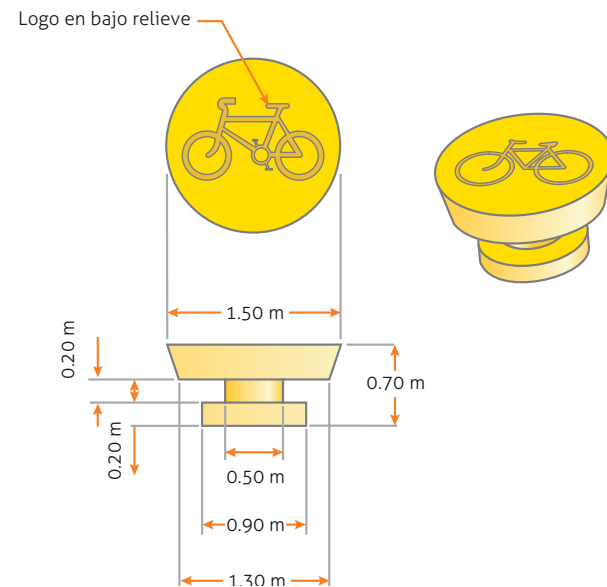
Para la infraestructura ciclista se han elegido los botones de color verde para delimitar carriles ciclistas compartidos y ciclocarriles, los cuales se deben colocar cada 10.00 m. Asimismo, cuando la trayectoria de los conductores de vehículos motorizados se entrecruza con los ciclistas se podrán utilizar estos elementos para advertir a los usuarios de la presencia de bicicletas en la vía.

No se deben utilizar botones sobre las trayectorias ciclistas debido a que pueden provocar la pérdida de control de la bicicleta.



Botones ciclistas para áreas peatonales

Se utilizan para indicar la ruta sugerida que deberán seguir los ciclistas al cruzar un área peatonal. Estos elementos deben colocarse en una línea con una separación de 2.00 m. No se deben colocar dos líneas ya que puede interpretarse que el área entre ambas líneas es para el uso exclusivo de ciclistas. Los botones deben estar montados al mismo nivel del pavimento para evitar que los peatones tropiecen con ellos.

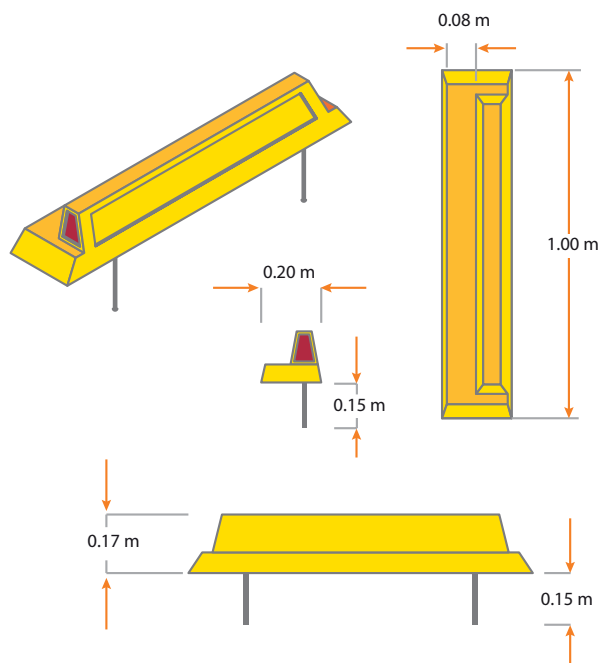


Elementos de confinamiento para infraestructura ciclista

Los elementos de confinamiento son dispositivos indispensables para la segregación de los flujos ciclistas. Impiden la invasión de vehículos automotores y al mismo tiempo deben permitir una circulación amable al ciclista (su forma debe evitar que los pedales peguen los golpeen). Es recomendable que sean elementos discontinuos

