



# INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**Proyecto Previo a la Obtención del Título de Ingeniero en  
Mecánica Automotriz**

**Autor:** Jhonny Javier Gaibor Gutierrez

**Tutor:** Ing. Fernando Gómez Berrezueta

**Propuesta de una Alternativa de Infraestructura Ciclo-  
Inclusiva para el Uso de E-Bike en Transporte de Última Milla en  
el Norte de Guayaquil**



### **Certificado de Autoría**

Yo, Gaibor Gutierrez Jhonny Javier, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada. Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

---

Gaibor Gutierrez Jhonny Javier

C.I.: 2100811310

### **Aprobación del Tutor**

Yo, Fernando Gómez Berrezueta certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

---

Ing. Fernando Gómez Berrezueta, M.Sc.

Director de Proyecto

### **Dedicatoria**

Quiero dedicar esta tesis a todas las personas que han sido una fuente inagotable de apoyo, inspiración y aliento durante mi camino académico.

En primer lugar, deseo dedicar este trabajo a mi familia, quienes siempre han estado a mi lado, brindándome su amor incondicional, comprensión y motivación. Agradezco profundamente el sacrificio que han hecho para que pudiera perseguir mis sueños y alcanzar este logro. Su constante apoyo ha sido fundamental en cada etapa de mi vida y estoy eternamente agradecido.

*Javier Gaibor*

## **Agradecimiento**

Me complace dirigirme a ustedes en este momento tan significativo para expresar mi más sincero agradecimiento por el apoyo, la guía y la contribución invaluable que me brindaron durante el proceso de elaboración de esta tesis.

En primer lugar, quisiera expresar mi gratitud a mi asesor académico, Fernando Gómez Berrezueta, por su orientación experta, paciencia y dedicación en cada etapa de este proyecto. Su compromiso y conocimientos fueron fundamentales para el éxito de mi investigación. Aprecio enormemente su tiempo y esfuerzo invertidos en brindarme comentarios constructivos y alentadores que me permitieron crecer académicamente.

También quiero agradecer a mi familia y amigos por su apoyo incondicional durante todo este tiempo. Sus palabras de aliento, comprensión y ánimo fueron una fuente constante de motivación para mí. No puedo expresar lo agradecido que estoy por tenerlos a mi lado en cada paso del camino.

***Javier Gaïbor***

## Índice General

Certificado de Autoría.....	iii
Aprobación del Tutor.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice General.....	vii
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tablas.....	xiii
Resumen.....	xiv
Abstract.....	xvi
Capítulo I.....	1
Antecedentes.....	1
1.1 Tema de Investigación.....	1
1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema.....	1
1.2.1 Planteamiento del Problema.....	1
1.2.2 Formulación del Problema.....	5
1.2.3 Sistematización del Problema.....	5
1.3 Objetivos de la Investigación.....	5
1.3.1 Objetivo General.....	5
1.3.2 Objetivos Específicos.....	5
1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación.....	6
1.4.1 Justificación Teórica.....	6
1.4.2 Justificación Metodológica.....	7
1.4.3 Justificación Práctica.....	9
1.4.4 Delimitación Temporal.....	10
1.4.5 Delimitación Geográfica.....	10

1.4.6	<i>Delimitación del Contenido</i> .....	10
Capítulo II .....		13
Marco Referencial .....		13
2.1	Marco Teórico .....	13
2.1.1	<i>Conceptos Preliminares</i> .....	14
2.1.2	<i>Impactos de la Micromovilidad en el Desplazamiento de Automóviles</i> .....	15
2.1.3	<i>Micromovilidad: la Revolución del Transporte</i> .....	16
2.1.4	<i>La Logística de Última Milla en las Ciudades</i> .....	16
2.1.5	<i>Bicicletas Eléctricas y Congestión del Tráfico</i> .....	18
2.1.6	<i>Alternativa de Infraestructura Ciclo-Inclusiva para el Uso de E-Bike</i> .....	20
2.2	Marco Conceptual .....	21
2.2.2	<i>Transporte no Motorizado</i> .....	21
2.2.3	<i>Vehículos Eléctricos Ligeros (LEV)</i> .....	22
2.2.4	<i>Plan de Movilidad Urbana</i> .....	23
2.2.5	<i>Entrega de Última Milla</i> .....	23
2.2.6	<i>E-Bikes</i> .....	24
2.2.7	<i>Infraestructura Inclusiva para Bicicletas</i> .....	25
2.2.8	<i>Ciclovías</i> .....	26
2.2.9	<i>Beneficios del Uso de las Bicicletas</i> .....	27
2.2.10	<i>Bicicletas Eléctricas Reducen la Congestión</i> .....	28
2.2.11	<i>Panorama Mundial de la Producción y el Stock de Bicicletas</i> .....	28
2.2.12	<i>Movilidad Sostenible</i> .....	29
Capítulo III .....		30
Eficiencia Energética de una E-bike en Función de la Ruta Seleccionada .....		30
3.1	Ciclo-infraestructura y Micromovilidad .....	31
3.2	Normativa sobre Vialidad Ciclo-Inclusiva .....	34

3.2	Vialidad Ciclo-Inclusiva: Recomendaciones para Integrar la Bicicleta .....	35
3.3	E-bike en la Micromovilidad y el Transporte Eléctrico de Última Milla .....	37
3.4	Eficiencia Energética de una E-bike .....	41
3.5	Metodología Aplicada.....	43
3.5.1	<i>Métodos</i> .....	43
3.5.2	<i>Tipo de Estudio</i> .....	43
3.5.3	<i>Investigación Exploratoria</i> .....	43
3.5.4	<i>Investigación de Campo</i> .....	43
3.5.5	<i>Investigación Aplicada</i> .....	44
3.6	Descripción del Proceso según la Pirámide de Modos .....	44
3.6.1	<i>Lugar de las Pruebas</i> .....	45
3.6.1	<i>Bicicleta Utilizada</i> .....	46
3.6.2	<i>Dispositivo de Medición Utilizado</i> .....	48
3.6.3	<i>Especificaciones del Dispositivo</i> .....	49
3.6.4	<i>Escogimiento de Ruta</i> .....	51
3.6.5	<i>Obtención de los Datos</i> .....	54
	Capítulo IV.....	57
	Propuesta una Alternativa de Infraestructura Ciclo-Inclusiva para Transporte de Última Milla .....	57
4.1	Descripción .....	57
4.1.1	<i>Clasificación del Tipo de Vehículos (No Motorizados) que Deberían Circular por la Ciclo-Infraestructura</i> .....	58
4.1.2	<i>Velocidades de Vehículos de Micromovilidad</i> .....	60
4.1.3	<i>La Ciclo-Infraestructura</i> .....	61
4.1.4	<i>Preparación del Vehículo para las Pruebas</i> .....	62
4.1.5	<i>Barreras de Infraestructuras</i> .....	64

4.1.6	<i>Intermodalidad: Transporte Público Integrado</i> .....	65
4.2	Ciclovías .....	68
4.2.1	<i>Lineamientos de Diseño de Ciclovías</i> .....	69
4.2.2	<i>Directrices para la Instalación</i> .....	71
4.3	Impacto en la Seguridad Vial .....	72
	Conclusiones .....	78
	Recomendaciones .....	80
	Bibliografía .....	81

## Índice de Figuras

Figura 1 Micromovilidad .....	2
Figura 2 <i>Beneficios del Uso de la Bicicleta Eléctrica</i> .....	4
Figura 3 <i>Ejemplo de Última Milla</i> .....	17
Figura 4 Aumento de Micromovilidad Local .....	19
Figura 5 <i>Micromovilidad</i> .....	21
Figura 6 <i>Nuevos Modos y Vehículos en los Sistemas de Transporte Público</i> .....	23
Figura 7 <i>Tipos de Bicicletas Eléctricas</i> .....	25
Figura 8 <i>Ciclovías</i> .....	27
Figura 9 <i>Resumen Histórico de la Producción y Existencias Mundiales de Automóviles y Bicicletas desde 1962 hasta 2015</i> .....	29
Figura 10 <i>Políticas Ciclo-Inclusivas</i> .....	34
Figura 11 <i>Vialidad Ciclo-Inclusiva</i> .....	36
Figura 12 <i>Principios de Diseño Urbano Seguro</i> .....	39
Figura 13 <i>Señal de Tráfico para Ciclistas</i> .....	40
Figura 14 <i>Eficiencia Energética de la Bicicleta</i> .....	42
Figura 15 <i>Pirámide de Modos</i> .....	45
Figura 16 <i>Lugar de las Pruebas</i> .....	46
Figura 17 <i>Bicicleta de Pruebas</i> .....	47
Figura 18 <i>Dispositivo GPS ROX 11.1 EVO SIGMA</i> .....	49
Figura 19 <i>Aplicación Koomot</i> .....	51
Figura 20 <i>Ruta Seleccionada - Ida</i> .....	52
Figura 21 <i>Ruta Seleccionada - Retorno</i> .....	53
Figura 22 <i>Aplicación Koomot</i> .....	54
Figura 23 <i>Registro de Datos</i> .....	55
Figura 24 <i>Comparación de Modos de Transporte Urbano</i> .....	57

Figura 25 <i>Dimensiones Básicas de la Persona en Bicicleta</i> .....	59
Figura 26 <i>Esquema de Opciones para Secciones Viales en Zonas Urbanas</i> .....	60
Figura 27 <i>Estrategias Generales de Movilidad Sostenible</i> .....	64
Figura 28 <i>Condicionantes para el Desarrollo de la Movilidad Activa y la Micromovilidad</i> .....	65
Figura 29 <i>Etapas de Viaje e Integración de Bicicletas</i> .....	67
Figura 30 <i>Tipología de Ciclo-Infraestructura</i> .....	68
Figura 31 <i>Lineamientos de Diseño de Ciclovías</i> .....	71
Figura 32 <i>Implementación de una Ciclovía</i> .....	72
Figura 33 <i>Aspectos de la Implementación de una Ciclovía</i> .....	75
Figura 34 <i>Ciclovía Unidireccional</i> .....	76
Figura 35 <i>Ciclovía Bidireccional</i> .....	76

**Índice de Tablas**

Tabla 1 <i>Datos de la Bicicleta Eléctrica</i> .....	48
Tabla 2 <i>Características del Dispositivo</i> .....	50
Tabla 3 <i>Resultados Obtenidos Ruta de Ida - Usando la Bicicleta Eléctrica</i> .....	56
Tabla 4 <i>Resultados Obtenidos Ruta de Regreso - Usando la Bicicleta Eléctrica</i> .....	56

## Resumen

La propuesta de una alternativa de infraestructura ciclo-inclusiva para el uso de E-Bike en transporte de última milla busca abordar la necesidad de mejorar la movilidad urbana sostenible y facilitar la adopción de bicicletas eléctricas como medio de transporte en distancias cortas. El proyecto se enfoca en el concepto de "última milla", que se refiere al trayecto final que una persona realiza para llegar a su destino, generalmente después de utilizar un medio de transporte principal, como el metro o el autobús. La idea es promover el uso de E-Bikes (bicicletas eléctricas) como una opción eficiente, económica y respetuosa con el medio ambiente para cubrir esta última milla. La propuesta implica la creación de una infraestructura adecuada para el uso de E-Bikes, que incluye la construcción de carriles bici segregados y protegidos del tráfico de vehículos motorizados, estaciones de carga para las bicicletas eléctricas, áreas de aparcamiento seguras y comodidades para los ciclistas, como vestuarios y duchas en los destinos más frecuentes. Además, se propone implementar un sistema de alquiler de E-Bikes en puntos estratégicos de la ciudad, que permita a los usuarios acceder fácilmente a una bicicleta eléctrica cuando la necesiten para su último tramo de viaje. Este sistema podría funcionar mediante una aplicación móvil que permita reservar y desbloquear las bicicletas de manera conveniente. El proyecto también contempla la sensibilización y educación de la población sobre los beneficios de las E-Bikes y la promoción de su uso seguro. Se podrían llevar a cabo campañas de concienciación y programas de capacitación para fomentar una convivencia armoniosa entre ciclistas, peatones y conductores de vehículos motorizados. En resumen, la propuesta de infraestructura ciclo-inclusiva para el uso de E-Bike en transporte de última milla busca facilitar y promover el uso de bicicletas eléctricas como una opción de movilidad sostenible en trayectos cortos. A través de la creación de una infraestructura adecuada, sistemas de alquiler y programas de educación, se espera mejorar la eficiencia y la

calidad del transporte urbano, reducir la congestión y las emisiones de carbono, y contribuir a un entorno urbano más saludable y sostenible.

