



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**MAESTRIA EN TRANSPORTES**

**“GUIA TECNICA PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCION DE  
CICLOVIAS PARA ZONAS DE AMPLIACION FUTURA DE LAS  
CIUDADES MEDIANAS DEL ECUADOR.”**

*TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTENCION DEL GRADO DE  
MAGISTER EN INGENIERÍA DEL TRANSPORTE*

**ING. RUFFO VILLA UVIDIA**

AUTOR:

**QUITO – ECUADOR 2014**

## **DEDICATORIA**

A mis padres por haberme dado la vida y haberme guiado siempre por el camino del bien. A mis hermanos y hermanas que constantemente me han brindado su apoyo incondicional. A mis dos hijos por ser mi razón de vivir. A mi esposa por ser ese pilar fundamental en mi vida y sobre todo a Dios por su infinita voluntad para tenerme en este mundo.

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mi sincero agradecimiento a todas las personas que de una u otra manera colaboraron con el desarrollo del presente trabajo de investigación.

De manera especial al Ing. Fredi Paredes por su apretura y su excelente dirección en la presente investigación.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación es una propuesta de **Guía Técnica para el Diseño y Construcción de Ciclovías en ampliaciones futuras de ciudades medianas del Ecuador**, el mismo que fue desarrollado bajo los lineamientos, estándares técnicos nacionales e internacionales y de acuerdo a la realidad de nuestro país. Para lo cual se presenta un marco teórico de los aspectos preponderantes en el diseño y construcción de tres tipos de ciclovías.

La propuesta de Guía Técnica contempla seis capítulos que definen en orden secuencial la terminología utilizada, el proceso de diseño geométrico, el diseño de intersecciones, la señalización necesaria, el dimensionamiento de espacios de estacionamientos y los elementos de protección, que de acuerdo a la tipología de ciclovía se debe considerar para garantizar la seguridad de los usuarios y en definitiva el nivel de servicio de la mencionada infraestructura.

## **ABSTRACT**

The present research is a proposed Technical Guide for Design and Construction of Bikeways in future extensions of medium cities of Ecuador, the same that was developed under the guidelines, national and international technical standards and according to the reality of our country. For which a theoretical framework of the prevailing issues in the design and construction of three types of bikeways is presented.

The proposed Technical Guide includes six chapters in sequential order defining the terminology used, the process of geometric design, intersection design, signage necessary sizing parking spaces and elements of protection, according to the typology of bike lane should be considered to ensure the safety of users and ultimately the level of service of that infrastructure.

## TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA .....	1
AGRADECIMIENTO .....	2
RESUMEN.....	3
ABSTRACT.....	4
TABLA DE CONTENIDO .....	5
INDICE DE FIGURAS.....	8
INDICE DE TABLAS .....	10
INTRODUCCION .....	12
A. JUSTIFICACION:.....	12
B. OBJETIVOS Y ALCANCE .....	17
OBJETIVO GENERAL:.....	17
OBJETIVOS ESPECIFICOS: .....	17
ALCANCE: .....	17
Capítulo I: .....	18
MARCO TEORICO Y TERMINOLOGIA UTILIZADA .....	18
1.1 La Movilidad urbana .....	18
1.2 Impacto del desarrollo urbano en la movilidad .....	22
1.3 Movilidad Urbana y Desarrollo Sostenible. ....	25
1.4 La bicicleta como alternativa de transporte. ....	28
1.5 La bicicleta en el Plan de Movilidad Sostenible. ....	36

1.6 Una red funcional para la movilidad ciclista .....	39
1.7 Regulación del Transporte Terrestre en relación a las Bicicletas. ....	46
1.8 Generación de Viajes y Condiciones de operación de ciclovías actuales ....	47
1.9 Condiciones de operación actual de las ciclovías en el país. ....	49
1.10 Definición de términos .....	50
Capítulo II: .....	53
DISEÑO GEOMETRICO.....	53
2.1 Ancho de la ciclo vía.....	55
2.2 Velocidad de diseño .....	59
2.3 Radios de volteo (Radio de curvatura) .....	60
2.4 Peraltes .....	62
2.5 Perfil longitudinal .....	62
Pendiente .....	63
Distancia de visibilidad: .....	64
Capitulo III:.....	67
DISEÑO DE INTERSECCIONES .....	67
3.1 Intersecciones de tipo T y Cruz .....	69
3.2 En redondeles .....	73
Capitulo IV: .....	77
SEÑALIZACION.....	77
4.1 Demarcación .....	78

4.1.1 Señalización Vertical.....	79
4.1.2 Señalización Horizontal.....	86
4.2 Semaforización.....	95
Capítulo V:.....	99
ESTACIONAMIENTOS Y ELEMENTOS DE PROTECCION.....	99
5.1 Estacionamientos.....	99
5.1.1 Criterios para el estacionamiento de bicicletas.....	99
5.1.2 Modelos de estacionamientos para bicicletas e implementación.....	102
5.2 Elementos de Protección.....	106
Otros dispositivos de protección.....	112
Capítulo VI:.....	114
GUIA PARA LA CONSTRUCCION.....	114
6.1 Requerimientos para la Construcción.....	114
6.1.1 Para el caso de Zonas consolidadas.....	116
6.1.2 En el caso de infraestructura proyectada (zonas no consolidadas).....	124
6.2 Especificaciones Técnicas para la Construcción.....	126
Capítulo VII:.....	136
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	136
6.1 Conclusiones.....	136
6.2 Recomendaciones.....	138
BIBLIOGRAFIA.....	139

## INDICE DE FIGURAS

Figura1. 1 Evolución histórica de la bicicleta .....	29
Figura1. 2 Comparación por modo de transporte del tiempo necesario por km de recorrido urbano.....	33
Figura1. 3 Tiempo medio de desplazamiento por modo de transporte urbano.	34
Figura1. 4 Esquema de la red de bicicletas según el modelo de súper manzanas .....	38
Figura1. 5 Ciclo vía tipo Carril- bici .....	42
Figura1. 6 Ciclo vía tipo Acera- bici .....	42
Figura1. 7 Ciclo vía tipo Pista-bici.....	43
Figura2. 1 Dimensiones básicas promedio de una bicicleta .....	53
Figura2. 2 Espacios de operación del ciclista .....	54
Figura2. 3 Sobre ancho de la ciclo vía en zonas de estacionamiento vehicular. ....	57
Figura2. 4 Ancho de ciclo vía bidireccional en aceras (acera-bici) .....	58
Figura2. 5 Radios de curvatura en función del peralte y la velocidad de diseño	61
Figura2. 6 Pendientes admisibles en función de la longitud del tramo .....	63
Figura2. 7 Distancia de visibilidad en curvas .....	65
Figura 3. 1 Disminución de radios de giro.....	69
Figura 3. 2 Cruce de ciclistas en intersecciones de un solo sentido .....	71

Figura 3. 3 Intersección tipo rotonda o redondel.....	74
Figura 3. 4 Separador tipo bordillo para carril segregado en la calzada .....	75
Figura 3. 5 Tipo de cruce de pista/acera – bici en un redondel .....	76
Figura 3. 6 Atajo en intersección en T o en Cruz.....	76
Figura4. 1 Forma y tamaño estándar de una señal vertical .....	80
Figura4. 2 Dimensiones de una Señal Preventiva (reductor de velocidad).....	81
Figura4. 3 Señales de advertencia o prevención .....	82
Figura4. 4 Señales informativas de servicios.....	83
Figura4. 5 Señales informativas de destinos (lugares de interés).....	84
Figura4. 6 Señales informativas de vialidad (Diagrama ciclista).....	85
Figura4. 7 Señales Regulatorias.....	86
Figura4. 8 Líneas de demarcación longitudinal .....	89
Figura4. 9 Demarcación en transición (reducción de 3 a 2 carriles) .....	92
Figura4. 10 Demarcación de una intersección con paso peatonal.....	93
Figura4. 11 Carril exclusivo para bicicletas.....	95
Figura4. 12 Forma y dimensiones de la lente del semáforo .....	97
Figura4. 13 Control de la intersección, para giros izquierdos. ....	98
Figura5. 1 Ciclo parqueadero tipo Tostador.....	102
Figura5. 2 Gancho para colgar bicicletas.....	103
Figura5. 3 Módulo de estacionamiento vertical para bicicletas.....	104
Figura5. 4 Módulo de estacionamiento techado para bicicletas .....	105

Figura5. 5 Postes Delimitadores Rebatibles .....	107
Figura5. 6 Separador de carril modelo S 4.5/100 .....	108
Figura5. 7 Separador vial modular.....	108
Figura5. 8 Tachas reflectantes.....	109
Figura5. 9 Delimitación de protección tipo b-2.6b.....	110
Figura5. 10 Tipos de vallas para protección de una ciclo vía. ....	111
Figura5. 11 Barrera plástica de contención. ....	113
Figura6. 1 Esquema básico para la construcción de ciclovías en ampliaciones de ciudades medias del Ecuador.....	124

## **INDICE DE TABLAS**

Tabla 2. 1 Anchos recomendados para ciclovías en ciudades medias del Ecuador .....	56
Tabla 2. 2 Sobre ancho de vía en curvas con pendientes entre 3 y 10 % .....	59
Tabla 2. 3 Velocidad de Diseño de ciclovías por tipo de vía de circulación .....	60
Tabla 2. 4 Temperatura promedio en ciudades medias del Ecuador .....	66
Tabla 3. 1 Intersección recomendada por la función de las vías en intersección .....	70
Tabla 3. 2 Radio de giro para intersecciones tipo T y Cruz si el volumen de vehículos grandes es mayor al 5% del flujo total .....	72
Tabla 4. 1 Distancia de la señal en función de la velocidad de aproximación. .	82

Tabla 4. 2 Dimensiones de las líneas de un paso peatonal.....	94
Tabla 6. 1 MATRIZ DE EVALUACION DE REQUERIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCION DE UNA CICLOVIA. ....	116
Tabla 6. 2 Jerarquía Vial del Ecuador.....	118
Tabla 6. 3 Actividades a cumplir en las Intersecciones semaforizadas previa la construcción de la ciclovia .....	123
Tabla 6. 4 Especificaciones técnicas generales para la construcción de una ciclovia.....	126

## INTRODUCCION

### A. JUSTIFICACION:

Considerando que la tendencia mundial en el aspecto de la movilidad sustentable es la conservación del planeta, a partir de los años setenta en varios países de todo el mundo se han desarrollado diversos planes y programas para promover la utilización de vehículos cada vez menos contaminantes y ecológicos, como es el caso de la bicicleta que además de no contaminar el ambiente ayuda notablemente a preservar la salud de los seres humanos.

A nivel europeo Holanda cuenta con un promedio de viajes en bicicleta de 28 por día superando a Cambridge que según estadísticas se realizan 19 viajes y a Nueva York cuyo promedio es 18 viajes por día. Por otra parte en Estados Unidos el desarrollo de esta alternativa de transporte inicia en 1974 en las ciudades de Washington y Chicago, para luego ampliarse por casi todos los estados en la actualidad.

En Latinoamérica cada vez son más ciudades que promueven el uso de la bicicleta como medio alternativo de transporte y no solo como alternativa de recreación, así es el caso de Bogotá que es la pionera en América Latina en

este tipo de iniciativas y <sup>1</sup> **ostenta el récord de contar con 345 kilómetros de ciclo rutas.**

A ella le siguen las principales ciudades brasileñas como Sao Paulo que con 20 millones de habitantes tiene en promedio 350.000 viajes diarios en bicicleta en 67Km de ruta actual y se está instalando canales exclusivos, 'ciclo rutas', para llegar a una red de 85 km. Curitiba cuenta con 120 Km de ciclovías y Brasilia pretende extender los 160 Km actuales a 400 Km para el 2014. Otra ciudad importante de América es Buenos Aires que cuenta con 94km de ciclovías a través de un sistema público de bicicletas (**BUENOS AIRES, 20 Set 2012 AFP**).

Así mismo varias ciudades metrópolis del continente como Lima que cuenta (según el programa Ciclo Lima) con una red de 120 km, México con 59 km, Costa Rica con 5,8 km y otras disponen de ciclovías pero empleadas más para deporte que como alternativa de transporte.

En el caso de nuestro país, las ciclovías inician su desarrollo con <sup>2</sup>**El Ciclo paseo en el año 2005, duplicando su frecuencia de cada quince días y en mayo de 2009 se convirtió en un evento semanal (los domingos). Con el éxito logrado en Quito, otras ciudades como Guayaquil, Cuenca e Ibarra**

---

<sup>1</sup> *Ciudades de América Latina pedalean por un mundo sin autos* disponible en: <http://ciclovidaonline.com/?p=1493>

<sup>2</sup> *Plan Nacional de Ciclovías* disponible en [http://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/08/31-08-2012\\_Especial\\_Ciclovias.pdf](http://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/08/31-08-2012_Especial_Ciclovias.pdf)

**han iniciado proyectos similares.** Así actualmente el ciclo paseo se cumple en una ruta de 30 km que va desde el Norte al Sur de la ciudad en las siguientes rutas. Parque La Carolina, Parque del Ejido, el Centro histórico de Quito, la Avenida Río Amazonas, y El Panecillo.

De igual forma la Asociación de Municipalidades del Ecuador - AME ha propuesto replicar esta iniciativa en todas las ciudades del país, logrando implementar los estudios hasta finales del 2012 de las siguientes ciclorutas en algunas ciudades del país como son:

**Ruta: Luluncoto – Cumbayá** con 15 km de ciclo vía como alternativa de distracción, dentro del proyecto de ampliación de la ruta ‘El Chaquiñán’.

**Ruta: Cuenca – Tarqui** con 14.4 km de ciclo vía en espaldón, optimizando el espacio de las vías compartiendo tanto vehículos motorizados y no motorizados, la misma ruta.

**Ruta: Baños - Río Negro**, 28.8 km de ruta totalmente segregada de la vía E-30.

**Vía: Pedernales - Bahía de Caráquez**, 105 km de ciclo vía para realizar ciclo turismo en los paisajes de Jama, Canoa, San Vicente, entre otros.

**Ruta: San Vicente - San Pablo**, 14 km de ruta para solucionar la congestión vehicular que se genera en la E-40 (Vía a la Costa), la misma que se unirá con

la ruta Guayaquil – Chongón - Parque Lago – Cerecita – ‘Y’ de Progreso - San Vicente, cuya extensión total es de 98 km.

Otras rutas como los tramos Bahía de Caráquez – Manta, Manta - Montañita y Montañita - La Libertad están en estudios, al igual que en distintas ciudades más pequeñas como es el caso de Ambato. Mientras que la ciudad objeto de estudio Riobamba, no cuenta con estudios técnicos para esta alternativa importante.

En conclusión de lo anteriormente mencionado se puede evidenciar que esta alternativa denominada ciclo vía (ciclo ruta) de transporte no motorizada, segura, ecológica y sustentable, va en aumento continuo a nivel mundial por lo que es de suma importancia contar con herramientas técnicas para su implementación.

Por otra parte dentro del **Plan Nacional de Ciclovías** creado en el 2012, en concordancia con el plan del Buen Vivir, promueve el uso de la bicicleta como una alternativa de transporte con el fin de reducir la contaminación, descongestionar el tránsito y mejorar la salud a través de la actividad física; se previó 1.500 km de rutas para bicicleta que atraviesen el país. <sup>3</sup>**Pero la**

---

<sup>3</sup> <http://www.elheraldo.com.ec/index.php?fecha=2013-04-07&seccion=Ciudad&noticia=25255>

**implementación de las ciclovías requiere al menos de los mínimos parámetros técnicos y no simplemente de señalizar sobre las vías, marcas para uso de los ciclistas.**

Así para el diseño de las ciclovías se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones esenciales.

Ancho de la ciclo vía, señales legibles y bien ubicadas para garantizar la seguridad de circulación, velocidades de circulación, tamaño del vehículo y el espacio necesario para el movimiento del ciclista, así como desplazamientos durante el pedaleo y demás que faciliten la operatividad de esta alternativa de transporte, las mismas que deberán ser tomadas en cuenta para la implementación de las ciclo vías, para evitar cualquier accidente en dichas infraestructuras.

Por lo tanto se considera una necesidad inmediata la ejecución de esta guía práctica que permitirá la implementación de ciclovías seguras y óptimas, bajo criterios técnicos en todo lo referente a su infraestructura, señalización y control para beneficio de todos los usuarios y la sociedad en general.

## **B. OBJETIVOS Y ALCANCE**

### **OBJETIVO GENERAL:**

Aportar con una guía técnica para el diseño y construcción de ciclovías y otras facilidades ciclísticas que ayuden a promover el uso de la bicicleta como un medio alternativo de transporte, aplicable a ciudades de tamaño medio en crecimiento que estén planificadas para garantizar una adecuada movilidad.

### **OBJETIVOS ESPECIFICOS:**

- ✓ Analizar los proyectos de las ciclovías ejecutados en las distintas ciudades del país y establecer la terminología a utilizar.
  
- ✓ Determinar los parámetros objeto de diseño.
  
- ✓ Desarrollar la guía técnica para el diseño y construcción de las ciclo vías.

### **ALCANCE:**

La presente tesis culminará con la propuesta de la Guía Técnica para el diseño y construcción de ciclovías para ciudades en crecimiento del Ecuador.

## **Capítulo I:**

### **MARCO TEORICO Y TERMINOLOGIA UTILIZADA**

#### **1.1 La Movilidad urbana**

Si bien la movilidad urbana se identifica básicamente con el movimiento en las ciudades, tiene un concepto mucho más amplio y complejo que puede ser interpretado desde diferentes puntos de vista como el político, técnico y de participación ciudadana. Por lo que para conceptualizar de mejor manera en este trabajo se ha considerado su alcance e implicaciones sociales, políticas, económicas y ambientales.

Así según Carmen Mataix Gonzales, la movilidad se define como la habilidad para satisfacer las necesidades de una sociedad para moverse libremente, mejorar el acceso, comunicarse, comerciar y establecer relaciones sin sacrificar otros valores humanos o ecológicos actuales o futuros dentro de una determinada ciudad.

Indica además que en cuanto a necesidad básica la movilidad es un derecho fundamental que debe estar garantizado en igualdad de condiciones, a toda la población sin diferencias derivadas del poder adquisitivo, condición física o psíquica, genero edad o cualquier otra causa.

Por otra parte según el criterio de Margarita Jans B. experta en urbanismo considera que la movilidad urbana se define por los distintos desplazamientos que se generan dentro de la ciudad a través de las redes de conexión locales, lo cual exige el máximo uso de los distintos tipos de transporte, que no sólo incluyen el sistema público de buses, metros y taxis sino también las bicicletas, que tienen vital trascendencia en la calidad de vida de sus habitantes y en el mejor uso del espacio público de la ciudad.

Otro punto de vista importante es la sostenibilidad que tiene como eje central al ciudadano y sus necesidades de desplazamientos que garanticen una convivencia equitativa con el ambiente, en este sentido según la estrategia Española de Movilidad Sostenible del Ministerio de Medio Ambiente del 2009 define la movilidad como “el conjunto de procesos y acciones orientadas a desplazar personas y bienes en el territorio urbano para acceder a las actividades y servicios”. Esta definición concuerda con otra expresada en el Libro Verde de Medio Ambiente urbano de España (2007) que dice “La movilidad urbana no es sino un medio para permitir a los ciudadanos, colectivos y empresas acceder a la multiplicidad de servicios, equipamientos y oportunidades que ofrece la ciudad”.

Bajo estas concepciones la Movilidad Urbana Sustentable tiene como base fundamental los siguientes principios.

La **libertad**, para desplazarse por todo el territorio eligiendo el modo que más convenga a sus intereses respetando siempre las normas y disposiciones que ello involucra.

La **equidad y solidaridad**, que garantiza el acceso igualitario logrando una proporcionalidad en los servicios recibidos.

La **inclusión**, para el acceso al cualquier sistema de movilidad de los grupos vulnerables y con discapacidades.

La **responsabilidad compartida**, de quienes están involucrados en la movilidad urbana para que asuman los roles que aporten a la sostenibilidad de una movilidad integral.

La **eficiencia**, que optimice los costos que genera la operación del sistema de movilidad logrando que toda tarifa que se cargue al usuario se la justa pero que incida directamente en la sostenibilidad del sistema.

Un dato muy importante se encuentra en Chile emitido por el CONASET en el 2006, el mismo que indica que en el año 2005, gracias a que un 6% de los ciclistas (sólo en Providencia, Ñuñoa y Santiago) optó por no usar el automóvil para realizar su viaje, se evitaron 4.238.791 Km de viajes en automóvil lo que significó que ese año se dejaran de emitir 856 toneladas de CO2.

En el contexto del país la movilidad urbana actualmente tiene una tendencia creciente en el desplazamiento automotor individual a tal punto que la tasa de motorización para el año 2012 supero el 11% provocando varios problemas en los desplazamientos de los ciudadanos que ven con mucho malestar esta situación. Así por ejemplo podemos citar un caso específico que vive la ciudad de Quito demuestra los problemas de movilidad a través de los siguientes datos: La tasa de subutilización vehicular es de 1,7 ocupantes por viaje lo que indica el desperdicio de energía y el mal uso del espacio (Hurtado 2007).

Los niveles de ruido en ciertos sectores de la urbe sobrepasan los 90 decibeles cuando lo permitido es 40 decibeles.

Según los resultados del Plan Maestro de Movilidad del 2008 del DMQ. Evidencian que el índice de accidentabilidad se incrementó con un promedio del 15% anual en los últimos diez años.

Según la CAF 2009, el tiempo promedio de viaje en Quito es de 46,5 minutos (1,3 veces más) el más alto entre las principales ciudades de Latinoamérica. Lo que desencadena otro problema mayor que es la contaminación por emisión de Monóxido de carbono que representa el 98 % de la contaminación según un informe de la CORPAIRE (2008).

## **1.2 Impacto del desarrollo urbano en la movilidad**

Las ciudades se implantan en los lugares donde las personas viven, trabajan y desarrollan una serie de actividades, ya sea dentro o fuera de los hogares.

Para realizar cualquier actividad es necesario el uso de formas diferentes de desplazamiento ya sea no motorizado como caminata, bicicleta y otros motorizados como autobuses, motocicletas, automóviles, ferrocarriles etc.

Se necesita entonces comprender cómo está estructurada la ciudad para saber qué desplazamientos se realizan y qué tipo de transporte necesitan, así como los factores que influyen en la movilidad de las personas.

El desarrollo urbano de una ciudad está relacionado básicamente con el uso y ocupación del suelo, sus características físicas, económicas y sociales que afectan directamente al sistema de transporte de dicha ciudad. Así los principales factores que definen la interacción entre el desarrollo urbano y el transporte están:

**El sistema político y económico** que dependiendo del tipo de gobierno (De derecho democrático y economía capitalista) impacta fuertemente en la forma como se construye las ciudades, que incluye la existencia de empresas que operan y hacen negocio en el área urbana.

**El sector privado** que representados por la industria y construcción tienen intereses específicos en el desarrollo urbano.

**Los sistemas de transporte instalados** que con sus características individuales condicionan a las personas de cómo usar la ciudad.

**El valor de la tierra** por su lado condiciona la ubicación de una actividad y **la dinámica económica** que identifica claramente el ingreso, nivel de empleo y apertura de negocios en cualquier ciudad.

Todos estos factores afectaran directamente en el sistema de transporte ya sea en beneficio o en perjuicio del mismo, provocando una mejora o disminución de la calidad de vida en sus habitantes.

Así mismo el constante crecimiento poblacional ha generado un aumento dependiente de la demanda de transporte, provocando el uso indiscriminado del vehículo automotor con secuelas ambientales que sobrepasan los límites de aceptabilidad en la mayoría de las ciudades medias de todos los países de América del sur. Esta demanda según el Consejo Mundial de Negocios para el desarrollo Sustentable no puede ser confrontada con la costosa expansión de los sistemas y medios de transporte existentes, sino que se debe buscar alternativas de transporte ecológicas y socialmente amigables.