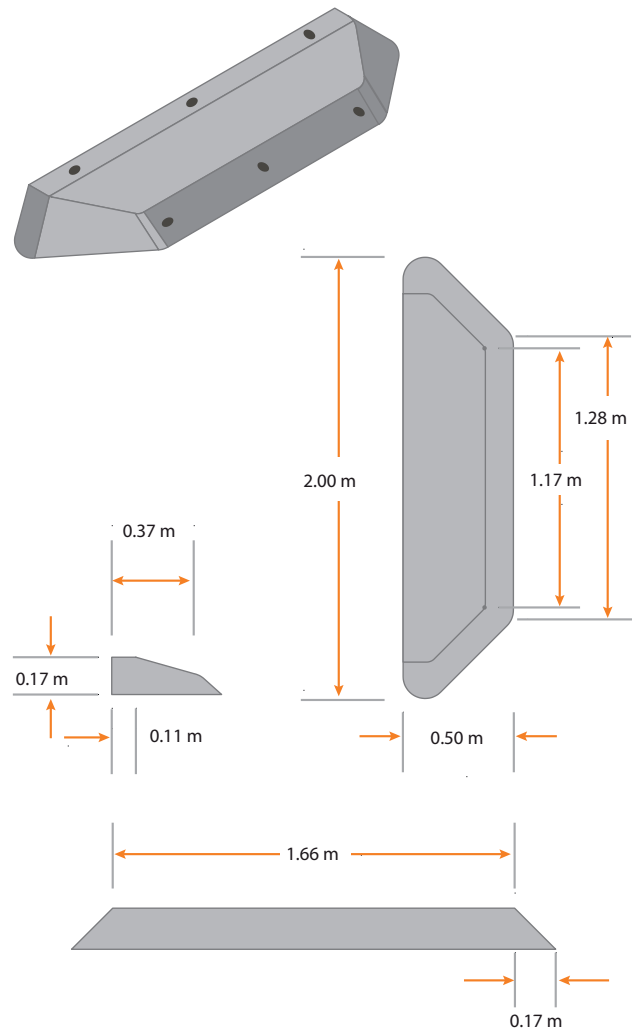
Los elementos de confinamiento son dispositivos indispensables para la segregación de los flujos ciclistas ya que impiden la invasión de vehículos automotores y al mismo tiempo permiten una circulación amable al ciclista.

Barra de confinamiento tipo L



para permitir que los ciclistas puedan salir de la ciclovía en cualquier punto si encuentran algún obstáculo en su trayectoria. La separación más adecuada entre cada elemento debe ser de 1.50 m y deben contar con material reflectante en los costados para que sean visibles durante la noche.

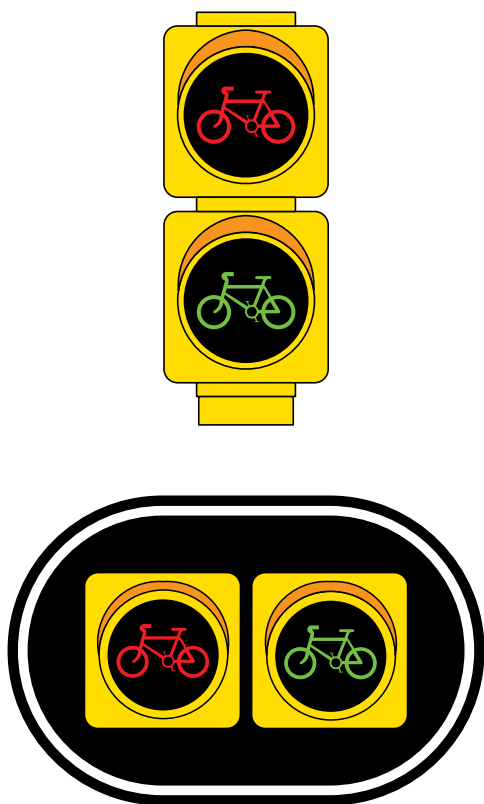
Barra de confinamiento tipo trapezoide



7.3.3. Dispositivos luminosos

Los semáforos para ciclistas pueden ser utilizados en las intersecciones con el objetivo de disminuir conflictos y facilitar la movilización segura de los ciclistas.