***Palabras Clave:*** Ultima milla, E-Bike, Infraestructura inclusiva, Tráfico.

## **Abstract**

The proposal for a cycle-inclusive infrastructure alternative for the use of E-Bike in last mile transportation seeks to address the need to improve sustainable urban mobility and facilitate the adoption of electric bicycles as a means of transportation over short distances. The project focuses on the concept of the "last mile," which refers to the final journey a person takes to reach their destination, generally after using a primary mode of transportation, such as the subway or bus. The idea is to promote the use of E-Bikes (electric bicycles) as an efficient, economical and environmentally friendly option to cover this last mile. The proposal involves the creation of adequate infrastructure for the use of E-Bikes, which includes the construction of bicycle lanes segregated and protected from motor vehicle traffic, charging stations for electric bicycles, secure parking areas and amenities for users. cyclists. , such as changing rooms and showers in the most frequent destinations. In addition, it is proposed to implement an E-Bike rental system at strategic points in the city, allowing users to easily access an electric bicycle when they need it for their last leg of their trip. This system could work through a mobile application that allows convenient booking and unlocking of bikes. The project also includes raising awareness and educating the population about the benefits of E-Bikes and promoting their safe use. Awareness campaigns and training programs could be carried out to encourage harmonious coexistence between cyclists, pedestrians and drivers of motor vehicles. In summary, the proposal for cyclo-inclusive infrastructure for the use of E-Bike in last mile transportation seeks to facilitate and promote the use of electric bicycles as a sustainable mobility option on short journeys. Through the creation of adequate infrastructure, rental systems and education programs, it is hoped to improve the efficiency and quality of urban transport, reduce congestion and carbon emissions, and contribute to a healthier and more sustainable urban environment.

**Keywords:** Last mile, E-Bike, Inclusive infrastructure, Traffic.

## **Capítulo I**

### **Antecedentes**

#### **1.1 Tema de Investigación**

Propuesta de una alternativa de infraestructura ciclo-inclusiva para el uso de E-bike en transporte de última milla en el norte de Guayaquil.

#### **1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema**

Las tendencias en micromovilidad eléctrica, así como el transporte de última milla, sufrieron un auge considerable en 2020. Su importancia, se reafirmó durante los periodos de restricciones a causa de la COVID-19. El uso de esta tecnología se dinamizó y se incrementó en momentos en los que las ciudades latinoamericanas necesitaban una opción de movilidad diferente al transporte masivo.

##### ***1.2.1 Planteamiento del Problema***

En los últimos tiempos se ha asistido al nacimiento de nuevos conceptos referidos a la movilidad, como el de movilidad eléctrica urbana y sostenible, que hacen referencia a la movilidad mediante cualquier tipo de vehículo eléctrico. Pero, coches eléctricos aparte, lo que realmente está impulsando el desarrollo de este tipo de desplazamiento son los llamados vehículos de movilidad personal. Y esto es la micromovilidad.

Este nuevo término de micromovilidad eléctrica nace como consecuencia de la gran revolución que han experimentado las ciudades en materia de transporte, debido a los profundos cambios demográficos y al crecimiento de la población. Un estudio de Seat arroja un dato significativo: en 2030, el número de ciudades con más de diez millones de habitantes aumentará en 12, hasta alcanzar las 43 (Tuviaje.es, 2022).

Desde que se lanzó el primer sistema moderno de bicicletas compartidas de América del Norte en Montreal en 2009, la micromovilidad compartida ha dado paso a una revolución

en el transporte, proporcionando formas más seguras, económicas y accesibles para que las personas se desplacen (Nacto.org, 2023).

Según la ONU, América Latina es la región más urbanizada del mundo. Se espera que el 90 por ciento de la población regional viva en ciudades para 2050. Aún hoy, hay 55 ciudades con más de un millón de habitantes. Sin embargo, a pesar del aumento de la demanda en la vida de la ciudad, la entrega de bienes y servicios sigue siendo muy insatisfactoria. De las 15 ciudades con peor congestión vehicular, cuatro son latinoamericanas, Bogotá, Lima, Ciudad de México y Recife (Contxto.com, 2022).

La creación de mercado de micromovilidad representa un aspecto poco estudiado pero importante de las transiciones de sostenibilidad del transporte urbano (Figura 1). El despliegue de la micromovilidad combina varios elementos críticos: descarbonización, digitalización e intervenciones en el espacio público (Sareen, 2021).

### **Figura 1**

#### *Micromovilidad*



Tomado de: [https://www.institutocoordenadas.com/es/analisis/micromovilidad-elemento-esencial-planificacion-urbana\\_20081\\_102.html](https://www.institutocoordenadas.com/es/analisis/micromovilidad-elemento-esencial-planificacion-urbana_20081_102.html)

En la actualidad, el transporte de última milla es un desafío importante en las ciudades, especialmente en áreas urbanas densamente pobladas. El aumento del comercio electrónico y la creciente demanda de entrega de bienes y servicios ha generado un incremento significativo en el número de vehículos utilizados para este propósito, lo que ha llevado a problemas relacionados con la congestión del tráfico, la contaminación y la ineficiencia en la distribución de productos.

Para abordar estos desafíos, se propone el uso de bicicletas eléctricas (E-Bike) como una alternativa de transporte sostenible y eficiente en la última milla. Las E-Bikes tienen varias ventajas, como la reducción de emisiones de carbono, la capacidad de evitar el tráfico y la posibilidad de acceder a áreas peatonales y calles estrechas.

Sin embargo, a pesar de los beneficios potenciales de las E-Bikes, existen limitaciones en la infraestructura existente que dificultan su uso óptimo. Las vías para bicicletas tradicionales pueden no ser adecuadas para las E-Bikes, ya que pueden requerir carriles separados, estaciones de carga y estacionamiento seguro. Además, la falta de planificación y diseño de infraestructuras ciclo-inclusivas puede resultar en la falta de conectividad, inseguridad y conflictos con otros usuarios de la vía.

Por lo tanto, el planteamiento del problema de este proyecto es:

¿Cómo diseñar y desarrollar una alternativa de infraestructura ciclo-inclusiva que facilite el uso de E-Bikes en el transporte de última milla, considerando aspectos de seguridad, eficiencia y conectividad?

Este planteamiento del problema busca abordar las siguientes preguntas de investigación:

¿Cuáles son los requisitos de infraestructura necesarios para el uso óptimo de E-Bikes en el transporte de última milla?

¿Cuáles son los desafíos de seguridad asociados con la integración de E-Bikes en las vías urbanas existentes?

¿Cómo se pueden diseñar y planificar rutas ciclistas ciclo-inclusivas que conecten de manera eficiente los puntos de origen y destino en la última milla?

¿Cuál es el impacto potencial de una infraestructura ciclo-inclusiva en términos de reducción de emisiones, congestión y eficiencia en el transporte de última milla?

Al abordar estas preguntas de investigación, se espera que este proyecto proporcione una propuesta de infraestructura ciclo-inclusiva que facilite el uso de E-Bikes en el transporte de última milla, brindando beneficios tanto para los usuarios como para la comunidad en general (Figura 2).

## Figura 2

### *Beneficios del Uso de la Bicicleta Eléctrica*



Fuente: "A global high shift cycling scenario", (ITDP 2015)

Tomado de: <https://blogs.iadb.org/sostenibilidad/es/la-bicicleta-nos-puede-llevar-hacia-un-futuro-mas-sostenible-e-inclusivo-tras-la-pandemia/>

### **1.2.2 Formulación del Problema**

¿El Uso de la E-bike en la Micromovilidad y Transporte Eléctrico en el Norte de Guayaquil permitirá mejorar las opciones de movilidad de última milla?

### **1.2.3 Sistematización del Problema**

- ¿Cuáles son las modalidades de novedades micromovilidad y transporte eléctrico de última milla?
- ¿Cuáles son los modos de transporte relacionados con la micromovilidad y su influencia en el transporte?
- ¿Cuáles son las consideraciones técnicas para tomar en cuenta dentro de una alternativa de infraestructura ciclo-inclusiva para una ruta exclusiva de uso en transporte de última milla?

## **1.3 Objetivos de la Investigación**

### **1.3.1 Objetivo General**

- Proponer una alternativa de infraestructura ciclo-inclusiva para una ruta exclusiva de uso en transporte de última milla en el Norte de Guayaquil.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Revisar la literatura sobre artículos recientes resaltando el estado actual del conocimiento sobre los modos relacionados con la micromovilidad y su influencia en el transporte.
- Determinar la eficiencia energética de una E-bike en función de la ruta seleccionada, peso de carga y cumplimiento con la normativa ecuatoriana sobre uso de bicicletas eléctricas en la ciudad.
- Detallar el uso de la E-Bike en la micromovilidad y transporte eléctrico de última milla en el norte de Guayaquil siguiendo los procedimientos técnicos establecidos.

## **1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación**

Una vez que se definen los objetivos de la investigación se procede a responder la pregunta de por qué se planteó esas interrogantes. Se puede dar respuesta desde la perspectiva teórica, metodológica y práctica.

### **1.4.1 Justificación Teórica**

La fundamentación teórica del trabajo se basa en investigación de temas relacionados con normativa sobre uso de bicicletas eléctricas en la ciudad, experiencias de electromovilidad, aplicación de la E-Bike para transporte de última milla, factores de movilidad urbana ciclo-inclusiva. participación modal de la bicicleta como modo de transporte en movilidad obligada, entre otros.

La propuesta de una alternativa de infraestructura ciclo-inclusiva para el uso de E-Bikes en el transporte de última milla se basa en varias justificaciones teóricas que respaldan su implementación. A continuación, se presentan algunas de estas justificaciones:

**Sostenibilidad ambiental:** El uso de E-Bikes como medio de transporte de última milla es una alternativa sostenible desde el punto de vista ambiental. Al promover el uso de bicicletas eléctricas en lugar de vehículos motorizados convencionales, se reduce la emisión de gases de efecto invernadero y la contaminación del aire, contribuyendo así a la mejora de la calidad ambiental de las ciudades.