El modelo actual de desarrollo urbano es expansivo en la mayoría de ciudades medias, ya que la ubicación de la población está en función del nivel de ingresos y el valor de la tierra, esto ha provocado que los habitantes de menor

ingreso se agrupan en la periferia de la ciudad, lo que no favorece al desarrollo de sistemas de transporte no motorizado por cuanto los servicios de educación, salud, trabajo y demás están en el centro de la misma y para llegar a tiempo es necesario utilizar como prioridad un vehículo particular o un transporte colectivo. Pues además las condiciones de vialidad, señalización y control favorecen a los vehículos motorizados, sin embargo los viajes no motorizados al momento representan más del 15 % de los desplazamientos totales de la ciudad.

Este modelo revela tres impactos fundamentales que son:

El primer impacto es una reducción en la accesibilidad a los equipos y servicios que necesitan las personas, por la falta de oferta. Esta situación afecta tanto a los usuarios de altos ingresos pero especialmente a quienes perciben pocos recursos, pues todos ellos podrían llegar a los destinos deseados si hubiese a su disposición una amplia oferta de servicios públicos.

El segundo impacto es que las personas se ven obligadas a recorrer grandes distancias a diario sólo para llegar a su lugar de trabajo, ya que su residencia generalmente está en lugares periféricos de la ciudad.

Como tercer impacto y consecuencia del anterior (los largos trayectos) es el aumento en el costo del sistema de transporte público, situación que deriva en el cobro de tarifas más altas. Con lo cual, para quienes dependen del transporte

público que es la gran mayoría, estas condiciones representan un costo muy elevado en tiempo y comodidad.

Por otra parte para quienes si pueden acceder a un vehículo particular el impacto radica en la falta de control en el uso y la ocupación del suelo en áreas más estructuradas de las ciudades, ya que la falta de compatibilidad entre la densidad ocupacional del suelo y la creciente cantidad de viajes de los usuarios ha llevado a la constitución de áreas con gran cantidad de vehículos que, a su vez, causan graves problemas de congestión.

### **1.3 Movilidad Urbana y Desarrollo Sostenible.**

Según el ***Informe Brundtland*** de la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas en 1987, el término “Sostenibilidad” o desarrollo sostenible se define como el desarrollo que satisface las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras. Pero en 1992 en la segunda “Cumbre de la Tierra”, se añade a esta definición que el desarrollo sostenible se apoya sobre tres pilares fundamentales que son: el progreso económico, la justicia social y la preservación del medio ambiente.

Por lo tanto un modelo de movilidad urbana sostenible tiene que asegurar la protección del medio ambiente, mantener la cohesión social y la calidad de vida

de los ciudadanos y además favorecer el desarrollo económico. Además el aseguramiento debe ser en un tiempo determinado y con costos razonables que minimicen los efectos negativos sobre el entorno general.

**Algunas claves de movilidad urbana:**

El objetivo fundamental es que los ciudadanos puedan alcanzar el destino deseado en condiciones de seguridad, comodidad, igualdad y de la forma más autónoma y rápida posible.

El transporte motorizado es solo un medio para facilitar la movilidad, pero también cuentan los modos alternativos como caminar y la bicicleta que son menos contaminantes y más saludables.

Las políticas de movilidad tienen que ofrecer soluciones a todos los ciudadanos sean estos: peatones, ciclistas, personas con movilidad reducida, usuarios del transporte público, conductores y demás.

Para lograr eficiencia y reducir las necesidades de desplazamiento es importante crear cercanía a que producir transporte contaminante.

Por otra parte (según el artículo de Margarita Jans, Movilidad urbana) los cambios en los patrones de crecimiento de las ciudades han generado

modificaciones en las estructuras de la población que requieren una nueva manera de enfrentar la difícil tarea del planeamiento y diseño urbano.

La modernidad refleja un fenómeno de permanente cambio en la vida contemporánea, por lo que no podemos permanecer ajenos a los desafíos que nos exigen estos cambios, ya que más del 57% (según datos del INEC del censo poblacional del 2010) de la población de las ciudades medias del Ecuador vive en la zona urbana y desarrollan sus actividades en la ciudad, las mismas que son el motor de la economía nacional y donde finalmente se genera la riqueza del país. Desde esta perspectiva el crecimiento urbano planificado y diseñado en una forma integral, es una estrategia prioritaria en el desarrollo de las ciudades medias, que apuntan directamente a mejorar conexiones entre las actividades y la residencia de los ciudadanos.

Finalmente el crecimiento urbano inteligente en lugar de un crecimiento por extensión (“Sprawl”) si es posible transformando aquellas áreas que actualmente funcionan aisladamente en áreas y trayectos de cercanía que viabilizan las alternativas de caminata y recorrido en bicicletas como transporte prioritario y eficiente. El desarrollo de este tipo de ciudades no solo hace la vida más fácil y placentera reduciendo la congestión, la dependencia al automóvil y al combustible abaratando costos y cuidando el medio ambiente, sino que

fundamentalmente mantiene las conexiones sociales, la interacción de las comunidades y un mejor uso de los espacios públicos.

Por lo tanto en el marco del diseño y planeamiento de las nuevas ciudades es necesario la implementación de políticas adecuadas para el crecimiento sustentable y eficiente que permitan una revitalización de las áreas urbanas, que promueva la realización de viviendas de gran accesibilidad, creación de espacios más agradables y transitables y por supuesto la generación de ciudades llenas de vitalidad y menos contaminadas.

#### **1.4 La bicicleta como alternativa de transporte.**

##### **Antecedentes de la bicicleta.**

Al hablar de la bicicleta, los testimonios más antiguos sobre éste popular vehículo se remontan hasta las antiguas civilizaciones de Egipto, China e India. Según la información del Manual Integral de movilidad ciclista para ciudades mexicanas en la primera parte indica que desde el aparecimiento del “celífero” en 1690 cuyo inventor fue el francés Conde de Sivrac y mejoró su invento con velocípedo en 1790, la bicicleta ha ido evolucionando y mejorando tanto su presentación como su resistencia como se menciona a continuación.

En 1818 en Inglaterra se inventan los denominados balancines que eran más ligeros que el cellífero, un asiento ajustable y un apoyo para el codo.

Pero fue en 1873 cuando el inventor inglés James Starley produjo la primera bicicleta con todas sus características específicas, pero con una diferencia en el tamaño de las ruedas, quedando así la forma casi estandarizada como se ve en la figura 1.1

El 7 de enero de 1887 el norteamericano Thomas Stevens realiza el primer viaje en bicicleta alrededor del mundo.

Partió de San Francisco y regresó a la misma ciudad después de pedalear durante más de tres años.

**Figura1. 1 Evolución histórica de la bicicleta**



Fuente: Universiteit van Amsterdam, Facultad de Ciencias, [www.science.uva.nl](http://www.science.uva.nl)

El 31 de mayo de 1889 nació oficialmente el ciclismo de competición; los hermanos Olivier, asociados de la fábrica de Michaux, organizaron una carrera en el parque de Saint Cloud de París con 1200 m de recorrido en la que tomaron parte 7 ciclistas y desde entonces empezó la fiebre del ciclismo.

Las modificaciones y mejoras en los años siguientes incluyeron el cojinete de bolas y el neumático, así como también el uso de tubos de acero soldados y los asientos de muelles, llevaron a la bicicleta a la cumbre de su desarrollo. Pero con la introducción del automóvil por parte de la industria automotriz a partir de 1920 la bicicleta ha ido decayendo en su uso como una alternativa de transportación especialmente en las ciudades.

En las décadas de 1960 y 1970, la contaminación atmosférica por los gases emitidos por los automóviles, perjudico enormemente a la capa de ozono dando lugar a que el interés hacia la bicicleta sea retomado por muchas personas de todo el mundo con el fin de reducir ese nivel de contaminación, a lo que se unió la grave crisis mundial del petróleo durante varios años.

En parte, a causa de estos estímulos, la popularidad de la bicicleta se incrementó enormemente y desde entonces el uso de las bicicletas empezó a resurgir en todo el mundo, a tal punto que en varias ciudades se establecieron carriles para bicicleta y rutas propias para ciclistas.

## **La movilidad en bicicleta.**

Dado que las ciudades más vanguardistas y competitivas del mundo están privilegiando a los peatones, a los ciclistas y a los usuarios del transporte público sobre el transporte motorizado individual, la bicicleta es el medio de transporte que ha demostrado ser flexible y eficiente en la ciudad.

Movilizarse en bicicleta es una de las formas más económicas y accesibles ya que no requiere tarifas, combustible, licencia de conducir ni registro específico alguno. Además su uso ofrece la posibilidad de transformar a las ciudades en lugares más saludables, sostenibles equitativos y competitivos, mejorando así la calidad de vida de cualquier ciudad.

La bicicleta es una máquina cuyo funcionamiento depende del trabajo conjunto de dos fuerzas, una mecánica de la bicicleta y otra biológica del ser humano; ya en movimiento, depende del equilibrio del ciclista para mantenerse vertical y no caer. Esta posición de equilibrio o de marcha se mantiene a medida que el cuerpo que conduce la bicicleta realiza correcciones de contrapeso constantes e instintivas mientras la bicicleta está sujeta a fuerzas centrífugas en curva.

De acuerdo con el Manual Integral de movilidad ciclista para ciudades mexicanas, la posibilidad de cambiar el patrón de movilización de las personas

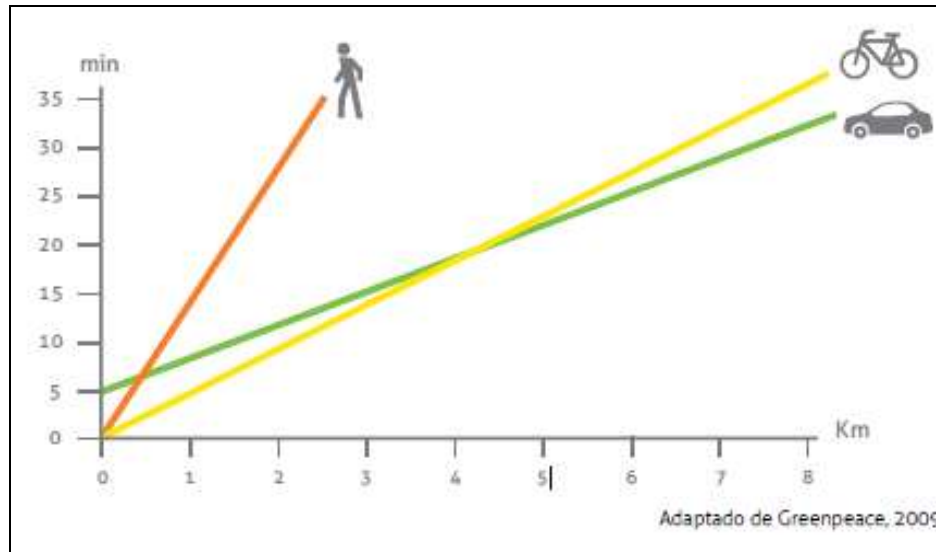
del uso de autos particulares por la bicicleta para ir al trabajo, a la escuela, a la universidad, de compras o a cualquier otra actividad es altamente viable a través del fomento de una cultura ciclista, una intervención en la infraestructura vial y basándose en una estrategia que implemente la bicicleta como parte fundamental de un sistema integral de transporte urbano que permita la interacción del peatón, ciclista y conductor vehicular.

Pues según el estudio realizado la bicicleta es el medio de transporte más rápido y eficiente para realizar viajes de hasta cinco (5) kilómetros con una velocidad promedio de 16.4 Km/h, comparado con la velocidad de otros medios como de un auto en hora pico que es de 15 Km/h como promedio en las ciudades medias del Ecuador, así mismo si comparamos con el tiempo de viaje del transporte público o el de caminar que son mucho más prolongados para esta distancia de recorrido, la bicicleta es la mejor alternativa de movilización.

Otro estudio realizado en Gran Bretaña demuestra que el gasto en infraestructura para transporte no motorizado genera un retorno de la inversión mayor que de las infraestructuras viales para automóviles y ferrocarriles, ahorro en productividad y tiempos de traslado.

Un resumen de ello se muestra en la siguiente figura:

**Figura1. 2 Comparación por modo de transporte del tiempo necesario por km de recorrido urbano**

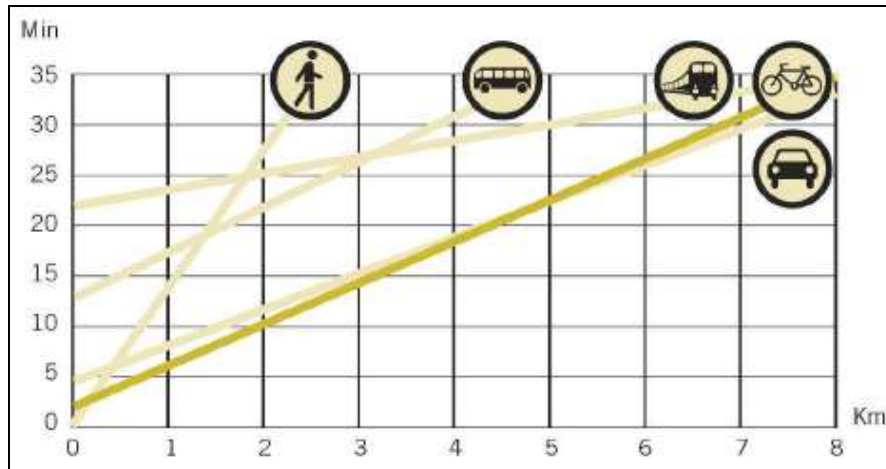


**Fuente:** Manual Integral de movilidad ciclista para ciudades mexicanas

En este sentido la inversión en la movilidad ciclista como alternativa de transporte está directamente relacionada con una inversión positiva en salud, seguridad vial, el medio ambiente, desarrollo económico y la calidad de vida.

Así mismo otro estudio importante es el Plan Director de Movilidad Ciclista de Vitoria Gasteiz que demuestra que un gran porcentaje de los desplazamientos realizados diariamente en la ciudad son inferiores a 5 Km lo que constituye como un factor favorable para el uso de la bicicleta como vehículo urbano más rápido y de puerta a puerta según se muestra en la siguiente figura que desprende dicho plan.

**Figura1. 3 Tiempo medio de desplazamiento por modo de transporte urbano.**



**Fuente:** Plan de Movilidad Sostenible y Espacio Público de Vitoria-Gasteiz.

Finalmente como ejemplo de eficiencia económica del uso de la bicicleta es la financiación del Banco Mundial en Chile para 10 Km de ciclo vías, que redujo las emisiones entre 684 y 999 toneladas de CO2 por año, provocando un ahorro en combustible de 166,234 USD, en tiempos de traslado 344,627 USD en reducción de accidentes 133,903 USD y en accidentes derivados una reducción de 24,473 USD, sumando un ahorro total de 628,850 USD en el año 2005.

### **Seguridad Vial y Salud.**

Según información del estudio realizado en México en las ciudades en las ha aumentado significativamente el porcentaje de viajes en bicicleta, los índices de mortalidad por accidentes viales se han reducido notablemente. En Holanda, Dinamarca y Alemania donde los viajes en bicicleta han llegado al 36 % del total

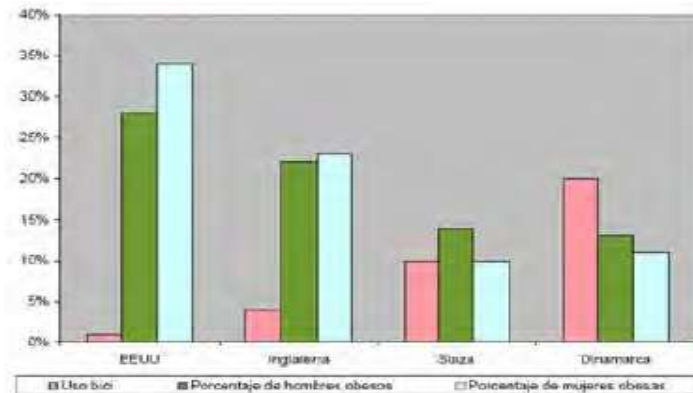
de viajes de cada ciudad, la mortalidad por accidentes viales es un 30% menor que en otros países con el mismo nivel de desarrollo pero con mayor reparto modal a favor del auto.

Los países con menores índices de obesidad son aquellos en los que el transporte activo tiene una participación significativa en la movilidad, es decir el impacto de utilizar la bicicleta como medio de transporte brinda a la población una oportunidad de vida más larga y saludable. Según datos del estudio por cada 30 minutos diarios de transporte activo se satisface el 70% de la actividad física recomendada por la OMS (Sallis, 2006), además se reduce 11% del riesgo de contraer enfermedades cardiovasculares.

Así mismo según el estudio de Pucher y Dijkstra se destaca que al usar bicicleta entre 20 y 30 minutos diarios, mejora el sueño, aumenta la eficiencia y concentración de las personas en el trabajo y fortalece la capacidad pulmonar, el sistema inmune y los huesos.

El resumen de esta información se muestra en el siguiente cuadro estadístico del estudio realizado por Pucher y Dijkstra en el año 2005 denominado Bicivilízate.

**Cuadro 1.1** Relación entre uso de la bicicleta y niveles de obesidad en distintos países



Fuente: Pucher y Dijkstra, en Bivilízate, 2005, pp. 7 ([www.iof.org](http://www.iof.org))

### 1.5 La bicicleta en el Plan de Movilidad Sostenible.

Una de las ciudades con los mejores referentes en el uso de la bicicleta es Vitoria-Gasteiz, la misma que de acuerdo al Plan Director de Movilidad ciclista ha hecho frente a los siguientes retos:

- Invertir la tendencia al incremento en el uso del automóvil.
- Trasvasar automovilistas a los medios de transporte público y a la bicicleta
- Crear redes funcionales para los modos peatonal y ciclista.
- Liberar el espacio público del tráfico para recuperar el entorno ciudadano de calidad.

En consideración a las líneas estratégicas ambientales de la ciudad, el mencionado plan se suma a un amplio conjunto de iniciativas, planes y documentos orientados a la búsqueda de una solución más racional a la

movilidad urbana. Además dentro estas estrategias esta la conservación del consumo energético, ya que un mayor uso de la bicicleta permite ahorrar recursos no renovables y reducir la dependencia energética de un país (Dekoster y Schollaert, 2000). Pues este plan responde a los objetivos y directrices que se incluyen en la Estrategia Española de Sostenibilidad Urbana.

De acuerdo con estos antecedentes la propuesta de este plan es una estructuración de la ciudad en súper manzanas con el objetivo de resolver la mayor parte de las disfunciones urbanas ligadas a la movilidad y al uso del espacio público. Ya que esta estructura posibilita la interacción de distintas actuaciones para lograr una ciudad más sostenible; puesto que la súper manzana está delimitada por vías básicas en cuyo interior está un conjunto de manzanas, restringiendo el tráfico de paso y dando prioridad al espacio peatonal compartido con ciclistas, vehículos de servicio público y de emergencia con una velocidad promedio de 10 Km/h.

El cambio fundamental que introduce este esquema consiste en la reestructuración de la movilidad diferenciando las redes por modo de transporte, con lo cual disminuyen los conflictos entre modos y especialmente con los peatones.

Según la jerarquía la red básica (perimetral) es lo más ortogonal posible y soporta el tráfico motorizado y el transporte colectivo en superficie, mientras que dentro de la súper manzana no interviene el transporte de paso y las calles posibilitan la existencia de una red ciclística que ofrece una mayor seguridad como se muestra en la figura 1.4.

**Figura1. 4 Esquema de la red de bicicletas según el modelo de súper manzanas**



**Fuente:** Agencia de ecología Urbana de Barcelona

Finalmente del plan Maestro de ciclo rutas de Santa Fe de Bogotá del año 2002, se desprende que en la mayoría de las ciudades de porte medio, poseen condiciones razonables que favorecen el uso de la bicicleta, debido a la presencia de áreas libres más o menos próximas al centro urbano, pues <sup>4</sup>en

<sup>4</sup> ALCALDÍA MAYOR DE SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.; PLAN MAESTRO DE CICLORUTAS. MANUAL DE DISEÑO DE CICLORUTAS 2002

ciudades con menos de 200.000 habitantes, es muy difícil hacer viable un adecuado sistema de transporte público, pues estos sistemas requieren de grandes flujos de pasajeros para ser eficientes.

En esta categoría de ciudades, los medios de transporte más eficientes para los desplazamientos de corta distancia, son las bicicletas y los vehículos livianos, dependiendo de los ingresos de los individuos. Por lo tanto, en las ampliaciones o expansiones de las ciudades medias y en las nuevas ciudades se deben tomar medidas oportunas orientadas a establecer un completo sistema de transporte integrado con ciclo rutas, ya que como se mencionó anteriormente la implementación de dichas infraestructuras se adapta plenamente a ellas por las distancias de recorrido.

### **1.6 Una red funcional para la movilidad ciclista**

Las redes ciclistas no son más que las infraestructuras necesarias para la movilización de ciclistas las mismas que básicamente están agrupadas en tres tipos que son:

Las primeras que van sobre las aceras compartiendo con el peatón, el segundo grupo es aquel que va sobre espacio verdes generalmente parques o vías periféricas y por último están las que van sobre la calzada compartiendo el espacio de los automóviles a través de carriles segregados.

Para determinar la funcionalidad y seguridad de una red ciclista, el aspecto más crítico es el tratamiento de las intersecciones ya que gran parte de ellas están compartidas con los pasos peatonales o a su vez se interrumpen por priorizar al vehículo motorizado.

En este sentido los criterios generales considerados para la propuesta de ciclovías en la ampliación de ciudades medias (según la red de bicicletas de Vitoria-Gasteiz) han sido los siguientes:

**Cobertura de la red:** La red debe ser accesible desde todos los puntos de la ciudad a una distancia no superior a los 250m desde cualquier punto, distancia equivalente a un minuto en bicicleta.

**Continuidad y conexión entre los tramos:** Los tramos que forman la red deben garantizar su interconectividad además de su adecuada señalización, con especial atención en las intersecciones.

**Acceso a los equipamientos urbanos y a los puntos de generación de actividad:** La red debe permitir el acceso en bicicleta al amplio abanico de lugares educativos, culturales, deportivos, sanitarios y sociales disperso por la

ciudad, así como al resto de puntos de generación de actividad y servicios como mercados, parques, zonas verdes, sitios industriales y centros de ocio.

**Conexión con los intercambiadores modales:** Con el objetivo de favorecer la combinación de la bicicleta con otros modos de transporte, la red debe garantizar el acceso en bicicleta a los intercambiadores modales, tales como estaciones de autobuses, sistemas integrados o tranvía.

**Integración con otras redes de movilidad:** La red para bicicletas debe integrarse con el resto de modos de transporte existentes, tanto a nivel de trazado como de sección, mediante diferentes grados de segregación y/o coexistencia en función de las características morfológicas de cada vía, del tipo de uso y del tráfico que circula.

Para pasar a describir la metodología seguida para el diseño y construcción de una ciclo vía urbana es necesario determinar el tipo de vía a implantar en cada eje de la red ciclista, por lo que es oportuno definir los siguientes tipos de vías ciclistas que se han implementado en varias ciudades de Latinoamérica y del mundo entero:

**Carriles-bici:** Se definen así a las vías para bicicletas señalizadas al efecto, que forman parte de la calzada en vías urbanas y que son las mayormente utilizadas por cuanto la inversión en infraestructura es mucho menor a la inversión pistas.

**Figura1. 5 Ciclo vía tipo Carril- bici**



**Fuente:** Diario Hoy publicación de Importación de bicicletas en el Ecuador del año 1012

**Aceras-bici:** Vías segregadas del tráfico motorizado pero integradas en la acera o espacio peatonal y presentando algún tipo de señalización y/o elemento físico o visual.

**Figura1. 6 Ciclo vía tipo Acera- bici**



**Fuente:** Plan Director de Movilidad Ciclista de Vitoria-Gasteiz

**Pista Bici (Senda independiente):** Vías en las que el ciclista posee un espacio específico completamente independiente del resto de usuarios (transporte motorizados), con muy poca o ninguna presencia de peatones, recomendadas cuando en el trayecto hay pocas intersecciones.