En toda vialidad donde exista una infraestructura ciclista se deberán colocar semáforos ciclistas en aquellas intersecciones que ya se encuentren semaforizadas para otros usuarios. En todos los casos, deben tener una altura máxima de 3.50 m. Además, deben estar sincronizados con los semáforos vehiculares, dejando de 3 a 5 segundos de preferencia para el arranque.



Referencias

AAW. (1991). Speed Reducers. (Pt. 7). En: *Urban Traffic Areas*. Copenhagen: Vejreguludvalget.

Alcaldía Mayor de Santa Fe de Bogotá, D. C., Instituto de Desarrollo Urbano. *Manual de diseño de ciclorutas*. Santa Fe de Bogotá. D. C. 1999.

American Association of State Highway and Transportation Officials, *Guide for the development of bicycle facilities*. Washington, D. C. 1999.

Asociación Europea de Vías Verdes. (2000). Guía de buenas prácticas de las vías verdes en Europa. Ejemplos de realizaciones urbanas y periurbanas. Comisión Europea: DG Medio Ambiente. Recuperado el 10 de octubre de 2010, de http://www.aevv-egwa.org/SiteResources/data/MediaArchive/pdf/bonnes_pratiques_esp.pdf

Boivin, R. y Pronovost, J.F. (1992). *Technical handbook of Bikeway Design: Planning, Design, Implementation*. Quebec: Ministère des Transports du Québec and The Canadian International Development Agency.

Buis, J. (11 de mayo de 2004). *Provisions for Cycling, National Manual for Urban Areas*. Documento no impreso para Dublin Transportation Office.

CROW. (2007). *Design Manual for Bicycle Traffic*. Países Bajos: EDE.

CROW. (1996). Aanbevelingen voor veerkeersvoorzieningen binnen de bebouwd kom. CROW, 110.

CROW. (agosto 1993). *Sign up for the Bike, Design manual for a cycle-friendly infrastructure*. Países Bajos: EDE.

Davies, D. (1996). *Cycle-Friendly Infrastructure: Guidelines for planning and design*. Londres: Departamento del Transporte.

Diario Oficial de la Federación. (16 de febrero de 2011). *PROYECTO de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-034-SCT2-2010, Señalamiento horizontal y vertical de carreteras y vialidades urbanas*. Documento no impreso.

FHWA. (2004). PEDSAFE: *Pedestrian Safety Guide and Countermeasure Selection System*. Recuperado el 11 de octubre de 2010, de http://www.walkinginfo.org/pedsafe/pedsafe_downloads.cfm

FHWA. (junio 2010). Evaluation of Lane Reduction "Road Diet" Measures on Crashes. Publicación No. FHWA-HRT-10-053. Recuperado el 11 de octubre de 2010, de <http://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/10053/10053.pdf>

FHWA e ITE. (1999). *Traffic Calming: State of the Practice*. Washington, DC: Institute of Transportation Engineers.

Foran, S. (2008). Cycle paths collision risks. Recuperado el 10 de octubre de 2010, de http://en.wikipedia.org/wiki/File:Cycle_path_collision_risks.jpg.

Geometric Design: Past, Present, and Future.
<http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/millennium/00048.pdf>

Godefrooij, T., Pardo, C. F., y Sagaris, L. (2009). Five main requirements for cycling-inclusive infrastructure. (Cap. 5). En: *Cycling-Inclusive Policy Development: A Handbook*. Utrecht: I-CE. pp. 57-65

González Venegas, R. (2003). *Políticas de diseño para la implementación de ciclovías*. Memoria para optar al título de Ingeniería de Ejecución en Transporte y Tránsito. Universidad Tecnológica Metropolitana de Chile.

Huang, H.F., Stewart, R., y Zegeer, C.V. (2010). Evaluation of Lane Reduction "Road Diet" Measures on Crashes and Injuries. *Transportation Research Record*, 1784.

