

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se observó un incesante incremento de la demanda de vehículos motorizados privados y de transporte público, lo que da a lugar a una alta congestión vehicular con significativos efectos negativos sobre el nivel de servicio de las vialidades en las avenidas principales y urbanas de la ciudad de Tarija, causando peligro para la circulación de los ciclistas, como a su vez generando contaminación acústica y un incremento de los índices de emisión de gases.

En estas condiciones, realizaremos el estudio a diseño final de ciclo vía urbana zona distrito 11, 12 y 13; para este propósito será necesario la aplicación del MANUAL DE DISEÑO DE CICLO RUTAS P.M.C. (PLAN MAESTRO DE CICLORUTAS BOGOTÁ-COLOMBIA), como también diversos estudios que harán posible el correcto desarrollo del presente trabajo, alcanzando un nivel de estudio de diseño final. Para tal efecto el autor del presente proyecto de ingeniería civil, pretende concretar un estudio de la red municipal de Tarija, con el motivo de formar una red de ciclo vías correlativamente como también presentar un mejoramiento de las mismas, con la finalidad de seleccionar la mejor alternativa del trazo para poder realizar la ingeniería del proyecto con los parámetros y criterios técnicos. Lo que se pretende, es dicho trabajo no solo quede en la idea, al contrario, pueda ser ejecutado en un futuro próximo de manera tal que sea un beneficio social para los habitantes de la zona del distrito 11, 12 y 13.

1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE DISEÑO FINAL DE INGENIERÍA

Se busca realizar una rehabilitación urbana que implica la sustitución del ambiente urbano existente, con un mayor aprovechamiento urbanístico manteniendo muchas de las características del entorno, con el fin de formar una red de ciclo vías correlativas en diferentes distritos de la ciudad de Tarija beneficiando a ciclistas que circulen por estas zonas con toda seguridad y comodidad.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1. Situación problemática

El incremento de vehículos motorizados en la ciudad de Tarija ocasiona inseguridad a los ciudadanos que circulan en bicicleta sin ninguna precaución.

La necesidad de construir o ampliar una ciclo vía se presenta en función de la seguridad de la circulación de los ciclistas. Según Datos de accidentes de la POLICÍA NACIONAL y el INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA, en Tarija el año 2000 al 2015 se produjo 3967 atropellos a peatones de las cuales aproximadamente el 10% son ciclistas.

Por lo que una de las alternativas para contrarrestar este caos fue realizar un estudio de revitalización urbana, con la implementación de ciclo vías en avenidas principales.

1.3.2. Problema

¿Por qué si cada día aumenta más el tráfico, seguimos usando el transporte privado motorizado como primera alternativa de transporte?

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Realizar el proyecto a diseño de ingeniería de la ciclo vía urbana zona distrito 11, 12 y 13, tomando todas las condiciones de seguridad y educación vial.

1.4.2. Objetivos específicos

- Analizar las recomendaciones que plantea el manual de diseño de calles para las ciudades bolivianas y el manual de diseño de ciclo rutas P.M.C. (PLAN MAESTRO DE CICLORUTAS BOGOTÁ-COLOMBIA)
- Realizar el levantamiento topográfico en los tramos de los distritos 11, 12 y 13.
- Desarrollar un estudio de tráfico en los diferentes accesos de los tramos de estudio.
- Diseñar alternativas del trazado de la ciclo vía.
- Caracterizar el estudio de suelos para determinar el diseño estructural.
- Realizar un estudio hidrológico y diseñar obras de drenaje.
- Realizar el diseño geométrico, para los tramos de los distritos 11, 12 y 13.
- Dimensionar el diseño estructural, comprendido por el paquete estructural.
- Diseñar la señalización correspondiente, tanto horizontal como vertical.

- Se implementará elementos de protección, segregadores de tráfico y postes de iluminación garantizando una circulación segura del ciclista.
- Se dimensionará los semáforos en intersecciones críticas.
- Plantear y proponer alternativas de costos y cómputos métricos, para poder obtener el presupuesto general adecuado del proyecto.

1.5. PARÁMETROS DE DISEÑO

Se desarrollarán todos los parámetros para el proyecto diseño final de ingeniería, tales como: parámetros para selección de tipos de infraestructura para bicicletas, parámetros de diseño geométrico, parámetros de diseño estructural y parámetros de elementos de protección, señalización, iluminación y diseño de estacionamientos; estos parámetros estarán basados en las normas del manual de diseño de ciclo rutas P.M.C. (PLAN MAESTRO DE CICLORUTAS BOGOTÁ-COLOMBIA). Y MANUAL DE DISEÑO DE CALLES PARA LAS CIUDADES BOLIVIANAS.

1.6. UBICACIÓN DEL PROYECTO

El desarrollo del proyecto se realizará en la av. Celedonio Ávila, av. La Banda, av. Luis de Fuentes, av. Horacio Aramayo, av. Mario Cossío y el Campo deportivo García Agreda correspondientes a las zonas del distrito 11, 12 y 13 de la ciudad de Tarija-Bolivia.

1.7. ALCANCE

Al realizar el “DISEÑO FINAL DE CICLOVÍA URBANA ZONA DISTRITO 11, 12 y 13”, se llevarán a cabo actividades de inspección y reconocimiento del sitio del proyecto para luego efectuar estudios como son: levantamiento topográfico, estudio de tráfico, estudio geológico y estudio hidrológico que nos permitan conocer las características de la zona.

La parte Ingenieril del proyecto se inicia desarrollando una revisión en la normativa vigente para el diseño de la red de ciclovía; en esta parte del proyecto se establecerán los parámetros de diseño.

Una vez realizados los estudios mencionados anteriormente, se procede al diseño geométrico de la red de ciclovía, que es un Diseño plani-altimétrico de la ciclovía.

Se determinan los cálculos métricos de los ítems del proyecto y presupuestos del mismo, el análisis de precios unitarios de ítems que se ejecutarán en el proyecto, así como las especificaciones técnicas que se deberán cumplir con el objetivo del proyecto.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Una cicloruta es una parte de la calzada designada para uso exclusivo o preferencial de los ciclistas en las áreas urbanas.

Las ciclorutas son implementadas a través de:

- Reducción en los carriles de los automóviles.
- Eliminación de un carril de automóviles.
- Eliminación del estacionamiento lateral, excepto donde éste es esencial para el uso del suelo adyacente.

2.1.1. Tipos de infraestructuras para bicicletas

2.1.1.1. Ciclo vía en sitio propio o en andén

Son vías separadas de las calles o segregadas del tráfico de vehículos motorizados por un espacio abierto o una barrera, pueden ser una faja a la derecha, interna a la calzada, o una faja independiente a la derecha. Estas vías son típicamente usadas por peatones, corredores, patinadores y ciclistas como vías de doble sentido o bidireccional. Las vías separadas pueden ser apropiadas en los corredores que no son bien servidos por el sistema de calles (cuando hay pocas intersecciones), para crear atajos entre orígenes y destinos urbanos, a lo largo de cinturones verdes tales como ríos y corredores férreos abandonados, y como elementos de recreación para la comunidad.

2.1.1.2. Ciclo vía en vía compartida

Cuando el espacio es reducido e impide el diseño de una cicloruta segregada puede pensarse en estudiar la implantación de fajas para ciclistas, las cuales consisten en separar un espacio exclusivo para bicicletas de la calzada destinada al tránsito motorizado. Estas ciclorutas deberían estar siempre demarcadas para llamar la atención a un uso preferencial de los ciclistas.

2.1.1.3. Bulevar para bicicletas

El bulevar para bicicletas es una calle con bajos volúmenes de tráfico donde el movimiento de los ciclistas adquiere prioridad en detrimento del flujo vehicular. Un bulevar para bicicletas es creado a partir de la modificación de la operación de una calle local a una calle para ciclistas, pero manteniendo el acceso local para los automóviles. Las medidas para pacificación del tráfico son usadas para controlar las velocidades del tráfico y desestimular completamente los viajes en automóvil. El control de tráfico está destinado a limitar los conflictos entre automóviles y bicicletas, y a dar prioridad al movimiento de bicicletas.

2.1.1.4. Aceras-bici

Las aceras-bici, son vías ciclistas segregadas de la calzada, y puestas o superpuestas al espacio de circulación peatonal.

Las dimensiones de las aceras-bici parten también de las necesidades de la circulación ciclista y se han de contrastar con las de la circulación peatonal, presentando las siguientes particularidades:

- Contando con espacio muerto a cada lado, la acera-bici puede tener un ancho mínimo de 1.5 m. y todavía permitir el adelantamiento de un ciclista por otro, pero para que esa maniobra se realice cómodamente hace falta un ancho de 1.75 a 2.00 m. con un ancho de 2.50 m. es posible el adelantamiento de dos ciclistas por un tercero. Más allá de 2.50 m. de ancho, es preferible emplear el espacio para establecer una mayor separación con los peatones o convertir la acera-bici en pista-bici.
- Resguardo en relación a los vehículos motorizados. Cuando la acera-bici transcurre en la proximidad de la calzada se debe contemplar una separación vehículo – ciclista de 0.75 m. en vías de velocidad máxima 30 Km/h. Este criterio se verifica si la acera-bici se construye a una distancia de 0.40 – 0.50 m. del borde de la calzada.
- Resguardo respecto al aparcamiento. Incrementando hasta 0,80 m. el resguardo de separación de la calzada se obtiene un espacio mínimo de seguridad en previsión de la apertura de las puertas de los vehículos, en el caso de que entre la calzada y la acera-bici se desarrolle una franja de parqueo.

- Cuando la acera–bici es bidireccional, su sección transversal debe estar entre 2.75 m. y 3.50 m. La mínima de estas anchuras permite el paso simultáneo de tres bicicletas, mientras que la máxima permite el paso de 4 bicicletas.
- Las condiciones del tráfico motorizado adecuadas para este tipo de sección son similares a las que se reflejan posteriormente en relación a las pistas–bici. Sin embargo, son las condiciones del tráfico peatonal las que deben determinar la idoneidad de este tipo de soluciones, condiciones que se caracterizan por la relación entre el flujo de viandantes y el ancho útil de acera por la que circulan.

2.1.2. Criterios para la aplicación de tipologías

Para que la circulación se produzca en condiciones de comodidad y seguridad, la cicloruta debe tener unas dimensiones mínimas que permitan el tránsito y la maniobrabilidad. Partiendo de los requisitos geométricos de la circulación en bicicleta que se establecen en este manual y de las características de las vías sobre las que se pretende establecer el trazado de los recorridos, se han tenido en cuenta, para la definición de la sección:

- la existencia de separadores.
- el ancho de la calzada.
- el número de carriles.
- el ancho de las aceras.

Además de estos parámetros fundamentales para la selección de las tipologías, se han tenido en cuenta los siguientes criterios, basados en estudios realizados por el Consorcio Consultor:

- Volumen y velocidades del tráfico vehicular: Define el tipo de protección.
- Volumen previsto de usuarios ciclistas: Define los anchos adecuados.
- Espacio existente: Define la tipología básica (pista, faja, etc.).
- Entorno Urbano: Define la tipología y características especiales.

2.1.3. Recomendaciones para la construcción de las redes locales y de barrio; salvo en excepcionales circunstancias, la construcción de las redes locales y de barrio no implican grandes costos ni obras mayores de infraestructura. Para realizar estos proyectos en forma planeada se recomiendan las siguientes medidas:

- Verificar si las condiciones de velocidad y tipo de tráfico, superficie disponible y topografía son las adecuadas.
- Establecer la demanda actual y potencial del barrio.
- Determinar las formas más directas de acceso desde distintas áreas del barrio a los servicios y equipamientos principales, en especial el comercio, los colegios, los lugares de trabajo y las áreas recreativas.
- Verificar la localización y existencia de los puntos de conexión con la red principal.
- Confirmar que existe autorización de planeación para su construcción.

2.2. DISEÑO GEOMÉTRICO

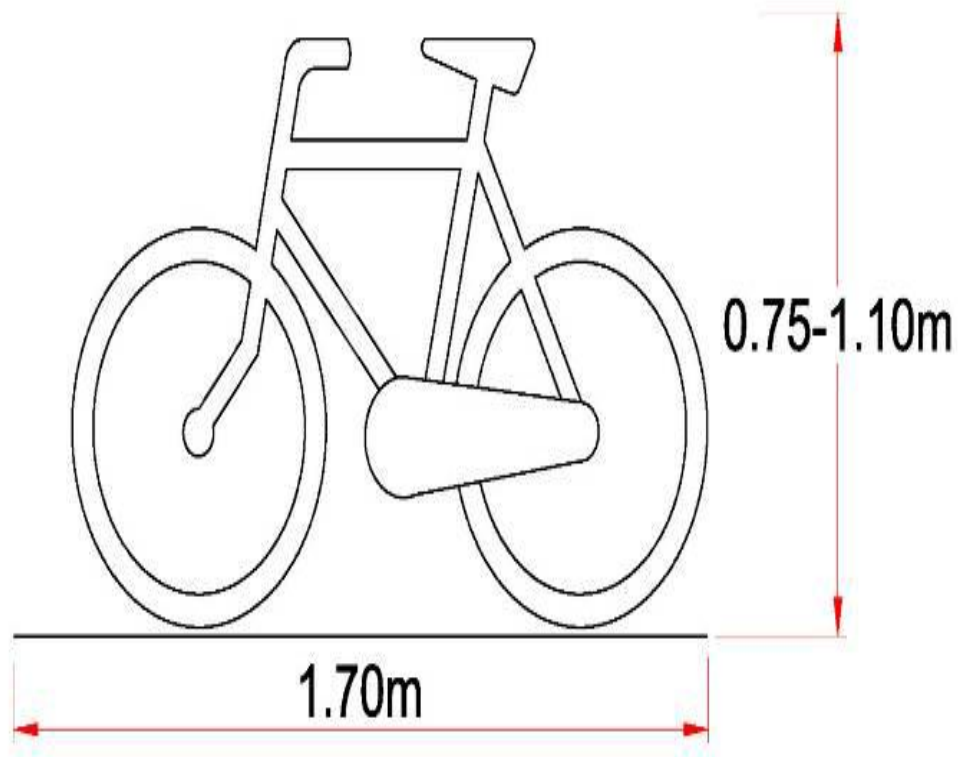
Para el diseño de las ciclovías se debe tener en cuenta principalmente las siguientes condiciones:

- Un adecuado ancho, para la circulación de los ciclistas, tanto en un sentido, como en doble sentido.
- Garantizar que los peatones, ciclistas y automovilistas se perciban oportunamente unos a otros con suficiente tiempo y espacio para maniobrar.
- Señales claramente legibles y ubicadas apropiadamente de tal forma de facilitar las maniobras y garantizar la seguridad de circulación sobre la vía.
- Compatibilizar las velocidades de circulación en aquellos tramos de la vía en los que se encuentren los diferentes tipos de usuarios.
- Minimizar los tiempos de espera y los recorridos.

2.2.1. Espacio útil del ciclista

Para determinar el espacio necesario para la circulación en bicicleta, se debe considerar el tamaño del vehículo y el espacio necesario para el movimiento del ciclista, es decir, el conjunto cuerpo-vehículo; así como el desplazamiento durante el pedaleo. Estas dimensiones varían, según el tipo de la bicicleta y la contextura del ciclista. La bicicleta convencional o típica tiene las dimensiones señaladas en la figura 2.1

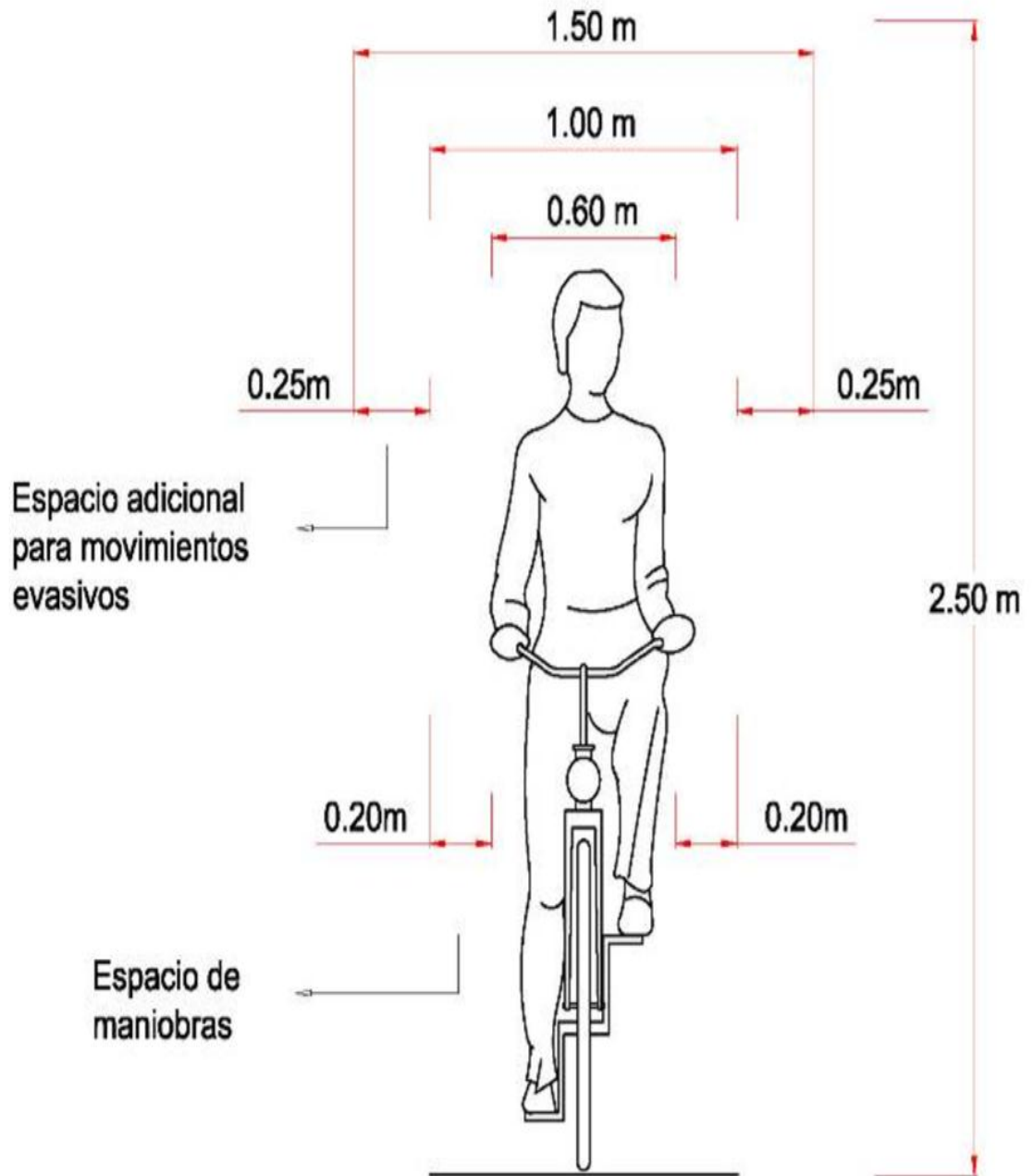
Figura 2. 1: Dimensiones promedio de una bicicleta



Fuente: Plan Maestro de Ciclo vías de Lima y Callao

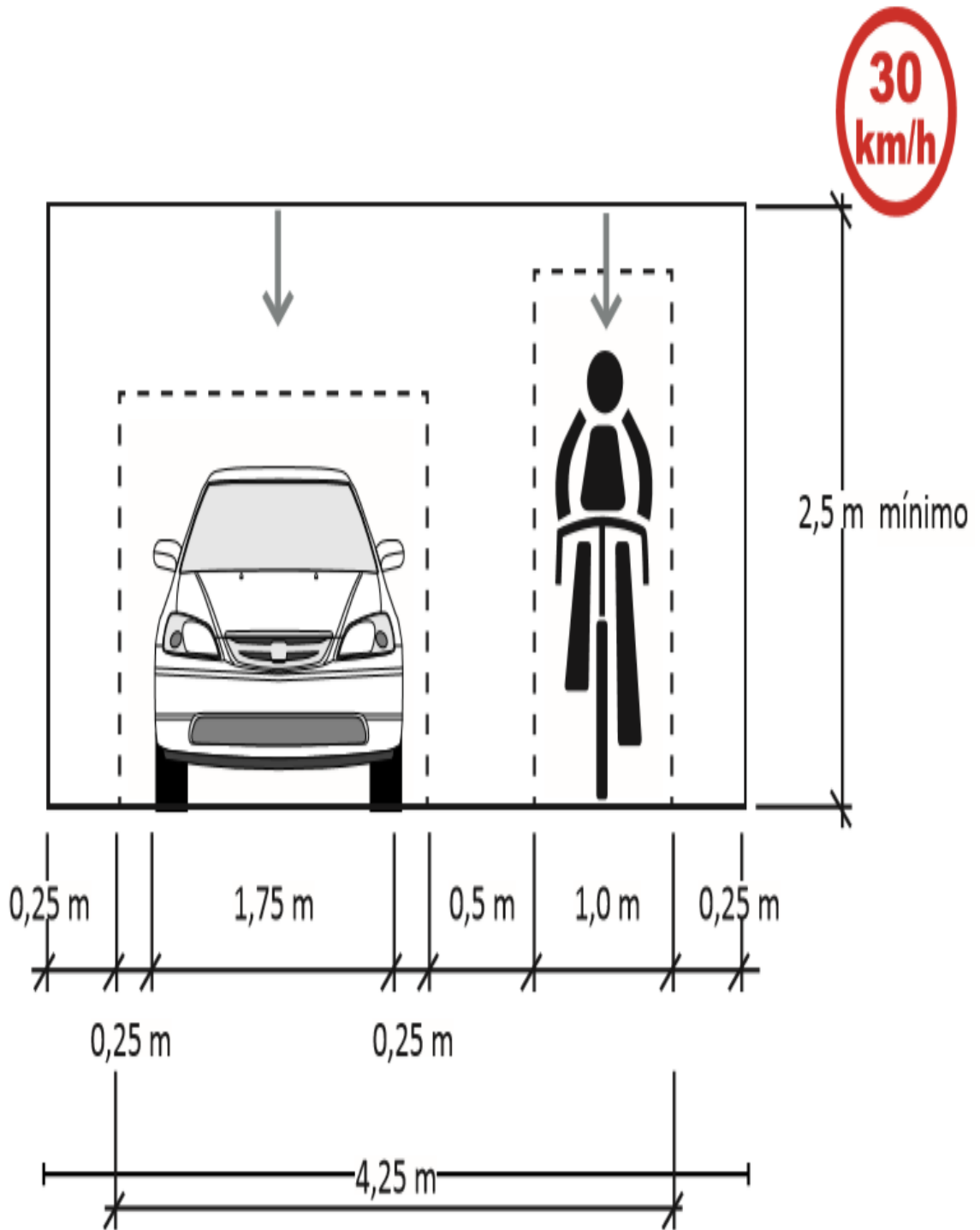
En condiciones normales un ciclista en movimiento necesita un ancho de 1 m. para poder mantener el equilibrio durante el manejo con una velocidad baja o a través de cruces. Sin embargo, hay que tener en cuenta los resguardos necesarios para la ejecución de las posibles maniobras que éste pueda realizar, tales como movimientos evasivos durante la circulación frente a circunstancias en marcha, siendo necesario por ello un espacio adicional de 0.25 m. a cada lado, lo que hace un total mínimo de 1.50 m. Asimismo, es necesario un espacio vertical libre de 2.50 m. Una persona no alcanza esta altura cuando se sienta en la bicicleta, pero es necesario dejar un espacio vertical libre.1 (ver figura N° 2.2)

Figura 2. 2: Espacio de operación del ciclista



Fuente: Plan Maestro de Ciclo vías de Lima y Callao

Figura 2. 3: Dimensiones para la movilidad de los ciclista para el cruce de autos



Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual De Diseño De Ciclorutas, Plan Maestro De Ciclo rutas para Santa Fé De Bogotá D.C. Ed. Projekta Ltda., Interdiseños Ltda., Santa Fé De Bogotá D.C. 1999, 93 p.

2.2.2. Velocidad de diseño

La velocidad de diseño con la cual la ciclo vía es diseñada, determina el radio y el peralte de las curvas y el ancho de la cicloruta. Bajo condiciones normales (buenas condiciones climáticas, terreno plano y pavimento asfáltico), la velocidad de diseño es de 30 Km/h; la mayoría de los ciclistas puede mantener una velocidad de 20 Km/h, y con la tecnología actual aplicada a la construcción de bicicletas, esperar velocidades de operación de 20 a 30 Km/h, no es inusitado. Por eso, una velocidad de diseño de 30 Km/h posee un buen margen de seguridad.

Si la pendiente longitudinal es pronunciada la velocidad de diseño para descensos deberá ser mayor que la empleada en tramos rectos para permitir que el ciclista aumente la velocidad con seguridad; la variación de la velocidad con la longitud y la pendiente se incluye en la Cuadro 2.1.

Cuadro 2. 1: Velocidad de diseño en función de la pendiente del terreno.

Pendiente (%)	Longitud (m)		
	25 a 75 (km/h)	75 a 150 (km/h)	>150 (km/h)
3 a 5	35	40	45
6 a 8	40	50	55
9	45	55	60

Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual De Diseño De Ciclorutas, Plan Maestro De Ciclo rutas para Santa Fé De Bogotá D.C. Ed. Projekta Ltda., Interdiseños Ltda., Santa Fé De Bogotá D.C. 1999, 93 p.

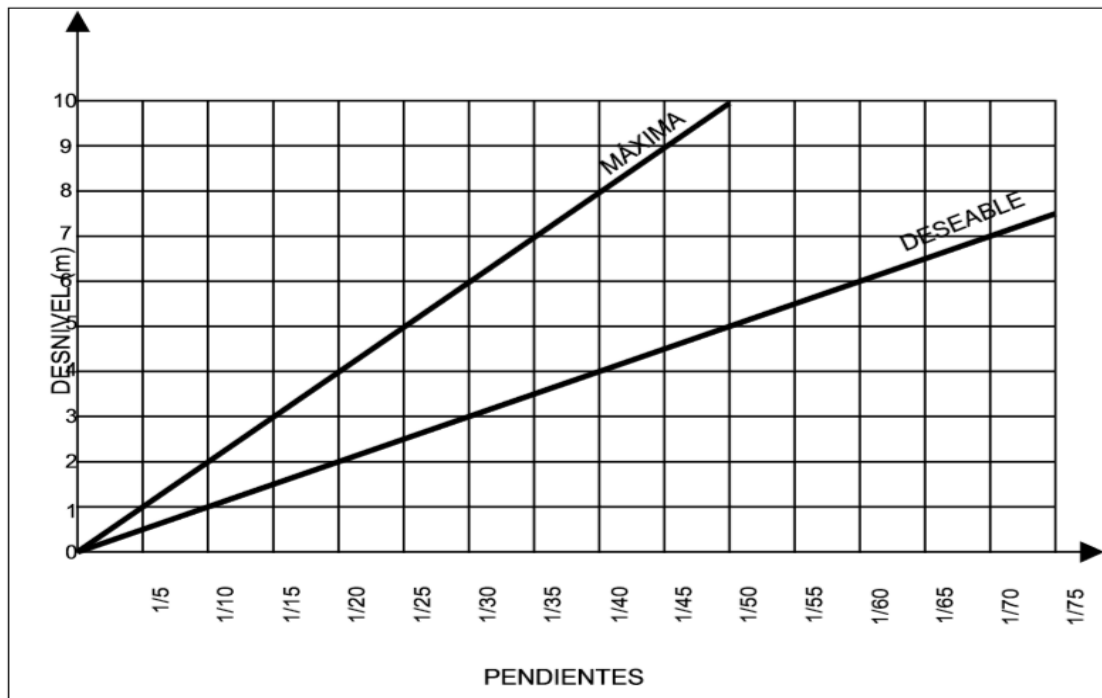
2.2.3. Pendientes

Los dos elementos que se deben tener en cuenta cuando se diseñan las pendientes son:

- El esfuerzo requerido para escalarlas.
- Requerimientos de seguridad en los descensos.

Las pendientes máximas admisibles están dadas en función del desnivel que debe superarse de acuerdo con lo establecido en la gráfico 2.1.

Gráfico 2. 1: Gráfico de rampas.



Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual De Diseño De Ciclorutas, Plan Maestro De Ciclo rutas para Santa Fé De Bogotá D.C. Ed. Projekta Ltda., Interdiseños Ltda., Santa Fé De Bogotá D.C. 1999, 93 p.

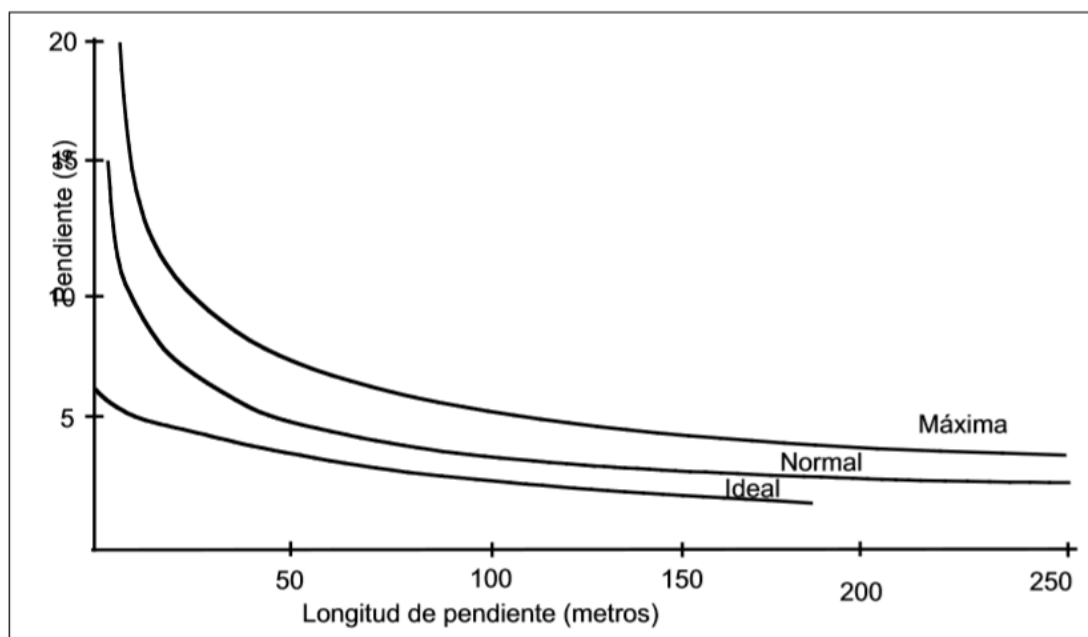
Pendientes del 3% o menos no causan ningún problema y se pueden desarrollar tramos largos con éstas. Por otro lado, de ser posible no se debe diseñar con pendientes mayores al 6%, para evitar la fatiga de los ciclistas.

El gráfico 2.2 ilustra la longitud de la pendiente, recomendada en función del ángulo de pendiente. Como se puede observar en dicha Figura, cada cambio de pendiente deberá estar precedido por una longitud que permita al ciclista acelerar antes de empezar a escalar.

2.2.3.1. Sobreancho de ciclorutas en pendientes.

A causa de las altas velocidades que se alcanzan en los descensos, se debe disponer de espacio adicional para maniobrar con ellas; el ciclista necesita un sobreancho para realizar las correcciones en su trayectoria; por otro lado, un ciclista escalando una pendiente necesita un corredor ancho, pues él tiene la necesidad de trenzarse desde un lado hacia otro para así mantener su balance; por esto, pistas y fajas de bicicletas deberán tener sobreancho en pendientes, aún más si éstas son bidireccionales.

Gráfico 2. 2: Pendiente aceptable en función de la longitud.



Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual De Diseño De Ciclorutas, Plan Maestro De Ciclo rutas para Santa Fé De Bogotá D.C. Ed. Projekta Ltda., Interdiseños Ltda., Santa Fé De Bogotá D.C. 1999, 93 p.

Las pistas o fajas de bicicletas no necesitan un sobreancho. Cuando éstas tienen una longitud menor a 75 m, pendientes del 6% o más requieren de todas maneras un sobreancho. Esto se aplica tanto al ascenso como al descenso.

El Cuadro 2.2 suministra los sobreanchos requeridos dependiendo de la pendiente y la longitud de ésta.

Cuadro 2. 2: Sobreanchos requeridos en función de la pendiente del terreno y su longitud.

Pendiente (%)	Longitud (m)		
	25 a 75 (cm.)	75 a 150 (cm.)	>150 (cm.)
>3 y ≤ 6		20	30
>6 y ≤ 9	20	30	40
>9	30	40	50

Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual De Diseño De Ciclorutas, Plan Maestro De Ciclo rutas para Santa Fé De Bogotá D.C. Ed. Projekta Ltda., Interdiseños Ltda., Santa Fé De Bogotá D.C. 1999, 93 p

2.2.4. Radios de curvatura

El radio mínimo de una curva horizontal es función del peralte de la superficie, del coeficiente de fricción entre la bicicleta y el pavimento, y de la velocidad de diseño. La siguiente fórmula es usada para determinar el radio mínimo de curvatura:

$$R = \frac{V^2}{12 + (e + f)}$$

Donde:

R = Radio de curvatura (m).

V = Velocidad de diseño (Km/h).

e = Peralte en tanto por uno (m/m).

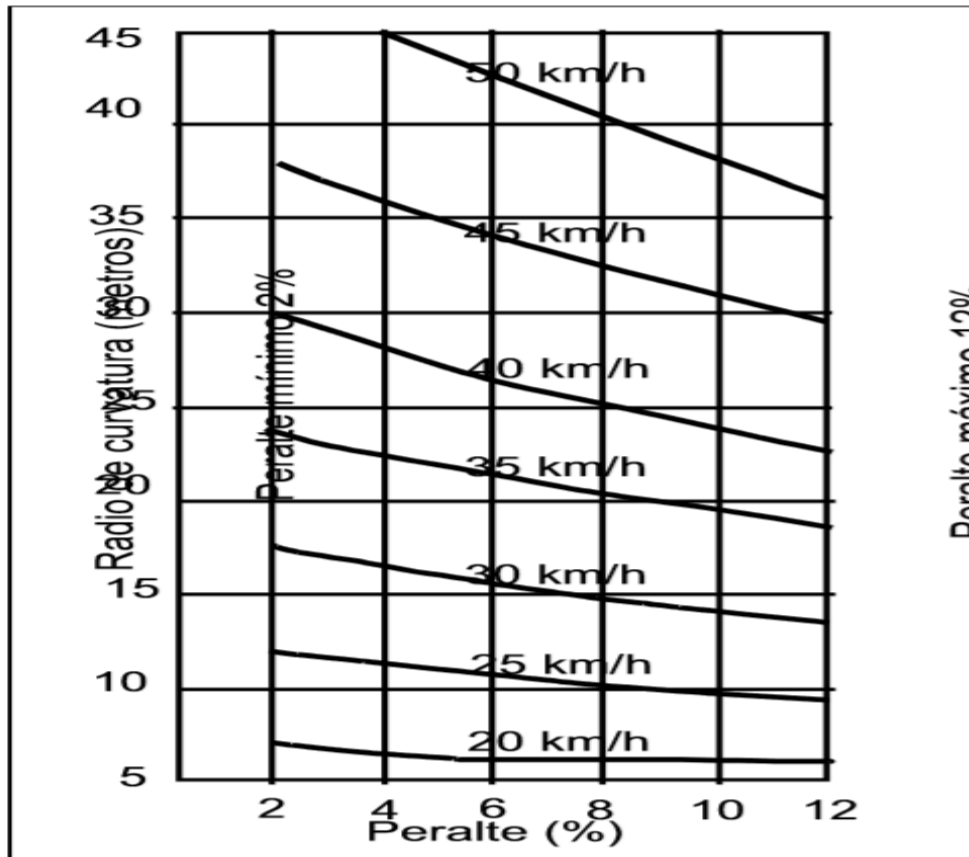
f = Coeficiente de fricción.

El coeficiente de fricción depende de la velocidad, el tipo, condición y rugosidad de la superficie, tipo y condición de las llantas, y si la superficie está seca o mojada. La selección de los factores de fricción que se usan para el diseño se basa en el punto en el cual las fuerzas centrífugas ocasionan que los ciclistas perciban una sensación de incomodidad e instintivamente actúen para evitar una mayor velocidad. Extrapolando valores utilizados en carreteras los factores de fricción para el diseño para caminos pavimentados, puede asumirse que varían desde 0.30 a 24 km/h hasta 0.22 a 48 km/h. Aunque no hay datos disponibles, para superficies destapadas se sugiere que los

factores de fricción se reduzcan en un 50% para permitir un margen de seguridad suficiente.

El gráfico 2.3 ilustra los radios mínimos de curvatura en función del peralte y la velocidad de diseño de una cicloruta.

Gráfico 2. 3: Radio de curvatura en función del porcentaje del peralte y de la velocidad de diseño.



Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual De Diseño De Ciclorutas, Plan Maestro De Ciclo rutas para Santa Fé De Bogotá D.C. Ed. Projekta Ltda., Interdiseños Ltda., Santa Fé De Bogotá D.C. 1999, 93 p.

Para superficies sueltas, el coeficiente de fricción deberá estar dividido por dos, cuando se calcula el radio de curvatura. El cuadro 2.3, incluye el cálculo de varios radios de curvatura en función de la velocidad de diseño.

Cuadro 2. 3: Radios de curvatura en función de la velocidad de diseño.

Velocidad de diseño (km/h)	Peralte 2% (m.)	Peralte 12% (m.)	Superficies destapadas peralte 2% (m.)
20	7.5	6.1	14.3
25	11.7	9.5	22.4
30	16.9	13.6	32.2
35	23.0	18.5	43.8
40	30.0	24.2	57.3
50	46.9	37.9	89.5
60	67.5	54.5	128.8

Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual De Diseño De Ciclorutas, Plan Maestro De Ciclo rutas para Santa Fé De Bogotá D.C. Ed. Projekta Ltda., Interdiseños Ltda., Santa Fé De Bogotá D.C. 1999, 93 p.

Los radios de curvatura de una Ciclo vía son, en general, los mismos que los de una calle o una vía. Cuando se trata de inducir a los ciclistas a frenar en cercanías de una intersección, por ejemplo, se pueden adoptar radios de 3 a 5 m para identificar el peligro. Antes, puede adoptarse una curva de 15 m de radio; la cual servirá de transición para evitar cambios bruscos en el trazado. En tramos continuos, el radio mínimo será de 30 m.

2.2.5. Peralte

Como recomendación especial, el peralte de una curva nunca debe exceder el 12%; porcentajes más altos pueden causar movimientos lentos por la sensación de incomodidad de la pendiente.

Para ayudar a los ciclistas que van escalando en un camino bidireccional con curvas con pendientes mayores del 4%, el peralte no debe exceder el 8%.

- Sobreebancho en el interior de las curvas.

Cuando se toma una curva estrecha con radios menores de 32 m, el ciclista se inclina al tomar la curva, y esta operación incrementa el riesgo de colisión; en consecuencia, la pista debe estar ensanchada en el interior de la curva. El sobreebancho requerido es una función del radio de curvatura y se incluye en la Cuadro 2.4.

Cuadro 2. 4: Sobreebancho en el interior de la curva.

Radio de Curvatura m.	Sobreebancho Requerido (Pendiente entre 0% y 3%) mm.
24 a 32	250
16 a 24	500
8 a 16	750
0 a 8	1000

Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual De Diseño De Ciclorutas, Plan Maestro De Ciclo rutas para Santa Fé De Bogotá D.C. Ed. Projekta Ltda., Interdiseños Ltda., Santa Fé De Bogotá D.C. 1999, 93 p.

2.2.6. Distancia de visibilidad

La distancia que un ciclista requiere para detenerse completamente al observar un obstáculo es un factor que se debe aplicar en el diseño. Esta distancia es una función del tiempo de la percepción y reacción del ciclista, el estado de la superficie, el coeficiente de fricción, la pendiente y la velocidad de diseño.

El gráfico 2.4, ilustra la variación de la distancia de visibilidad en términos de estos parámetros. El tiempo de percepción – reacción del ciclista generalmente se asume

como 2.5 segundos; el coeficiente de fricción como 0.25; dichos factores, permiten representar vagamente un sistema de frenos en superficie húmeda. La siguiente fórmula es usada para determinar la distancia de visibilidad.

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

Donde:

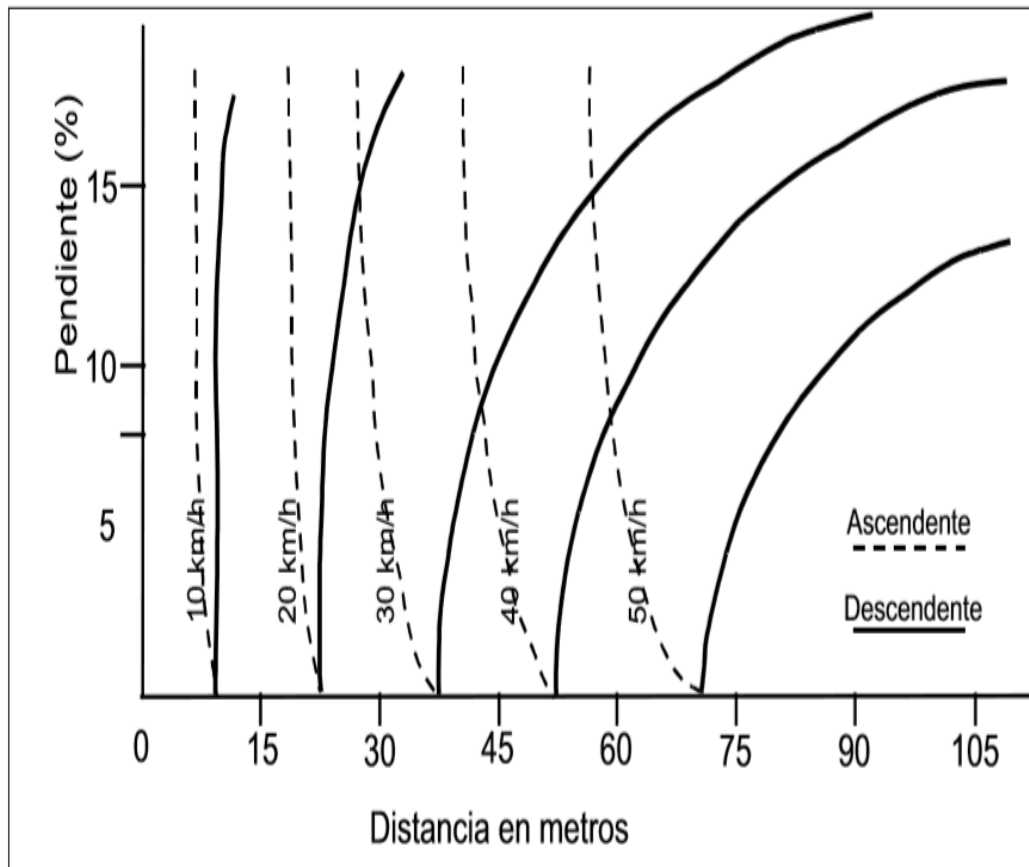
S = Distancia de visibilidad (m).

V = Velocidad de diseño (Km/h).

f = Coeficiente de fricción (0.25).

G = Pendiente 10%.

Gráfico 2. 4: Distancia de visibilidad en curvas horizontales.



Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual De Diseño De Ciclorutas, Plan Maestro De Ciclo rutas para Santa Fé De Bogotá D.C. Ed. Projekta Ltda., Interdiseños Ltda., Santa Fé De Bogotá D.C. 1999, 93 p.

La distancia de visibilidad que es preciso implementar tiene que proveer suficientemente despeje lateral en el interior de las curvas horizontales, y dotar una acertada longitud mínima de curva vertical.

La cantidad de despeje lateral requerido en el interior de las curvas horizontales es una función del radio de curvatura y de la pendiente.

La pendiente del tramo afecta la velocidad de diseño, como la distancia que requiere el ciclista para completar la parada. Para proyectos bidireccionales, los cálculos deben estar basados en las líneas de descenso.