**Figura1. 7 Ciclo vía tipo Pista-bici**



**Fuente:** Plan Director de Movilidad Ciclista de Vitoria-Gasteiz

Finalmente es de suma importancia mencionar los aspectos que determinan la funcionalidad de la red como son:

La intensidad del tráfico motorizado, su composición y velocidad

Han sido los principales criterios a la hora de optar por una solución basada en la segregación o en la integración de los ciclistas. Para la configuración de la red principal de vías ciclistas de Vitoria-Gasteiz, dado el carácter atractivo que pretende tener dicha red para los usuarios más vulnerables, se ha optado por

recomendar la segregación en vías urbanas con intensidades superiores a los 5.000 vehículos diarios, con un número considerable de vehículos pesados o en zonas con velocidades muy dispares entre el tráfico motorizado y los ciclistas.

**El espacio disponible** de una calle es limitado y por tanto condiciona la implementación de distintas modalidades de vías ciclistas, por lo que en calles con anchos de calzada menor a 8,50 metros no se recomienda carriles-bici.

**La existencia de aparcamientos para los coches y la intensidad de su uso.**

Si hay mucha presión de aparcamiento o de carga y descarga en una zona las soluciones basadas en segregación “suave” son menos recomendables. Asimismo la ubicación de carriles-bicis anexos a la calzada y una franja de aparcamientos en batería no son aconsejables.

**La frecuencia de intersecciones** es otro criterio importante a la hora de elegir la modalidad de la vía ciclista. En caso de distancias cortas entre intersecciones no semaforizadas o vados es mejor trazar la vía ciclista por la calzada (carril bici o sección mixta) por razones de seguridad.

**La pendiente** requiere una adaptación de las vías ciclistas. En tramos descendentes puede resultar más adecuado trazar un carril-bici, porque suele

haber poca diferencia entre la velocidad de los ciclistas y la de los automóviles, mientras que en tramos ascendentes es mejor diseñar una vía tipo pista o acera-bici, ya que la velocidad de los ciclistas se aproxima más a la de los peatones que a la de los coches.

**Las actividades en una calle** influyen en la elección de la tipología adecuada para la vía ciclista. Así por ejemplo no es recomendable optar por tipología “acera-bici” en calles comerciales con mucho tránsito peatonal y cruces transversales de la calle.

El concepto de **inserción urbanística** es también importante, es decir, el efecto que tendrá la vía ciclista en la armonía y equilibrio urbanístico de una calle. Mientras que los carriles bici amplían la sección de la calzada, las aceras-bici a la misma cota con la acera aumentan óptimamente el ancho de la acera.

Más allá de los condicionantes espaciales, se debe tener en cuenta el **perfil del usuario predominante o proyectado**. Se parte de la premisa de que hay que ofrecer en una primera fase una red básica de vías ciclistas con unas condiciones considerablemente seguras y cómodas, capaces de captar esta demanda latente de usuarios vulnerables y poco experimentados (niños, personas mayores, mujeres etc.).

### **La importancia de la vía ciclista en la jerarquía de la red.**

Conviene dotar los itinerarios principales, donde suele haber la mayor demanda, con una sección mayor y más reconocible para el usuario; y como último aspecto importante está **los costes de ejecución y de mantenimiento** de una vía ciclista. Obviamente se ha de reflexionar sobre la relación de coste / beneficio de una intervención y los futuros costes de mantenimiento por parte de los administradores (municipios y/o GADs).

### **1.7 Regulación del Transporte Terrestre en relación a las Bicicletas.**

En cuanto a regulación de bicicletas se refiere, por tratarse de una modalidad de transporte terrestre está sujeta a la Ley Orgánica de Transporte Terrestre Tránsito y Seguridad Vial, la misma que controla y regula en lo referente a la infraestructura y al comportamiento del usuario de la red.

Así en el capítulo II en los artículos 63 y 87 se determina que todos los servicios conexos de transporte dispondrán de espacios de accesibilidad y conectividad para bicicletas y que todos los usuarios se someten a la presente ley.

En los artículos 139 y 141 se establecen en forma general las sanciones para quienes no respeten los derechos, invadan la infraestructura y no den preferencia a los ciclistas.

En el capítulo III en el artículo 209 se define claramente que todo nuevo proyecto de construcción de vías está obligado a incorporar un sendero de esta vía para el uso de bicicletas el mismo que no debe ser menor a 2m por sentido de circulación.

Por otra parte en el Reglamento a la LOTTTSV en los artículos 103, 104, 105 106 y 107, establece que es competencia directa de los GADs la planificación, ejecución, organización y control de la infraestructura necesaria para la circulación de bicicletas.

Y finalmente en el capítulo X, en el artículo 302 se determinan los derechos y obligaciones de los ciclistas en cuanto a prioridad, preferencia y circulación ante los vehículos de motor.

### **1.8 Generación de Viajes y Condiciones de operación de ciclovías actuales**

Si bien la generación de viajes en las ciudades medias del Ecuador no cuenta con un estudio técnico específico, existe un estudio sobre Modelos de generación de viajes a pie y en bicicleta realizado por Alicia Riera en la Universidad de Córdoba –Argentina en el mismo que se propone un modelo de regresión basado en encuestas origen destino, pero dicho modelo relaciona algunas variables como: características socioeconómicas de los hogares e individuos, cualidades de los modos de transporte alternativos, factores

actitudinales de las personas entre otros, siendo la variable más importante la cantidad de estudiantes que existe en el hogar .

En este sentido el estudio formula el siguiente modelo para generación de viajes a través de la ecuación:

$$V_b = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3$$

Ecuación: 1.1

Donde:

$V_b$  = es el número de viajes generados

$b_0, b_1, b_2, b_3$  son los coeficientes de regresión y

$x_1, x_2, x_3$ , representan a las variables de regresión como cantidad de estudiantes, trabajadores y vehículos en el hogar respectivamente.

En nuestro país según la publicación del diario hoy del 16 de marzo del 2012 se ha logrado establecer que los desplazamientos diarios promedios a pie y en bicicleta es mayor entre los estudiantes (21,8%) y las personas que se dedican a los quehaceres domésticos (17,5%) y en la ciudad de Riobamba se determinó que los viajes diarios promedio en bicicleta son de 15 viajes/día.

Bajo este contexto la generación de viajes en las ciudades medias del Ecuador, se obtendrán mediante estudio de campo de modo que se pueda determinar el promedio de viajes por día.

### **1.9 Condiciones de operación actual de las ciclovías en el país.**

Considerando que el Ministerio de Transporte y Obras Públicas impulsa el uso de la bicicleta como medio alternativo de transporte no motorizado al momento se han ejecutado varios proyectos para incorporar ciclovías en las áreas urbanas y parte de las carreteras de la red estatal. En las arterias viales de las provincias del Guayas, Santa Elena, Santo Domingo de los Tsáchilas, Manabí, Loja, Tungurahua, Pichincha, Azuay, Galápagos, Cotopaxi, Pastaza y Sucumbíos, se ejecutó la señalización de ciclovías en más de 130 kilómetros de carreteras.

Además se ha construido 40 kilómetros de carriles de ida y retorno para los usuarios de las ciclo vías; y se ejecutó los estudios y diseños de 440 km. más.

Asimismo indica que, se está aplicando un plan piloto con los Gobiernos Autónomos Descentralizados GAD`s, para incorporar alrededor de 240 km. de ciclovías en las áreas urbanas y rurales, por lo que se trabaja con los municipios de Ibarra, Riobamba, Manta, Cuenca, Pedernales, Babahoyo, Lago Agrio, Quevedo y Quito; todos estos datos fueron emitidos por el Ing. Paul Hernández, Director Nacional de Transporte Ferroviario y Movilidad Alternativa.

Adicionalmente, mediante un convenio entre el MTOP y la Empresa de Ferrocarriles del Ecuador (EFE), se trabaja en la implementación de una ciclo

vía en la ruta Cuenca – Azogues, donde se utiliza el antiguo trazado de la línea férrea que cruza por estos sectores patrimoniales.

Otro dato importante de la operación de las ciclovías actuales es el costo de bicicletas urbanas que va de \$400 a \$2 500, mientras que otros modelos como las deportivas y de montaña van de \$500 hasta \$1200 por unidad debido a que en el país no existe una industria netamente dedicada al ciclismo.

### **1.10 Definición de términos**

Al tratarse de un guía técnica en el presente trabajo se considera la terminología que se utilizarán en el desarrollo de la misma, que ha sido enlistada en orden alfabético. Para lo cual se han tomado como referencias algunos manuales que constan en la bibliografía.

- a) **Acera:** Superficie longitudinal de una vía, elevado o no, destinada al tránsito de peatones.
- b) **Altura libre:** Distancia libre mínima vertical desde la capa de rodadura
- c) **Base:** capa de material selecto y procesado que se coloca entre la parte superior de una sub base o de la sub rasante y la capa de rodadura. Esta capa puede ser también de mezcla asfáltica o con tratamiento, según diseño. La base es parte de la estructura de un pavimento.
- d) **Bicicleta:** Vehículo de dos o más ruedas propulsado por fuerza humana.

- e) **Calzada:** Parte de la vía destinada a la circulación de vehículos. Se compone de un cierto número de carriles
- f) **Carril:** Franja longitudinal en que está dividida la calzada, delimitada o no por marcas longitudinales, y con ancho suficiente para la circulación de una fila de vehículos.
- g) **Ciclista:** Persona que conduce una bicicleta.
- h) **Carril-bici:** Carril acondicionado para la circulación exclusiva de bicicletas, separado del tráfico vehicular mediante señalización.
- i) **Ciclo vía:** Vía construida expresamente para la circulación exclusiva de bicicletas y que está separada físicamente tanto del tráfico motorizado como del peatonal.
- j) **Estacionamiento:** Lugar especialmente destinado y acondicionado para el parqueo de bicicletas cuando no están en uso. Puede ser de diferente tipo según su magnitud y características específicas.
- k) **Intersección:** Cruce de dos o más vías
- l) **Redondel (Rotonda):** Intersección dispuesta en forma de anillo (generalmente circular) al que acceden o parten cuatro o más tramos de vías, siendo único el sentido de circulación.
- m) **Tiempo de Viaje:** Tiempo que le toma a un vehículo desplazarse por un segmento de vía.

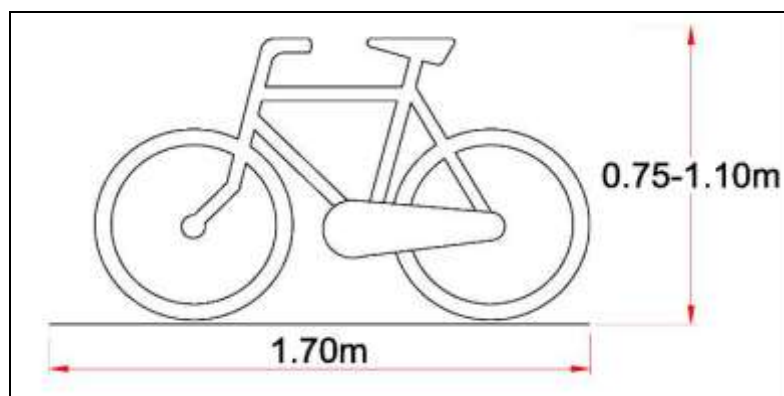
- n) **Tiempo de Recorrido:** Tiempo durante el cual el vehículo está en movimiento.
- o) **Velocidad:** Tasa de movimiento del vehículo en distancia por unidad de tiempo.
- p) **Velocidad de Viaje:** La distancia dividida por el tiempo de viaje total, incluyendo el tiempo de recorrido y los tiempos de demora.
- q) **Velocidad de Recorrido:** Distancia de viaje dividida por el tiempo de recorrido.
- r) **Velocidad Media de Viaje:** La distancia dividida por el valor medio de los tiempos de viaje de diversos viajes sobre un segmento determinado de vía.
- s) **Demora:** Tiempo de viaje perdido debido a fricciones del tránsito y dispositivos para el control del tránsito.
- t) **Demoras Fijas:** Componente de demoras que es causado por los dispositivos del control de tránsito, independientemente de los volúmenes de tránsito e interferencias presentes.
- u) **Demoras de Tiempo de Viaje:** Diferencia entre el tiempo de viaje total y el tiempo calculado basado en atravesar la ruta en estudio a una velocidad media correspondiente a un flujo de tránsito descongestionado sobre la ruta.
- v) **Saeta:** Flecha para demarcación horizontal que indica giro o sentido de circulación.

## Capítulo II: DISEÑO GEOMETRICO

El diseño geométrico de una ciclo vía no es más que el dimensionamiento que deben tener todos y cada uno de los componentes de la infraestructura ciclística para garantizar el adecuado movimiento de los usuarios, como también la identificación oportuna entre peatones ciclistas y automovilistas tanto en espacio y tiempo de modo que brinden la máxima seguridad en la circulación.

Por lo que <sup>5</sup>al momento de diseñar las vialidades ciclísticas, para que sean parte de una red eficiente, se deben tener en cuenta tres aspectos como son: la función de la vía, su forma o tipo, y el uso que se le da.

**Figura2. 1 Dimensiones básicas promedio de una bicicleta**

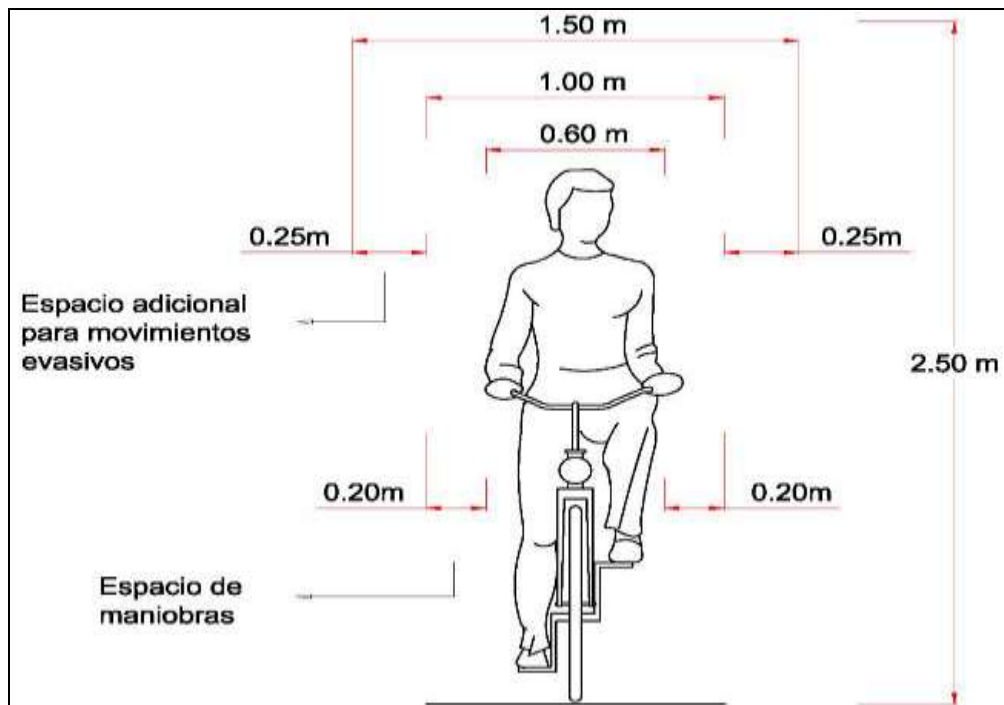


**Fuente:** Plan Maestro de Ciclovías de Lima y Callao

<sup>5</sup> Manual integral de movilidad ciclista para ciudades mexicanas – Parte III: Red de movilidad en bicicleta.

Otros aspectos importantes a considerar son las dimensiones básicas de la bicicleta y los espacios de operación y maniobra del conjunto bicicleta-ciclista como se muestran en las siguientes figuras.

**Figura 2. 2 Espacios de operación del ciclista**



Fuente: Plan Maestro de Ciclovías de Lima y Callao

Es importante indicar que la presente guía va destinada básicamente a ciudades medias del Ecuador y a tres tipos de ciclovías que son:

Carril-bici, acera-bici y pista-bici que son las que más se ajustan a nuestra realidad. En lo referente a la dirección de movimiento se concreta a las unidireccionales y las bidireccionales de un solo carril por sentido.

Bajo este contexto los parámetros de mayor influencia en el funcionamiento de una ciclo vía son: el ancho de la ciclo vía, velocidad de diseño, el radio de volteo, el peralte y el perfil longitudinal, los mismos que se calculan tomando en cuenta la zona geográfica y las características específicas de cada ciudad.

Además de los parámetros mencionados anteriormente, para un diseño geométrico apropiado y funcional de la ciclo vía a implementar en las distintas zonas de ampliación de cada ciudad, se considerará como medidas de limitación para los trayectos de cualquiera de los tres tipos de ciclo vía en estudio, los siguientes aspectos: un ancho mínimo de 1.0 m, una velocidad máxima diseño de 40 km/h y una pendiente máxima del 10% en zonas con estaciones secas prolongadas como es el caso de ciudades de la sierra.

A continuación se detallan los procesos de diseño geométrico para los parámetros contemplados en esta investigación.

## **2.1 Ancho de la ciclo vía.**

Se define así al espacio transversal de circulación que necesita el ciclista para desplazarse a lo largo del trayecto de la ciclo vía bajo condiciones de prevalencia y seguridad.

Considerando las recomendaciones de los manuales internacionales, se determina que el ancho de la ciclo vía depende básicamente del ancho efectivo de calzada. El mismo que en concordancia con las especificaciones de los mencionados manuales, para las calles urbanas de las zonas de ampliación tiene que ser de 8,50 m y aceras de 3,00 m para poder implementar carriles bici o aceras bici. Con lo cual el ancho mínimo de la ciclo vía es de **1,5 metros** en los tres tipos de ciclovías considerados. Para el caso de la pista-bici (o en senda propia) no hay restricción ya que es una vía totalmente independiente.

Pero como el ancho mínimo no toma en cuenta los impedimentos adicionales ni elementos de separación, en la tabla que sigue se presenta el ancho requerido en función del volumen diario de bicicletas, del flujo direccional (unidireccional o bidireccional) y del tipo de separador a utilizar.

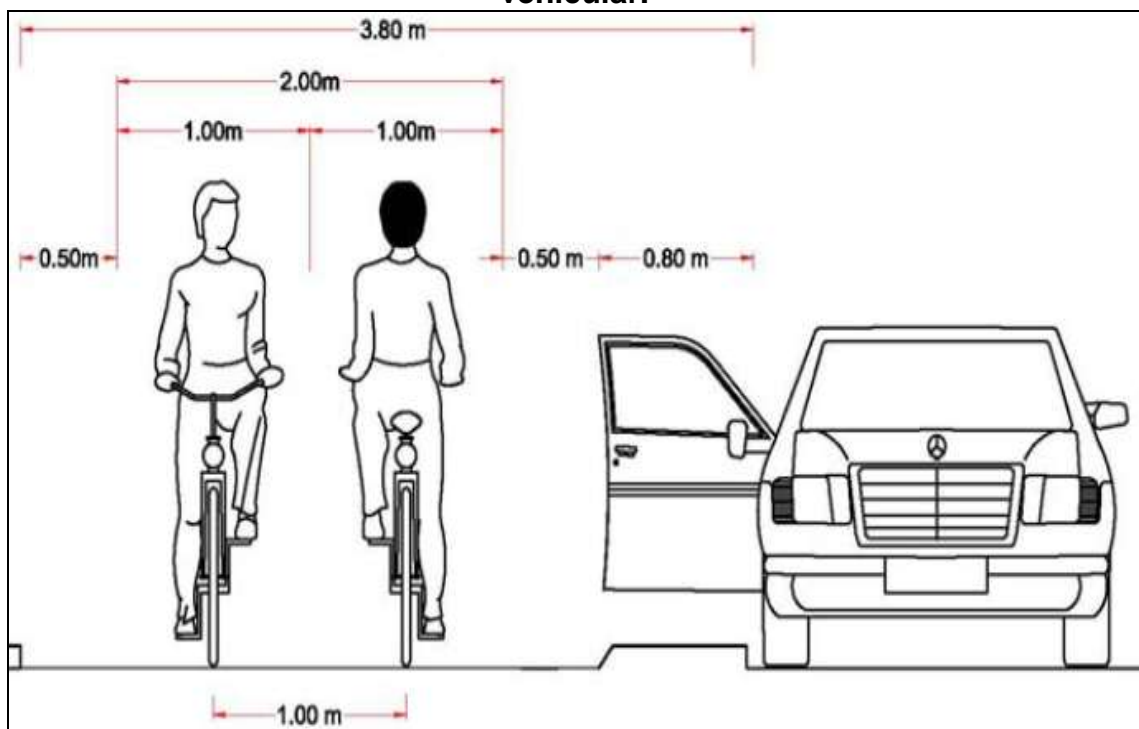
**Tabla 2. 1 Anchos recomendados para ciclovías en ciudades medias del Ecuador**

<b>Volumen (bicicletas por día)</b>	<b>Dirección del flujo</b>	<b>Tipo de separador</b>	<b>Ancho Efectivo (m)</b>
Hasta 1500	Unidireccional	Poste	1,50
	Bidireccional	Pintura	2,50
Mayor a 1500	Unidireccional	Poste	2,25
	Bidireccional	Pintura	3,00

**Fuente:** Adaptado por el autor de (Technical Handbook of Bikeway Design)

Solo cuando la ciclo vía se ubique en la calzada (carril-bici) y en un sector de estacionamiento vehicular la sección contará con un sobre ancho de 0,50 m desde los laterales del ciclista y a partir de ésta se reservará una distancia de 0,80 m para permitir la apertura de la puerta como se muestra en la figura.

**Figura2. 3 Sobre ancho de la ciclo vía en zonas de estacionamiento vehicular.**

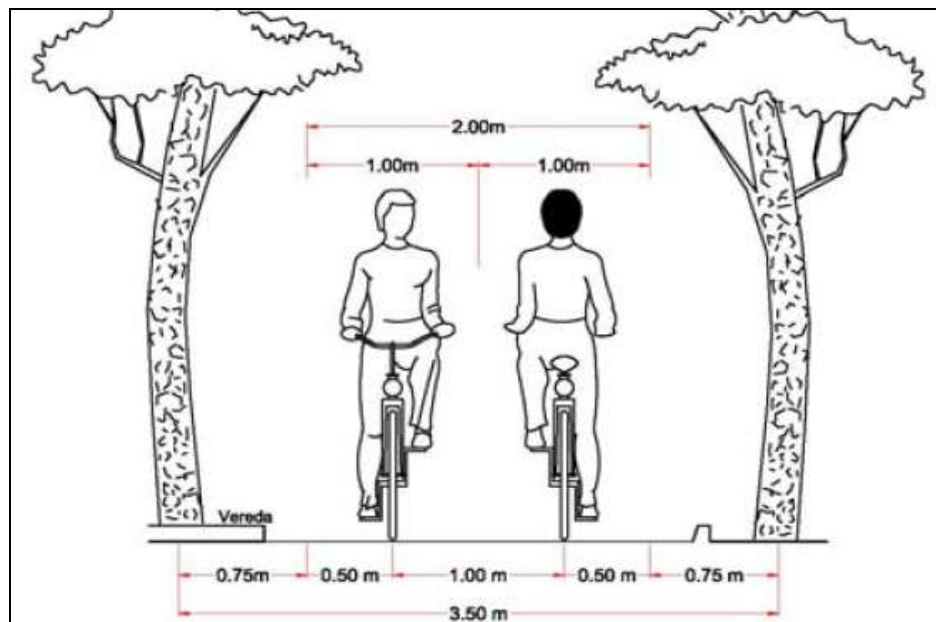


Fuente: Plan Maestro de Ciclovías de Lima y Callao

Además si la ciclo vía es bidireccional y consta de separadores entre el carril exclusivo para bicicletas y el carril vehicular es necesario considerar espacios adicionales como es el elemento separador (bordillo, cono, poste), por lo que con el fin de optimizar el espacio el ancho recomendado es de 2,50 m mínimo ya que existe la posibilidad de adelantos o rebasamiento a lo largo del trayecto.

Finalmente si la ruta es bidireccional en aceras (acera-bici) y tiene obstáculos laterales (plantas) en ambos lados el ancho de la ciclo vía es de 3,50 m como se ve en la siguiente figura.