**Eficiencia en el transporte urbano:** Las E-Bikes ofrecen una solución eficiente para el transporte de última milla. Al combinar la asistencia eléctrica con el pedaleo humano, se pueden superar distancias más largas y pendientes pronunciadas de manera más rápida y cómoda que con una bicicleta convencional. Esto permite una mayor eficiencia en la entrega de mercancías y servicios, reduciendo los tiempos de entrega y los costos operativos.

**Promoción de la actividad física:** El uso de E-Bikes fomenta la actividad física entre los usuarios. Aunque la asistencia eléctrica facilita el pedaleo, todavía se requiere un esfuerzo

físico por parte del ciclista. Esto promueve un estilo de vida activo y saludable, lo cual es beneficioso tanto para la salud individual como para la salud pública en general.

**Accesibilidad y equidad:** La infraestructura ciclo-inclusiva propuesta busca garantizar la accesibilidad y equidad en el transporte de última milla. Al proporcionar vías seguras y adecuadas para el uso de E-Bikes, se brinda la oportunidad a diferentes segmentos de la población, como personas mayores, personas con discapacidad o personas con limitaciones físicas, de acceder a servicios y actividades en la ciudad de manera independiente y sin barreras.

**Reducción del congestionamiento vial:** La incorporación de E-Bikes en el transporte de última milla puede ayudar a reducir el congestionamiento vial en las ciudades. Al optar por el uso de bicicletas eléctricas en lugar de vehículos motorizados, se liberan espacios en las vías y se disminuye la presión sobre el sistema de transporte público y las infraestructuras viales existentes.

Estas justificaciones teóricas respaldan la necesidad de desarrollar una infraestructura ciclo-inclusiva específicamente diseñada para el uso de E-Bikes en el transporte de última milla. La implementación de esta propuesta puede tener impactos positivos en términos de sostenibilidad ambiental, eficiencia en el transporte, promoción de la actividad física, accesibilidad y equidad, así como la reducción del congestionamiento vial en las ciudades.

#### ***1.4.2 Justificación Metodológica***

La elaboración y aplicación de un proceso de para calcular la eficiencia energética de un modelo comercial de bicicleta eléctrica urbana, teniendo en cuenta todos los aspectos técnicos, mediante un proceso lógico y ordenado permitirá conocer en detalle la técnica de Propuesta de una Alternativa de Infraestructura Ciclo-inclusiva para el Uso de E-Bike en Transporte de Última Milla en el Norte de Guayaquil siguiendo los procedimientos técnicos establecidos, aplicando una metodología para estimar la autonomía de la bicicleta eléctrica. Adicionalmente se propone una alternativa de infraestructura ciclo-inclusiva para una ruta

exclusiva de uso en transporte de última milla en la ciudad. La propuesta de una alternativa de infraestructura ciclo-inclusiva para el uso de E-Bike en el transporte de última milla requiere de una justificación metodológica que respalde su implementación. A continuación, se presenta una posible justificación metodológica para dicho proyecto:

**Diagnóstico de la situación actual:** Se debe realizar un análisis exhaustivo de la situación actual del transporte de última milla en la zona objetivo. Esto implica evaluar las dificultades y limitaciones existentes en términos de movilidad, congestión, emisiones de carbono y accesibilidad.

**Investigación sobre las E-Bikes:** Es necesario llevar a cabo una investigación detallada sobre las E-Bikes y sus beneficios potenciales para el transporte de última milla. Se deben considerar aspectos como su eficiencia energética, autonomía, costos de operación, impacto ambiental y su adaptabilidad a las necesidades de los usuarios.

**Análisis de buenas prácticas internacionales:** Se debe realizar un estudio comparativo de casos exitosos de implementación de infraestructura ciclo-inclusiva para el uso de E-Bikes en el transporte de última milla en otras ciudades o regiones. Esto permitirá identificar las mejores prácticas y adaptarlas a la realidad local.

**Identificación de áreas clave y rutas estratégicas:** Con base en el diagnóstico inicial, se deben identificar las áreas clave y las rutas más adecuadas para implementar la infraestructura ciclo-inclusiva. Esto implica evaluar factores como la densidad poblacional, la demanda de transporte de última milla, las características geográficas y los puntos de interés relevantes.

**Diseño de la infraestructura:** Una vez identificadas las áreas y rutas estratégicas, se debe proceder al diseño detallado de la infraestructura ciclo-inclusiva. Esto incluye la planificación de ciclovías, estaciones de carga para las E-Bikes, señalización vial adecuada, estacionamientos seguros, entre otros elementos necesarios para garantizar la seguridad y comodidad de los usuarios.

Evaluación de impacto: Es fundamental realizar una evaluación de impacto de la propuesta de infraestructura ciclo-inclusiva. Esto implica medir los efectos esperados en términos de reducción de emisiones de carbono, disminución de la congestión vehicular, mejora de la calidad del aire, promoción de estilos de vida saludables, entre otros aspectos relevantes.

Participación y divulgación: Durante todo el proceso, es importante involucrar a los diferentes actores clave, como autoridades locales, organizaciones de la sociedad civil y ciudadanos. Además, es necesario divulgar los beneficios de la propuesta de infraestructura ciclo-inclusiva para generar conciencia y fomentar la adopción de las E-Bikes en el transporte de última milla.

En resumen, la justificación metodológica para la propuesta de una alternativa de infraestructura ciclo-inclusiva para el uso de E-Bike en el transporte de última milla se basa en un diagnóstico de la situación actual, una investigación sobre las E-Bikes, un análisis de buenas prácticas internacionales, la identificación de áreas clave y rutas estratégicas, el diseño de la infraestructura, la evaluación de impacto y la participación y divulgación para asegurar el éxito de la implementación.

### ***1.4.3 Justificación Práctica***

Mediante la elaboración de dicho proyecto se emplean y fortalecen varios conocimientos adquiridos sobre el uso de transporte alternativo. La investigación sobre las bicicletas eléctricas para transporte de última milla tiene una serie de justificaciones prácticas importantes. A continuación, se presentan algunas de las razones más relevantes:

- Reducción de la congestión del tráfico: Las bicicletas eléctricas pueden moverse más rápido que los vehículos en zonas urbanas congestionadas, lo que reduce el tráfico y los tiempos de viaje para los usuarios. Esto es especialmente importante para el transporte de última milla, donde los tiempos de entrega son críticos.

- Mejora de la calidad del aire: Al usar bicicletas eléctricas en lugar de vehículos a motor, se reduce la emisión de gases de escape, lo que contribuye a mejorar la calidad del aire en áreas urbanas y reducir la huella de carbono.
- Aumento de la eficiencia en la entrega: Las bicicletas eléctricas pueden llegar a lugares donde los vehículos no pueden, lo que aumenta la eficiencia en la entrega de paquetes y otros productos. Esto puede ser especialmente beneficioso en áreas urbanas densas donde el estacionamiento es limitado.

#### ***1.4.4 Delimitación Temporal***

El trabajo se efectúa desde el mes de abril de 2023 hasta octubre de 2023, lapso que permite realizar la investigación, así como elaborar y desarrollar el proyecto propuesto.

#### ***1.4.5 Delimitación Geográfica***

La delimitación geográfica para un proyecto de propuesta de una alternativa de infraestructura ciclo-inclusiva para el uso de E-Bikes en transporte de última milla depende del alcance y los objetivos específicos del proyecto.

El trabajo se desarrolla en la zona norte la ciudad de Guayaquil. La delimitación geográfica de una investigación sobre el uso de bicicletas eléctricas dependerá de los objetivos y alcances específicos de la investigación. Sin embargo, aquí se presenta algunas posibles opciones:

Ciudad: La investigación puede centrarse en una ciudad específica, analizando el uso de bicicletas eléctricas en ese lugar. Se pueden considerar factores como la infraestructura ciclista, la topografía, la cultura del ciclismo y la regulación local.

#### ***1.4.6 Delimitación del Contenido***

La delimitación de contenido para un proyecto de propuesta de una alternativa de infraestructura ciclo-inclusiva para el uso de E-Bikes en transporte de última milla incluye los siguientes elementos:

- **Introducción:** Descripción del problema y la importancia de abordar la última milla en el transporte urbano de manera eficiente y sostenible. Introducción de la E-Bike como una solución potencial y justificación de la necesidad de una infraestructura adecuada.
- **Objetivos:** Establecimiento de los objetivos específicos del proyecto, como mejorar la accesibilidad y seguridad de los ciclistas, fomentar el uso de E-Bikes como medio de transporte sostenible y reducir la congestión del tráfico en la última milla.
- **Revisión de literatura:** Examen de investigaciones previas, estudios de casos y buenas prácticas relacionadas con la infraestructura ciclo-inclusiva y el uso de E-Bikes en el transporte de última milla. Esto ayuda a respaldar las recomendaciones propuestas y a identificar posibles desafíos y soluciones.
- **Metodología:** Descripción de los métodos utilizados para llevar a cabo el proyecto, como la recopilación de datos, análisis de necesidades y evaluación de la viabilidad de la infraestructura propuesta. Esto puede incluir encuestas, entrevistas, análisis de datos de movilidad y estudios de factibilidad.
- **Análisis de necesidades:** Identificación de las necesidades y demandas de los usuarios de E-Bikes en la última milla, teniendo en cuenta factores como la seguridad vial, la comodidad, la conectividad con otros medios de transporte y la disponibilidad de estacionamientos seguros para bicicletas.
- **Diseño de infraestructura:** Desarrollo de propuestas y recomendaciones específicas para mejorar la infraestructura existente y crear nuevas instalaciones que sean ciclo-inclusivas y promuevan el uso de E-Bikes en la última milla. Esto puede incluir la creación de carriles para bicicletas, estaciones de carga, señalización adecuada y estacionamientos seguros para bicicletas.

- Aspectos técnicos y de implementación: Consideración de los aspectos técnicos y prácticos necesarios para implementar las recomendaciones propuestas, como los costos, los plazos, la coordinación con autoridades locales y la participación de diferentes partes interesadas, como ciclistas, empresas de transporte y organismos gubernamentales.
- Beneficios y evaluación: Identificación de los beneficios potenciales de la infraestructura ciclo-inclusiva y el uso de E-Bikes en la última milla, como la reducción de emisiones de carbono, la mejora de la salud y el bienestar de los usuarios y la optimización de la eficiencia del transporte urbano. Además, se puede proponer un plan de evaluación para medir el impacto y la efectividad de las medidas implementadas.
- Conclusiones y recomendaciones: Resumen de los hallazgos clave del proyecto y presentación de recomendaciones específicas para la implementación de la infraestructura ciclo-inclusiva y la promoción del uso de E-Bikes en la última milla. Estas recomendaciones pueden dirigirse a autoridades locales, organizaciones de transporte y otros actores relevantes.

## Capítulo II

### Marco Referencial

#### 2.1 Marco Teórico

Sobre la base de la taxonomía y clasificación de vehículos de micromovilidad motorizados de la Sociedad Internacional de Ingenieros Automotrices, la Administración Federal de Carreteras define en términos generales la micromovilidad como cualquier dispositivo de transporte pequeño, de baja velocidad, de propulsión humana o eléctrica, incluidas bicicletas, scooters, bicicletas con asistencia eléctrica, scooters eléctricos (e-scooters) y otros dispositivos pequeños, livianos y con ruedas. Otras definiciones de micromovilidad se enfocan principalmente en dispositivos de micromovilidad motorizados y caracterizan estos dispositivos como parcial o totalmente motorizados, de baja velocidad (generalmente menos de 30 millas [48 kilómetros] por hora) y tamaño pequeño (generalmente menos de 500 libras [230 kilogramos] y menos de 3 pies [1 metro] de ancho).