Como ilustra el gráfico 2.5, la línea centro de la mitad del carril es usada midiendo la longitud del campo de visión del ciclista. Este gráfico también indica la distancia de visibilidad de varios radios de curvatura como una función del despeje lateral; la expresión para el cálculo del despeje lateral requerido es la siguiente:

$$M = R \left(1 - \cos \alpha \left(28.65 * \frac{S}{R} \right) \right)$$

Donde:

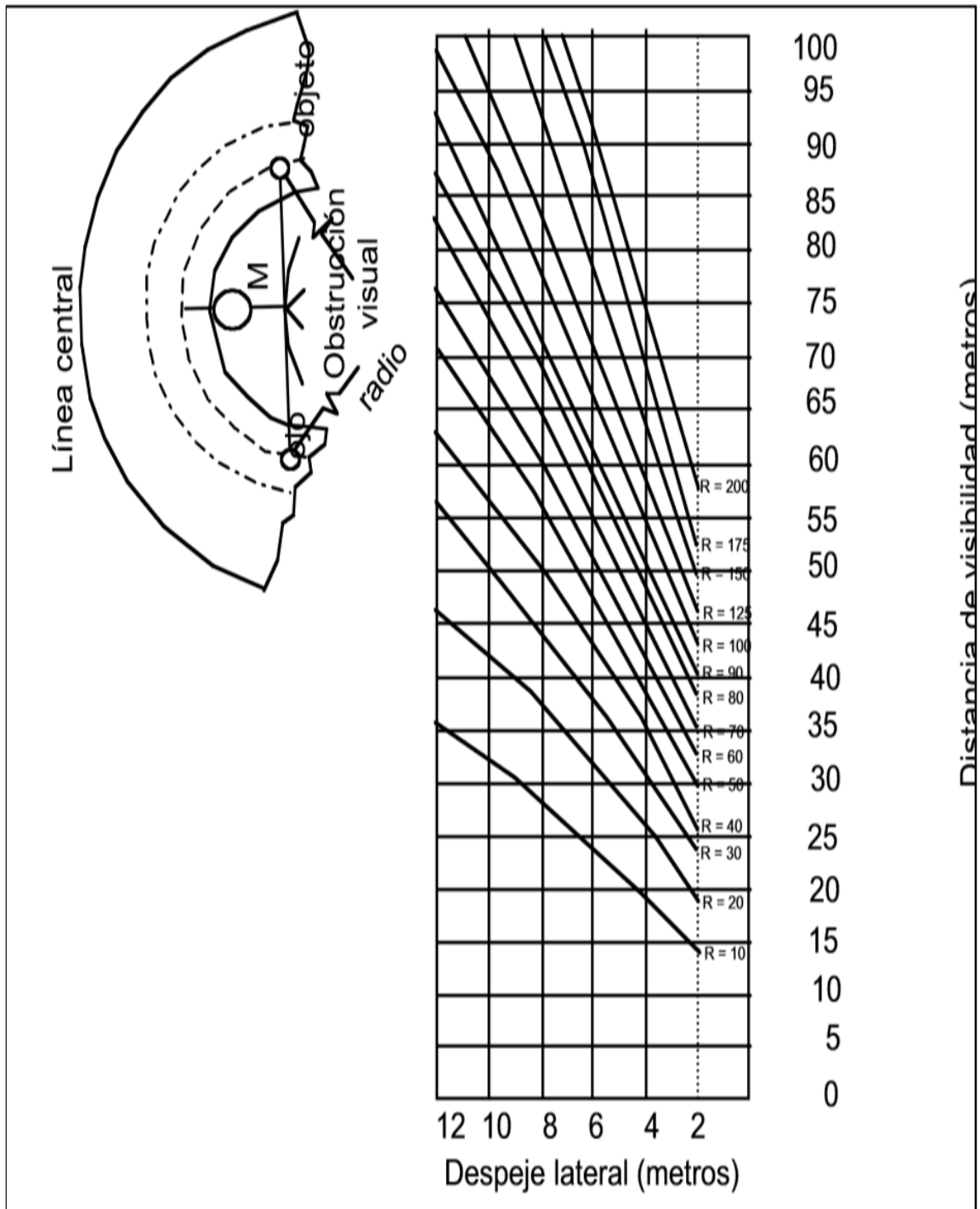
M = Despeje lateral, medido desde la línea central y el bordillo (m).

S = Distancia de parada (m).

R = Radio en el centro del carril (m).

Esta expresión se aplica cuando S es igual o menor que la longitud de la curva.

Gráfico 2. 5: Despeje lateral en curvas.



Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual De Diseño De Ciclorutas, Plan Maestro De Ciclo rutas para Santa Fé De Bogotá D.C. Ed. Projekta Ltda., Interdiseños Ltda., Santa Fé De Bogotá D.C. 1999, 93 p.

Para Ciclo vías bidireccionales es recomendable que el campo de visión sea igual a dos veces la distancia de visibilidad para reducir el riesgo de colisión entre ciclistas en direcciones opuestas. Cuando esta distancia de visibilidad no se puede proveer, una línea central continua se debe pintar entre carriles desde el principio en toda la longitud de la curva, y extendida 10 m más allá del inicio y el fin de la curva.

2.2.7. Longitud de curva vertical

Para mantener el mínimo campo de visión en una curva vertical, la curva necesita tener determinada longitud. La mínima longitud requerida, para suministrar un adecuado campo de visión es una función de la visibilidad y la diferencia algebraica entre pendientes a cada lado de la cresta. La longitud en metros de la curva, debe ser menor a 0,38 veces el número de Km/h de la velocidad de diseño; la siguiente fórmula es usada para determinar la mínima longitud de curva vertical.

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

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

Donde:

L = Longitud mínima de curva vertical (m).

S = Mínima distancia de señales (m).

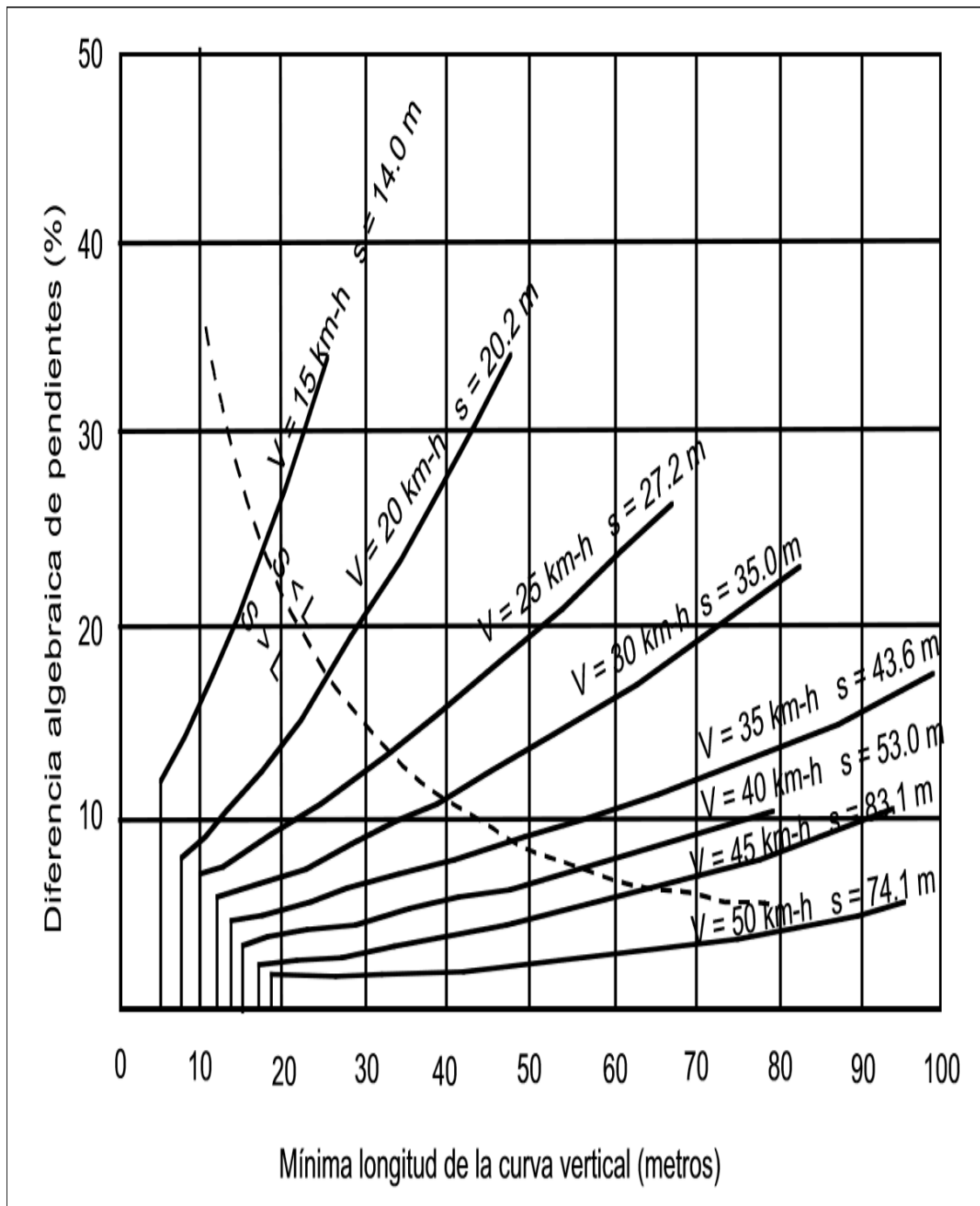
A = Diferencia algebraica de pendientes (m).

H1 = 1,40 m (altura de los ojos del ciclista).

H2 = 0,0 m (altura del objeto).

El gráfico 2.6 ilustra la longitud mínima de una vertical para varias velocidades de diseño en función de la diferencia algebraica de pendientes.

Gráfico 2. 6: Longitud mínima de una curva vertical.



Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual De Diseño De Ciclorutas, Plan Maestro De Ciclorutas para Santa Fé De Bogotá D.C. Ed. Projekta Ltda., Interdiseños Ltda., Santa Fé De Bogotá D.C. 1999, 93 p.

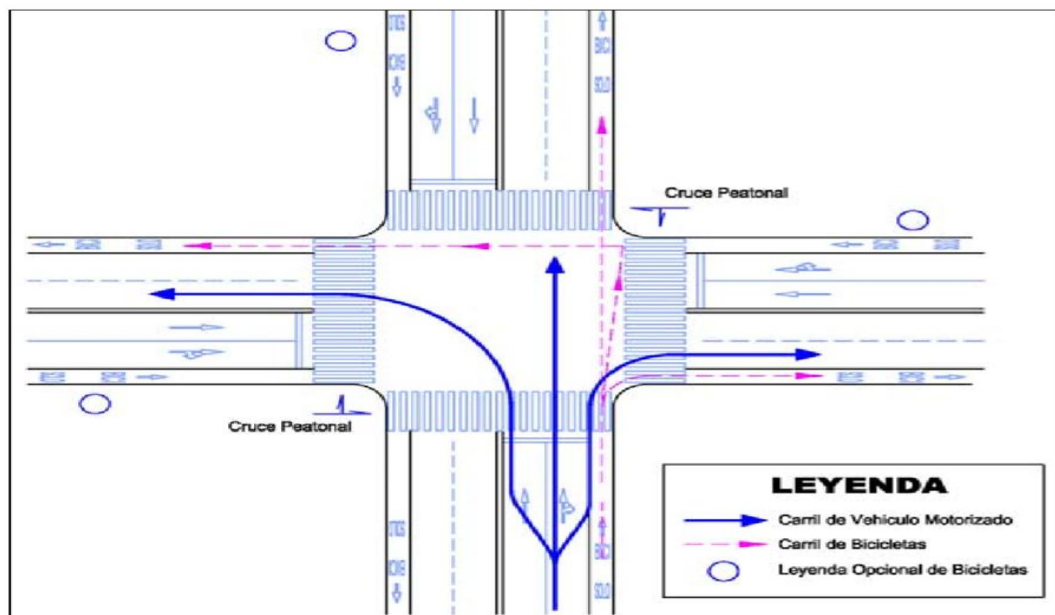
2.2.8. Diseño de intersecciones

Las ciclovías son generalmente seguras en los tramos rectos; sin embargo, las intersecciones o cruces son esenciales en el diseño de éstas, ya que en ellas se presentan la mayor parte de los conflictos y accidentes.

Dependiendo del tipo de la vía y las características del tráfico, las ciclovías pueden realizarse siguiendo cierta tipología; sin embargo, es recomendable segregarse del tránsito motorizado, ya sea al centro de la calzada (separador central) o a los costados. En los óvalos, se presenta la mayor complejidad de las maniobras de los vehículos motorizados, que pueden inducir a una mayor atención de sus conductores hacia eventuales conflictos con otros vehículos peligrosos y una menor atención hacia los usuarios vulnerables (peatones y ciclistas). Los óvalos que fuerzan mayores reducciones de la velocidad, estrechando el margen entre las velocidades de los motorizados y las de los ciclistas, registran índices menores de accidentalidad para éstos.

Los movimientos típicos que realizan las bicicletas y los vehículos motorizados en las intersecciones de vías multicarriles, se muestran en la figura siguiente:

Figura 2. 4: Movimientos típicos en una intersección



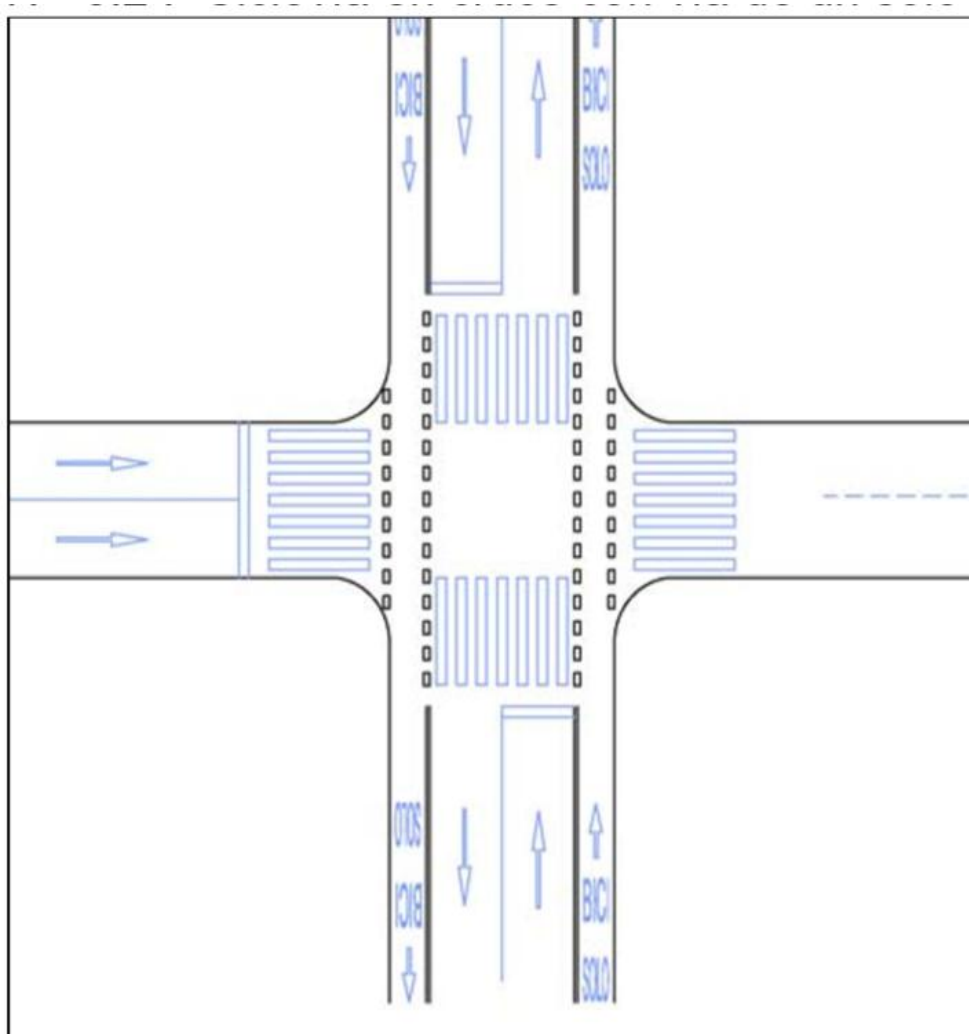
Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual De Diseño De Ciclorutas, Plan Maestro De Ciclo rutas para Santa Fé De Bogotá D.C. Ed. Projekta Ltda., Interdiseños Ltda., Santa Fé De Bogotá D.C. 1999, 93 p.

En las intersecciones, los giros realizados por los ciclistas presentan altos porcentajes de accidentalidad; siendo los más conflictivos los realizados hacia la izquierda. A continuación, se describen algunas consideraciones a tomar en cuenta en el diseño de ciclo vías en intersecciones y óvalos:

2.2.8.1. Ciclo vías laterales

Cuando la ciclo vía se intersecte con una vía de un solo sentido, el cruce se realizará por la parte de la calzada señalizada para la circulación de las bicicletas.

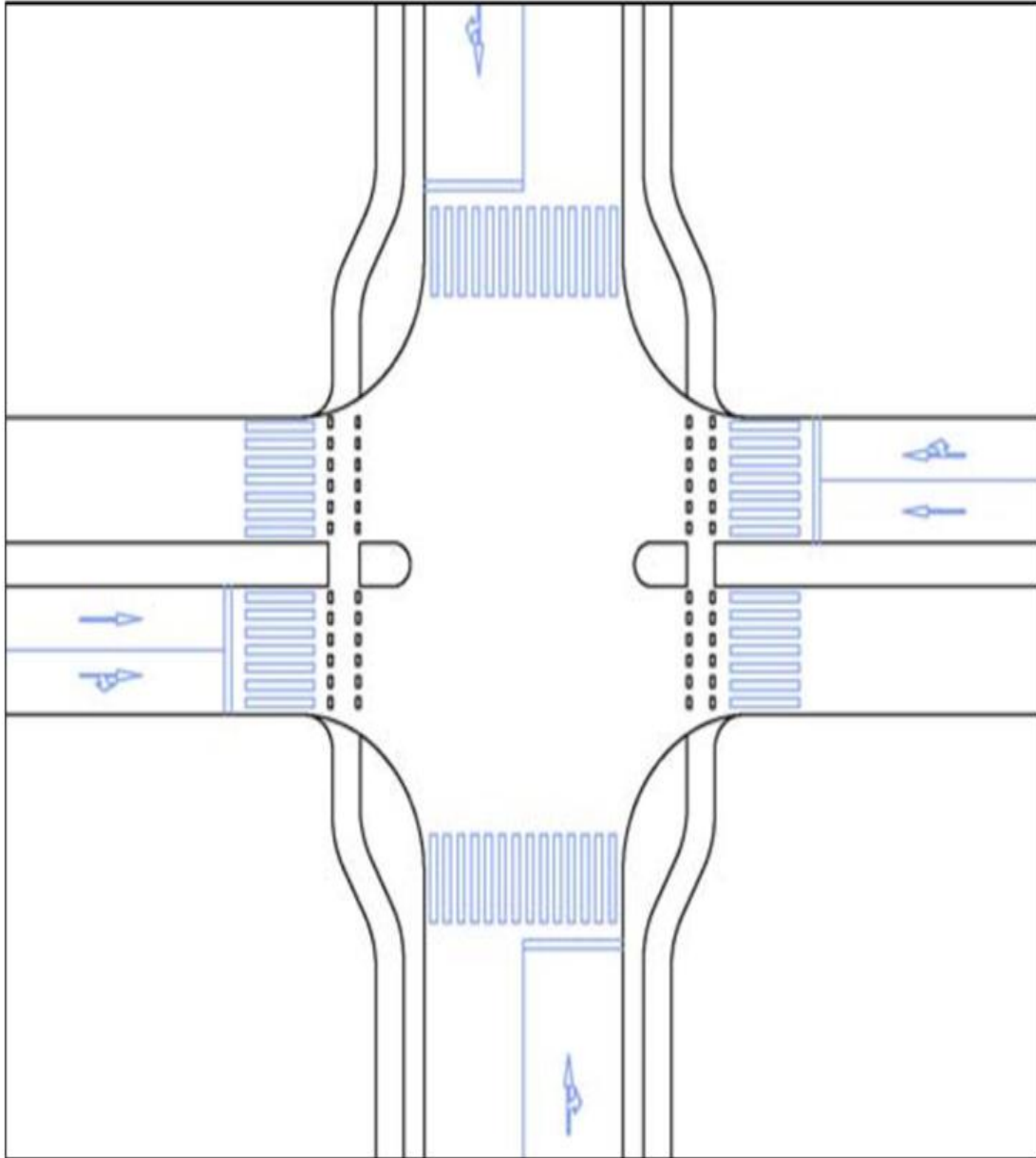
Figura 2. 5: Ciclo vía en cruce con vía de un solo sentido



Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual De Diseño De Ciclorutas, Plan Maestro De Ciclo rutas para Santa Fé De Bogotá D.C. Ed. Projekta Ltda., Interdiseños Ltda., Santa Fé De Bogotá D.C. 1999, 93 p.

Cuando la ciclo vía se intersecte con vías de doble sentido, el trazo de la ciclo vía deberá tener un ligero desvío de la trayectoria hacia la calzada que la corta; el cruce se realizará por la parte de la calzada señalizada para la circulación de las bicicletas.

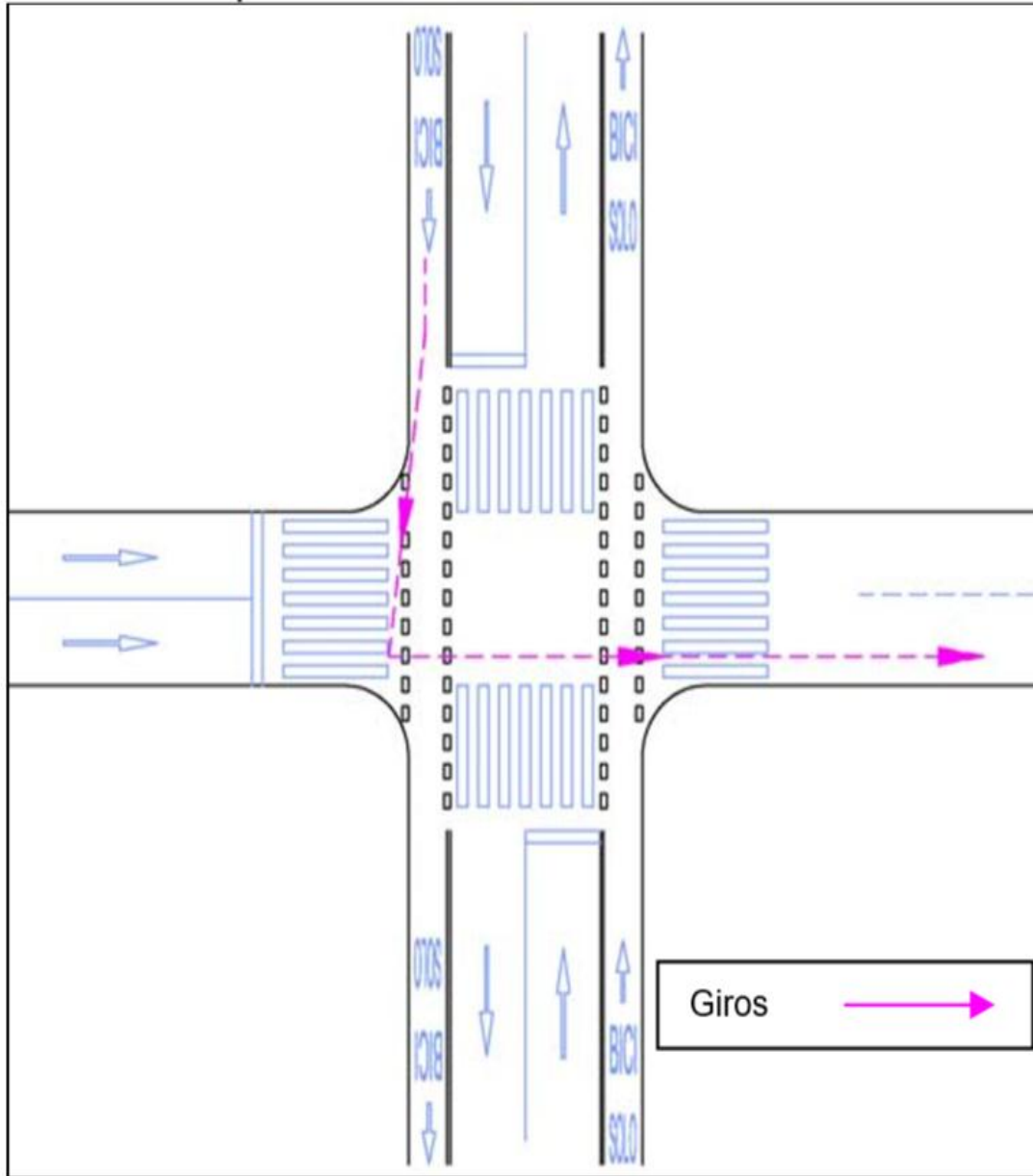
Figura 2. 6: Ciclo vía en cruce con vía de un doble sentido



Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual De Diseño De Ciclorutas, Plan Maestro De Ciclo rutas para Santa Fé De Bogotá D.C. Ed. Projekta Ltda., Interdiseños Ltda., Santa Fé De Bogotá D.C. 1999, 93 p.

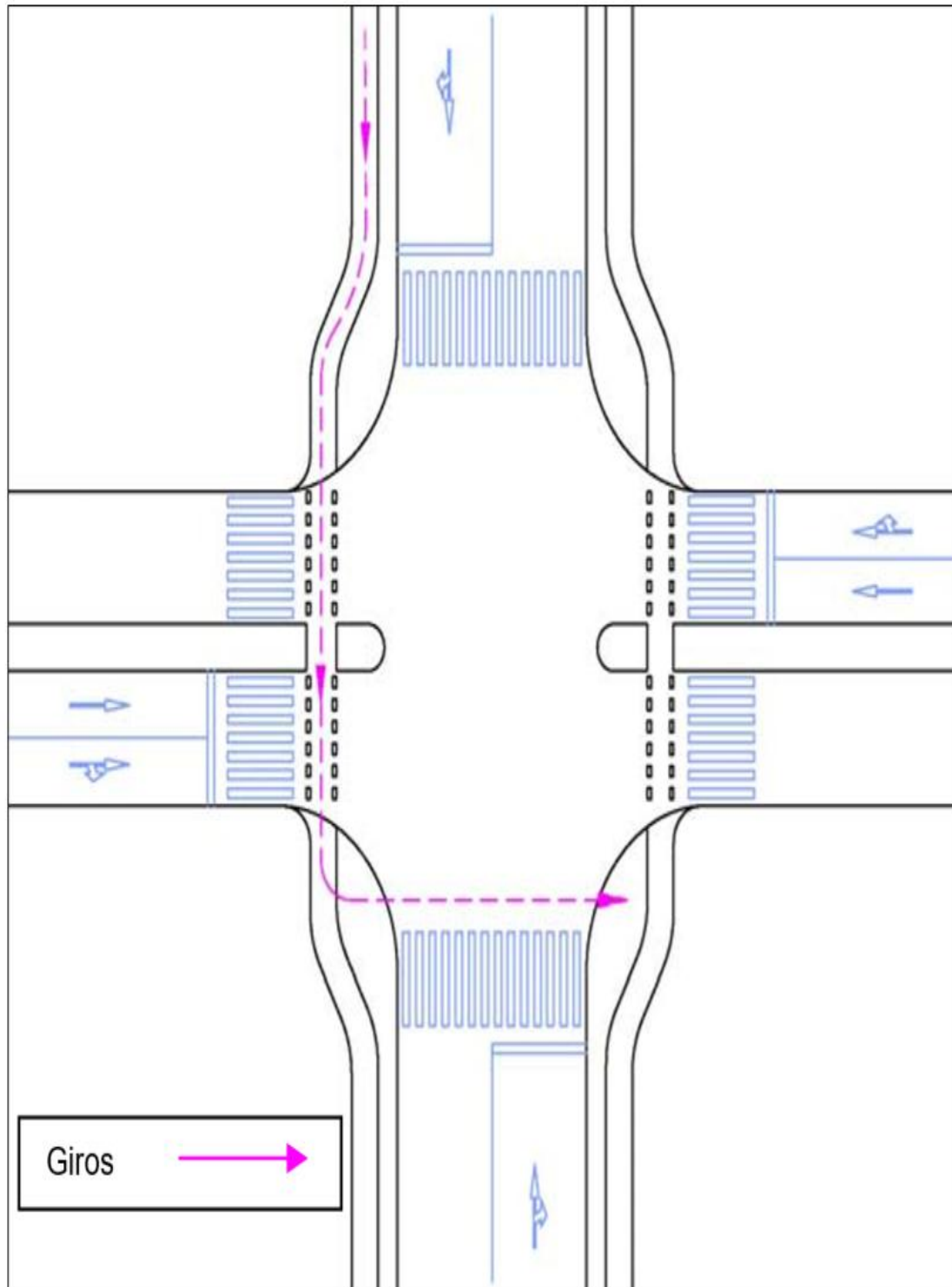
Cuando sea necesario realizar movimientos a la izquierda, se deberá girar en dos tiempos o fases, tal como se muestra se continuación:

Figura 2. 7: Giro a la izquierda en ciclovía en cruce con vía de un solo sentido



Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual De Diseño De Ciclorutas, Plan Maestro De Ciclorutas para Santa Fé De Bogotá D.C. Ed. Projekta Ltda., Interdiseños Ltda., Santa Fé De Bogotá D.C. 1999, 93 p.

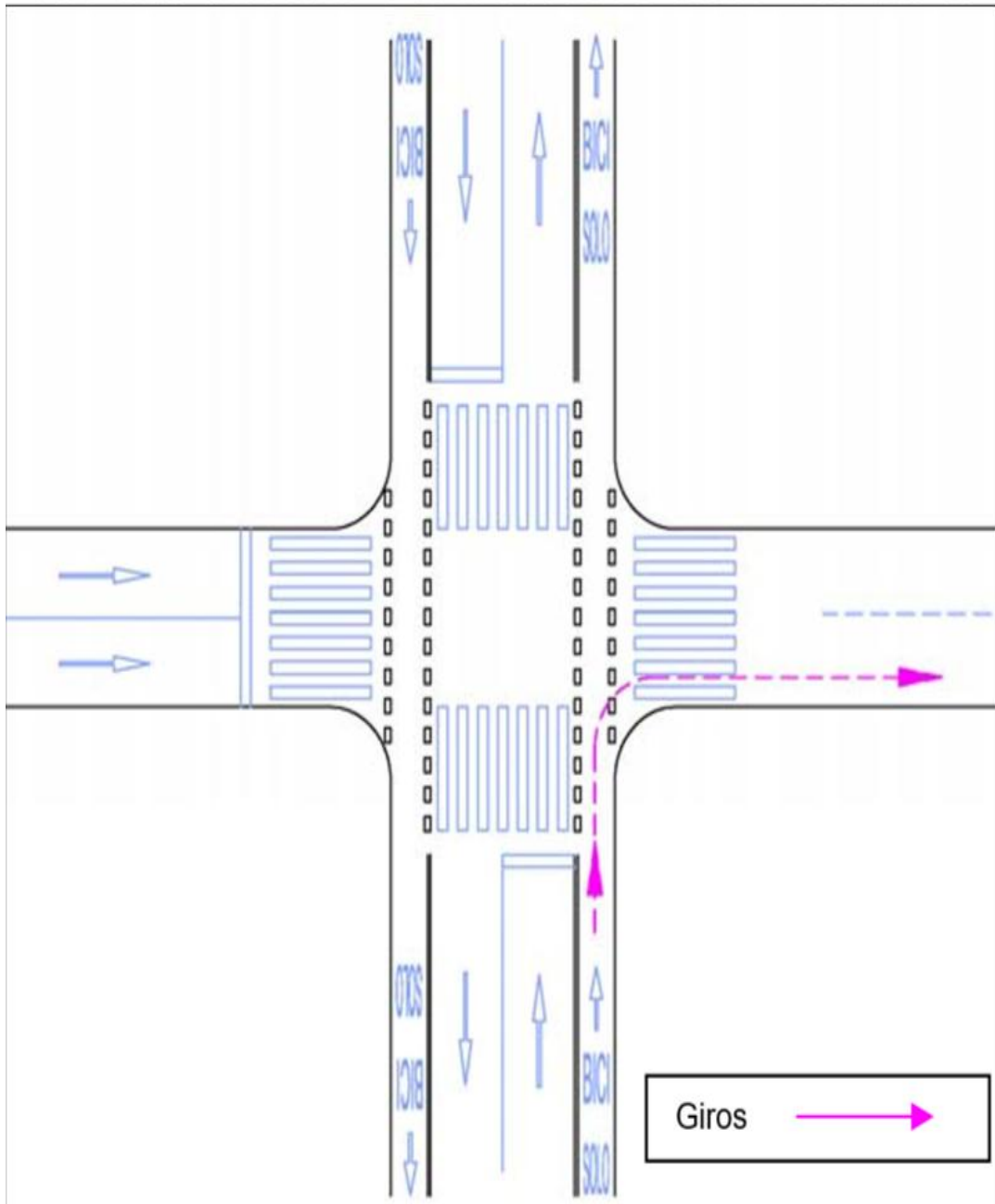
Figura 2. 8: Giro a la izquierda en ciclovía en cruce con vía de doble sentido



Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual De Diseño De Ciclorutas, Plan Maestro De Ciclorutas para Santa Fé De Bogotá D.C. Ed. Projekta Ltda., Interdiseños Ltda., Santa Fé De Bogotá D.C. 1999, 93 p.

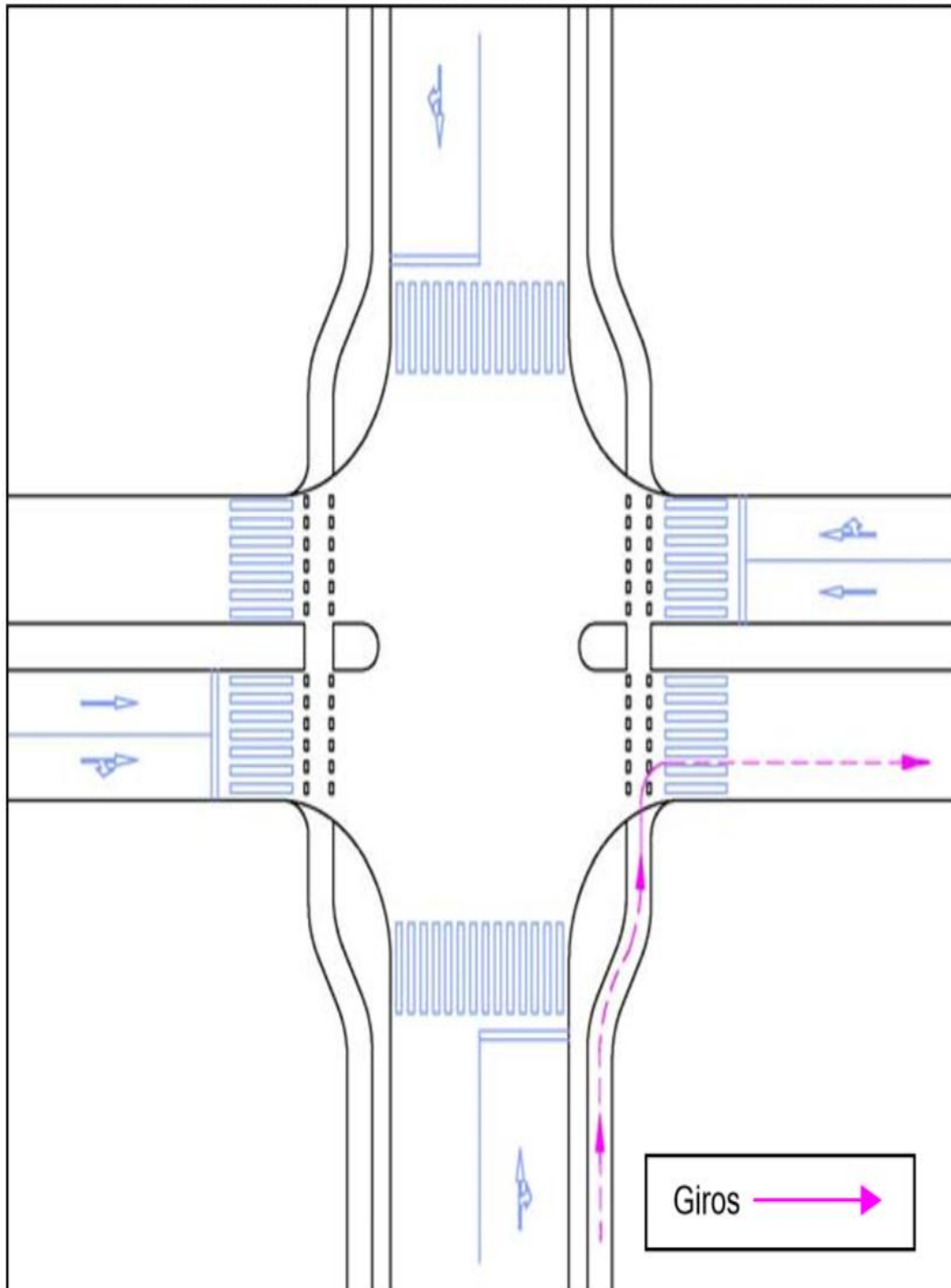
Cuando sea necesario realizar movimientos a la derecha, se deberá girar con cautela respecto a los vehículos motorizados que realizan el mismo giro.

Figura 2. 9: Giro a la derecha en ciclovía en cruce con vía de un solo sentido



Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual De Diseño De Ciclorutas, Plan Maestro De Ciclo rutas para Santa Fé De Bogotá D.C. Ed. Projekta Ltda., Interdiseños Ltda., Santa Fé De Bogotá D.C. 1999, 93 p.

Figura 2. 10: Giro a la derecha en ciclovía en cruce con vía de un doble sentido

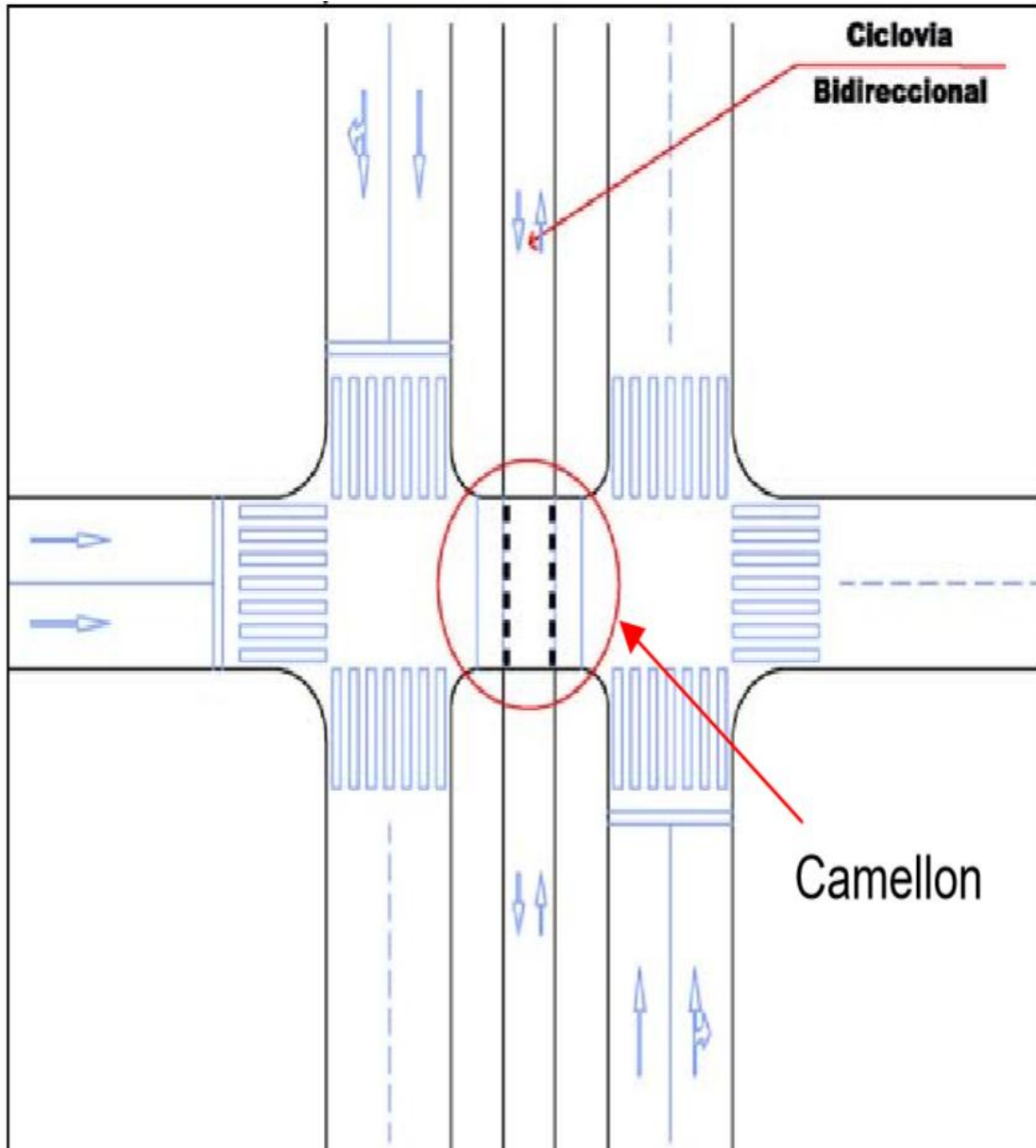


Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual De Diseño De Ciclorutas, Plan Maestro De Ciclo rutas para Santa Fé De Bogotá D.C. Ed. Projekta Ltda., Interdiseños Ltda., Santa Fé De Bogotá D.C. 1999, 93 p.

2.2.8.2. Ciclovías en separador central

Cuando la ciclovía se intersecte con una vía de un solo sentido o vía local, en la calzada de la intersección, y siguiendo la proyección de la ciclovía, deberá habilitarse un camellón, el cual será construido a nivel de la ciclovía para garantizar la seguridad del ciclista.

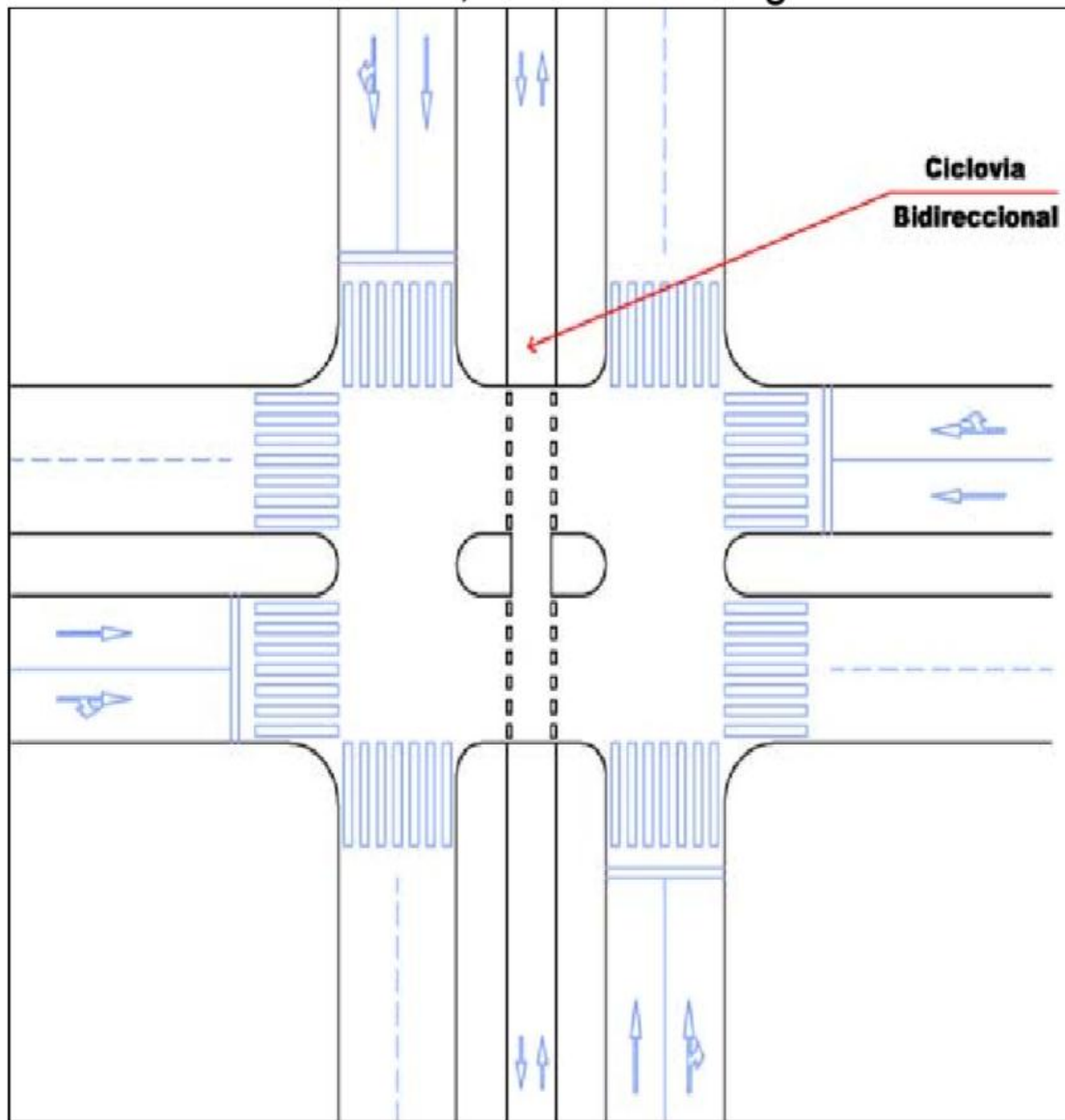
Figura 2. 11: Ciclovía en separador central en cruce con vía de un solo sentido



Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual De Diseño De Ciclorutas, Plan Maestro De Ciclorutas para Santa Fé De Bogotá D.C. Ed. Projekta Ltda., Interdiseños Ltda., Santa Fé De Bogotá D.C. 1999, 93 p.

