

infraestructura ciclista para el Municipio de La Paz Fase I – Macrodistrito V – Sur

**Entregable 2. Informe técnico del diseño de la
infraestructura ciclista propuesta**



Financiado por
la Unión Europea



bikeNcity

Resumen ejecutivo

El Gobierno Autónomo Municipal de La Paz (GAMLP) es beneficiario del Programa EUROCLIMA+, que implementa a través de la Agencia Francesa de Desarrollo - AFD el proyecto piloto "Revisión de diseño y acompañamiento en la construcción de la red de infraestructura ciclista para el municipio de La Paz - Fase I", en donde bikeNcity funge como la organización que brinda la consultoría.

Este entregable forma parte del Informe 3 de dicha consultoría y se enfoca en el diseño de una red de infraestructura ciclista basada en los cinco principios de diseño de CROW, en los que se hace mención que deberá ser **directa, segura, coherente, cómoda y segura**. El informe incluye la metodología de diseño de la red y de la infraestructura ciclista, los resultados, las conclusiones y recomendaciones a diversas áreas de oportunidad detectadas, así como la bibliografía utilizada y los anexos correspondientes.

En la sección de metodología, se hace referencia a los hallazgos generales detectados en documentos técnicos utilizados en el municipio de la La Paz, el contenido de los talleres teórico-prácticos proporcionados durante la primera visita técnica a La Paz, así como un resumen del proceso de diseño de la infraestructura ciclista, abordado a través de cinco sets de recomendaciones.

En el apartado de resultados se describen las características de la red final de infraestructura ciclista, así como las configuraciones que serán implementadas en cada tramo, las cuales se definieron en conjunto con el GAMLP.

En la sección de conclusiones se brinda la perspectiva del equipo consultor respecto a los procesos implementados, así como recomendaciones para que el GAMLP afine el diseño de la infraestructura ciclista y replique los procesos en futuros proyectos.

Finalmente, en la sección de anexos, se comparten planos, bases de datos y los cinco sets de recomendaciones brindados al equipo de la Secretaría Municipal de Movilidad y Seguridad Ciudadana (SMMSC) que fueron aplicados paulatinamente para lograr tener el diseño final de la infraestructura ciclista.

Índice

Resumen ejecutivo	2
Introducción	5
Metodología	6
1. Contextualización del proyecto	7
2. Talleres teórico - prácticos	7
3. Sets de recomendaciones	8
Resultados	12
1. Red de infraestructura ciclista	12
2. Características de diseño de la infraestructura ciclista	15
3. Tratamientos específicos	23
4. Dispositivos para el control del tránsito	27
5. Señalización horizontal y vertical	30
Conclusiones y recomendaciones	32
Bibliografía	39
Anexos	40

Imágenes

Imagen 1: Taller teórico - práctico de diseño de red de ciclo infraestructura, marzo 2023.	12
Imagen 2: Mapa de aforos de micromovilidad	13
Imagen 3: Red de infraestructura ciclista propuesta	16
Imagen 4: Ciclovía confinada en el Corredor Javier Mina de Guadalajara, Jalisco	18
Imagen 5: Ejemplo de ciclocarril	18
Imagen 6: Carril bus bici con cojín reductor de velocidad	19
Imagen 7: Pacificación del tránsito a través del estrechamiento de carriles y construcción de una chicana	19
Imagen 8: Ancho efectivo mínimo para la circulación ciclista	20
Imagen 9: Plano de la red ciclista con sus configuraciones (8.6 Km en total)	24
Imagen 10: Ciclovía proyectada en la Av. Ricardo Sánchez Bustamante	24
Imagen 11: Carril bus bici proyectado en la Av. Julio Patiño	25
Imagen 12: Carril de prioridad ciclista proyectado en la Av. Julio Patiño	25
Imagen 13: Ciclocarril proyectado en Calle 12	25
Imagen 14: Parada de transporte público sobre ciclovía	26
Imagen 15: Parada de transporte público a nivel de acera	27
Imagen 16: Propuesta de colocación de orejas de mono en Calle 13	27
Imagen 17: Diseño de orejas de mono	28
Imagen 18: Propuesta de colocación de isleta en Av. Ballivián	29
Imagen 19: Propuesta de colocación de marcas y dispositivos en zonas con contenedores	29
Imagen 20: Separador vial de caucho sintético	30
Imagen 21: Modelos de tachas a utilizar	31
Imagen 22: Tachones de resina a utilizar	32
Imagen 23: Delineadores a utilizar	32
Imagen 24: Modelo de despertador a utilizar	33

Imagen 25. Distancias mínimas para el rebase seguro en infraestructura ciclista	36
Imagen 26. Distancias de seguridad entre vehículos de micromovilidad y motorizados	36
Imagen 27. Alzado de un carril bus-bici	37
Imagen 28 y 29. Estado actual de las cunetas en la Av. Julio Patiño y ejemplo de rejilla longitudinal.	38

Cuadros

Cuadro 1. Descripción de la red de infraestructura ciclista proyectada	14
Cuadro 2. Sobreanchos recomendados para el diseño de infraestructura ciclista en pendientes	19
Cuadro 3. Principales tramos a intervenir y sus configuraciones	20
Cuadro 4. Señalización horizontal propuesta	31
Cuadro 5. Ejemplos de señales verticales a utilizar	31
Cuadro 6. Ocupación de espacio ciclo-usuario	33

Introducción

El diseño de la infraestructura se realiza bajo dos niveles. El primero a nivel macro, con la definición de una red que una puntos relevantes de la localidad y a nivel de calle, en el que la infraestructura diseñada responda a las necesidades del contexto, priorizando la movilidad de las personas más vulneradas.

Como punto de partida para el desarrollo de las recomendaciones técnicas de diseño de la infraestructura ciclista, se revisaron distintos estudios, reglamentos y manuales proporcionados por la Secretaría Municipal de Movilidad y Seguridad Ciudadana (SMMSC). De esta manera el diseño propuesto se apegaría a la normatividad vigente y el equipo consultor podría proporcionar insumos adicionales que refuercen los criterios existentes o proponer el diseño de nuevos elementos.

Al ser esta la primera red de infraestructura ciclista del municipio, con un enfoque en movilidad, fue necesario fortalecer las capacidades del equipo técnico en el proceso de diseño e implementación de este tipo de proyectos. Una vez concluido el proyecto se espera que las lecciones aprendidas puedan ser replicadas en fases posteriores que extiendan y conecten la red de infraestructura ciclista a otras zonas de La Paz. Este fortalecimiento de capacidades se ha abordado desde el inicio de la asistencia, principalmente en las sesiones correspondientes al Entregable 5 y a través de sesiones de trabajo teórico-prácticas, ejecutadas durante la primera visita técnica.

El fortalecimiento de capacidades permitió al equipo de la SMMSC tener herramientas para diseñar su red de infraestructura ciclista y generar un proyecto geométrico con señalización horizontal y vertical, dispositivos para el control del tránsito, así como tratamientos específicos para la infraestructura ciclista en diferentes configuraciones.

Este documento recopila la metodología de trabajo utilizada para llegar a la conformación de la red y la definición del proyecto ejecutivo del proyecto, así como las principales recomendaciones proporcionadas a lo largo de la asistencia. De esta forma se tendrá una guía con lecciones aprendidas, que pueda ser replicada en otros proyectos de movilidad activa. Además, se presentan áreas de oportunidad detectadas en los materiales técnicos y normativos compartidos al inicio de la asistencia, de manera que las recomendaciones puedan ser consideradas o integradas en revisiones y ediciones posteriores.

Metodología

El equipo consultor orienta el desarrollo del proyecto técnico en dos vertientes; a) capacitación y transferencia de conocimientos técnicos y b) revisión del proyecto y emisión de recomendaciones al diseño.

Siguiendo esa estructura se llevaron a cabo las siguientes actividades, entregas y sesiones para el Fortalecimiento de Capacidades (esto último cubierto en específico por el Entregable 5):

1. Contextualización de los proyectos
2. Talleres teórico - prácticos
3. Sets de recomendaciones al proyecto ejecutivo

Es importante mencionar que los alcances del presente Entregable fueron modificados para obtener mejores resultados en puntos en los que se detectó que el proyecto requería de mayor sustento o atención a detalles importantes, los cuales quedaron distribuidos de la siguiente forma:

- Se apoyó al equipo del Gobierno Autónomo Municipal de La Paz (GAMLP) en la definición de la red, ya que la propuesta inicial no contaba con datos e insumos que robustecieran el respaldo de la implementación del proyecto. Para ello se realizaron sesiones de trabajo con la sociedad civil (a través de una de los talleres teórico - práctico), pruebas piloto y el aforo de vehículos de micromovilidad y motorizados (Entregable 8). Uno de los sets de recomendaciones se destinó a proporcionar recomendaciones para la definición de la red.
- Se modificó la cantidad de sets de recomendaciones proporcionados, aumentando de 3 a 5 sets, quedando distribuidas las temáticas de la siguiente forma:
 - Primer set: Recomendaciones para la definición de la red de infraestructura ciclista y distribuciones para la Av. Julio Patiño, Av. Sánchez Bustamante, Calle 21 y Pancara. Además se prepararon recomendaciones para el diseño de espacios de estacionamiento tarifado.
 - Segundo set: Recomendaciones para la redistribución de los tramos de Av. Julio Patiño, Av. Sánchez Bustamante, Calle 12, 13, 15, estación Irpavi y Av. Montenegro.
 - Tercer set: Recomendaciones en el trazado de trayectorias y a diversas áreas de oportunidad detectadas en el plano topográfico. Adicionalmente se prepararon recomendaciones a un catálogo de señalización horizontal y vertical propuesto.
 - Cuarto set: Recomendaciones a detalles del proyecto geométrico, tratamientos en puntos específicos y a la señalización horizontal utilizada. Adicionalmente se prepararon diversas propuestas de configuraciones para la zona de la estación Irpavi y la Av. Arequipa.
 - Quinto set: Recomendaciones sobre el uso de dispositivos para el control del tránsito y a la señalización vertical.

Los sets incluyen la elaboración de hojas de cálculo, recomendaciones y trazos en planos formato dwg, así como documentos adicionales que complementan a cada uno de los sets de recomendaciones. Se incluyen en la sección de Anexos.

1. Contextualización del proyecto

Para la contextualización del proyecto se llevaron a cabo tres actividades principales:

1. Revisión de la información existente como manuales, reglamentos, bases de datos de información geográfica, planos e imágenes tipo del proyecto¹.
2. Revisión de proyecto previo a inicio de la asistencia, se llevó a cabo una sesión virtual en la que se presentó el proyecto ejecutivo, así como una revisión exhaustiva de la justificación de trazado de rutas y configuraciones establecidas.
3. Recorridos en campo durante la primera visita técnica, en el Macrodistrito Sur. Se recorrió la primera ruta propuesta por el equipo del GAMLP y otras vías en las que se infería que podrían ser rutas potenciales para la conexión con Achumani y Cota Cota.

2. Talleres teórico - prácticos

Como parte de los alcances de la propuesta técnica elaborada por el equipo consultor, en relación con la capacitación y transferencia de conocimientos para la implementación y construcción de infraestructura ciclista, se realizaron tres talleres presenciales durante la primera visita técnica. Como su nombre lo indica, el objetivo de la actividad se centró en dar fundamentos teóricos que pudieran reforzarse a través de ejercicios.

1. Red de infraestructura ciclista
 - a. Durante este taller se contó con la presencia de diferentes sectores como iniciativa privada, colectivos ciclistas de sociedad civil y funcionarios y funcionarias de gobierno. Se les compartió conocimiento teórico referentes a la micromovilidad y las redes de infraestructura ciclista.
 - b. Como dinámica práctica, se conformaron grupos multisectoriales los cuales realizaron propuestas de red de infraestructura ciclista en el Macrodistrito Sur. Esta actividad consistió en el marcaje de puntos relevantes de viaje dentro del macrodistrito, las rutas más utilizadas para llegar a ellos, además de la detección de barreras naturales, urbanas y puntos con siniestros de tránsito.
2. Seguridad vial y diseño de intersecciones
 - a. La actividad tuvo como público objetivo el personal de la Secretaría Municipal de Movilidad y Seguridad Ciudadana (SMMSC), y se contó con la asistencia de dependencias como la Secretaría Municipal de Infraestructura y la Secretaría Municipal de Planificación del GAMLP.
 - b. En el apartado teórico se brindaron los fundamentos y procesos básicos de rediseño de intersecciones, criterios de seguridad vial y priorización acorde a las personas usuarias más vulneradas.
 - c. Como ejercicio práctico, se agrupó a los participantes en equipos y se les brindó una intersección a rediseñar ubicada en el Macrodistrito Sur. Durante la actividad, el equipo consultor brindó comentarios, aportaciones y espacios de charla para compartir y debatir ideas con las y los participantes.
3. Intermodalidad
 - a. La actividad tuvo como público objetivo el personal de la Secretaría Municipal de Movilidad y Seguridad Ciudadana (SMMSC) del GAMLP y se extendió la invitación a personal de Mí Teleférico.