A partir de agosto de 2020, hay más de 260 sistemas de micromovilidad compartidos, incluidos los sistemas de bicicletas compartidas y scooters eléctricos con y sin estación de acoplamiento, en los Estados Unidos, y el más grande de estos sistemas compartidos incluye varios miles de dispositivos de micromovilidad. Según un informe reciente de la Asociación Nacional de Funcionarios de Transporte de la Ciudad (NACTO), los usuarios realizaron 136 millones de viajes en 2019 en sistemas de micromovilidad compartidos, un aumento del 60 por ciento desde 2018. El informe está disponible en <https://nacto.org/shared-micromobility-2019>.

Con la transición al modelo urbano de micromovilidad (MM) en ciudades inteligentes (SC) como servicio con sistemas compartidos, los vehículos eléctricos ligeros personales (PLEV) se están convirtiendo en un medio de transporte popular en las ciudades. La micromovilidad afecta los viajes de primera y última milla en áreas urbanas. Tras la emergencia provocada por la pandemia del COVID-19, ha quedado claro que es necesario modificar los

planes de movilidad urbana para reducir el uso del transporte público y la aglomeración de personas en el tráfico y, al mismo tiempo, evitar la congestión del tráfico entre otras cosas, alentando a los residentes urbanos a dejar de usar vehículos motorizados privados.

### ***2.1.1 Conceptos Preliminares***

La micromovilidad es una gran promesa para las ciudades atestadas de tráfico del mundo, y no solo como una forma de controlar la congestión y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Muchos defensores ven a los vehículos de micromovilidad como una respuesta al antiguo problema de transporte de la primera y la última milla. Pero aparte de las bicicletas tradicionales, las formas electrónicas (bicicletas eléctricas, scooters electrónicos y ciclomotores electrónicos) aún no han pasado del estado de moda en la mayoría de los lugares.

Conceptos preliminares sobre proyecto de Propuesta de una Alternativa de Infraestructura Ciclo-Inclusiva para el Uso de E-Bike en Transporte de Última Milla:

- **Infraestructura ciclo-inclusiva:** Se refiere a la creación de una red de infraestructuras diseñadas para promover y facilitar el uso de bicicletas, incluyendo las bicicletas eléctricas (E-Bike). Esto implica la construcción de carriles para bicicletas, estaciones de carga, aparcamientos seguros y cualquier otro elemento que promueva la seguridad y comodidad de los ciclistas.
- **Transporte de última milla:** Es el concepto que se refiere al transporte de personas o mercancías desde un punto cercano a su destino final. En el contexto de las E-Bikes, se busca utilizar estas bicicletas eléctricas como una alternativa de transporte eficiente y sostenible para cubrir distancias cortas, especialmente en áreas urbanas.
- **E-Bike:** Es una bicicleta eléctrica que cuenta con un motor eléctrico que ayuda al pedaleo. Las E-Bikes son una opción cada vez más popular para el transporte personal debido a su capacidad para aumentar la velocidad y reducir el esfuerzo

físico requerido, lo que las hace especialmente adecuadas para el transporte de última milla.

- **Ciclo-inclusividad:** Este término se refiere a la idea de promover la inclusión de todos los usuarios de bicicletas, independientemente de su edad, género, habilidades físicas o económicas. Una infraestructura ciclo-inclusiva debe estar diseñada para satisfacer las necesidades de todos los ciclistas y fomentar un entorno seguro y accesible para todos.
- **Propuesta de alternativa de infraestructura:** El proyecto consiste en desarrollar una propuesta detallada que incluya el diseño y planificación de una red de infraestructuras ciclo-inclusivas específicamente adaptadas para el uso de E-Bikes en el transporte de última milla. Esto implica identificar las rutas adecuadas, establecer las estaciones de carga estratégicas y determinar los elementos necesarios para garantizar la seguridad y comodidad de los ciclistas.
- **Beneficios de la infraestructura ciclo-inclusiva y el uso de E-Bikes:** Al promover el uso de E-Bikes en el transporte de última milla y proporcionar una infraestructura adecuada, se pueden obtener diversos beneficios, como la reducción de la congestión del tráfico, la disminución de la contaminación ambiental y la mejora de la salud y el bienestar de las personas al fomentar la actividad física.

### ***2.1.2 Impactos de la Micromovilidad en el Desplazamiento de Automóviles***

La micromovilidad, como los scooters eléctricos y las bicicletas eléctricas, un mercado global estimado en USD 300 mil millones para 2030, acelerará los esfuerzos de electrificación y cambiará fundamentalmente los patrones de movilidad urbana. Sin embargo, los impactos de la adopción de la micromovilidad en la congestión del tráfico y la sostenibilidad siguen sin estar claros. Se prueba las teorías de la discontinuidad del hábito para proporcionar una

identificación estadística de si los usuarios de micromovilidad sustituyen los automóviles por scooters. La evidencia de un experimento natural en una ciudad importante de EEUU muestra aumentos en el tiempo de viaje del 9 al 11 % para los desplazamientos diarios y del 37 % para grandes eventos (Asensio, 2022).

### ***2.1.3 Micromovilidad: la Revolución del Transporte***

La movilidad urbana es un nuevo paradigma en el desarrollo de las ciudades. El concepto tradicional de transporte se centra en el movimiento de vehículos, por lo que su enfoque apunta a mejorar el flujo de tráfico. Mientras que la movilidad tiene como objetivo mover a las personas, independientemente del método de transporte. En este caso, se tienen en cuenta la eficiencia, la eficacia y la sostenibilidad generales.

La micromovilidad es un concepto que se utiliza para definir a los medios de transporte que permiten recorrer distancias cortas y habituales, como ir al trabajo. Según un estudio realizado por McKinsey Center for Future Mobility, alrededor del 60 por ciento de los trayectos que realizan en coche las personas en todo el mundo son de menos de ocho kilómetros. Una distancia que se puede cubrir perfectamente con vehículos como patinetes eléctricos. Los dispositivos de micromovilidad y los sistemas compartidos ofrecen formas nuevas y poderosas de ayudar a las personas a satisfacer sus necesidades de transporte. Las bicicletas y los patinetes eléctricos pueden ayudar a muchas personas a superar las barreras que, de otro modo, les impedirían utilizar medios de transporte activos. Al mismo tiempo, es necesario tener en cuenta quién se beneficia de estos sistemas, quién puede verse perjudicado o excluido, y cómo se pueden diseñar los sistemas de micromovilidad para alcanzar su máximo potencial en el apoyo a comunidades seguras, equitativas y resilientes (Highways.dot.gov, 2021).

### ***2.1.4 La Logística de Última Milla en las Ciudades***

El problema de la última milla (Figura 3) se refiere al problema dentro de la infraestructura de una ciudad donde no todos pueden vivir o trabajar a poca distancia del

transporte público. Esta distancia entre el hogar o el trabajo y el transporte público desalienta a muchos viajeros, y continúan usando sus automóviles. Por lo tanto, este desafío también se conoce como el problema de la primera milla (Swarco.com, 2022).

Se sabe que los medios de transporte sostenibles se caracterizan por emisiones bajas o nulas, pero los conceptos de movilidad sostenible van un paso más allá. En última instancia, el objetivo es reorganizar el tráfico de una gran ciudad o región metropolitana para que la huella ecológica se reduzca al mínimo y no se consuman más recursos de los disponibles o regenerables.

### Figura 3

*Ejemplo de Última Milla*



Tomado de: <https://economipedia.com/definiciones/ultima-milla-logistica.html>

El tráfico equivale a emisiones, en particular CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, partículas pequeñas (PM 2,5) y emisiones de ruido.

CO<sub>2</sub>: en 2018, el transporte mundial ascendió a 8 mil millones de toneladas de Dióxido de Carbono, lo que equivale al 24 % del total de emisiones de CO<sub>2</sub> de la energía. Dentro del sector del transporte, el transporte de viajeros por carretera constituía la mayor parte con aproximadamente un 45 %, seguido de cerca por el transporte de mercancías (furgonetas y camiones), que alcanzaba casi el 30 %. A nivel de ciudad, es difícil encontrar datos fiables sobre las emisiones relacionadas con el transporte de mercancías. De media, el movimiento de mercancías asciende al 20-30 % del tráfico dentro de las ciudades.

El NO<sub>x</sub> también recibe mucha atención, pero se cree que las partículas pequeñas (PM 2.5) son las verdaderas causas de muerte: el culpable es el desgaste de los neumáticos, que resulta que inhalamos. No hay diferencia entre las furgonetas de combustible fósil y las eléctricas (Citychangers.org, 2023).

### ***2.1.5 Bicicletas Eléctricas y Congestión del Tráfico***

A medida que las bicicletas eléctricas, o e-bikes, crecen en popularidad, los entusiastas las ven cada vez más como una herramienta para reducir el tráfico de automóviles y la contaminación del aire, no solo como un juguete nuevo y divertido. Los estados, las ciudades y las empresas de servicios públicos han comenzado a ofrecer cupones o reembolsos para ayudar a los residentes a comprar bicicletas eléctricas. Algunos lugares están combinando dichos programas con un esfuerzo renovado para expandir los carriles para bicicletas y conectar los corredores para bicicletas. Ese cambio, dicen los líderes, es más barato, más rápido de implementar y requiere menos recursos para la fabricación y la carga que los que necesitan los autos eléctricos.

Los scooters eléctricos y las bicicletas eléctricas han surgido rápidamente en ciudades de los Estados Unidos como un medio importante de movilidad para los ciudadanos que se desplazan al trabajo y los turistas que exploran el centro de la ciudad. Impulsadas por la molestia pública y preocupaciones legítimas de seguridad, algunas ciudades se han movido

para frenar su uso a través de prohibiciones absolutas o restricciones de tiempo de alquiler. La investigación de la Universidad Carnegie Mellon muestra cómo reemplazar los viajes cortos en automóvil con viajes en bicicleta y scooter puede reducir la congestión, pero las áreas locales necesitan más infraestructura de micromovilidad para este resultado positivo (Figura 4).

#### **Figura 4**

##### *Aumento de Micromovilidad Local*



Tomado de: <https://www.governing.com/community/to-reduce-traffic-congestion-increase-local-micromobility>

Según la Federación Europea de Ciclistas (ECF), las ciudades gastaron 1.000 millones de euros en medidas ciclistas relacionadas con el COVID en 2020, creando al menos 600 millas (1.000 km) de carriles para bicicletas, medidas para calmar el tráfico y calles libres de automóviles.

Debido a la continua demanda de ciclismo después de la pandemia, París creará 200 millas de nuevas rutas; Lisboa duplicará la longitud de los suyos.

Sin duda, el firme apoyo de los gobiernos a la bicicleta se ha contagiado a la población. En 2020 se vendieron más bicicletas eléctricas en Alemania que coches eléctricos en toda Europa.

### **2.1.6 Alternativa de Infraestructura Ciclo-Inclusiva para el Uso de E-Bike**

La clave para comprender los impactos de las bicicletas eléctricas (e-bikes) en la congestión, el medio ambiente y la salud pública es hasta qué punto desplazan los viajes por otros modos de transporte (particularmente motorizados). Este estudio investiga los efectos de sustitución de modo de las bicicletas eléctricas, basado en un metaanálisis de 38 observaciones de patrones de sustitución de modo informados en 24 estudios publicados de todo el mundo.