Cuando la ciclovía se intersecte con una vía de doble sentido de circulación con flujo vehicular moderado, se recomienda la construcción de una isla central con la finalidad de otorgar un refugio a los ciclistas.

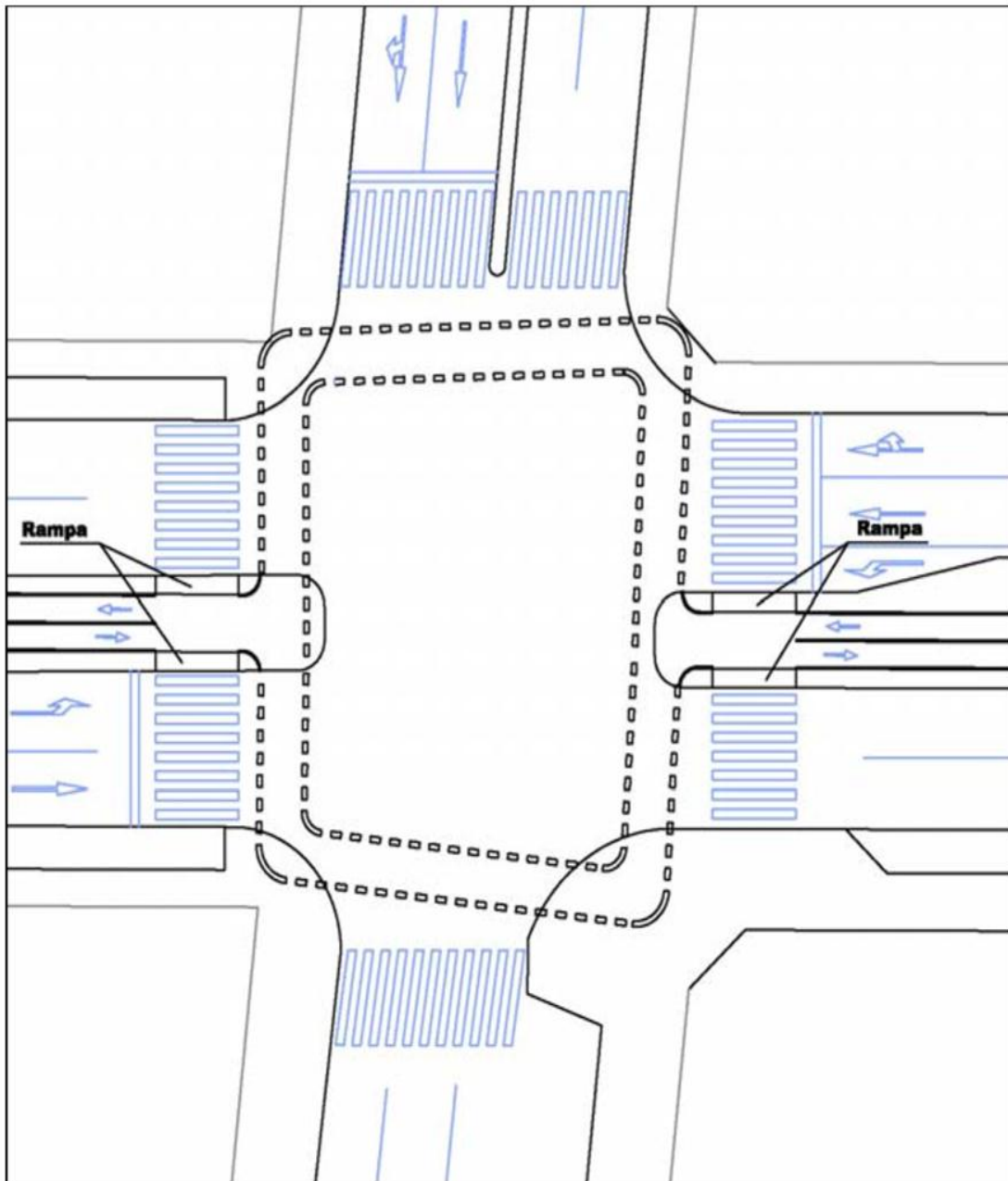
Figura 2. 12: Ciclovía en separador central en cruce con vía de doble sentido de circulación, e isla de refugio.



Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual De Diseño De Ciclorutas, Plan Maestro De Ciclo rutas para Santa Fé De Bogotá D.C. Ed. Projekta Ltda., Interdiseños Ltda., Santa Fé De Bogotá D.C. 1999, 93 p.

Cuando la ciclovía se intersecte con una vía de doble sentido de circulación o con vías de flujo elevado, se recomienda los cruces en tres tiempos, con la finalidad de garantizar la seguridad del ciclista.

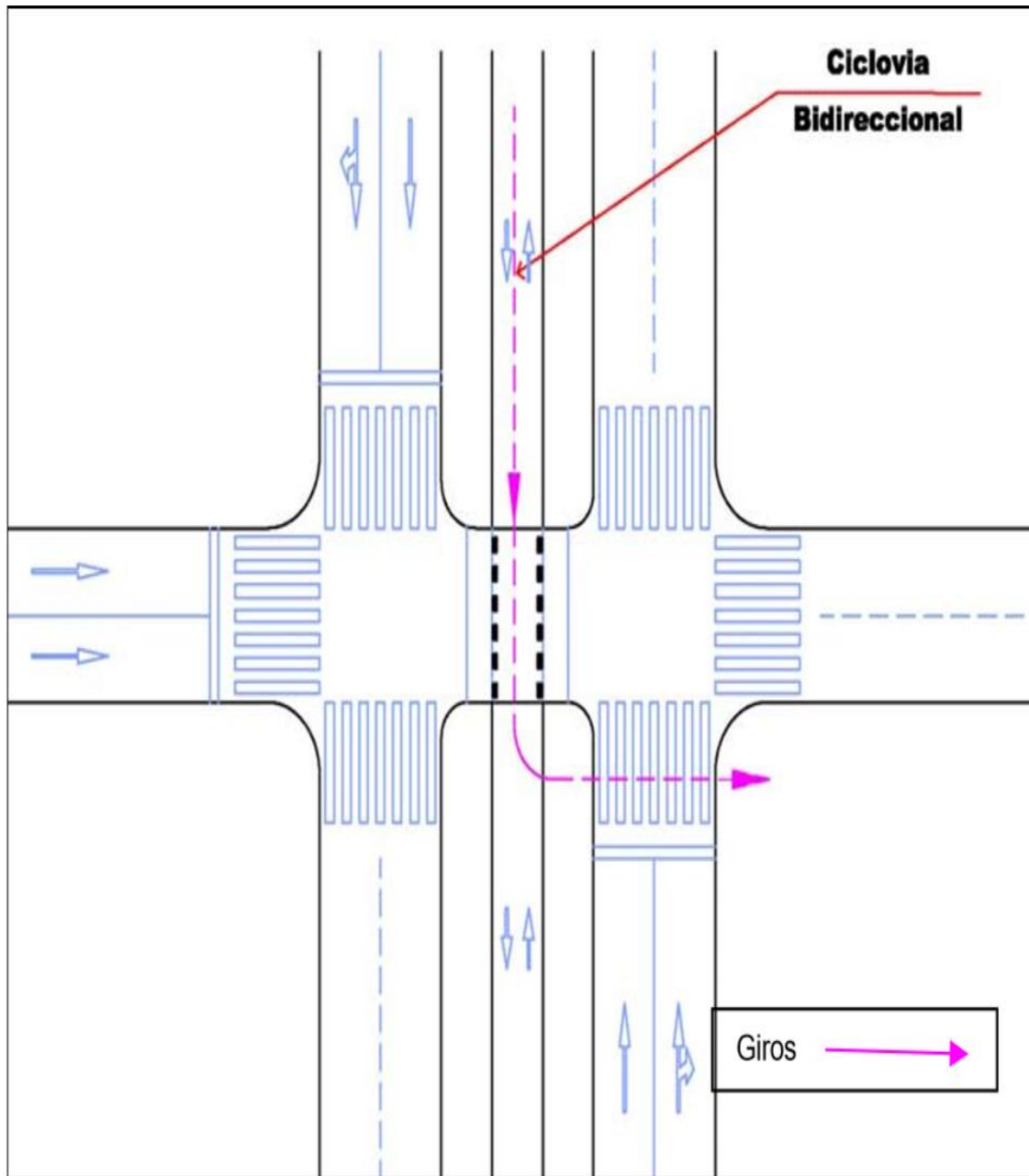
Figura 2. 13: Ciclovía en separador central en cruce con vía de doble sentido de circulación.



Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual De Diseño De Ciclorutas, Plan Maestro De Ciclorutas para Santa Fé De Bogotá D.C. Ed. Projekta Ltda., Interdiseños Ltda., Santa Fé De Bogotá D.C. 1999, 93 p.

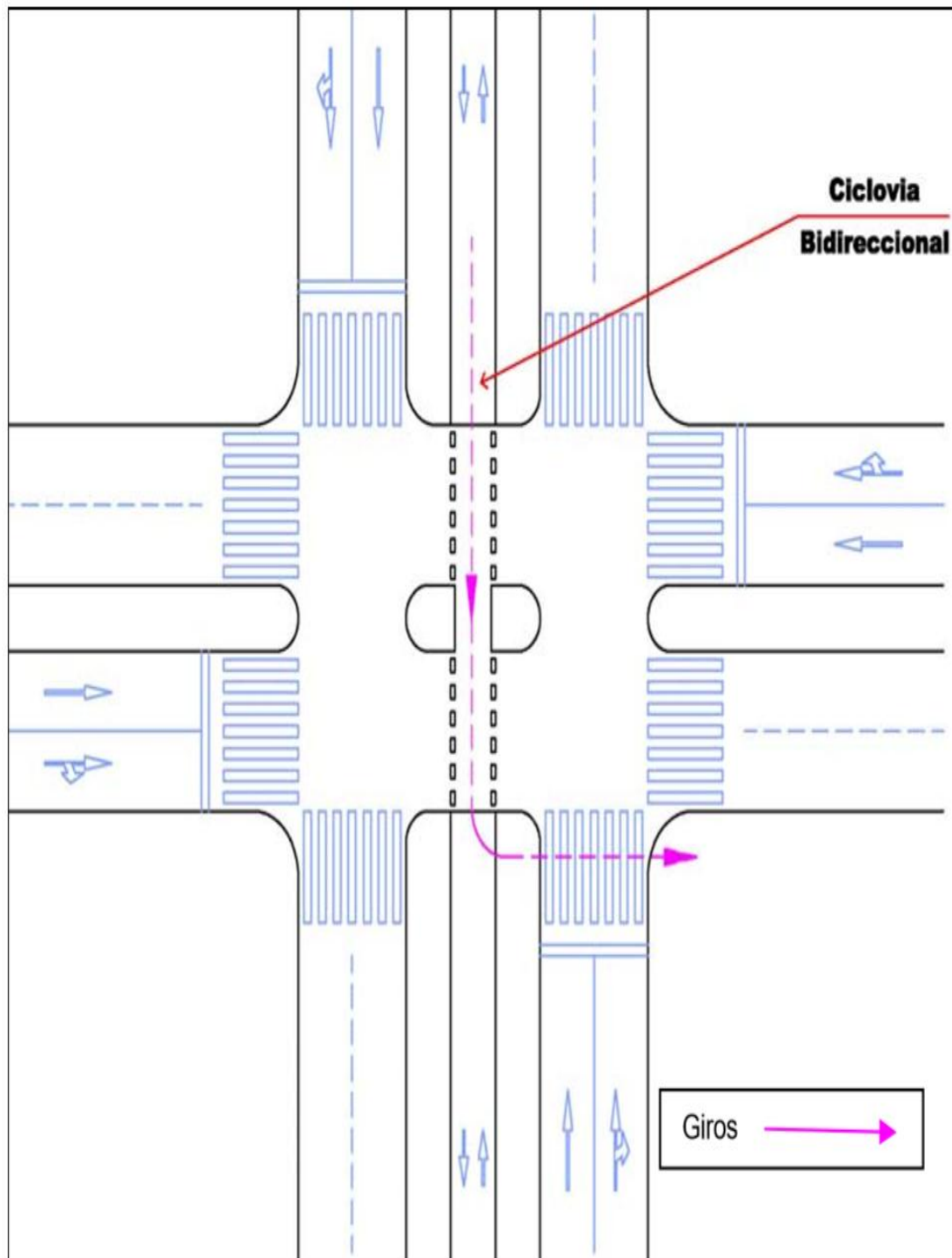
Cuando sea necesarios realizar movimientos a la izquierda, se deberá girar en dos tiempos o fases, tal como se muestra a continuación:

Figura 2. 14: Giro a la izquierda en ciclovía en separador central con cruce de vía en un solo sentido



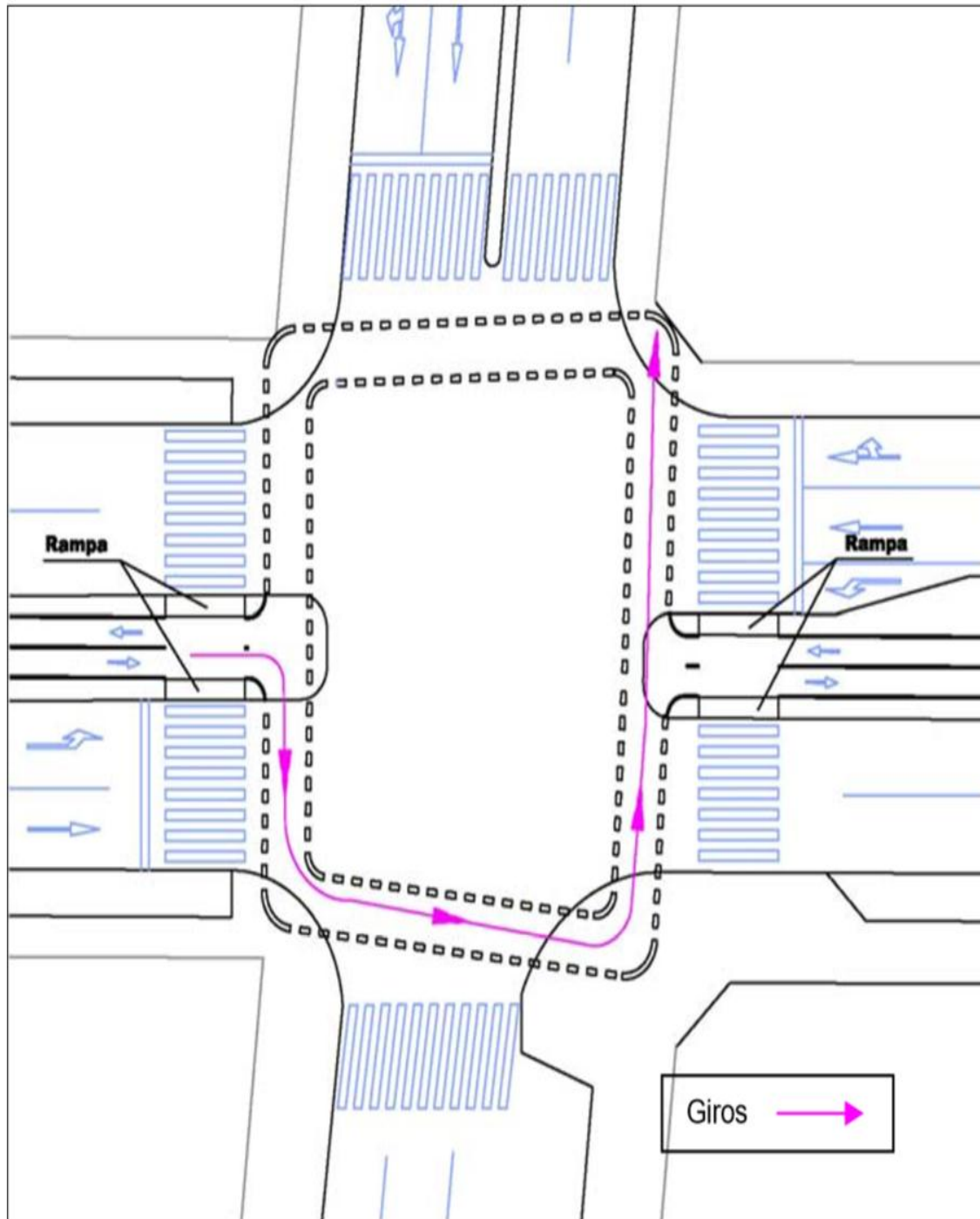
Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual De Diseño De Ciclorutas, Plan Maestro De Ciclo rutas para Santa Fé De Bogotá D.C. Ed. Projekta Ltda., Interdiseños Ltda., Santa Fé De Bogotá D.C. 1999, 93 p.

Figura 2. 15: Giro a la izquierda en ciclovia en separador central con cruce de vía de doble sentido e isla de refugio



Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual De Diseño De Ciclorutas, Plan Maestro De Ciclo rutas para Santa Fé De Bogotá D.C. Ed. Projekta Ltda., Interdiseños Ltda., Santa Fé De Bogotá D.C. 1999, 93 p.

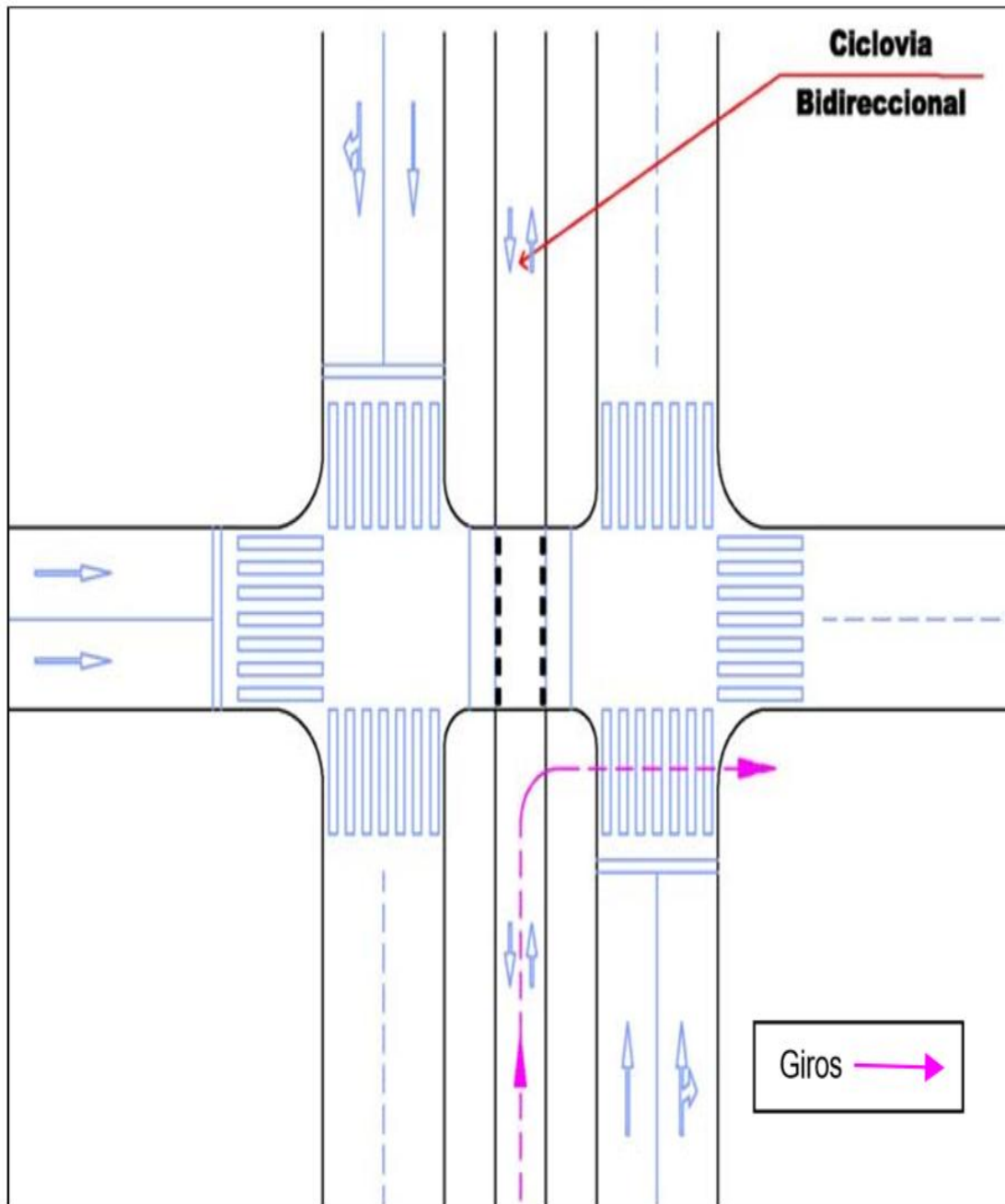
Figura 2. 16: Giro a la izquierda - ciclovía en separador central con cruce de vía de doble sentido



Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual De Diseño De Ciclorutas, Plan Maestro De Ciclo rutas para Santa Fé De Bogotá D.C. Ed. Projekta Ltda., Interdiseños Ltda., Santa Fé De Bogotá D.C. 1999, 93 p.

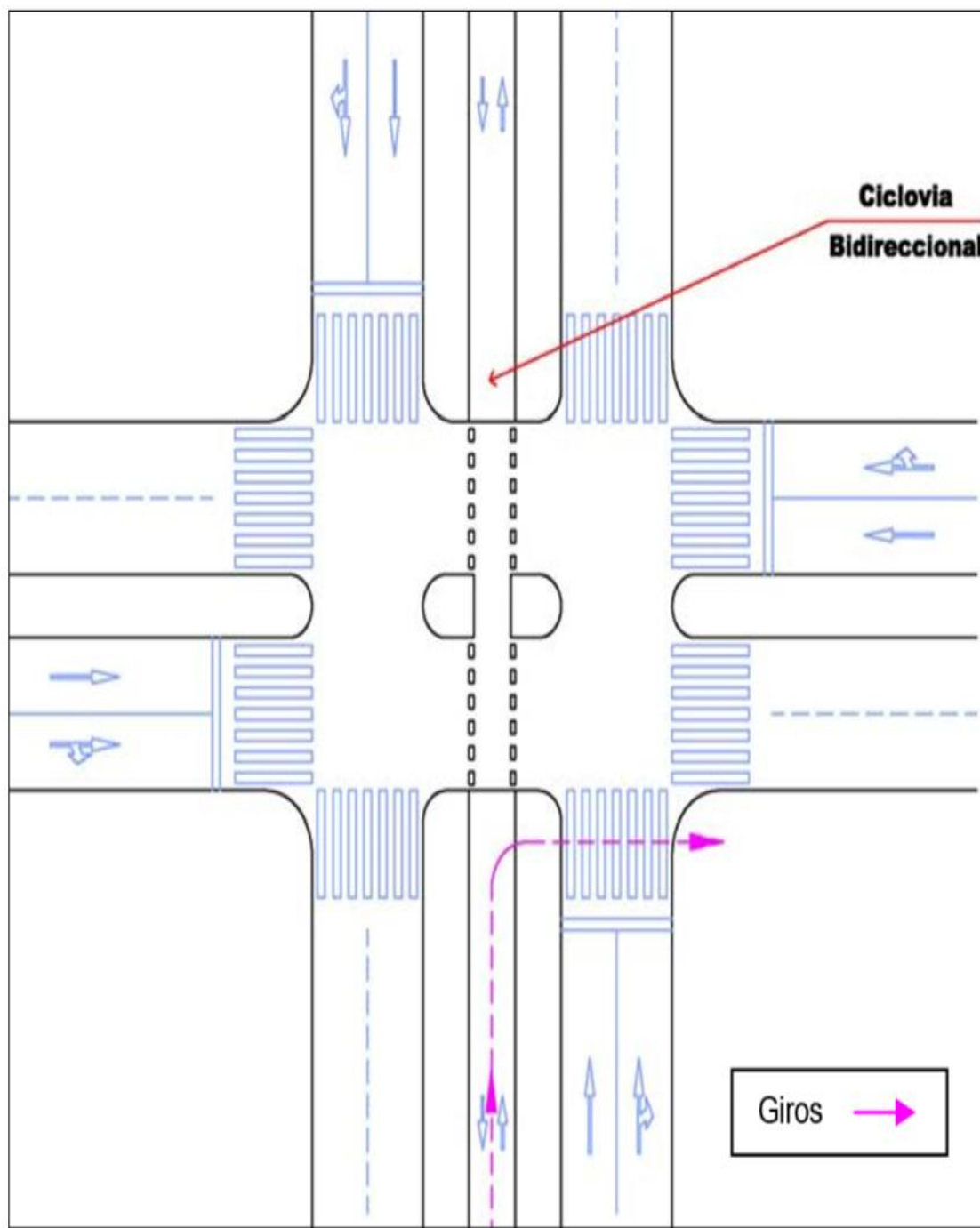
Cuando sean necesarios movimientos a la derecha, se deberá girar siendo cautos de los vehículos motorizados que realizan el mismo giro.

Figura 2. 17: Giro a la derecha – ciclovía en separador central con cruce de vía en un solo sentido



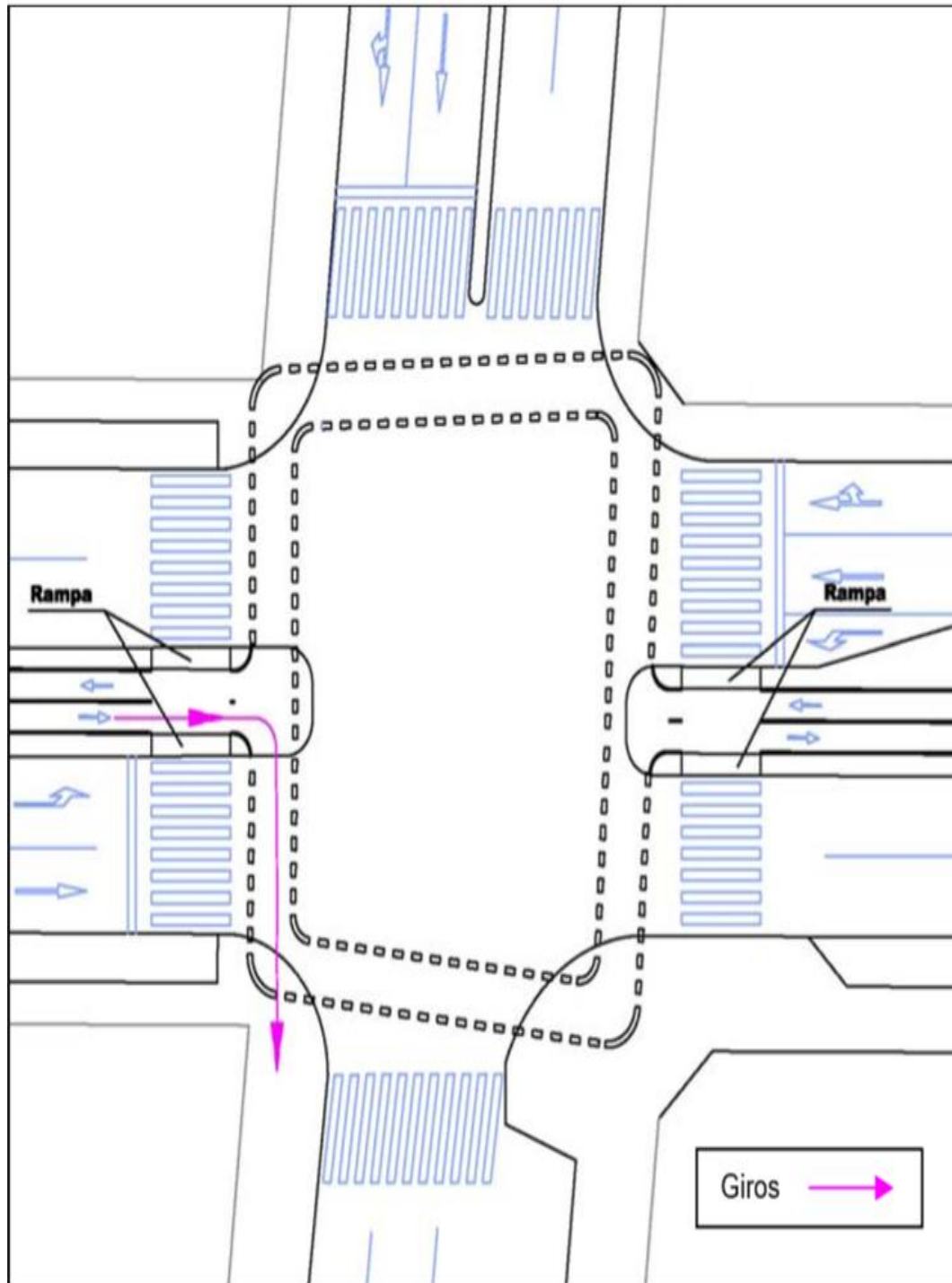
Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual De Diseño De Ciclorutas, Plan Maestro De Ciclo ruta para Santa Fé De Bogotá D.C. Ed. Projekta Ltda., Interdiseños Ltda., Santa Fé De Bogotá D.C. 1999, 93 p.

Figura 2. 18: Giro a la derecha – ciclovía en separador central con cruce de vía de doble sentido, e isla de refugio



Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual De Diseño De Ciclorutas, Plan Maestro De Ciclorutas para Santa Fé De Bogotá D.C. Ed. Projekta Ltda., Interdiseños Ltda., Santa Fé De Bogotá D.C. 1999, 93 p.

Figura 2. 19: Giro a la derecha – ciclovía en separador central con cruce de vía de doble sentido.

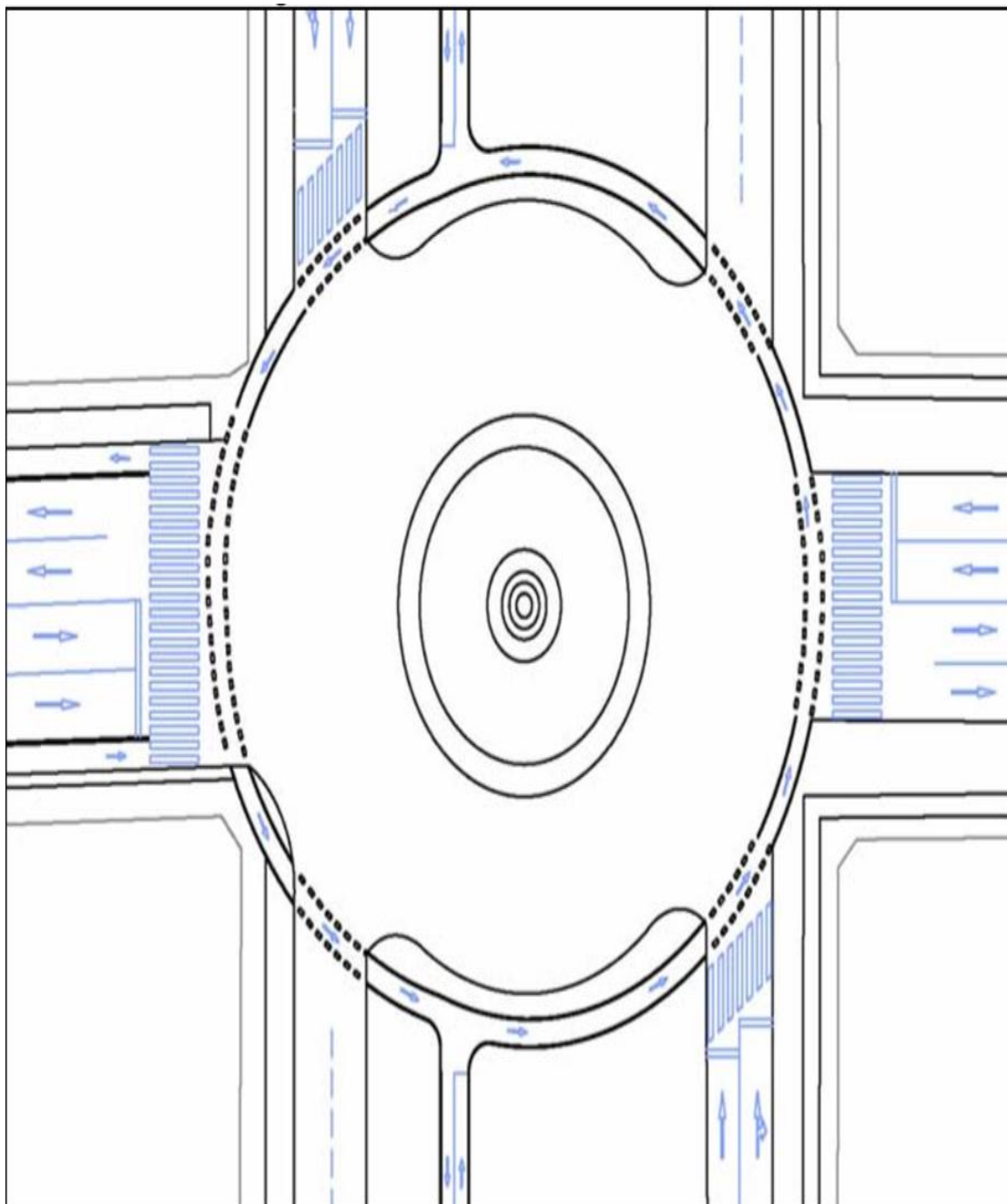


Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual De Diseño De Ciclorutas, Plan Maestro De Ciclo rutas para Santa Fé De Bogotá D.C. Ed. Projekta Ltda., Interdiseños Ltda., Santa Fé De Bogotá D.C. 1999, 93 p.

2.2.8.3. Ciclovías en óvalos

En los óvalos o rotondas, las ciclovías se diseñarán en la parte lateral de la vía, aledañas a la acera, tal como se muestra en la figura adjunta.

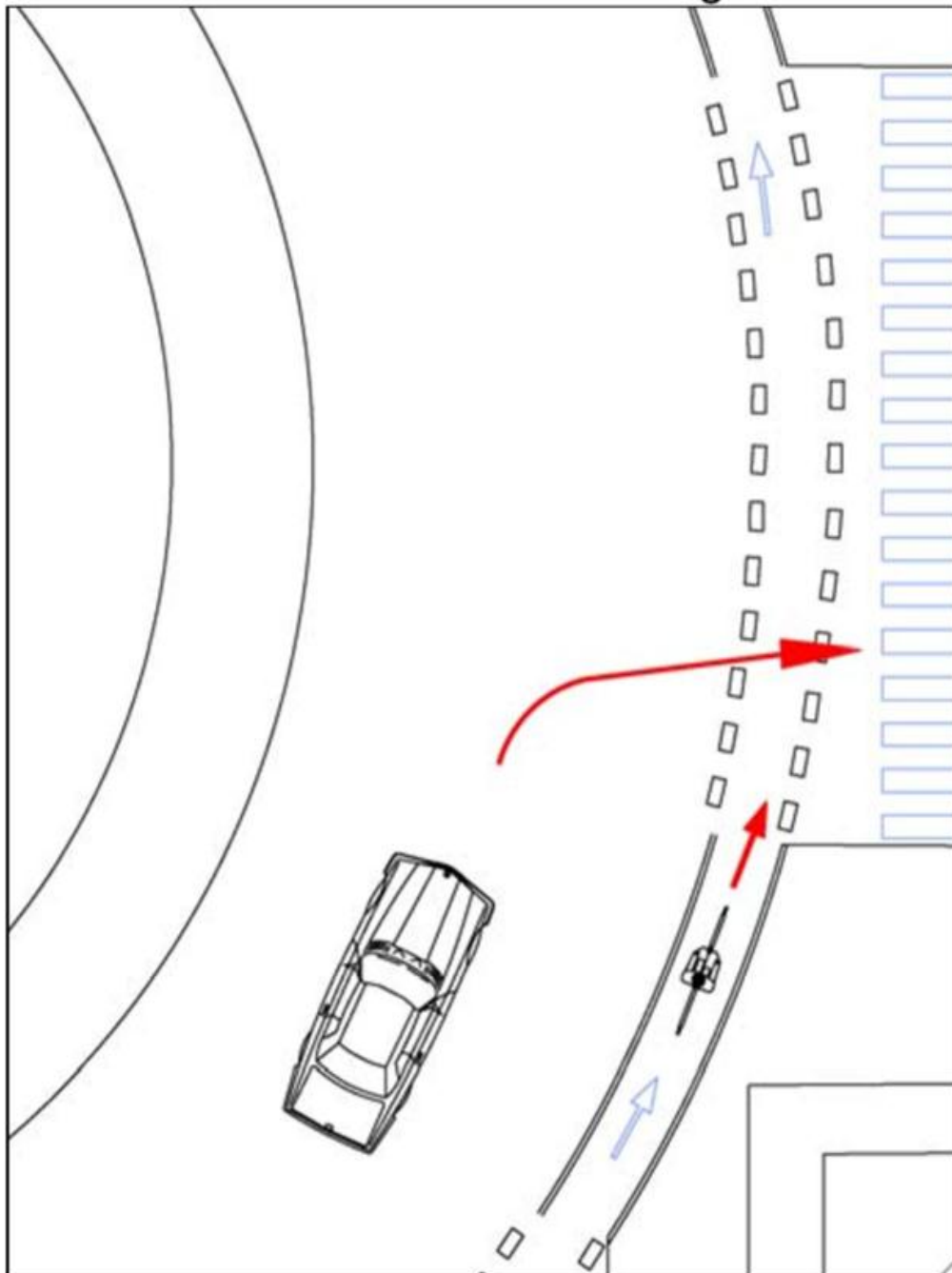
Figura 2. 20: Ciclovía en ovalo



Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual De Diseño De Ciclorutas, Plan Maestro De Ciclorutas ara Santa Fé De Bogotá D.C. Ed. Projehta Ltda., Interdiseños Ltda., Santa Fé De Bogotá D.C. 1999, 93 p.

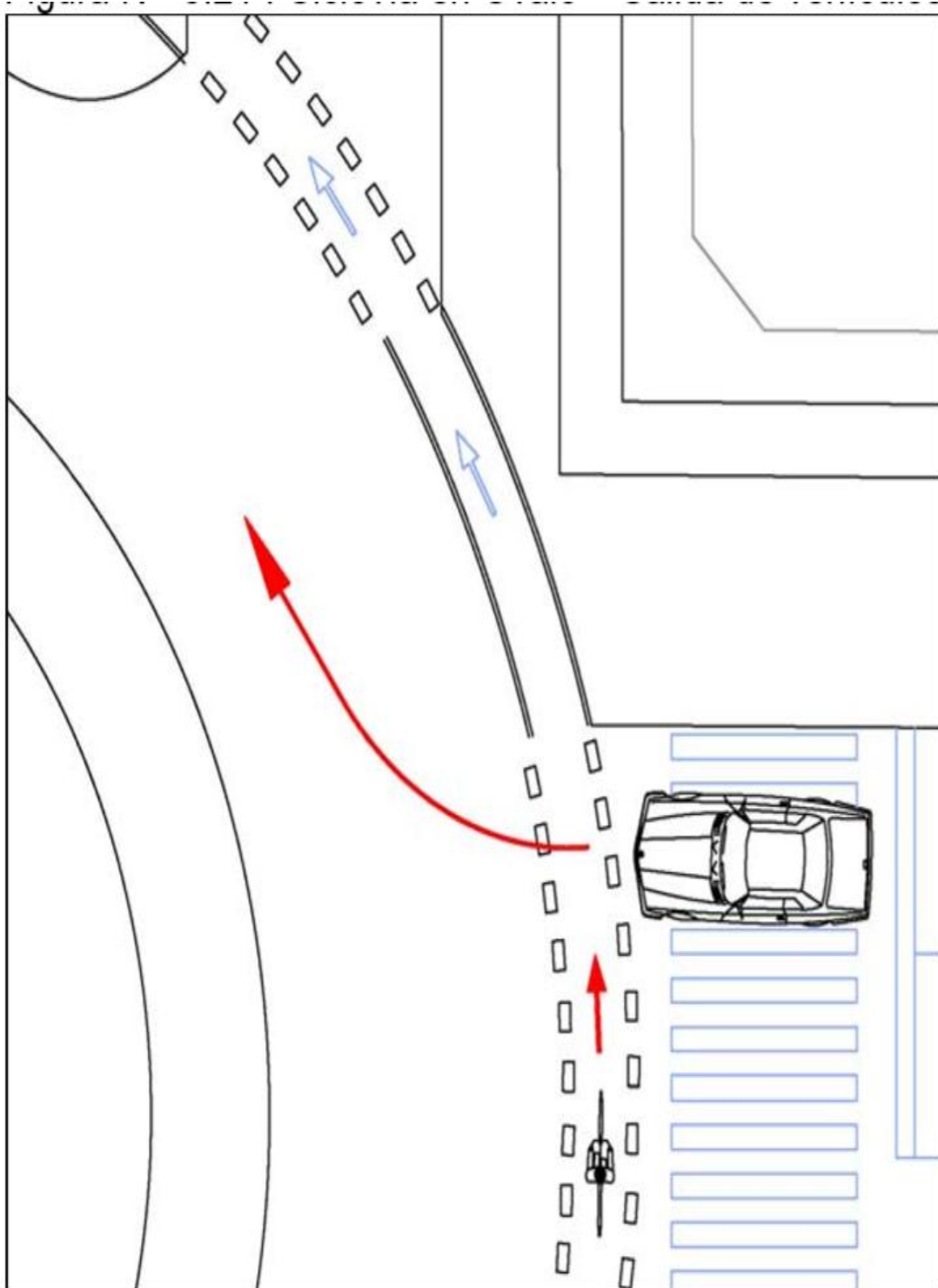
La precaución del ciclista en la circulación en las ciclovías debe darse principalmente en los ingresos y salidas de los vehículos motorizados al óvalo, para evitar accidentes, tal como se muestra a continuación:

Figura 2. 21: Ciclovía en ovalo – ingreso de vehículos



Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual De Diseño De Ciclorutas, Plan Maestro De Ciclo rutas para Santa Fé De Bogotá D.C. Ed. Projekta Ltda., Interdiseños Ltda., Santa Fé De Bogotá D.C. 1999, 93 p.

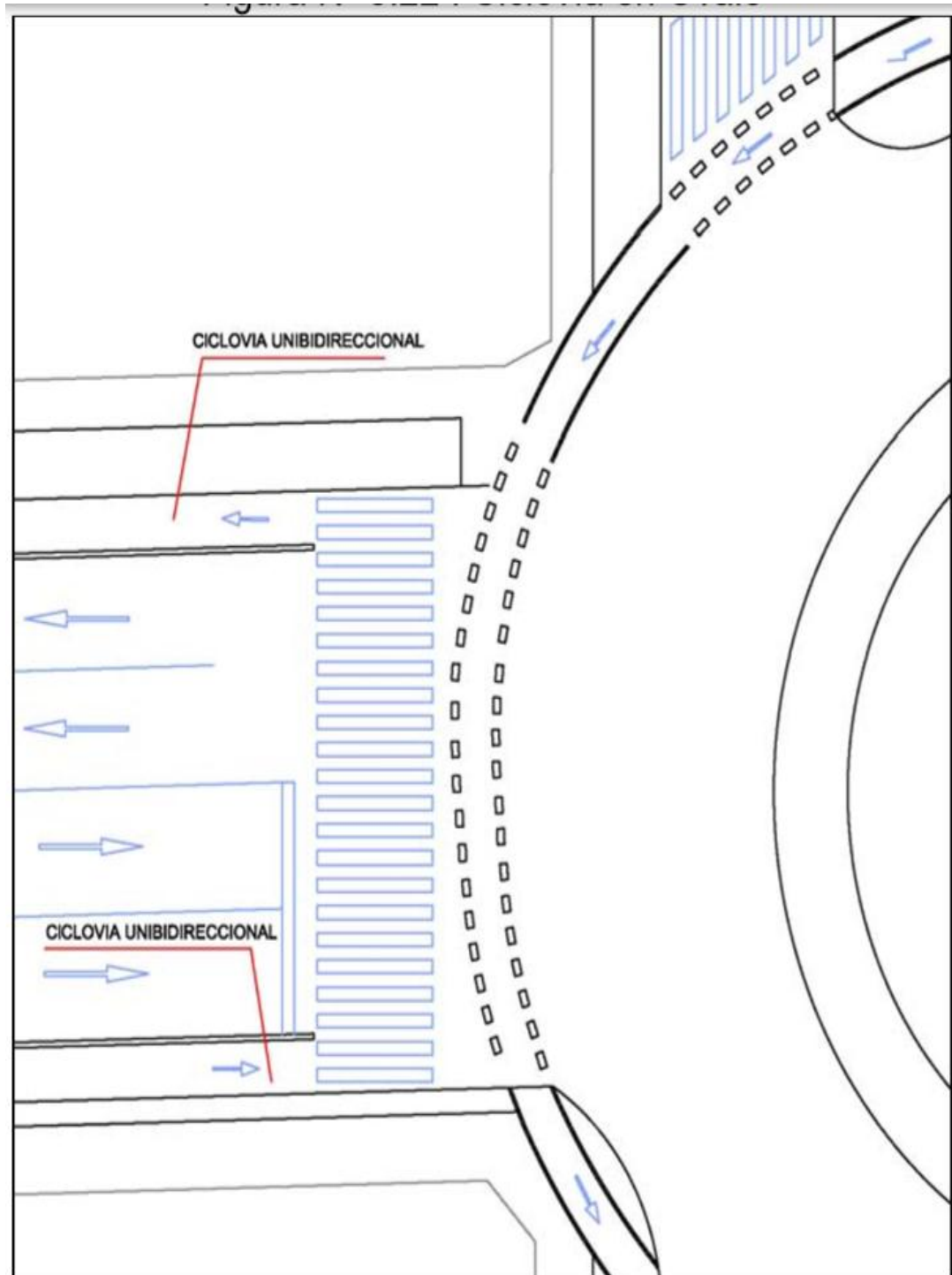
Figura 2. 22: Ciclovía en ovalo – salida de vehículos



Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual De Diseño De Ciclorutas, Plan Maestro De Ciclo rutas para Santa Fé De Bogotá D.C. Ed. Projekta Ltda., Interdiseños Ltda., Santa Fé De Bogotá D.C. 1999, 93 p.