¹ Los hallazgos y recomendaciones a estos documentos se pueden consultar en el Anexo 1. Revisión de documentos.

- b. Se preparó una presentación con conceptos clave que abarcan la intermodalidad, con énfasis en la promoción de la movilidad ciclista (Anexo 11).

3. Sets de recomendaciones

La metodología para el desarrollo del proyecto ejecutivo se basó en brindar sets de recomendaciones técnicas a manera de retroalimentación en distintas etapas del diseño. Estas recomendaciones son retomadas por el personal a cargo del proyecto de la SMMSC, aplicadas y se presenta un nuevo avance. Este es revisado por el equipo consultor y nuevamente emite recomendaciones para continuar el desarrollo del proyecto. Además se organizaron reuniones de trabajo para resolver dudas y tomar decisiones en temas clave.

Una vez que se conoce el contexto y se tiene una red definida, se recomienda que el desarrollo del proyecto ejecutivo de infraestructura ciclista siga en general los siguientes pasos:

1. Definición de distribuciones y tipologías de la infraestructura. Con base en el plano topográfico, se realizan propuestas de cómo se puede redistribuir el espacio de las calles a intervenir. Se sugiere realizar el ejercicio en tablas, para evitar realizar dibujos en este arranque del proceso de diseño.
2. Trazado de trayectorias peatonales y de vehículos. De esta forma se identifican puntos que requieren ajustes para dar mayor seguridad a las diversas personas usuarias y facilitar sus desplazamientos
3. Ajuste de geometrías en la sección longitudinal y transversal del proyecto, así como en las intersecciones.
4. Marcaje de la señalización horizontal y propuesta de colocación de dispositivos para el control del tránsito. Es importante que este paso se aplique hasta que se hayan realizado los ajustes del punto 3, ya que sobre la geometría se aplicarán las señales y dispositivos.
5. Colocación de la señalización vertical. Esta distribución también responde a algunos dispositivos contemplados en el punto anterior.
6. Ajustes a la semaforización. La semaforización de las intersecciones se contempla cuando el diseño de geometrías, los dispositivos y la señalización requieren de estos dispositivos para ordenar el tránsito de personas usuarias, es por ello que se aplica como último paso.

De forma transversal al proceso se deberán considerar detalles como la intermodalidad del proyecto, características de los dispositivos o mobiliario a colocar, detalles constructivos, etc.

Como parte de la propuesta técnica, se planificaron tres sets de recomendaciones, sin embargo, derivado del flujo de trabajo y necesidades del proyecto se ajustó a cinco sets de recomendaciones.

Estas recomendaciones se han basado en los siguientes insumos:

- Manual de Diseño Vial de La Paz (Cooperación Suiza en Bolivia, 2018)
- Manual de Diseño de Calles para las Ciudades Bolivianas (Cooperación Suiza en Bolivia, 2015)
- Manual de Dispositivos de Control del Tránsito de Bolivia (Administradora Boliviana de Carreteras, s.f.)
- Materiales audiovisuales elaborados para el Programa de Fortalecimiento de Capacidades (Entregable 5). Estos fueron desarrollados tomando como referencia los

documentos mencionados, así como manuales y prácticas de diversos países de América y Europa, como México, Colombia, Costa Rica, Estados Unidos, Países Bajos y España.

1. Primer set de recomendaciones²

Tomando en cuenta los insumos resultantes del taller teórico - práctico “Red de infraestructura ciclista”, el trazo inicial propuesto de infraestructura ciclista por el equipo del GAMLP y los recorridos de campo, se conformó el primer set de recomendaciones.

Se estableció una aproximación al trazo de red de infraestructura ciclista³, propuestas de distribución de calzada en Av. Julio Patiño, Av. Sánchez Bustamante, Calle 21 y Pancara así como propuestas de tipologías de infraestructura ciclista en cada una de las vías mencionadas.

Al conocer las vías sobre las que se proyectará la infraestructura ciclista, se dio la pauta a definir la configuración adecuada y las secciones específicas para cada tramo. Derivado de la revisión de pendientes y los sobre anchos requeridos para vías ciclistas, así como el limitado espacio en las calzadas, se mencionó que sería necesario contar con un plano topográfico para integrar estas particularidades al diseño.

Además, en este primer set se incluyeron criterios de emplazamiento para estacionamientos, con el propósito de incidir mediante buenas prácticas en la implementación del sistema de estacionamiento tarifado en la zona de San Miguel, específicamente en la Av. Mariscal Montenegro. Esta vía, acorde a la red de infraestructura ciclista planificada, tendría infraestructura compartida o con pacificación del tránsito por ser una zona de destino de viajes.

2. Segundo set de recomendaciones⁴

A partir de la recepción de los siguientes documentos emitidos por la SMMSC, se realizó el segundo set de recomendaciones técnicas.

- I. Plano del proyecto en formato DWG con el trazado de rutas ciclistas
- II. Tabla de secciones por cada vía y tramo⁵
- III. Aforos vehiculares (micromovilidad y motorizados)

En este set se recomendó realizar el trazo de trayectorias de los usuarios de las calles (peatones, ciclistas, transporte público y vehículos motorizados) con la finalidad de distribuir el espacio de las calzadas de manera apropiada a cada tipo de usuario y encontrar puntos de conflicto en cruces e intersecciones sobre las cuales pudiesen hacerse propuestas de rediseño. En esta revisión se recomendó el uso de huellas precargadas o *software* especializados para dimensionar los radios de giro de vehículos pequeños, unidades de transporte público y vehículos ligeros en general.

² Las recomendaciones proporcionadas a detalle se encuentran en el Anexo 2. Primer set de recomendaciones al proyecto ejecutivo.

³ La red de infraestructura ciclista se modificó y validó en los siguientes sets a partir de la aplicación de encuestas, aforos y pruebas pilotos (red definida en la sección de Resultados).

⁴ Las recomendaciones proporcionadas a detalle se encuentran en el Anexo 3. Segundo set de recomendaciones

⁵ El documento mencionado a detalle se encuentra en el Anexo 4.

Las vías sobre las que se realizaron propuestas de trayectorias y ajustes al documento de secciones fueron Av. Julio Patiño, Av. Sánchez Bustamante, Av. Inofuentes, Av. Mariscal Montenegro y la conexión con la estación Irapavi del sistema Mí Teleférico en las calles 12, 13 y 15.

Además, como parte fundamental de este set se retomó el archivo de secciones para cada vía y tramo, el cual sirvió como guía en la distribución de dimensiones para cada tipo de usuario según las dimensiones de la calzada, generando diversas propuestas y permitiendo realizar ajustes al proyecto acorde al contexto de la vía.

Asimismo, se hicieron recomendaciones al trazado del plano mediante capas (*layers*), sobre las cuales la cuantificación de insumos sería más eficiente.

Finalmente, en este set se llevó a cabo una revisión a los aforos vehiculares, los cuales permitieron evaluar el comportamiento de las calles analizadas en cuanto a volumen, horas de máxima demanda, carriles en uso y capacidad vial.

3. Tercer set de recomendaciones⁶

Para la elaboración de este set se revisaron los siguientes insumos enviados por la SMMSC del GAMLP:

- I. Plano de la zona del proyecto en formato DWG, con trazado de las trayectorias de la infraestructura ciclista, vehículos motorizados particulares, transporte público y peatones.
- II. Plano con levantamiento topográfico de la zona de San Miguel.

El objetivo del set se centró en la revisión y la emisión de recomendaciones a trazados de trayectorias peatonales, de vehículos de micromovilidad y motorizados, así como en nuevas geometrías resultantes de tal ejercicio, por ejemplo, orejas, modificaciones a radios de giro, áreas de resguardo, entre otras.

El trazado de las trayectorias de todos los modos de transporte facilita la identificación de puntos de conflicto entre la circulación de los diferentes modos, permitiendo proponer soluciones mediante el diseño y modificación de la geometría actual. Además, permite detectar áreas subutilizadas que puedan ser aprovechadas para aumentar el espacio peatonal, espacios destinados a la vegetación, descanso o recreación a través de la instalación de equipamiento e incluso cederlo a vehículos de micromovilidad.

Los tramos que fueron trabajados en esta revisión fueron la Av. Julio Patiño, Av. Sánchez Bustamante, Calle 12, Calle 13, Av. Inofuentes, Calle 19 y Calle 22.

En preparación previa al envío del siguiente avance del proyecto, se emitieron recomendaciones a un catálogo de señalización horizontal y vertical elaborado por personal del GAMLP. Este catálogo es un insumo destacado producto de esta asistencia, ya que no se contaba con un compilado de señales enfocado en el diseño de infraestructura ciclista (ver Anexo 10). Se proporcionaron recomendaciones enfocadas en formas y dimensiones de pictogramas, colores, criterios de uso y colocación, etc (Anexo 9). Para orientar al equipo en la

⁶ Las recomendaciones proporcionadas a detalle se encuentran en el Anexo 5. Tercer set de recomendaciones al proyecto ejecutivo.

aplicación de estas señales, el equipo consultor preparó un plano tipo con la señal colocada en los distintos tipos de infraestructura propuesta⁷.

4. Cuarto set de recomendaciones⁸

Para la elaboración del cuarto set se revisaron los siguientes insumos enviados por la Secretaría Municipal de Movilidad y Seguridad Ciudadana del GAMLP:

- I. Plano de la zona del proyecto en formato DWG, con trazado de señalización horizontal

En este set se brindaron recomendaciones a detalles del proyecto geométrico y a tratamientos específicos como las paradas de transporte público, espacios para la recolección de basura, orejas de mono en intersecciones y dispositivos para el control de tránsito.

Además, se hicieron observaciones a la señalización horizontal y se prepararon diversas propuestas de configuraciones para la zona de la estación Irpavi y la Av. Arequipa (conexión con Av. Hernán Siles Zuazo) sobre las cuales se pretende conectar por ser de interés en los viajes acorde a los aforos.

Finalmente, el equipo consultor preparó un plano base del proyecto con criterios de colocación de señales verticales aplicadas en diferentes tramos. En este archivo se brindaron lineamientos sobre su uso y ubicación de señales enfocadas en infraestructura ciclista así como otras complementarias que tienen como objetivo incrementar la seguridad vial de todas las personas usuarias.

5. Quinto set de recomendaciones⁹

Para la elaboración de este set se revisaron los siguientes insumos enviados por la Secretaría Municipal de Movilidad y Seguridad Ciudadana del GAMLP:

- I. Planos de la zona del proyecto en formato DWG, con trazado de señalización vertical y la colocación de dispositivos para el control del tránsito como delineadores, tachas y tachones.
- II. Fichas técnicas de dispositivos para el control del tránsito

Los contenidos del set se centraron en atender áreas de oportunidad detectadas en el diseño geométrico de intersecciones y en otros tramos de la red con nuevas propuestas definidas, como la Calle 21, Av. Mariscal Montenegro, Av. Arequipa y la zona de la estación Irpavi. Además, se sugirió retomar diversas recomendaciones del cuarto set que no habían sido aplicadas en la nueva versión del proyecto ejecutivo.

En cuanto a la señalización vertical, la revisión se hizo retomando las recomendaciones enviadas en la cuadra tipo de señalización vertical del cuarto set.

⁷ Estos planos forman parte de los insumos en formato dwg enviados en los anexos 5 y 6.

⁸ Las recomendaciones proporcionadas a detalle se encuentran en el Anexo 6. Cuarto set de recomendaciones al proyecto ejecutivo.

⁹ Las recomendaciones proporcionadas a detalle se encuentran en el Anexo 7. Quinto set de recomendaciones al proyecto ejecutivo.

También se hizo una revisión de las fichas técnicas de los dispositivos para el control del tránsito a utilizar: delineadores, tachas y tachones de resina. En una reunión posterior al envío de este set se definió con el equipo el tipo de dispositivo de confinamiento a utilizar para la infraestructura ciclista, además de diversas opciones de implementación de dispositivos para la reducción de velocidades.

Resultados

1. Red de infraestructura ciclista

El trazado de la red se basó en los cinco principios para el diseño de infraestructura ciclista (CROW, 2006) coherente, directa, segura, cómoda y atractiva. Estos principios permiten tener una aproximación correcta a las necesidades de viajes de los vehículos de micromovilidad. Los primeros tres son los que deberán tener mayor prioridad en el diseño, contemplando que es indispensable que sea:

- **Segura.** A nivel red, debe considerarse que la infraestructura está orientada en permitir el desplazamiento de todas las personas, sin importar su experiencia, motivo de viaje o grupo etario.
- **Coherente.** Deben integrarse orígenes y destinos relevantes, unidos por infraestructura con la misma imagen, continuidad en características físicas y sin interrupciones.
- **Directa.** La red debe buscar unir los orígenes y destinos en distancias cortas y directas, evitando desviar a las personas por otras rutas más largas y de poca relevancia.