La mediana de sustitución modal informada en la literatura es más alta para el transporte público (33 %), seguida de la bicicleta convencional (27 %), el automóvil (24 %) y caminar (10 %), pero varía ampliamente con rangos intercuartílicos del 31 % para el automóvil, y 44% para transporte público. Los resultados del modelo logit mixto ponderado indican una compensación en la sustitución de los modos motorizados, con un desplazamiento significativamente mayor del transporte público en China y un mayor desplazamiento de los viajes en automóvil en otros lugares (Europa, América del Norte y Australia). Estudios más recientes informan un mayor desplazamiento de la conducción y la marcha y un menor desplazamiento de los viajes en bicicleta convencional, lo que indica una tendencia positiva (Bigazzi, 2020).

Las bicicletas eléctricas se están convirtiendo en una alternativa popular a los viajes de corto y mediano alcance que normalmente se habrían realizado en automóvil. Pero los expertos advierten que los vehículos son tan buenos como la infraestructura en la que viajan, que a menudo falta en los vecindarios de bajos ingresos.

Hasta ahora, un elemento importante de las agendas de movilidad sostenible ha sido la promoción de alternativas, como el transporte público. Sin embargo, las opciones de transporte público a menudo no pueden igualar la calidad de accesibilidad proporcionada por el transporte motorizado privado en términos de flexibilidad, confiabilidad, comodidad y facilidad de uso (Beirão y Sarsfield Cabral, 2007).). De manera similar, el uso de modos activos como caminar

y andar en bicicleta puede verse obstaculizado por la necesidad de salvar distancias más largas y la actividad física necesaria para llegar a los lugares de actividad.

## 2.2 Marco Conceptual

### 2.2.1 Micromovilidad

Transporte personal utilizando dispositivos y vehículos que pesen hasta 350 Kg. Cuya fuente de alimentación (si hay) se corta a los 45 km/h. La micromovilidad (Figura 5) incluye el uso de vehículos propulsados por humanos como bicicletas, patines, patinetas y monopatines, usualmente se presenta en modos compartidos (ITF 2020).

### Figura 5

#### *Micromovilidad*



Tomado de: <https://cargobikefestival.com/news/tomorrows-vehicles-today-micromobility-emissions-call-for-research/>

### 2.2.2 Transporte no Motorizado

El concepto de transporte/movilidad 'no motorizado' se superpone en cierta medida con los debates 'activos', pero en términos de centrarse en caminar y andar en bicicleta. Proviene del campo del transporte donde se utiliza para agrupar estos modos con fines de modelado. Es un concepto clave en muchos debates sobre políticas de transporte, como dentro de la ONU

(Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2019). El término se complica por la aparición de modos asistidos eléctricamente como bicicletas eléctricas que son parcialmente impulsadas por humanos y (opcionalmente) parcialmente por un motor eléctrico.

### **2.2.3 Vehículos Eléctricos Ligeros (LEV)**

El término Vehículos Eléctricos Ligeros (LEVs) engloba muchas de las movilidades que también son discutido como micromovilidad, p. “bicicletas eléctricas, vehículos de 3 y 4 ruedas, monopatines y Segways” (Hyvönen, Repo y Lammi, 2016, p. 258), mientras que otros definen los LEV como vehículos que se encuentran dentro de la categoría M1 de la CEPE (Ewert et al., 2020) o la L de la CE (European Comisión, 2022) que definen los atributos de varias categorías de vehículos. Estas definiciones variables de LEV no cubren los vehículos totalmente impulsados por humanos, como las bicicletas, pero algunos incluyen vehículos bastante pesados. La adopción es desigual a nivel mundial, con “considerable cuota de mercado en Asia, mientras que las ventas de LEV en Europa siguen siendo muy bajas” y la investigación con una elevada falta de vista de la perspectiva global (Ewert et al., 2020, p. 2), mientras que las regulaciones “obsoletas” e “inexactas” son actualmente un cuello de botella (LEVA-EU, 2022). Estas preocupaciones son compartidas en gran medida por los defensores de los LEV y la micromovilidad.). Las ciudades de todo el mundo están lidiando con las externalidades negativas de los viajes en automóvil y, por lo tanto, se esfuerzan por avanzar hacia un sistema de transporte urbano más sostenible. La introducción y la popularidad de nuevos modos de transporte personal, como los patinetes y las bicicletas eléctricos, podrían acelerar esta transición a medida que se vuelven más comunes y se aceptan en los marcos normativos. La integración de estos nuevos modos y vehículos en los sistemas de transporte público (Figura 6), por ejemplo, podría mejorar la accesibilidad y dar lugar a posibles cambios modales que se alejan del uso del automóvil privado (Oeschger, 2020).

## Figura 6

### *Nuevos Modos y Vehículos en los Sistemas de Transporte Público*



Tomado de: <https://movimentistas.com/noticias/tendencias-transporte-movilidad-2020/>

#### **2.2.4 Plan de Movilidad Urbana**

Un Plan de Movilidad Urbana Sostenible es un plan estratégico diseñado para satisfacer las necesidades de movilidad de las personas y empresas en las ciudades y su entorno para una mejor calidad de vida. Se basa en las prácticas de planificación existentes y tiene debidamente en cuenta los principios de integración, participación y evaluación. La Planificación de la Movilidad Urbana Sostenible es un enfoque estratégico e integrado para abordar eficazmente las complejidades del transporte urbano. Su objetivo principal es mejorar la accesibilidad y la calidad de vida logrando un cambio hacia la movilidad sostenible. SUMP aboga por la toma de decisiones basada en hechos guiada por una visión a largo plazo para la movilidad sostenible.

#### **2.2.5 Entrega de Última Milla**

Es un término utilizado para el transporte de mercancías desde el centro de distribución más cercano hasta el destino final, como una casa o un negocio. El término se usa comúnmente

en los contextos de entrega de alimentos, cadenas de suministro empresarial y transporte para negocios de entrega. El término proviene originalmente de telecomunicaciones, donde la última milla es la conexión del ISP a la ubicación del equipo en las instalaciones del cliente, como la casa o la oficina del usuario.

En los negocios de entrega, los centros a lo largo de las rutas de entrega están ubicados en sitios cercanos al punto central de las ubicaciones de entrega comunes. Las entregas entre estos centros normalmente involucran camiones que mueven grandes cantidades de paquetes. Debido a la mayor cantidad de ubicaciones potenciales involucradas, el uso de vehículos grandes no es rentable para la entrega de última milla y, en su lugar, se utilizan vehículos más pequeños, como furgonetas. Sin embargo, también puede ser necesario realizar múltiples intentos de entrega, lo que puede aumentar aún más los costos y hacer que la entrega en la última milla sea la etapa menos eficiente del proceso de entrega.

La entrega de última milla se refiere al último paso del proceso de entrega cuando un paquete se traslada desde un centro de transporte hasta su destino final, que, por lo general, es una residencia personal o una tienda minorista.

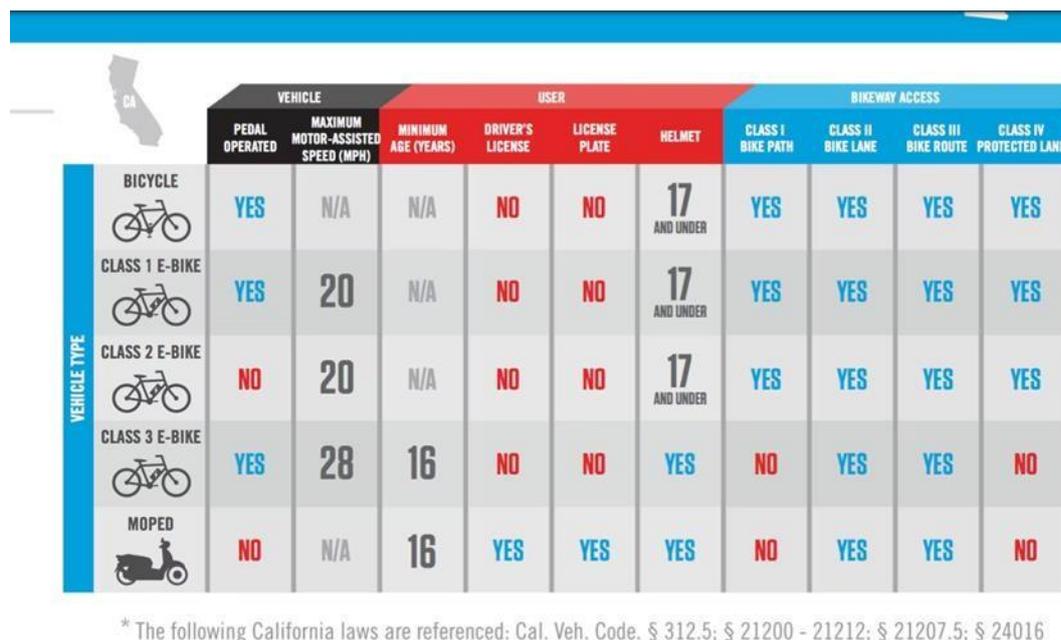
### **2.2.6 E-Bikes**

Actualmente, la regulación federal de bicicletas eléctricas solo se aplica a través de la ley de seguridad de productos de consumo y limita las bicicletas eléctricas a "un vehículo de dos o tres ruedas con pedales completamente operables y un motor eléctrico de menos de 750 vatios (1 hp), cuya velocidad máxima en una superficie nivelada pavimentada, cuando es impulsado únicamente por un motor de este tipo mientras lo conduce un operador que pesa 170 libras, es menos de 20 mph". En 2002, el Congreso de los EE. UU. aprobó la HB 727, una ley federal que define la "bicicleta eléctrica de baja velocidad" como un vehículo de dos o tres ruedas con pedales completamente operables, un motor eléctrico de no más de 750 vatios y una velocidad de potencia del motor sola de menos de 20 mph (Cyclevolta.com, 2023).

Está comenzando a surgir un conjunto común de reglas, siguiendo el modelo de las leyes de bicicletas eléctricas de California que crearon tres clases de bicicletas eléctricas (Figura 7).

**Figura 7**

*Tipos de Bicicletas Eléctricas*



VEHICLE TYPE	VEHICLE			USER			BIKEWAY ACCESS			
	PEDAL OPERATED	MAXIMUM MOTOR-ASSISTED SPEED (MPH)	MINIMUM AGE (YEARS)	DRIVER'S LICENSE	LICENSE PLATE	HELMET	CLASS I BIKE PATH	CLASS II BIKE LANE	CLASS III BIKE ROUTE	CLASS IV PROTECTED LANE
BICYCLE	YES	N/A	N/A	NO	NO	17 AND UNDER	YES	YES	YES	YES
CLASS 1 E-BIKE	YES	20	N/A	NO	NO	17 AND UNDER	YES	YES	YES	YES
CLASS 2 E-BIKE	NO	20	N/A	NO	NO	17 AND UNDER	YES	YES	YES	YES
CLASS 3 E-BIKE	YES	28	16	NO	NO	YES	NO	YES	YES	NO
MOPED	NO	N/A	16	YES	YES	YES	NO	YES	YES	NO

\* The following California laws are referenced: Cal. Veh. Code. § 312.5; § 21200 - 21212; § 21207.5; § 24016

Tomado de: <https://www.cyclevolta.com/story/ebike-basics/what-are-classes-e-bikes-where-can-e-bikes-be-ridden/>

### 2.2.7 Infraestructura Inclusiva para Bicicletas

Las instalaciones para bicicletas seguras y completas juegan un papel crucial para mantener seguros a los usuarios viales vulnerables, promover el ciclismo como un modo de transporte diario y reducir las emisiones de carbono y la congestión del tráfico al alentar un cambio hacia un transporte más multimodal. La infraestructura para bicicletas está diseñada para hacer que andar en bicicleta sea accesible, seguro y cómodo y hacer que andar en bicicleta sea un medio de transporte viable. Los ejemplos incluyen:

- Carriles bici, que van desde líneas pintadas hasta carriles protegidos por bolardos o aparcamientos y ciclovías totalmente protegidas y separadas.