**Figura2. 4 Ancho de ciclo vía bidireccional en aceras (acera-bici)**



**Fuente:** Plan Maestro de Ciclovías de Lima y Callao

Y por último si la utilización de vías con pendientes mayores que 3% y hasta 10% es inevitable, se considerará el sobre ancho de vía en la curva, como recomienda el Manual integral de movilidad ciclista para ciudades mexicanas, según la siguiente tabla:

**Tabla 2. 2 Sobre ancho de vía en curvas con pendientes entre 3 y 10 %**

Sobreancho de vía			
Pendiente (%)	Longitud (metros)		
	25 a 75	75 a 150	>150
>3 y ≤5		0.20 m	0.30 m Km/hr
>6 y ≤9	0.20 m	0.30 m	0.40 m Km/hr
>9	0.30 m	0.40 m	0.50 m

Fuente: Manual integral de Movilidad Ciclista para Ciudades Medias de México

## 2.2 Velocidad de diseño

La velocidad de diseño es de mucha importancia ya que ésta determina el peralte y el radio de curvatura de la ciclo vía, la velocidad recomendada es **30 km/h**, aunque dependiendo de la pendiente del trayecto, la velocidad de diseño para descensos puede variar entre 35 y 50 km/h.

Con el fin de que el ciclista pueda incrementar su velocidad con completa seguridad y tomando en cuenta que la velocidad promedio de circulación en bicicleta en el perímetro urbano de las distintas ciudades de nuestro país es de **20 Km/h**, que además al momento en nuestro país existe una categorización de vías, se presenta la velocidad de diseño según el tipo de vía de circulación que cada ciudad tenga en sus zonas de ampliación.

**Tabla 2. 3 Velocidad de Diseño de ciclovías por tipo de vía de circulación**

<b>Vías de circulación de una ciudad</b>	<b>Velocidad máxima en Km/h</b>
Vía principal de conexión	V máxima $\leq 35$
Vía colector (avenida interna)	V máxima $\leq 25$
Vía local	V máxima $\leq 20$
Calle residencial	V máxima $\leq 20$

Fuente: El autor

Esta velocidad de diseño solo servirá en rutas con pendientes no mayores a 10 % ya que luego de ello es ineficiente el uso de la bicicleta como alternativa de transporte, debido al esfuerzo físico que tiene que realizar el ciclista especialmente en los tramos de ascenso y descenso del trayecto en mención. (a veces es necesario bajarse de la bicicleta).

### **2.3 Radios de volteo (Radio de curvatura)**

El radio de volteo o de curvatura permitirá disminuir la fuerza centrífuga en el desvío de la trayectoria del ciclista, el mismo que es una función de la velocidad de diseño, del coeficiente de fricción entre la llanta y el pavimento y del peralte de la ciclo vía.

Según recomendaciones del Manual de diseño de ciclovías de Bogotá este radio puede tener una primera aproximación en función de la velocidad de diseño y se puede calcular con la siguiente ecuación.

$$R = 0,24V + 0,42$$

Ecuación 2.1

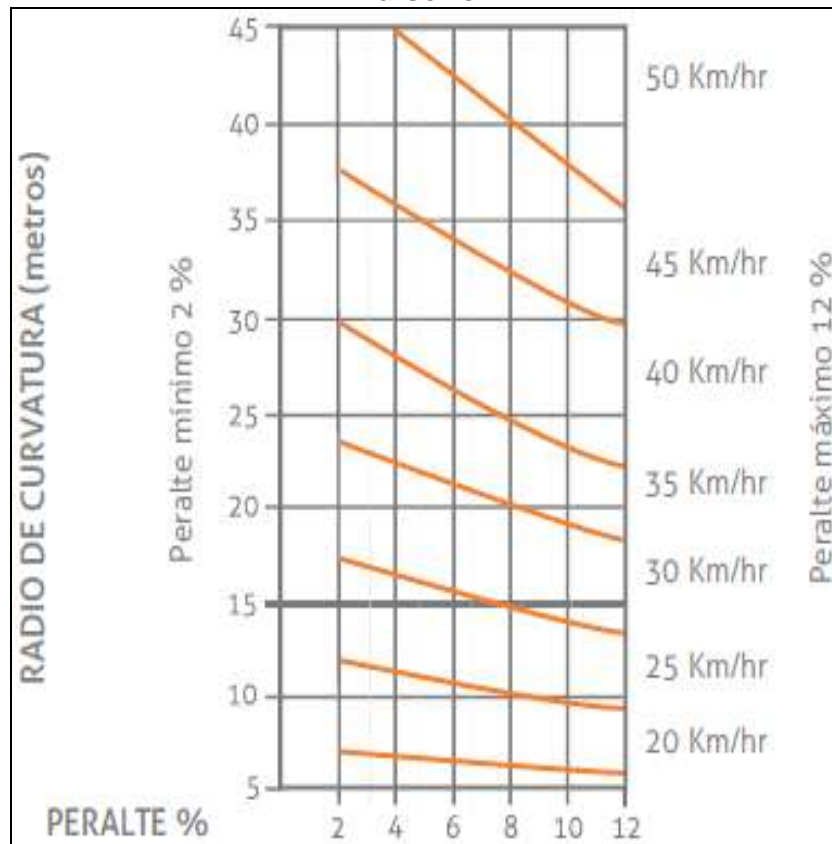
donde:

R= Radio de curvatura (m)

V= velocidad de diseño (km/h)

Pero cuando se tiene el dato del peralte y la velocidad de diseño, se recomienda utilizar preferentemente el siguiente grafico que considera los peraltes mínimo y máximo de 2 y 12 (%) respectivamente.

**Figura2. 5 Radios de curvatura en función del peralte y la velocidad de diseño**



Fuente: Manual Integral de Movilidad Ciclista para ciudades de México

Pues en zonas consolidadas o centros históricos que generalmente no desean cambiar la capa de rodadura por el valor histórico que ello posee es preferible trabajar sobre los mismos peraltes ya establecidos.

#### **2.4 Peraltes**

El peralte se define como la inclinación transversal de la vía cuyo valor es de 2% mínimo y 12% como máximo, en el caso que el trayecto longitudinal contenga una pendiente mayor al 4% se utilizará un peralte de 8% y para superficies destapadas el peralte es de 2%.

#### **2.5 Perfil longitudinal**

El perfil longitudinal de una ciclo vía es el tramo recto entre dos desniveles consecutivos, el mismo que define dos parámetros que son la pendiente y la distancia de visibilidad, estos parámetros depende de muchos factores como el tipo de bicicleta, edad del ciclista, el viento, y la superficie de rodadura (o pavimento de la ciclo vía). Para el presente estudio el perfil longitudinal queda establecido a partir de la pendiente del trayecto y de la distancia de visibilidad como sigue.

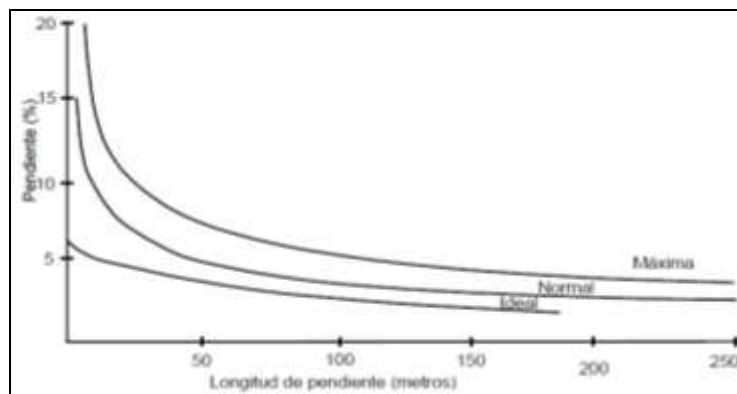
## Pendiente

Se definen básicamente por el esfuerzo requerido para vencer el desnivel y/o el requerimiento de seguridad en el descenso.

En este contexto, según el Plan Maestro de Santa Fe de Bogotá y el Plan Integral de Movilidad Ciclista para Ciudades Medias de México se recomienda que las pendientes máximas de la ciclo vía sean del 10%, ya que luego de ello el desnivel que se debe superar obliga al ciclista a bajarse de la bicicleta por el esfuerzo requerido.

Para la ciudad de Riobamba la pendiente se encuentra en el rango entre el 0% y 4%, salvo en sectores específicos como la Avenida Lizarzaburu, La Loma de Quito y avenida Canónigo Ramos, entre las más importantes, por lo que no existe limitaciones para implementar una ciclo vía. Así la pendiente específica se puede aproximar con la longitud del tramo en la figura.

**Figura2. 6 Pendientes admisibles en función de la longitud del tramo**



**Fuente:** Manual de Diseño de Ciclo rutas, Plan Maestro de Ciclo rutas Para Santa Fé de Bogotá

### **Distancia de visibilidad:**

La distancia de visibilidad es de fundamental importancia ya que ésta permitirá al ciclista detenerse adecuadamente frenando con seguridad. Se define como la distancia desde el momento en que el ciclista descubre el obstáculo hasta que logra detenerse totalmente.

Para su cálculo se requiere conocer el tiempo de percepción y reacción del ciclista <sup>6</sup> (aproximadamente 2,5 segundos con un coeficiente de fricción de 0,25 y un sistema de frenos estándar), la pendiente, la velocidad de diseño y la superficie de rodadura. Así la distancia de visibilidad se calcula con la siguiente ecuación:

$$S = \frac{V^2}{255(G + f)} + 0,694V$$

Ecuación 2.2

Donde:

S= distancia de visibilidad

V= velocidad de diseño

G= pendiente de entrada (10% más común)

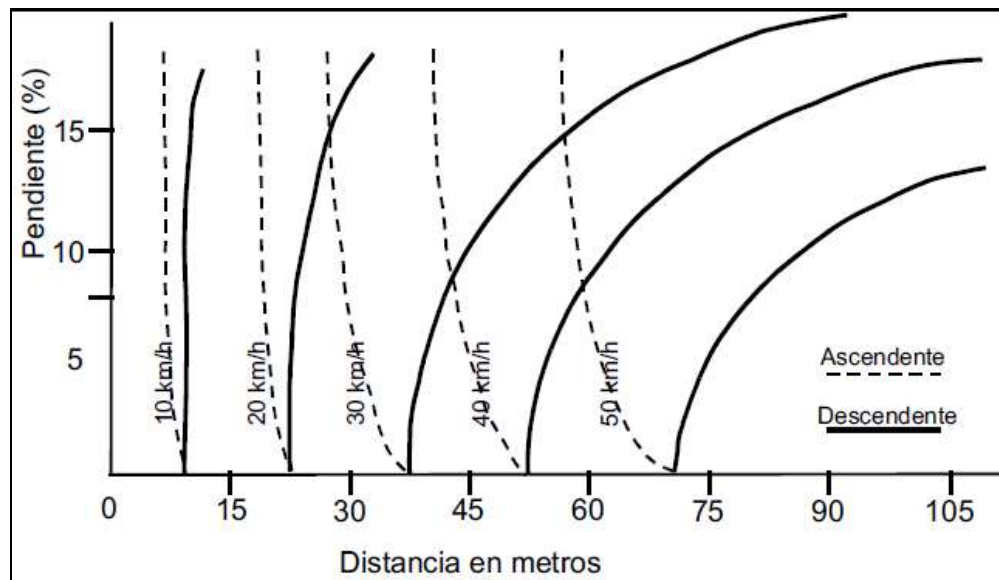
f= coeficiente de fricción (0,25 normalmente)

---

<sup>6</sup> **Manual Integral de Movilidad Ciclista para ciudades medias de México**, parte IV, Infraestructura, pag. 70

En el caso de curvas la distancia de visibilidad está limitada por el radio de giro de la vía, por lo que puede determinarse como una función de la pendiente y de la velocidad de diseño, para lo cual se utiliza la siguiente figura:

**Figura 2. 7 Distancia de visibilidad en curvas**



**Fuente:** Manual de Diseño de Ciclorutas, Plan Maestro de Ciclorutas Para Santa Fé de Bogotá

Por último las condiciones climáticas de las ciudades medias del Ecuador son privilegiadas para el uso de la bicicleta ya que no presentan viento fuerte, nieve, ni humedad elevada, y raramente existen temperaturas bajo cero o de calor extremo.

Ello se evidencia en el siguiente cuadro elaborado desde la publicación Clima-Ecuador de la organización Quito-adventure e información estadística del INAMHI 2010.

**Tabla 2. 4 Temperatura promedio en ciudades medias del Ecuador**

REGION	TEMPERATURA PROMEDIO (°C)		% DE HUMEDAD
	INVIERNO	VERANO	
COSTA	28	24	74
SIERRA	< 19	13,5	23,8
AMAZONIA	38	25	90
GALAPAGOS	30	12	39

**Fuente:** Adaptado por el autor-clima-ecuador.html (www.quitoadventure.com)- INAMHI

## **Capítulo III:**

### **DISEÑO DE INTERSECCIONES**

El diseño de la intersección es de suma importancia ya que en estos cruces se presentan la mayoría de los incidentes, conflictos y accidentes en los que se ven involucrados los ciclistas, peatones y conductores de vehículos motorizados.

Además se debe tomar en cuenta que por causa de las prioridades establecidas en las intersecciones, se producen interrupciones en la marcha del ciclista provocando la pérdida de energía cinética del mismo y requiriendo un esfuerzo adicional para continuar con la marcha.

Bajo estas consideraciones el diseño de la intersección debe permitir que los peatones, ciclistas y conductores de vehículos a motor se identifiquen claramente, tomen decisiones coherentes y oportunas y minimicen los tiempos de espera y demora en la misma. Para lo cual es obligatorio:

- Reducir la distancia de cruce peatonal y ciclista
- Reducir la velocidad de los vehículos (menor a 50 Km/h según Crow 2007)
- Mejoramientos de las condiciones de visibilidad

En la presente guía el diseño de las intersecciones para los tres casos de ciclovías consideradas (carril-bici, acera-bici y pista-bici), está determinado básicamente para intersecciones de tipo T, en cruz y de tipo rotonda o redondel, las mismas que pueden ser no reguladas, con preferencia de paso ya sean con señalización o reguladas con semáforo dependiendo del tráfico existente en el mencionado punto.

Ya en el proceso mismo del diseño de la intersección se mantendrá la misma tipología de la ruta ciclista que el antecede, es decir que para cada caso la intersección estará: en la calzada para carril-bici, en la acera para acera-bici o segregada completamente de la vía en pista-bici, considerando el mismo tiempo de cruce tanto para el ciclista como para el peatón y de ser necesario la semaforización se pondrá una fase exclusiva para ciclistas.

Para ello es necesario cumplir con cinco requisitos básicos que son:

- 1. Coherencia**, que significa el cómo encontrar claramente la manera de cruzar la intersección siguiendo la trayectoria correcta.
- 2. Rutas directas**, para evitar la incomodidad y esperas muy prolongadas, pues si existe desvíos en la intersección el ciclista disminuirá mucho su velocidad.
- 3. Seguridad**, que priorice el cruce del ciclista ante los vehículos reduciendo la distancia de cruce haciendo mínimo el tiempo de cruce.

**4. Comodidad**, proporcionada por la suavidad de la capa de rodadura y la integración del ciclista con los otros usuarios en la intersección.

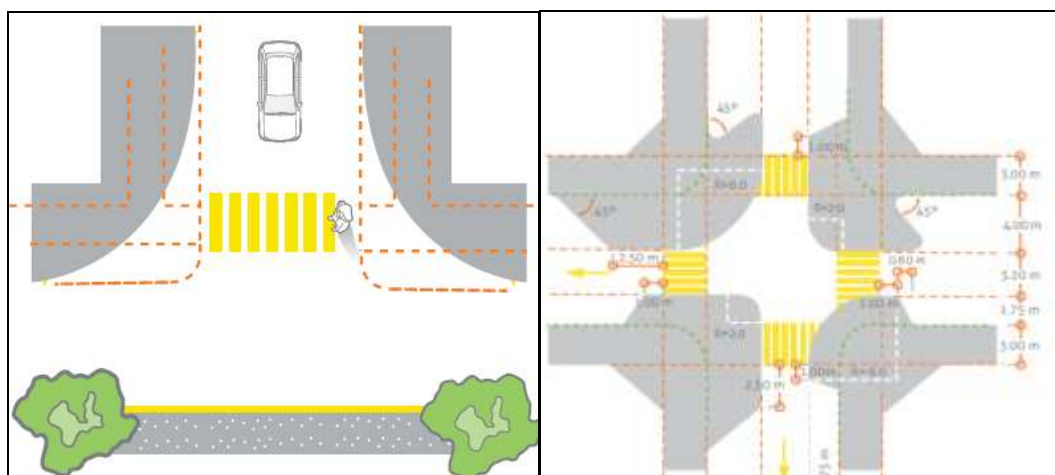
**5. Rutas Atractivas**, con la señalización justa y adecuada.

A continuación se describen los procesos específicos de diseño para las intersecciones mencionadas anteriormente que son las más utilizadas en las redes ciclistas consideradas en esta investigación.

### 3.1 Intersecciones de tipo T y Cruz

Considerando que los movimientos que realiza el ciclista normalmente son: de frente, a la derecha y a la izquierda, en las intersecciones en T y/o en cruz se recomienda reducir el radio de giro (valor óptimo  $r = 6,0$  m) en la esquina de modo que el cruce tenga una distancia mínima como se aprecia en la siguiente figura.

**Figura 3. 1 Disminución de radios de giro**



Fuente: Manual Integral de Movilidad Ciclista para ciudades de México

Por otra parte la intersección depende del tipo de calles que se interceptan, ya que a mayor jerarquía de cualquiera de las vías, más complejos son los movimientos que se realizan en ella. Por lo que se recomienda instalar dispositivos básicos de control del tránsito.

En la siguiente tabla se muestra el tipo intersección recomendada según la jerarquía de la vía.

**Tabla 3. 1 Intersección recomendada por la función de las vías en intersección**

	<b>Vías arteriales</b>	<b>Vías colectoras</b>	<b>Vías de acceso</b>
<b>Vías arteriales</b>	A diferente nivel, regulada con semáforo o con redondel	A diferente nivel, regulada con semáforo o con redondel	No conectar directamente
<b>Vías colectoras</b>		Regulada con semáforo	Regulada con semáforo o con preferencia de paso
<b>Vías de acceso</b>			No regulada

Fuente: Manual Integral de Movilidad Ciclista para ciudades de México

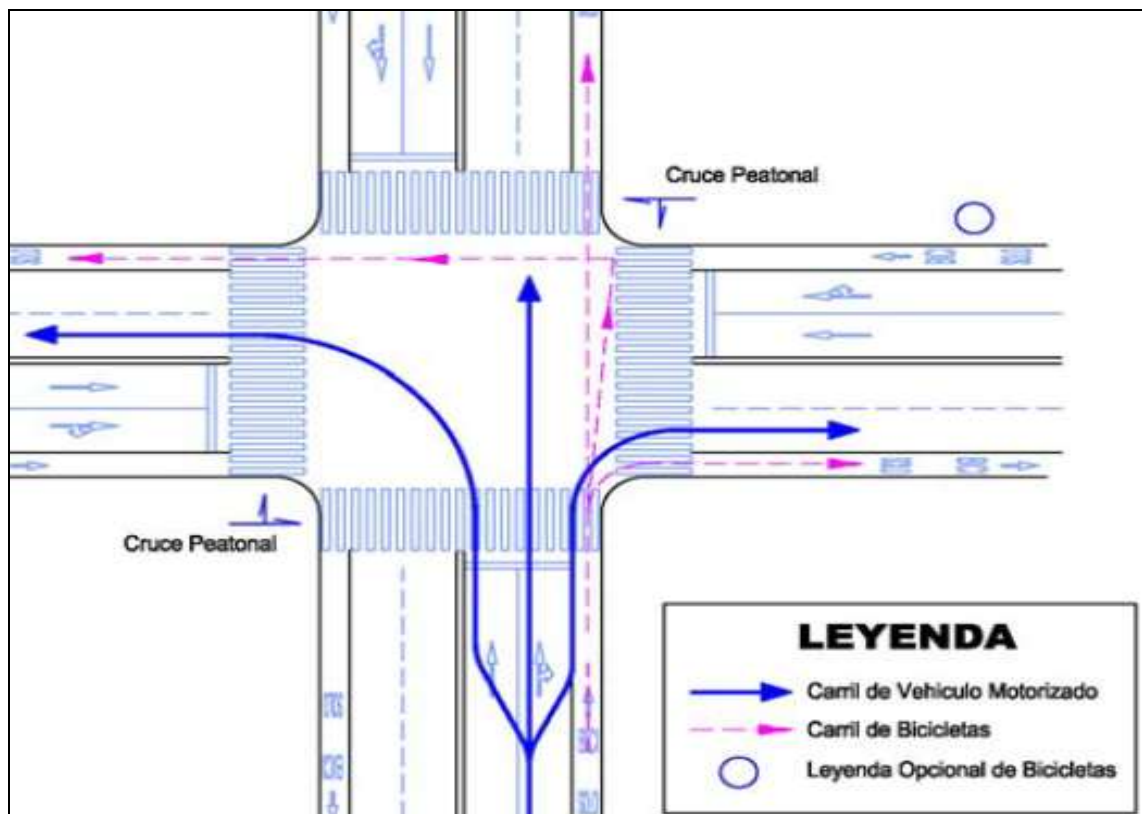
Estas recomendaciones sirven para intensidades vehiculares entre 2000 y 4000 vehículos/h en vías arteriales; 1500 vehículos/h en calles colectoras y 500 vehículos/h en calles locales.

Para el caso de una intersección tipo T, si en la calle principal existe un carril-bici de sentido único se continua su trazado por la intersección, indicando el

paso del ciclista mediante la señalización formalizada con pintura de modo que se visualice la prioridad del ciclista en la intersección.

En el caso que la intersección sea semaforizada el cruce será directo para el movimiento de frente y derecho e indirecto para el movimiento izquierdo (es decir dos fases) por la franja señalada junto al paso peatonal (paso cebra) como se indica en la figura.

**Figura 3. 2 Cruce de ciclistas en intersecciones de un solo sentido**



**Fuente:** Manual de diseño para infraestructuras de ciclovías de Lima - Callao

Además en la intersección semaforizada se tomara el siguiente procedimiento:

- a) En la vía principal priorizar el giro izquierdo como directo
- b) En la vía secundaria el giro izquierdo en dos fases, dando prioridad a los peatones y ciclistas.

Por su parte si el flujo de vehículos grandes es mayor al 5% del flujo total es posible calcular de forma más precisa el radio de curvatura de acuerdo con la tabla 4 según el Manual Integral de Movilidad Ciclista para ciudades de México. Finalmente y como regla general en las intersecciones semaforizadas es conveniente que las líneas de detención de los vehículos motorizados estén algo retrasadas a las líneas de detención de los ciclistas, con lo cual se incrementa la visibilidad de los ciclistas en las arrancadas y se fortalece su prioridad ante los vehículos que giran a la derecha.

**Tabla 3. 2 Radio de giro para intersecciones tipo T y Cruz si el volumen de vehículos grandes es mayor al 5% del flujo total**

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

Fuente: Manual Integral de Movilidad Ciclista para ciudades de México

En aceras-bici o pistas-bici el cruce de la intersección debe conservar el nivel de la ciclo vía por lo que es recomendable se eleve el nivel de la calzada al mismo nivel de la acera formando una meseta, porque además de facilitar el cruce garantiza también la seguridad del ciclista ya que el vehículo debe disminuir obligatoriamente su velocidad a un valor mínimo entre 10 y 15 Km / h, lo cual permite tener velocidades de operación muy similares entre el ciclista y el automotor.

En lo referente al ancho de la meseta de elevación, ésta debe tener el ancho mínimo de una ciclo vía, esto es 1,50m para para conservar la trayectoria del ciclista.

Por último en las intersecciones tipo cruz y tipo T con una relación intensidad/velocidad de vehículos poco apropiada para semaforizar (muy superior a 12.000 veh/h), por ejemplo el cruce de una avenida de alta capacidad, es posible implementar un paso a desnivel ya sea un túnel o un paso elevado. La elección de una de las alternativas depende básicamente de la topografía circundante y el presupuesto con el que se cuente.