La red de infraestructura ciclista es resultado de diversos procesos que permitieron definir y justificar su alcance. Se realizó por medio de ejercicios de participación en los que se involucró a personas de la sociedad civil y del GAMLP (taller teórico - práctico de diseño de red infraestructura ciclista), la aplicación de conteos ciclistas en días hábiles y fines de semana, la definición de los principales puntos atractores de viajes, como la estación de teleférico de Irpavi, la iglesia de San Miguel, la zona comercial de la Av. Mariscal Montenegro, espacios educativos, entre otros; así como el habilitado de pruebas piloto que permitieron corroborar las rutas propuestas y su configuración.

Imagen 1: Taller teórico - práctico de diseño de red de ciclo infraestructura, marzo 2023.



Fuente: Bikencity, 2023.

Como resultado de los aforos ciclistas y de vehículos de micromovilidad, se determinó que en relación con los viajes en días de semana, los principales puntos con mayor número de viajes fueron¹⁰:

- Calle 21, intersección con José María Aguirre Achá, en promedio 21 viajes al día (punto 1).
- Mariscal Montenegro y Calle 18, en promedio 22 viajes al día (punto 3).
- En la zona de San Miguel (Montenegro / Calle 15 y Sánchez Bustamante) en promedio 31 viajes al día (punto 4).
- El ingreso a Irpavi (estación del teleférico) tiene en promedio 24 viajes al día (punto 5).
- Camino a Mallasa (Hernán Siles Zuazo), en promedio 21 viajes al día (punto 10).

Imagen 2: Mapa de aforos de micromovilidad



Fuente: Elaboración propia.

Mientras tanto, en los viajes en fin de semana se encontró que las vías con mayor afluencia son la Av. José Ballivián y Calle 8, el ingreso a Irpavi y el camino a Mallasa (Hernán Siles Zuazo). Es decir, los viajes de fin de semana con fines recreativos tienen un mayor volumen y se desplazan hacia Mallasa y viceversa.

Otro insumo relevante para definir la red fue el registro de las rutas por las que circulan los vehículos de micromovilidad del sistema Walawa. Esta información compartida a la SMMSC y a la consultora coincide con la red planeada y con la ruta de los viajes que se realizan en ese sistema.

Posterior al análisis de viajes de vehículos de micromovilidad, se llevó a cabo el trazado de posibles rutas y configuraciones de infraestructura ciclista, que respondieron a la demanda de los viajes existentes. Para valorar la viabilidad de las opciones, durante la segunda visita técnica hecha en el mes de mayo, se realizaron pruebas piloto en la Av. Julio Patiño, Av. Ricardo Sánchez Bustamante, Av. Inofuentes, en las calles 10, 12, 13 y 15 (ver Entregable 7).

¹⁰ La metodología utilizada para el ejercicio y el detalle de los hallazgos, incluyendo el número de viajes por punto de aforo, pueden consultarse en el Entregable 8.

A través de este proceso y en conjunto con el equipo de la SMMSC y el entonces Secretario de Movilidad Enrique Villanueva, fue que se llegó a la definición de una red de infraestructura ciclista con rutas ciclistas y rutas ciclo-inclusivas¹¹ prioritarias, rutas ciclistas y ciclo-inclusivas complementarias y rutas a implementar en fases posteriores, quedando la distribución de la siguiente forma.

Tramos prioritarios

- Ciclo-infraestructura: Calles que conectan directamente San Miguel, con la estación de teleférico de Irpavi. Entre estas están: Av. Julio Patiño, Av. Sánchez Bustamante, Calles 12 y 13, y Rafael Pabón (ingreso a Irpavi, Teleférico verde).
- Vías ciclo-inclusivas: Son calles que tienen alta prioridad para complementar la ciclo-infraestructura prioritaria y que por las características físicas de su contexto no tendrán infraestructura segregada o delimitada para vehículos de micromovilidad. , por ejemplo, Av. Sánchez Bustamante (entre calle 10 y Av. Arequipa),

Tramos complementarios

- Ciclo-infraestructura: Estas calles son de alta importancia por su conectividad, por ejemplo, al sur con Av. Hernán Siles Sauzo por medio de infraestructura propuesta en Av. Arequipa y al sureste con la zona de Los Pinos mediante Calle 21.
- Calles ciclo-inclusivas: Son calles principalmente locales que pueden atenderse mediante estrategias de pacificación del tránsito y ayudarán a interconectar la red prioritaria, por ejemplo, el circuito Mariscal Montenegro y Pancara.

Rutas para fases posteriores. Son aquellas en las que se ha visualizado su conveniencia por conectar con áreas como Irpavi y Achumani, pero que requieren de estudios de factibilidad para definir sus características como trazado, extensión y configuración. Entre ellas podemos encontrar la Av. Inofuentes, Tomasa Murillo, Rafael Pabón, entre otras.

Cuadro 1. Descripción de la red de infraestructura ciclista proyectada

	Vía	Extensión
Ciclo-infraestructura prioritaria (ciclovías ciclocarriles, bus bici)	Av. Julio Patiño	1.29 km
	Av. Sánchez Bustamante	0.98 km
	Calle 12	0.42 km
	Calle 13	0.40 km
	Rafael Pabón (ingreso y salida Irpavi)	0.25 km
	Calle 19	0.12 km
	Calle 22	0.11 km
	Av. Inofuentes	0.44 km
Subtotal		4.01 km
Ciclo-infraestructura complementaria (ciclovías ciclocarriles, bus bic)	Calle 21	0.85 km
	Av. Arequipa	0.34 km

¹¹ Son calles que operan a bajas velocidades (menores a 30 km/h) en las que se interviene con estrategias de pacificación del tránsito y no cuentan con infraestructura ciclista exclusiva o delimitada.

Subtotal		1.19 km
Rutas ciclo-inclusivas prioritarias (pacificación del tránsito)	(extensión C. 10	0.09 km
	Rafael Pabón (ingreso a Irpavi)	0.10 km
	Av. Sánchez Bustamante (entre C. 10 y Av. Arequipa)	0.74 km
Subtotal		0.93 km
Rutas ciclo-inclusivas complementarias (pacificación del tránsito)	Calle 21 (S-N)	0.85 km
	Calle 18	0.18 km
	Mariscal Montenegro	1.44 km
	Pancara	0.06 km
Subtotal		2.53 km
Total cicloinfraestructura		5.20 km
Total vías ciclo-inclusivas		3.46 km
Total¹²		8.66 km
Rutas para fases posteriores¹³	Av. Inofuentes	
	Av. Rafael Pabón	
	Tomas Murillo	

Fuente: Elaboración propia.

¹² La extensión de los carriles de prioridad ciclista no se considera en la sumatoria final de la red ya que solo se cuantifican los espacios destinados específicamente a la circulación de vehículos de micromovilidad, como ciclovías, ciclocarriles y carriles bus bici. El resto de los tramos a intervenir, si bien facilitan la circulación de vehículos de micromovilidad, se considera que son espacios que benefician a otros modos de transporte.

¹³ Las rutas de fases posteriores mencionadas requieren de estudios de factibilidad que definen el trazo final de la ruta, su extensión y configuración. Por ello, se omite su representación en la imagen 2.

Imagen 3. Red de infraestructura ciclista propuesta



Fuente: Elaboración propia.

Como resultado del proceso se propone una red de cicloinfraestructura de 5.20 km, además de 3.46 km de calles ciclo-inclusivas. La sumatoria total es de 8.66 km de vías para el desplazamiento de vehículos de micromovilidad.

La metodología desarrollada permitirá conectar rutas complementarias en fases posteriores y replicar la metodología para incrementar los kilómetros de infraestructura en otras zonas de la ciudad.

2. Características de diseño de la infraestructura ciclista

El diseño de la infraestructura ciclista ha buscado atender las necesidades del contexto del Macrodistrito Sur, los hallazgos de los diferentes ejercicios aplicados (aforos, encuestas, pruebas piloto), así como las experiencias de la sociedad civil en general, del equipo de la Secretaría Municipal de Movilidad y Seguridad Ciudadana (SMMSC) del GAMLP y del equipo consultor de bikeNCity. Algunos de los detalles específicos del contexto que han sido determinantes en la toma de decisiones son:

- El Macrodistrito Sur se ubica en un entorno con pendientes importantes, no tan pronunciadas como las de otros macro distritos de la ciudad. La red se ubica en vías que van del 2 al 7 % de pendiente. Incluso se detectan tramos que no tienen pendientes.
- Las calles a intervenir son en su mayoría de tipo secundarias¹⁴. En ellas circula transporte público y otros vehículos de características similares, sin embargo, no son las rutas principales para su circulación (por ejemplo, para salir de la zona de la red pueden optar por utilizar Av. Ballivián o Av. Costanera). Otras calles a intervenir son de tipo terciarias, las cuales sirven principalmente para el acceso a espacios habitacionales. Ambas tipologías tienen un enfoque de alta habitabilidad, ya que las

¹⁴ Los criterios utilizados para definir la tipología de las calles se encuentran en el Manual de diseño de Calles de La Paz (Cooperación Suiza, 2018) y en los contenidos del Programa de Fortalecimiento de Capacidades (Entregable 5).

rutas pasan por espacios habitacionales, de comercio, parques, equipamiento educativo, puntos de intermodalidad como la estación Irpavi, etc.

- c. Las secciones de las calzadas son reducidas, teniendo en promedio de 7 a 9 m de ancho. Esto requiere que se exploren distintas configuraciones de infraestructura ciclista.
- d. Existen distintas dinámicas específicas que ocurren en cada tramo, como la necesidad de espacio de estacionamiento, para la carga y descarga de mercancías, la recolección de basura y el ascenso y descenso de personas de los vehículos de transporte público. Las soluciones a estas dinámicas se describen en el apartado 3 de esta sección.
- e. El diseño busca no solo atender las necesidades de las personas usuarias de vehículos de micromovilidad. Se busca que puedan hacerse adecuaciones que den seguridad a peatones y que se agilice el desplazamiento de los vehículos motorizados, sin aumentar la velocidad de las vías.

Por parte del equipo consultor, se ha buscado que la infraestructura diseñada cumpla con cinco requisitos basados en CROW (2006):

- **Segura.** La infraestructura diseñada debe reducir el número de interacciones entre vehículos motorizados y ciclistas. Por ello, al diseñar infraestructura segregada se debe buscar que los vehículos motorizados no ingresen al espacio destinado a la infraestructura ciclista. Además, es necesario generar tratamientos en intersecciones y a lo largo de las vías para limitar la velocidad de otros vehículos, asegurar la visibilidad de las personas usuarias más vulneradas y que la infraestructura sea legible.
- **Coherente.** El trazo de la infraestructura debe ser consistente en todos sus tramos, esto incluye dimensiones, sentidos de circulación y claridad en el recorrido que se debe seguir. En las intersecciones, el diseño debe permitir a las personas ciclistas entender fácilmente cómo cruzar y la trayectoria a seguir.
- **Directa.** El diseño debe considerar reducir los tiempos de espera de las personas ciclistas en intersecciones semaforizadas y no semaforizadas, además de facilitar su circulación constante.
- **Cómoda.** La superficie de rodamiento debe estar en óptimas condiciones, evitando tener elementos que provoquen dificultad en el pedaleo, vibraciones, deslizamientos, rampas, cunetas o rejillas en mal estado, vegetación sobresaliente en la ruta, etc.
- **Atractiva.** En la medida de lo posible, el contexto donde se ubique la infraestructura debería proyectarse en espacios en los que sea agradable circular, y que a su vez, que la habitabilidad en diversos horarios genere confianza en las personas usuarias y las atraiga a la infraestructura.

A continuación se presentan los componentes de la infraestructura ciclista diseñada:

Configuraciones de la red de infraestructura ciclista. La red de infraestructura ciclista proyectada se compone de las siguientes tipologías:

- **Ciclovía confinada.** Se caracteriza por estar segregada de los vehículos motorizados a través de dispositivos o por espacios de estacionamiento. Suele proponerse en vías expresas, primarias o secundarias, donde la velocidad de circulación es mayor a 30 km/h. Cabe mencionar que requieren de un espacio de confinamiento de por lo menos 50 a 60 cm¹⁵, el cual se compone por dos líneas blancas de 10 cm y entre ellas se

¹⁵ En casos en los que la sección vial de una vía a intervenir sea muy estrecha, como ocurre en diversos tramos de este proyecto, se podrá reducir el espacio de confinamiento a un máximo de 40 cm.

coloca un dispositivo de confinamiento¹⁶. Acorde a la velocidad de circulación, se requerirá de un dispositivo de confinamiento continuo o incluso una franja de segregación mayor.

- **Ciclocarril.** Espacio exclusivo para vehículos de micromovilidad, que solo se separa de la circulación de vehículos motorizados por pintura (señalización horizontal) y con dispositivos ligeros como "ojos de gato". En general se recomienda su implementación en vías secundarias de alta habitabilidad o en terciarias, donde la velocidad se limite a 30 km/h.
- **Carril bus bici.** Carril exclusivo para la circulación del transporte público, segregado de otros vehículos motorizados a través de dispositivos, el cual se comparte con vehículos de micromovilidad.
- **Carril de prioridad ciclista.** Carril en el que los vehículos de micromovilidad tienen la prioridad de circulación, por lo que pueden ocupar la sección completa para circular. Su implementación es viable en calles terciarias, siempre y cuando la velocidad de vehículos motorizados se limite a 30 km/h.