Ciclovía en óvalo en intersección con una ciclovía unidireccional

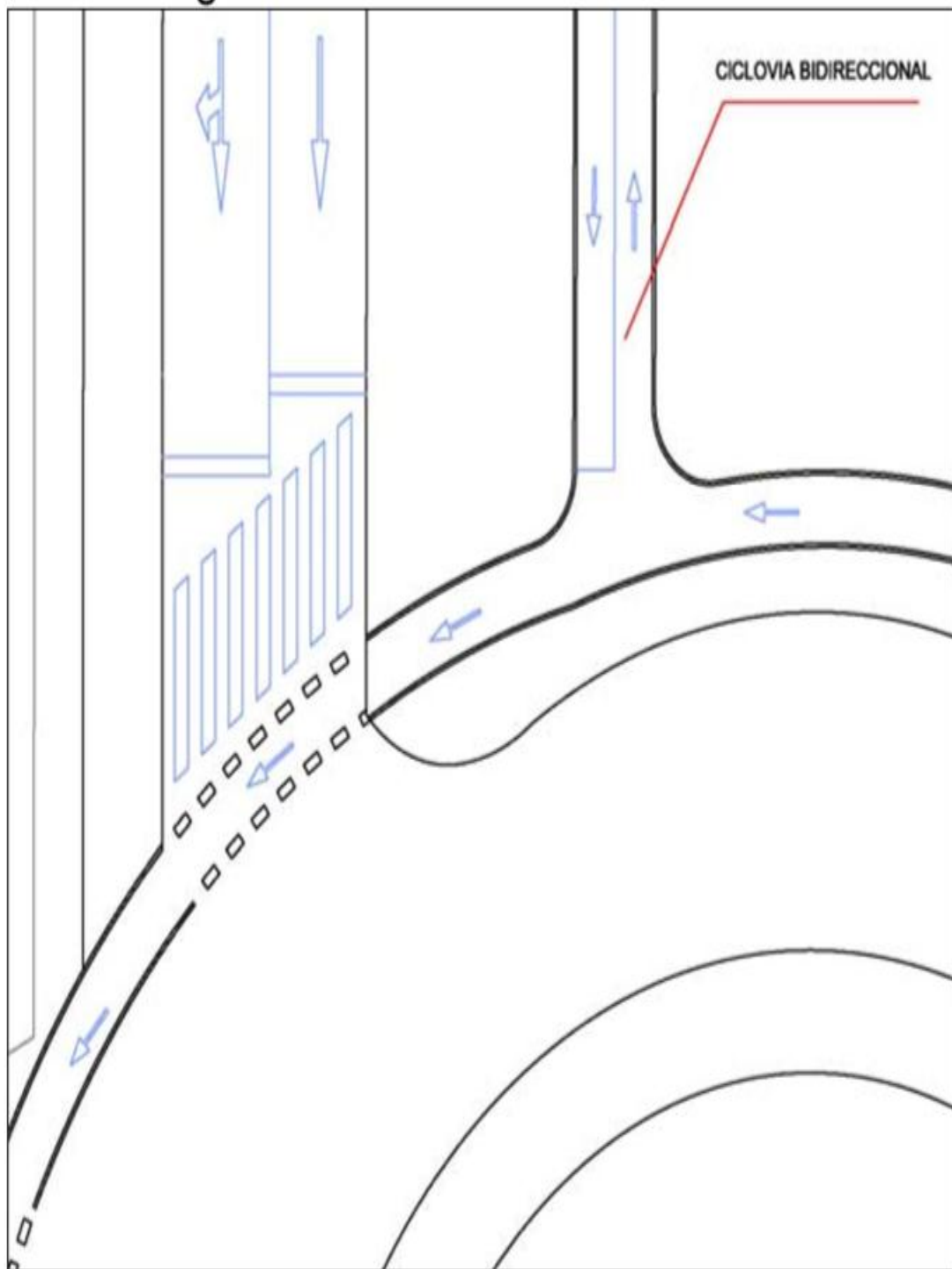
Figura 2. 23: Ciclovía en ovalo



Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual De Diseño De Ciclorutas, Plan Maestro De Ciclo rutas para Santa Fé De Bogotá D.C. Ed. Projekta Ltda., Interdiseños Ltda., Santa Fé De Bogotá D.C. 1999, 93 p.

Ciclovía en óvalo en intersección con una ciclovía bidireccional

Figura 2. 24: Ciclovía en óvalo



Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual De Diseño De Ciclorutas, Plan Maestro De Ciclo rutas para Santa Fé De Bogotá D.C. Ed. Projekta Ltda., Interdiseños Ltda., Santa Fé De Bogotá D.C. 1999, 93 p.

2.3. PAVIMENTACIÓN

2.3.1. Requisitos de pavimentación básicos para una ciclovía

Los requisitos básicos para pavimentación de una ciclovía, en lo referente al pavimento, son los siguientes:

- La superficie de rodadura deberá ser uniforme, impermeable, antideslizante y de aspecto agradable. Las ciclovías no son sometidas a grandes esfuerzos, no necesitan, por tanto, una estructura mayor a la utilizada para vías peatonales.
- Existe la necesidad de introducir una diferenciación visual ente la ciclovía y las otras vías adyacentes, sobre todo en su coloración, como recurso auxiliar de señalización. El color diferenciado puede ser de color ladrillo, teniendo presente que ello elevará los costos de construcción.
- Los revestimientos más utilizados son de asfalto y de concreto.
- No es recomendable usar bloquetas o adoquines debido a que producen vibraciones durante el desplazamiento de la bicicleta, salvo que se requiera reducir la velocidad del ciclista.
- Los caminos o tramos con superficies afirmadas de piedra chancada, arena, limo o tierra estabilizada son aceptables y ambientalmente preferibles, en el caso de ciclo vías recreativas.

2.3.2. Estructura de las ciclovías

La base y sub – base de las ciclorutas no presentan ningún inconveniente para la construcción. El problema estructural más común es la calidad de la superficie, excepto en el caso de pistas exclusivas para bicicletas.

2.3.2.1. Estructura de pistas ciclistas

Son tres los elementos principales en la estructura de una pista ciclista: La sub – base, la base, y la capa de rodadura.

LA SUB – BASE.

La sub – base es la fundación sobre la cual se construye la base. Está compuesta por materiales existentes alrededor del sitio de construcción. Siempre que sea posible y con el objeto de reducir los costos de construcción y de incrementar la durabilidad de las instalaciones, los diseñadores deberán elegir un sitio donde las condiciones de construcción sean las mejores.

La preparación de la sub – base juega un papel importante en la calidad de la instalación. Las siguientes condiciones aseguran unas mínimas especificaciones:

- El relleno debe estar compuesto por un material compactable.
- El material debe ser compactado en capas de 150 mm con el 90% de la densidad máxima del próctor modificado.
- Cuando el nivel freático se encuentra muy alto, se debe diseñar vías con el ánimo de que éste no afecte las capas de base y sub – base.

BASE

La base sirve para transmitir las cargas superficiales de los vehículos hacia capas más profundas. Los materiales usados para construir la base deben estar libres de materiales orgánicos. La granulometría recomendada para la construcción de la base se incluye en la Cuadro 2.5.

Cuadro 2. 5: Granulometría óptima del material de base.

Tamiz	28	20	14	5	1.25	315	80
% sobre tamaño	100	90-100	68-93	33-60	19-38	9-17	2-8

Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual De Diseño De Ciclorutas, Plan Maestro De Ciclo rutas para Santa Fé De Bogotá D.C. Ed. Projekta Ltda., Interdiseños Ltda., Santa Fé De Bogotá D.C. 1999, 93 p.

La base debe ser colocada de acuerdo con las siguientes normas:

- Cada capa de materia de base debe ser compactada con espesores menores a 150 mm y debe estar compactada con el 95% de la densidad del próctor modificado. El material deber ser compactado con la humedad óptima para así obtener la densidad deseada.
- La base debe tener menos de 150 mm después de compactada.
- La base no debe estar colocada sobre superficies húmedas.
- La base debe extenderse con un sobrecanto de 300 mm a cada lado, con respecto a la superficie de rodadura.

CAPA DE RODADURA.

La capa de rodadura tiene dos funciones principales:

- Proveer una superficie de rodadura confortable y segura.
- Proteger la capa de base.

Las principales cualidades que determinan la selección del material de superficie de rodadura son: Resistencia que se debe proveer, cohesión, uniformidad en el acabado, impermeabilidad y durabilidad.

2.3.2.2. Estructura de fajas ciclistas.

La calidad de las ciclorutas depende mucho del estado de la superficie de rodadura, ya que el diseño mecánico de éstas no está dotado de un sistema de amortiguación el cual permita que los choques y las vibraciones ocasionadas por el contacto entre las llantas y la superficie de rodadura sean absorbidas por dicho sistema.

Las siguientes medidas deben ser tomadas para asegurar una superficie agradable:

- Las instalaciones problemas como tapas de pozos de inspección y sumideros deben estar niveladas con la superficie de rodadura.
- Las juntas en pavimentos rígidos deben estar en buenas condiciones.
- La superficie de rodadura debe ser objeto de mantenimiento regular y remover la arena, tierra y otros materiales que puedan causar accidentes.
- Las irregularidades superficiales causadas por la operación de bicicletas deben ser eliminadas porque causan incomodidad y problemas de drenaje.
- La orientación de las varillas de las rejillas de drenaje debe ser perpendicular al sentido del tráfico. Además, la separación entre varillas debe ser mínima para evitar vibración y accidentes.

El Cuadro 2.6 incluye las mínimas condiciones de calidad requeridas.

Cuadro 2. 6: Irregularidades máximas aceptables en fajas de bicicletas

Orientación de la irregularidad	Hendiduras	Proyecciones
Paralelas	1.3 cm de ancho	1.0 cm de alto
Perpendiculares	2.0 cm de ancho	2.0 cm de alto
1.- Hendiduras: Fisuras en la superficie de rodadura. 2.- Proyecciones: Variaciones repentinas de la superficie de rodadura. Son causadas por erosión del drenaje, parcheo o por la erosión parcial de la capa asfáltica.		

Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual De Diseño De Ciclorutas, Plan Maestro De Ciclo rutas para Santa Fé De Bogotá D.C. Ed. Projekta Ltda., Interdiseños Ltda., Santa Fé De Bogotá D.C. 1999, 93 p.

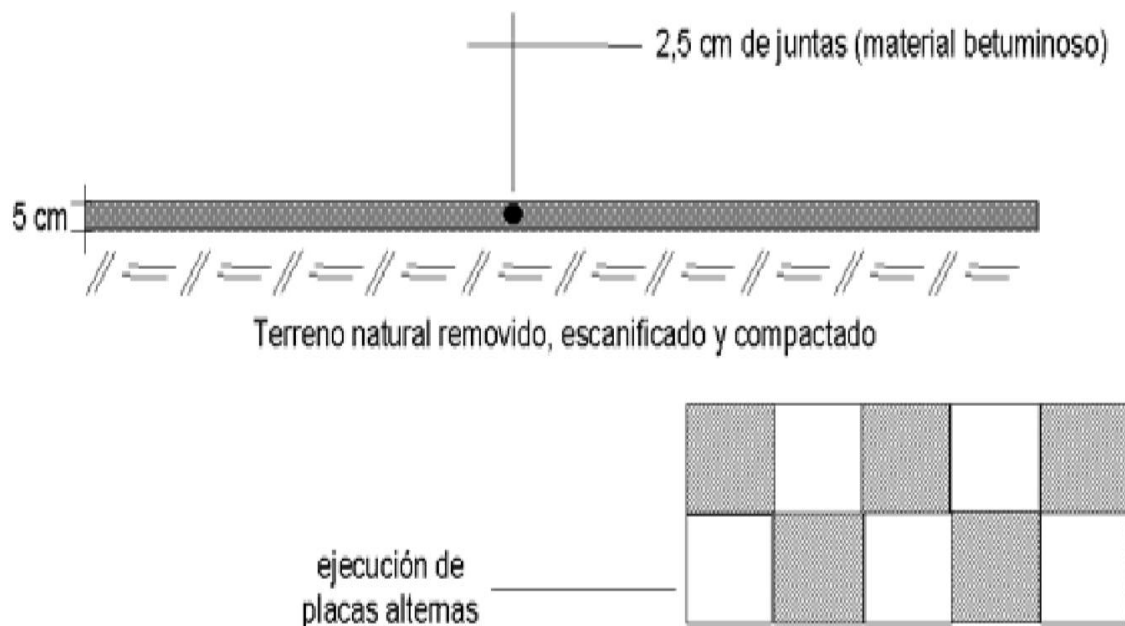
2.3.3. Tipos de pavimento

A manera de ejemplo ilustrativo se describen algunos tipos de pavimento de bajo costo utilizando estos materiales.

2.3.3.1. Pavimento a base de concretos hidráulicos mezclados in situ.

- Podrá tener junta seca o sellada con material bituminoso, siendo ejecutado sobre el terreno compactado (Figura 1.38).
- Ventajas: Facilidad de ejecución; no hay necesidad de contar con material de préstamos para base; manejabilidad del equipamiento; bajo costo en relación con otros tipos de pavimentos; impermeabilidad.
- Desventajas: Aspecto no agradable; posibilidad de confundir con acera para peatones; dificultad de reposición, en caso de conservación de redes subterráneas.

Figura 2. 25: Pavimento en concreto hidráulico.

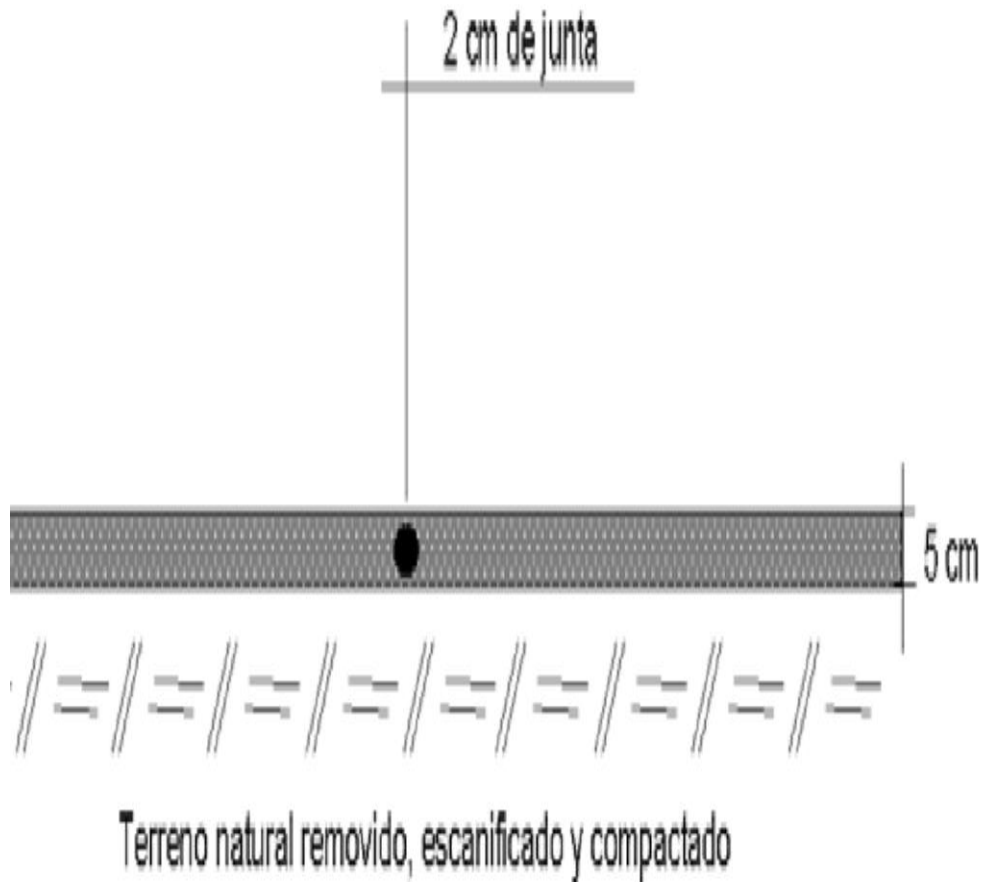


Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual De Diseño De Ciclorutas, Plan Maestro De Ciclo rutas para Santa Fé De Bogotá D.C. Ed. Projekta Ltda., Interdiseños Ltda., Santa Fé De Bogotá D.C. 1999, 93 p.

CONCRETO EN PLACAS PREFABRICADAS.

Se apoyan sobre el terreno compactado, con juntas secas selladas con material bituminoso, como se puede apreciar en la Figura 1.39.

Figura 2. 26: Pavimento en concreto hidráulico con placas prefabricadas.



Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual De Diseño De Ciclorutas, Plan Maestro De Ciclo rutas para Santa Fé De Bogotá D.C. Ed. Projekta Ltda., Interdiseños Ltda., Santa Fé De Bogotá D.C. 1999, 93 p.

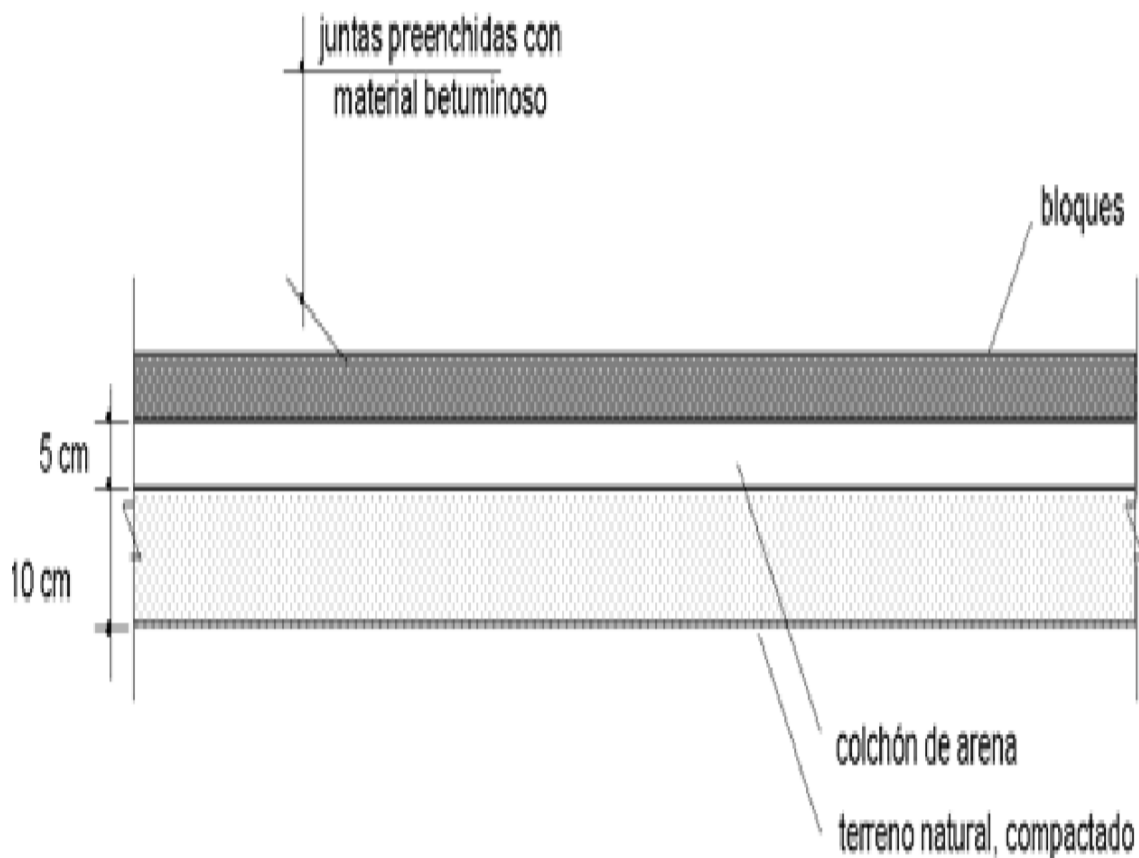
Ventajas: Facilidad de ejecución; posee como base el propio terreno, puede ser ejecutado en colores, distinguiéndose de las aceras; facilidad de sustitución, en caso de necesidad de excavación para reparación de redes subterráneas.

Desventajas: No presenta una superficie de rodamiento uniforme, apareciendo resaltos en el evento de una mala ejecución, debido a la exudación de material bituminoso, pudiendo también existir desnivelación entre placas vecinas.

BLOQUES PREFABRICADOS DE CONCRETO.

La Figura 1.40 muestra, una cama de arena, la cual reposa sobre una base compactada, sobre la cual se colocan los bloques de concreto.

Figura 2. 27: Pavimento en bloques prefabricados de concreto.



Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual De Diseño De Ciclorutas, Plan Maestro De Ciclo rutas para Santa Fé De Bogotá D.C. Ed. Projekta Ltda., Interdiseños Ltda., Santa Fé De Bogotá D.C. 1999, 93 p.

Ventajas: Pueden ser pintados, proporcionando un buen aspecto; facilidad para ejecución y reposición en el evento de reparaciones.

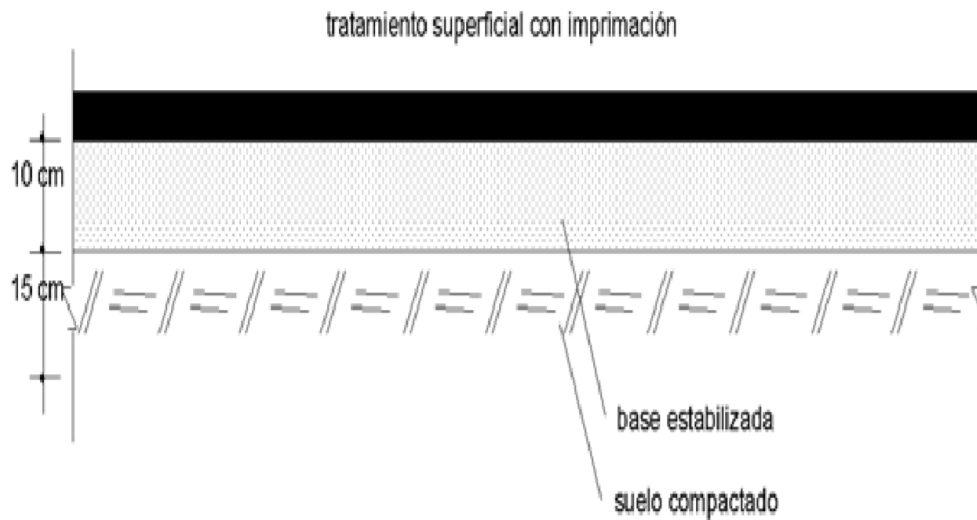
Desventajas: Superficie de rodamiento no uniforme, provocando trepidación; ahí la necesidad de colocarlo sobre un colchón de arena, encareciendo el pavimento; solo pueden ser ejecutados por las firmas poseedoras de las patentes de fabricación; alto costo en relación con los demás pavimentos de concreto.

PAVIMENTOS BITUMINOSOS.

Los pavimentos bituminosos descritos a continuación son bastante utilizados en pavimentación de vías y calles. Se recomiendan dos tipos principales:

Tratamiento superficial simple, con emulsión preferiblemente colorizada (Figura 2.28).

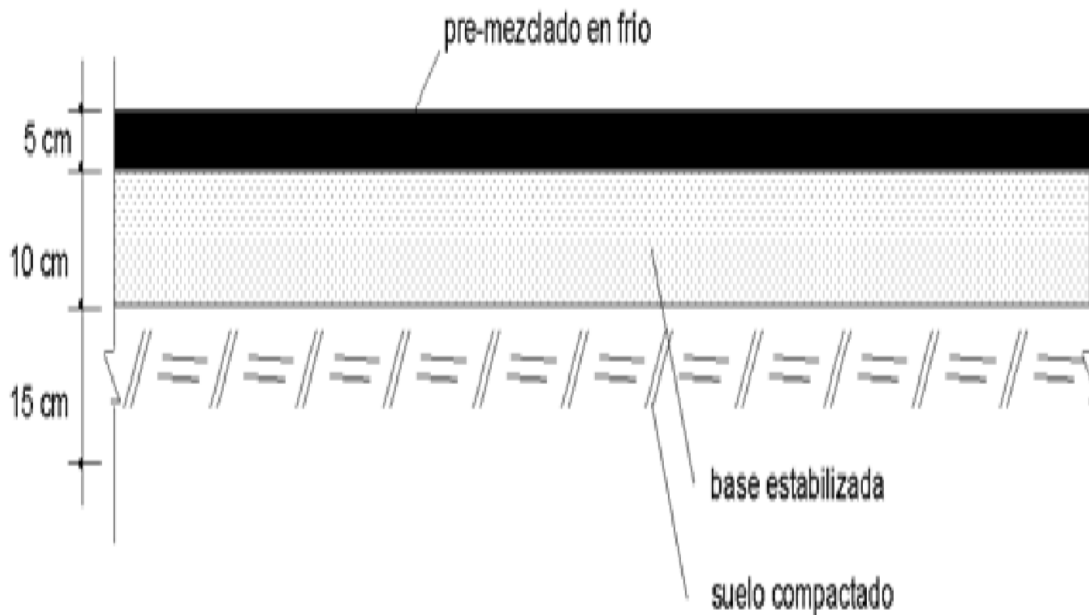
Figura 2. 28: Pavimentos con tratamiento superficial simple.



Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual De Diseño De Ciclorutas, Plan Maestro De Ciclo rutas para Santa Fé De Bogotá D.C. Ed. Projekta Ltda., Interdiseños Ltda., Santa Fé De Bogotá D.C. 1999, 93 p.

Concreto asfáltico, mezcla en frío con empleo de emulsión o con asfalto líquido (Figura 2.29).

Figura 2. 29: Pavimento en concreto asfáltico – mezcla en frío.



Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual De Diseño De Ciclorutas, Plan Maestro De Ciclo rutas para Santa Fé De Bogotá D.C. Ed. Projekta Ltda., Interdiseños Ltda., Santa Fé De Bogotá D.C. 1999, 93 p.

Las ventajas y desventajas de los pavimentos bituminosos son las siguientes:

Ventajas: Tecnología de ejecución bastante conocida; buena superficie de rodamiento; puede ser ejecutado manualmente.

Desventajas: Alto costo; el equipamiento existente es más apropiado para una vía o una calle.

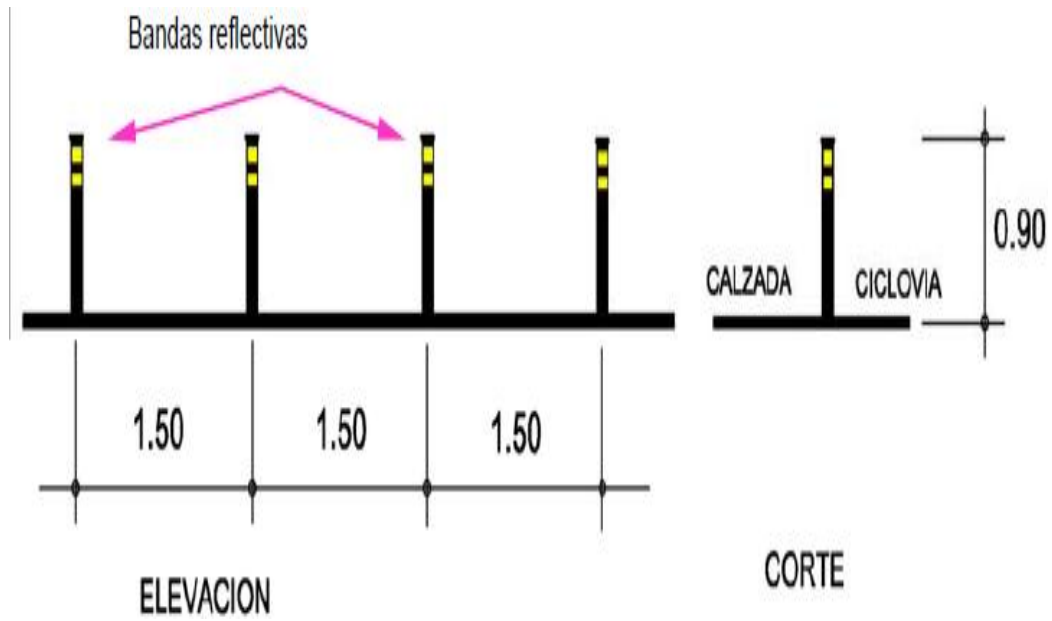
2.4. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN

La implementación de estos elementos se contempla para la seguridad y el embellecimiento de la Ciclo vía, de igual manera para cada caso, bien sea para las pistas o fajas los elementos pueden diferir por cuestiones de espacio y de utilidad.

Según la intensidad del tráfico y la velocidad de diseño son utilizados los siguientes elementos.

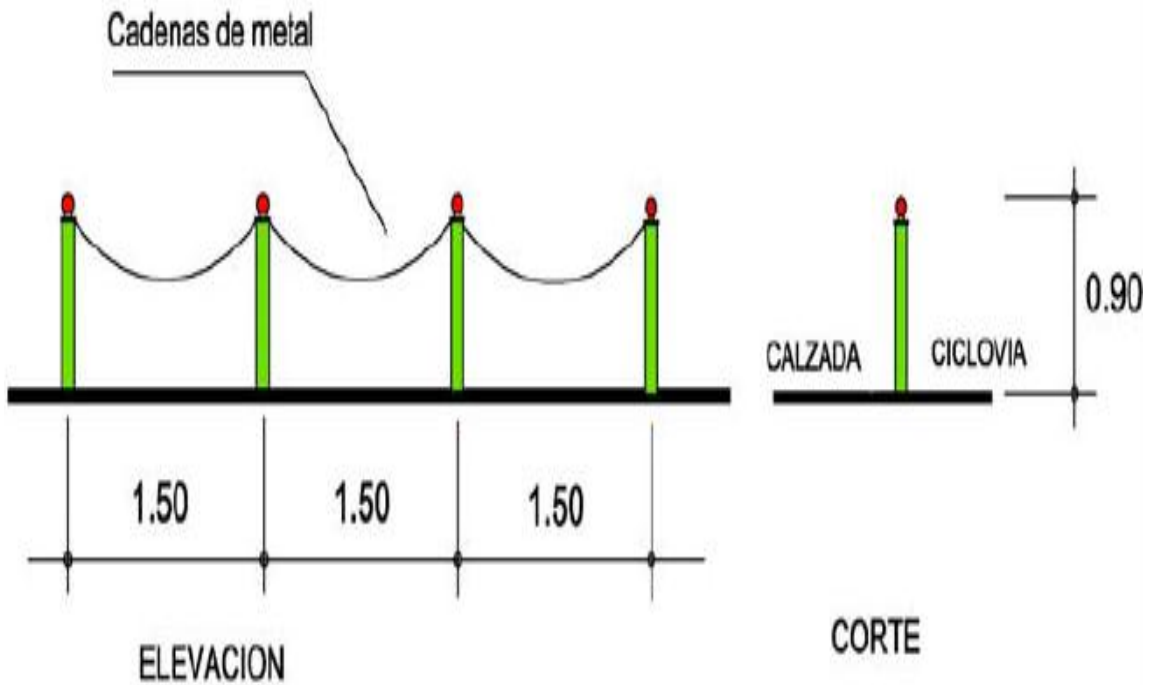
- Bolardos o delineadores: vías de tráfico medio y velocidades medias
- Barandas metálicas: vías de tráfico alto y velocidades altas
- Barreras de insonorización tráfico: intenso con contaminación sonora
- Cercas vivas: vías de alta velocidad
- Postes delimitadores rebatibles; de polietileno de 0.90 m. de altura, con cintas reflectoras en la parte superior, colocados en el pavimento a una distancia de 1.50 m. uno del otro.
- Bolardos de metal; postes de metal de 0.90 m. de altura, colocados en el pavimento a una distancia de 1.50 m. entre cada uno y sujetos por cadenas entre ellos; adicionalmente los bolardos pueden estar unidos entre sí por medio de rejillas de metal.
- Hitos de concreto; semicírculos de concreto de 0.25 m. de diámetro colocados en el pavimento a una distancia de 1.00 m. uno del otro.
- Tachas refractivas de fibra de vidrio; de forma rectangular (20 x 10) o piramidal (30 x 30) colocadas en el pavimento de a una distancia de 1.00 m. una de la otra.

Figura 2. 30: Postes delimitadores rebatibles



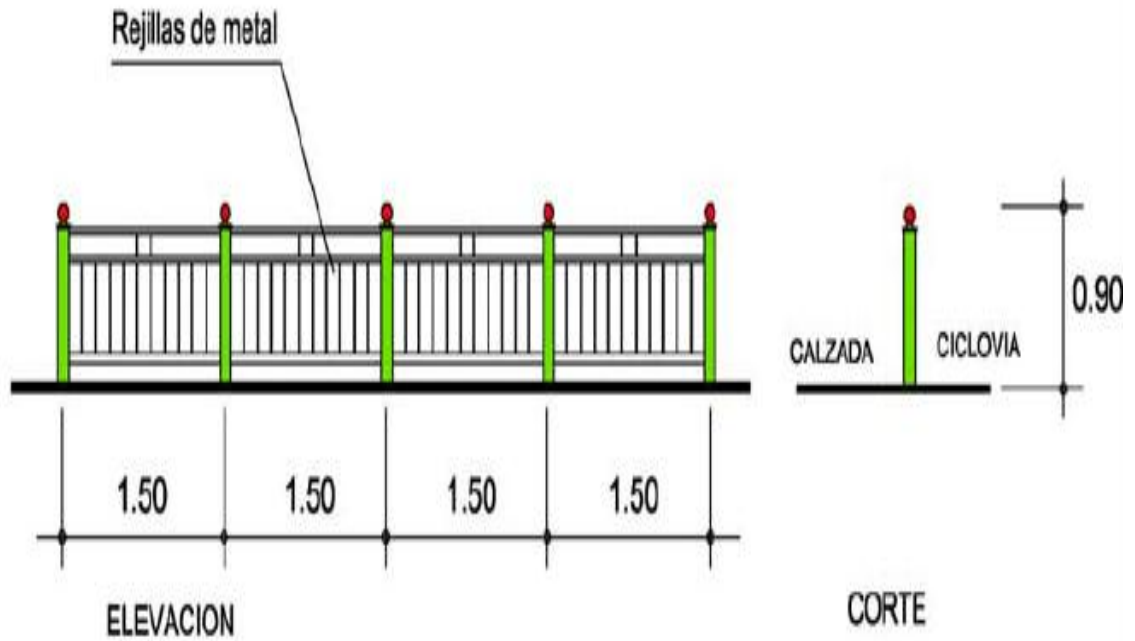
Fuente: Plan Maestro de Ciclovías de Lima y Callao

Figura 2. 31: Bolardos – sujetos con cadenas



Fuente: Plan Maestro de Ciclovías de Lima y Callao

Figura 2. 32: Bolardos – sujetos con rejillas



Fuente: Plan Maestro de Ciclovías de Lima y Callao

Figura 2. 33: Hitos de concreto



Fuente: FUNDACIÓN CIUDAD HUMANA. Fomento de la movilidad alternativa y humana: Diseño, Operación y Promoción. CD. Bogotá, 2005

2.5. COLOR DEL PAVIMENTO Y ACABADOS

Se recomienda que la banda de rodamiento para los ciclistas posea una textura y color diferente al de otro tipo de circulaciones para destacar esta función dentro del espacio urbano, así como con todos los elementos complementarios de protección y estructurantes de la cicloruta para que así posean una superficie de acabado en color unitaria, de tal forma que contribuyan a su identidad, definición y señalización.

Se sugieren los siguientes colores:

- Superficies metálicas: Acabado color amarillo, verde selva, naranja y rojo.
- Banda de rodamiento: Color rojo, terracota y azul
- Elementos de concreto: Acabado natural
- Adoquines y losetas: Acabado de fábrica según composición del diseño urbano
- Cadenas y mallas: Verde selva, asimismo, el mobiliario urbano y los elementos complementarios a la ciclo vía han de tener una homogeneidad o unidad en sus acabados por sectores, zonas o circuitos para permitir con ello la identificación de una zona característica o especial, de una ciclo vía o tramos de la misma.

2.6. DRENAJE

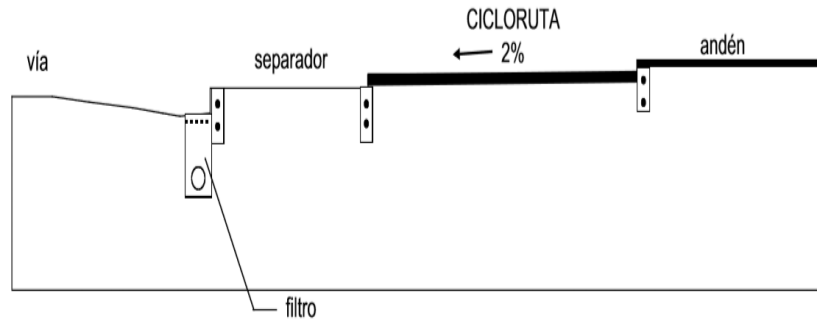
El drenaje de las ciclo vías será lo más natural posible, aprovechando la topografía del sitio, evitando en lo posible la instalación de redes sofisticadas para la disposición de las aguas lluvias.

En las ciclo vías laterales a las vías existentes se deberá adoptar, siempre que sea posible, un nivel de impermeabilidad para evitar problemas de drenaje. La inclinación lateral de la pista será del 2% para favorecer un rápido escurrimiento de las aguas, tal como se muestra en la Figura 2.34. Esta inclinación será siempre para el lado de las vías existentes, aprovechando, de esta forma, el sistema de drenaje existente.

El separador estará, preferencialmente, en un nivel inferior al de la ciclo vía, evitándose de esta manera la formación de pozos de agua en dicho separador.

En las ciclo vías de servicio, se pueden admitir pequeños cortes o terraplenes hasta de 1.0 m. de altura para suministrar mayor flexibilidad al proyecto. En estos casos deben tomarse cuidados semejantes a los de las vías, en lo tocante con el drenaje.

Figura 2. 34: Pendiente lateral de una cicloruta.



Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual De Diseño De Ciclorutas, Plan Maestro De Ciclo rutas para Santa Fé De Bogotá D.C. Ed. Projekta Ltda., Interdiseños Ltda., Santa Fé De Bogotá D.C. 1999, 93 p.

2.7. SEÑALIZACIÓN

Como todo diseño de infraestructura vial, es primordial desarrollar e implementar una buena distribución o implementación de la señalización para los múltiples acontecimientos que se presenten en la vía y que necesiten de una ayuda visual para informar al ciclista de cualquier situación. A diferencia de las vías motorizadas, el buen diseño geométrico de la vía permite que no existan muchos elementos de señalización que genera en sí contaminación visual y desorden en su propósito. También para facilidad del ciclista la mayoría de la señalización vigente es de carácter simbólico que textual, así el ciclista recibe el mensaje más fácil y rápido que si fuera de manera textual. De esta manera se presentan las señalizaciones más utilizadas en las Ciclo vías.

2.7.1. Señalización vertical

- Reguladoras o de reglamentación.

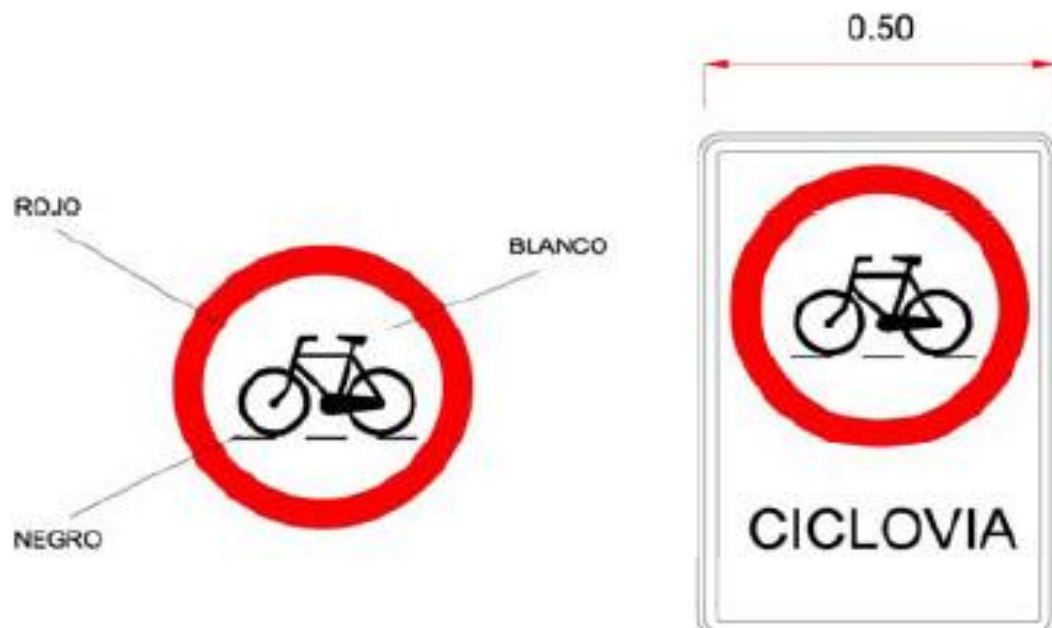
Tienen por objeto indicar a los usuarios las limitaciones, prohibiciones o restricciones que gobiernan el uso de la vía y cuyo incumplimiento constituye una violación al reglamento de circulación.

Figura 2. 35: Señal reguladora r-22



Fuente: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, Lima, 2000

Figura 2. 36: Señal reguladora r-42 a



Fuente: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, Lima, 2000

- Advertencia o de prevención; tienen por objeto advertir al usuario con anticipación la aproximación de ciertas condiciones de la vía, existencia de una situación peligrosa y la naturaleza de ésta.

Figura 2. 37: Señal preventiva p-33



Fuente: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, Lima, 2000

Figura 2. 38:: Señal preventiva p-46



Fuente: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, Lima, 2000

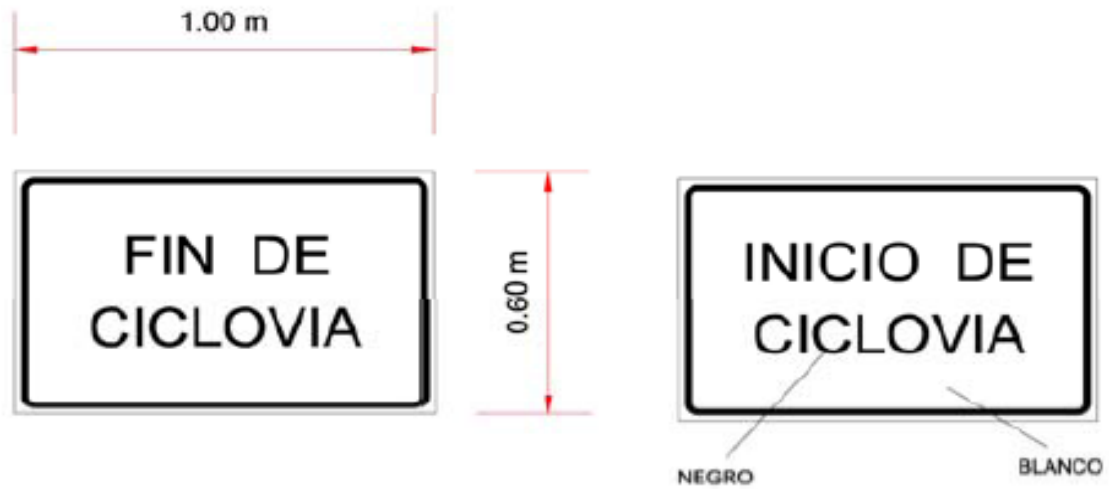
- Informativa; tienen por objeto guiar al usuario de la vía (conductor), suministrándole la información necesaria relacionada a la identificación de localidades, destinos, direcciones, sitios de interés especial, intersecciones, distancias recorridas o por recorrer, prestación de servicios, etc.