INEGI. (2007). *Análisis de resultados de la Encuesta Origen – Destino 2007*. México: INEGI

Instituto de Desarrollo Urbano. (1999). *Plan Maestro de Cicloruta. Manual de Diseño*. Elaborado por la Alcaldía Mayor de Santa Fe de Bogotá, DC. Recuperado el 13 de octubre de 2010, de <http://movilidadurbana.files.wordpress.com/2007/10/manual-de-diseno-de-ciclorutas.pdf>

Instituto de Desarrollo Urbano y Secretaría de Tránsito y Transporte. (2000). *Manual de dispositivos para a regulación de tránsito en ciclorutas*. Bogotá: Alcaldía Mayor de Bogotá.

Instituto Universitario de Estudios Europeos. (2002). Plan de Accesibilidad. La Accesibilidad en España. Diagnóstico y bases para un plan integral de supresión de barreras. Proyecto ACCEPLAN. Madrid: IMSERSO.

ISA. (2009). Reporte gráfico de resultados del segundo conteo de ciclista del Distrito Federal, 2009. Documento no impreso.

Manual de Diseño Geométrico de Carreteras, Perú.
http://www.mtc.gob.pe/portal/transportes/caminos_ferro/manual/DG-2001/css/home.htm

Mattar, W. (2004). Auto-Bicycle Accident. Referencias del National Highway Safety Administration (NHTSA) y el New York State Department of Transportation. Recuperado el 10 de octubre de 2010, de <http://www.mattar.com/new-york-bicycle-accident-lawyer.php>

Ministerio de Economía y Hacienda. (2007). *Manual de Accesibilidad Integral para las edificaciones administrativas adscritas a la Administración General del Estado*. Madrid: Grupo Fondesa.

Olivera, Fernando. Estructuración de vías terrestres, 2004.

Papazian, Arturo. Infraestructura del Transporte Terrestre. Diseño Geométrico.

Sanz, A. (1999). La bicicleta en la ciudad, *Manual de políticas y diseño para favorecer el uso de la bicicleta como medio de transporte*. 1ª. Reimpresión. Madrid: Ministerio de Fomento de España.

Sanz, A. (1998). *Calmar el tráfico*. 2ª edición. Madrid: Ministerio de Fomento de España.

SCT. (2009). *Manual de proyecto geométrico de carreteras*. [Reimpresión] México: Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

SCT. (1992). *Manual de señalamiento turísticos y de servicios*. Ciudad de México: Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

SCT. (1986). *Manual de dispositivos para el control de tránsito en calles y carreteras*. Ciudad de México: Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

STV-DF. (2001). *Manual de dispositivos para el control de tránsito en áreas urbanas y suburbanas*. Ciudad de México: Secretaría de Transporte y Vialidad del DF.

SETRAVI. (2010). Bahías. [Autocad]. Ciudad de México: Setravi: Sub Dirección de Tecnologías del Transporte.

Transportation Alternatives.(2005). *Calles para la gente, guía para lograr calles tranquilas y seguras*. Recuperado el 11 de octubre de 2010, de http://www.transalt.org/files/resources/streets4people/calles_para_la_gente.pdf

Transport for London. (2005). *London Cycling Design Standards*. Recuperado el 11 de octubre de 2010, de http://www.tfl.gov.uk/assets/downloads/businessandpartners/lcds_chapter5.pdf

Wachtel, A. y D. Lewiston. (1994). Risk Factors for Bicycle-Motor Vehicle Collisions at Intersections. ITE Journal. Institute of Transportation Engineers, September 1994, p. 30-35. Recuperado el 10 de octubre de 2010, de <http://www.bicyclinglife.com/Library/riskfactors.htm>

Vélo Quebec. (2003). *Technical Handbook of Bikeway Design*. (2da. Ed.). Montreal: Vélo Quebec.

Vélo Québec, Technical handbook of bikeway design: planning, design, implementation. Montreal, Quebec. 1992.



Este manual se terminó de imprimir en junio de 2011 en Grupo Fogra,
Mártires de Tacubaya 92, Col. Tacubaya, CP 11870, Ciudad de México.



Manual integral de movilidad ciclista para ciudades mexicanas