Imagen 4. Ciclovía confinada en el Corredor Javier Mina de Guadalajara, Jalisco



Fuente: Ayuntamiento de Guadalajara, 2023.

Imagen 5. Ejemplo de ciclocarril



Fuente: bikeNcity, 2023.

¹⁶ Las características de diseño del dispositivo y sus criterios de colocación se indican en el Quinto set de recomendaciones (Anexo 7) y en los materiales del Entregable 5.

Imagen 6. Carril bus bici con cojín reductor de velocidad



Fuente: Animal Político, 2012.

Imagen 7. Pacificación del tránsito a través del estrechamiento de carriles y construcción de una chicana



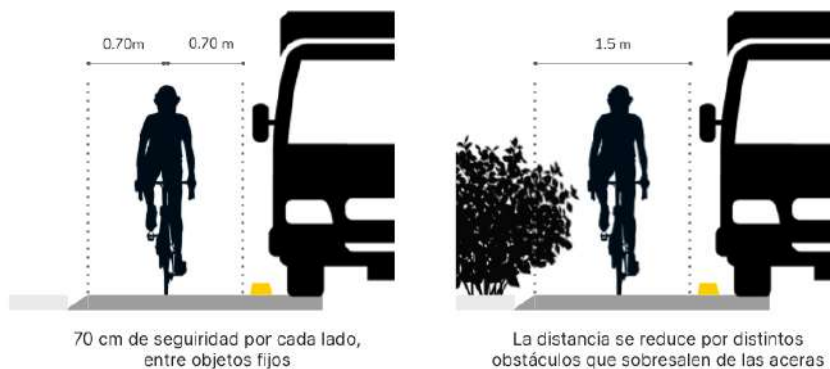
Fuente: Fernando Gutiérrez, 2019.

Ancho efectivo de circulación en ciclovías y ciclocarriles. En las vías en las que se contemple la implementación de infraestructura ciclista (ciclovías y ciclocarriles), el espacio debe tener por lo menos 1.5 m de ancho efectivo de circulación ciclista.

Esta es una medida mínima de recomendada por diversos Manuales como Ciclociudades (ITDP e I-CE, 2011) o la Guía de Diseño de Ciclovías Urbanas (Nacto, 2011), ya que permite:

- Mantener una distancia de por lo menos 70 cm de separación por lado entre vehículos motorizados o elementos que sobresalgan de la franja de mobiliario y del bordillo, como señales verticales o arbustos.
- Tener espacio suficiente para mantener el equilibrio en los vehículos ciclistas.
- Permite el sobrepaso de otros ciclistas, sin obligar a circular en fila india

Imagen 8. Ancho efectivo mínimo para la circulación ciclista



Fuente: Elaboración propia.

Esta medida responde a las secciones y dinámicas de las calzadas del Macrodistrito Sur, específicamente en las vías de la red propuesta. En promedio las calles cuentan con una sección de entre 7 a 9 m, en las que se requiere espacio para la circulación de vehículos de transporte público y de carga, y en algunas de ellas espacios para estacionamiento¹⁷. Esta asistencia logró implementar pruebas piloto que permitieron observar en campo algunas de las dinámicas y secciones propuestas en la Av. Julio Patiño, Av. Sánchez Bustamante, calles 10, 12, 13, 15 y Av. Inofuentes (los detalles de las pruebas se encuentran en el Entregable 7).

Es importante mencionar que el equipo consultor recomienda, siempre que sea posible, **aumentar esta sección mínima a 2 m** ya que da mayor seguridad a las personas usuarias de la infraestructura. Se profundizará en este detalle en el apartado de Conclusiones y recomendaciones.

Sobreanchos de infraestructura ciclista en pendientes. Como se indicó en el punto anterior, un vehículo ciclista requiere realizar maniobras que permitan mantener el balance cuando circula con normalidad. En las vías con pendientes, el movimiento requerido se acentúa, al intentar subir una pendiente o al buscar mantener estabilidad al descender.

Si bien el Macrodistrito Sur es una zona relativamente plana, algunas de sus calles cuentan con pendientes de entre el 2 y 7 % (ver plano topográfico incluido en el Anexo 8). Por ello el diseño de ciclovías y ciclocarriles requiere que se considere espacio adicional, además del ancho efectivo, para estas maniobras de equilibrio en pendientes.

Cuadro 2. Sobreanchos recomendados para el diseño de infraestructura ciclista en pendientes

Inclinación longitudinal (%)	Longitud (m)		
	25 - 75	75	Más de 150
>3 a <5	No aplica	20 cm	30 cm
>5 a <9	20 cm	30 cm	40 cm
>9	30 cm	40 cm	50 cm

Fuente: Adaptación de la Guía Técnica para Infraestructura Ciclista (MOPT Costa Rica, 2019).

¹⁷ En el Cuadro 3 se indican algunas dinámicas, por tramo, que fueron relevantes para definir el tipo de infraestructura a implementar.

Ancho efectivo de circulación en carriles bus bici. En la Av. Julio Patiño, en el tramo comprendido entre las calles 19 y 21, se contempla generar un carril exclusivo para la circulación del PumaKatari y de vehículos de micromovilidad. El equipo consultor, junto con el equipo de la SMMCS acordaron que el ancho mínimo efectivo de circulación en este espacio se mantenga en 3.4 m.

Esta medida se adapta al contexto del tramo a intervenir, la cual se considera que es suficiente para que los vehículos del PumaKatari pasen. En especial, permite que los vehículos ciclistas puedan posicionarse al frente de la unidad de transporte público cuando coincidan en la infraestructura. Solo es viable esta medida cuando la frecuencia de paso de los autobuses es baja (aproximadamente 15 minutos por unidad). Además, este diseño requiere que se coloquen cojines o acomodos con dispositivos similares que alineen la circulación de los autobuses hacia el lado izquierdo del carril, lo cual reduce que existan interacciones de riesgo entre vehículos de transporte público y de micromovilidad. Estos cojines también permiten reducir la velocidad de las unidades.

Cabe mencionar que se deberá comunicar que el límite de velocidad de circulación de las unidades en este tramo debe ser de 30 km/h y que no deberán rebasar a las personas usuarias de vehículos de micromovilidad. Se les debe permitir utilizar el carril completo hasta el final del tramo bus bici.

Es importante mencionar que el equipo consultor recomienda que el ancho de este carril mida por lo menos 4.1 m para otorgar mayor seguridad a las personas usuarias más vulnerables de la infraestructura. Se profundizará en este detalle en el apartado de Conclusiones y recomendaciones.

Carriles de prioridad ciclista. Estos fueron propuestos en vías secundarias con alta habitabilidad y terciarias, considerando que la tipología funcionará siempre y cuando la velocidad de vehículos motorizados se limite a 30 km/h, a través de ajustes a radios de giro, implementación de orejas de mono, chicanas, construcción de rompemuelleres, pompeyanos y otros reductores de velocidad, además de marcar la señalización correspondiente.

Se recomienda que tengan una sección menor a 3 m y de permitir que los vehículos motorizados hagan rebases, deberán hacerlo en un carril contiguo.

Cuadro 3. Principales tramos a intervenir y sus configuraciones¹⁸

Vía	Tramo	Configuración	Distribución general de la calzada	Detalles del contexto
Calle 10	Av. Sánchez Bustamante a Av. Julio Patiño	Carril de prioridad ciclista	<ul style="list-style-type: none"> - Carril de prioridad ciclista - 1 carril de circulación sentido N-S - Cordón de estacionamiento 	La sección vial no permite tener infraestructura ciclista pintada o segregada en este tramo.
Av. Julio Patiño	Las Higueras a Calle 18	Ciclovia confinada con dispositivos	<ul style="list-style-type: none"> - Ciclovia confinada - 1 carril de circulación sentido O-E - 1 carril de circulación sentido E-O 	Se prohíbe el estacionamiento en este tramo.
Av. Julio Patiño	Calle 18 a Calle 20	Carril de prioridad ciclista	<ul style="list-style-type: none"> - Carril de prioridad ciclista sentido E-O - 1 carril de circulación sentido O-E 	La sección no permite tener un espacio de circulación ciclista segregado, por lo que

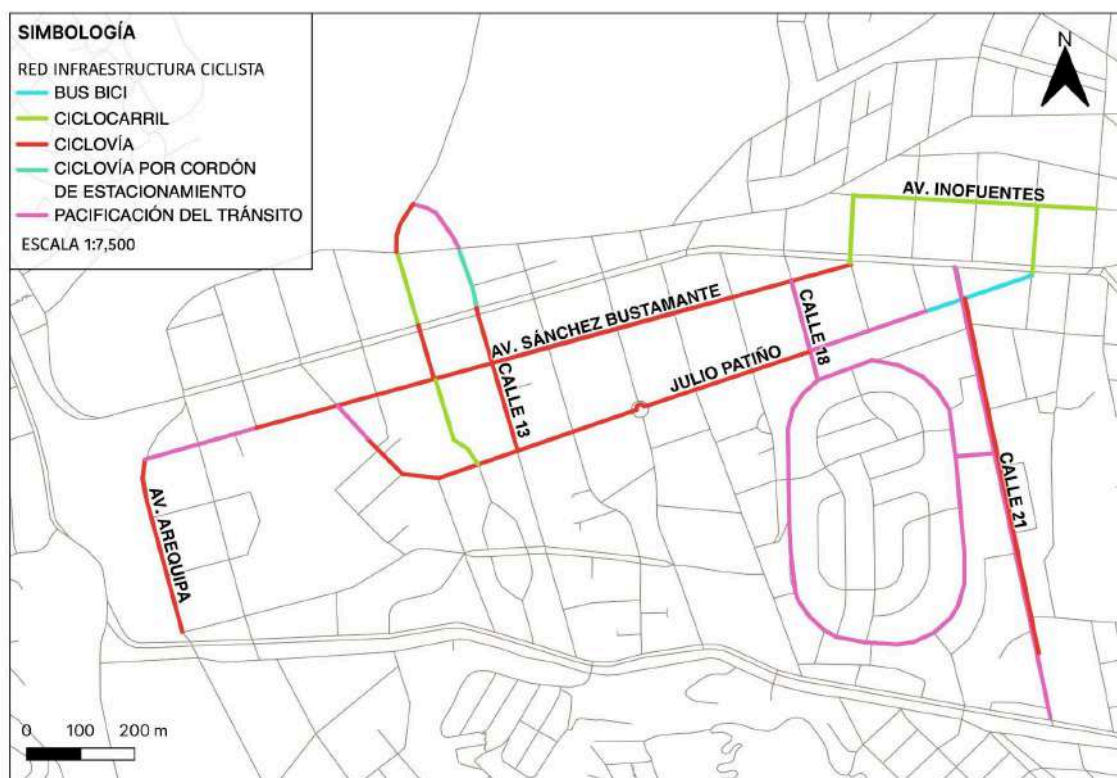
¹⁸ Las medidas a detalle de las calzadas intervenidas se encuentran en el Anexo 4.

				se pacificó este tramo para ser compartido.
Av. Julio Patiño	Calle 20 a Calle 21	Carril bus bici	<ul style="list-style-type: none"> - Carril bus bici sentido E-O - 1 carril de circulación sentido O-E 	Responde a la ruta del PumaKatari.
Av. Julio Patiño	Calle 21 a Calle 22	Carril bus bici	<ul style="list-style-type: none"> - Carril bus bici sentido E-O - 2 carriles de circulación sentido O-E 	Uno de los carriles de circulación suele utilizarse para estacionarse.
Av. Sánchez Bustamante	Av. Arequipa a Calle 9	Carriles de prioridad ciclista	<ul style="list-style-type: none"> - Carril de prioridad ciclista sentido E-O - Carril de prioridad ciclista sentido O-E 	El volumen de vehículos motorizados es bajo, por lo que solo se busca pacificar el tramo.
Av. Sánchez Bustamante	Calle 9 a Calle 19	Ciclovia confinada con dispositivos	<ul style="list-style-type: none"> - Ciclovia confinada - 2 carriles de circulación sentido O-E 	Se prohíbe el estacionamiento en este tramo.
Calle 12	Av. Inofuentes a Av. Ballivián	Ciclocarril	<ul style="list-style-type: none"> - Ciclocarril - 2 carriles de circulación sentido N-S 	Los aforos indican que este tramo requiere de dos carriles de circulación para funcionar (ver Entregable 8).
Calle 12	Av. Ballivián a Av. Sánchez Bustamante	Ciclovia confinada con dispositivos	<ul style="list-style-type: none"> - Ciclovia confinada - 2 carriles de circulación sentido N-S 	El GAMLP identifica que se requieren de dos carriles de circulación para la operación correcta de la vía.
Calle 12	Av. Sánchez Bustamante a Av. Julio Patiño	Ciclovia confinada con dispositivos	<ul style="list-style-type: none"> - Ciclovia confinada - 1 carril de circulación sentido N-S - Cordón de estacionamiento 	El cordón de estacionamiento no confina la ciclovia ya que al colocarlo se requiere de una franja de amortiguamiento, la cual reduce el ancho de la circulación vehicular.
Calle 13	Av. Julio Patiño a Av. Ballivián	Ciclovia confinada con dispositivos	<ul style="list-style-type: none"> - Ciclovia confinada - 2 carriles de circulación sentido S-N 	El GAMLP identifica que se requieren de dos carriles de circulación para la operación correcta de la vía.
Calle 13	Av. Ballivián a Av. Inofuentes	Ciclovia confinada con cordón de estacionamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Ciclovia confinada - Cordón de estacionamiento - 2 carriles de circulación sentido S-N 	Los aforos indican que este tramo requiere de dos carriles de circulación para funcionar (ver Entregable 8).
Calle 19	Av. Ballivián a Av. Inofuentes	Ciclocarril	<ul style="list-style-type: none"> - Ciclocarril - 2 carriles de circulación sentido S-N 	Se contempla que un carril se utilizará para estacionarse.
Av. Inofuentes	Calle 19 a Calle 23	Ciclocarril	<ul style="list-style-type: none"> - Cordón de estacionamiento - 1 carril de circulación sentido O-E - Ciclocarril 	Al ser una vía terciaria, no es indispensable la implementación de infraestructura. Por ello puede pacificarse la velocidad e implementar carriles de prioridad ciclista.