I-18 Aproximación al final de la ciclovía (dirigido a ciclistas)

I-19 Estacionamiento para bicicletas

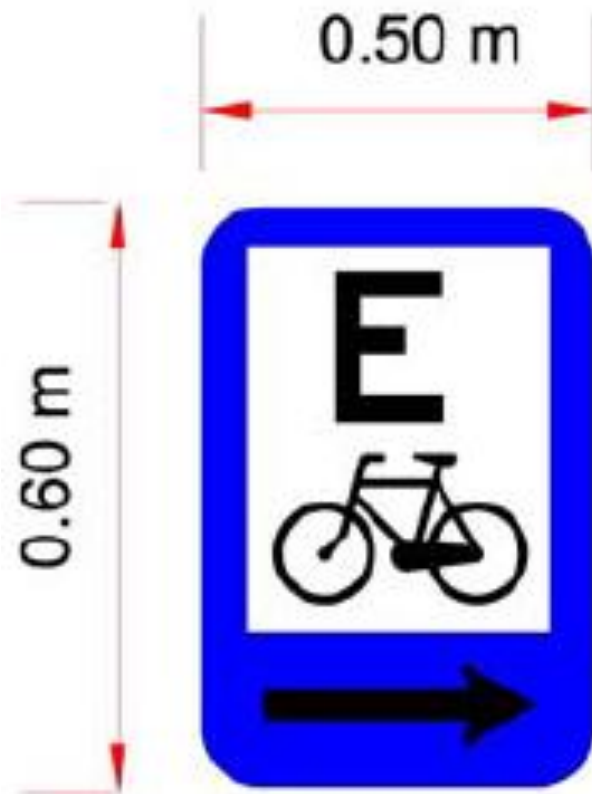
I-22 Indica la dirección o la distancia a la que ubica una ciclovía

Figura 2. 39: Señal informativa i – 18



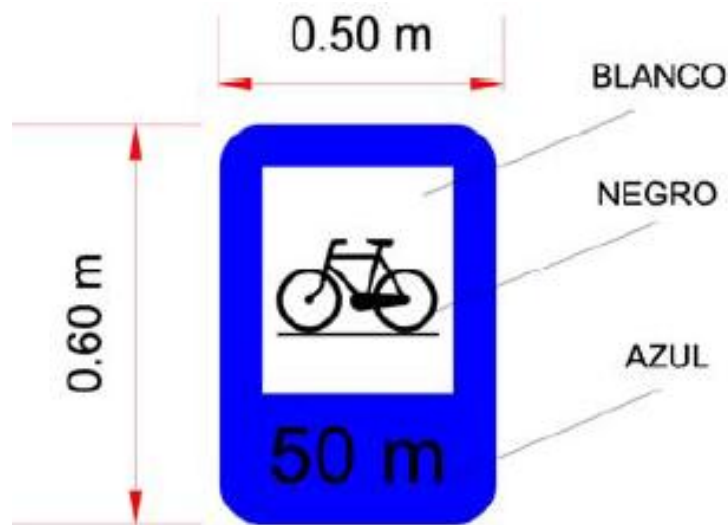
Fuente: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, Lima, 2000

Figura 2. 40: Señal informativa i-19



Fuente: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, Lima, 2000

Figura 2. 41: Señal informativa i – 22



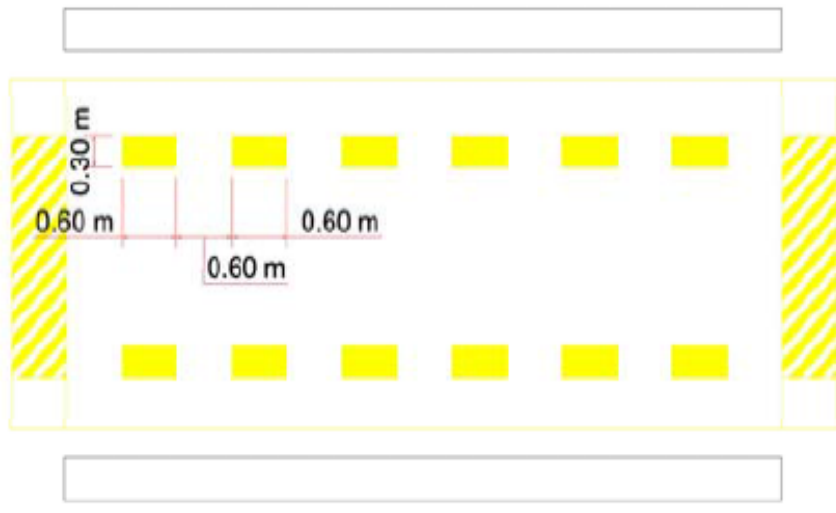
Fuente: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, Lima, 2000

2.7.2. Señalización horizontal

Las señales horizontales son aquellas marcas sobre el pavimento y tiene la función de delimitar o canalizar el tránsito de las bicicletas y de los vehículos motorizados

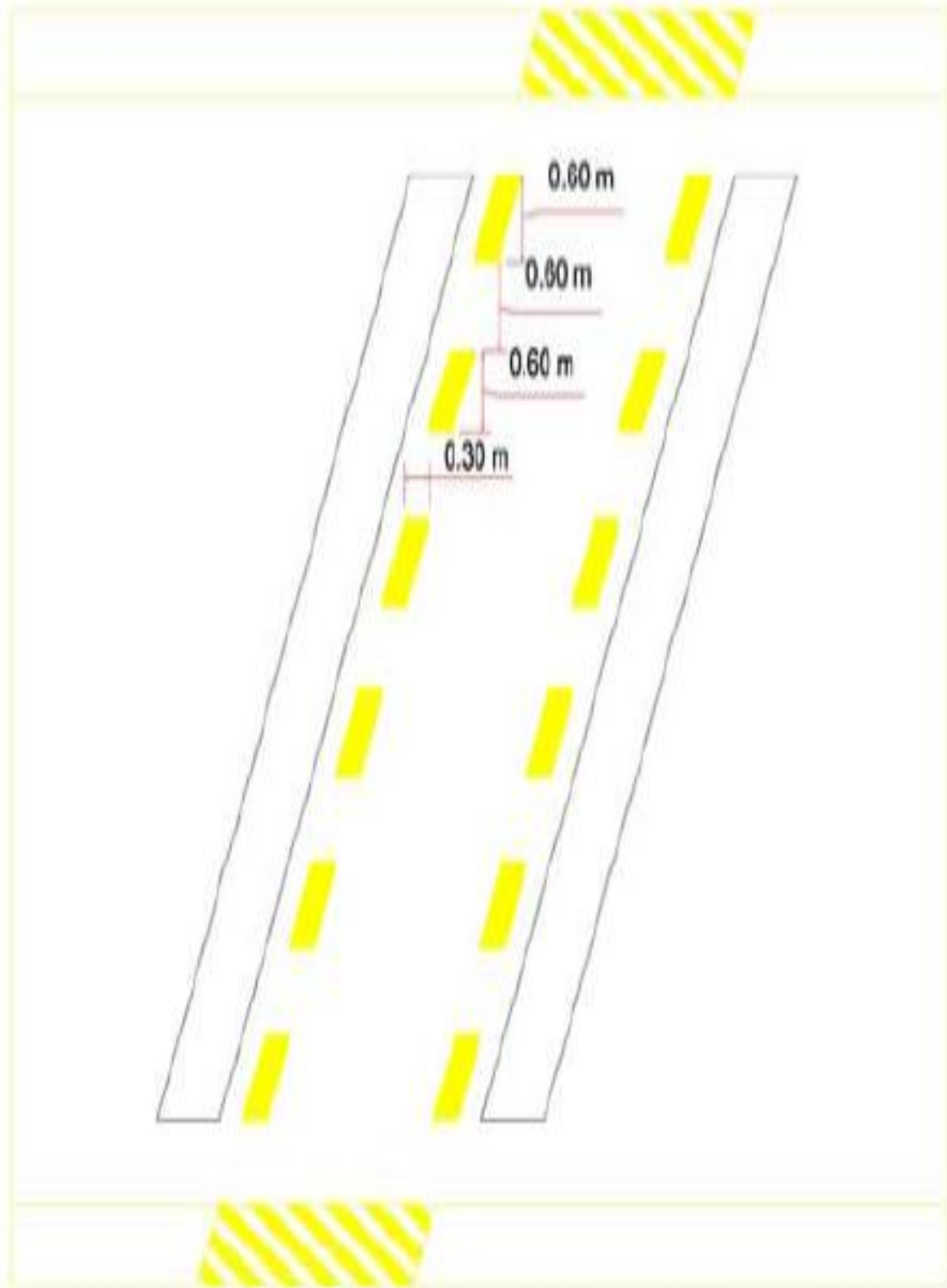
- En las intersecciones tienen la finalidad de ordenar el cruce de las bicicletas y advierte de su paso a los conductores de vehículos motorizados. Las marcas son líneas discontinuas de 0.30 m de ancho por 0.60 m de largo espaciadas cada 0.60 m.

Figura 2. 42: Señal horizontal – cruce de intersección – tramo recto



Fuente: MUNICIPALIDAD METROPOLITANA DE LIMA, Manual De Normas Técnicas Para El Diseño De Ciclo vías Y Guía de Circulación de Bicicletas, Lima, 32p

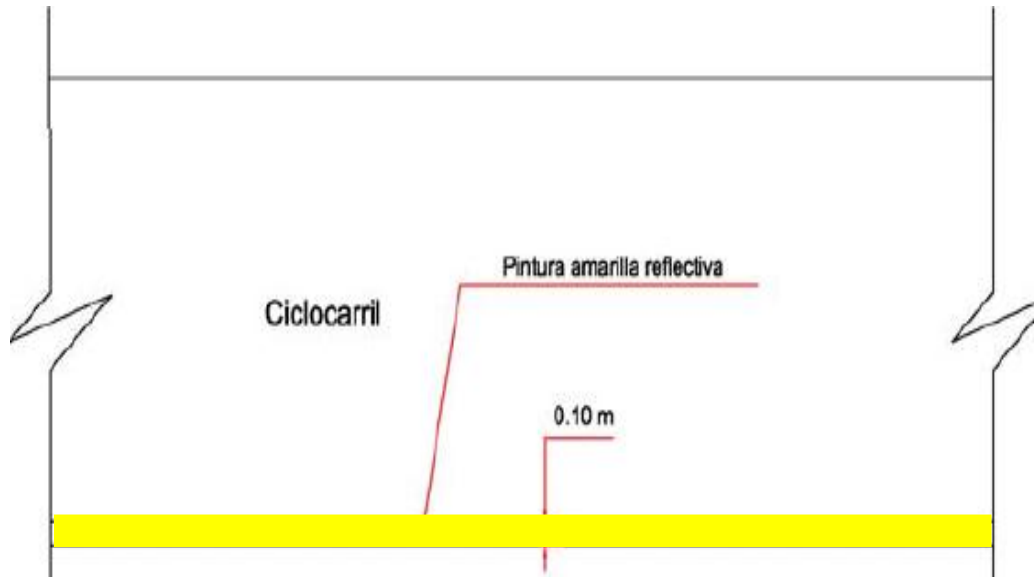
Figura 2. 43: Señal horizontal – cruce de intersección – tramo oblicuo



Fuente: MUNICIPALIDAD METROPOLITANA DE LIMA, Manual De Normas Técnicas Para El Diseño De Ciclo vías Y Guía de Circulación de Bicicletas, Lima, 32 p

- En la ciclovía; la línea de separación entre el carril de tránsito motorizado y las ciclo vías será continuo de 0.10 m. de ancho con pintura refractiva en color amarillo.

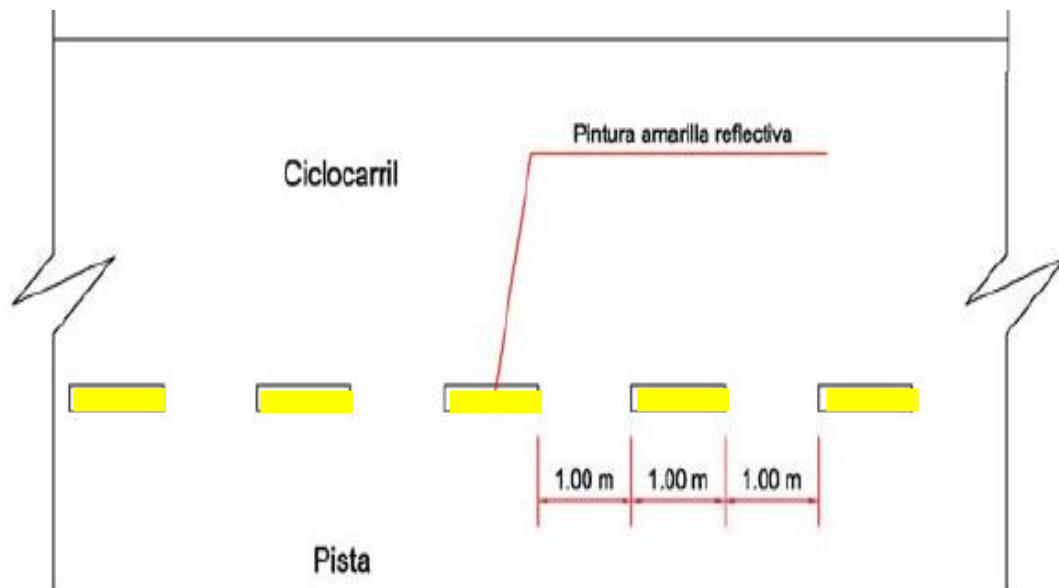
Figura 2. 44: Separación carril motorizado y ciclovía



Fuente: Plan Maestro de Ciclo vías de Lima y Callao

- Para carriles de bicicletas con acceso permitido desde otros carriles, líneas discontinuas de 0.10 m de ancho y 1.0 m. de largo, con separaciones de 1.0 m.

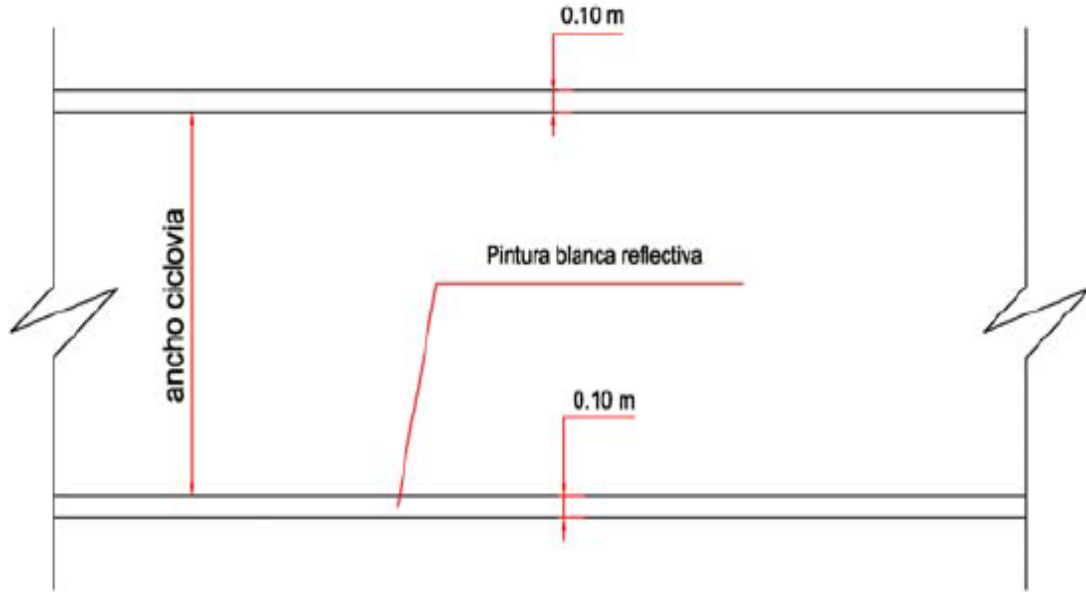
Figura 2. 45: Acceso permitido desde otros carriles



Fuente: Plan Maestro de Ciclo vías de Lima y Callao

- Para delimitar el ancho total de la ciclo vía; línea continua de 0.10 m. de ancho en pintura refractiva de color blanco.

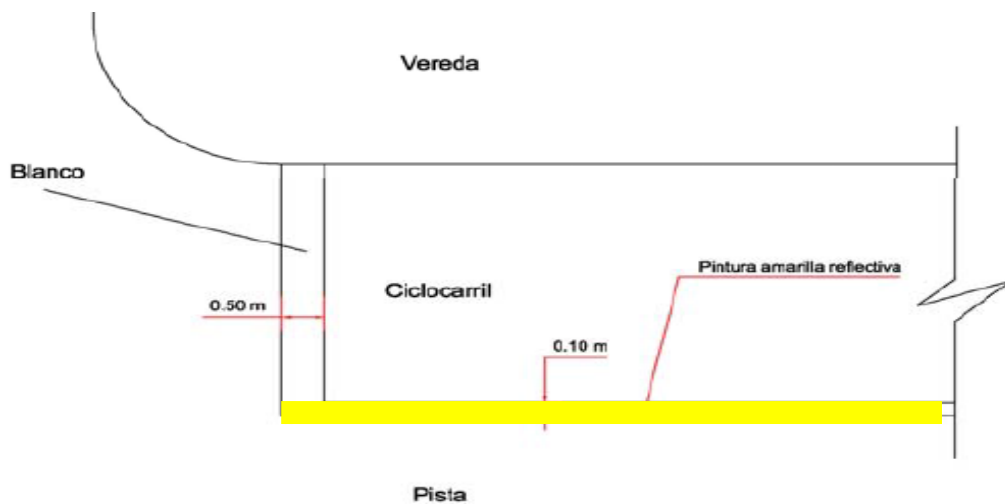
Figura 2. 46: Para delimitar ancho total de ciclo vía



Fuente: Plan Maestro de Ciclo vías de Lima y Callao

- Línea de Pare, línea continua de 0.50 m de ancho de manera perpendicular a la ciclo vía, en pintura refractiva de color blanco.

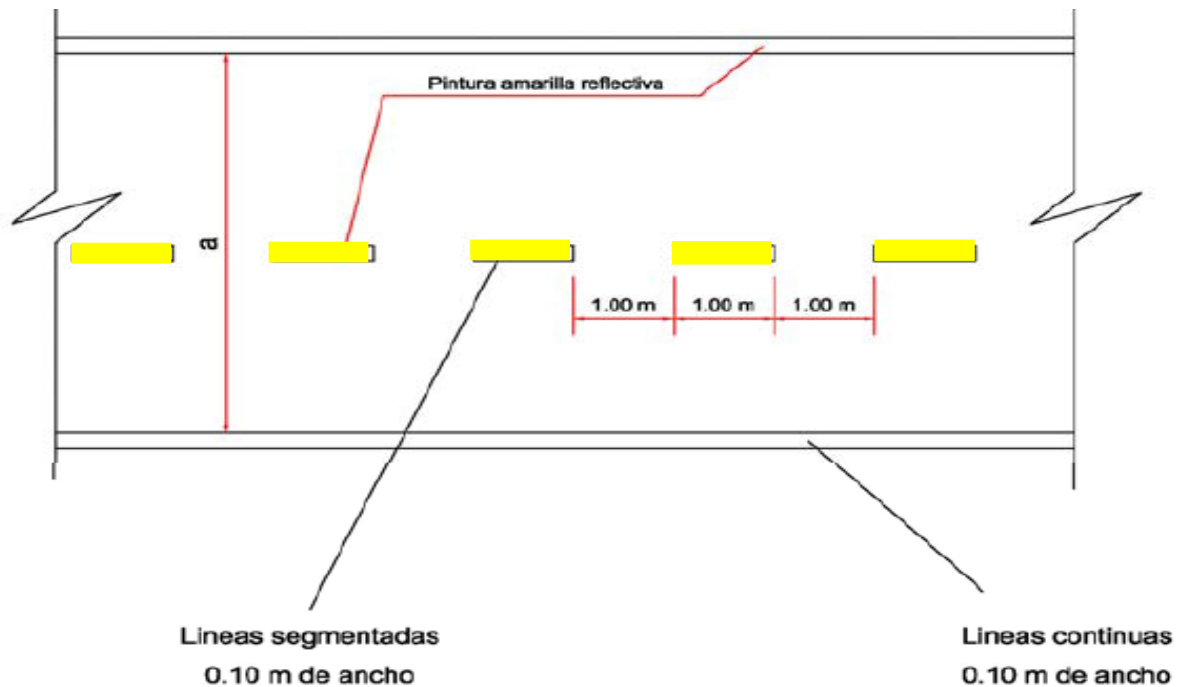
Figura 2. 47: Línea de pare en ciclo vía



Fuente: Plan Maestro de Ciclo vías de Lima y Callao

- En los accesos a propiedades adyacentes y aproximaciones a cruces el pintado será intercalado de metro en metro.

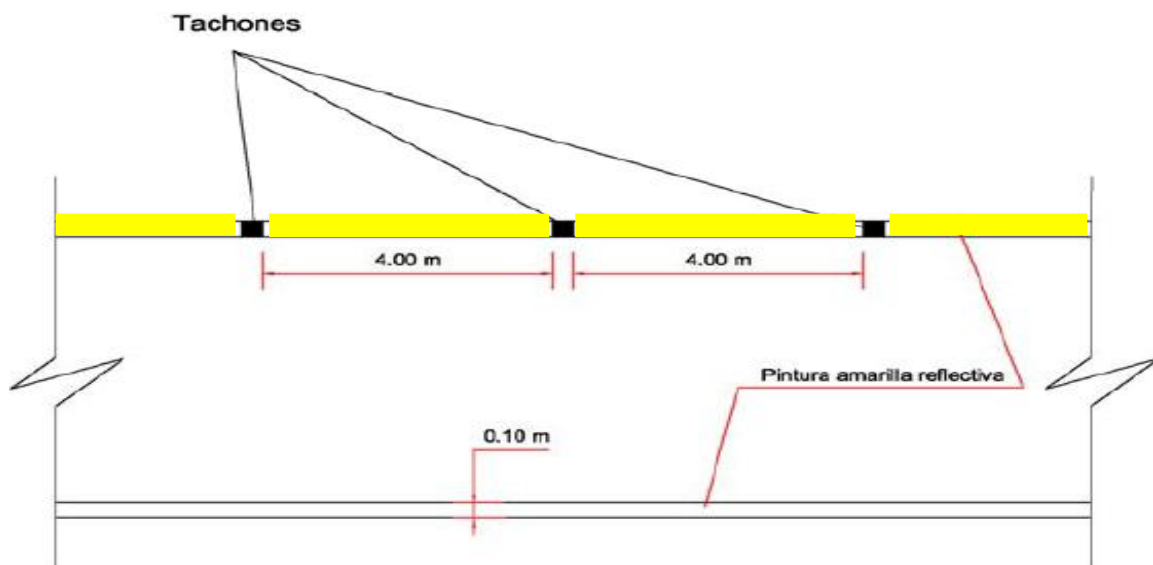
Figura 2. 48: Accesos a propiedades y aproximaciones a cruces



Fuente: Plan Maestro de Ciclo vías de Lima y Callao

- Para separar la ciclovía se podría usar tachones o prismas de concreto o cualquier otro obstáculo pequeño traspasable cada 4 metros.

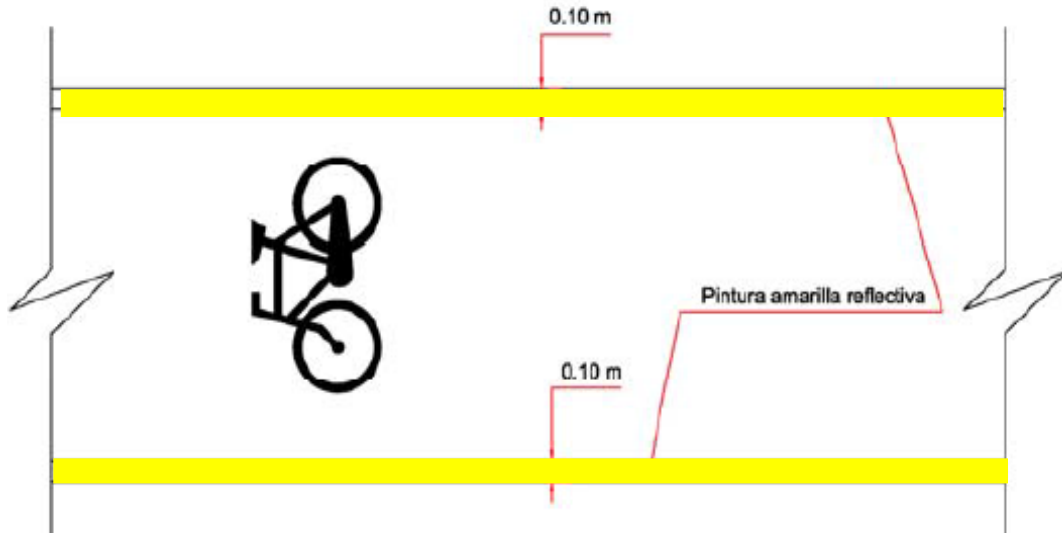
Figura 2. 49: Tachones



Fuente: Plan Maestro de Ciclo vías de Lima y Callao

- Dibujar una bicicleta sobre el pavimento de la cicloavía cada 100 m como máximo, así como en los ingresos y salidas de tramos posteriores a cruces y accesos, y ante la proximidad de rutas alternas o de cambio de dirección.

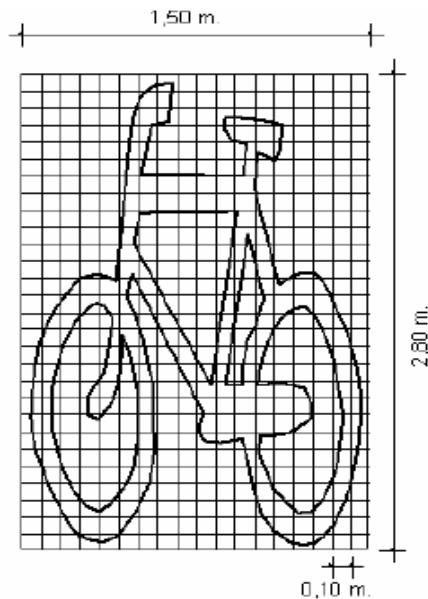
Figura 2. 50: Marcas en el pavimento – bicicleta



Fuente: Plan Maestro de Ciclo vías de Lima y Callao

- Colocar la palabra SOLO BICI, con la finalidad de indicar que la senda (carril) es de uso exclusivo de bicicletas.

Figura 2. 51: Dimensiones de las marcas en el pavimento – bicicleta



Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual De Diseño De Ciclo rutas, Plan Maestro De Ciclo rutas Para Santa Fé De Bogotá D.C. Ed. Projekta Ltda., Interdiseños Ltda., Santa Fé De Bogotá D.C. 1999, 93 p

Figura 2. 52: Marcas en el pavimento - solo bici



Fuente: Plan Maestro de Ciclo vías de Lima y Callao

2.8. ILUMINACIÓN

El entorno de iluminación será a disposición de diseño, teniendo en cuenta que debe ser estudiada para la comodidad del ciclista y de los demás entes que transiten cerca de la Ciclovía; de igual forma en lugares donde sea necesaria la implementación de estas. Las pistas o las fajas deben estar bien iluminadas ya que el ciclista tiene que percibir cualquier anomalía o particularidad que se encuentre en la ciclovía; de igual manera en el caso de las vías motorizadas, la iluminación permite que los conductores se percaten de los ciclistas en circulación.

En las intersecciones es importante generar una buena iluminación 50 metros antes del cruce para que los conductores tengan tiempo de percatarse de la presencia de un ciclista mientras atraviesa el cruce.

2.9. ESTACIONAMIENTOS

El uso de la bicicleta está unido a la creación y construcción de estacionamientos, ya que los ciclistas se perjudican al no encontrar una zona de disposición de bicicletas una vez llegado a su destino, por ello en la creación de bici parqueaderos hay que tener en cuenta la demanda de usuarios y la ubicación más eficiente para dichos estacionamientos.

2.9.1. Importancia

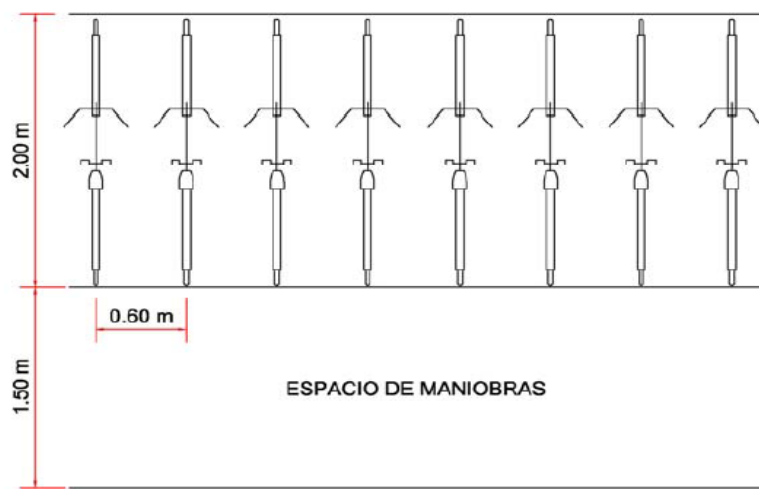
La promoción del uso de la bicicleta resultante de la mejoría de las condiciones de movilidad, se verá perjudicada al no encontrar el usuario de este modo de transporte facilidades y seguridad para estacionar.

Los estacionamientos y bicicleteros deben localizarse en áreas que no interfieran con el tráfico peatonal, paraderos de buses, etc., y donde no generen actividades de tipo invasivo sobre el espacio público. Ello quiere decir que en los lugares donde no haya espacio suficiente se deberán adquirir predios adyacentes para dicho uso.

2.9.2. Espacio de un cajón de estacionamiento

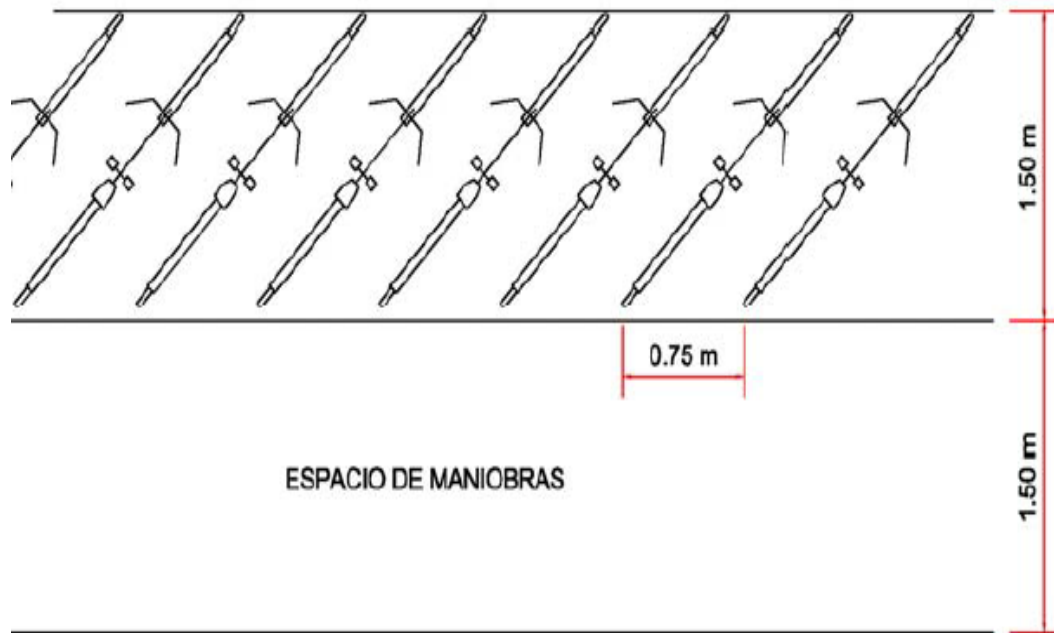
Para la estimación de los espacios que se necesitan en la construcción del ciclo parqueaderos hay que tener en cuenta tres factores; el tipo de instalación, el máximo de número de personas que utiliza la instalación en un tiempo determinado y la ubicación de la construcción.

Figura 2. 53: Estacionamiento en vertical



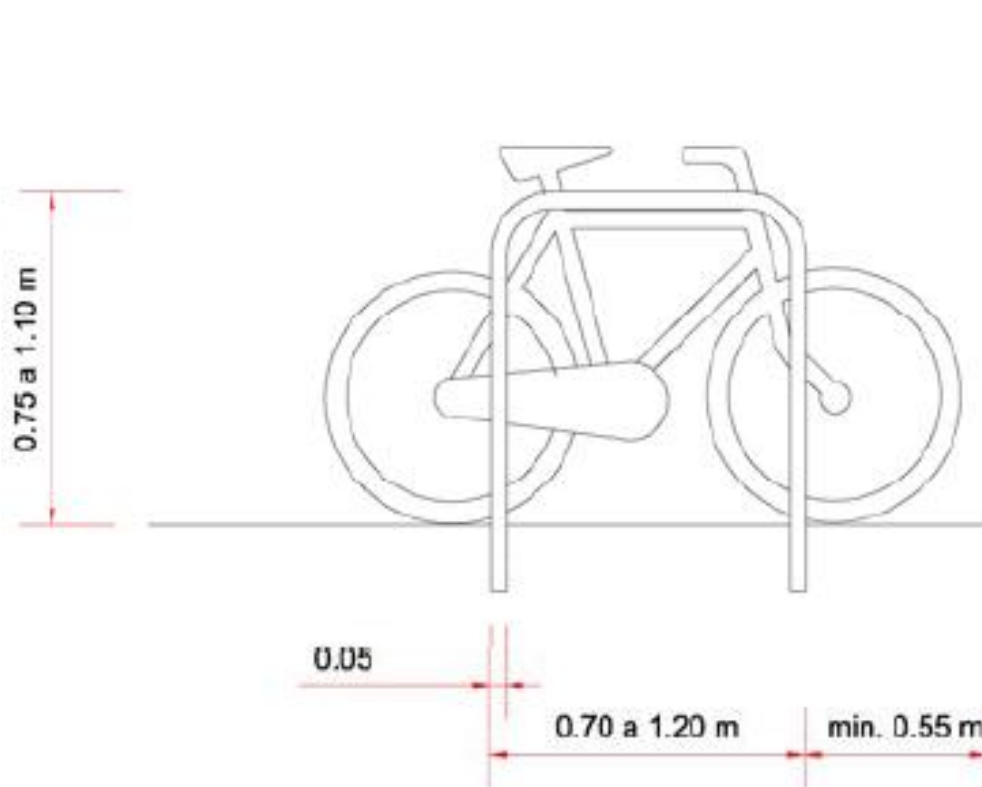
Fuente: Plan Maestro de Ciclo vías de Lima y Callao

Figura 2. 54: Estacionamiento oblicuo



Fuente: Plan Maestro de Ciclo vías de Lima y Callao

Figura 2. 55: Estacionamiento universal



Fuente: Plan Maestro de Ciclo vías de Lima y Callao

CAPÍTULO III

INGENIERÍA DEL PROYECTO

CAPÍTULO III INGENIERÍA DEL PROYECTO

3.1 UBICACIÓN

3.1.1 Ubicación física del proyecto

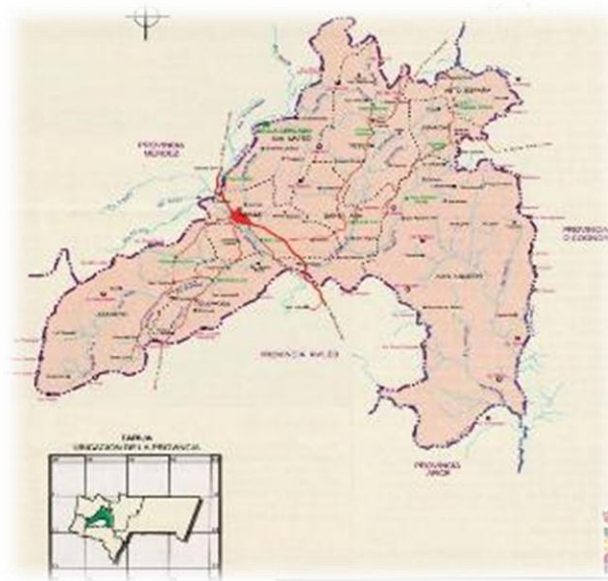
El desarrollo del proyecto se realizará en la ciudad de Tarija- Bolivia, provincia Cercado precisamente en las zonas del distrito 11, 12 y 13 (av. Horacio Aramayo, av. Mario Cossío, av. Carlos Zenteno, av. Luis de Fuentes, pasaje Narváez, av. La Banda, campo deportivo García Agreda y av. Celedonio Ávila).

Gráfico 3. 1: Localización del proyecto a nivel departamental



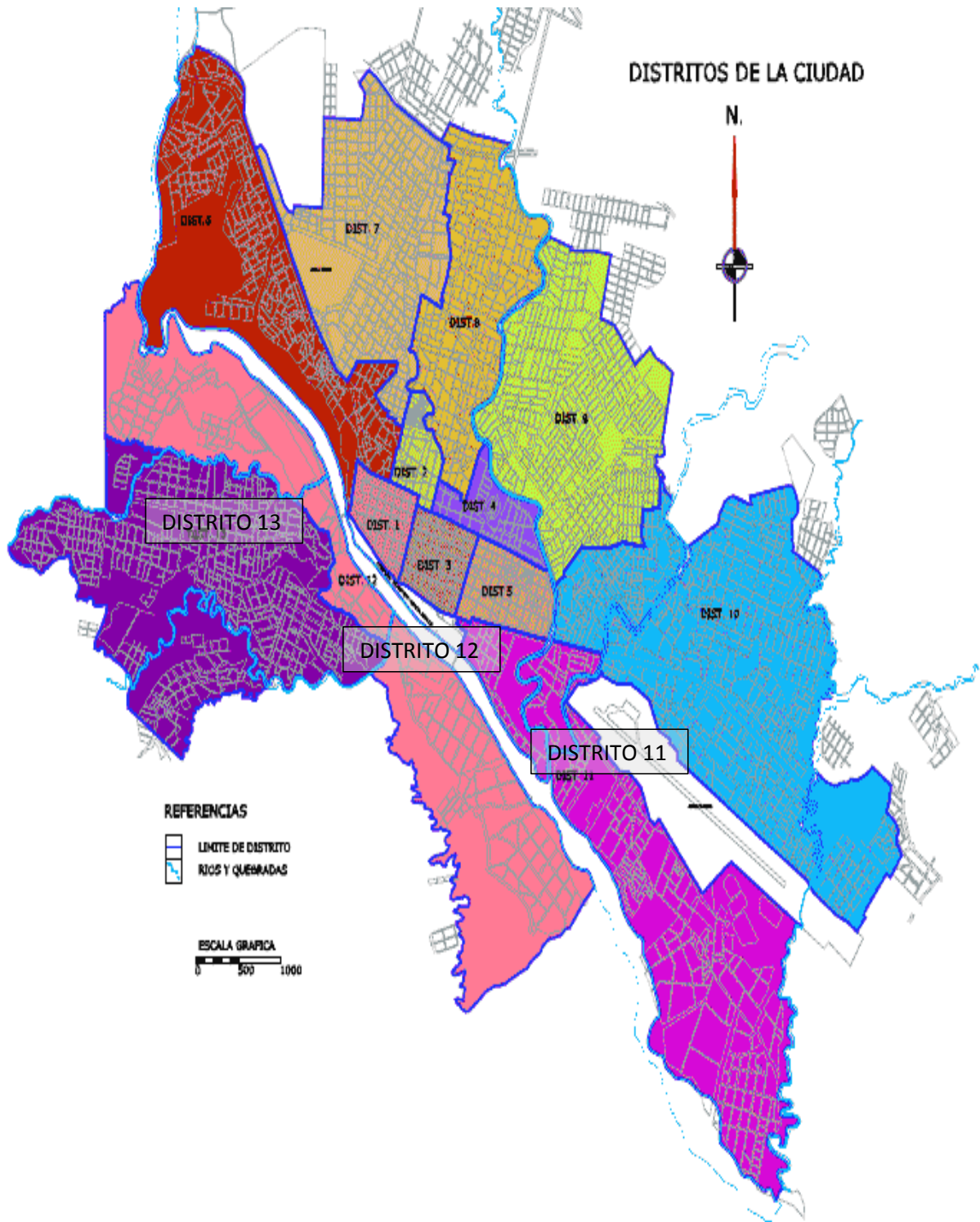
Fuente: Educa Bolivia

Gráfico 3. 2: Localización del proyecto a nivel provincial



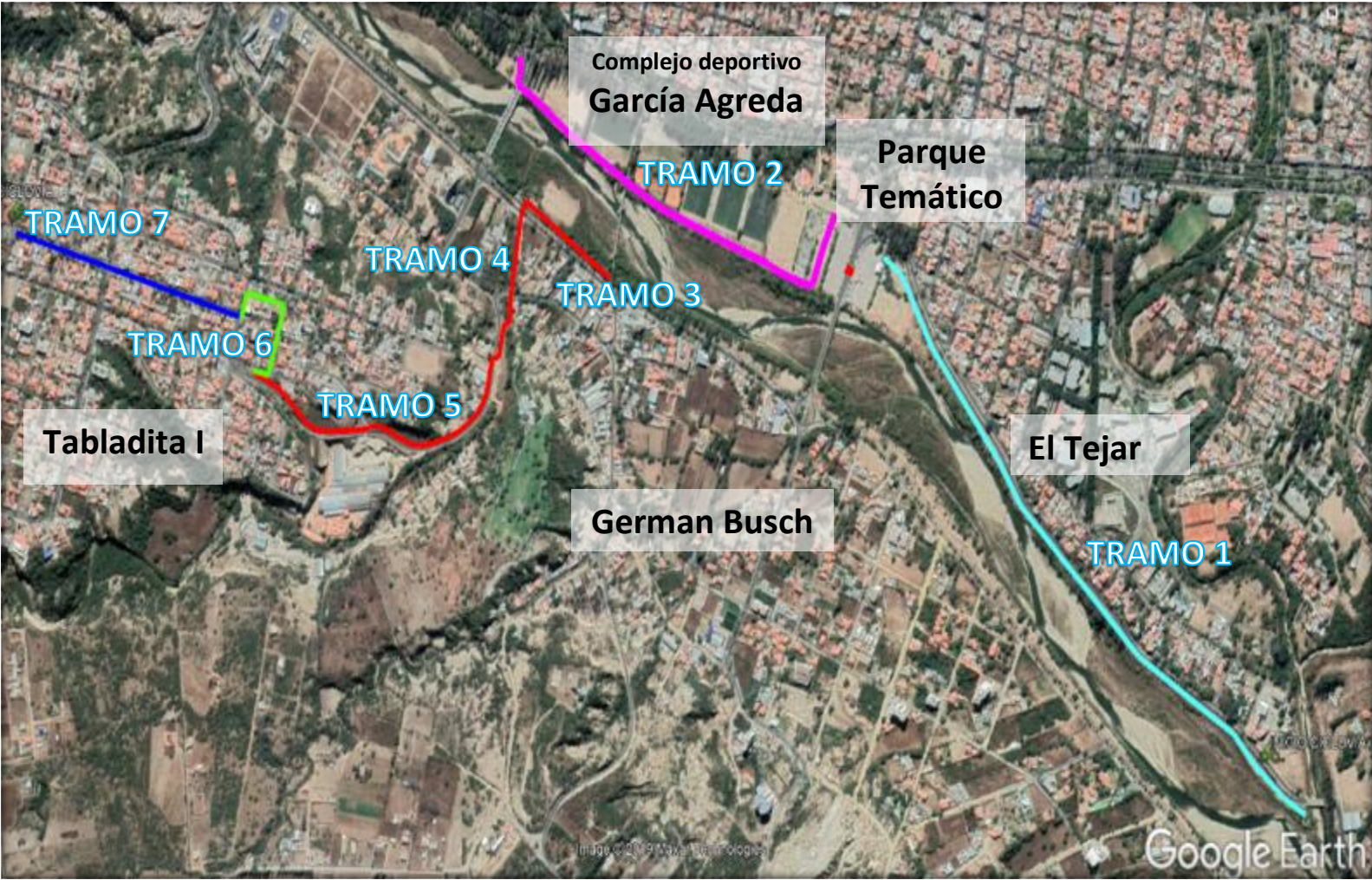
Fuente: Educa Bolivia

Gráfico 3. 3: Ubicación de la zona del proyecto microlocalización.