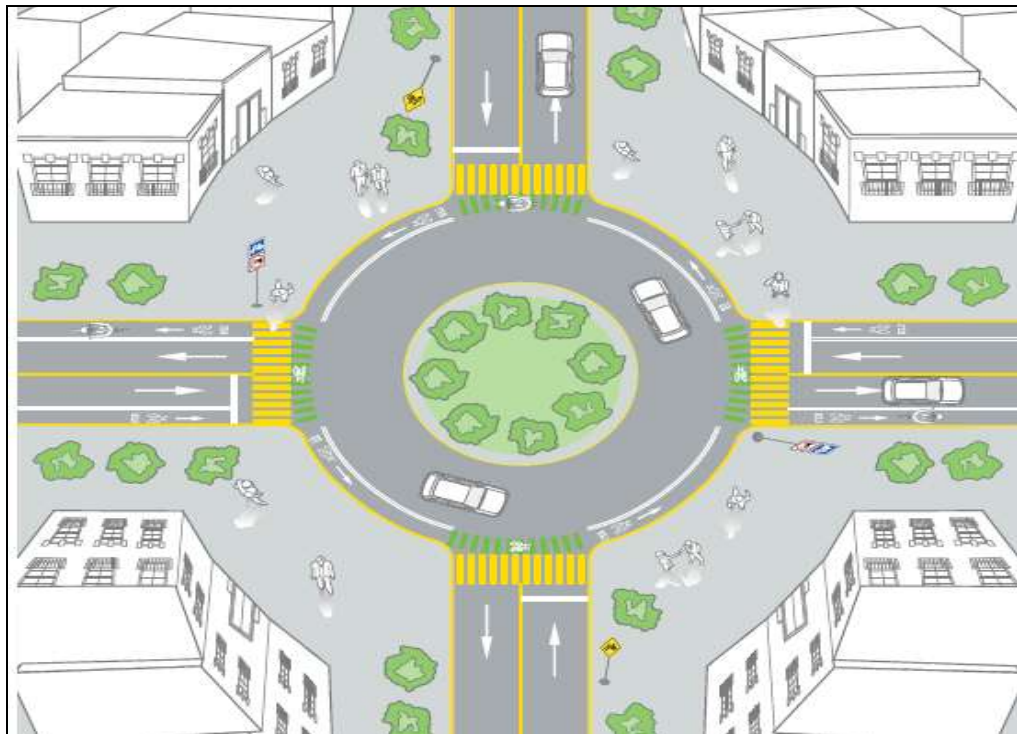
### **3.2 En redondeles**

En el caso de los redondeles o rotondas la complejidad de las maniobras aumenta considerablemente para los automotores olvidando la presencia de los

ciclistas en dicho punto, por lo que el diseño de la intersección requiere básicamente de una buena reducción de la velocidad para garantizar la seguridad de todos los usuarios en mención.

Pero siempre se conservará la tipología del trayecto de ciclo vía que el antecede, esto es según los tres casos revisados será; carril-bici, acera-bici y pista bici generalmente en el lado del peatón.

**Figura 3. 3 Intersección tipo rotonda o redondel**



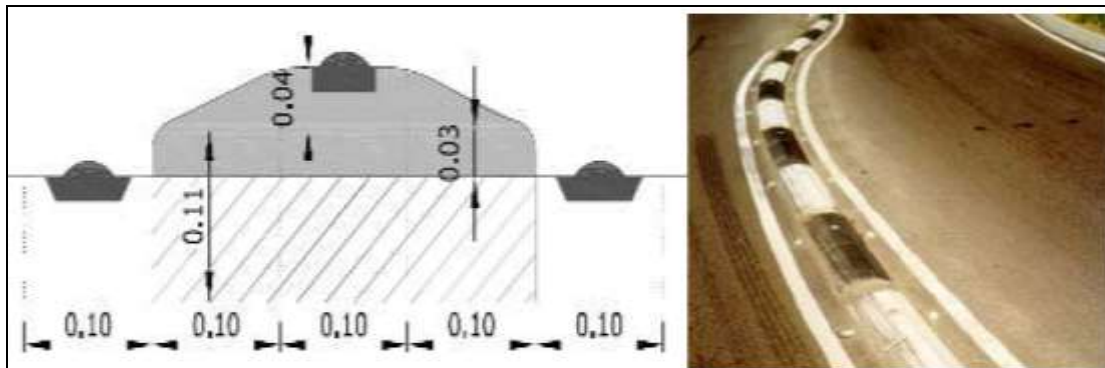
**Fuente:** Manual Integral de Movilidad Ciclista para ciudades de México

Así para cada caso se establece las siguientes disposiciones:

Para el caso de carril-bici es preferible que el uso sea compartido con la flota vehicular pero estrechando el margen entre las velocidades de los ciclistas y los vehículos a motor, de modo que se reduzca el índice de accidentalidad.

Si el flujo vehicular es superior a 12.000 veh/h es necesario segregarse un carril pegado a la acera exterior, para lo cual se recomienda utilizar un separador físico tipo bordillo con un lomo de 8 a 10 cm de alto como se ve en la siguiente figura.

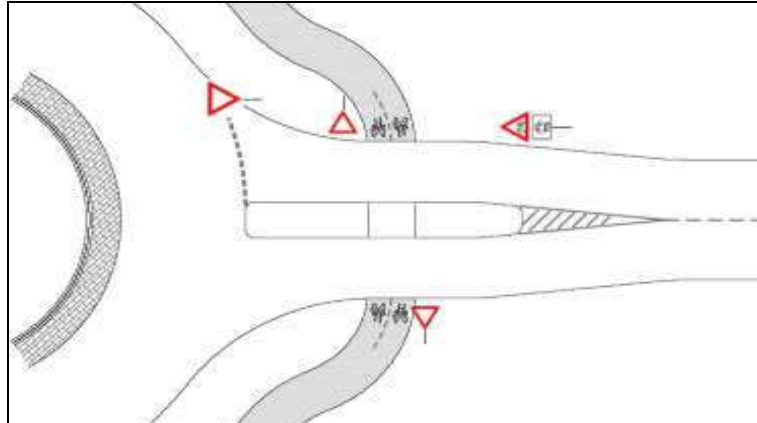
**Figura 3. 4 Separador tipo bordillo para carril segregado en la calzada**



Fuente: Plan Director de Movilidad de Vitoria Gasteiz. 2010 - 2015

En el caso de pista-bici y acera-bici el cruce de los ciclistas por la rotonda o redondel debe incluir isletas de seguridad en la parte externa del redondel con la misma tipología del trayecto antecedente y además conservando la prioridad del ciclista y peatones ante el automotor, así se brinda una gran seguridad como se ve en la figura.

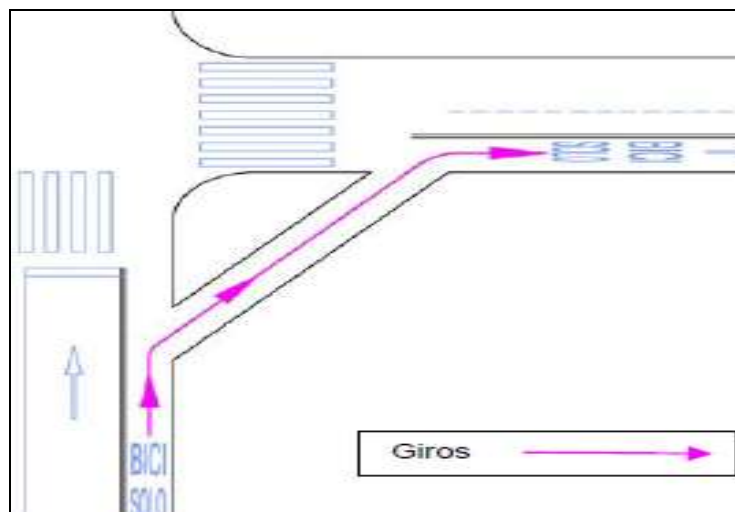
**Figura 3. 5 Tipo de cruce de pista/acera – bici en un redondel**



Fuente: Plan Director de Movilidad de Vitoria Gasteiz. 2010 - 2015

Cuando se intersecten dos vías que contienen ciclo vía y el espacio lo permita se deberá diseñar una vía de atajo que conecte rápidamente las dos ciclovías como se muestra en la figura.

**Figura 3. 6 Atajo en intersección en T o en Cruz.**



Fuente: Manual de diseño para infraestructuras de ciclovías de Lima - Callao

## **Capitulo IV:**

### **SEÑALIZACION**

Al hablar de la señalización existen algunos principios básicos que nos permiten visualizar la forma, los cuidados, la estructura, las ventajas y desventajas que este componente tiene dentro de la ciclo vía total.

Así según el Manual de Diseño de Ciclo rutas, Plan Maestro de Ciclo rutas Para Santa Fé de Bogotá se indica que las calles, vías o caminos bien diseñados requieren poca señalización, porque son construidos para que todos los usuarios entiendan como proceder y su atención esté en la vía y en los otros usuarios y no en señalización. Puesto que los excesos en la señalización puede causar fallas y generar problemas de concentración, mientras que por el contrario la escases de una señalización pone en riesgo la seguridad del usuario de la ciclo vía.

Así mismo la mucha señalización distrae y contamina visualmente, provoca desorden y desperdicia recursos y en algunos casos es ineficaz.

Por otro lado, el mensaje transmitido por la señal debe ser fácilmente entendido por todos los usuarios de la vía, por lo que es preferible usar símbolos tipo gráfico y muy poco texto.

Con estas consideraciones en la presente investigación, la señalización requerida para el buen funcionamiento y operación de una ciclo vía se define como la demarcación comprendida en señalización vertical y señalización horizontal y los elementos o dispositivos de control comprendidos como la semaforización que deberán estar presentes en la infraestructura ciclista, de tal forma que garanticen el nivel de servicio óptimo de dicha infraestructura. El material debe ser antideslizante, resistente y de un espesor no mayor a 5 mm, con excepción de las tachas y separadores de tránsito.<sup>7</sup> Las demarcaciones serán uniformes en diseño, posición y aplicación.

A continuación se determinan las condiciones y características básicas y fundamentales que estos dos componentes de la señalización deben tener para la implementación de cualquiera de los tres tipos que se ha considerado en esta investigación.

#### **4.1 Demarcación**

La demarcación no es más que la colocación de señales, avisos, símbolos, etc. mediante palabras, grafos o marcas con el fin de advertir, informar y controlar a

---

<sup>7</sup> Manual de Carreteras del Paraguay-Normas para señalización y Seguridad Vial-Tomo 5-

los usuarios de una ciclo vía orientando así al ciclista a tener un comportamiento apropiado dentro y fuera de ésta. Al igual que para el transporte motorizado la demarcación puede ser de dos tipos, vertical y horizontal.

En cuanto a señalización se refiere, nuestro país cuenta con el Reglamento Técnico Ecuatoriano del INEN (RTE INEN 004-1:2011 Primera versión) que determina formas, colores y medidas para lo concerniente a la señalización vertical y horizontal de la infraestructura vial pero está más enfocada al parque automotor y para los ciclistas es muy general.

Así tenemos que los artículos específicos para vías ciclistas son muy escasos (Art. 6.7.6, Art. 6.7.12, Art. 7.10.16 – 7.10.18) por lo que en la presente investigación se desarrolla estos aspectos encuadrados en la demarcación que garantice la seguridad de los usuarios de una ciclo vía.

#### **4.1.1 Señalización Vertical.**

Son dispositivos o elementos de control instalados a nivel de la vía o sobre ella generalmente al lado derecho de la vía con el propósito de prevenir al usuario de alguna situación peligrosa o de restricción o proporcionar información

específica de la ciclo vía. Los componentes son un soporte vertical (poste), una placa y una inscripción.

Las señales verticales se clasifican básicamente en tres tipos de señales, las mismas que son: de advertencia, informativas y de regulación.

**Figura4. 1 Forma y tamaño estándar de una señal vertical**



**Fuente:** Manual Integral de Movilidad Ciclista para ciudades de México

**Las señales de advertencia** o de prevención de las ciclovías tienen por objeto advertir la aproximación o existencia de una situación adversa. Según los manuales internacionales estas señales deberán tener la forma de un rombo con un vértice hacia abajo, el fondo amarillo y la inscripción de color negro a una altura de 3 m como máximo debido a que la línea de horizonte está entre 0,40 y 0,60 m por encima de la línea del conductor de automóvil. Las dimensiones propias de la señal se muestran en la figura 22 y son obligatorias en todos los casos considerados.

**Figura4. 2 Dimensiones de una Señal Preventiva (reductor de velocidad)**



**Fuente:** Plan Maestro de Ciclovías de Lima y Callao – Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras, Lima 2000.

La señal preventiva se ubicará a una distancia que permita al usuario entender el mensaje y que tenga tiempo suficiente para realizar cualquier maniobra antes de llegar a la situación adversa.<sup>8</sup> La distancia de ubicación de la señal depende de la velocidad de aproximación y está dada por la siguiente tabla.

<sup>8</sup> Manual Integral de Movilidad Ciclista para ciudades de México- pag. 216

**Tabla 4. 1 Distancia de la señal en función de la velocidad de aproximación.**

Velocidad de aproximación (Km/h)	20	30	40	50	60	70
Distancia de ubicación (m)	15	20	30	40	55	90

**Fuente:** Adaptado por el autor según la velocidad comercial en redes viales urbanas del Ecuador.

Las señales de advertencia o de prevención más utilizadas y obligatorias para vías ciclistas se muestran en las figuras 4.3 a hasta la 4.3 d y son:

**Figura 4. 3 Señales de advertencia o prevención**

**a) Vía exclusiva para bicicletas**



**b) Descenso pronunciado**



**c) Ascenso profundo**



**d) Reductor de velocidad**



**Fuente:** Manual Integral de Movilidad Ciclista para ciudades de México

Todas estas señales se colocarán siempre que la longitud del trayecto en referencia sea mayor a 25 m y la pendiente del mismo sea mayor al 8%, mientras que para trayectos planos solo es necesario las señales 4.3a y 4.3d.

**Las señales informativas** se usan para guiar o informar a los usuarios de la ciclo vía, sobre el nombre de las vías, sentido de circulación, lugares de interés entre otros. Generalmente estas señales son de tres tipos, cuadradas con fondo azul e inscripción en color blanco para servicios, rectangulares de color verde con leyenda blanca para lugares o destinos y rectangulares de color blanco con inscripción en color negro para vialidad.

Las señales más utilizadas a nivel mundial y que se proponen en esta guía técnica de acuerdo a nuestra realidad para las informaciones mencionadas anteriormente se muestran en las figuras 24, 25 y 26 respectivamente.

**Figura4. 4 Señales informativas de servicios.**

(a): Servicio mecánico para bicicletas



(b): Estacionamiento de bicicletas



(c): Servicio de renta de bicicletas



(d): Área de Tránsito compartido



Fuente: Manual Integral de Movilidad Ciclista para ciudades de México

La ubicación de estas señales puede variar según la posición de los distintos servicios existentes a lo largo de la ciclo vía.

Las señales informativas para lugares de interés llevan texto y en algunos casos se puede incluir la distancia y tiempo de ser posible. Permiten identificar lugares importantes o turísticos cercanos al trayecto de la ciclo vía (la distancia y tiempo inscritos en la señal se calcula con la velocidad de diseño de la ciclo vía, 30 km/h). En esta guía de investigación se proponen las siguientes señales como mínimas y obligatorias para cualquier tipo de ciclo vía.

#### Figura4. 5 Señales informativas de destinos (lugares de interés).

a) Dirección de destinos de interés.



b) Destinos de interés con distancias.



Fuente: adaptado por el autor

Finalmente las señales informativas de vialidad pueden incluirse a lo largo del trayecto cuando la ciclo vía pasa por una intersección de una red vial con varios ramales, su diagrama se ve en la siguiente figura.

**Figura4. 6 Señales informativas de vialidad (Diagrama ciclista).**



**Fuente:** Manual Integral de Movilidad Ciclista para ciudades de México

**Las señales de regulación o regulatorias**, regulan o prohíben al usuario de la ciclo vía para garantizar la seguridad de la misma. Dentro de estas señales se distinguen dos grupos que son: Las regulatorias son placas cuadradas con fondo blanco, un anillo rojo y un pictograma en color negro. Las señales prohibitivas adicionalmente tienen una franja diagonal que cruza el anillo.

Su ubicación debe ser lo más cercano al sitio de regulación como; intersección con un solo carril de circulación, lugares preferenciales, entradas y salidas de zonas de tránsito calmado, etc. Las señales regulatorias básicas e inevitables propuestas en la presente guía para la implementación de ciclovías se muestran en la figura.

**Figura4. 7 Señales Regulatorias.**

(a): Circulación próxima por un solo carril



(b): Conserve su derecha



(c): Zona de tránsito calmado



(d): Pare y Ceda el paso



(e): Zona de tránsito calmado



(f): Vía exclusiva para bicicletas



**Fuente:** Manual de Diseño de Ciclo rutas, Plan Maestro de Ciclo rutas Para Santa Fé de Bogotá

#### 4.1.2 Señalización Horizontal

La señalización horizontal está conformada por símbolos, flechas, letras y líneas que se pintan sobre el pavimento o en la estructura de la vía o

adyacentes a ella. Aunque también se puede colocar otros elementos que sobresalgan de la superficie del pavimento, de modo que permitan regular o canalizar el tránsito de vehículos, ciclistas y peatones.

Dentro de este tipo de señales se tiene básicamente dos grandes grupos que son: las marcas en el piso y los dispositivos diversos.

**Las marcas en el piso**, indican la delimitación de áreas de circulación, cruce con otro grupo de usuarios o algún obstáculo próximo. Generalmente se clasifican en marcas longitudinales y marcas transversales, las mismas que son reflectantes en color blanco o amarillo de acuerdo a su función y cuando el color del pavimento no brinde un contraste adecuado con las marcas se delinearán el contorno con franjas negras de 0,05 m de ancho.

En este sentido el color amarillo se usa para las siguientes marcas:

- a) Separador de sentido de circulación
- b) Cruce de peatones
- c) Raya canalizadora
- d) Isletas
- e) Delimitación de orilla izquierda
- f) Guarnición donde esté prohibido estacionarse.

Mientras que el color blanco se usará para marcar lo siguiente:

- a) Línea separadora de carril
- b) Delimitación de la calzada
- c) Ares de estacionamiento
- d) Flechas, símbolos y leyendas
- e) Línea para reducción de velocidad
- f) Líneas de alto
- g) Guarnición que permite estacionarse

Y hoy en día se considera también el color verde para marcas específicas como:

- a) Línea para cruce de ciclistas.
- b) Áreas de espera ciclista
- c) Símbolos de prioridad ciclista.

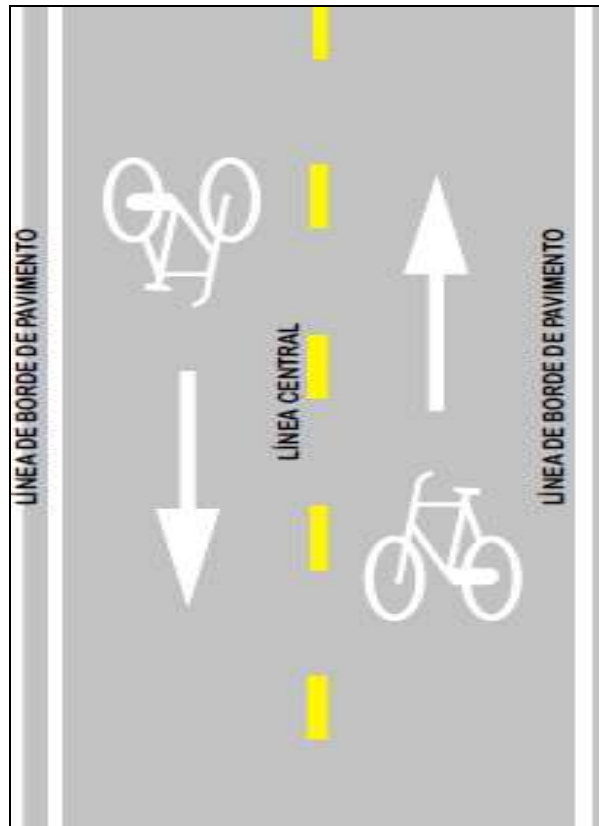
Las dimensiones de todas las marcas anteriores deben cumplir con las mismas dimensiones que las usadas para señalamiento de vehículos automotores excepto aquellas que estén relacionadas con la velocidad por ser ésta más baja que la de los automotores.

### **Marcas Longitudinales**

Son franjas con un ancho entre 0.10 m a 0.30 m impresas en pintura reflectiva que se implementará a lo largo del trayecto en forma continua o segmentada, siendo obligatorias para las ciclovías las siguientes.

En la figura siguiente se muestra una representación gráfica en un segmento de vía ciclista de una marca longitudinal.

**Figura4. 8 Líneas de demarcación longitudinal**



**Fuente:** Manual de Carreteras del Paraguay-Normas para señalización y Seguridad Vial-Tomo 5-Volumen II

**Líneas centrales.** Se emplearán líneas de color amarillo para indicar el eje de una ciclo ruta con tránsito en los dos sentidos. En circunstancias especiales, como transiciones en el ancho del pavimento esta línea puede no estar en el centro geométrico de la calzada.

Las líneas centrales estarán conformadas por una línea segmentada de color amarillo con ancho de 10 cm como mínimo, con una relación de longitudes entre segmento pintado y espacio sin pintar de tres (3) a cinco (5), así:

Longitud del segmento pintado: 1,20 m

Longitud del espacio sin pintar: 2,00 m

**Líneas separadoras de carril.** Se emplearán cuando existan varios carriles de circulación en un mismo sentido, para delimitarlos entre sí.

Se usará una línea blanca de las siguientes dimensiones.

Longitud del segmento pintado: 1,20 m

Longitud del espacio sin pintar: 2,00 m

Ancho 0,10 m

### **Líneas de canalización**

Esta línea se aplicará a lo largo de toda la ciclo ruta, para separarla del tránsito automotor, cuando la calzada es compartida con la ciclo ruta.

Se empleará un trazo continuo, de color blanco de 25 cm de ancho, caso en el cual las líneas deberán reflectorizarse mediante la aplicación de micro-esfera de vidrio. A lo largo de la línea serán colocados obstáculos remontables tales como tachones o prismas de concreto, separados cada dos (2) m.

En algunos casos excepcionales, en donde haya la necesidad de implementar corredores de ciclo rutas en contraflujo, se utilizarán líneas continuas de color amarillo para su demarcación, instalando a lo largo de la línea tachones o prismas de concreto.

### **Líneas de borde de pavimento**

Esta línea se empleará para indicar el borde exterior del pavimento y para separar la calzada de circulación de bicicletas del sardinel o del sendero peatonal, según sea el caso. Esta línea será continua, con un ancho mínimo de 10 cm y se demarcará en color blanco. Los accesos en las proximidades a la intersección se demarcarán con líneas discontinuas, con una relación de longitudes entre segmento pintado y espacio sin pintar de uno (1) a uno (1), así:

Longitud del segmento pintado: un (1) metro

Longitud del espacio sin pintar: un (1) metro

Longitud mínima antes de la intersección: veinte (20) metros

### **Flechas**

Son marcas en el pavimento con forma de saeta que indican los sentidos de circulación de los ciclistas y se utilizarán como señales de reglamentación para los ciclistas. Se ubicarán en las intersecciones a una distancia de 2 metros antes de la línea de detención o pare.

Cuando las intersecciones estén separadas más de 300 metros entre sí, la flecha deberá repetirse cada 150 metros.

### **Demarcaciones de transición en el ancho de pavimento**

Estas líneas se emplearán en zonas en donde el ancho de la ciclo ruta esté en transición y se reduce el número de carriles. Esta demarcación se define con una línea continua de color blanco o amarillo, según los sentidos de circulación, de 10 cm de ancho como mínimo, cuya longitud de la demarcación esta dada por la expresión:

**$L = 0.6 \cdot A \cdot V$** , en donde:

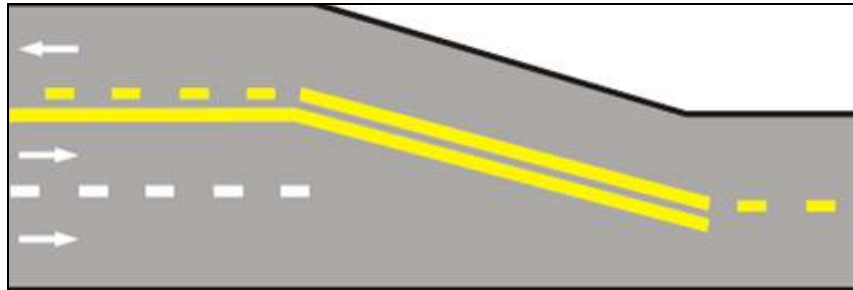
L = Longitud de demarcación en metros

A = Ancho de la ciclo ruta

V = Velocidad del 85 % de los usuarios, o en su defecto, velocidad de diseño en kilómetros por hora.