Calle 22	Av. Inofuentes a Av. Ballivián	Ciclocarril	<ul style="list-style-type: none"> - Ciclocarril - 2 carriles de circulación sentido S-N 	Se contempla que un carril se utilizará para estacionarse.
Calle 18	Av. Sánchez Bustamante a Av. Montenegro	Carriles de prioridad ciclista	<ul style="list-style-type: none"> - Carril de prioridad ciclista sentido S-N - Carril de prioridad ciclista sentido N-S 	El volumen de vehículos motorizados es bajo, por lo que solo se busca pacificar el tramo. Esta vía conectará a la Av. Montenegro con el resto de la red.
Av. Montenegro	No aplica	Carriles de prioridad ciclista	<ul style="list-style-type: none"> - 2 carriles de prioridad ciclista en dos sentidos - 2 cordones de estacionamiento 	Se coordinará con el proyecto de estacionamiento tarifado.
Calle 21	Av. Ballivián a Av. Costanera	Carril de prioridad ciclista (sentido N-S) y ciclovía confinada con dispositivos (sentido S-N)	<p>Sentido N-S</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cordón de estacionamiento - 1 carril de prioridad ciclista - 1 carril de circulación vehicular <p>Sentido S-N</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2 carriles de circulación vehicular - Ciclovía confinada 	El GAMLP identifica que se requiere conservar el estacionamiento en al menos un lado de la vía.
Av. Arequipa	Av. Sánchez Bustamante a Av. Costanera	Por definir	Por definir por el equipo del GAMLP, se explora que sea una ciclovía bidireccional.	Se requiere tener estacionamiento en al menos un lado de la vía.
Calle 13	Estación Irapavi	Carril de prioridad ciclista (sentido S-N) y ciclocarril	Por definir por el equipo del GAMLP, se explora que sea un tramo pacificado y con infraestructura segregada.	Se busca permitir la continuidad de los viajes ciclistas hacia el norte.
Av. Rafael Pabón	Av. Costanera a Av. Inofuentes	Ciclovía confinada con dispositivos	Por definir la distribución final de la calzada por parte del equipo del GAMLP. Se explora implementar una ciclovía unidireccional.	Se busca integrar la infraestructura al proyecto de biciestacionamiento.

Fuente: Elaboración propia.

Imagen 9. Plano de la red ciclista con sus configuraciones (8.6 Km en total)



Fuente: Elaboración propia.

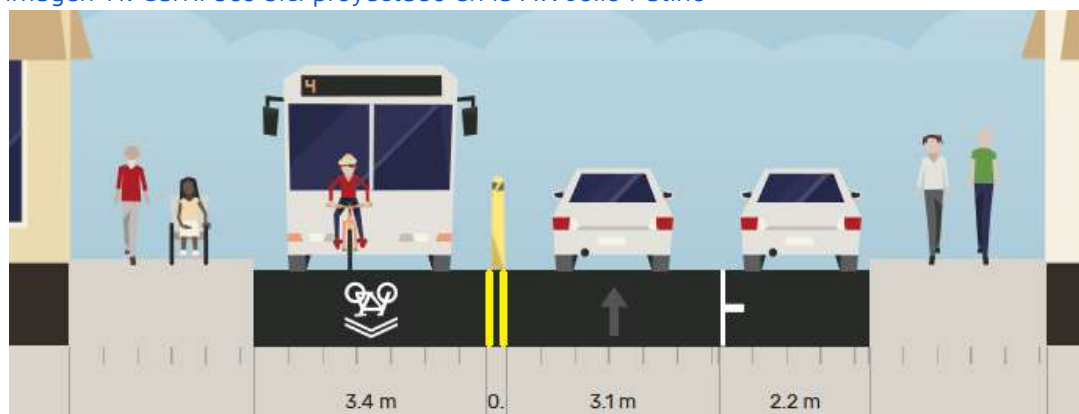
Imagen 10. Ciclovía proyectada en la Av. Ricardo Sánchez Bustamante¹⁹



Fuente: Streetmix, 2023.

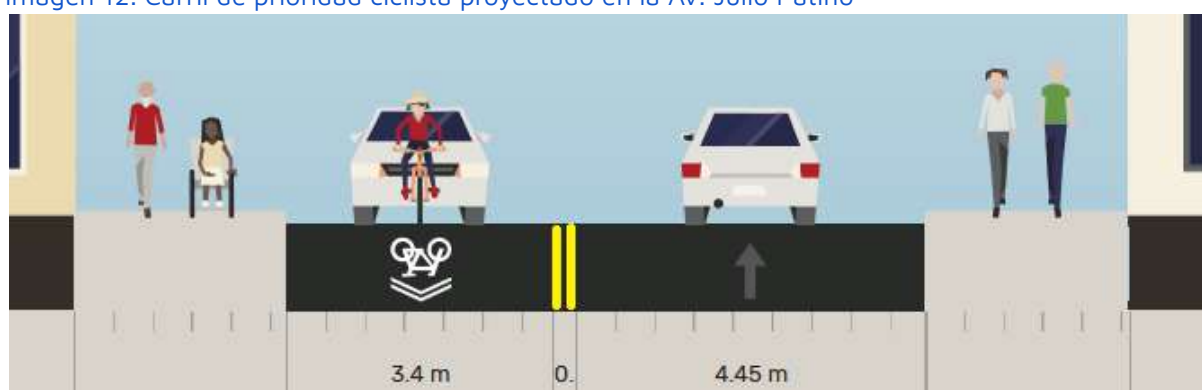
¹⁹ Es espacio de la ciclovía representado en la imagen considera 30 cm de la cuneta existente en la calzada, sin embargo no se contempla como espacio efectivo para circular.

Imagen 11. Carril bus bici proyectado en la Av. Julio Patiño



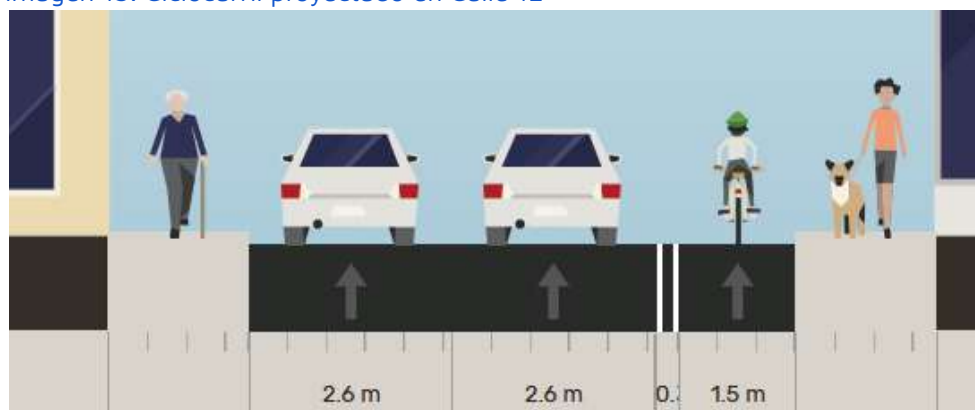
Fuente: Streetmix, 2023.

Imagen 12. Carril de prioridad ciclista proyectado en la Av. Julio Patiño



Fuente: Streetmix, 2023.

Imagen 13. Ciclocarril proyectado en Calle 12



Fuente: Streetmix, 2023.

3. Tratamientos específicos

El proyecto de infraestructura ciclista en el Macrodistrito Sur de la Paz presentó algunas condicionantes que requirieron del desarrollo de tratamientos específicos que procuran resolver dinámicas existentes e interacciones entre diferentes usuarios o bien, que generan condiciones para mejorar la seguridad vial, por ejemplo:

Paradas de transporte público. Como se ha mencionado, en varias rutas en las que se proyecta infraestructura ciclista existe la circulación de unidades de transporte público las cuales tienen paradas designadas. Es por ello que al colocar infraestructura ciclista, las interacciones entre vehículos de micromovilidad y usuarios de transporte público se incrementarán por el tránsito de ciclistas y el ascenso y descenso de pasajeros.

A partir de esta premisa, se consideró oportuno recomendar diversos tipos de propuestas para la intervención de paradas de transporte público. El diseño utilizado considera la demarcación de estos espacios con señalización horizontal, en el que las unidades de transporte público tienen permitido acceder a la infraestructura ciclista para hacer el ascenso y descenso de pasajeros, mientras tanto, los ciclistas podrán detenerse y esperar a que el transporte público termine de realizar dicha acción, o bien, rebasar por el carril vehicular para continuar el trayecto.

En el carril vehicular se recomienda colocar un reductor de velocidad tipo cojín o con dispositivos similares, para que en caso de que los ciclistas efectúen rebase tengan prioridad de cruce sobre los vehículos motorizados.

Imagen 14. Parada de transporte público sobre ciclovía



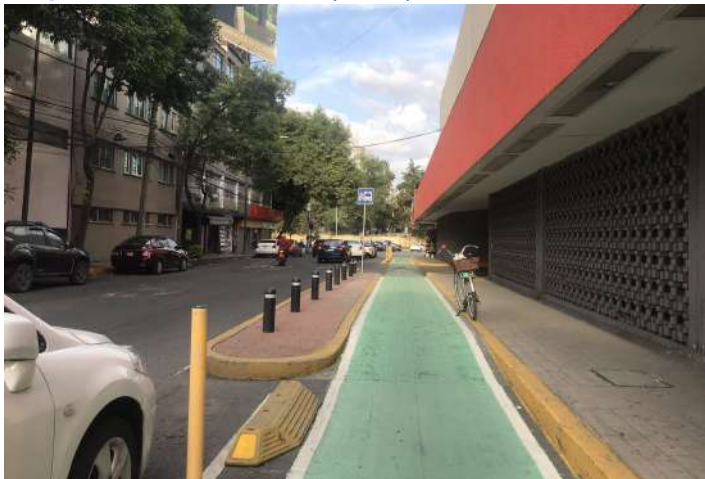
Fuente: Ciudad accesible.

Asimismo, el equipo consultor recomendó un diseño alternativo para vías con más de un carril de circulación como la Av. Sánchez Bustamante. Este diseño contempla una plataforma a nivel de acera ubicada sobre la infraestructura ciclista. En esta propuesta el transporte público no ingresa a la infraestructura ciclista y el ascenso y descenso de peatones se hace sobre la superficie de la plataforma. En la superficie elevada se considera un espacio compartido donde el peatón tiene la prioridad.

Este tipo de diseños aunque tienen un mayor costo, brindan mayor seguridad a los vehículos de micromovilidad, debido a que estos no tienen que salir de la infraestructura ciclista para

seguir circulando. Además, favorece a la movilidad peatonal ya que la superficie de desplazamiento se mantiene en el mismo nivel de acera, evitando que las personas tengan que descender a la calzada. Esto favorece aún más a quienes se desplazan con ayudas técnicas o a quienes tienen una discapacidad.

Imagen 15. Parada de transporte público a nivel de acera



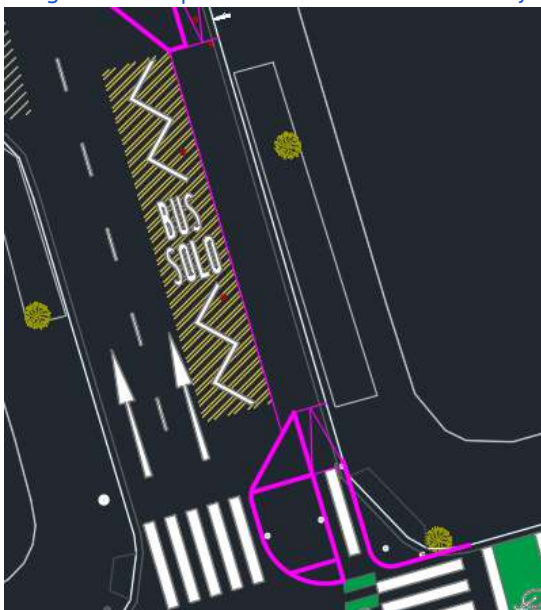
Fuente: Kennia Aguirre, 2020.