Fuente: Gobierno Municipal de la ciudad de Tarija y la provincia Cercado

Gráfico 3. 4: Ubicación de la zona del proyecto



Fuente: Google Earth,

3.2 ESTUDIOS PREVIOS AL DISEÑO

3.2.1 Estudio topográfico

Para la ejecución de un diseño geométrico es necesario partir de las características del terreno del lugar donde va ser ejecutada en obra, para ello se recurre a la topografía la cual nos ayudará a realizar un levantamiento topográfico, para obtener la representación gráfica de las características del terreno para el emplazamiento del proyecto.

3.2.1.1 Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico se realizó con el fin de determinar la configuración actual del terreno para representar posteriormente en un plano las características del terreno. De esta forma se procedió a realizar el levantamiento topográfico a lo largo de la faja aproximadamente de 20 metros de ancho como mínimo, tomando en cuenta los detalles que se encuentran al margen del mismo.

Se tomó como punto de partida y orientación las coordenadas geográficas establecidas en la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Cuadro 3. 1: Coordenadas U.T.M. ubicadas en la U.A.J.M.S.

Punto	Norte	Este	Cota	Descripción
R9	7616207.452	321696.246	1885.512	Bloque comedor
R8	7616353.357	321721.978	1886.169	Transformador de luz

Fuente: Gabinete de topografía de la UAJMS

Gráfico 3. 5: Ubicación de los puntos de partida y orientación



Fuente: Google Earth, elaboracion propia

3.2.1.2 Trabajo de gabinete y procesamiento de datos

Teniendo los datos de campo del levantamiento topográfico se procede a la modelación del terreno en forma digital; para esto se empleó el software AutoCAD Civil 3D land desktop compatión 2016 para la modelación, hasta reproducir las curvas de nivel de terreno y modelar la superficie del campo virtualmente en el ordenador. La gran cantidad de datos (puntos) provenientes de la Estación Total creados en varios trabajos, deben ser ordenados y clasificados en Excel para una correcta modelación.

Cuadro 3. 2: Resumen de BMS

Punto	Norte	Este	Cota	Descripción
P-1	7615632.460	321971.565	1847.002	PB
P-2	7615680.703	321931.231	1845.840	PB
P-3	7615789.712	321856.508	1845.216	PB
P-4	7615807.964	321825.464	1845.817	PB
P-5	7616028.446	321617.896	1850.886	PB
P-6	7616036.648	321593.660	1851.110	PB
P-7	7616307.059	321407.000	1853.090	PB

Punto	Norte	Este	Cota	Descripción
P-8	7616343.521	321377.352	1853.785	PB
P-9	7616607.066	321243.701	1856.410	PB
P-10	7616643.830	321220.622	1856.693	PB
AUX-2	7616516.663	321287.172	1855.772	PB
AUX-1	7616502.442	321295.252	1855.578	PB
P-11	7616809.450	321201.005	1858.745	PB
P-12	7616824.592	321170.366	1858.683	PB
P-13	7616878.679	321104.286	1859.251	PB
P-14	7616893.695	321109.459	1859.553	PB
P-15	7616897.391	321014.498	1857.630	PB
P-16	7616910.715	320992.949	1857.615	PB
P-17	7616819.893	320923.450	1859.304	PB
P-18	7616819.345	320901.353	1859.410	PB
AUX-3	7616941.183	320691.020	1858.188	PB
AUX-4	7616952.300	320657.233	1858.680	PB
P-19	7617062.560	320508.671	1862.495	PB
P-20	7617077.100	320511.480	1860.261	PB
P-21	7617270.809	320288.179	1866.257	PB
P-22	7617278.816	320288.878	1866.401	PB
P-23	7617048.369	320251.055	1863.741	PB
P-24	7617062.597	320226.163	1863.964	PB
P-25	7616895.697	320190.839	1868.688	PB
P-26	7616886.822	320196.155	1868.504	PB

Punto	Norte	Este	Cota	Descripción
P-27	7616691.502	320088.229	1869.517	PB
P-28	7616673.967	320085.417	1869.943	PB
P-29	7616626.842	319951.954	1875.020	PB
P-30	7616627.327	319913.238	1878.258	PB
P-31	7616675.296	319829.383	1885.983	PB
P-32	7616688.259	319802.324	1888.310	PB
P-33	7616691.839	319683.215	1896.135	PB
P-34	7616709.348	319652.366	1897.744	PB
P-35	7616843.468	319492.761	1908.585	PB
P-36	7616866.021	319484.812	1908.985	PB
P-37	7616941.160	319528.030	1909.452	PB
P-38	7616958.710	319523.050	1909.686	PB
P-39	7617040.061	319311.938	1911.152	PB
P-40	7617068.700	319288.837	1911.346	PB
P-41	7617140.475	319110.153	1912.587	PB
P-42	7617149.039	319117.574	1912.553	PB
P-43	7617184.016	319005.485	1913.351	PB
P-44	7617198.515	318997.551	1913.509	PB

Fuente: Elaboración propia

Las coordenadas geográficas del levantamiento topográfico (este, norte, elevación, más su respectiva descripción) se muestra a continuación (hacemos notar que debido a la gran cantidad de puntos levantados se presentará una tabla parcial con dichos puntos y el detalle completo de coordenadas geográficas estará en el anexo N° 1, estudio topográfico).

3.2.2 Estudio hidrológico

Este acápite trata del estudio hidrológico del diseño de ciclovía en los tramos 1 y 2 (av. Celedonio Ávila y campo deportivo García Agreda), parte correspondiente al análisis pluviométrico, determinación de las intensidades de las lluvias para distintos periodos de retorno y la intensidad en los 10 min de máxima concentración para el diseño hidráulico de las obras de drenaje.

La determinación de las curvas de intensidad – duración- frecuencia se basa en los registros continuos de las lluvias a lo largo del periodo de registro relativamente largo como para poder realizar un análisis estadístico de las intensidades en diferentes intervalos de tiempo. En el caso del presente proyecto se tiene tan solo registros continuos de la lluvia en la zona de influencia del proyecto de las estaciones de el Tejar y aeropuerto.

La metodología del estudio hidrológico y drenaje consideran la evaluación de las variables hidrológicas que se pueden obtener de la zona, a partir el cual se propone el sistema de drenaje, para lo cual se realizó la siguiente tarea:

Se consideró necesario realizar una evaluación pluviométrica de la red existente en el tramo 1 (av. Celedonio Ávila) a partir de las precipitaciones máximas en 24 horas.

Realizando un análisis pluviométrico se tiene los siguientes criterios de análisis:

Los registros de precipitación máxima diaria anual (máxima precipitación diaria medida durante un año), se someten a una evaluación probabilística para obtener funciones de distribución teórica que mejor se ajuste al campo de la muestra de las precipitaciones registradas.

Los valores de muestra les permiten calcular los parámetros estadísticos, caracterizados en parámetros de:

- Tendencia central
- Dispersión (desviación estándar)
- Asimetría (sesgo)

Los parámetros estadísticos calculados a partir de los registros de precipitación máxima diaria anual (precipitación máxima anual en 24 horas, es el valor máximo durante un año medido durante un día) se muestra a continuación.

3.2.2.1 Estimación de lluvias máximas.

Información climatológica La información climatológica con la que se ha trabajado corresponde a las estaciones: El Tejar y Aeropuerto.

Precipitación. - Se ha realizado un análisis de la precipitación anual y máxima, para evaluar la consistencia de la información y la determinación de la tormenta hipotética según el periodo de retorno de diseño y verificación.

Precipitación máxima.

La precipitación máxima en 24 horas en la zona de estudio posee los siguientes estadísticos:

Tabla 3. 1: Estadístico de la precipitación máxima en 24 horas.

Estación	Estadístico				
	Número de datos	Promedio	Desviación	Moda	Característica
Aeropuerto	64	58.18	20.68	48.88	0.76
El Tejar	35	32.19	10.58	27.43	0.69

Fuente: Elaboración propia en base a información del SENAMHI

Los valores estadísticos fueron obtenidos para la distribución de Gumbel, recomendada en el manual de hidrología y drenaje - ABC.

3.2.2.2 Precipitación máxima probable

Paso N°1

Seleccionar los datos: Se selecciona datos de altura de lluvia de 24 horas o alturas de lluvias máximas diarias.

Paso N°2

Para cada estación calcular:

Cuadro 3. 3: Parámetros estadísticos de precipitación máxima diaria

	Estación el Tejar	Estación Aeropuerto
Media(hd)	32.19	58.18
Desviación (Sd)	10.58	20.68
Moda (Ed)	27.43	48.88
Característica (Kd)	0.69	0.76
Número datos	35	64

Fuente: Elaboración propia

Paso N°3

Ponderación de datos

Moda ponderada

$$Edp = \frac{(Ed_1 * N^o_1) + (Ed_2 * N^o_2) + (Ed_3 * N^o_3)}{N^o_1 + N^o_2 + N^o_3} = 41.89$$

$$Kdp = \frac{(Kd_1 * N^o_1) + (Kd_2 * N^o_2) + (Kd_3 * N^o_3)}{N^o_1 + N^o_2 + N^o_3} = 0.73$$

Paso N°4

Modelo probabilístico de Gumbel

Cálculo de altura de lluvia máxima diaria (Hdt)

$$H_{dT} = Ed * (1 + Kd * \log(T))$$

Donde:

Ed =Moda ponderada

Kd =Característica ponderada

T =Periodo de retorno

Cuadro 3. 4: Hdt para distintos periodos de retorno

T (años)	Hdt altura de lluvias (mm)
20	81.75
50	93.94
100	103.16

Fuente: Elaboración propia

Paso N°5

Cálculo de altura máxima horaria

$$h_{tT} = h_{dT} * \left(\frac{t_c}{\alpha}\right)^\beta$$

Donde:

h_{tT} = Lluvias máximas horarias (mm)

h_{dT} = Altura de lluvia máxima diaria

T_c =Duración de la lluvia

α =Equivalente de la lluvia = 2 para cuencas < 20km².

β =Constante de la lluvia = 0.25 para nuestra zona.

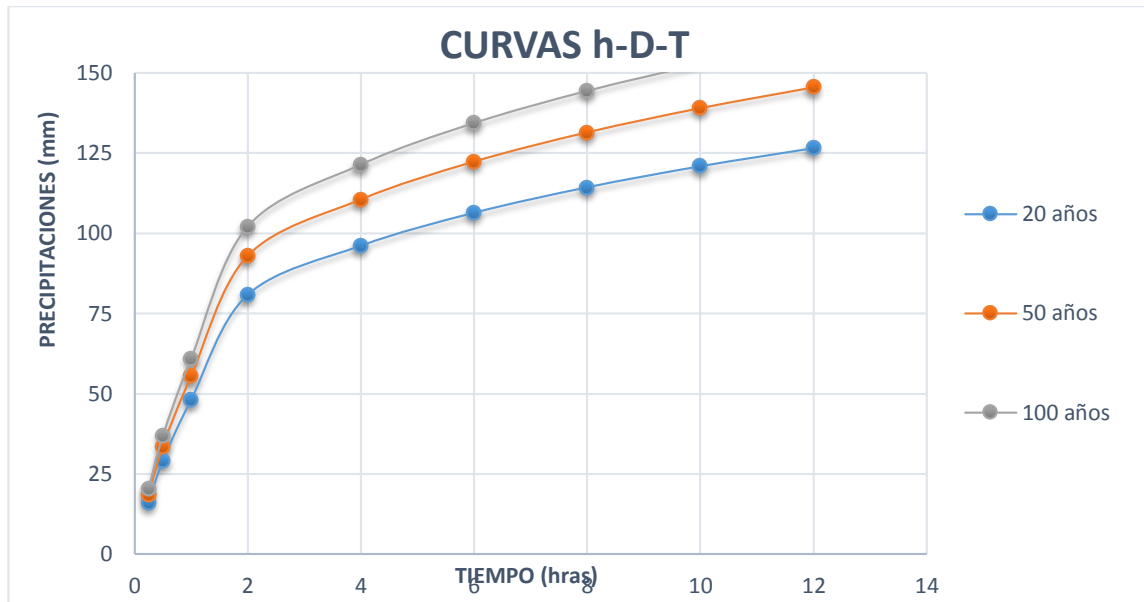
En el siguiente cuadro se determinarán las lluvias máximas horarias para diferentes periodos de retorno y duraciones de lluvia

Cuadro 3. 5: Lluvias máximas horarias para distintos periodos de retorno

Altura de lluvia máxima horaria en (mm)										
Periodo de retorno T(años)	0 Hrs.	0.25 Hrs.	0.5 Hrs.	1 Hrs.	2 Hrs.	4 Hrs.	6 Hrs.	8 Hrs.	10 Hrs.	12 Hrs.
20	0	16.03	29.09	48.13	81.75	97.21	107.59	115.61	122.24	127.94
50	0	18.45	33.47	55.38	93.94	111.71	123.63	132.85	140.47	147.02
100	0	20.27	36.79	60.86	103.16	122.68	135.77	145.89	154.26	161.45

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 6: Curva de precipitación



Fuente: Elaboración propia

3.2.2.3 Intensidades máximas (mm/hr).

Determinación de las intensidades máximas para la construcción de la curva I.D.F. para diferentes periodos de retorno. Se utilizará la siguiente fórmula:

$$i_{\max} = \frac{h_{tT}}{t_c}$$

Donde:

i_{\max} = Intensidades máximas (mm/hr)

h_{tT} = Altura de lluvia máxima horaria

t_c = Tiempo de concentración

Cuadro 3. 6: Curvas de intensidad - Duración –Frecuencia

Período de retorno (Años)		h_{tT} en (mm)	t_c (hrs)	i_{\max} en (mm/hora)
T	20	13.80	0.212	65.10
T	50	15.88		74.90
T	100	17.45		82.32

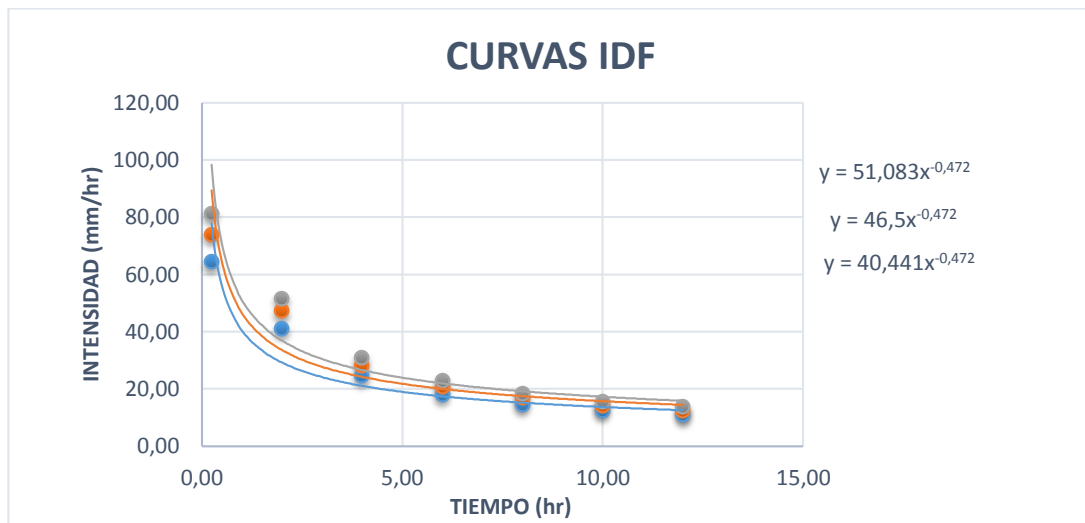
Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3. 7: Intensidad máximas en diferentes tiempos

Periodo de duración de lluvias en horas (T)							
Periodo de retorno T(Años)	0.25	2	4	6	8	10	12
	Hrs.	Hrs.	Hrs.	Hrs.	Hrs.	Hrs.	Hrs.
20	64.13	40.87	24.3	17.93	14.45	12.22	10.66
50	73.79	46.97	27.93	20.6	16.61	14.05	12.25
100	81.1	51.58	30.67	22.63	18.24	15.43	13.45

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 7: Curvas IDF



Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3. 8: Ecuaciones de intensidad -Duración-Periodo de retorno

Para t= 20 años	$i_{m\acute{a}x} = 40.441x^{-0.472}$
Para t= 50 años	$i_{m\acute{a}x} = 46.500x^{-0.472}$
Para t= 100 años	$i_{m\acute{a}x} = 51.083x^{-0.472}$

Fuente: Elaboración propia

3.2.3 Estudio geotécnico

El estudio geotécnico se realizó en el distrito 11, 12 y 13 de la ciudad de Tarija, comprende el estudio de suelos, más sus propiedades físico – mecánicas. El objetivo principal de la mecánica de suelos, es estudiar el comportamiento del suelo, para ser usado como material de construcción o como base de sustentación de las obras de ingeniería de caminos.

La investigación geotécnica, se subdividió en tres etapas:

- Etapa de campo
- Etapa de laboratorio
- Etapa de gabinete

El trabajo de campo consistió en la excavación manual de 10 apiques cada 500 metros aproximadamente dependiendo de la estructura del mismo, con una profundidad mínima de 1 m, obteniendo de cada apique una cantidad aproximada de muestra de 35 kg, con la finalidad de conocer la distribución de los diferentes materiales determinados en punto de exploración y así establecer las condiciones de humedad, densidad natural y las situaciones estructurales de la sub rasante.

Cuadro 3. 9: Resumen muestreo de suelo

Nº	Muestra	Tramo	Progresiva
1	M1	1	0+010
2	M2	1	0+530
3	M3	1	1+020
4	M4	1	1+520
5	M5	2	0+000
6	M6	2	0+500
7	M7	2	0+960
8	M8	4	0+320
9	M11	4	0+600
10	M12	5	1+010

Fuente: Elaboración propia

Las muestras obtenidas se llevaron al laboratorio para su respectivo análisis especializado de mecánica de suelos.

Los ensayos de laboratorio son:

- Distribución granulométrica de los materiales constitutivos del suelo, mediante la vía del tamizado según ASTM;(este proceso se realizó desde el tamiz de 2 ½” hasta el tamiz N° 200).

Tabla 3. 2: Número de tamices con su respectivo diámetro

Tamices	Tamaño (mm.)
2 ½ Pulg.	63
2 Pulg.	50
1 ½ Pulg.	37.5
1 Pulg.	25
¾ Pulg.	19
½ Pulg.	12.5
3/8 Pulg.	9.5
N° 4	4.75
N° 10	2.0
N° 40	0.425
N° 200	0.075

Fuente:Manual de laboratorio de suelos en ingeniería ”Joseph E. Bowles”

- Establecimiento de los límites de consistencia o límites de Atterberg: (Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad).
- Determinación de la relación humedad- densidad mediante el ensayo proctor modificado AASHTO T 180.
- Determinación de la capacidad de soporte CBR programada según los resultados de compactación y humedad óptima.

Los respectivos ensayos están en el anexo 3 (Estudio Geotécnico)

Gráfico 3. 8: Plano geotécnico



Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3. 10: Resultados de suelos.

Nº de Muestra	Tramo	Prog.	% H. Natural	Granulometría									Límites			Clasif. AASTHO		Clasif. USCS	Proctor		CBR	
		Estaca		3"	2"	1"	3/4"	3/8"	Nº4	Nº 10	Nº 40	Nº 200	L.I.	L.p.	l.p.	D. Max.	H. op.		100%	95%		
M1	1	0+010	10.44	100	100	100	100	100	100	99.9	99.6	20.6	22.4	NP	0	A - 2-4	0	SM	1.92	10.6	53.7	27.6
M2	1	0+530	13.88	100	95.6	83.7	78.7	70.9	67.6	65.5	63	42.2	31.7	18	13.7	A - 6	3	GC	1.90	11.7	5	3.3
M3	1	1+020	5.49	93	86.8	75.4	72.5	64.9	60	57	53	53.8	19.8	NP	0	A - 2-4	0	GM	2.06	8.6	58.9	30.3
M4	1	1+520	2.51	100	100	100	100	100	100	99.8	95.5	13.6	16.7	NP	0	A - 2-4	0	SM	1.89	9.4	46	29.9
M5	2	0+010	15.85	100	100	100	100	98.1	97.2	94.2	90.7	48.8	26.8	13.9	12.9	A - 6	4	SC	1.96	10.1	2.9	2.02
M6	2	0+500	3.05	100	100	95.8	93	87	82.6	78.7	65.1	36.2	13.8	NP	0	A - 4	0	SM	2.05	8.9	57	36.2
M7	2	0+960	9.94	100	97.37	84.13	76.41	58.48	46.99	36.05	29.37	17.89	23.0	11	12	A - 2-6	0	GC	2.09	11.8	58	46
M8	4	0+320	23.81	100	100	100	100	100	100	100	99.48	92.98	38.0	23.0	14.0	A - 6	10	CL	1.98	16.5	19	18
M9	4	0+600	6.68	100	100	100	100	100	100	97.27	81.62	34.19	-	NP	-	A - 2-4	0	SM	1.79	9.97	54	41
M10	5	1+040	0.98	100	100	98.46	94.59	80.92	63.86	44.07	21.09	0.93	41	26	15	A - 6	10	CL	2.21	6.2	11	11

Fuente: Elaboración propia

3.2.4 Estudio de tráfico.

3.2.4.1 Aforo de vehículos y peatones en intersecciones.

Procedimiento para la recolección de datos. - Para el estudio de tráfico se realizó el aforo de volumen vehicular y peatonal que cruzan las diferentes intersecciones que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3. 3: Intersecciones

Intersección	Descripción
1	Av. José Julián Pérez
2	Puente Bicentenario
3	Av. La Banda
4	Av. Los Sauces
5	Av. Luis de Fuentes
6	Av. Luis de Fuentes y Psj. Zedeño
7	Av. José María Avilés y Av. Carlos Zenteno
8	Av. Mario Cossío C. y Av. Horacio Aramayo
9	c/ Manuel Uriondo y Av. Horacio Aramayo
10	Av. Los Ceibos y Av. Horacio Aramayo
11	Av. Francisco Uriondo y Av. Horacio Aramayo

Fuente: Elaboración propia

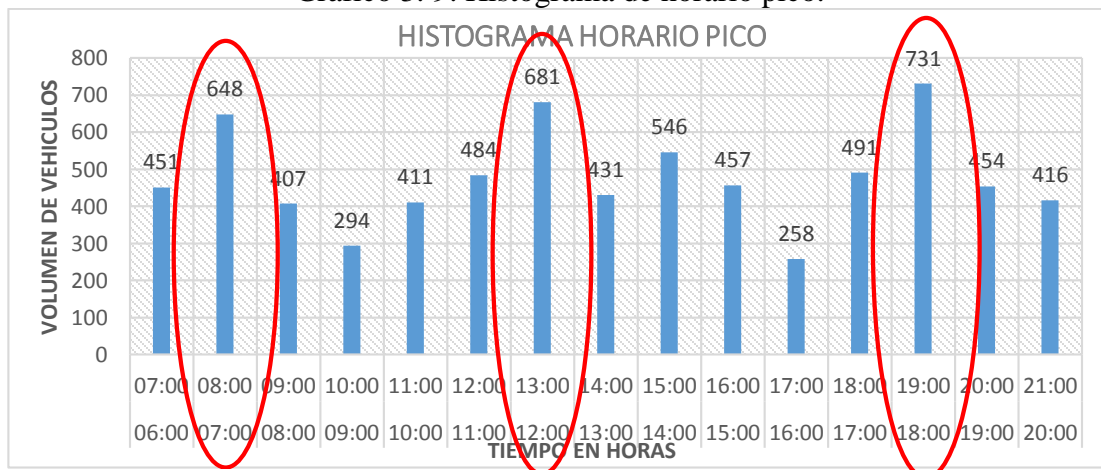
Determinación del horario pico. - Para la obtención de los horarios pico se realizó el aforo vehicular por un día desde horas 06:00 a 20:00 consecutivo en la zona más crítica, registrando los datos en la siguiente tabla:

Tabla 3. 4: Datos para determinar horario pico.

Intersección 5 Av. Luis de Fuentes		
Tiempo (horas)		Volumen (vehículos)
06:00	07:00	451
07:00	08:00	648
08:00	09:00	407
09:00	10:00	294
10:00	11:00	411
11:00	12:00	484
12:00	13:00	681
13:00	14:00	431
14:00	15:00	546
15:00	16:00	457
16:00	17:00	258
17:00	18:00	491
18:00	19:00	731
19:00	20:00	454
20:00	21:00	416

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 9: Histograma de horario pico.



Fuente: Elaboración propia

Se estableció horarios picos a horas 7:00-8:00, 12:00-13:00 y 18:00-19:00. Este aforo se realizó por el método manual durante un mes, 3 veces por semana de los cuales 2 días hábiles y 1 día inhábil

Resumen aforo de volumen vehicular y peatonal. - Tabla resumida de los resultados de aforos de volumen vehicular y peatonal en las intersecciones del diseño; los detalles de cálculos se detallan en anexo 4 (estudio de tráfico).

Tabla 3. 5: Resultados de aforo de volumen vehicular

Intersección	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Descripción
1	554	436	-	-	Av. Celedonio Ávila
2	335	364	-	-	Puente Bicentenario
3	253	206	-	-	Av. La Banda
4	325	347	-	-	Av. Los Sauces
5	445	404	-	-	Av. Luis de Fuentes
6	315	288	322	-	Av. Luis de Fuentes y Psj. Zedeño
7	195	180	217	-	Av. José María Avilés y Av. Carlos Zenteno
8	195	167	214	-	Av. Mario Cossío C. y Av. Horacio Aramayo
9	206	156	224	198	c/ Manuel Uriondo y Av. Horacio Aramayo
10	374	355	384	377	Av. Los Ceibos y Av. Horacio Aramayo
11	155	184	176	-	Av. Francisco Uriondo y Av. Horacio Aramayo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. 6: Resultados de aforo de volumen peatonal

Intersección	Acceso 1	Acceso 2	Acceso 3	Acceso 4	Descripción
1	20	18	-	-	Av. Celedonio Ávila
2	24	22	-	-	Puente Bicentenario
3	14	12	-	-	Av. La Banda
4	17	15	-	-	Av. Los Sauces
5	12	11	-	-	Av. Luis de Fuentes
6	10	9	7	-	Av. Luis de Fuentes y Psj. Zedeño
7	22	20	13	-	Av. José María Avilés y Av. Carlos Zenteno
8	29	27	33	-	Av. Mario Cossío C. y Av. Horacio Aramayo
9	22	20	27	10	c/ Manuel Uriondo y Av. Horacio Aramayo
10	26	24	31	14	Av. Los Ceibos y Av. Horacio Aramayo
11	17	16	22	-	Av. Francisco Uriondo y Av. Horacio Aramayo

Fuente: Elaboración propia

3.2.4.2 Trafico promedio diario

El flujo vehicular es comúnmente cuantificado como el tráfico promedio diario anual (TPDA) que simplemente representa la cantidad de vehículos al día que circulan en promedio durante el año de referencia.

Para el diseño de la ciclovía se asumirá que al menos circulará un vehículo tipo liviano por día, por tema de mantenimiento y limpieza. El mismo será el tráfico promedio diario de diseño.

Tabla 3. 7: Tráfico promedio diario de diseño

Tipo de vehículo	TPD(veh/día)
Liviano	1

Fuente: Elaboración propia

3.2.4.3 Índice de crecimiento

El índice de crecimiento vehicular se calculó utilizando el método estadístico de progresión geométrica y tomando volúmenes de vehículos del parque automotor de la ciudad de Tarija del año 2003 al 2015, según la información del Instituto Nacional de Estadística (registro único para la administración tributaria municipal), para un periodo de diseño de n=20 años.

Tabla 3. 8: Índice de crecimiento

Tipo de vehículo	TPD(veh/día)	Índice de crecimiento(IC)
Liviano	1	10.033 %

Fuente: Elaboración propia

3.2.4.4 Factor de carga equivalente (FCE)

El factor de carga para un vehículo tipo liviano se tomó como referencia la tabla TR38 ESALs para cada clase de vehículo en pavimento flexible del SNC.

Tabla 3. 9: Factor de carga equivalente (FCE)

Tipo de vehículo	TPD(veh/día)	Factor de carga equiv. (FCE)
Liviano	1	0.005

Fuente: Elaboración propia

3.2.4.5 Número de ejes equivalentes

El número total de ejes equivalentes de un vehículo tipo liviano para un concreto asfáltico en un periodo de diseño de $n=20$ años se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 3. 10: Número de ejes equivalentes

Tipo de vehículo	Número de ejes equivalentes w_{18}
Liviano	621.536

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, asumiremos el valor mínimo de $w_{18}= 0.1*10^6$ para el diseño de la ciclovía. Los respectivos cálculos y detalles se encuentran en el anexo 3 (Estudio de tráfico).

3.3 DISEÑO DE INGENIERÍA

3.3.1 Análisis y elección de alternativas

El análisis y elección de alternativas consiste en escoger el trazo preliminar más adecuado, utilizando mapas, planos levantados o características del terreno. En este caso se utilizaron imágenes satelitales de Google Earth y el modelo de superficie realizado a partir del levantamiento topográfico.

Alternativa 1

En esta alternativa comprenden siete tramos en las zonas del distrito 11, 12 y 13, las mismas que comprenden las avenidas mostradas en la tabla 3.11

Alternativa 2

En esta alternativa comprenden siete tramos en las zonas del distrito 11, 12 y 13, las mismas que comprenden las avenidas mostradas en la tabla 3.12

Tabla 3. 11: Trazo alternativa 1

Tramo	Avenidas y sectores	Longitud (m)
Tramo 1	Av. Celedonio Ávila	1550
Tramo 2	Campo deportivo García Agreda	974
Tramo 3	Av. La banda	300
Tramo 4	Pasaje Narváez	300
Tramo 5	Av. Luis de Fuentes	745
Tramo 6	Av. José M. Avilés y Av. Mario Cossío	125
Tramo 6	Carlos Zenteno y Av. Julio Arce	370
Tramo 7	Av. Horacio Aramayo de ida	369
Tramo 7	Av. Horacio Aramayo de vuelta	369
Tramo 7	Av. Horacio Aramayo	225
Longitud total (alternativa 1):		5327 m

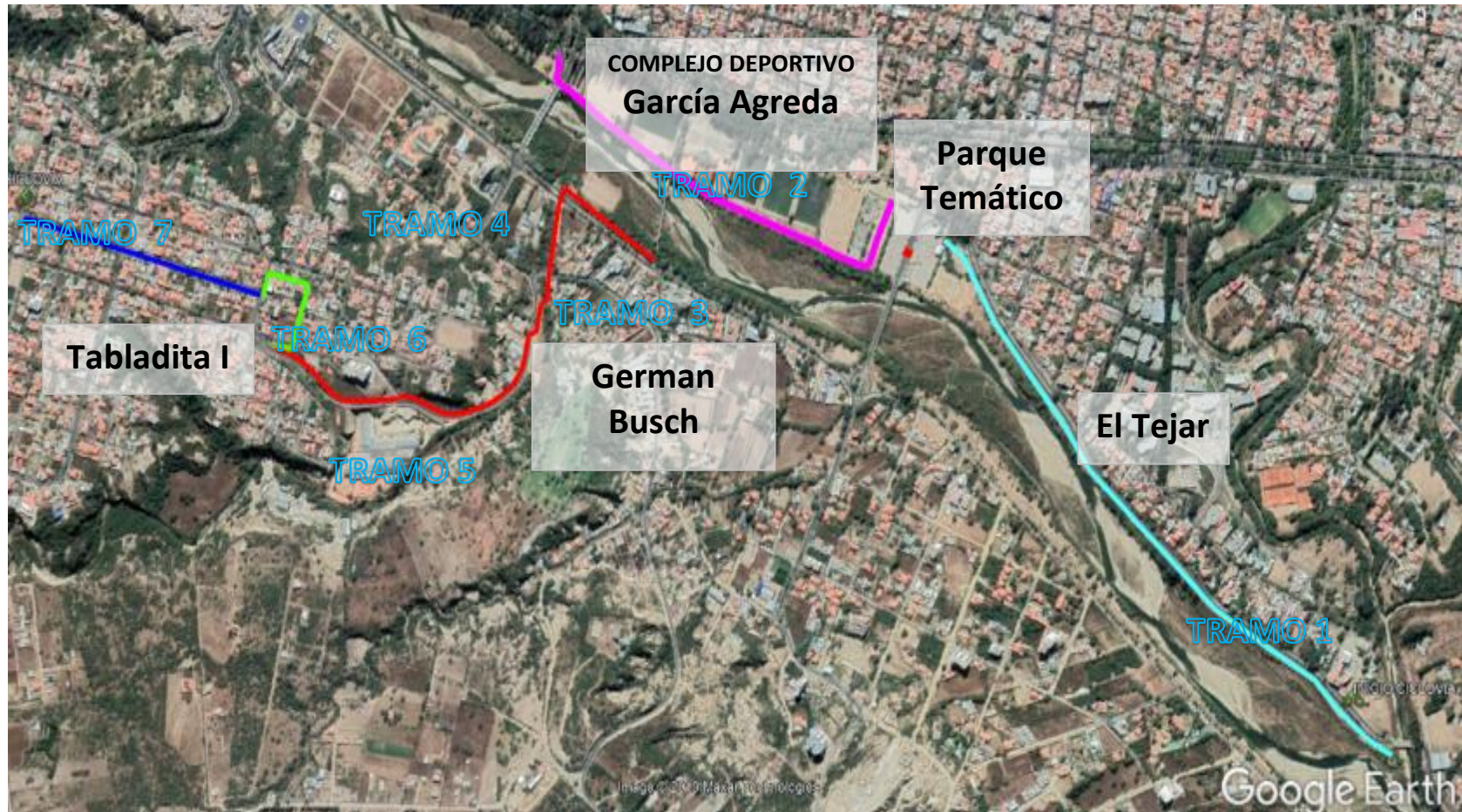
Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. 12: Trazo alternativa 2

Tramo	Avenidas y sectores	Longitud (m)
Tramo 1	Av. Celedonio Ávila	1550
Tramo 2	Campo deportivo García Agreda	974
Tramo 3	Av. La banda	300
Tramo 4	Pasaje Narváez	300
Tramo 5	Av. Luis de Fuentes	390
Tramo 6	Av. José M. Avilés, c/ Manuel Uriondo	714
Tramo 6	Av. Carlos Zenteno y av. Mario Cossío	495
Tramo 7	Av. Horacio Aramayo de ida	239
Tramo 7	Av. Horacio Aramayo de vuelta	239
Tramo 7	Av. Horacio Aramayo	225
Longitud total (alternativa 2):		5426 m

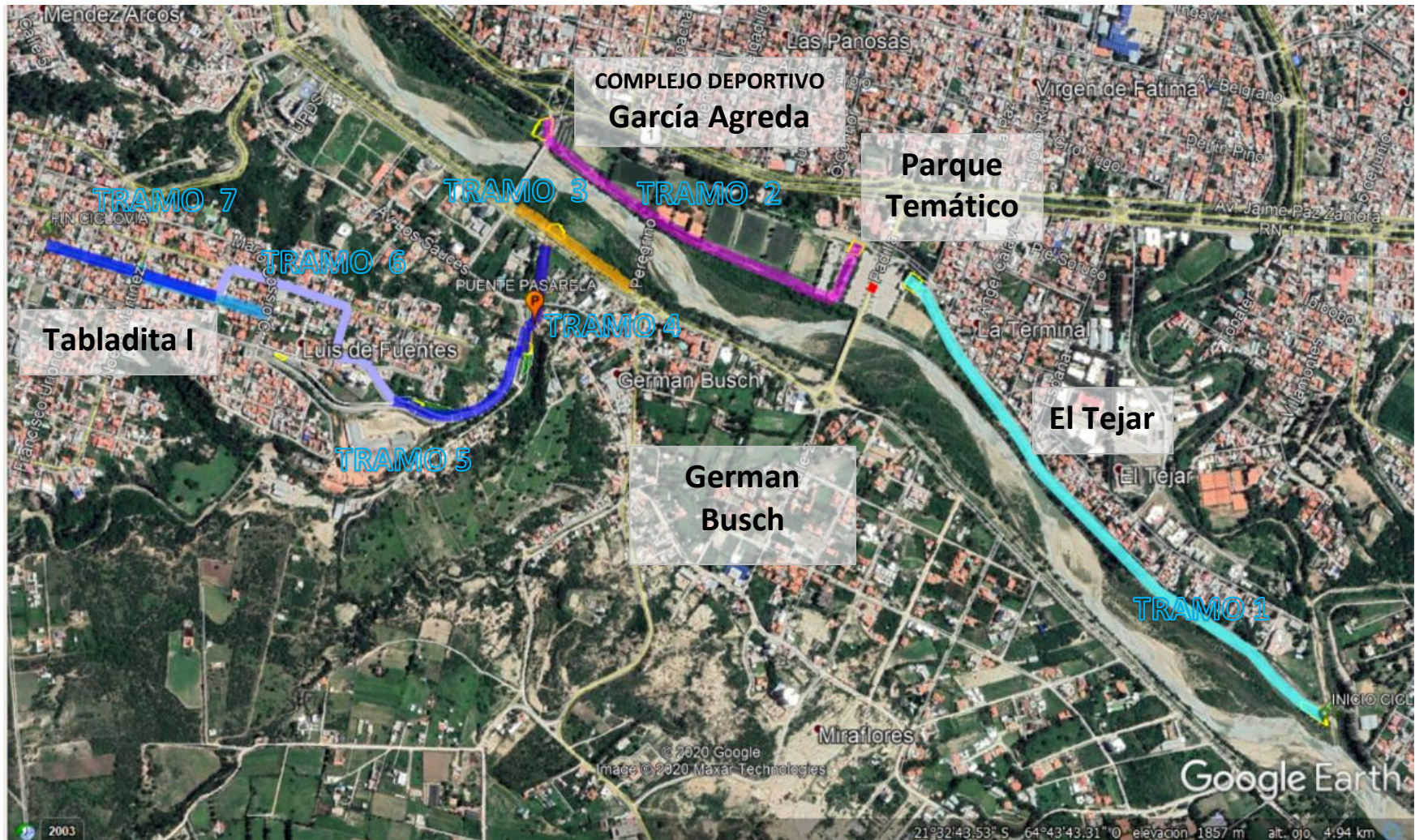
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 10: Trazo de alternativa 1



Fuente Google Earth

Gráfico 3. 11: Trazo de alternativa 2



Fuente Google Earth

- El trazo de la alternativa 1 presenta una longitud aproximada de 5327 m. en esta alternativa presenta una pendiente máxima de 8.6 % y una pendiente mínima de 0.05 %.
- El trazo de la alternativa 2 presenta una longitud aproximada de 5426 m. en esta alternativa presenta una pendiente máxima de 9.5 % y una pendiente mínima de 0.05 %.

Se optó por la alternativa 1 porque las características urbanas cumplen con las condiciones geométricas que plantea el manual de diseño de ciclo rutas P.M.C. (PLAN MAESTRO DE CICLORUTAS BOGOTÁ-COLOMBIA).

El detalle de alternativa 1 se verá desde dos puntos de vista:

- Geometría ciclovitaria.

En los tramos 6 y 7 tenemos la opción de utilizar parte del margen izquierdo de la calzada sin perjudicar el espacio de parqueo o estacionamiento de vehículos.

Los tramos son más rectos y directos en su trayectoria hacia el final de la ciclovía.

El tramo 6 de la alterativa 2 presenta una pendiente longitudinal mayor a 9.5 % en una longitud de 103 m lo que causaría fatiga al ciclista y optaría por cambiar su ruta.

- Social.

Desde el punto de vista social la alternativa 1 se conecta con ciclovías existentes de la Alcaldía Municipal de Tarija formando ciclo vías correlativas, seguras y beneficia a los distritos 11, 12 y 13.

- Ambiental.

El aprovechamiento del paisaje natural que presenta los diferentes tramos sobre todo el tramo 1, tramo 2, tramo 3 y parte del tramo 4 (av. Celedonio Ávila, campo García Agreda y el pasaje Narváez), hace más agradable el recorrido y de más interés para una determinada ruta para los ciclistas. Por lo tanto, el tratamiento del medio ambiente urbano, en armonía con el conjunto de las pistas ciclovitarias destinadas a la recreación como a las de uso utilitario, es fundamental para el estímulo de uso de la infraestructura por el ciclista.

3.3.2 Diseño geométrico

El diseño geométrico de la ciclovía es el proceso de correlación entre sus elementos físicos, mediante el uso de las matemáticas, física y la geometría. En este sentido, la ciclo

vía queda geoméricamente definida por el trazado de su eje en planta, en perfil y por el trazo de su sección transversal.

3.3.2.1 Selección del tipo de infraestructuras para bicicletas

Definimos el tipo de infraestructura para cada tramo de la ciclovía adecuando a la urbanización, aprovechando los espacios disponibles en diferentes tramos y tomando en cuenta las recomendaciones que plantea el manual de diseño de ciclo rutas P.M.C. (PLAN MAESTRO DE CICLORUTAS BOGOTÁ-COLOMBIA).

Tomando en cuenta todas las características definimos el tipo de infraestructura para cada tramo siendo el más apropiado; se detallará en la siguiente tabla:

Tabla 3. 13: Tipo de infraestructura utilizada

Tramo	Descripción	Progresiva		Tipo de pistas y fajas
		Inicio	Fin	
1	Av. Celedonio Ávila	0+000	1+550	Ciclovía en sitio propio o andén
2	Campo deportivo García Agreda	0+000	0+974	Ciclovía en sitio propio o andén
3	Av. La Banda	0+000	0+300	Ciclovía en sitio propio o andén
4	Pasaje Narváez	0+300	0+600	Ciclovía en sitio propio o andén
5	Av. Luis de Fuentes	0+600	0+800	Bici acera
5	Av. Luis de Fuentes	0+800	1+345	Ciclovía en sitio propio o andén
6	Av. Mario Cossío, Av. Carlos Zenteno, Av. Julio Arce, Av. José Avilés	1+345	1+840	Ciclovía en vía compartida
7	Av. Horacio Aramayo (ida)	1+840	2+215	Ciclovía en vía compartida de ida
7	Av. Horacio Aramayo (vuelta)	2+440	2+803	Ciclovía en vía compartida de vuelta
7	Av. Horacio Aramayo	2+215	2+439	Ciclovía en sitio propio o andén

Fuente: Elaboración propia

3.3.2.2 Pistas y fajas ciclistas

Pueden ser unidireccionales o bidireccionales. Siempre que haya espacio suficiente, se definirá de acuerdo a las recomendaciones del manual de diseño de ciclo rutas P.M.C. (PLAN MAESTRO DE CICLORUTAS BOGOTÁ-COLOMBIA).

Por problemas de seguridad, la implementación de fajas de ciclistas solo es recomendable en casos especiales para dar continuidad al sistema cicloviano como, por ejemplo, en el final de una pista, en el paso de ésta para el tráfico repartido, donde el tráfico ciclístico se justifique por su volumen, o en áreas donde las interferencias laterales sean poco numerosas.