Una representación de cómo queda esta demarcación se muestra a continuación.

### **Figura4. 9 Demarcación en transición (reducción de 3 a 2 carriles)**



**Fuente:** Manual de Carreteras del Paraguay-Normas para señalización y Seguridad Vial-Tomo 5-Volumen II

### **Marcas transversales.**

Son franjas cuyo ancho varía entre 0.30m a 0.60 m las mismas que atraviesan toda la calzada, generalmente se usan mucho en las intersecciones o en la proximidad de un obstáculo del trayecto. Un ejemplo de esta señal se aprecia en la siguiente figura.

**Figura4. 10 Demarcación de una intersección con paso peatonal**



**Fuente:** Manual Integral de Movilidad Ciclista para ciudades de México

Las marcas transversales obligatorias para una ciclo vía son:

**Líneas de pare y/o ceda el paso**, que indica el sitio de parada del vehículo ante una señal de tránsito o un semáforo.

### **Demarcación de pasos peatonales**

Esta señalización se empleará para demarcar la trayectoria que deben seguir los peatones al atravesar una vía. La misma que se define con líneas continuas y paralelas de color blanco, colocadas en forma “CEBREADA” y perpendiculares a la trayectoria de los peatones. En la siguiente tabla se indican las dimensiones que deben tener las mencionadas líneas.

**Tabla 4. 2 Dimensiones de las líneas de un paso peatonal**

Ancho de línea	0,40 m
Separación entre líneas	0,40 m
Longitud de línea	3,00 a 8,00 m

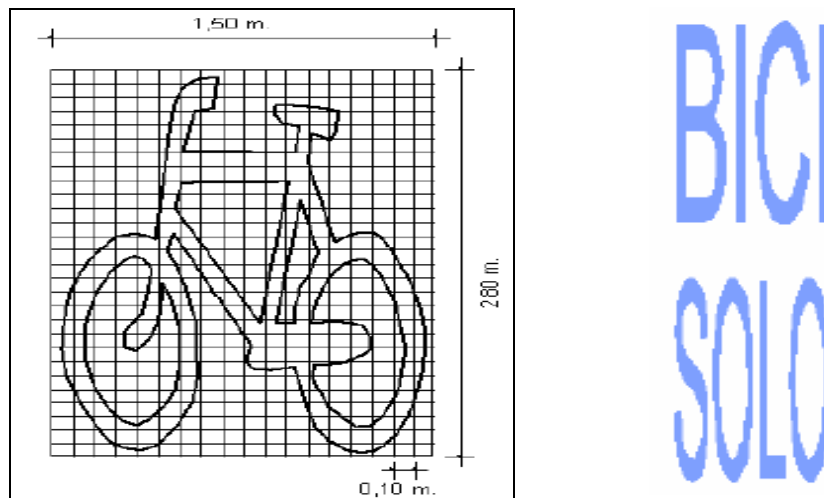
**Fuente:** Adaptado por el autor

### **Símbolos y letreros en el pavimento**

Cuando se necesario utilizar mensajes consignados en el pavimento, se harán preferiblemente por medio de símbolos. Tanto las letras como los símbolos, tendrán que prolongarse en la dirección del movimiento del tráfico, debido a que

la posición del usuario sobre la bicicleta reduce considerablemente su ángulo de observación, lo cual implica pérdida de altura en los mensajes.

**Figura4. 11 Carril exclusivo para bicicletas**



**Fuente:** Manual de Diseño de Ciclo rutas, Plan Maestro de Ciclo rutas Para Santa Fé de Bogotá

La demarcación de los corredores exclusivos para el tránsito de ciclistas se complementara con un pictograma de bicicleta de color blanco en el pavimento o la frase SOLO BICI en color azul, el cual se empleara para enfatizar la utilización de la ciclo ruta como se ve en la figura 4.11.

#### **4.2 Semaforización**

La semaforización en las ciclovías son necesarias esencialmente en las intersecciones ya que en este punto el ciclista deberá obligatoriamente reducir la velocidad de circulación y como consecuencia se presenta un tiempo de espera especialmente cuando hay un alto flujo vehicular.

La semaforización de las rutas ciclistas debe coordinarse con los semáforos vehiculares y semáforos para peatones, según sea el caso. Por lo que en la instalación y programación de este tipo de semáforos, será necesario contar con datos de tránsito de vehículos, peatones y ciclistas.

Para la aplicación misma de la regulación de la intersección con semáforos es necesario conocer claramente el significado de los colores y su aplicación para los distintos movimientos de cruce de la intersección. Según esto se utilizará el color rojo para indicar el PARE y ALTO, mientras que el color verde para indicar el avance o PASO en el sentido de la iluminación.

Así mismo es importante considerar otros parámetros como son:

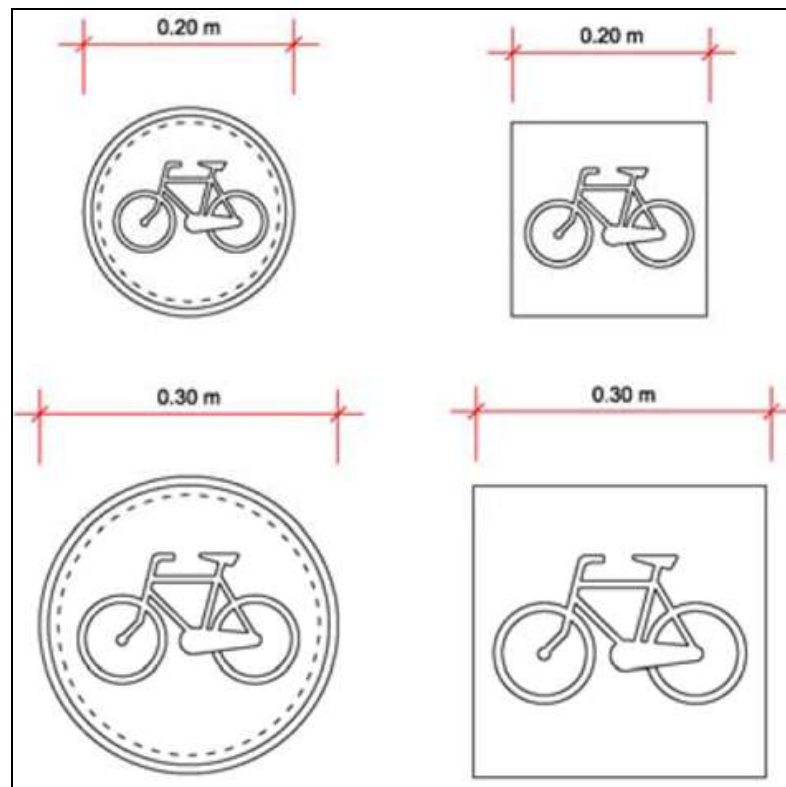
**El número de caras**, que será uno por sentido de circulación en la intersección.

**La ubicación**, que para una fácil visualización los semáforos se instalarán en la acera opuesta a una altura mínima de dos metros y máxima de tres metros. La disposición de las lentes será en la parte superior el PARE y en la parte inferior la señal de PASO.

**El ángulo de colocación**, referido a la cara del semáforo y que deberá ser vertical y normal con respecto a la circulación.

**La forma del lente y sus dimensiones**, las lentes del semáforo pueden ser cuadradas o circulares con dimensiones entre 20 y 30 cm de diámetro, o 20 a 30 cm por lado para el caso de las lentes cuadradas como se ve en la figura.

**Figura4. 12 Forma y dimensiones de la lente del semáforo**



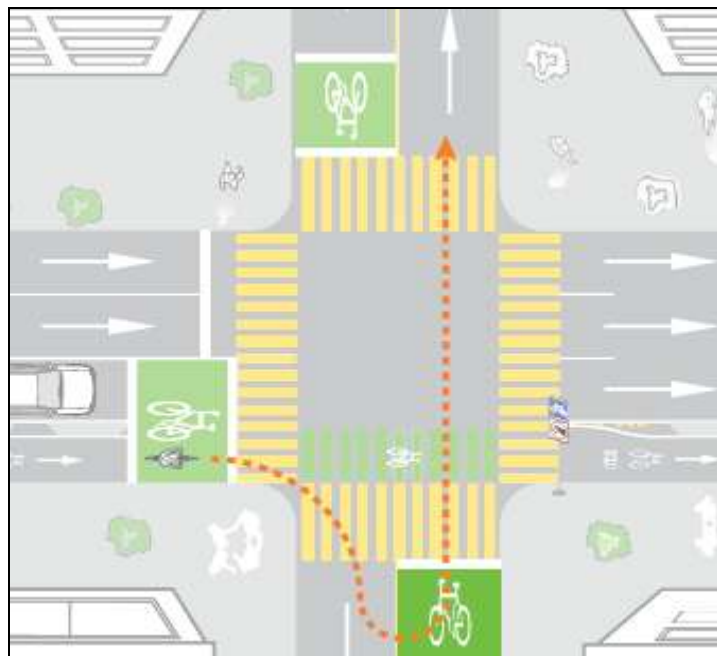
**Fuente:** Ministerio de transporte y Comunicaciones, Manual de Dispositivos de Control del Tránsito, Lima 2002.

Como regla general se recomienda que las líneas de detención de los vehículos motorizados estén algo retranqueadas a las correspondientes de detención de los ciclistas. Así mismo en el caso de las partidas se recomienda dar arranque preferencial a los ciclistas, de modo que éstos inicien su desplazamiento antes

que los autos; con lo cual se disminuye el número de conflictos en la intersección.

Por último es importante tener un completo control del giro izquierdo de los ciclistas, el mismo que se facilita con la implementación de áreas de espera colocadas a todo lo ancho de la vía, pues generalmente la ruta ciclista se ubica en el lado derecho de la vía y resulta complicado girar directamente a la izquierda si no se tiene las mencionadas áreas.

**Figura4. 13 Control de la intersección, para giros izquierdos.**



**Fuente:** Manual Integral de Movilidad Ciclista para ciudades de México

## **Capítulo V:**

### **ESTACIONAMIENTOS Y ELEMENTOS DE PROTECCION**

#### **5.1 Estacionamientos**

Se definen así a los lugares que permiten parquear varias bicicletas de manera segura, cómoda y ordenada. Pues al momento y dada su estructura son vulnerables al robo de sus partes o de toda la bicicleta por falta de seguridad en dichos estacionamientos.

En el presente capítulo se hace referencia a los criterios técnicos para implementar y evaluar un estacionamiento y sirve como herramienta para las organizaciones, municipalidades y operadores que estén interesados en construir estacionamientos para bicicleta funcionales y de alta calidad como parte de un sistema integrado de transporte.

##### **5.1.1 Criterios para el estacionamiento de bicicletas.**

De acuerdo con la metodología del manual de ciclo ciudades volumen cinco (V) del MINVU de Chile se recomienda tomar en cuenta dos grupos de criterios como son: criterios para el usuario y criterios para los administradores municipales, que permiten evaluar opciones de estacionamiento según sus características.

### **Criterios para el usuario.**

Para quienes optan por usar la bicicleta como medio de transporte resulta importante tener al final de su destino un lugar de estacionamiento para la bicicleta que sea seguro y fácil de usar, pero ello involucra algunas variables que determinan que tipo de estacionamiento brinda mayor beneficio al usuario en cuanto a seguridad, comodidad, facilidad de acceso y protección contra la intemperie.

Bajo este contexto el usuario considera que el estacionamiento es adecuado si cumple con los siguientes requisitos:

- El parqueadero permite sujetar el cuadro/marco y una o ambas ruedas.
- Está ubicado en un lugar que ofrece control y vigilancia, bien sea del usuario o de la entidad o establecimiento encargado del ciclo parqueadero
- El espacio para asegurar y desasegurar es suficiente y permite hacerlo con rapidez, eficacia y sin mayor esfuerzo.
- El estacionamiento funciona de tal manera que el usuario, independientemente de su condición física, género, edad o estatura, no necesite asistencia para estacionar la bicicleta. Y por último si el estacionamiento dispone de una cubierta que proteja los componentes

físicos de este vehículo por periodos considerables de tiempo, que prolonguen la vida útil del mismo.

**Para la administración (la municipalidad).**

Los criterios a tomar en cuenta por los administradores de los estacionamientos para bicicletas deben apuntar a maximizar los beneficios económicos y financieros de la sociedad, para lo cual es necesario cumplir con lo siguiente:

Organizar el espacio público de forma fácil y económica, en armonía con los peatones y vehículos para no interferir con su libre circulación.

Promover políticas urbanísticas que prioricen la creación de estacionamientos al interior de edificios públicos y privados, centros comerciales, oficinas etc. Con el fin de disponer una estructura completa de las ciclovías en el inicio y fin de las mismas.

Buscar diseños sencillos con inversiones mínimas pero sin sacrificar la calidad.

Por último los administradores deben garantizar la durabilidad y mantenimiento de los estacionamientos y no perder de vista la existencias de estos importantes lugares.

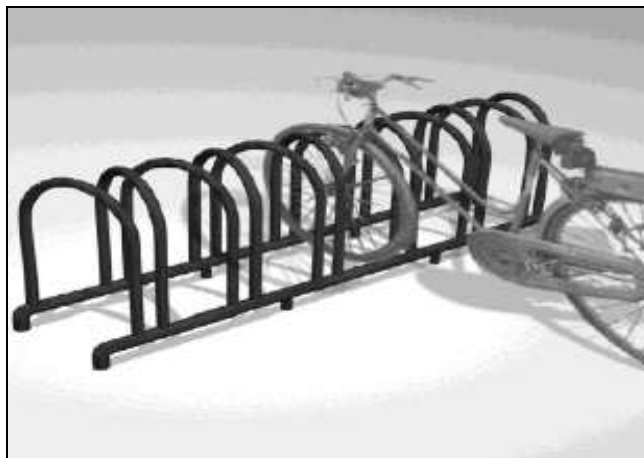
### **5.1.2 Modelos de estacionamientos para bicicletas e implementación.**

Existe una variedad de modelos de estacionamientos que se han instalado en algunas ciudades de Latinoamérica que cuentan con la bicicleta como alternativa de transporte, así en el presente trabajo se analizan tres modelos que pueden ser implementados en nuestro país por las distintas condiciones y requisitos para su implantación.

#### **a) Modelo propuesto en el manual de Mobiliario Urbano de Bogotá.**

Destinado a ser utilizado en espacios públicos denominador tipo tostador, su capacidad es media (10 bicicletas) y ocupa poco espacio ya que su ancho es de 0.50 metros y su altura es aproximadamente de 0.80 metros, su principal desventaja es la funcionalidad ya que solo una tercera parte de la bicicleta es asegurada como se ve en la figura 5.1.

**Figura5. 1 Ciclo parqueadero tipo Tostador**



**Fuente:** Estacionamientos para bicicletas-Guía de elección, servicio, integración y reducción de emisiones

### **b) Tipo gancho para colgar verticalmente**

Es la versión más sencilla que consiste en un pequeño elemento donde se cuelga una rueda de la bicicleta con capacidad individual, generalmente ubicada en la pared del estacionamiento a una altura promedio de 2.0 m, su costo es mínimo, pero su desventaja es la difícil accesibilidad para mujeres, niños y adultos mayores.

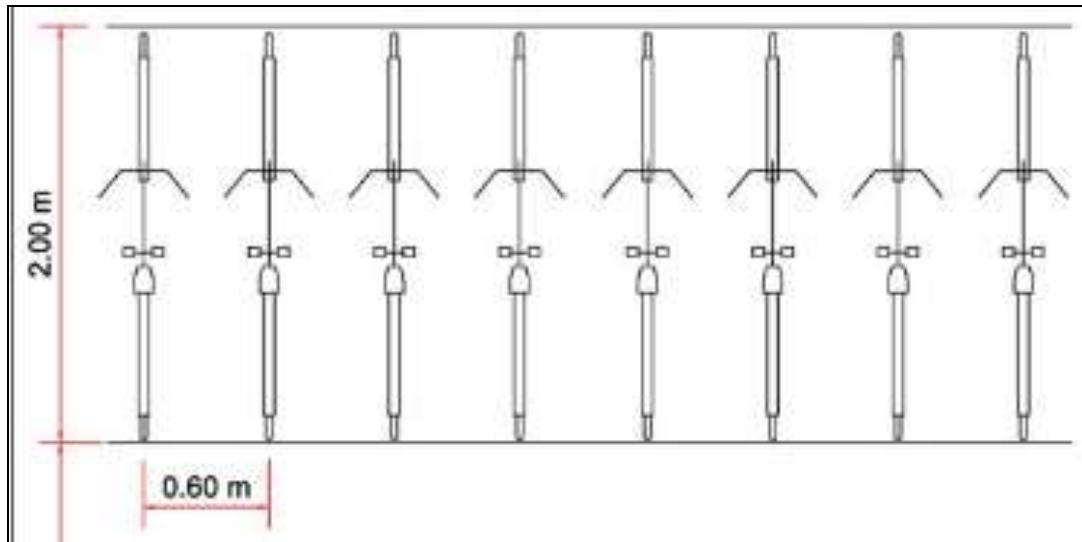
**Figura5. 2 Gancho para colgar bicicletas**



**Fuente:** Estacionamientos para bicicletas-Guía de elección, servicio, integración y reducción de emisiones

Para un mejor aprovechamiento de estos elementos se recomienda formar hileras de hasta ocho bicicletas con las siguientes medidas. Altura total al gancho de 2.0 m con una separación entre ejes de 0.60 m como se ve en la figura 5.3.

**Figura 5. 3 Módulo de estacionamiento vertical para bicicletas**



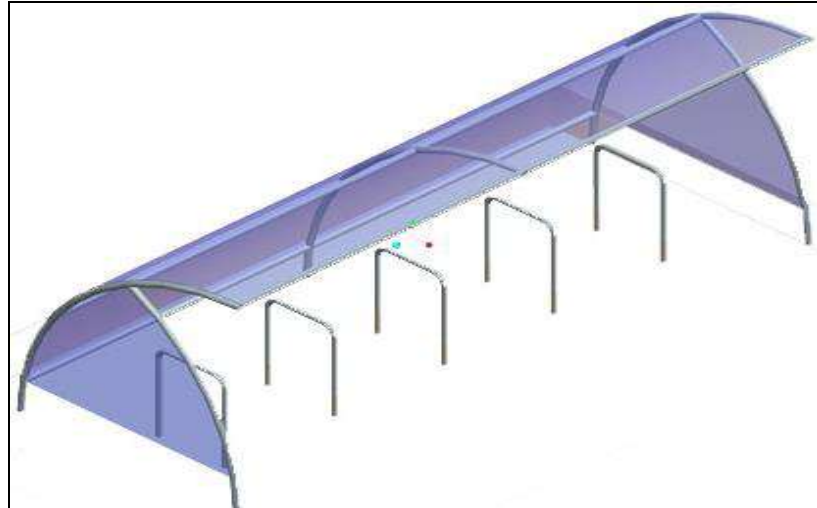
**Fuente:** Plan Maestro de ciclovías de Lima y Callao

Con lo cual se requiere un espacio total de 4.80 m de longitud por módulo de estacionamiento, que es equivalente al espacio necesario para estacionar un vehículo automotor promedio.

**c) Módulo techado o cubierto.**

Otro modelo muy importante para estacionamientos de bicicletas es el techado o cubierto con elementos internos de U invertida, el mismo que consiste en un módulo con capacidad para 10 bicicletas como se ve en la figura, las mismas que están protegidas de la intemperie, con un espacio necesario de 2.4 por 4.8 metros equivalente al espacio necesario para un automóvil y una distancia entre ejes de 0,60 m que agrupan en pares por elemento de sujeción.

**Figura5. 4 Módulo de estacionamiento techado para bicicletas**



**Fuente:** Estacionamientos para bicicletas-Guía de elección, servicio, integración y reducción de emisiones

Este tipo de estacionamiento es aplicable para espacios públicos, parques, grandes aceras e incluso para estacionamientos en bahías de la red vial. Su principal ventaja es la satisfacción del usuario pero requiere de una inversión relativamente mayor a los tipos anteriores.

Existen otros tipos que se han implementado en algunas ciudades como Bogotá, Argentina y otras, pero que por su accesibilidad o valor de inversión no justifican su análisis y aún más su implementación en las ciudades de nuestro país.

Para la implementación de cualquiera de los tres tipos considerados en esta investigación se propone una secuencia de valoración de acuerdo a los

requisitos que deben cumplir estos lugares de estacionamiento y que se mencionaron anteriormente. Dicha secuencia se resume en tres pasos que son:

- Establecer una escala de calificación (recomendable de 1 a 5) para los cinco requisitos que debe cumplir el estacionamiento.
- Ponderar estos requisitos (total 100 puntos) según el grado de importancia que den los planificadores de la ciudad en la cual se va a implementar.
- La calificación final será la suma de todas las calificaciones parciales (mínimo 1 y máximo 5)

Una vez implementado el estacionamiento se puede generar recursos para recuperar su inversión a través de una tarifa proporcional a la de los vehículos y considerando la relación que se ha visto en este trabajo (para cada 8 bicicletas se necesita el mismo espacio de estacionamiento que el necesario para un automóvil).

## **5.2 Elementos de Protección**

Considerando que la implementación de las diferentes tipologías de ciclovías depende básica y esencialmente de un buen diseño inicial, se deberá contemplar en este proceso la instalación de elementos de protección de la vía ciclística.

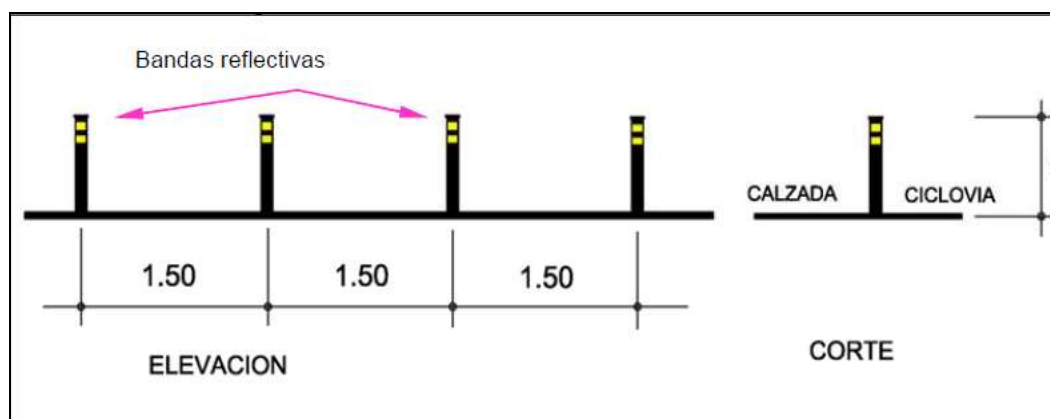
Estos elementos además de proporcionar protección al ciclista aportan elementos visuales que ayudan a caracterizar las vías ciclistas. De acuerdo con la intensidad de tráfico y la velocidad promedio, se sugiere la utilización de los siguientes elementos para los tres tipos (carril-bici, acera-bici y pista-bici) de ciclovías analizados en esta investigación.

A continuación se indica algunos de los elementos de protección que servirán mucho en las ciclovías de nuestro país según nuestra realidad.

#### Para carril-bici:

**Postes delimitadores rebatibles;** construidos de polietileno de 0.80 m de altura, con cintas reflectivas en la parte superior y ubicados en el pavimento a una distancia de 1.50 m. uno del otro.