Orejas de mono. También conocidas como extensiones de aceras. Este tipo de tratamientos tienen diversas funciones en el espacio público como reducir la distancia de cruce de peatones y ciclistas, reconfigurar la geometría de la intersección ajustando el radio de giro de vehículos motorizados y aprovechar espacios subutilizados para aumentar la visibilidad o incluso hacer mejoras en el espacio público de la vía.

Este tipo de intervenciones se colocaron en vías terciarias con presencia de estacionamiento, por ejemplo:

- Calle 12, en la cual la delimitación será por medio de pintura
- Calle 13, entre Av. Ballivián y Av. Inofuentes
- Sobre el circuito de la Av. Mariscal Montenegro, para pacificar el tránsito

Imagen 16. Propuesta de colocación de orejas de mono en Calle 13

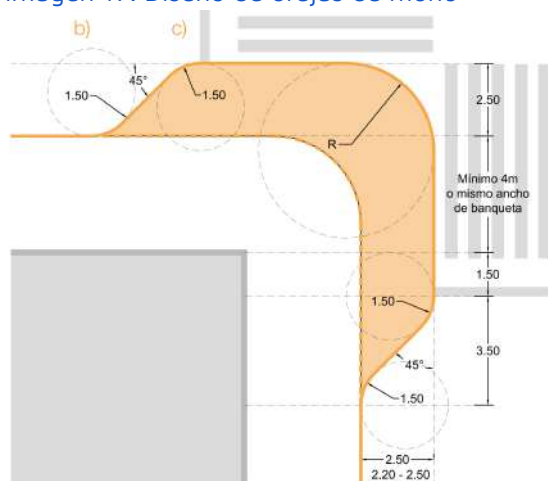


Fuente: Elaboración propia.

En su diseño será importante considerar:

- Las líneas de deseo peatonales y su relación con las franjas de circulación existentes
- La ubicación y dimensiones de los cajones de estacionamiento
- Radios de giro en intersecciones, accesos a garajes o geometrías para el estrechamiento de la calzada:
 - 6 a 9 m para la vuelta a baja velocidad de camiones medios o vehículos de emergencia
 - 3 m para la vuelta a baja velocidad de vehículos particulares o en accesos a garajes
 - 1 m cuando no se requiera girar en una esquina o acceso
- Redondear el resto de la geometría con radios de 1.5 m
- Espacios para rampas peatonales

Imagen 17. Diseño de orejas de mono



Fuente: Norma Técnica Estatal de Aceras de Nuevo León, 2019.

Isletas de resguardo. Las isletas de resguardo peatonal son extensiones de la medianera que permiten acortar la distancia de cruce de peatones y ciclistas, permitiendo tener un espacio de resguardo en caso de no haber completado el cruce. Además este tipo de intervenciones permiten alinear las trayectorias vehiculares, ciclistas y peatonales con las líneas de deseo.

En los casos en los que no exista una medianera que no se pueda extender, se recomienda hacer una redistribución de los carriles vehiculares y generar un espacio de resguardo.

En el proyecto se pretende colocar isletas de resguardo en las medianeras de Av. Ballivián, estas estarán delimitadas mediante señalización horizontal y algunos dispositivos de confinamientos ligeros como delineadores.

Estos espacios deberán contar con un mínimo de 1.50 m de largo y un ancho similar al del cruce peatonal o ciclista según sea el caso.

Imagen 18. Propuesta de colocación de isleta en Av. Ballivián



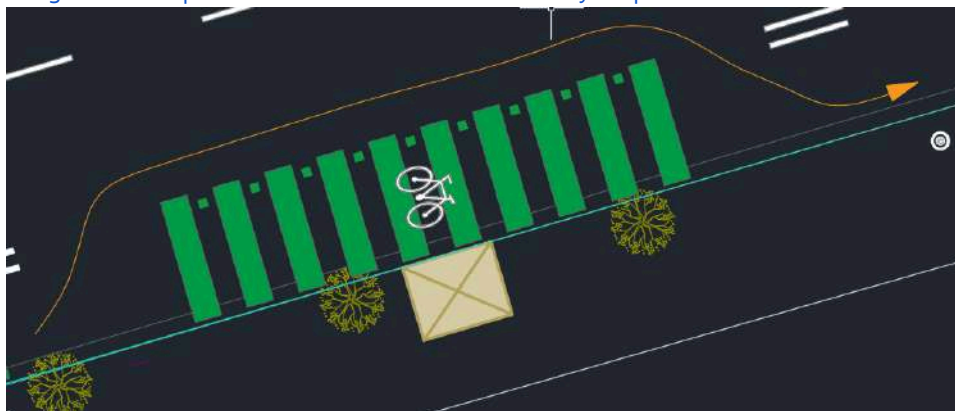
Fuente: Elaboración propia.

Contenedores de basura en la vía pública. En general los vehículos motorizados no deben entrar a la infraestructura ciclista para evitar las interacciones con vehículos de micromovilidad, por lo que se recomienda modificar la ruta de recolección de basura evitando la situación.

En los casos en los que no se pueda modificar y deban ingresar vehículos de recolección a la infraestructura, se deberá marcar el espacio con un cruce ciclista y delimitarlo con tachones de resina de 5 a 7 cm de alto u otros similares, de manera que se evite el ingreso de vehículos ligeros.

Además, antes y después del cruce se deberá dejar un espacio sin dispositivos de confinamiento, por donde puedan salir e incorporarse los vehículos de micromovilidad a la infraestructura ciclista.

Imagen 19. Propuesta de colocación de marcas y dispositivos en zonas con contenedores



Fuente: Elaboración propia.

Áreas subutilizadas. Estas áreas son espacios sin un uso específico, que en ocasiones son utilizados como estacionamiento en la vía pública sin estar regulados, o bien, presentando algún inconveniente por dicho uso como la reducción de la visibilidad, entre otras.

Dentro del proyecto se encuentran dos referencias de este tipo de espacios, la primera es sobre la Calle 13, en el paradero de transporte público, esta calle al contar con una sección transversal generosa se aprovechó para redistribuir los carriles y espacios destinados para el paradero de transporte público, como resultado será posible ampliar la franja peatonal haciendo uso de orejas y manteniendo la infraestructura ciclista a un costado.

Por otro lado, en la glorieta de Calle 15 y Av. Julio Patiño en la esquina sur oriente se detectó un espacio subutilizado el cual acorde a la SMMSC se realizará un pompeyano con la finalidad de aumentar el espacio peatonal.

4. Dispositivos para el control del tránsito

Dispositivo de confinamiento. Uno de los principales retos en el proceso de diseño ha sido la elección de un dispositivo de confinamiento para la infraestructura ciclista. En Bolivia actualmente no existen empresas que fabriquen o comercialicen estos dispositivos, por lo que durante la consultoría se ha explorado el importarlos o fabricarlos. El equipo consultor facilitó criterios técnicos para el diseño y colocación de este tipo de dispositivos (a través del Programa de Fortalecimiento de Capacidades y el Consultorio Urbano del Entregable 5), que ya han sido utilizados en América Latina. Además se compartieron contactos de proveedores de la región para explorar su compra e importación. Cabe mencionar que este último proceso mencionado es tardado ya que requiere contemplar tiempos de fabricación, envío y liberación aduanal de la mercancía, lo cual extiende el tiempo de implementación.

Finalmente, junto con el equipo de la SMMSC, se acordó que el dispositivo a utilizar será de caucho sintético de 0.90 x 0.15 x 0.14 m, con pintura reflejante en los extremos. Su fabricación permite reciclar llantas locales. Cuenta con dos puntos de anclaje, los cuales se reforzarán con pegamento epóxico. Se verificó con fabricantes locales la resistencia del elemento frente a impactos utilizando una mayor densidad en la fabricación del elemento y colocando esmalte para su protección a la intemperie. Cabe mencionar que es la primera vez que el dispositivo se usará como confinamiento, ya que suele utilizarse como barras de alto en cajones de estacionamiento con una densidad de fabricación menor.

Imagen 20. Separador vial de caucho sintético



Fuente: Gobierno Autónomo Municipal de La Paz, 2023.

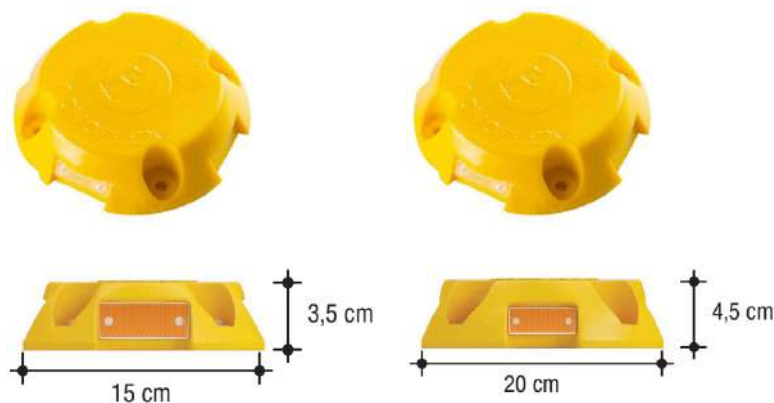
Tachas u ojos de gato. Se considera utilizar tres tipos diferentes:

- Tacha reductora de PVC flexible macizo de 3.5 cm de alto y 15 cm de diámetro en color amarillo. Cuenta con 2 lentes reflectivos acrílicos prismáticos de 5 x 2 cm y filtro UV para protección solar.
- Tacha reductora de PVC flexible macizo marca Conoflex modelo TRM 200, de 4.5 cm de alto y 20 cm de diámetro en color amarillo. Cuenta con 2 lentes reflectivos acrílicos prismáticos de 5 x 2 cm y filtro UV para protección solar.

Se contempla utilizar ambos dispositivos como reductores de velocidad, principalmente en carriles de prioridad ciclista, entre las líneas de alto y el triángulo de prioridad.

- Tacha vial de 11.5 x 8 cm. Se contempla utilizarlas:
 - Intercaladas con tachones para separar ciclocarriles del sentido de circulación contiguo
 - Al inicio de una cuadra en cuando se implementan ciclovías
 - De utilizarse como reductor de velocidad, la distribución y colocación deberá ser viable para que sobre estos puedan cruzar distintos tipos de vehículos (monopatines, patines, etc., según se requiera)

Imagen 21. Modelos de tachas a utilizar



Fuente: Gobierno Autónomo Municipal de La Paz, 2023.

Tachones de resina. Hechos de resina de poliéster de calcita pura (polvo de mármol), de 25 x 15 x 5 cm. Están fabricados con los estándares de la norma brasileña ABNT NBR 15.576.

Se contempla utilizar estos dispositivos:

- Intercalados con delineadores para separar el carril bus bici del sentido contrario de circulación.
- Intercalados con tachas para separar ciclocarriles del sentido de circulación contiguo.
- Como separador de carriles de prioridad ciclista en vías de doble sentido, antes de llegar a un cruce peatonal
- Para reducir la velocidad de vehículos motorizados

Imagen 22. Tachones de resina a utilizar



Fuente: Gobierno Autónomo Municipal de La Paz, 2023.

Delineadores. Se considera utilizar dos tipos diferentes:

- Delineador rebatible de 80 cm de alto y 5.5 cm de diámetro y 20 cm de diámetro en la base. Cuenta con tres bandas reflejantes de 5 cm con características HIP (HIGH INTENSITY PRISMATIC) bajo la norma IRAM ASTM D4956 tipo-3.
- Delineador de poliuretano marca Jucaden de poliuretano modelo SEH75AMA, de 75 cm de alto, 8 cm de diámetro y 19.5 cm de diámetro en la base.

Se contempla que sean utilizados para delimitar nuevas geometrías en intersecciones, como el marcaje de orejas o ajustes de radios de giro, y de forma complementaria para separar el carril bus bici y el de circulación general.

Imagen 23. Delineadores a utilizar



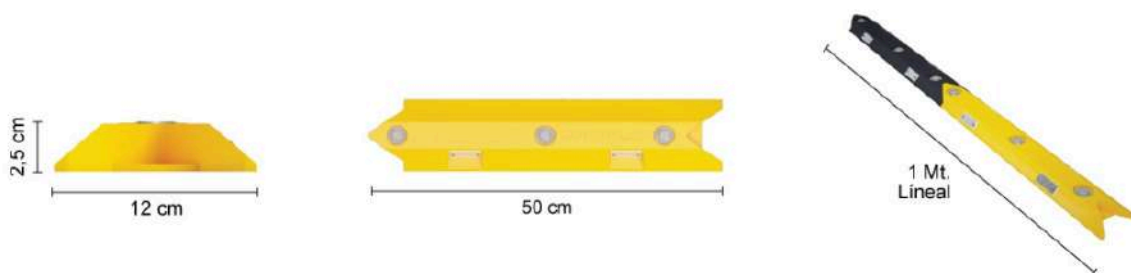
Fuente: Gobierno Autónomo Municipal de La Paz, 2023.