Tomando en cuenta todas las características, definimos el tipo de pistas o fajas para cada tramo. Se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 3. 14: Tipo de pistas y fajas utilizada

Tramo	Descripción	Progresiva		Tipo de pistas y fajas
		Inicio	Fin	
1	Av. Celedonio Ávila	0+000	1+550	Pista bidireccional
2	Campo deportivo García Agreda	0+000	0+974	Pista bidireccional
3	Av. La Banda	0+000	0+300	Pista bidireccional
4	Pasaje Narváez	0+300	0+600	Pista bidireccional
5	Av. Luis de Fuentes	0+600	1+345	Pista unidireccional
6	Av. Mario Cossío, Av. Carlos Zenteno, Av. Julio Arce, Av. José Avilés	1+345	1+840	Pista unidireccional
7	Av. Horacio Aramayo (ida)	1+840	2+215	Pista unidireccional
7	Av. Horacio Aramayo (vuelta)	2+440	2803	Pista unidireccional
7	Av. Horacio Aramayo	2+215	2+439	Pista unidireccional

Fuente: Elaboración propia

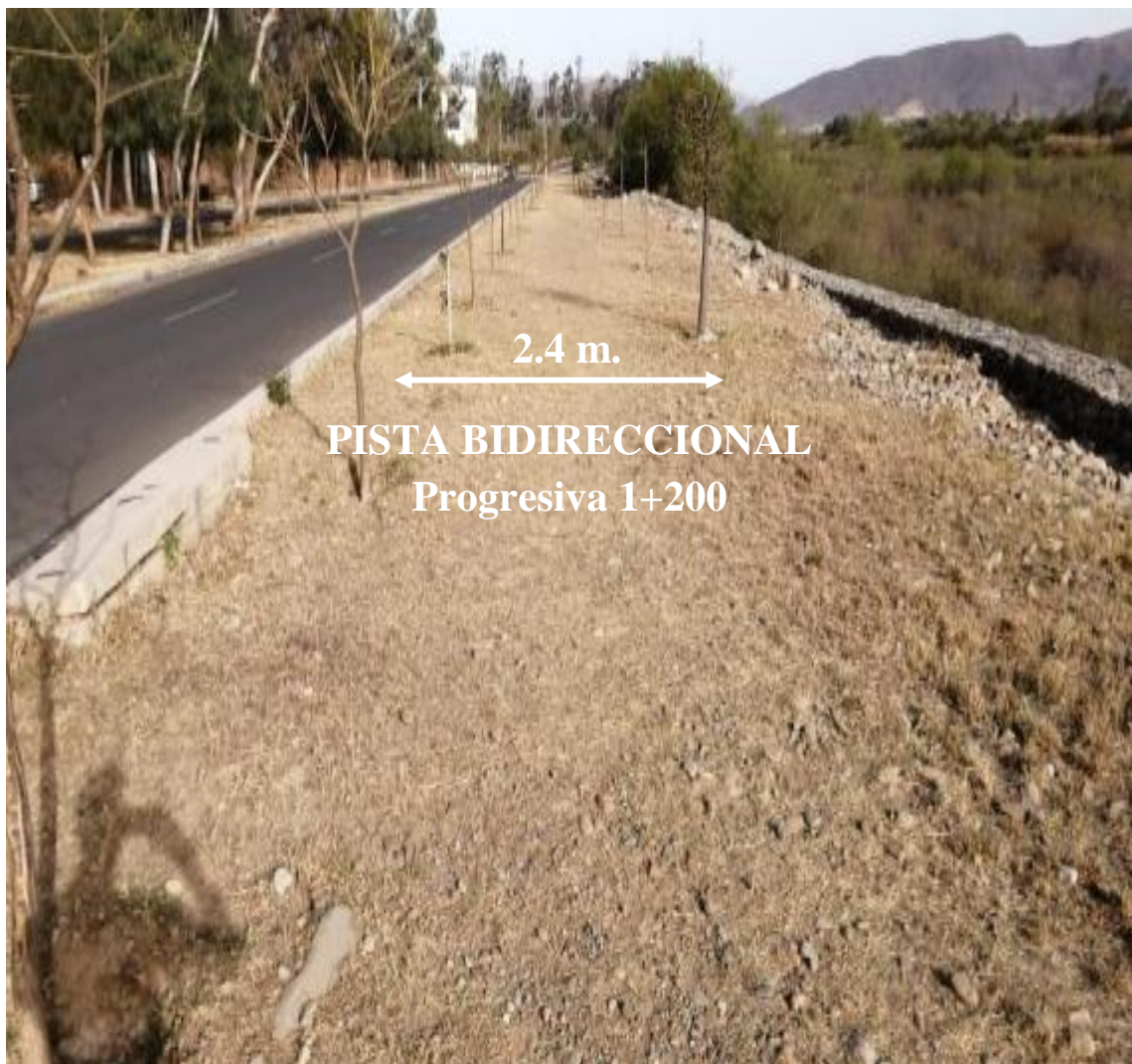
3.3.2.3 Ancho de las pistas y fajas

El ancho de la ciclovia se determinará dependiendo del espacio disponible en los diferentes tramos y tomando en cuenta las recomendaciones del manual de diseño de ciclo rutas P.M.C. (PLAN MAESTRO DE CICLORUTAS BOGOTÁ-COLOMBIA).

En zonas urbanas, los factores que determinan el ancho de las fajas ciclistas son: el tipo de faja, el volumen de bicicletas y el número de fajas ciclistas (unidireccionales o bidireccionales).

Representación gráfica del espacio disponible en los diferentes tramos de la ciclovia:

Gráfico 3. 12: Ancho de pista tramo 1, progresiva 0+010 (av. Celedonio Ávila)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 13: Ancho de pista tramo 1, progresiva 0+500 (av. Celedonio Ávila)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 14: Ancho de pista tramo 2, progresiva 0+010 (parqueo del Parque Temático)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 15: Ancho de pista tramo 2, progresiva 0+200 (García Agreda)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 16: Ancho de pista tramo 3, progresiva 0+100 (av. la Banda)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 17: Ancho de pista tramo 4, progresiva 0+300 (pasaje Narváez)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 18: Ancho de pista tramo 4, progresiva 0+500 (pasaje Narváez)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 19: Ancho de pista tramo 5, progresiva 0+610 (av. Luis de Fuentes)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 20: Ancho de pista tramo 5, progresiva 0+760 (av. Luis de Fuentes)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 21: Ancho de pista tramo 5, progresiva 0+840 (av. Luis de Fuentes)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 22: Ancho de pista tramo 5, progresiva 1+000 (av. Luis de Fuentes)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 23: Ancho de pista tramo 5, progresiva 1+100 (av. Luis de Fuentes)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 24: Ancho de pista tramo 5, progresiva 1+120 (av. Luis de Fuentes)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 25: Ancho de pista tramo 5, progresiva 1+200 (av. Luis de Fuentes)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 26: Ancho de pista tramo 7, progresiva 1+900 (av. Horacio Aramayo)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 27: Ancho de pista tramo 7, progresiva 2+000 (av. Horacio Aramayo)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 28: Ancho de pista tramo 7, progresiva 2+100 (av. Horacio Aramayo)



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 29: Ancho de pista tramo 7, progresiva 2+200 (av. Horacio Aramayo)



Fuente: Elaboración propia

La ciclo vía debe tener unas dimensiones mínimas que permitan el tránsito y la maniobrabilidad de los ciclistas; por lo tanto, el manual de diseño de ciclo rutas P.M.C. (PLAN MAESTRO DE CICLORUTAS BOGOTÁ-COLOMBIA) nos proporciona características de un espacio útil para un ciclista y de acuerdo a las gráficas mostradas anteriormente determinamos un adecuado ancho, para la circulación de los ciclistas, tanto en un sentido como en doble sentido, para que la circulación se produzca en condiciones de comodidad y seguridad.

Los anchos de la ciclo vía para cada tramo se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 3. 15: Ancho de las pistas

Tramo	Descripción	Progresiva		Ancho de las pistas (m)
		Inicio	Fin	
1	Av. Celedonio Ávila	0+000	1+550	2.4
2	Campo deportivo García Agreda	0+000	0+974	2.4
3	Av. La Banda	0+000	0+300	2
4	Pasaje Narváez	0+300	0+600	2.4
5	Av. Luis de Fuentes	0+600	1+345	1.5
6	Av. Mario Cossío, Av. Carlos Zenteno, Av. Julio Arce, Av. José Avilés	1+345	1+840	1.25
7	Av. Horacio Aramayo (ida)	1+840	2+215	1.25
7	Av. Horacio Aramayo (vuelta)	2+440	2+803	1.25
7	Av. Horacio Aramayo	2+215	2+439	1.25

Fuente: Elaboración propia

3.3.2.4 Pendientes

El diseño de la ciclovía tiene que adecuarse al diseño de las diferentes avenidas y calles tomando en cuenta sus respectivas pendientes que se muestra a detalle en la siguiente tabla:

Tabla 3. 16: Detalle de pendientes

Tramo	Descripción	Progresiva		Pendiente %	Longitud (m)
		Inicio	Fin		
1	Av. Celedonio Ávila	0+000	0+042	0.68	41.852
1	Av. Celedonio Ávila	0+042	0+134	1.914	92.009
1	Av. Celedonio Ávila	0+134	0+186	1.905	52.566
1	Av. Celedonio Ávila	0+186	0+234	0.819	47.617
1	Av. Celedonio Ávila	0+234	0+323	1.738	89.438
1	Av. Celedonio Ávila	0+323	0+518	1.582	194.967
1	Av. Celedonio Ávila	0+518	0+685	1.24	166.601
1	Av. Celedonio Ávila	0+685	0+868	0.48	183.635
1	Av. Celedonio Ávila	0+868	0+940	0.492	71.267
1	Av. Celedonio Ávila	0+940	1+375	0.967	435.1
1	Av. Celedonio Ávila	1+375	1+549	0.982	174.39
2	Campo deportivo García Agreda	0+000	0+022	3.583	21.658
2	Campo deportivo García Agreda	0+022	0+146	0.241	124.722
2	Campo deportivo García Agreda	0+146	0+184	3.475	37.235
2	Campo deportivo García Agreda	0+184	0+220	2.189	35.953
2	Campo deportivo García Agreda	0+220	0+255	0.301	35.767
2	Campo deportivo García Agreda	0+255	0+285	2.859	29.803

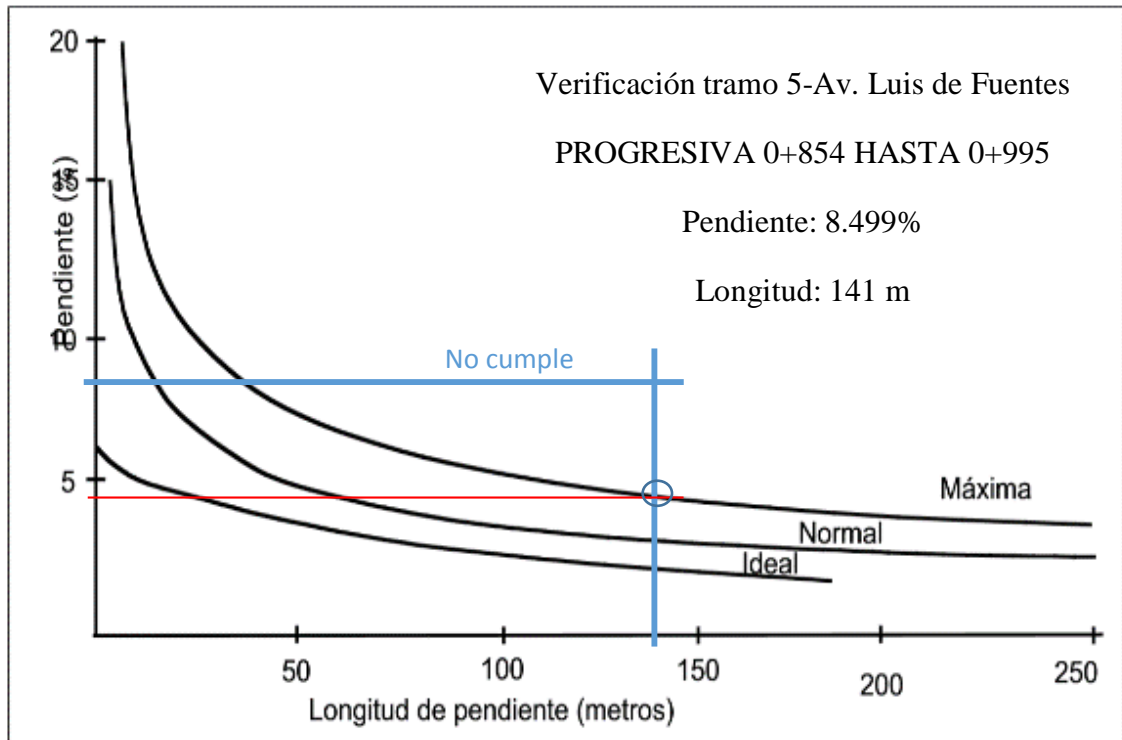
Tramo	Descripción	Progresiva		Pendiente %	Longitud (m)
		Inicio	Fin		
2	Campo deportivo García Agreda	0+285	0+288	0.046	3.178
2	Campo deportivo García Agreda	0+288	0+320	2.422	31.684
2	Campo deportivo García Agreda	0+320	0+538	0.901	218.016
2	Campo deportivo García Agreda	0+538	0+736	0.647	197.642
2	Campo deportivo García Agreda	0+736	0+802	1.241	66.723
2	Campo deportivo García Agreda	0+802	0+861	2.686	58.347
2	Campo deportivo García Agreda	0+861	0+884	5.026	23.369
2	Campo deportivo García Agreda	0+884	0+955	1.922	70.786
2	Campo deportivo García Agreda	0+955	0+974	5.508	18.67
3	Av. La Banda	0+000	0+061	0.139	60.856
3	Av. La Banda	0+083	0+124	4.086	40.482
3	Av. La Banda	0+155	0+167	0.207	11.307
3	Av. La Banda	0+184	0+218	3.297	34.032
3	Av. La Banda	0+246	0+300	0.102	53.822
4	Pasaje Narváez	0+300	0+328	0.242	29.348
4	Pasaje Narváez	0+381	0+432	5.272	51.058
4	Pasaje Narváez	0+457	0+468	5.059	10.936
4	Pasaje Narváez	0+475	0+527	0.409	53.685
4	Pasaje Narváez	0+539	0+558	4.287	18.899
4	Pasaje Narváez	0+560	0+625	1.456	64.886
5	Av. Luis de Fuentes	0+687	0+743	0.677	55.881

Tramo	Descripción	Progresiva		Pendiente %	Longitud (m)
		Inicio	Fin		
5	Av. Luis de Fuentes	0+854	0+995	8.499	140.762
5	Av. Luis de Fuentes	0+995	1+041	8.256	46.326
5	Av. Luis de Fuentes	1+045	1+191	5.488	145.727
5	Av. Luis de Fuentes	1+233	1+302	5.058	68.770
5	Av. Luis de Fuentes	1+303	1+345	7.023	45.082
6	Av. Carlos Zenteno	1+345	1+373	1.766	28.292
6	Av. Carlos Zenteno	1+400	1+468	0.690	68.026
6	Av. Carlos Zenteno	1+490	1+520	0.005	30.36
6	Av. Julio Arce	1+539	1+583	2.163	43.494
6	Av. Mario Cossío	1+598	1+691	0.203	93.361
6	Av. José Avilés	1+757	1+836	1.323	78.692
7	Av. Horacio Aramayo (ida)	1+840	2+215	0.635	375
7	Av. Horacio Aramayo (vuelta)	2+440	2+803	0.635	363
7	Av. Horacio Aramayo	2+215	2+439	0.540	224

Fuente: Elaboración propia

El manual de diseño de ciclo rutas P.M.C. (PLAN MAESTRO DE CICLORUTAS BOGOTÁ-COLOMBIA) nos proporciona la siguiente grafica para la verificación de la pendiente máxima en función de la longitud.

Gráfico 3. 30: Verificación de la pendiente aceptable en función de la longitud para el tramo 5, progresiva 0+854 hasta 0+995



Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual De Diseño De Ciclorutas, Plan Maestro De Ciclorutas Para Santa Fé De Bogotá D.C. Ed. Projekta Ltda., Interdiseños Ltda., Santa Fé De Bogotá D.C. 1999, 93 p.
 Fuente: Fuente: Elaboración propia

La pendiente del tramo 5 (Av. Luis de Fuentes), en la progresiva 0+854 hasta la progresiva 0+995 con una pendiente de 8.499%, en una longitud de 141 m, no cumple con las pendientes máximas admisibles en función de la longitud.

Por lo tanto, al no poder modificar las pendientes y manteniendo la continuidad de la ciclovía, optamos con adaptar áreas de descanso intermedias, en los tramos de las pendientes que no cumplan con la pendiente máxima admisible, y de esa forma evitar la fatiga del ciclista como también la seguridad en el descenso de la misma.

Representaremos las verificaciones en la siguiente tabla:

Tabla 3. 17: Verificación de pendientes

Tramo	Descripción	Progresiva		Pendiente Máximas (%)	Longitud (m)	Verificación
		Inicio	Fin			
1	Av. Celedonio Ávila	0+000	1+550	1,914	92	Cumple
2	Campo deportivo García Agreda	0+000	0+974	5,508	19	Cumple
3	Av. La Banda	0+083	0+124	4.086	40.482	Cumple
4	Pasaje Narváez	0+457	0+468	8.059	10.936	Cumple
5	Av. Luis de Fuentes	0+854	0+995	8.499	140.762	No cumple
5	Av. Luis de Fuentes	0+995	1+041	8.256	46.326	No cumple
6	Av. Carlos Zenteno	1+345	1+373	1.766	28.292	Cumple
6	Av. Julio Arce	1+539	1+583	2.163	43.494	Cumple
6	Av. Mario Cossío	1+598	1+691	0.203	93.361	Cumple
6	Av. José Avilés	1+757	1+836	1.323	78.692	Cumple
7	Av. Horacio Aramayo	1+840	2+108	0.6350	268	Cumple

Fuente: Elaboración propia

3.3.2.5 Velocidad de diseño

El área de estudio presenta condiciones normales (buenas condiciones climáticas, terreno plano y pavimento asfáltico), la velocidad de diseño varía entre 20 km/h a de 30 km/h; asumiremos el valor de 30 km/h, porque la misma posee un buen margen de seguridad.

En el tramo 5 (Av. Luis de Fuentes), la pendiente longitudinal es pronunciada, por lo tanto, la velocidad de diseño para descensos deberá ser mayor que la empleada en tramos rectos para permitir que el ciclista aumente la velocidad con seguridad; el manual de diseño de

ciclo rutas P.M.C. (PLAN MAESTRO DE CICLORUTAS BOGOTÁ-COLOMBIA) incluye la variación de la velocidad con la longitud y la pendiente.

Tabla 3. 18: Determinación de la velocidad de diseño en función de la pendiente del terreno, en la progresiva 0+854 hasta 0+995 del tramo 5.

PENDIENTE (%)	LONGITUD (M)		
	25 A 75	75 A 150	>150
3 a 5	35 km/h	40 km/h	45 km/h
6 a 8	40 km/h	50 km/h	55 km/h
9	45 km/h	55 km/h	60 km/h

Fuente: INSTITUTO DE DESARROLLO URBANO, Manual De Diseño De Ciclorutas, Plan Maestro De Ciclo rutas para Santa Fé De Bogotá D.C. Ed. Projekta Ltda., Interdiseños Ltda., Santa Fé De Bogotá D.C. 1999, 93 p.

Fuente: Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se detalla las respectivas velocidades de diseño para los diferentes tramos del área de estudio:

Tabla 3. 19: Velocidad de diseño

Tramo	Descripción	Progresiva		Pendiente Máximas (%)	Longitud (m)	Velocidad de Diseño (Km/h)
		Inicio	Fin			
1	Av. Celedonio Ávila	0+000	1+550	1.914	92	30
2	Campo deportivo García Agreda	0+000	0+974	5.508	19	30
3	Av. La Banda	0+083	0+124	4.086	40.482	30
4	Pasaje Narváez	0+457	0+468	8.059	10.936	30
Tra	Descripción	Progresiva		Pendiente		

		Inicio	Fin	Máximas (%)	Longitud (m)	Velocidad de Diseño (Km/h)
5	Av. Luis de Fuentes	0+854	0+995	8.499	140.762	50
5	Av. Luis de Fuentes	0+995	1+041	8.256	46.326	40
6	Av. Carlos Zenteno	1+345	1+373	1.766	28.292	30
6	Av. Julio Arce	1+539	1+583	2.163	43.494	30
6	Av. Mario Cossío	1+598	1+691	0.203	93.361	30
6	Av. José Avilés	1+757	1+836	1.323	78.692	30
7	Av. Horacio Aramayo	1+840	2+108	0.6350	268	30

Fuente: Elaboración propia

3.3.2.6 Diseño planimétrico.

3.3.2.6.1 Radios de curvatura.

El alineamiento horizontal está dado por su trazado en planta, la cual está compuesta por el trazado de su eje y las curvas horizontales.

Los reportes de coordenadas del alineamiento horizontal están detallados en la sección de anexos (diseño geométrico).

3.3.2.7 Diseño altimétrico.

3.3.2.7.1 Longitud de curva vertical.

El diseño geométrico vertical de una carretera o alineamiento en perfil, es la proyección del eje real o espacial de la vía sobre una superficie vertical paralela al mismo. Debido a este paralelismo, dicha proyección mostrará la longitud real del eje de la vía. A este también se lo denomina rasante o subrasante.

El alineamiento vertical está compuesto por las tangentes verticales y curvas verticales las cuales se detallan en la sección de anexos (diseño geométrico).

3.3.2.7.2 Geometría ciclovitaria

En esta sección se mostrarán esquemas de iniciación y finalización de pistas y fajas, en aproximación a intersecciones de los diferentes tramos de estudios.

El plano correspondiente de las intersecciones se detalla en la sección de anexos.

3.3.2.7.2.1 Sección transversal

La sección transversal de la ciclovía, describe las características geométricas de éstas, según un plano normal a la superficie vertical que contiene el eje de la ciclovía. Dicha sección transversal varía de un punto a otro de la vía, ya que ella resulta de la combinación de los distintos elementos que la constituyen, cuyos tamaños, formas e interrelaciones dependen de las funciones que ellas cumplan y de las características del trazado y del terreno en los puntos considerados.

3.3.3 Diseño estructural

3.3.3.1 Diseño de pavimento flexible

Para el diseño de la Carpeta Asfáltica utilizaremos del diseño el método AASHTO-93.

El diseño del pavimento flexible se aplicará en los tramos 1, 2, 4 y parte del tramo 5, los mismos que se detallan en el siguiente cuadro:

Tabla 3. 20: Tramos de la ciclovía con pavimento flexible

Tramo	Descripción	Progresiva		Tipo de Infraestructura
		Inicio	Fin	
1	Av. Celedonio Ávila	0+000	1+550	Ciclovía en sitio propio o andén
2	Campo deportivo García Agreda	0+000	0+974	Ciclovía en sitio propio o andén
4	Pasaje Narváez	0+300	0+600	Ciclovía en sitio propio o andén
5	Av. Luis de Fuentes	0+800	1+345	Ciclovía en sitio propio o andén

Fuente: Elaboración propia.

3.3.3.1.1 Parámetros de entrada comunes para el diseño de pavimento flexible

Los parámetros de entrada comunes al diseño para el pavimento flexible y tratamiento superficial son:

- Características geotécnicas de los suelos de la subrasante, que se detallan en el estudio de suelos.

- El espesor del pavimento depende fundamentalmente de la subrasante por lo que esta debe cumplir con los requisitos de consistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad.
- El material de la subrasante, tiene que estar libre de vegetación y materia orgánica; en general los materiales apropiados para la subrasante, son los suelos de preferencia granulares.

Para el diseño del pavimento flexible utilizaremos los valores más bajos de los CBR de la subrasante, En la siguiente tabla se detalla el estudio de suelos.

Tabla 3. 21: Valor de CBR para la subrasante en cada tramo.

Nº de Muestra		M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	M 7	M 8	M 9	M 10
Tramo		1	1	1	1	2	2	2	4	4	5
Prog.	Estaca	0+010	0+530	1+020	1+520	0+010	0+500	0+960	0+320	0+600	1+040
CBR	100%	53.7	5	58.9	46	2.9	57	58	19	54	11
	95%	27.6	3.3	30.3	29.9	2.02	36.2	46	18	41	11

Fuente: Elaboración propia

3.3.3.1.2 Cálculo del espesor del pavimento flexible

El método a utilizar para el cálculo del paquete estructural es el método AASHTO 93 el cual se detalla a continuación.

$$\log_{10} W_{18} = Z_R * S_0 + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left\{\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right\}}{\frac{0.40+1094}{((SN+1))^{5.19}}} + 2.32 \log_{10} M_R - 8.07$$

Donde:

W_{18} = Número de cargas de ejes simples equivalentes de 18 kips (80 KN) calculadas conforme al tránsito vehicular.

Z_R = Es el valor de Z (área bajo la curva de distribución) correspondiente a la curva estandarizada para una confiabilidad R.

S_0 = Desviación estándar de todas las variables.

ΔPSI = Pérdida de serviciabilidad.

M_R = Módulo de resiliencia de la subrasante.

SN = Número estructural.

El CBR de diseño utilizará los valores de CBR al 95% del Proctor modificado AASHTO t-180. La propiedad que se usa para caracterizar la subrasante es el módulo resiliente “Mr”

y la AASHTO nos proporciona ecuaciones para correlacionar con valores de CBR que nos servirá para el diseño del pavimento flexible.

Los valores obtenidos para la carretera en estudio:

Tabla 3. 22: Valores de soporte de la subrasante

Tramo	Descripción	Progresiva		CBR < 95% ocurrencia	M _r (psi)
		Inicio	Fin		
1	Av. Celedonio Ávila	0+000	1+550	3.3	4950
2	Campo deportivo García Agreda	0+000	0+974	2.02	3030
4	Pasaje Narváez	0+300	0+600	18	27000
5	Av. Luis de Fuentes	0+800	1+345	11	16500

Fuente: Elaboración propia

3.3.3.1.3 Alternativas de rodadura

- Pavimentos con tratamiento superficial simple.

Los espesores de la capa del pavimento flexible serán definidos por criterios constructivos para la carpeta asfáltica, la capa base y la capa sub base, según los valores mínimos establecidos por el método de diseño AASHTO 93.

Alternativa 1: Construcción de carpeta asfáltica tomando en cuenta la capa sub base.

Tabla 3. 23: Espesores pavimento flexible, alternativa 1.

Tramo	Descripción	Progresiva		Capa	Espesores (cm)
		Inicio	Fin		
1	Av. Celedonio Ávila	0+000	1+550	Carpeta asfáltica	5
				Base triturada	10
				Sub base granular	19
2	Campo deportivo García Agreda	0+000	0+974	Carpeta asfáltica	5
				Base triturada	10
				Sub base granular	32

4	Pasaje Narváez	0+300	0+600	Carpeta asfáltica	5
				Base triturada	10
				Sub base granular	11
5	Av. Luis de Fuentes	0+800	1+345	Carpeta asfáltica	5
				Base triturada	10
				Sub base granular	11

Fuente: Elaboración propia

Alternativa 2: Construcción de carpeta asfáltica sin tomar en cuenta la capa sub base.

Tabla 3. 24: Espesores pavimento flexible, alternativa 2.

Tramo	Descripción	Progresiva		Capa	Espesores (cm)
		Inicio	Fin		
1	Av. Celedonio Ávila	0+000	1+550	Carpeta asfáltica	5
				Base triturada	34
				Sub base granular	-
2	Campo deportivo García Agreda	0+000	0+974	Carpeta asfáltica	5
				Base triturada	43
				Sub base granular	-
4	Pasaje Narváez	0+300	0+600	Carpeta asfáltica	5
				Base triturada	19
				Sub base granular	-
5	Av. Luis de Fuentes	0+800	1+345	Carpeta asfáltica	5
				Base triturada	19
				Sub base granular	-

Fuente: Elaboración propia

3.3.4 Elementos de protección.

Cuando la ciclovía se emplace junto a una vía vehicular y requiera de un esquema de segregación de tipo visual, el diseño deberá contemplar la instalación de elementos de protección.

Estos elementos además de proporcionar protección al ciclista aportan elementos visuales que ayudan a caracterizar la ciclovía.

Para el diseño de la ciclovía se implementará los siguientes elementos de protección:

- Postes delineadores flexibles viales de poliuretano.

Consta de una altura de 0.75 m, con cintas reflectoras en la parte superior

Gráfico 3. 31: Postes delineadores flexibles viales de poliuretano.



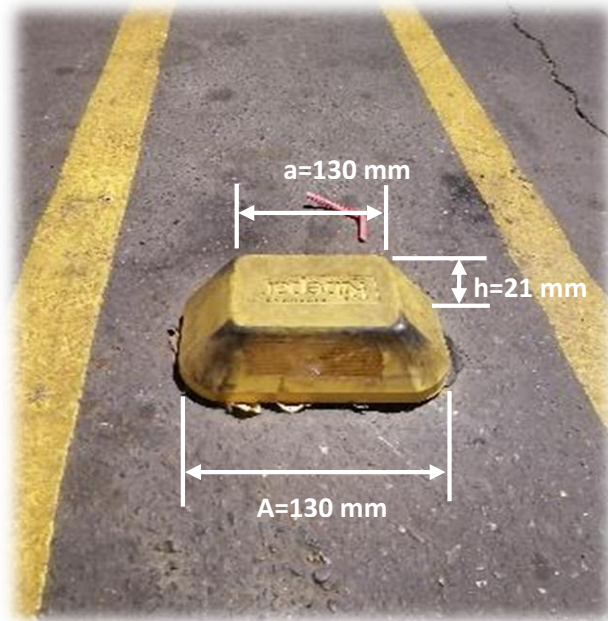
Fuente: Elaboración propia

- Tachón bidireccional reflectante.

Delimitan los bordes de la ciclovía con la calzada. Se deben utilizar tachas de color rojo o amarillo, dispuestas de forma equidistante a una longitud entre 1 m. a 2 m. de acuerdo con lo definido en el proyecto.

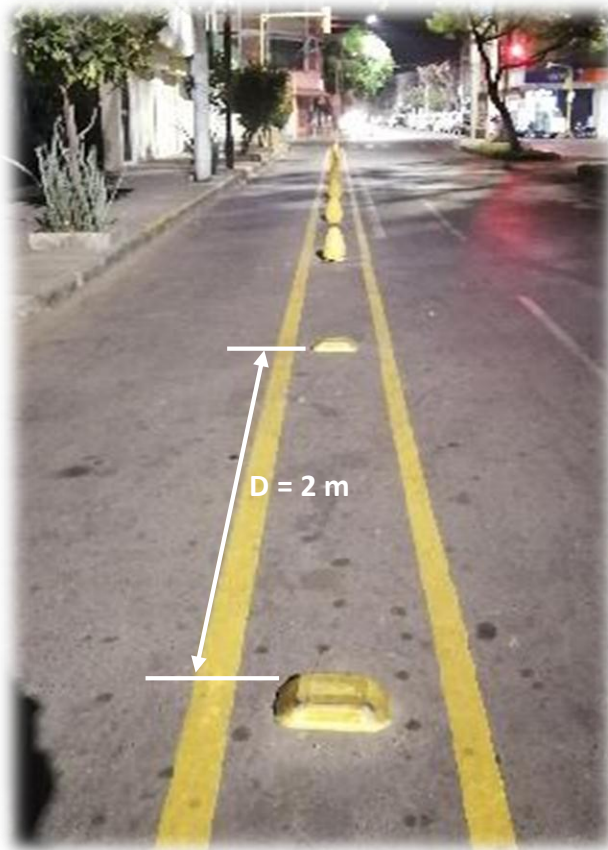
Las tachas se ubican paralelas a una línea de demarcación con la finalidad de confirmar la instrucción entregada por dicha línea, principalmente en la conducción nocturna y bajo condiciones de lluvia.

Gráfico 3. 32: Tachón bidireccional reflectante.



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3. 33: Distancia de separación entre tachones.



Fuente: Elaboración propia

3.3.5 Color del pavimento y acabados

Se recomienda que la banda de rodamiento para los ciclistas posea una textura y color diferente al de otro tipo de circulaciones para destacar esta función dentro del espacio urbano, así como con todos los elementos complementarios de protección y estructuras de la ciclo vía para que así posean una superficie de acabado en color unitario, de tal forma que contribuyan a su identidad, definición y señalización.

El manual de diseño de ciclo rutas P.M.C. (PLAN MAESTRO DE CICLORUTAS BOGOTÁ-COLOMBIA), detalla y propone colores para cada acabado dependiendo del tipo de estructura:

- Superficies metálicas: Acabado color amarillo, verde selva, naranja y rojo.
- Banda de rodamiento: Color rojo, terracota y azul
- Elementos de concreto: Acabado natural
- Adoquines y losetas: Acabado de fábrica según composición del diseño urbano

En la siguiente tabla se detalla el color de la pista ciclista:

Tabla 3. 25: Color de acabado de la ciclo vía.

Tramo	Descripción	Progresiva		Tipo de Infraestructura	Color de Pista
		Inicio	Fin		
1	Av. Celedonio Ávila	0+000	1+550	Ciclo vía en sitio propio o andén	Acabo natural
2	Campo deportivo García Agreda	0+000	0+974	Ciclo vía en sitio propio o andén	Acabo natural
3	Av. La Banda	0+000	0+300	Ciclo vía en sitio propio o andén	Acabo natural, según composición del diseño urbano
4	Pasaje Narváez	0+300	0+600	Ciclo vía en sitio propio o andén	Acabo natural
5	Av. Luis de Fuentes	0+600	0+800	Bici-acera	Acabado de fábrica según composición del diseño urbano

Tramo	Descripción	Progresiva		Tipo de infraestructura	Color de pista
		Inicio	Fin		
5	Av. Luis de Fuentes	0+800	1+345	Ciclovía en sitio propio o andén	Acabo natural
6	Av. Mario Cossío-Av. Carlos Zenteno-Av. Julio Arce-Av. Julio Avilés	1+345	1+840	Ciclovía en sitio propio o andén	Azul
7	Av. Horacio Aramayo (ida)	1+840	2+215	Ciclovía en vía compartida	Azul
7	Av. Horacio Aramayo (vuelta)	2+440	2+803	Ciclovía en vía compartida	Azul
7	Av. Horacio Aramayo	2+215	2+439	Ciclovía en sitio propio o andén	Acabo natural, según composición del diseño urbano

Fuente: Elaboración propia

3.3.6 Diseño de drenaje.

El drenaje de las vías para ciclistas será de la manera más natural posible, ajustándose lo más posible a la topografía del terreno y evitando redes de drenaje y disposición de aguas de lluvias.

Cuando las vías estén en los laterales de las vías vehiculares se dejará el porcentaje establecido por la vía y en el caso de las ciclovía en sitio propio o andén siempre se dejará una inclinación del 2% para evitar estancamientos de agua en la vía.

El estudio del Proyecto de Ingeniería de diseño final de ciclovía urbana zona distrito 11, 12 y 13, la misma que atraviesa diferentes áreas urbanas dentro de la ciudad, cuenta con un sistema de recolección y evacuación de aguas pluviales. Excepto del tramo 2 que atraviesa el campo deportivo García Agreda.

El estudio de drenaje se detalla en anexo 7 (diseño de drenaje)

Parámetros de diseño. - Los parámetros calculados para el diseño de alcantarillas son las siguientes:

Áreas de aporte.

Cuadro 3. 11: Áreas de aporte

Áreas de diseño	Área de aporte 1 (tramo 2) Km ²	Área de aporte 2 (tramo 7) Km ²
Aporte a	0.01844	0.003016
Aporte b	0.02174	0.002973

Fuente: Elaboración propia

Intensidad de precipitación.

Para un periodo de retorno T= 20 años nos da la siguiente ecuación:

$$i = 40.203 * x^{-0.474}$$

Resolviendo tenemos:

$$i=65.93 \text{ mm/hr}$$

Coefficiente de escurrimiento.

Según las características del tramo 2 el valor del coeficiente de escurrimiento C será:

$$C= 0.20$$

3.3.6.1 Caudal de diseño

Para la estimación del caudal de diseño debe utilizarse el método racional.

La ecuación del método racional, expresada en unidades compatibles es:

$$Q = 0.278 * C * i * A$$

Donde:

Q=Caudal pico de escurrimiento de aguas pluviales, en m³/s

C=Coefficiente de escurrimiento medio para un conjunto de superficies, adimensional

I=Intensidad media de la lluvia, en mm/h

A=Área de la superficie de las zonas afluentes, en km²

Calculamos:

Caudal pico área de aporte 1 (tramo 2)

➤ Para el área de aporte a

$$Q_1=0.0676 \text{ m}^3/\text{s} \text{ o también } Q_1=67.58 \text{ L/s}$$

- Para el área de aporte b

$$Q_2=0.0797 \text{ m}^3/\text{s} \text{ o también } Q_2=79.71 \text{ L/s}$$

Caudal pico área de aporte 2 (tramo 7)

- Para el área de aporte a

$$Q_1=0.01106 \text{ m}^3/\text{s} \text{ o también } Q_1=11.06 \text{ L/s}$$

- Para el área de aporte b

$$Q_2=0.010898 \text{ m}^3/\text{s} \text{ o también } Q_2=10.90 \text{ L/s}$$

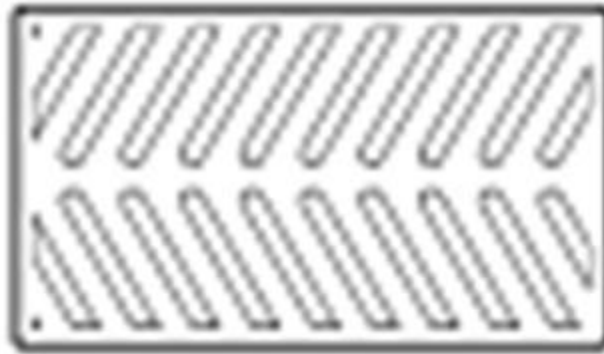


$$Q_{\text{total}}=0.02195 \text{ m}^3/\text{s} \text{ o también } Q_{\text{total}}=21.95 \text{ L/s}$$

3.3.6.2 Alcantarilla de paso tipo cajón con tapa de rejilla.

Se instalarán dos alcantarillas de pasos tipo cajón en el tramo 2 campo deportivo García Agreda; estas alcantarillas transversales cuentan con una tapa tipo sumidero de rejilla metálica y sus aberturas están en sentido transversal a la marcha de la ciclovía, ver figura 3.1, esto para evitar que la rueda pudiera quedar atrapada en la abertura, generando un accidente al ciclista.

Figura 3. 1: Tapa de sumidero en la alcantarilla de paso tipo cajón.



Fuente: Manual de requisitos para el diseño de Ciclovías OGUC, México).

Cuadro 3. 12: Ubicación de alcantarillas de paso tipo cajón con tapa de rejilla

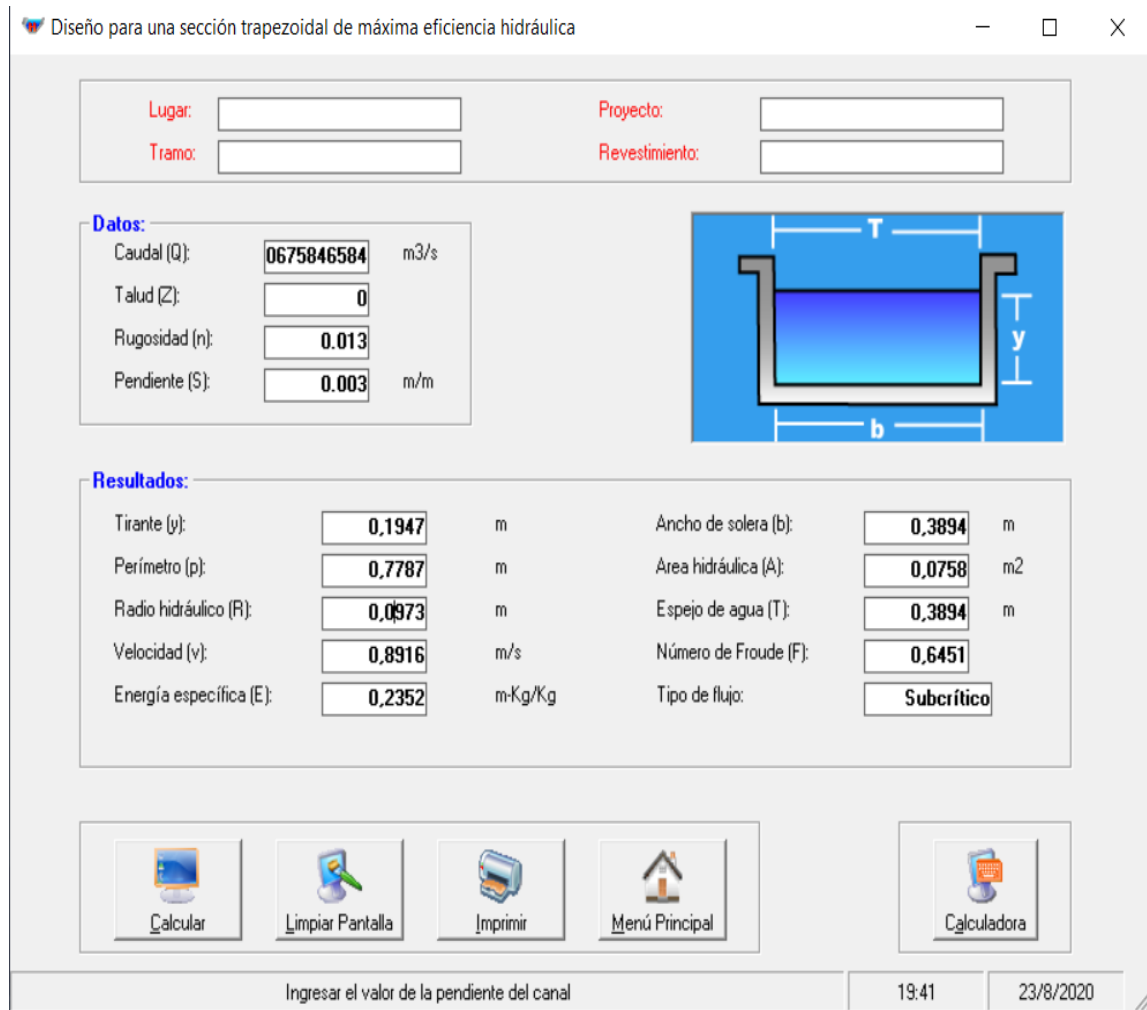
Drenaje transversal	Tramo	Progresiva	Descripción
Alcantarilla de paso tipo cajón N° 1	2	0+430	Campo deportivo Gracia Agreda
Alcantarilla de paso tipo cajón N° 2	2	0+718	Campo deportivo Gracia Agreda

Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo de la dimensión de alcantarilla de paso tipo cajón, utilizaremos el programa hidráulico HCANALES mostrado en la siguiente figura:

Cálculo de diseño de alcantarilla de paso tipo cajón N°1.

Figura 3. 2: Diseño de alcantarilla de paso N°1, tipo cajón.



Fuente: HCanales (programa)

Cuadro 3. 13: Dimensiones de la alcantarilla de paso N°1

Dimensiones Constructivas		
Ancho de solera	0.4	m
Tirante	0.2	m
Borde libre	0.1	m

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de diseño de alcantarilla de paso tipo cajón N°2.

Figura 3. 3: Diseño de alcantarilla de paso N°2, tipo cajón.

Diseño para una sección trapezoidal de máxima eficiencia hidráulica

Lugar: Proyecto:
 Tramo: Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): m³/s
 Talud (Z):
 Rugosidad (n):
 Pendiente (S): m/m

Resultados:

Tirante (y): m Ancho de solera (b): m
 Perímetro (p): m Área hidráulica (A): m²
 Radio hidráulico (R): m Espejo de agua (T): m
 Velocidad (v): m/s Número de Froude (F):
 Energía específica (E): m-Kg/Kg Tipo de flujo:

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Ingresar el valor del coeficiente de rugosidad de acuerdo al material del canal 19:47 23/8/2020

Fuente: HCanales (programa)

Cuadro 3. 14: Dimensiones de la alcantarilla de paso N°2

Dimensiones Constructivas		
Ancho de solera	0.45	m
Tirante	0.2	m
Borde libre	0.1	m

Fuente: Elaboración propia

3.3.6.3 Diseño de tubería longitudinal.

Se diseñará una tubería longitudinal que servirá para el traslado de las aguas pluviales hacia un alcantarillado pluvial.

Para el cálculo del diámetro de la tubería utilizaremos el programa hidráulico HCANALES

Cálculo del diámetro de la tubería N° 1.

Figura 3. 4: Diseño de tubería longitudinal N°1.

The screenshot shows the HCANALES software interface. At the top, there are input fields for 'Lugar: Garcia Agreda', 'Proyecto:', 'Tramo:', and 'Revestimiento:'. Below this is a 'Datos:' section with input fields for 'Caudal (Q): 0.06758465 m3/s', 'Relación (y/d): 0.70', 'Rugosidad (n): 0.013', and 'Pendiente (S): 0.003 m/m'. To the right of the data is a diagram of a pipe cross-section with labels 'd' for diameter and 'y' for water depth. Below the diagram is a 'Resultados:' section with calculated values: 'Diámetro (d): 0.3514 m', 'Tirante (y): 0.2460 m', 'Area hidráulica (A): 0.0725 m2', 'Espejo de agua (T): 0.3220 m', 'Número de Froude (F): 0.6273', 'Perímetro mojado (p): 0.6965 m', 'Radio hidráulico (R): 0.1041 m', 'Velocidad (v): 0.9323 m/s', 'Energía específica (E): 0.2902 m-Kg/Kg', and 'Tipo de flujo: Subcrítico'. At the bottom, there are icons for 'Calcular', 'Limpiar Pantalla', 'Imprimir', 'Menú Principal', and 'Calculadora'. The status bar at the very bottom shows 'Ingresar el nombre del tramo del canal', '20:06', and '23/8/2020'.

Fuente: HCanales (programa).

Cuadro 3. 15: Dimensiones tubería longitudinal N°1

Dimensiones Constructivas		
Diámetro	0.38	m
Diámetro	15	plg
Tirante	0.25	m
Espejo de Agua	0.32	m

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del diámetro de la tubería N° 2.

Figura 3. 5: Diseño de tubería longitudinal N°2.