- Senderos exclusivos para bicicletas y senderos de uso compartido.
- Puentes para bicicletas o pasos subterráneos para evitar la interacción con los automóviles.
- Tratamientos de intersecciones, como cajas para bicicletas, indicadores de señales principales, botones de cruce a nivel de bicicletas y otros elementos que ayudan a las personas en bicicleta a navegar en las intersecciones de manera segura.
- Iluminación a escala de peatones y ciclistas.
- Marcas de carriles compartidos (sharrows) y otras señales de alta visibilidad para alertar a los conductores sobre la presencia de ciclistas.
- Cruces señalizados a mitad de cuadra.

### **2.2.8 Ciclovías**

Las ciclovías (Figura 8) son caminos o carriles designados para el uso de ciclistas. Los carriles para bicicletas son el tipo más común de infraestructura para bicicletas, con muchas variedades, que incluyen:

- Carriles para bicicletas convencionales.
- Rutas en bici de uso común y tranquilas.
- Carriles de protección pintados.
- Carriles ciclistas a contracorriente.
- Carriles bici protegidos.
- Pistas para bicicletas.
- Ciclovías fuera de la calle.

La creación de ciclovías es un buen paso para fomentar el ciclismo en una comunidad y dar a conocer dónde están esos carriles para bicicletas es importante para la planificación de

rutas ciclistas. La mayoría de las jurisdicciones que invierten en infraestructura para bicicletas crean mapas de redes ciclistas para que las personas puedan planificar antes de salir.

### **Figura 8**

#### *Ciclovías*



Tomado de: <https://www.planetizen.com/definicion/bike-infrastructure>

#### **2.2.9 Beneficios del Uso de las Bicicletas**

Las bicicletas, que se remontan a principios del siglo XIX, tienen una historia más larga que los coches motorizados. Se han utilizado para múltiples propósitos, desde operaciones militares en la primera y segunda guerra mundial hasta su uso con fines deportivos, recreativos y de viaje. No obstante, las bicicletas solo juegan un papel marginal en el transporte en la mayoría de los países del mundo. De hecho, la mayoría de los países occidentales todavía dependen en gran medida de los automóviles para los viajes diarios con una alta tasa de motorización después de la década de 1970, con pocas excepciones notables de países con políticas a favor de la bicicleta como Holanda y Dinamarca. Estos números indican un potencial sustancial sin explotar de aumentar la proporción de viajes en bicicleta en todo el mundo para

reducir las emisiones de GEI relacionadas con el transporte, lo que merece una mirada de cerca frente a la urgencia climática global. Por un lado, las emisiones de GEI de los viajes en bicicleta son casi insignificantes en comparación con los viajes en automóvil.

Por otro lado, el uso frecuente de la bicicleta puede cambiar el sedentarismo basado en el automóvil, aumentar la actividad física y, por lo tanto, conducir a un menor riesgo de mortalidad por todas las causas, especialmente enfermedades crónicas como la obesidad y las enfermedades cardiovasculares (Wuchen, 2022).

#### ***2.2.10 Bicicletas Eléctricas Reducen la Congestión***

Las bicicletas eléctricas ayudan a eliminar la sofocante congestión en nuestras carreteras y no obstruyen las aceras cuando están estacionadas. Prácticamente no ocupan espacio y ayudan a sacar a la gente de coches y bicicletas, al menos en distancias cortas.

#### ***2.2.11 Panorama Mundial de la Producción y el Stock de Bicicletas***

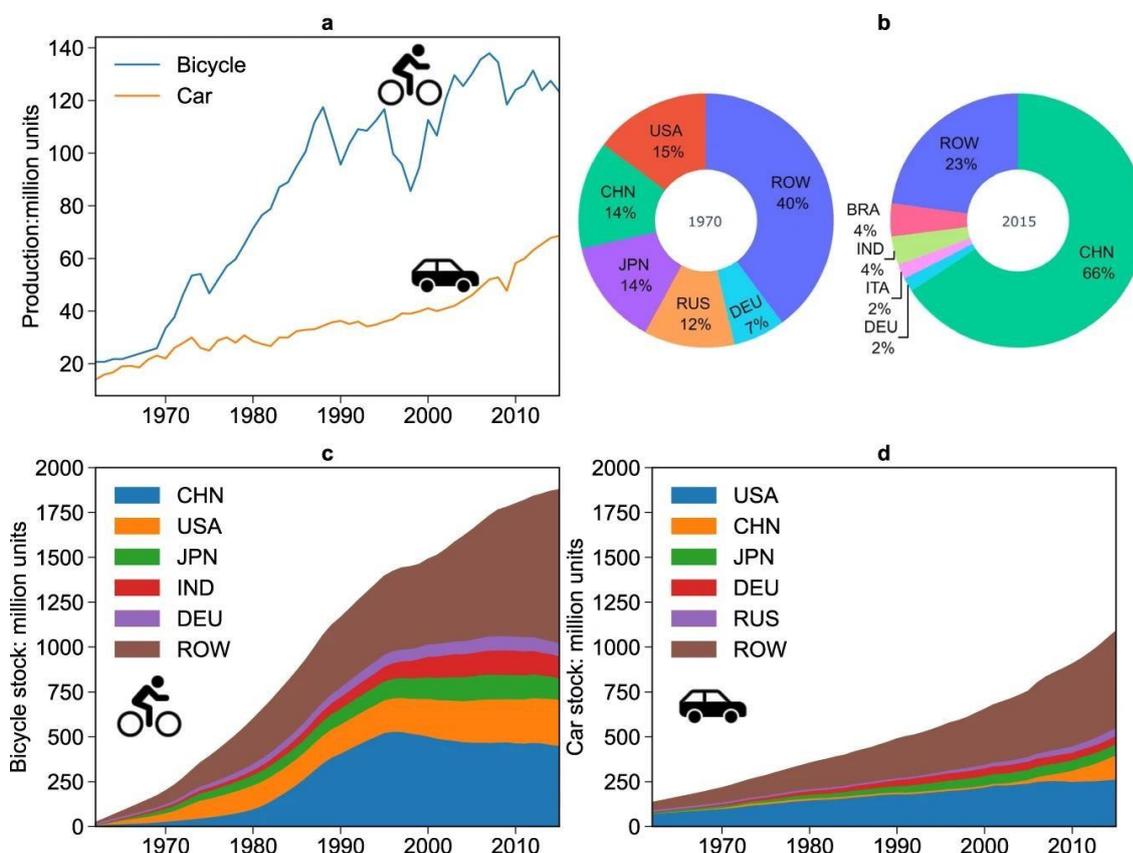
La producción mundial de bicicletas aumentó de 20,7 millones de unidades en 1962 a 123,3 millones de unidades en 2015, con una tasa de crecimiento anual compuesta del 3,4%, superior a la de la producción mundial de automóviles (3,0% de 14,0 millones de unidades a 68,6 millones de unidades) en el mismo periodo. La producción mundial de bicicletas ha prosperado particularmente desde la década de 1970, con una tasa de crecimiento mucho más alta que la producción de automóviles, y después de un período de estancamiento en la década de 1990, revivió después de 2000 y se estabilizó en un alto nivel de 111 millones de unidades en los últimos años. La cantidad agregada de producción mundial de bicicletas desde 1962 hasta 2015 es de 4650 millones de unidades, que es 2,4 veces la cantidad agregada de producción mundial de automóviles.

La Figura 9 indica que: (a) Producción mundial histórica de automóviles y bicicletas de 1962 a 2015, (b) La participación de la producción mundial de bicicletas en 1970 y 2015, (c) Existencia de bicicletas de 1962 a 2015, (d) Existencia de automóviles de 1962 a 2015.

Bicicleta se refiere únicamente a las convencionales impulsadas por humanos, mientras que la categoría de automóviles incluye todo tipo de vehículos privados de cuatro ruedas, como automóviles pequeños de pasajeros, vehículos utilitarios deportivos y camiones ligeros. Los códigos de país se basan en el código ISO 3166-1 alfa-3. ROW indica el resto del mundo.

### Figura 9

*Resumen Histórico de la Producción y Existencias Mundiales de Automóviles y Bicicletas desde 1962 hasta 2015*



Tomado de: <https://www.nature.com/articles/s43247-022-00497-4>

### 2.2.12 Movilidad Sostenible

El proyecto se enmarca en la promoción de la movilidad sostenible, que busca reducir el impacto negativo de los desplazamientos urbanos en el medio ambiente. El uso de bicicletas eléctricas en lugar de vehículos motorizados contribuye a la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero y a la mejora de la calidad del aire.

### Capítulo III

#### **Eficiencia Energética de una E-bike en Función de la Ruta Seleccionada**

La eficiencia energética de una E-bike (bicicleta eléctrica) puede variar significativamente en función de varios factores, siendo la ruta seleccionada uno de los elementos determinantes. Aquí se detallan algunos aspectos clave que afectan la eficiencia energética en relación con la elección de la ruta:

- **Terreno:** El tipo de terreno por el que se circula tiene un impacto directo en la eficiencia energética. Las subidas pronunciadas y terrenos accidentados pueden requerir más energía para superar la resistencia, disminuyendo la eficiencia. En cambio, rutas planas y suaves favorecen una mayor eficiencia.
- **Superficie del Camino:** La calidad de la superficie del camino también influye. Superficies rugosas o pavimentos en mal estado pueden aumentar la resistencia y, por lo tanto, disminuir la eficiencia del desplazamiento.
- **Condiciones Meteorológicas:** Las condiciones meteorológicas, como el viento en contra, la lluvia o la temperatura, pueden afectar la eficiencia energética. El viento en contra, en particular, puede requerir más energía para mantener una velocidad constante.
- **Frecuencia de Paradas:** Las paradas frecuentes y los arranques pueden afectar la eficiencia, ya que cada vez que se reanuda la marcha se necesita más energía para superar la inercia.
- **Velocidad de Viaje:** La velocidad a la que se desplaza la E-bike también influye en la eficiencia. En general, las E-bikes suelen ser más eficientes a velocidades moderadas en lugar de velocidades máximas.

- **Uso del Asistente Eléctrico:** La frecuencia y nivel de asistencia eléctrica utilizada también afectan la eficiencia. En terrenos más difíciles, es posible que se necesite más asistencia eléctrica, lo que puede afectar la autonomía.
- **Planificación de Rutas Eficientes:** La planificación de rutas eficientes que minimicen las subidas pronunciadas, eviten terrenos complicados y aprovechen tramos planos puede contribuir a una mayor eficiencia energética.
- **Mantenimiento de la E-bike:** Una E-bike en buen estado, con neumáticos inflados correctamente y componentes bien ajustados, será más eficiente. El mantenimiento regular es crucial para optimizar la eficiencia.
- **Capacidad de la Batería:** La capacidad y estado de la batería de la E-bike también afectan la eficiencia. Baterías en buen estado y de alta capacidad permiten recorrer distancias más largas con una carga.
- **Hábitos de Conducción:** El estilo de conducción del usuario, como la frecuencia de cambio de marchas y la aplicación adecuada de la asistencia eléctrica, puede influir en la eficiencia.