Reductores de velocidad. Debido al alto costo que la SMMSC identificó que requiere para construir un cojín o un dispositivo similar, como un pompeyano, se optó por utilizar tachas, tachones²⁰ y despertadores que al acomodarse apropiadamente tengan una funcionalidad similar a la de un reductor de velocidad. Se explora realizar distintos acomodos con estos dispositivos, que reduzcan la velocidad de los vehículos motorizados en carriles de prioridad ciclista principalmente y que den un espacio para la circulación segura de motocicletas, bicicletas y otros vehículos de micromovilidad.

Los despertadores que se contemplan utilizar son de PVC flexible macizo de dureza 90 shore A, con filtro UV; con medidas de 0.50 x 0.12 x 0.025 m (por módulo).

²⁰ Se utilizarán los mismos modelos de dispositivos mencionados en los puntos previos.

Imagen 24. Modelo de despertador a utilizar



Fuente: Gobierno Autónomo Municipal de La Paz, 2023.

5. Señalización horizontal y vertical

Como se mencionó en las características del tercer set de recomendaciones al proyecto ejecutivo, uno de los principales insumos resultantes de este proyecto ha sido la preparación de un catálogo de señales horizontales y verticales, enfocadas en infraestructura ciclista.

Para ello, el equipo de la Secretaría Municipal de Movilidad y Seguridad Ciudadana (SMMSC) tomó diversas señales propuestas por el Manual de Dispositivos de Control del Tránsito de Bolivia (Administradora Boliviana de Carreteras, s.f.), a las que se le han hecho modificaciones para facilitar su visibilidad y lectura. A su vez, dichas modificaciones o el diseño de algunas inexistentes tomaron como base los Bloques descargables del Manual de Dispositivos para el Control de Tránsito (Secretaría de Movilidad de la Ciudad de México, s.f.). Entre las principales características del catálogo destacan²¹:

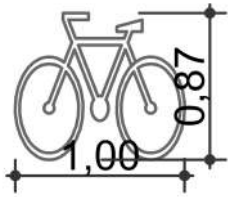


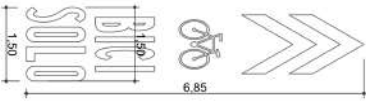
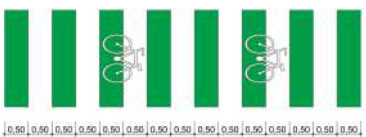

Nuevas señales horizontales

- Pictograma de bicicleta. Utilizados para indicar los espacios que pueden utilizar las personas usuarias de vehículos de micromovilidad.
- Caja o área de espera para ciclistas y vehículos de micromovilidad (caja bici). Espacio de 2 m de ancho para permitir el adelantamiento de las personas usuarias de dichos vehículos en intersecciones semaforizadas.
- Marca de prioridad ciclista. Se utilizan en los carriles del mismo nombre, en los que los vehículos de micromovilidad tienen prioridad de circulación en todo un carril, pudiendo ocuparlo por completo.
- Marcas de vía ciclista exclusiva. Indican que la infraestructura ciclista solo se puede utilizar por vehículos de micromovilidad y el sentido de circulación a seguir.
- Cruce ciclista. Se coloca en intersecciones y accesos a garajes para advertir de la presencia de ciclistas en la vía.
- Pintura verde para la infraestructura ciclista. El color se retomó de la Norma de Señalización de Seguridad, Salud en el Trabajo y Emergencia de Defensa Civil, quedando el tono verde PMS 355, HEX #009e49, Pantone 347 C.

Cuadro 4. Señalización horizontal propuesta

Pictograma en señal horizontal	Caja bici	Triángulo de prioridad ciclista
--------------------------------	-----------	---------------------------------

²¹ El catálogo completo de señales puede consultarse en el Anexo 10. Catálogo de señalización horizontal y vertical.

		
Marca de vía ciclista exclusiva	Cruce ciclista	Tono a utilizar para las marcas ciclistas
		

Fuente: Gobierno Autónomo Municipal de La Paz, 2023.

Ajustes en señales verticales

- Aumentaron las dimensiones de los tableros para la infraestructura ciclista, de 20 a 50 cm. Esto permite que sean perceptibles por todas las personas usuarias de las calles.
- Se generaron señales de prioridad ciclista y prioridad transporte público.
- Se generó un tablero que indica la distancia mínima de rebase entre vehículos de micromovilidad y motorizados, la cual es de 1.5 m.
- Se incluyó una señal informativa de estacionamiento de vehículos de micromovilidad.

Cuadro 5. Ejemplos de señales verticales a utilizar

Prioridad transporte público	Carril de prioridad ciclista y tablero de distancia	Señal informativa de ciclovia	Señal preventiva de cruce con infraestructura ciclista	Señal informativa de estacionamiento de vehículos
				

Fuente: Gobierno Autónomo Municipal de La Paz, 2023.

Conclusiones y recomendaciones

Proceso implementado. El proyecto otorga espacios para la movilidad ciclista, durante el proceso se hicieron distintas evaluaciones que se espera sean retomadas por el equipo del GAMLP en futuros proyectos. Se reconoce que estos proyectos de movilidad activa tienen un fuerte impacto en las dinámicas a las que ya están acostumbradas las personas. Sin embargo, es importante que el diseño de las calles integre y priorice a las personas más vulneradas, otorgándoles espacios seguros y de calidad para su movilidad.

La orientación del equipo consultor y su ampliación de alcances, permitieron reevaluar el trazado original del proyecto, a través de la aplicación de aforos, encuestas, actividades con la sociedad civil, recorridos y pruebas). Este proceso debe considerarse por el GAML P para futuras definiciones de la ampliación de la red ciclista, ya que es clave contar con información para la toma de decisiones. De esta forma se evita que una justificación técnica tome como bases experiencias anecdóticas y percepciones.

Precedente en la ciudad. Se logró aplicar los criterios de diseño de infraestructura ciclo-incluyente, tanto a nivel red como en calzada. De esta forma los vehículos de micromovilidad han ganado espacios seguros en las calzadas que responden a las necesidades reales de sus personas usuarias. Para concluir el diseño del proyecto, se sugiere revisar el quinto set de recomendaciones. Entre los principales puntos de oportunidad a retomar se encuentran el ajuste a geometrías (radios de giro, orejas de mono, etc), trazado de trayectorias, diseño de tratamientos específicos en paradas de transporte público, señalización horizontal y la utilización de algunos dispositivos de segregación, como ojos de gato o tachones en ciclocarriles, carriles de prioridad ciclista, etc.

Replicar el aprendizaje. En el desarrollo de ejercicios similares que se realicen para proponer nueva infraestructura ciclista se recomienda:

- Incluir cotas en los trazados, las cuales facilitan la comprensión del proyecto.
- Desarrollar el plano topográfico con mayor detalle. en el que se cuente con mayor información en algunos puntos, como las dimensiones de las especies arbóreas (altura y dimensiones de las copas, dimensiones de los troncos), información contenida en las señales verticales existentes o niveles de los sumideros y cunetas existentes.
- Realizar el análisis de las secciones vehiculares en documentos en formato xlsx, pues permite revisar cada tramo y valorar aquellos en donde se detecte que las secciones no pueden cumplir con las dimensiones recomendadas y se necesitan tratamientos específicos.
- Realizar el proceso de diseño del proyecto con base en capas y bloques, de manera al término se agilice la obtención de los cálculos métricos. El equipo consultor facilitó insumos de apoyo para aplicar esta recomendación en el envío del segundo set (ver Anexo 3).
- Acorde a la magnitud del proyecto, realizar diferentes planos que correspondan a las intervenciones a realizar, por ejemplo, plano topográfico, plano de demoliciones, plano arquitectónico, plano de alumbrado público, plano de arbolado y vegetación, plano de señalización vertical y horizontal, plano geométrico, entre otros. Permitiendo dar un seguimiento específico a cada una de las etapas y componentes del proyecto.
- Retomar los criterios de diseño de infraestructura ciclo-incluyente. De esta forma el diseño de la red será coherente entre los nuevos tramos que se implementen a futuro.
- Considerar las trayectorias de vehículos de micromovilidad que se incorporan o salen del polígono donde se ubica la red ciclista. Esto se debe a que los viajes inician o se dirigen a tramos donde no hay infraestructura ciclista.
- Realizar el trazado de las trayectorias utilizando como base el plano topográfico. De esta manera el diseño toma en cuenta la situación real del espacio y facilita la estimación del presupuesto y los cálculos métricos.
- Diseñar la infraestructura ciclista con al menos 2 m de ancho efectivo en aquellas calles donde sea posible. Esta se considera que es una medida que da mayor seguridad y confort a las personas usuarias de la infraestructura ya que permite que existan rebases seguros, de manera que las personas con menos experiencia o

quienes circulan más lento pueden ser rebasadas por el lado izquierdo. El rebase seguro requiere de por lo menos de 1.8 m y en general con 2 m pueden circular fácilmente juntas dos personas (Fondo de Prevención Vial y GSD+, 2013).

Cuadro 6. Ocupación de espacio ciclo-usuario

1.50 metros	2 ciclistas pueden apenas conducir juntos
2.00 metros	2 ciclistas pueden fácilmente conducir juntos
2.50 metros	3 ciclistas pueden apenas conducir juntos
3.00 metros	3 ciclistas pueden fácilmente conducir juntos
3.50 metros	4 ciclistas pueden apenas conducir juntos
4.00 metros	4 ciclistas pueden fácilmente conducir juntos

Fuente: Fondo de Prevención Vial y GSD+, 2013.

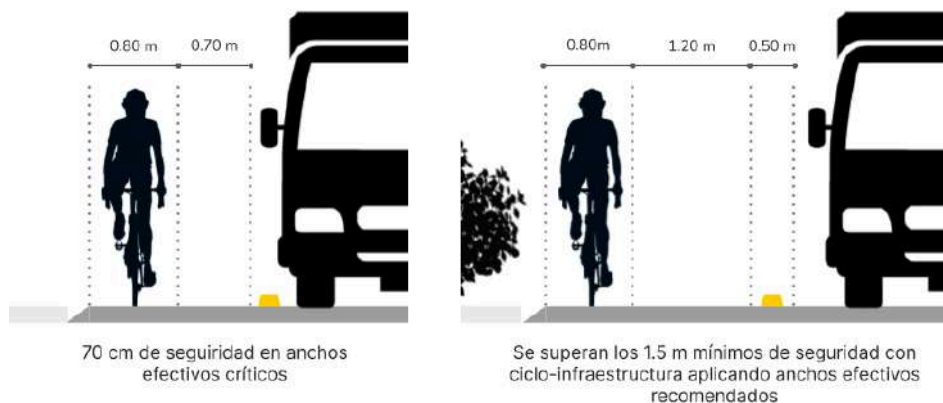
- El tener 2 m de ancho efectivo permite que otros vehículos de ciclos puedan utilizar la infraestructura, por ejemplo, carros de carga.
- Se mantiene la distancia segura de separación entre vehículos de micromovilidad y motorizados de 1.5 m.

Imagen 25. Distancias mínimas para el rebase seguro en infraestructura ciclista



Fuente: Elaboración propia.

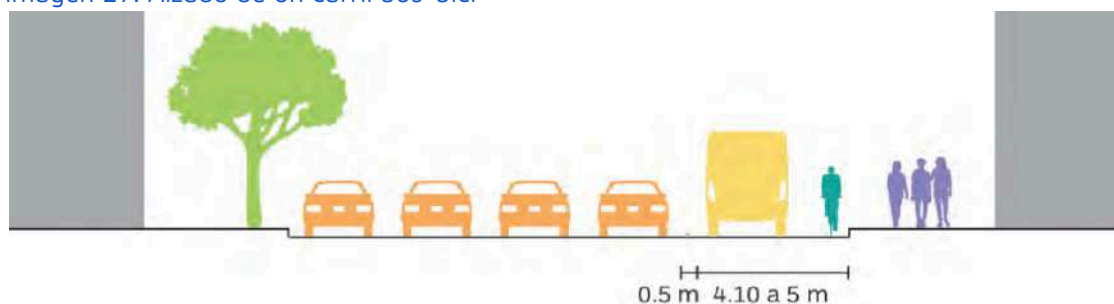
Imagen 26. Distancias de seguridad entre vehículos de micromovilidad y motorizados



Fuente: Elaboración propia.

- De implementar carriles bus bici, se recomienda considerar los siguientes criterios y medidas mínimas de diseño:
 - Mantener el ancho efectivo del carril en mínimo 4.1 m en corredores con velocidades que no excedan los 50 km/h o en los que el volumen vehicular sea menor a 20 buses/h (podrá pasar máximo 1 bus cada 3 minutos) (Sedatu-BID, 2018)²². Cabe mencionar que en los sistemas de Autobús de Tránsito Rápido (BRT, por sus siglas en inglés) no se deberán combinar la circulación de estos vehículos con los de micromovilidad.
 - Un ancho efectivo óptimo es de 5 m (Gobierno de la Ciudad de México, 2016), ya que permite mantener una distancia de separación de 1.5 m entre transporte público y personas usuarias de vehículos de micromovilidad.
 - Cuando el carril bus bici se ubica contiguo a otro con una velocidad de hasta 50 km/h, se requiere tener una franja de confinamiento, que contemple dispositivos y señalización horizontal, de mínimo 50 cm. Cuando el carril contiguo supera los 50 km/h, la franja de confinamiento deberá aumentar a 1.00 m.
 - Colocar cojines que canalicen las trayectorias de los buses

Imagen 27. Alzado de un carril bus-bici



Fuente: Sedatu-BID, 2018.