The screenshot shows the HCanales software interface. At the top, there are input fields for 'Lugar', 'Tramo', 'Proyecto', and 'Revestimiento'. Below this is a 'Datos' section with the following values: Caudal (Q) = 147295479 m³/s, Relación (y/d) = 0.70, Rugosidad (n) = 0.013, and Pendiente (S) = 0.003 m/m. To the right is a diagram of a pipe cross-section with diameter 'd' and water depth 'y'. Below the diagram is a 'Resultados' section with the following values: Diámetro (d) = 0.4706 m, Tirante (y) = 0.3294 m, Área hidráulica (A) = 0.1300 m², Espejo de agua (T) = 0.4313 m, Número de Froude (F) = 0.6586, Perímetro mojado (p) = 0.9328 m, Radio hidráulico (R) = 0.1394 m, Velocidad (v) = 1.1327 m/s, Energía específica (E) = 0.3948 m-Kg/Kg, and Tipo de flujo = Subcrítico. At the bottom, there are icons for 'Calcular', 'Limpiar Pantalla', 'Imprimir', 'Menú Principal', and 'Calculadora'. A status bar at the very bottom shows 'Ingresar el valor del coeficiente de rugosidad de acuerdo al material del canal', '20:17', and '23/8/2020'.

Fuente: HCanales (programa).

Cuadro 3. 16: Dimensiones tubería longitudinal N°1

Dimensiones Constructivas		
Diámetro Nominal	0.45	m
Diámetro Nominal	18	plg
Tirante	0.35	m
Espejo de Agua	0.45	m

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 3. 17: Ubicación de las tuberías de drenaje longitudinal

Drenaje longitudinal	Tramo	Progresiva		Diámetro plg.	Descripción
		inicio	fin		
Tuberías de drenaje longitudinal N°1	2	0+430	0+718	15	Campo deportivo Gracia Agreda
Tuberías de drenaje longitudinal N° 2	2	0+718	0+750	18	Campo deportivo Gracia Agreda

Fuente: Elaboración propia

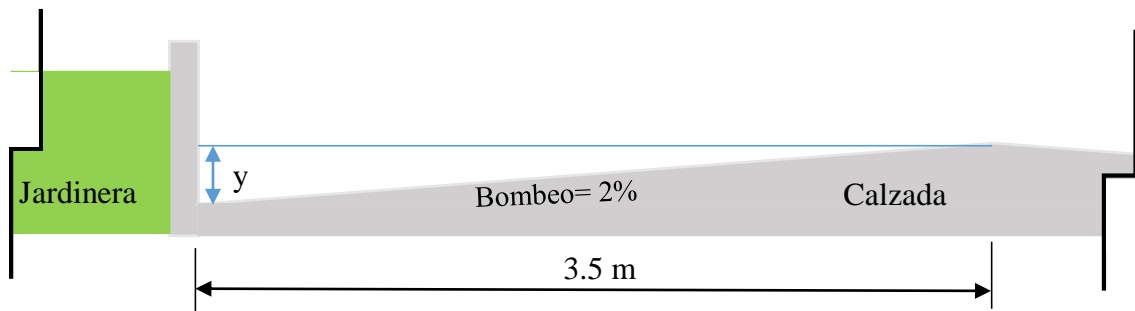
3.3.6.4 Estudio del escurrimiento de drenaje superficial en el tramo 7 (av. Horacio Aramayo)

Se realizará el estudio del escurrimiento de aguas superficiales en la avenida Horacio Aramayo entre la avenida Mario Cossío y la calle Manuel Uriondo correspondiente al tramo 7, donde se observó que cuenta con sistema de drenaje y bocas de tormenta cada 113 m.

La calzada juntamente con el cordón forma una cuneta denominada cuenta falsa que servirá para el escurrimiento de aguas superficiales hacia la boca tormenta.

Por lo tanto, se verificará si la altura del escurrimiento aguas superficiales no supera la altura formada por la cuneta falsa y así evitar el estancado de las aguas superficiales que son perjudiciales al diseño de ciclovía, caso contrario se diseñará los elementos de drenaje para evitar el problema.

Figura 3. 6: Cuneta falsa, sección transversal av. Horacio Aramayo (tramo 7)



Fuente: Elaboración propia con el programa AutoCAD.

Cuadro 3. 18: Parámetros del área de aporte 2 (tramo 7)

Área total de aporte (A_c)	0.005989 km^2
Caudal total (Q_{total})	0.02195 m^3/s
Distancia entre boca tormenta (d)	113 m
Pendiente media (S)	0.0089 m/m
Rugosidad H° liso (n)	0.011

Fuente: Elaboración propia.

Para el cálculo del tirante “y” formado en la cuneta falsa utilizaremos el programa hidráulico HCANALES mostrado en la siguiente gráfica:

Figura 3. 7: Cálculo del tirante normal “y”

Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: **av. Horacio Aramayo** Proyecto: **ciclovia urbana**
 Tramo: **7** Revestimiento: **pavimento concreto liso**

Datos:

Caudal (Q): **0.01106** m³/s
 Ancho de solera (b): **0** m
 Talud (Z): **50**
 Rugosidad (n): **0.011**
 Pendiente (S): **0.0089** m/m

Resultados:

Tirante normal (y): **0,0226** m Perímetro (p): **2,2630** m
 Área hidráulica (A): **0,0256** m² Radio hidráulico (R): **0,0113** m
 Espejo de agua (T): **2,2625** m Velocidad (v): **0,4321** m/s
 Número de Froude (F): **1,2971** Energía específica (E): **0,0321** m-Kg/Kg
 Tipo de flujo: **Supercrítico**

Calcular Limpia Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Ingresar el nombre del Proyecto 11:37 p.m. 21/05/2021

Fuente: HCanales (programa).

Tirante normal $y = 0.0226$ m. o también $y = 2.26$ cm

Se demuestra que la altura del escurrimiento aguas superficiales “y” no supera la altura formada por la cuneta falsa, por lo tanto el sistema de drenaje de aguas superficiales es eficiente para evacuar el escurrimiento de aguas superficiales.

3.3.7 Diseño de intersecciones.

El diseño de intersecciones, tiene un impacto significativo en el confort y en la movilidad del usuario. Debido a los conflictos potenciales en estas zonas es que debe realizarse un diseño cuidadoso para predecir y ordenar los movimientos entre los ciclistas que andan por la ciclovía y los automovilistas.

Cada intersección es única y necesita de juicio ingenieril para determinar el diseño apropiado.

En la siguiente tabla se detalla las intersecciones en los diferentes tramos de la ciclovía:

Tabla 3. 26: Intersecciones

Intersección	Descripción
1	Av. José Julián Pérez
2	Av. La Banda
3	Av. Los Sauces
4	Av. Luis de Fuentes
5	Av. Luis de Fuentes y Psj. Zedeño
6	Av. José María Avilés y Av. Carlos Zenteno
7	Av. Mario Cossío C. y Av. Horacio Aramayo
8	C/ Manuel Uriondo y Av. Horacio Aramayo
9	Av. Los Ceibos y Av. Horacio Aramayo
10	Av. Francisco Uriondo y Av. Horacio Aramayo

Fuente: Elaboración propia

3.3.7.1 Tipos de cruces en intersecciones.

En el diseño existen dos tipos de cruce en intersecciones:

- Cuando se da en algún punto de la cuadra (alejado de las intersecciones adyacentes)
- Cuando se da en la intersección (el cruce es paralelo a una de las calles).

3.3.7.1.1 Diseño de intersecciones en algún punto de la cuadra.

Aspectos de diseño geométrico en cruces.

- La intersección debe ser visible para ambos, ciclista y automovilista.
- Se deben mantener visuales sin obstrucciones para satisfacer las necesidades de control del tráfico provisto.

- Las intersecciones deben tener pendientes planas.
- Se debe tratar que las intersecciones sean lo más próximas a un ángulo recto, a partir de las condiciones existentes.
- Las intersecciones deben estar suficientemente espaciadas para estar fuera del área funcional de intersecciones adyacentes.

Medidas apropiadas para el cruce.

Se recomienda pintar sendas peatonales de alta visibilidad en cruces que no poseen dispositivos de control. En otros casos será necesario, además, tomar otras medidas, tales como:

- Reducir la velocidad del tráfico.
- Acortar la distancia de cruce.
- Promover la atención de los automovilistas cerca del cruce.

Figura 3. 8: Intersección cuando se da en algún punto de la cuadra (tramo 5, av. Luis de Fuentes)



Fuente: Elaboración propia, programa VectorWorks.

3.3.7.1.2 Diseño de cruces en la intersección.

El primer y más importante paso en el diseño de cualquier intersección de este tipo es evaluar si la ubicación es realmente factible. Esto es así porque cuando los automovilistas llegan a una intersección, ellos prestan atención en determinadas direcciones y sentidos, dependiendo de la maniobra a realizar.

Hay tres medidas que pueden tomarse para disminuir la frecuencia y la severidad de los choques en las intersecciones:

- Disminuir la velocidad de ambos, ciclistas y automovilistas.
- Predecir el comportamiento de ambos, ciclistas y automovilistas.
- Limitar la exposición en estos puntos de conflicto tanto como sea posible acortando el cruce.

Figura 3. 9: Diseño de cruces en la intersección (tramo 7, av. Horacio Aramayo – Los Ceibos)



Fuente: Elaboración propia, programa VectorWorks.

3.3.7.2 Elementos reductores de tráfico

No se colocarán en vialidades principales porque el volumen de ciclistas como peatones es muy bajo en los tramos que comprenden intersecciones con vehículos motorizados.

Según el estudio de tráfico realizado en cada intersección que demuestra que el volumen de tráfico motorizados es bajo para la implementación de reductores de velocidad afecta la fluidez de circulación.

3.3.8 Diseño de señalización.

Como todo diseño de infraestructura vial, es primordial desarrollar e implementar una buena distribución o implementación de la señalización para los múltiples acontecimientos que se presenten en la vía y que necesiten de una ayuda visual para informar al ciclista de cualquier situación.

3.3.8.1 Señalización vertical

Las señales verticales son dispositivos de control de tránsito instalados a nivel de la vía o sobre ella. Están compuestas por un elemento de sustentación, placa e inscripción colocados preferentemente al lado derecho de la vía dando frente al sentido de circulación. Adoptaremos las dimensiones según el manual de dispositivos de control de tránsito ABC que indica que el tamaño de las señales verticales es función de la velocidad máxima permitida en la zona de trabajos, ya que ésta determina las distancias a la que la señal debe ser vista y leída. (Se detalla en anexo 8 elementos de seguridad y señalización)

3.3.8.1.1 Detalle y ubicación de señales verticales

En la siguiente tabla se detalla la ubicación de cada una de las señales verticales del diseño de la ciclovía urbana

Tabla 3. 27: Detalle de señales verticales

Tipo	Señal	Ubicación		
		Tramo	Descripción	Progresiva
Advertencia o peligro	Ciclovía	1	Av. Celedonio Ávila	0+000
		1	Av. Celedonio Ávila	1+550
		2	Parque Temático	0+000
		2	Puente Bicentenario	0+974
		3	Av. La Banda	0+100
		3	Av. La Banda	0+300
		4	Pasaje Narváez y av. los Molles	0+300
		5	Av. Luis de Fuentes	0+745
	7	Av. Horacio Aramayo	0+000	
	Cruce de Ciclistas	1	Av. Celedonio Ávila	1+550
		2	Puente Bicentenario	0+974
		3	Av. La Banda	0+300
		4	Pasaje Narváez y av. los Molles	0+440
		5	Av. Luis de Fuentes	0+620
		5	Av. Luis de Fuentes	0+980
		6	Av. José M. Avilés	1+380
		6	Av. Mario Cossío	1+660
		7	Av. Horacio Aramayo	1+960
		7	Av. Horacio Aramayo	2+165
		7	Av. Horacio Aramayo	2+220
	Descenso Pronunciado	5	Av. Luis de Fuentes	1+320
		5	Av. Luis de Fuentes	0+780
	Ascenso Pronunciado	7	Av. Horacio Aramayo	1+960
		7	Av. Horacio Aramayo	2+165
		7	Av. Horacio Aramayo	2+220
		7	Av. Horacio Aramayo	2+320

Fuente: Elaboración propia

Tipo	Señal	Ubicación		
		Tramo	Descripción	Progresiva
Restrictivas	Solo bicicletas	1	Av. Celedonio Ávila	0+100
		2	Campo Deportivo García Agreda	0+100
		3	Av. La Banda	0+150
		4	Pasaje Narváez y av. Los Molles	0+200
		5	Av. Luis de Fuentes	0+100
		6	Av. José M. Avilés	0+100
		7	Av. Horacio Aramayo	0+100
	Conserve su derecha	6	Av. José M. Avilés	0+100
		6	Av. Mario Cossío	0+125
		7	Av. Horacio Aramayo	1+960
		7	Av. Horacio Aramayo	2+165
		7	Av. Horacio Aramayo	2+220
		7	Av. Horacio Aramayo	2+320
	Prohibido adelantar	5	Av. Luis de Fuentes	0+620
		5	Av. Luis de Fuentes	1+320
		6	Av. José M. Avilés	1+380
		6	Av. Mario Cossío	1+660
		7	Av. Horacio Aramayo	1+860
		7	Av. Horacio Aramayo	1+980
		7	Av. Horacio Aramayo	2+220
	Distancia mínima de rebase	6	Av. José M. Avilés	1+420
		6	Av. Mario Cossío	1+660
		7	Av. Horacio Aramayo	1+960
		7	Av. Horacio Aramayo	2+165
		7	Av. Horacio Aramayo	2+220
		7	Av. Horacio Aramayo	2+320

Fuente: Elaboración propia

Tipo	Señal	Ubicación		
		Tramo	Descripción	Progresiva
Informativas	Estacionamiento de bicicletas	1	Parque Temático	0+100
		5	Av. Luis de Fuentes	0+900
		7	Av. Horacio Aramayo	2+439
	Infraestructura ciclista adjunta a una área peatonal	3	Av. La Banda	0+020
		5	Av. Luis de Fuentes	0+700
	Infraestructura ciclista delimitada o segregada	6	Av. José M. Avilés	1+420
		6	av. Mario Cossío	1+660
		7	Av. Horacio Aramayo	1+960
		7	Av. Horacio Aramayo	2+165
		7	Av. Horacio Aramayo	2+220
		7	Av. Horacio Aramayo	2+320
	Infraestructura peatonal compartida con ciclistas	3	La Banda	0+020
		5	Av. Luis de Fuentes	0+700

Fuente: Elaboración propia

3.3.8.2 Señalización horizontal

Las señales horizontales son aquellas marcas sobre el pavimento y tienen la función de delimitar o canalizar el tránsito de las bicicletas y de los vehículos motorizados.

Estas marcas deben ser retro-refractivas. No deben ser ni resbaladizas ni estar más elevadas de 4 mm por encima del pavimento. (Se detalla en anexo 8 elementos de seguridad y señalización)

3.3.8.2.1 Detalle y ubicación de señales horizontales

En la siguiente tabla se detalla la ubicación de cada una de las señales horizontales del diseño de la ciclovía urbana

Tabla 3. 28: Detalle de señales horizontales

Señal	Ubicación			
	Tramo	Descripción	Progresiva	
			Inicio	Fin
Cruce de bicicletas	1	Parque Temático	0+000	0+010
	2	Puente Bicentenario	0+964	0+974
	3	Av. La Banda	0+290	0+300
	4	Pasaje Narváez y av. Los Molles	0+440	0+450
	5	Av. Luis de Fuentes	0+600	0+610
	5	Av. Luis de Fuentes	0+990	1+110
	6	Av. José m. Avilés	1+390	1+410
	6	Av. Mario Cossío	1+840	1+860
	7	Av. Horacio Aramayo	1+960	1+980
	7	Av. Horacio Aramayo	2+170	2+180
	7	Av. Horacio Aramayo	2+185	2+200
	7	Av. Horacio Aramayo	2+200	2+215
	7	Av. Horacio Aramayo	2+330	2+350
	7	Av. Horacio Aramayo	2+680	2+690
	7	Av. Horacio Aramayo	2+690	2+710
7	Av. Horacio Aramayo	2+710	2+720	
Línea central o línea de eje	1	Av. Celedonio Ávila	0+000	1+550
	2	Puente Bicentenario	0+000	0+974
	3	Av. La Banda	0+000	0+300
	4	Pasaje Narváez	0+000	0+285
Línea de borde	1	Av. Celedonio Ávila	0+000	1+550
	2	Campo Deportivo García Agreda	0+000	0+974
	3	av. La Banda	0+000	0+300
	4	Pasaje Narváez y av. los Molles	0+000	0+285
	5	Av. Luis de Fuentes	0+000	0+745
Doble línea continua	6	Av. José m. Avilés	1+400	1+530
	6	Av. Mario Cossío	1+620	1+740
	7	Av. Horacio Aramayo	1+850	1+960
	7	Av. Horacio Aramayo	1+980	2+170
	7	Av. Horacio Aramayo	2+560	2+720
	7	Av. Horacio Aramayo	2+440	2+530

Fuente: Elaboración propia

Señal	Ubicación		
	Tramo	Descripción	Progresiva
			Inicio
Solo bicicleta	1	Av. Celedonio Ávila	1+550
	2	Campo Deportivo García Agreda	0+974
	4	Pasaje Narváez y Av. Los Molles	0+285
	5	Av. Luis de Fuentes	1+340
	6	Av. José m. Avilés	1+410
	6	Av. Mario Cossío	1+670
	7	Av. Horacio Aramayo	1+860
	7	Av. Horacio Aramayo	1+980
	7	Av. Horacio Aramayo	2+220
	7	Av. Horacio Aramayo	2+320

Fuente: Elaboración propia

3.3.9 Estacionamientos.

Se realizará la implementación de estacionamientos para bicicletas tipo universal verticalmente, en lugares estratégicos de los tramos de diseño (Se detalla en anexo 8 elementos de seguridad y señalización).

3.3.9.1 Ubicación de estacionamiento

La implementación de estacionamientos se detalla en el plano general de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 3. 29: Ubicación de estacionamientos tipo universal.

Tipo de estacionamiento	Ubicación		
	Tramo	Descripción	Progresiva
El estacionamiento básico en la vía pública	1	Parque Temático	1+550
	2	Sky Parque	0+000
	3	Av. La Banda	0+100
	5	Av. Luis de Fuentes	0+800
	6	Av. Mario Cossío	1+350

Fuente: Elaboración propia

3.3.10 Iluminación

La seguridad del ciclista es un tema principal, así pues, las luces y la iluminación en general deben hacer que el ciclista sea más visible, se sienta seguro y mejore el aspecto de los diferentes entornos una vez que oscurezca. Siendo importante para motivarlo a usar la bicicleta.

3.3.10.1 Parámetros de diseño de iluminación de la ciclovía

Los parámetros y cálculos de diseño de iluminación para la ciclovía se realizaron mediante los parámetros estándares de la Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación CIE 1995. (Se detalla en anexo 8 elementos de seguridad y señalización).

Tabla 3. 30: Parámetros de diseño de iluminación de la ciclovía

Situaciones de proyecto	C1, D3 Y D4
Tipos de vías	Carriles bici independientes a lo largo de la calzada, entre ciudades en área abierta y de unión en zonas urbanas
Flujo de tráfico	Normal
Clase de alumbrado	S3 y S4
Tipo de luminaria	Tipo I (Alumbrado público)
Tipo lámpara	Las lámparas de vapor de sodio a baja presión (v.s.b.p.).
Implantación de los puntos de luz	Implantación unilateral
Alcance	Intermedio ($A \geq 60^\circ$)
Dispersión	Estrecha ($D < 45^\circ$)
Altura de implantación de los puntos de luz	$H_{min} \geq 3 \text{ m}$
Separación entre puntos de luz	$S = 10 \text{ m}$

Fuente: Elaboración propia

3.3.11 Semaforización

En el paso de las Ciclovías por intersecciones semaforizadas, es necesario un análisis del tiempo que tarda el ciclista en pasar la intersección y las pérdidas de capacidad de la intersección, con el fin de garantizar el paso seguro a los ciclistas.

Se diseñará en dos intersecciones:

Tabla 3. 31: Ubicación de semáforos para paso de ciclistas

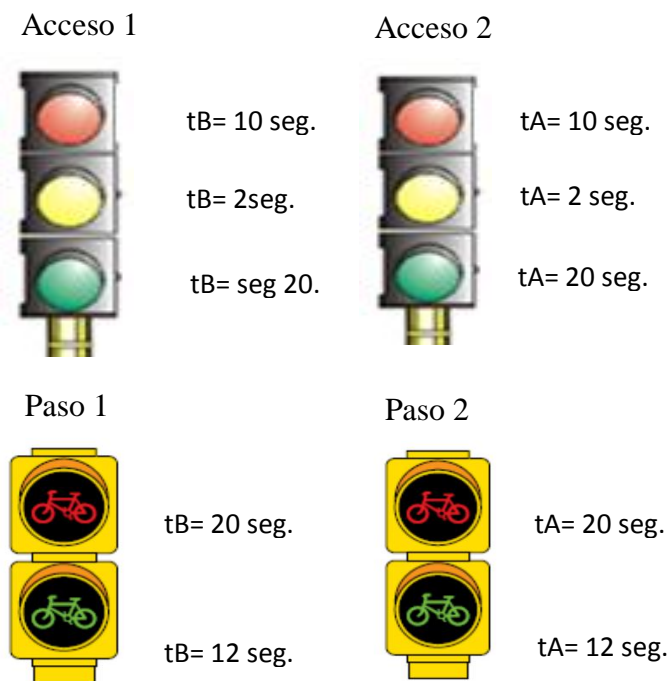
Intersección	Acceso 1	Acceso 2	Descripción
1	554	436	Av. José Julián Pérez
5	445	404	Av. Luis de Fuentes

Fuente: Elaboración propia

3.3.11.1 Cálculo de tiempos y ciclos de semáforos

La luz verde debe estar programada para permitir el cruce de ciclista en forma segura, a una velocidad normal. (Se detalla en anexo 8 elementos de seguridad y señalización).

Figura 3. 10: Tiempos de ciclo y fases



Fuente: Elaboración propia

3.4 CÓMPUTOS MÉTRICOS.

El objeto que cumplen los cálculos métricos dentro de una obra son:

- Determinar la cantidad de material necesario para ejecutar la obra.
- Establecer los volúmenes de obra y costos parciales con fines de pago por avance de obra.

Los cálculos métricos son problema de la medición de longitudes, áreas y volúmenes que requieren el manejo de fórmulas geométricas. El cálculo métrico requiere del conocimiento de procedimientos constructivos.

Los cálculos métricos realizados para el proyecto, se detallan en los anexos (cálculos métricos).

3.5 PRECIO UNITARIO Y PRESUPUESTO.

3.5.1 Pavimento flexible con tratamiento simple, alternativa 1 utilizando capa sub base.

El presupuesto general del pavimento flexible del tramo en estudio se mostrará en la siguiente tabla.

Tabla 3. 32: Presupuesto general de pavimento flexible alternativa 1 utilizando capa sub base.

Nº Ítem	Descripción	Unidad	Precio unitario (Bs.)	Cantidad	Precio parcial (Bs.)
M01 - Obras preliminares					
1	Replanteo y control topográfico	km	4,879.22	5.3	25991.60
2	Limpieza de terreno y deshierbe	ha	6,225.28	0.15981	994.86
M02 - Movimiento de tierras					
3	Excavación clasificada s. semiduro	m ³	14.41	323.258	4658.15
4	Conformación de terraplén	m ³	17.65	1912.4	33753.86
M03 - Conformado paquete estructural pavimento flexible					
5	Conformación de capa sub base	m ³	101.94	1653.932	168601.83
6	Conformación de capa base	m ³	166.50	786.76	130995.54
7	Asfalto diluido para imprimación	m ²	9.11	7867.6	71673.84
8	Carpeta asfáltica e=5 cm.	m ³	1,266.76	393.38	498318.05
M04 - Demarcación de calzada pista ciclista					

9	Pintado de calzada (1.25) m. de ancho color azul (línea continua)	m ²	123.08	1656.25	203851.25
M05 - Mejoramiento y ampliación de acera					
10	Piso de ladrillo gambote rústico (adobito)	m ²	62.03	712.5	44196.38
11	Cordón de acera de hormigón simple (0,40 x 0,20 m)	m	158.13	550	86971.50
12	Juntas de dilatación (alquitrán - arena - poliestireno) (m)	m	6.76	475	3211.00
M06 - Instalación de islas refugio					
13	Cordón de acera de hormigón simple (0,40 x 0,20 m)	m	158.13	201.88	31923.28
14	Piso de ladrillo gambote rústico (adobito) (m2)	m ²	62.03	316.84	19653.59
15	Juntas de dilatación (alquitrán - arena - poliestireno) (m)	m	6.76	316.84	2141.84
M07 – Ampliación de aceras tipo oreja					
16	Cordón de acera de hormigón simple (0,40 x 0,20 m)	m	158.13	172.38	27258.45
17	Piso de ladrillo gambote rústico (adobito) (m2)	m ²	62.03	94.5	5861.84
18	Juntas de dilatación (alquitrán - arena - poliestireno) (m)	m	6.76	94.5	638.82
M08 – Señalización					
19	Pintado de calzada (0.10) m. de ancho blanco (línea doble continua)	m ²	123.08	249	30646.92
20	Pintado de calzada (0.10) m. de ancho blanco (línea borde continua)	m ²	123.08	733.8	90316.10
21	Pintado de calzada (0.15) m. de ancho amarilla (línea central segmentada)	m ²	123.08	632.1	77798.87
22	Pintado de calzada cruce de bicicletas (2) m. de ancho azul (línea continua)	m ²	123.08	250	30770.00
23	Demarcación símbolo de bicicleta color blanco	m ²	115.89	43	4983.27
24	Señales de prevención cuadrangular (60x60) cm.	pza	1,041.42	29	30201.18
25	Señales reglamentarias (0.60x0.90) m.	pza	1,347.62	7	9433.34

26	Señales informativas de localización (0.70*0.70) m.	pza	1,262.56	13	16413.28
M09 – Instalación de elementos de protección					
27	Postes delineadores flexibles viales de poliuretano	pza	222.75	92	20493.00
28	Tachón bidireccional reflectantes	pza	169.96	577	98066.92
M10 – Instalación de estacionamientos					
29	Estacionamiento para bicicletas tipo universal	pza	545.86	6	3275.16
M11 - Obras de arte menor					
30	Replanteo/control obras de arte menor	pza	418.97	4	1675.88
31	Excavación con maquinaria p/alcant- de paso y tubería de drenaje	m ³	121.33	73.2	8881.36
32	Relleno compactado manual- s/material de relleno	m ³	187.79	73.2	13746.23
33	Cama de arena para alcantarilla	m ²	128.89	3	386.67
34	H°C° p/alcantarillas de paso 50% pd dos. 1:2:3	m ³	795.66	1.2	954.79
35	Prov. y coloc. tubos de ARMCO d=450mm e=2mm	m	18.88	288	5437.44
36	Rejillas de piso	pza	290.01	2	580.02
M12 - Alumbrado urbano					
37	Toma de tierra de alumbrado público con pica	pza	1,641.75	5	8208.75
38	Conductor aislado de tierra de alumbrado público	m	146.92	1200	176304.00
39	Canalización subterránea de protección del cableado	m	57.38	1200	68856.00
40	Farola con columna metálica.	pza	17,613.77	125	2201721.25
M13 - Limpieza general de obra					
41	Limpieza general	glb	12,698.00	1	12698.00
COSTO TOTAL BOLIVIANOS Bs. 4272544.09					

Son bolivianos: cuatro millones doscientos setenta y dos mil quinientos cuarenta y cuatro 09/100
Fuente: Elaboración propia.

3.5.2 Pavimento flexible con tratamiento simple alternativa 2 sin utilizar la capa sub base.

El presupuesto general del pavimento flexible del tramo en estudio se mostrará en la siguiente tabla.

Tabla 3. 33: Presupuesto general de pavimento flexible alternativa 2, sin utilizar la capa sub base.

Nº Ítem	Descripción	Unidad	Precio unitario (Bs.)	Cantidad	Precio parcial (Bs.)
M01 - Obras preliminares					
1	Replanteo y control topográfico	km	4,879.22	5.3	25991.60
2	Limpieza de terreno y deshierbe	ha	6,225.28	0.15981	994.86
M02 - Movimiento de tierras					
3	Excavación clasificada s. semiduro	m ³	14.41	323.258	4658.15
4	Conformación de terraplén	m ³	17.65	1912.4	33753.86
M03 - Conformado paquete estructural pavimento flexible					
5	Conformación de capa base	m ³	166.50	2613.868	435209.02
6	Asfalto diluido para imprimación	m ²	9.11	7867.6	71673.84
7	Carpeta asfáltica e=5 cm.	m ³	1,266.76	393.38	498318.05
M04 - Demarcación de calzada pista ciclista					
8	Pintado de calzada (1.25) m. de Ancho color azul (línea continua)	m ²	123.08	1656.25	203851.25
M05 - Mejoramiento y ampliación de acera					
9	Piso de ladrillo gambote rústico (adobito)	m ²	62.03	712.5	44196.38
10	Cordón de acera de hormigón simple (0,40 x 0,20 m)	m	158.13	550	86971.50
11	Juntas de dilatación (alquitrán - arena - poliestireno) (m)	m	6.76	475	3211.00
M06 - Instalación de islas refugio					
12	Cordón de acera de hormigón simple (0,40 x 0,20 m)	m	158.13	201.88	31923.28
13	Piso de ladrillo gambote rústico (adobito) (m2)	m ²	62.03	316.84	19653.59
14	Juntas de dilatación (alquitrán - arena - poliestireno) (m)	m	6.76	316.84	2141.84

M07 – Ampliación de aceras tipo oreja					
15	Cordón de acera de hormigón simple (0,40 x 0,20 m)	m	158.13	172.38	27258.45
16	Piso de ladrillo gambote rústico (adobito) (m2)	m ²	62.03	94.5	5861.84
17	Juntas de dilatación (alquitrán - arena - poliestireno) (m)	m	6.76	94.5	638.82
M08 - Señalización					
18	Pintado de calzada (0.10) m. de ancho blanco (línea doble continua)	m ²	123.08	249	30646.92
19	Pintado de calzada (0.10) m. de ancho blanco (línea borde continua)	m ²	123.08	733.8	90316.10
20	Pintado de calzada (0.15) m. de ancho amarilla (línea central segmentada)	m ²	123.08	632.1	77798.87
21	Pintado de calzada cruce de bicicletas (2) m. de ancho azul (línea continua)	m ²	123.08	250	30770.00
22	Demarcación símbolo de bicicleta color blanco	m ²	115.89	43	4983.27
23	Señales de prevención cuadrangular (60x60) cm.	pza	1,041.42	29	30201.18
24	Señales reglamentarias (0.60x0.90) m.	pza	1,347.62	7	9433.34
25	Señales informativas de localización (0.70*0.70) m.	pza	1,262.56	13	16413.28
M09 – Instalación de elementos de protección					
26	Postes delineadores flexibles viales de poliuretano	pza	222.75	92	20493.00
27	Tachón bidireccional reflectantes	pza	169.96	577	98066.92
M10 – Instalación de estacionamientos					
28	Estacionamiento para bicicletas tipo universal	pza	545.86	6	3275.16
M11 - Obras de arte menor					
29	Replanteo/control obras de arte menor	pza	418.97	4	1675.88

30	Excavación con maquinaria p/alcantarilla de paso y tubería de drenaje	m ³	121.33	73.2	8881.36
31	Relleno compactado manual-s/material de relleno	m ³	187.79	73.2	13746.23
32	Cama de arena para alcantarilla	m ²	128.89	3	386.67
33	H° C° P/Alcantarillas de paso 50% pd dos. 1:2:3	m ³	795.66	1.2	954.79
34	Provisión y colocado. tubos de ARMCO d=450mm e=2mm	m	18.88	288	5437.44
35	Rejillas de piso	pza	290.01	2	580.02
M12 - Alumbrado urbano					
37	Toma de tierra de alumbrado público con pica	pza	1,641.75	5	8208.75
38	Conductor aislado de tierra de alumbrado público	m	146.92	1200	176304.00
39	Canalización subterránea de protección del cableado	m	57.38	1200	68856.00
40	Farola con columna metálica.	pza	17,613.77	125	2201721.25
M13 - Limpieza general de obra					
41	Limpieza general	glb	12,698.00	1	12698.00
COSTO TOTAL BOLIVIANOS Bs.					4408155.75

Son bolivianos: Cuatro millones cuatrocientos ocho mil ciento cincuenta y cinco 75/100

Fuente: Elaboración propia.

Elección de alternativa:

Cuadro 3. 19: Elección de alternativa de pavimento flexible y TSD.

Alternativas	Costo total en bolivianos (Bs)
Alternativa 1 (con capa sub base)	4272544.09 (bs.)
Alternativa 2 (sin capa sub base)	4408155.75 (bs.)

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a las alternativas mostradas de presupuesto se opta por el diseño de paquete estructural del pavimento flexible utilizando capa sub base por ser más barato.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO IV
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

Realizado el análisis de todos los componentes de estudio del “DISEÑO FINAL DE CICLO VÍA URBANA ZONA DISTRITO 11, 12 y 13” se tiene las siguientes conclusiones:

- Se realizó el análisis del comportamiento del suelo, mediante el estudio geotécnico, mostrado en el cuadro 3.10 (resultados de suelos). La clasificación del suelo que se obtuvo fue de gravas y arenas limosas o arcillosas.
- Para el diseño del pavimento flexible utiliza los valores más bajos de la capacidad de soporte CBR de la subrasante, mostrada en la siguiente tabla:

Tabla 4. 1: Resumen de la capacidad de soporte CBR

N° de Muestra		M 2	M 5	M 8	M 10
Tramo		1	2	4	5
Prog.	Estaca	0+530	0+010	0+320	1+040
CBR	100%	5	2.9	19	11
	95%	3.3	2.02	18	11

Fuente: Elaboración propia

- Para el diseño del paquete estructural se asumirá que al menos circulará un vehículo tipo liviano por día, por tema de manteniendo y limpieza, por lo que resulta un número total de ejes equivalentes de:

$$W_{18} = 296.630 \text{ ESALs.}$$

Por lo tanto, asumiremos un valor mínimo de:

$$W_{18} = 0.1 * 10^6 \text{ ESALs.}$$

Los respectivos detalles se encuentran en el anexo 4 (Estudio de tráfico).

- Se realizó el diseño de la carpeta asfáltica de los tramos detallados en la siguiente tabla:

Tabla 4. 2: Tramos de la ciclovía con pavimento flexible

Tramo	Descripción	Progresiva		Tipo de Infraestructura
		Inicio	Fin	
1	Av. Celedonio Ávila	0+000	1+550	Ciclovía en sitio propio o andén
2	Campo deportivo García Agreda	0+000	0+974	Ciclovía en sitio propio o andén
4	Pasaje Narváez	0+300	0+600	Ciclovía en sitio propio o andén
5	Av. Luis de Fuentes	0+800	1+345	Ciclovía en sitio propio o andén

Fuente: Elaboración propia.

- El espesor calculado de la carpeta asfáltica para los tramos correspondientes, comprende el cálculo estructural de la recomendación del manual P.M.C. se utilizará:

Tabla 4. 3: Espesor de la carpeta asfáltica

Capa	Espesor (cm)
Carpeta asfáltica	5
Base triturada	10
Sub base granular	15

Fuente: Elaboración propia

- En la siguiente tabla se detalla las características de la alternativa del diseño. Para el tramo 5 (Av. Luis de Fuentes progresiva 0+854-0+995) la pendiente no cumple con lo solicitado, por lo tanto, al no poder modificar las pendientes y manteniendo la continuidad de la ciclovía, optamos con adaptar áreas de descanso recreacionales intermedias, y de esa forma evitar la fatiga del ciclista como también la seguridad en el descenso de la misma.

Tabla 4. 4: Detalle de los tramos de diseño de la ciclovia

Tramo	Avenidas y sectores	Pendiente máximas (%)	Manual P.M.C.	Longitud (m)
			Pendiente <6%	
Tramo 1	Av. Celedonio Ávila	1,914	Cumple	1550
Tramo 2	Campo deportivo García Agreda	5,508	Cumple	974
Tramo 3	Av. La Banda	4.086	Cumple	300
Tramo 4	Pasaje Narváez	5.272	Cumple	300
Tramo 5	Av. Luis de Fuentes	8.499	No Cumple	745
Tramo 6	Av. José M. Avilés y Av. Mario Cossío	1.323	Cumple	125
Tramo 6	Carlos Zenteno y Av. Julio Arce	2.163	Cumple	370
Tramo 7	Av. Horacio Aramayo de ida	0.635	Cumple	369
Tramo 7	Av. Horacio Aramayo de vuelta	0.635	Cumple	369
Tramo 7	Av. Horacio Aramayo	0.758	Cumple	225
Longitud total:				5327 m

Fuente: Elaboración propia

- El diseño presenta condiciones normales (buenas condiciones climáticas, terreno plano y pavimento asfáltico), la velocidad de diseño es de 30 Km/h.
- Definimos el tipo de infraestructura para cada tramo de la ciclovia adecuando a la urbanización, aprovechando los espacios disponibles en diferentes tramos y tomando en cuenta las recomendaciones que plantea el manual de diseño de ciclo rutas P.M.C. (PLAN MAESTRO DE CICLORUTAS BOGOTÁ-COLOMBIA). Los tipos de infraestructura se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 4. 5: Tipo de infraestructura utilizada

Tramo	Descripción	Progresiva		Tipo de pistas y fajas	
		Inicio	Fin		
1	Av. Celedonio Ávila	0+000	1+550	Ciclovía en sitio propio o andén	Pista bidireccional
2	Campo deportivo García Agreda	0+000	0+974		
3	Av. La Banda	0+000	0+300		
4	Pasaje Narváez	0+300	0+600		
5	Av. Luis de Fuentes	0+600	0+800	Bici acera	Pista unidireccional
		0+800	1+345	Ciclovía en sitio propio o andén	Pista unidireccional
6	Av. Mario Cossío, Av. Carlos Zenteno, Av. Julio Arce, Av. José Avilés	1+345	1+840	Ciclovía en vía compartida	Pista unidireccional
7	Av. Horacio Aramayo	1+840	2+215	Ciclovía en vía compartida	Pista unidireccional
		2+440	2+803		
		2+215	2+439	Ciclovía en sitio propio o andén	Pista unidireccional

Fuente: Elaboración propia

- Se determinó el ancho de la ciclovía dependiendo del espacio disponible en los diferentes tramos; para pistas bidireccionales el ancho será de 2.4 m., para pistas unidireccionales el ancho será 1.25 m.
- Se instaló tachón bidireccional reflectante como segregación de tráfico vehicular motorizado dispuesta de forma equidistante a una longitud de 2 m. de eje a eje. Están ubicadas paralelamente a una línea de demarcación.

Tabla 4. 6: Ubicación de instalación de tachón bidireccional reflectante

Tramo	Descripción	Progresiva	
		Inicio	Fin
6	Av. Mario Cossío, Av. Carlos Zenteno, Av. Julio Arce, Av. José Avilés	1+345	1+840
7	Av. Horacio Aramayo	1+840	2+215
		2+440	2+803

Fuente: Elaboración propia

- Se instaló Postes delineadores flexibles viales de poliuretano, ubicado estratégicamente en cada paso seguro y al comienzo y final de cada tramo, detallado en la siguiente tabla:

Tabla 4. 7: Ubicación y descripción de postes delineadores

Tramo	Descripción		Cantidad	Progresiva
1	Av. Celedonio Ávila	Comienzo de la ciclovía	2	0+000
1	Av. Celedonio Ávila	Fin de la ciclovía	2	1+550
2	Parque Temático	Paso seguro	4	0+000
2	Puente Bicentenario	Paso seguro	4	0+974
3	Av. La Banda	Paso seguro	4	0+300
4	Pasaje Narváez y av. Los Molles	Paso seguro	4	0+240
5	Av. Luis de Fuentes	Paso seguro	4	0+745
6	Av. José M. Avilés	Paso seguro	4	1+380
6	Av. Mario Cossío y Av. Horacio Aramayo	Paso seguro	4	1+660
7	Av. Horacio Aramayo Manuel Uriondo	2 Islas de refugio y paso seguro	16	1+960
7	Av. Horacio Aramayo y av. los Ceibos	2 Islas de refugio y paso seguro	20	2+165

Fuente: Elaboración propia

- El detalle de drenaje que se plantea es el siguiente:

Tabla 4. 8: Ubicación de alcantarillas de paso tipo cajón con tapa de rejilla y tuberías de drenaje longitudinal

Drenaje transversal	Tramo	Progresiva		Descripción	
Alcantarilla de paso tipo cajón N° 1	2	0+430		Campo deportivo Gracia Agreda	
Alcantarilla de paso tipo cajón N° 2		0+718			
Drenaje longitudinal	Tramo	Progresiva		Diámetro plg.	Descripción
		Inicio	Fin		
Tuberías de drenaje longitudinal N°1	2	0+430	0+718	15	Campo deportivo Gracia Agreda
Tuberías de drenaje longitudinal N° 2		0+718	0+750	18	

Fuente: Elaboración propia

- Se instaló las siguientes señales verticales:

Tabla 4. 9: Señales verticales

Tipo	Cantidad
Advertencia o de peligro	27
Informativas	26
Restrictivas	13

Fuente: Elaboración propia

- Se delimitó el tránsito de las bicicletas y de los vehículos motorizados mediante señales horizontales. Las mismas son: cruce de bicicletas, línea central o línea de eje, línea de borde, doble línea continua y el símbolo de bicicleta (solo bicicletas). Se detalla la ubicación en la tabla 3. 28 (Detalle de señales horizontales)
- Se diseñó la instalación de estacionamientos de bicicletas en cercanías de colegios, plazas y parques.

Tabla 4. 10: Ubicación de estacionamientos tipo universal).

Tipo de estacionamiento	Ubicación		
	Tramo	Descripción	Progresiva
El estacionamiento básico en la vía pública	1	Parque Temático	1+550
	2	Sky Parque	0+000
	3	Av. la Banda	0+100
	5	Av. Luis de Fuentes	0+800
	6	Av. Mario Cossío	1+350

Fuente: Elaboración propia

- Se diseñó de la infraestructura luminaria detallada en la siguiente tabla:

Tabla 4. 11: Detalle de la infraestructura luminaria

Tramo	Descripción	Cantidad	Progresiva	
			Inicio	Fin
1	Av. Celedonio Ávila	155	0+000	1+550
2	Campo deportivo García Agreda	97	0+000	0+974
3	Av. La Banda	30	0+000	0+300
4	Pasaje Narváez	30	0+300	0+600

Fuente: Elaboración propia

- Se planteó el diseño de instalación de semáforos, detallado en el anexo 8 (Elementos de seguridad y señalización).

Tabla 4. 12: Detalle de semáforos

Av. José Julián Pérez			
Acceso	Rojo (seg.)	Verde (seg.)	Ciclo (seg.)
1	20	12	32
2	20	12	32
Av. Luis de Fuentes			
Acceso	Rojo (seg.)	Verde (seg.)	Ciclo (seg.)
1	20	12	32
2	20	12	32

Fuente: Elaboración propia

- Se realizó el presupuesto general para cada una de las alternativas de paquete estructural y de la comparación de precios optamos para la alternativa N° 1 (utilizando capa sub base) siendo un precio de 4272544.09 (bs.)

4.2 RECOMENDACIONES

En este capítulo se presentan las recomendaciones de gestión y diseño en la perspectiva de la movilidad sostenible, que responden a las causas determinantes del problema de convivencia vial entre la bicicleta y modos motorizados en el espacio vial.

Como se revisó en capítulos anteriores, las principales causas del problema de convivencia vial tienen que ver con el diseño urbano, diseño vial y la insuficiente o nula integración de la bicicleta a la planificación urbana:

- Disminuir la velocidad de ambos, ciclistas y automovilistas con la implementación de resaltos, en las cercanías de intersecciones vehiculares y de bicicletas para evitar accidentes.
- Realizar un plan de mantenimiento rutinario y a largo plazo para evitar deterioros que puedan acortar la vida útil de la ciclovía.
- Establecer un plan de campaña de concientización para el respeto y preferencia hacia el ciclista y viceversa.

- Promover el uso de las bicicletas y por ende las Ciclovías, como medio de transporte seguro y responsable
- Se recomienda cerrar temporalmente el acceso vehicular a las calles para formar una ciclovía recreativa para que los habitantes de la ciudad puedan disfrutar de un espacio seguro y gratuito para la recreación y el deporte realizando un día fijo a la semana (generalmente el domingo y en algunos casos también los días festivos) y tiene una duración promedio de 6 horas.
- Hacer énfasis a la ley municipal N°162 (Uso de la bicicleta), la misma que tiene por objeto regular el uso de la bicicleta como medio de transporte en el Municipio de Tarija.