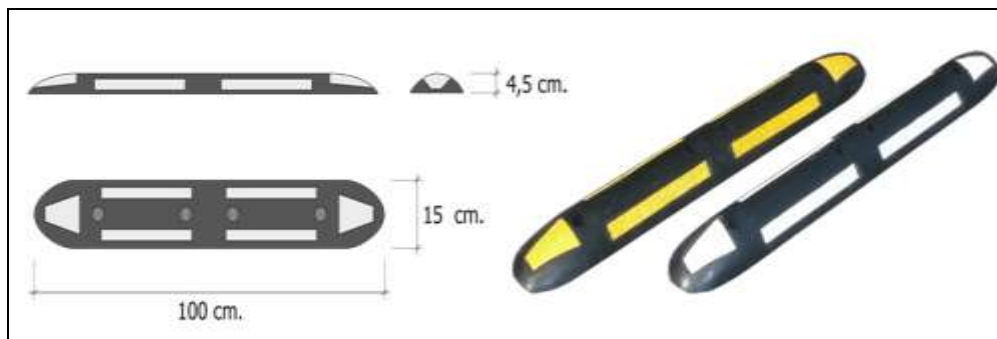
**Figura5. 5 Postes Delimitadores Rebatibles**



Fuente: Plan Maestro de Ciclovías de Lima y Callao

**Separador de carril;** Es un elemento separador de caucho o polietileno, cuya altura es de 4,5 cm. y una superficie retro reflectante de 340 cm<sup>2</sup>, que garantiza la advertencia visual y física. Con un ángulo de ataque frontal como lateral suave que no produce el efecto escalón pudiendo ser abordado por los ciclistas casi paralelamente a la dirección del carril sin riesgo de pérdida del equilibrio.

**Figura5. 6 Separador de carril modelo S 4.5/100**



**Fuente:** Lineamientos de vías peatonales. Semov-Jalisco México.

**Separador vial modular;** Es un elemento compacto con bandas reflectantes en piezas mono bloques que se unen entre ellas fácilmente como se ve en la figura.

**Figura5. 7 Separador vial modular**



**Fuente:** Lineamientos de vías peatonales. Semov-Jalisco México.

**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. También pueden ubicarse las llamadas tachas reflectantes de forma rectangular (20 x 10) o piramidal (30 x 30) colocadas en el pavimento de a una distancia de 1.20 m. una de la otra. Una muestra se ve en la siguiente figura.

**Figura5. 8 Tachas reflectantes**



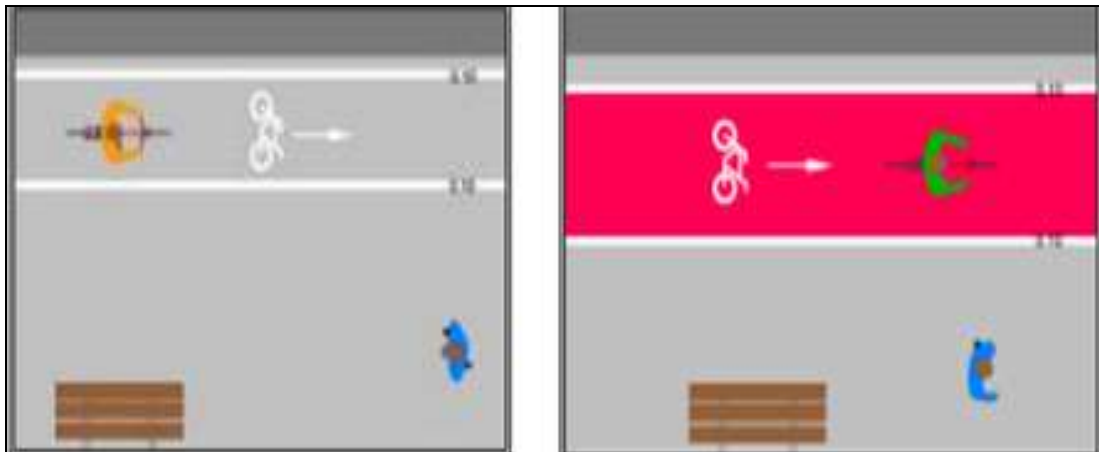
**Fuente:** Lineamientos de vías peatonales. Semov-Jalisco México.

### **Para acera-bici**

Se delimitará en todo su recorrido por una marca longitudinal continua B-2.6b de pintura como en la figura, separando el espacio de acera destinado a vía ciclista, excepto cuando se emplee bordillos de hormigón para delimitar la vía o separar los cambios de pavimento.

A lo largo del trayecto de la Acera-bici se puede encontrar con zonas de concentración peatonal, como pueden ser pasos de peatones o paradas de autobús, en cuyo caso el tratamiento será especial.

**Figura5. 9 Delimitación de protección tipo b-2.6b**



**Fuente:** Lineamientos de vías peatonales. Semov-Jalisco México.

Con el fin de garantizar la seguridad de los peatones especialmente de las personas con algún tipo de discapacidad, cuando la vía ciclista tipo acera-bici se encuentre en su recorrido con un cruce para peatones deberá considerarse, con carácter general los siguientes criterios de implantación:

- Por ningún motivo se puede invadir el cruce de peatones, entendiendo por tal aquellas modificaciones de las zonas o rampas inclinadas, que comuniquen niveles diferentes y faciliten el cruce de calzada.
- Se ubicará la línea de fachada, siempre y cuando se garantice un ancho libre de paso en la acera entre la alineación de fachada y la acera bici de

al menos 1.50 metros, no se altere la continuidad del pavimento de la franja de señalización y se cumplan los criterios de proporción.

Cuando de acuerdo con los criterios expuestos anteriormente no pueda disponerse la acera bici por la parte posterior del cruce, se podrá optar por una de las dos siguientes alternativas:

- a) Interrumpir la acera bici, inmediatamente antes del cruce de peatones o de la franja de señalización.
- b) Situarla por la parte anterior del cruce más próximo a la calzada.

**Vallas;** Son elementos que sirven para marcar el cruce de Ciclo vía con la arteria vehicular y también para señalar ingresos específicos (por ejemplo, entrada a garajes, estaciones de servicio o lugares públicos), los más recomendables para las ciudades medias del Ecuador son las vallas informativas y las de contención.

**Figura5. 10 Tipos de vallas para protección de una ciclo vía.**

a) Valla informativa



b) Valla de contención.



**Fuente:** Lineamientos de vías peatonales. Semov-Jalisco México.

### **Otros dispositivos de protección.**

Aunque existe una variedad de elementos de protección como los bolardos metálicos, cojines, topes, vibradores etc. que se pueden implementar en las infraestructuras ciclistas para garantizar la protección y seguridad de los usuarios de estas instalaciones no todos son adecuados y sobre todo en nuestro medio no son adaptables fácilmente al comportamiento de todos los involucrados especialmente de los conductores de vehículos a motor.

Por lo que un elemento que si tiene un buen grado de influencia es la llamada barrera de contención que se menciona seguidamente.

**Barreras de contención;** Pueden servir para limitar una calle donde siempre existe flujo vehicular, también permite actuar como reductor de velocidad moderando la velocidad en ciertos puntos de peligro como: zonas peatonales, cruces escolares, descensos, en fin cruces peligrosos de todo tipo.

### **Para pista-bici.**

En este caso al ser una infraestructura completamente independiente del flujo vehicular no necesariamente debe contar con elementos de protección sino que con una señalización vertical y horizontal adecuada y suficiente se garantiza la seguridad y operatividad de dicha infraestructura.

**Figura5. 11 Barrera plástica de contención.**



**Fuente:** Lineamientos de vías peatonales. Semov-Jalisco México.

## Capítulo VI:

### GUIA PARA LA CONSTRUCCION

En esta parte de la investigación se establece los requerimientos mínimos que cada ciudad media del Ecuador debe cumplir para que se pueda implementar cualquiera de los tres tipos de ciclovías considerados en los capítulos anteriores, así como también las especificaciones técnicas para la construcción de las mismas. Pues no todos los espacios de las distintas ciudades cumplen con los parámetros exigidos en cuanto a capacidad vial, volumen de tráfico requerido, velocidad de circulación, pendientes o tipo de intersección necesaria según los estándares internacionales y nacionales vigentes para el caso.

#### **6.1 Requerimientos para la Construcción.**

Tomando en consideración los proyectos ejecutados a nivel mundial y latinoamericano que han tenido mucho éxito, se determinan los requerimientos necesarios según el tipo de zona de la ciudad. Estos requerimientos deben agruparse en cuatro características de funcionalidad que son: coherencia, rutas directas, rutas atractivas, confort y seguridad.

La **coherencia** garantiza que la infraestructura integre la capacidad, la velocidad de circulación, la separación de vías, número de interrupciones y la

libertad para elegir una ruta, así como también el material para el pavimento y la señalización básica previa para el trazado de la cicloavía.

**Definir rutas directas** es de suma importancia para establecer el o los ejes de la red evitando los desvíos excesivos en la misma, que puedan provocar trayectos demasiado largos.

**Generar rutas atractivas** que atraviesen por puntos de gran densidad poblacional y que no se encuentren con demasiado tráfico motorizado permitirá una mayor utilización de éstas por parte de los usuarios.

**El confort** de la infraestructura que relacione el pavimento, el espacio de rebasamiento, la percepción de comodidad y elementos naturales como árboles o plantas ornamentales, logrará que el ciclista se sienta bien a lo largo del trayecto.

Si la cicloavía brinda seguridad interna y externa a los usuarios, entonces habrá una motivación para desincentivar el uso del transporte motorizado y atraer más personas como niños, adultos, adultos mayores y deportistas a esta modalidad de transporte.

**6.1.1 Para el caso de Zonas consolidadas,** con el fin de medir cuantitativamente el cumplimiento de estos requerimientos exigidos a nivel internacional para la construcción de una ciclovia, se propone la siguiente matriz de evaluación que describe los porcentajes de cumplimiento de coherencia, rutas directas, rutas atractivas, confort y seguridad, los mismos que deberán ser mínimo de 50%, para considerar esta zona como factible.

El resultado de esa matriz se detalla a continuación con un ejemplo de la ciudad de Riobamba.

**Tabla 6. 1 MATRIZ DE EVALUACION DE REQUERIMIENTOS PARA LA CONSTRUCCION DE UNA CICLOVIA.**

CARACTERIS TICA	REQUERIMIENTO	EXISTENCIA Y/O % DE CUMPLIMIEN TO (MIN 50 %)	CALIFICAC ION (0, 1)	FACTIBILIDA D DE EJECUCION	OBSERVACION
Coherencia	Jerarquización vial				Ver especificaciones en Tabla 6.2
	Presencia de puntos generadores de viajes				Más de 200 bicicletas por día
	Interrupciones (No. De intersecciones)				No más de 10 por cada 1000 m
	Facilidades en la calzada y/o acera				Cambios de sección, separadores, otras
	Altura libre de la vía				No en túneles, ni galibo < 2.5 m

	Libertad de elección de ruta				No debe existir proyectos de transporte motorizado
	Señalización preliminar				Horizontal y vertical
Rutas Directas	Actividad en la calle				No en lugares con comercio informal
	Pendiente máxima por tramo				Máximo de 10 %
	Presencia de transporte pesado				No en lugares con más de 15 % de transporte pesado
Rutas atractivas	Lugares de concentración de personas (turismo, Educación, Culto, Comercio, Parques, etc.)				Ninguna
	Velocidad de circulación ( no avenidas de alto tráfico)				Ver especificaciones en Tabla 6.2
	Tipo de estacionamiento				No en tipo batería
	Zona de vigilancia y seguridad				Control operativo siempre
Confort	Superficie de la capa de rodadura				No en empedrado y/o lastre
	Número de carriles de la vía				Mínimo dos carriles en la vía
	Presencia de iluminación				No en sectores sin alumbrado público
Seguridad	Zona de pacificación ( Zona 30)				De acuerdo a ordenanza municipal
	Periodo de mantenimiento vial				Según ordenanzas

	Número de accidentes				No más de 3 al mes No en intersecciones conflictivas
	Señalización de intersecciones				Señalizadas, semaforizadas otras

**Tabla 6. 2 Jerarquía Vial del Ecuador.**

Tipo de vías	Volumen de Trafico	Velocidad de Circulación (Km/h)	Derecho de Vía (m)	Pendiente Max (%)	Distancias entre vías (m)	Longitud del tramo (m)
Expresas	1200-1500	60-80	35	6%	8000-3000	Variable
Arteriales Principales	500-1200	50-70	25	6%	3000-1500	Variable
Arteriales Secundarias	500-1000	40-60	15	8%	1500-500	Variable
Colectoras	400-500	30-50	15	8%	500-1000	1000
Locales	400 ó menos	Máx. 30	0	12%	100-400	400
Peatonales						
Ciclovías		10 a 30				

**Fuente:** Manual de Vías y Carreteras del Ecuador

Una vez que evaluamos la matriz de cumplimiento y si la calificación es de dieciséis puntos (16/22, que representa al 72 % aproximadamente como mínimo) en total, se toma la decisión de construir la ciclovía.

Un ejemplo de ello se muestra a continuación.

CARACTERIS TICA	REQUERIMIENT O	EXISTENCIA Y/O % DE CUMPLIMIE NTO (MIN 50 %)	CALIFICACI ON (0, 1)	FACTIBILIDAD DE EJECUCION	OBSERVACION
Coherencia	Jerarquización vial	Locales	1	SI	Ver especificaciones en Tabla 10
	Presencia de puntos generadores de viajes	60	1	SI	Más de 200 bicicletas por día
	Interrupciones (No. De intersecciones)	5	1	SI	No más de 10 por cada 1000 m
	Facilidades en la calzada y/o acera	SI	1	SI	Cambios de sección, separadores, otras
	Altura libre de la vía	3	1	SI	No en túneles, ni galibo < 2.5 m
	Libertad de elección de ruta	70	1	SI	No debe existir proyectos de transporte motorizado
	Señalización preliminar	75	1	SI	Horizontal y vertical
Rutas Directas	Actividad en la calle	NO	1	SI	No en lugares con comercio informal
	Pendiente máxima por tramo	5	1	SI	Máximo de 10 %
	Presencia de transporte pesado	30	1	SI	No en lugares con más de 15 % de transporte pesado
Rutas atractivas	Puntos generadores de viaje (Lugares de concentración de personas como: turismo,	75	1	SI	Ninguna

	Educación, Culto, Comercio, Parques, etc.)				
	Velocidad de circulación ( no avenidas de alto tráfico)	80	0	NO	Ver especificaciones en Tabla 10
	Tipo de estacionamiento	En línea	1	SI	No en tipo batería
	Zona de vigilancia y seguridad	80	1	SI	Control operativo siempre
Confort	Superficie de la capa de rodadura	Hormigón	1	SI	No en empedrado y/o lastre
	Número de carriles de la vía	2	1	SI	Mínimo dos carriles en la vía
	Presencia de iluminación	80	1	SI	No en sectores sin alumbrado público
Seguridad	Zona de pacificación ( Zona 30)	70	1	SI	De acuerdo a ordenanza municipal
	Periodo de mantenimiento vial	Permanente	1	SI	Según ordenanzas
	Número de accidentes	2	1	SI	No más de 3 al mes No en intersecciones conflictivas
	Señalización de intersecciones	90	1	SI	Señalizadas, semaforizadas otras
<b>CALIFICACION TOTAL DE FACTIBILIDAD</b>			<b>20</b>	<b>SI SE PUEDE CONSTRUIR</b>	

Adicionalmente se verificará en campo sobre los ejes preliminares de la posible ruta los valores específicos de los requerimientos básicos para continuar con la implementación, los mismos que son:

1. Deben estar consideradas dentro de los Planes de Ordenamiento Territorial y de Movilidad de cada ciudad a intervenir.
2. En la jerarquización vial aprobada por el GAD municipal, para las ampliaciones de cada sector, el ancho mínimo es de 8.50 m y de 3.0 m de calzada y acera respectivamente. Ya que para incluir cualquiera de las tres tipologías de ciclovías se requiere un ancho mínimo de carril de 1.50 m a fin de segregar al ciclista del transporte motorizado.
3. En pasajes urbanos, el radio de giro para la ciclovía nunca será menor a 3.0 metros.
4. Debe existir puntos generadores de viajes (mercados, iglesias, centros educativos, etc.) que evidencien la necesidad de una ruta ciclista.
5. La altura libre que debe tener una ciclovía (ubicada en espacios abiertos tales como parques, vías urbanas, etc.) debe ser de 2,50 m. como mínimo.
6. Pendiente máxima de 10 % en cualquiera de los tramos a implementar con trayectos de recorrido máximos de 5 km.

7. Capa de rodadura uniforme, impermeable y antideslizante en buen estado (pavimento de hormigón o asfalto, adoquinado, etc.) no empedrado lastre.
8. La velocidad de circulación vehicular definirá la el tipo de segregación, así para una velocidad mayor a 60 km/h en la vía, solo se implementará ciclo-pista.
9. Si la vía es utilizada por un alto porcentaje de camiones no es posible una ruta por ese sector.
- 10.No debe existir parqueaderos vehiculares tipo batería, ni zonas de carga y descarga.
- 11.La frecuencia de intersecciones debe ser la menor posible, con una distancia mínima entre estas de 100 m.
- 12.De existir actividades comerciales en la vía no implementar aceras-bici
- 13.Es necesario contar con un presupuesto para la ejecución (90 000 USD por Km de vía para carril-bici y acera-bici o 120 000 USD para pista-bici).
- 14.Definir el perfil del usuario en tres grupos que son: vulnerables, adultos y deportistas. Con lo cual se establece la velocidad de circulación en la ciclovía en las siguientes categorías de usuarios:  
  
Vulnerables 15 km/h, adultos 15 a 30 km/h y deportistas mayor a 30 km/h.

Por otra parte, si en la ruta elegida existen intersecciones semaforizadas, es necesario evaluar las mencionadas intersecciones tomando como referencia la siguiente tabla. El resultado debe arrojar un valor positivo ( mas de 50%) de las actividades que permitan mejorar la intersección para el uso ciclista.

**Tabla 6. 3 Actividades a cumplir en las Intersecciones semaforizadas previa la construcción de la ciclovía**

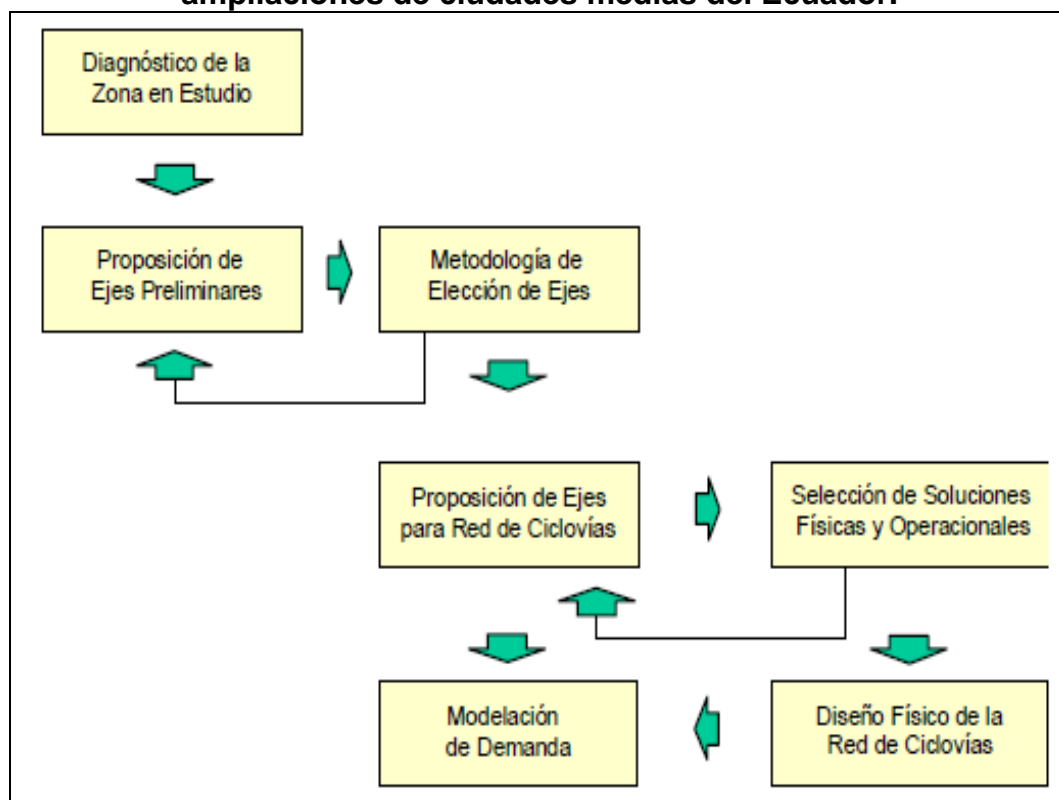
No.	Medida
1	Acortar la duración de la fase del semáforo
2	Incluir opción de luz verde adicional para ciclistas
3	Permitir viraje a la derecha en luz roja
4	Dar luz verde a todos los movimientos de ciclistas al mismo tiempo
5	Aceptar subconflictos vehículos motorizados/bicicletas
6	Establecer un tiempo de espera favorable a ciclistas
7	Aumentar los sentidos de bicicletas con prioridad junto al transporte público
8	Aumentar los sentidos de bicicletas con prioridad junto con otros sentidos
9	Establecer secuencias de fases favorables a los ciclistas que viran a la izquierda
10	Establecer una ola verde para el tránsito de bicicletas
11	Mantener conflictos entre vehículos de menor velocidad fuera del control
12	Implementar viraje a la derecha en luz roja
13	Introducir detección larga distancia/pre-petición para tránsito de bicicletas
14	Crear un punto de espera para bicicletas (bicibox)

**Fuente:** Manual de Carreteras del Paraguay-Normas para señalización y Seguridad Vial

**6.1.2 En el caso de infraestructura proyectada (zonas no consolidadas)** se tomará en consideración como primera fase la ejecución de ciertas medidas de acompañamiento, asignación de recursos financieros y talento humano y la implementación de un marco jurídico, para garantizar la funcionalidad y efectividad del proyecto a implementar.

Con el fin de optimizar el proceso de construcción y sobre todo conseguir un considerable ahorro económico en la inversión inicial de cualquier tipología de ciclovía, se propone el siguiente esquema de práctico de decisión.

**Figura6. 1 Esquema básico para la construcción de ciclovías en ampliaciones de ciudades medias del Ecuador.**



Fuente: Metodología para la habilitación de una Red de Ciclovías

Bajo este contexto se efectuarán las siguientes actividades específicas pertinentes previas a la construcción de la ruta ciclista.

- 1. Las medidas de acompañamiento:** se direccionará en los tres ejes primordiales para proporcionar la suficiente seguridad y comodidad en el uso de la bicicleta, las mismas que son:
  - Infraestructura: creación y/o adecuación de carriles exclusivos y espacios de estacionamiento
  - Pacificación del tráfico: generar zonas 30 o zonas de prioridad invertida ante el automotor (ciclista y peatón).
  - Marco jurídico: preferentemente local (ordenanzas de circulación en las rutas ciclistas)
  
- 2. Contar con los suficientes recursos financieros:** y humanos relacionados con la tipología de ciclovía elegida para cada zona (90 000 USD/Km en carril-bici 120 000 USD/Km en pista-bici), la cantidad y perfil de usuarios potenciales y los objetivos generales que se persigue.
  
- 3. Y sobre todo hace falta disponer de un marco político:** favorable con implicación y compromiso de todos los actores, que tenga especialmente en cuenta la participación de los ciudadanos.

Una vez ejecutadas las actividades de acompañamiento, se confirma o se rectifica el trazado preliminar y se proponen los ejes definitivos de construcción y se continúa con la determinación de las especificaciones técnicas según la tipología seleccionada en los pasos anteriores.