- En los casos en los que existan obstáculos en las aceras o en los que la infraestructura peatonal existente dificulta la movilidad o no responde a la línea de deseo de los peatones, se deberá considerar su modificación, reparación o reubicación. Por ejemplo, cruces peatonales o rampas fuera de las líneas de deseo, rampas peatonales con postes, delineadores o postes de señales que restringen la circulación.

Intersecciones. Para futuros proyectos, se recomienda tomar en cuenta los siguientes criterios:

- Considerar que las adecuaciones geométricas deben priorizar la seguridad de las personas usuarias más vulnerables de la pirámide de la movilidad. El trazado de trayectorias permitirá identificar los puntos en los que pueden proponerse islas de resguardo, ampliaciones de acera, orejas de mono, chicanas, etc.
- Las geometrías a proponer deben considerar los radios de giro de los vehículos, de manera que se agilice y ordene la circulación de las calles, salvaguardando a las personas más vulneradas.

²² Otros instrumentos de diseño, como el Manual Ciclociudades (ITDP e I-CE, 2011) y la Guía de Diseño de Infraestructura para la Ciudad de México (Gobierno de la Ciudad de México, 2016) recomiendan que la sección mínima de los carriles bus bici sea de mínimo 4.3 m y 4.5 m respectivamente. Dadas las secciones viales promedio con las que cuenta La Paz, se podrá optar por mantener los 4.1 m, siempre y cuando el resto del diseño sea seguro.

- Para la revisión de tales radios, se recomienda usar plantillas representativas del radio de giro del vehículo de diseño así como software como *Vehicle Tracking* de AutoDesk, especializado para conocer los puntos donde existirá un sobre ancho.

Cunetas y rejillas. Estos elementos del sistema de alcantarillado se ubican a los costados de la calzada, principalmente en los tramos con mayores pendientes. No se deben considerar como espacios para la circulación de vehículos de micromovilidad ya que suelen tener una superficie inclinada no apta para el rodamiento de las llantas de este tipo de vehículos, además de que en recorridos en campo se detectó que no se encuentran en buenas condiciones.

Solo se podrá considerar utilizar este espacio cuando se modifique la estructura del sistema de alcantarillado, de manera que el espacio de las cunetas y rejillas se mantenga con buenas condiciones y al mismo nivel que el resto de la calzada.

Imagen 28 y 29. Estado actual de las cunetas en la Av. Julio Patiño y ejemplo de rejilla longitudinal.



Fuente: bikeNcity, 2023. Tapamas, s.f.

Señales horizontales y verticales. La calidad de esta señalización es fundamental para garantizar una buena experiencia de los usuarios. Por ello, se sugiere:

- Pintar las nuevas señales en campo para revisar que todas sean entendibles y visibles por las personas que conducen vehículos. El grosor actual de aproximadamente 2.5 cm de las líneas del pictograma de bicicleta puede ser difícil de percibir por los conductores de vehículos motorizados. Se recomienda revisar la señal, aumentar el grosor de las líneas a por lo menos 5 cm o pintarla en campo para probar su visibilidad. Las señales horizontales en general deben tener una forma alargada para facilitar su visibilidad.
- Evitar utilizar las señales de ciclobanda indicadas en el Manual de Dispositivos de Control del Tránsito de Bolivia (Administradora Boliviana de Carreteras, s.f.), ya que se encuentran saturadas de pictogramas que no son fácilmente entendibles.
- En el Anexo 9. Recomendaciones al catálogo de señalización, se ha recomendado incorporar otras señales que serán utilizadas en otros contextos como:
 - En el caso de las señales horizontales: marcas de espacios de carga y descarga, ascenso y descenso de personas.
 - En el caso de las señales verticales: señales informativas de espacios de carga y descarga, ascenso y descenso de personas.

- Utilizar solo la pintura color verde y en el resto de las señales utilizar solo el color blanco. De esta manera se reducen costos de mantenimiento en triángulos de prioridad y en cajas bici.
- Se recomienda que el plano de señalización vertical contenga la representación gráfica de los tableros a utilizar, así como la orientación del tablero, posición de la señal en el poste, modelo y medidas generales del tablero (diámetro o lados, según corresponda). Esto facilita la revisión del proyecto y la colocación de las señales en campo.

Tratamientos especiales. La implementación de estos espacios deberá estar proyectada además de marcas en el pavimento y los dispositivos para el control del tránsito adecuados (por ejemplo, bolardos plásticos, tachones de resina, ojos de gato) y señalización vertical en caso de aplicar. Para asegurar su impacto estas propuestas deberán construirse con obra civil en siguientes intervenciones.

Dispositivos para el control del tránsito. En cuanto a estos elementos, se sugiere:

- Colocar en el plano claves o diferentes representaciones gráficas que permitan diferenciar los diversos modelos de dispositivos que serán utilizados y la forma en la que se utilizarán en el proyecto.
- En ciclocarriles es oportuno el uso de dispositivos de control de tránsito ligeros como tachones de resina, ojos de gato o tachas que segreguen el espacio pero que permitan entrar y salir del mismo. El uso de estos dispositivos maximiza el respeto de la infraestructura al proyectar que el carril tiene un uso diferente al del estacionamiento o circulación de vehículos motorizados.
- Se recomienda que un dispositivo de confinamiento para la infraestructura ciclista tenga en promedio 1.8 m de largo, 0.4 m de ancho y por lo menos 0.13 m de alto. Estas medidas dificultan el ingreso de vehículos motorizados a la infraestructura. Además, se recomienda que tengan caras inclinadas para que en caso que un ciclista impacte el elemento pueda recuperar el balance y que no lo golpee al pedalear. El material recomendado de fabricación del dispositivo es polietileno con protección UV, con película reflejante en los extremos cortos. Las recomendaciones para el uso de este y otros dispositivos de confinamiento similares se compartieron en las sesiones de Fortalecimiento de Capacidades y en el Consultorio Urbano (entregable 5).
- Se recomienda que para la pacificación de las calles de este proyecto en etapas posteriores se utilicen cojines reductores de velocidad que puedan ser prefabricados o elaborados en sitio. Se compartió una ficha técnica para la elaboración de este dispositivo en sitio ya sea en concreto o asfalto. Este proceso permite realizar los elementos en sitio ante la problemática de escasez de proveedores de estos dispositivos. Sin embargo, para su realización se requiere de un proceso constructivo bien ejecutado en cuanto a dimensiones y pendientes de las rampas. Las dimensiones de estos elementos a fabricar en sitio tienen dimensiones de 1.70 m x 4.00 m x 0.07 m de alto. En contraparte, los dispositivos prefabricados suponen una rápida adquisición, implementación y manipulación.
- Es necesario estimar un porcentaje adicional de dispositivos (entre el 3 y 5%) destinados al mantenimiento y reemplazo de los mismos en caso de ser dañados. Además, para el mantenimiento de la capa asfáltica de la vía será necesario contemplar la remoción y colocación de los dispositivos así como los trabajos necesarios para dichas acciones.

Relación con otros ejes del proyecto. Como se ha explicado a lo largo de esta consultoría, los proyectos urbanos requieren de diferentes componentes, por lo que se sugiere poner especial atención en los siguientes aspectos:

- **Mantenimiento.** Considerar una partida presupuestaria que contemple gastos por daños a la infraestructura y su mantenimiento.
- **Gestión territorial.** Aplicar en el diseño los hallazgos de las sesiones de trabajo con vecinos, pabellones, reuniones de diseño participativo o de co-creación, etc. Una vez implementada la infraestructura ciclista se deberán preparar actividades de activación del espacio público para garantizar su continuidad.
- **Comunicación.** Establecer un canal de comunicación constante entre la Secretaría Municipal de Movilidad y Seguridad Ciudadana, la Dirección de Comunicación Municipal y las personas encargadas de la producción del diseño de materiales gráficos. De esta forma se facilita que las características técnicas del diseño se traduzcan apropiadamente a los equipos de comunicación y diseño gráfico, con el fin de que los insumos sigan una misma línea de comunicación, con datos consensuados entre todas las partes.
- **Monitoreo, Verificación y Reporte.** La aplicación del kit proporcionado en el Entregable 8 permitirá evaluar el proyecto, de manera que se tengan datos que respalden su ampliación y uso.
- **Intermodalidad.** Se recomienda generar programas que permitan e incentiven transportar diversos vehículos de micromovilidad en las unidades de transporte público de la ciudad de La Paz, por ejemplo, transportes en ciertos horarios, colocación de cicloestacionamientos de larga estancia y muebles de corta estancia. De esta forma se incentiva el uso de la bicicleta como medio de transporte en la ciudad. Algunas de las estrategias recomendadas se comparten en el Anexo 11.
- **Semaforización.** Si bien el proyecto actual no cuenta con presupuesto para su ajuste o la instalación de semáforos ciclistas, se recomienda tomarlo en cuenta en ejercicios posteriores. Es recomendable dar énfasis en las intersecciones con Av. Inofuentes y Av. Costanera con las vías que las intersectan, ya que su alta movilidad dificulta la incorporación y salida de vehículos de micromovilidad a esta vía.

Bibliografía

Administradora Boliviana de Carreteras. s.f. Manual de Dispositivos de Control del Tránsito de Bolivia. Disponible en: http://www.abc.gob.bo/wp-content/uploads/2018/09/manual_de_dispositivo_de_control_de_trnsito.pdf.

Cooperación Suiza en Bolivia. 2018. Manual de Diseño Vial de La Paz. No disponible para su consulta en línea.

Cooperación Suiza en Bolivia. 2015. Manual de Diseño de Calles para las Ciudades Bolivianas. No disponible para su consulta en línea.

CROW. 2006. Design manual for bicycle traffic. Disponible en: <https://crowplatform.com/product/design-manual-for-bicycle-traffic/>.

Fondo de Prevención Vial y GSD+. 2013. Guía de infraestructura ciclista. Disponible en: <https://bicycleinfrastructuremanuals.com/manuals6/GSD-Guia-de-infraestructura-ciclista-Ejemplos-Ilustrados-y-Soluciones-2012.pdf>.

Gobierno de la Ciudad de México. 2016. Guía de Infraestructura Ciclista para la Ciudad de México. Disponible en: https://data.consejeria.cdmx.gob.mx/portal_old/uploads/gacetas/0c37b1746512f388bf98ff67e80bcd33.pdf

ITDP e I-CE. 2011. Manual Ciclociudades. Disponible en: <https://ciclociudades.itdp.org/manual-ciclociudades/>.

MOPT Costa Rica. 2019. Guía Técnica para Infraestructura Ciclista. Disponible en: <https://changing-transport.org/wp-content/uploads/Guia-practica-infraestructura-ciclista.pdf>.

Nacto. 2011. Guía de Diseño de Ciclovías Urbanas. Disponible en: <https://nacto.org/publication/urban-bikeway-design-guide/>.

Secretaría de Desarrollo Sustentable de Nuevo León. Norma Técnica Estatal de Aceras de Nuevo León, 2019. Disponible en: <https://www.nl.gob.mx/convocatorias/consulta-publica-proyecto-de-norma-tecnica-estatal-aceras-de-nuevo-leon>

Sedatu-BID. 2018. Manual de Calles, diseño vial para ciudades mexicanas. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/509173/Manual_de_calles_2019.pdf.

Secretaría de Movilidad de la Ciudad de México. s.f. Bloques descargables del Manual de Dispositivos para el Control de Tránsito. Disponible en: <https://www.semovi.cdmx.gob.mx/tramites-y-servicios/infraestructura-y-vialidades/bloques-descargables-del-manual-de-dispositivos-para-el-control-de-transito-mdct>.

Anexos

- Anexo 1. [Revisión de documentos](#)
- Anexo 2. [Primer set de recomendaciones al proyecto ejecutivo](#)
- Anexo 3. [Segundo set de recomendaciones al proyecto ejecutivo](#)
- Anexo 4. [Análisis de distribuciones y configuraciones de las secciones del proyecto](#)
- Anexo 5. [Tercer set de recomendaciones al proyecto ejecutivo](#)
- Anexo 6. [Cuarto set de recomendaciones al proyecto ejecutivo](#)
- Anexo 7. [Quinto set de recomendaciones al proyecto ejecutivo](#)
- Anexo 8. [Carpeta con planos](#). Incluye:
- Cinco sets de recomendaciones
 - Versión final del plano topográfico
- Anexo 9. [Recomendaciones al catálogo de señalización horizontal y vertical](#)
- Anexo 10. [Catálogo de señalización horizontal y vertical](#)
- Anexo 11. [Presentación de Intermodalidad](#)