En resumen, la elección de la ruta puede impactar significativamente la eficiencia energética de una E-bike. Se recomienda seleccionar rutas que minimicen la resistencia y aprovechen al máximo las características favorables del terreno para optimizar la eficiencia y la autonomía del viaje.

### **3.1 Ciclo-infraestructura y Micromovilidad**

Proponer una infraestructura ciclo-inclusiva para una ruta exclusiva de uso en transporte de última milla en el Norte de Guayaquil implica considerar varias características que mejoren la accesibilidad y seguridad para los usuarios de bicicletas. Aquí hay una alternativa sugerida:

- **Concepto de Infraestructura:** Diseñar una "Red de Ciclovías de Última Milla" que consista en una serie de rutas exclusivas para bicicletas conectadas estratégicamente en el Norte de Guayaquil. Esta red proporcionaría un medio de transporte seguro y eficiente para los usuarios que realizan trayectos cortos en la última etapa de sus desplazamientos.
- **Ciclovías Separadas y Protegidas:** Implementar carriles exclusivos para bicicletas físicamente separados de las vías de tráfico vehicular, utilizando elementos como bolardos, separadores o parterres verdes para proporcionar una barrera física.
- **Estaciones de Estacionamiento Seguro para Bicicletas:** Establecer estaciones de estacionamiento seguro para bicicletas en lugares estratégicos, como estaciones de transporte público, centros comerciales y áreas residenciales. Estas estaciones pueden contar con dispositivos para asegurar las bicicletas.
- **Señalización Clara y Visible:** Instalar señalización clara y visible que indique claramente las rutas exclusivas para bicicletas, intersecciones seguras y direcciones preferenciales.
- **Conectividad con Transporte Público:** Integrar la red de ciclovías con las estaciones de transporte público, permitiendo a los usuarios combinar fácilmente el uso de la bicicleta con otros modos de transporte.
- **Iluminación y Seguridad:** Garantizar una adecuada iluminación a lo largo de las rutas, especialmente en áreas más propensas a ser utilizadas durante la noche. Implementar medidas de seguridad, como cámaras de vigilancia y presencia policial.

- **Participación Comunitaria:** Involucrar a la comunidad en el proceso de diseño para asegurar que las rutas y estaciones respondan a las necesidades y preferencias locales.
- **Mantenimiento Regular:** Establecer un programa de mantenimiento regular para garantizar que las ciclovías estén en condiciones óptimas y seguras para su uso continuo.
- **Promoción y Educación:** Lanzar campañas de promoción y educación para fomentar el uso de estas ciclovías y crear conciencia sobre la importancia de un transporte sostenible.

Para promover una movilidad urbana sostenible en Guayaquil-Ecuador, es esencial establecer una nueva jerarquía de prioridades en los modos de transporte, otorgando la máxima prioridad a los peatones y ciclistas. Esta reestructuración debe reflejarse en inversiones destinadas a mejorar la infraestructura y la gestión, centrándose en las condiciones de los peatones y ciclistas. Asimismo, se requiere la implementación de políticas para fomentar la movilidad urbana sostenible, junto con medidas físicas, regulatorias y fiscales destinadas a disminuir el uso indiscriminado del automóvil y a mejorar las condiciones del transporte público, la bicicleta y los desplazamientos a pie. La seguridad vial desempeña un papel fundamental en el fomento del uso de la bicicleta, por lo que es imperativo mejorar las condiciones para los ciclistas y reducir los riesgos asociados con su utilización.

Al implementar esta infraestructura ciclo-inclusiva, se busca proporcionar una opción segura, eficiente y sostenible para el transporte de última milla en el Norte de Guayaquil, promoviendo al mismo tiempo un estilo de vida más activo y respetuoso con el medio ambiente. En la Figura 10 se muestra la estructura en torno a cuatro áreas temáticas necesarias para la formulación de políticas ciclo-inclusivas:

1. Infraestructura y servicios.
2. Participación ciudadana.
3. Aspectos normativos y regulación.
4. Operación.

**Figura 10**

*Políticas Ciclo-inclusivas*



Tomado de: <https://alaniarchitecture.wordpress.com/2018/06/26/ciclo-inclusion-en-america-latina/>

### **3.2 Normativa sobre Vialidad Ciclo-Inclusiva**

En Ecuador, diversas regulaciones y manuales ya incorporan pautas para la infraestructura destinada a ciclistas. A nivel nacional, la norma NEVI 12 (Sección 2A.204) establece de manera general la obligación de que los proyectos sigan el diseño estipulado en las Normas AASHTO 2013. Asimismo, la norma INEN 004 especifica dimensiones fundamentales a considerar (secciones 6.1.1.4, 6.1.15). por lo tanto es importante adoptar estas directrices como punto de partida, las sigue y, además, proporciona pautas más precisas que

mejoran las condiciones de seguridad y comodidad para los usuarios de bicicletas, al tiempo que reduce los riesgos en la interacción vial con otros conductores y peatones en las carreteras.

El artículo 264, numeral 6, de la Constitución de la República del Ecuador en concordancia con el literal f) del artículo 55 del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización establece como competencia exclusiva de los gobiernos municipales: “Planificar, regular y controlar el tránsito y transporte público dentro de su territorio cantonal”.

A nivel nacional, el país se encuentra en un estado inicial en políticas públicas de movilidad sostenible, donde ciudades como Cuenca, Loja, Manta y Quito han dado sus primeros pasos.

En agosto de 2017 en Quito se expide la Ordenanza Metropolitana que Prioriza, Regula, Facilita y Promociona la Bicicleta y la Caminata como Modos de Transporte Sostenibles en el Distrito Metropolitano de Quito.

En Cuenca en mayo de 2020 se promulga la Ordenanza para la Promoción y Fortalecimiento de la Movilidad Activa en el Cantón Cuenca.

### **3.2 Vialidad Ciclo-Inclusiva: Recomendaciones para Integrar la Bicicleta**

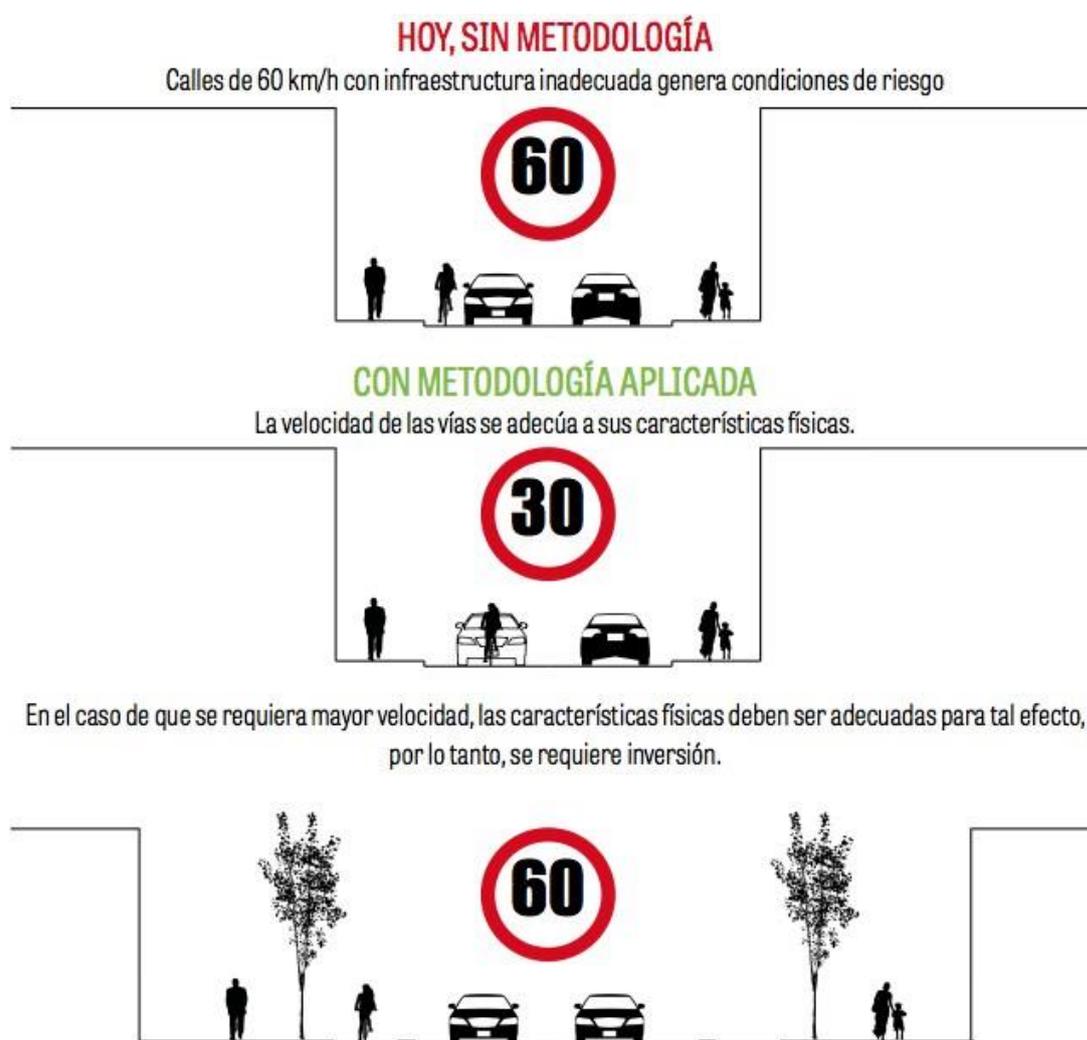
Por ello, cobra gran relevancia este documento que conceptualiza la red de infraestructuras viales ciclo-inclusivas (Figura 11) como la amalgama de:

- Vías de tránsito compartido, donde las bicicletas comparten espacio con vehículos motorizados que se desplazan a una velocidad máxima de 30 km/h.
- Vías segregadas, que incluyen carriles separados del flujo vehicular convencional y diseñados para ciclistas, con velocidades de circulación entre 30 y 50 km/h.
- Vías exclusivas para usuarios de bicicletas, situadas en áreas como parques, riberas de ríos, lagos y zonas costeras, destinadas únicamente al tránsito de bicicletas.

Entre las acciones sugeridas que los municipios podrían implementar directamente se incluyen: dar prioridad a los centros peatonales, regular la oferta de espacios de estacionamiento para automóviles (ya que por cada estacionamiento disponible se genera un potencial viaje en automóvil), disminuir la velocidad máxima permitida, reorganizar la distribución del espacio vial (mediante la expansión de aceras y la creación de vías exclusivas para bicicletas) y la implementación de un peaje urbano para los usuarios de automóviles.