## 6.2 Especificaciones Técnicas para la Construcción.

Una vez que se hayan cumplido el esquema de construcción en lo referente al cumplimiento de requerimientos (diagnóstico), selección de ejes preliminares y definitivos, así como el diseño físico y operativo de la ruta ciclista se procede a la construcción misma con las siguientes especificaciones:

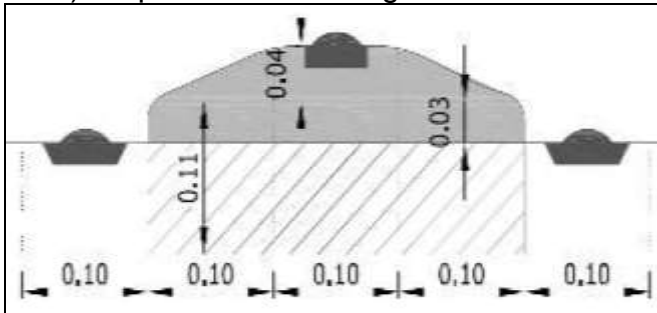
**Tabla 6. 4 Especificaciones técnicas generales para la construcción de una ciclo vía**

ESPECIFICACION	VALOR O RANGO PERMITIDO
Ancho de carril (un sentido)	1,50 m.
Ancho de carriles (doble sentido)	2,40 m.
Número mínimo de carriles	1 por sentido
Velocidad de operación	Máximo 30 km/h
Distancia de visibilidad de parada	20 m.
Gálibo vertical mínimo	2,50 m.
Pendiente recomendable	3 - 5%
Pendiente en tramos > 300 m	5%
Pendiente en rampas (pasos elevados)	15% máximo
Radios de giro según velocidad de operación	15 km/h = 5 m.; 25 km/h = 10 m.; 30 km/h = 20 m
Radio mínimo de esquinas	3 m.
Separación con vehículos	Mínimo 0,50 m.; recomendable 0,80 m.
Aceras Mínimo	1,50 m.
Tráfico promedio diario anual (TPDA)	1.000 – 3.000 vehículos
Capa de rodadura (pavimento)	Asfalto, hormigón, adoquín ( no empedrado ni lastre)

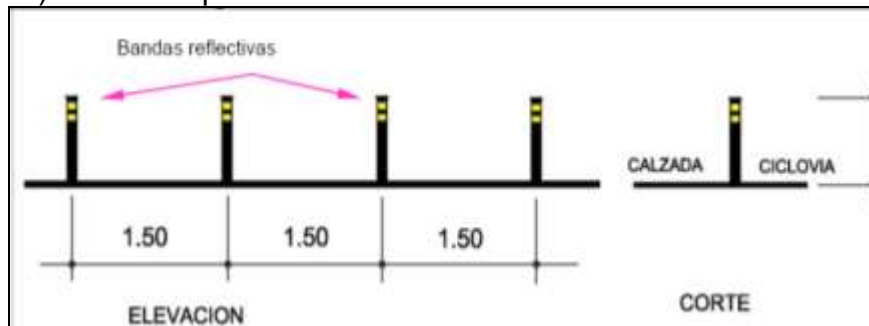
**Fuente:** El autor

En cuanto a ciertos elementos físicos como separadores o elementos de protección, de señalización vertical y horizontal y otros, se consideran las siguientes especificaciones técnicas:

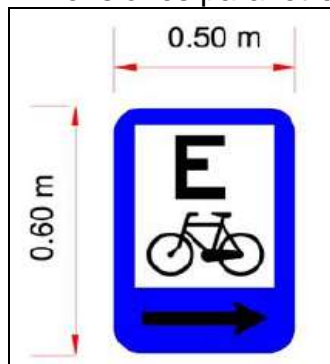
a) Separador de hormigón o de hule



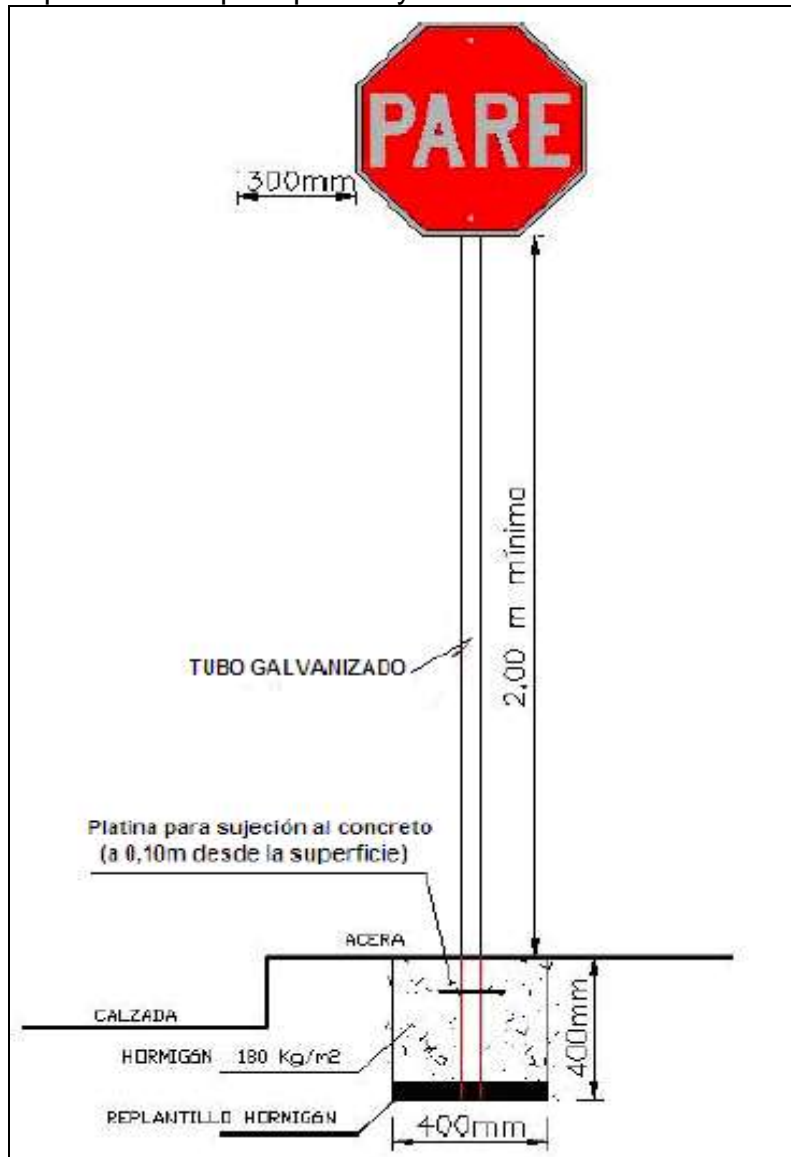
b) Poste de protección



c) Dimensiones para letreros de señalización

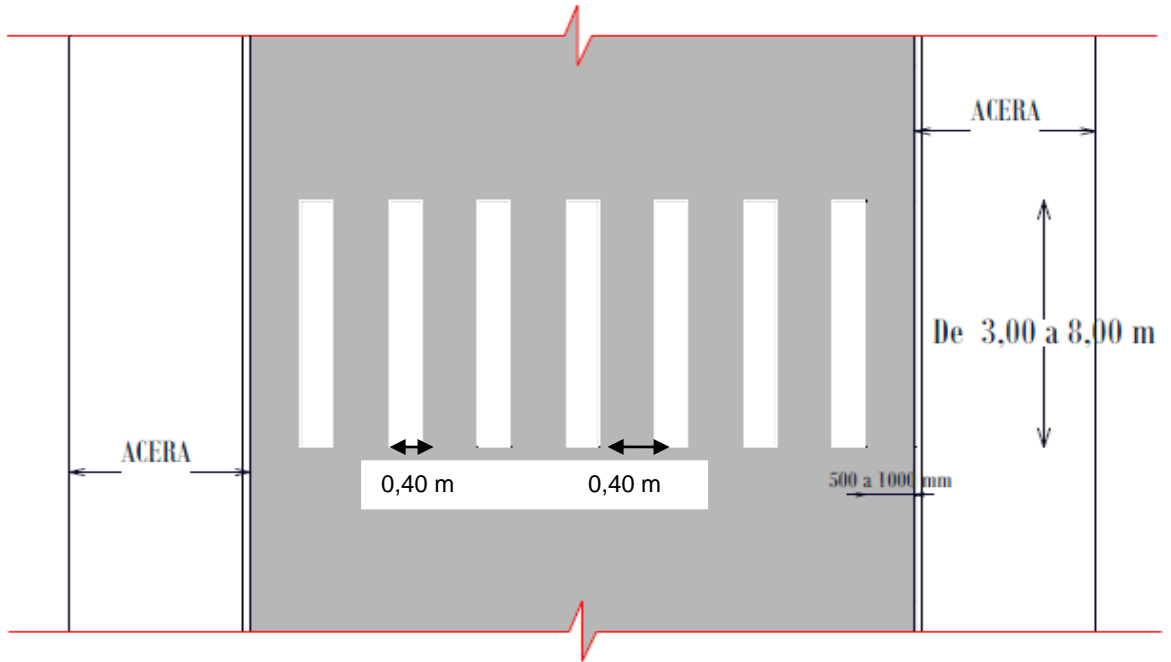


d) Especificación para postes y rótulo vertical

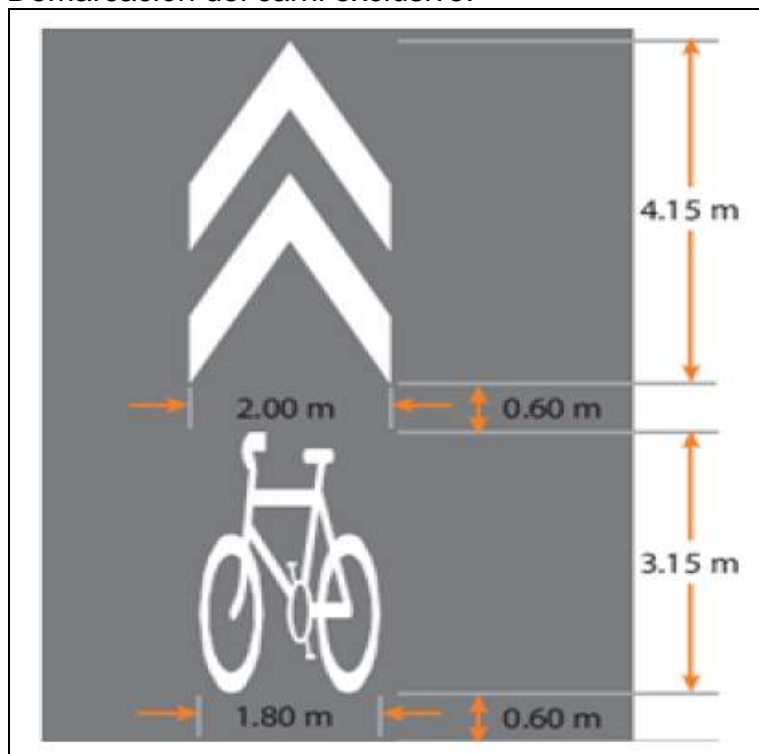


e) Dimensiones para paso peatonal.

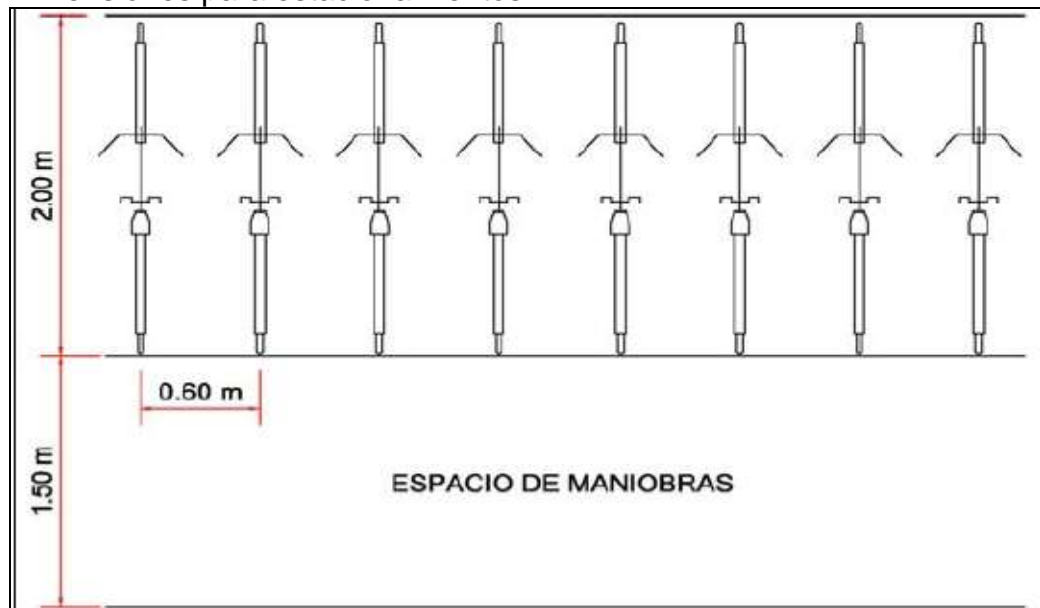
Ancho de línea	0,40 m
Separación entre líneas	0,40 m
Longitud de línea	3,00 a 8,00 m



f) Demarcación del carril exclusivo.

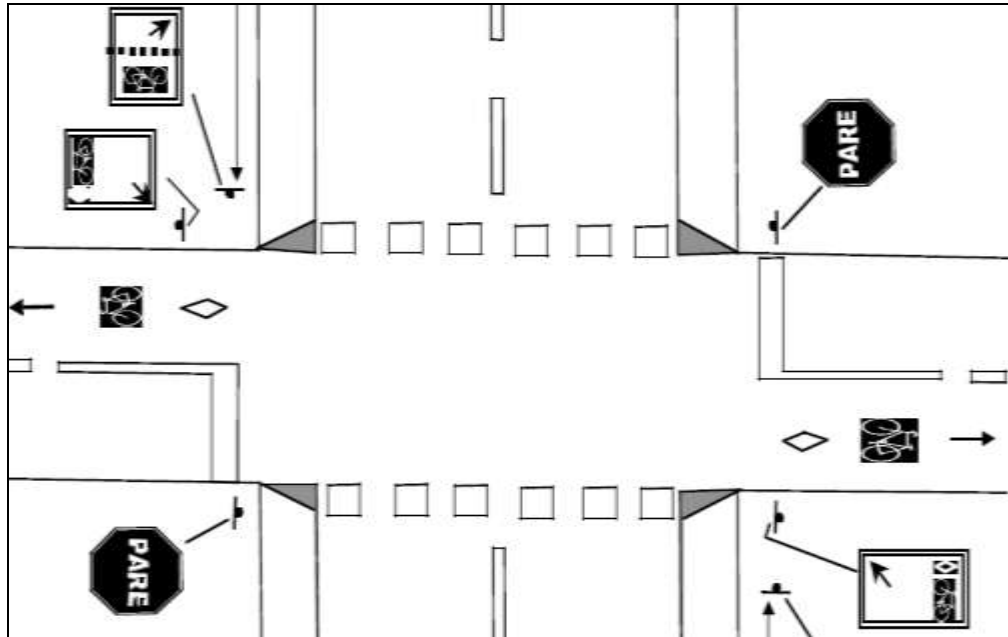


g) Dimensiones para estacionamientos



h) Especificaciones en intersecciones

DISTANCIA DE UBICACIÓN DE LA SEÑAL	
V(Km/h)	D (m)
30	25
50	50
60	75
70	100
80	150
90	200
V: LIMITE DE VELOCIDAD	
D: DISTANCIA DE LA INTERSECCION	



Además de éstas especificaciones generales para los tres tipos de ciclovías se tomará en cuenta las siguientes especificaciones según el caso pertinente.

1. El carril de la ciclovía se diferenciará de la calzada, sea mediante cambio de material, textura y color o a través del uso de "topellantas" longitudinal.
2. En los puntos en que se interrumpa la ciclovía para dar paso al tráfico automotor, se deberá prever un paso cebra para el cruce peatonal, conformada por un cambio en la textura y color del piso; estos puntos estarán debidamente señalizados.

3. La iluminación será similar a la utilizada en cualquier vía peatonal o vehicular. En el caso en que se contemple un sendero peatonal, éste se separará de la ciclovía.
4. En el caso de que la ciclovía sea parte de un sistema integrado. Estará provisto de parqueaderos para bicicletas, los cuales se diseñarán y localizarán como parte de los terminales y estaciones de transferencia de transporte público de la ciudad.
5. Si la ciclovía se ubica entre la vereda y los estacionamientos para transporte motorizado (perpendicular a la vía), debe estar delimitada y protegida de los riesgos que pueden producirle los vehículos motorizados estacionados. Así mismo, la vereda debe estar delimitada y protegida de los riesgos que pueden producir los ciclistas a los peatones.
6. Esta delimitación y protección se debe dar mediante espacios de aislamiento o elementos de segregación que estén sustentados técnicamente por el profesional responsable.
7. Si la ciclovía se ubica entre los estacionamientos para transporte motorizado (Perpendiculares a la vía) y una zona peligrosa (abismo,

talud, masa de agua, etc.) debe estar delimitada y protegida de los riesgos que pueden producir los vehículos motorizados estacionados así como las caídas, desprendimiento de rocas, etc. Esta delimitación y protección se debe dar mediante espacios de aislamiento o elementos de segregación que estén sustentados técnicamente por el profesional responsable.

8. Si la ciclovía se ubica entre la pista y una zona peligrosa (abismo, talud, masa de agua, etc.) debe estar delimitada y protegida de los riesgos que pueden producir los vehículos motorizados en movimiento así como las caídas, desprendimiento de rocas, etc.
9. Las características técnicas de los espacios de aislamiento, elementos de segregación y otros (tipo de material, color, peralte, espaciamiento entre ellos, etc.) deben ser definidas por el profesional responsable del diseño a través de su estudio técnico.
10. En caso de que los estacionamientos estén dispuestos en paralelo, las ciclovías deben separarse de estos mediante un espacio de aislamiento o elementos de segregación (por ejemplo: berma, jardín, etc.) de un ancho mínimo de 0,80 m.

11. El radio de giro de una ciclovía estará definido por el estudio técnico del profesional responsable del diseño y nunca podrá ser menor a 3,00 metros.

12. El mantenimiento de las ciclovías se lo realizará según la siguiente tabla.

Actividades de mantenimiento	Frecuencia
Inspecciones	Temporales – al principio y al final de la temporada de lluvias.
Barrer y limpiar el pavimento	Conforme se necesite, sobre todo durante el otoño.
Reparación del pavimento, tapar baches.	Cada 5-15 años.
Inspección de alcantarillado y drenaje.	Temporales – al principio y al final de la temporada de lluvias.
Reemplazo de señalización horizontal.	Cada 1-3 años.
Reemplazo de las señales	Cada 1-3 años.
Poda de vegetación (hierbas, árboles, zarzas)	Dos veces por año, a la mitad de la temporada de crecimiento y al principio del otoño.
Plantación y poda de árboles y arbustos.	Cada 1-3 años
Respuesta a daños mayores (deslaves, árboles caídos, inundaciones)	Tan pronto como sea necesario.

**Fuente:** Alta Plannig 2010

Finalmente aquellas especificaciones que no están contempladas en este capítulo y que son necesarias para la funcionalidad adecuada de la ciclovia, se podrán extraer del Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE - INEN 004 – 2: 2011, una vez que en el mencionado documento ya están disponibles para aplicación inmediata de las mismas.

## Capítulo VII:

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez terminada la presente tesis y en base a los resultados obtenidos durante la investigación se han logrado establecer las siguientes conclusiones y recomendaciones.

#### 6.1 Conclusiones.

a) Se propone la presente Guía Técnica para el Diseño y Construcción de ciclovías para ampliaciones futuras de las ciudades medias del Ecuador, como una herramienta práctica que permitan la funcionalidad y operabilidad de estas infraestructuras.

b) Los parámetros de diseño más importantes que se deben considerar para la implantación de una ciclo vía son fundamentalmente los siguientes: El ancho de la ciclo vía, la velocidad de diseño, el tratamiento de las intersecciones, la legibilidad y ubicación de las señales y los espacios de estacionamiento de modo que garanticen la seguridad tanto de usuarios internos como externos de las mismas.

c) La presente guía se ha desarrollado técnicamente, bajo lineamientos internacionales de ciudades que han tenido éxito en la implementación de estas ciclovías como alternativas de transporte sostenible, pero se ha considerado varias características y especificidades de las ciudades medias de nuestro país.

d) Una ciclo vía urbana es una alternativa de transporte no motorizado muy eficaz para distancias de recorrido menores o iguales a los cinco kilómetros, ya que la velocidad promedio de circulación es de 15 km/h, mientras que dicha velocidad para vehículos motorizados en zonas urbanas y especialmente en horas pico puede llegar a ser menos de 10 km/h como se ha demostrado en la presente investigación.

## **6.2 Recomendaciones**

a) La recomendación principal que se emite luego de finalizar esta investigación es que se tome esta guía como instrumento de aplicación inmediata ya que se ha desarrollado en concordancia con la realidad de las ciudades medias en crecimiento del Ecuador.

b) Se implementen infraestructuras de este tipo con el fin de promover a la bicicleta como otro vehículo de transporte urbano pero que brinda mayor satisfacción en la movilidad y además es ecológicamente confiable.

c) Finalmente se recomienda que se difunda esta guía a las entidades municipales y gubernamentales en general, con el propósito de que sirva como ayuda a quienes están encargados de la planificación y desarrollo urbano y sus ampliaciones de cada ciudad.

## BIBLIOGRAFIA

1. **Ciudades de América Latina pedalean por un mundo sin autos**  
disponible en: <http://ciclovidaonline.com/?p=1493>
2. **Plan Nacional de Ciclovías** disponible en  
[http://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/08/31-08-2012\\_Especial\\_Ciclovias.pdf](http://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/08/31-08-2012_Especial_Ciclovias.pdf)
3. **Noticia Criterios Tecnicos para el diseño de ciclo vías**, disponible en  
<http://www.elheraldo.com.ec/index.php?fecha=2013-04-07&seccion=Ciudad&noticia=25255>
4. **Plan Maestro de ciclorutas. Manual de diseño de ciclorutas 2002**,  
ALCALDÍA MAYOR DE SANTA FE DE BOGOTÁ D.C.;
5. **Manual integral de movilidad ciclista para ciudades mexicanas –**  
Parte III: Red de movilidad en bicicleta. México 2010
6. **Manual Integral de Movilidad Ciclista para ciudades medias de México**, parte IV, Infraestructura, pp. 70
7. **Manual de Carreteras del Paraguay-Normas para señalización y Seguridad Vial,-Tomo 5-Volumen II**
8. **Manual integral de Movilidad Ciclista para Ciudades Medias de México**, México 2011

9. **California's Great Cycle-Way** disponible el 2012-06-19 en [www.fhwa.dot.gov](http://www.fhwa.dot.gov)
10. **CROW Design manual for bicycle traffic - Texto: español - Descarga PDF [Manual de Diseño para el Tráfico de Bicicletas - 2011, REC27](#)** (2007)
11. **Plan Director de Movilidad de Vitoria Gasteiz. 2010 – 2015**, Ayuntamiento de Vitoria Gasteiz.
12. **La Cicloruta, 'un estilo de vida' en Bogotá** - [www.movilidadbogota.gov](http://www.movilidadbogota.gov)
13. Instituto de Desarrollo Urbano, **Manual de diseño de Ciclorutas-Plan Maestro de Ciclorutas de Bogotá**, Bogotá 2010
14. **Plan Maestro de Ciclovías de Lima y Callao – Manual de Dispositivos de Control de Tránsito Automotor para Calles y Carreteras**, Lima 2000.
15. **Estacionamientos para bicicletas - Guía de elección, integración y reducción de emisiones**, ITDP Institute for Transportation & Development Policy, Mexico 2009.
16. **Manual de Diseño Urbano para el Transporte Activo**, Capítulo 4 Estacionamientos para bicicletas, Chile, abril 2009.

17. **Modelos de Generación de viajes a pie y en bicicleta en ciudades argentinas**, Alicia Riera, Universidad Nacional de Córdoba – Argentina 2009.
18. **Ciclo paseo de Ecuador** - [www.hoy.com.ec](http://www.hoy.com.ec)
19. **Hacia una movilidad sustentable en Quito**, CAF – Ciclo-polis, Reverdeciendo las políticas Públicas, Primera edición Quito 2010.
20. **Manual para Implementar y Promocionar la Ciclovía Recreativa**, ITDP - Institute for Transportation & Development Policy, .México 2009.
21. **Proyecto Normativo Diseño y Construcción de Ciclovías**, Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, Perú 2011.
22. Reglamento Técnico Ecuatoriano **RTE INEN 004 “Señalización Vial. Parte 2- 6 CICLOVIAS”**