### Figura 11

#### *Vialidad Ciclo-Inclusiva*



Tomado de: <https://amosantiago.cl/vialidad-ciclo-inclusiva-las-recomendaciones-del-minvu-para-integrar-la-bicicleta/>

### **3.3 E-bike en la Micromovilidad y el Transporte Eléctrico de Última Milla**

El empleo de la E-bike en la micromovilidad y el transporte eléctrico de última milla se ha consolidado como una alternativa eficiente y sostenible. Este medio de transporte presenta diversas ventajas en términos de accesibilidad, versatilidad y respeto al medio ambiente. Aquí se destacan algunos aspectos clave sobre el uso de la E-bike en estos contextos:

- **Flexibilidad y Maniobrabilidad:** Las E-bikes son conocidas por su capacidad para navegar fácilmente a través de espacios urbanos congestionados. Su diseño compacto y capacidad para circular por carriles estrechos las convierte en una opción flexible y maniobrable para la última milla.
- **Autonomía y Alcance:** Con baterías de alta capacidad, las E-bikes ofrecen una autonomía adecuada para trayectos de corta y media distancia. Esto las convierte en una opción eficiente para cubrir la última etapa de un viaje más extenso, conectando estaciones de transporte público o puntos de interés.
- **Reducción de Congestión y Emisiones:** Al optar por la E-bike, se contribuye a la reducción de la congestión vehicular y a la disminución de emisiones contaminantes. Esto tiene un impacto positivo en la calidad del aire y en la movilidad urbana.
- **Complemento al Transporte Público:** Las E-bikes son ideales como complemento al transporte público. Los usuarios pueden realizar el último tramo de su viaje de manera rápida y eficiente, evitando congestiones y retrasos asociados con otros medios de transporte.
- **Fomento del Ejercicio y Estilo de Vida Activo:** El uso de la E-bike implica una forma activa de desplazarse, promoviendo un estilo de vida saludable. La asistencia eléctrica facilita el pedaleo, lo que permite a un amplio rango de personas utilizarlas,

incluyendo a aquellos que podrían encontrar desafiante el uso de una bicicleta convencional.

- **Infraestructura Ciclo-inclusiva:** La promoción de una infraestructura ciclo-inclusiva, que incluye carriles para bicicletas y estacionamientos seguros, contribuye a hacer más atractivo y seguro el uso de la E-bike.
- **Reducción de Costos Operativos:** En comparación con otros medios de transporte, el costo operativo de una E-bike es significativamente menor. Se eliminan gastos asociados con el combustible y el estacionamiento, haciendo de esta opción una alternativa económica.
- **Integración Tecnológica:** Algunas E-bikes cuentan con integración tecnológica, como sistemas de navegación y conectividad, lo que facilita la planificación de rutas y la sincronización con otros modos de transporte.

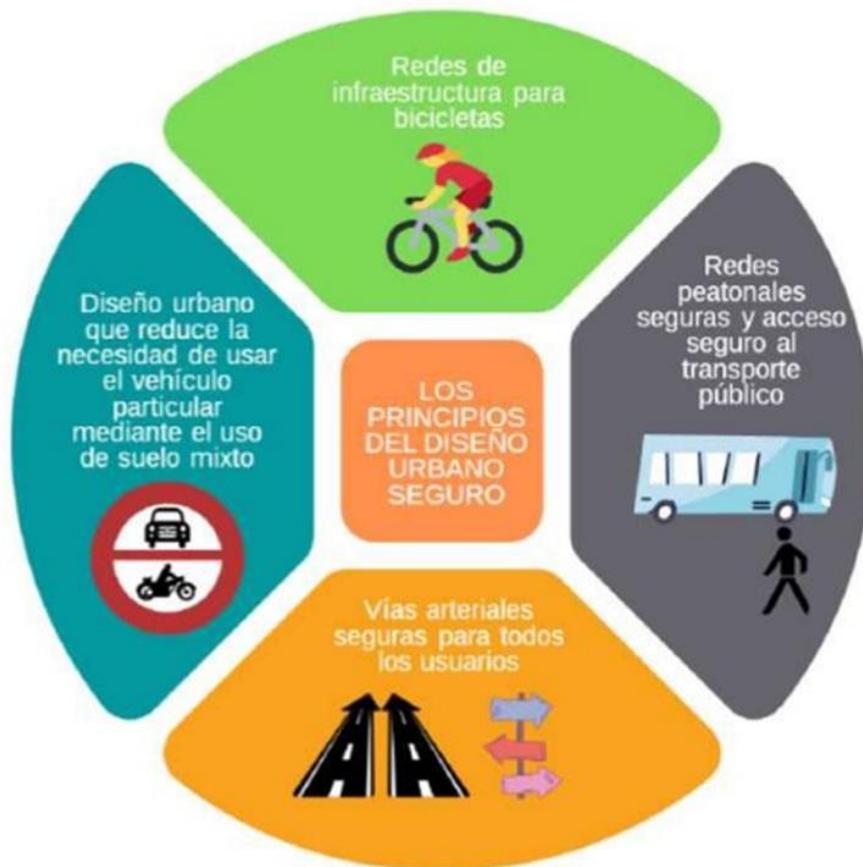
En conclusión, la E-bike ha emergido como una solución efectiva para la micromovilidad y el transporte eléctrico de última milla, ofreciendo beneficios tanto ambientales como prácticos en entornos urbanos. Su versatilidad y eficiencia la posicionan como una herramienta valiosa para abordar los retos de movilidad en áreas urbanas congestionadas.

En la Figura 12 se muestra que existe una conexión fundamental entre los sistemas de carreteras clasificadas funcionalmente, la movilidad y el acceso a la tierra. Las arterias ofrecen un alto nivel de movilidad y un mayor control de acceso, mientras que las instalaciones locales brindan un acceso elevado a las propiedades cercanas pero una movilidad limitada. Los colectores representan un equilibrio entre la movilidad y el acceso a la tierra. Una categorización funcional de la red vial implica asignar a cada vía o calle una función específica

de flujo, distribución o acceso (por ejemplo, una autopista como arteria ideal), mientras que una calle con límite de velocidad de 30 km/h sería un ejemplo de vía de acceso ideal.

## Figura 12

### *Principios de Diseño Urbano Seguro*



Tomado de: <https://www.ant.gob.ec/wp-content/uploads/2021/12/Manual-de-Seguridad-Vial-Urbana-Ecuador.pdf>

La utilización de la bicicleta constituye un medio de transporte sostenible con numerosas ventajas para las ciudades y merece ser fomentada. Su popularidad está en aumento tanto en Ecuador como en otras partes del mundo, especialmente en áreas urbanas. Es esencial que la infraestructura vial responda a esta creciente demanda mediante la implementación de

una infraestructura para ciclistas que garantice la seguridad de todos los usuarios, ya que estos son particularmente vulnerables.

Es imperativo diseñar ciclovías que cuenten con separación física respecto a los vehículos motorizados, prestando especial atención a las intersecciones. Se han propuesto soluciones y manuales específicos para guiar el diseño de estas rutas, los cuales incluyen ejemplos y criterios para la planificación de carriles para bicicletas, ciclovías, intersecciones seguras, así como también la instalación de semáforos y señalización exclusiva para bicicletas (Figura 13).

### Figura 13

*Señal de Tráfico para Ciclistas*



Tomado de: <https://revista.dgt.es/es/noticias/internacional/2021/02FEBRERO/0203senal-para-ciclistas.shtml>

### 3.4 Eficiencia Energética de una E-bike

El cálculo de la eficiencia energética de una E-bike en función de la ruta seleccionada implica considerar varios factores. La eficiencia energética generalmente se expresa como la relación entre la energía utilizada para realizar un trabajo (en este caso, recorrer una distancia en la E-bike) y la energía suministrada por la batería. Aquí hay una manera de abordar este cálculo:

#### 1. Energía Consumida durante el Viaje:

- Medir la energía consumida por la E-bike durante el viaje en términos de vatios-hora (Wh). Esto implica registrar la cantidad total de energía consumida desde la batería durante el recorrido.

$$\text{Energía Consumida (Wh)} = \text{Voltaje Promedio de la Batería (V)} \times \text{Corriente Promedio (A)} \times \text{Tiempo de Viaje (h)}$$

Donde:

- Voltaje Promedio de la Batería: La tensión media suministrada por la batería durante el viaje.
- Corriente Promedio: La corriente media utilizada por la E-bike durante el viaje.
- Tiempo de Viaje: La duración total del viaje en horas.

#### 2. Distancia Recorrida:

- Registrar la distancia total recorrida durante el viaje en kilómetros (km).

#### 3. Eficiencia Energética:

- Calcular la eficiencia energética dividiendo la distancia recorrida por la energía consumida, expresada como kilómetros por vatio-hora (km/Wh).

$$\text{Eficiencia Energética (km/Wh)} = \frac{\text{Distancia Recorrida (km)}}{\text{Energía Consumida (Wh)}}$$

Esta métrica indica cuántos kilómetros puede recorrer la E-bike con una cantidad específica de energía.

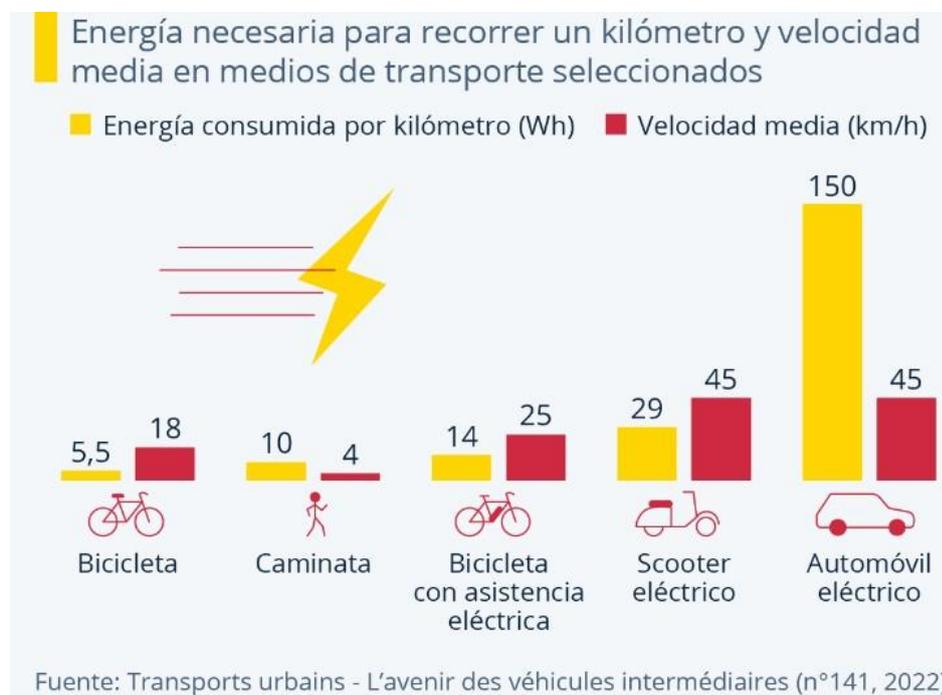
#### 4. Consideraciones Adicionales:

- Tener en cuenta que la eficiencia energética puede variar según el terreno, la velocidad de conducción, la asistencia eléctrica utilizada y otros factores. Es recomendable realizar este cálculo para diferentes rutas y condiciones para obtener una comprensión completa de la eficiencia de la E-bike.

Es importante señalar que la eficiencia energética es solo una parte de la ecuación al evaluar la sostenibilidad y el rendimiento de una E-bike (Figura 14). Otros aspectos, como la fabricación, mantenimiento y disposición final de la batería, también juegan un papel en la evaluación completa de la sostenibilidad de la E-bike.

### Figura 14

#### *Eficiencia Energética de la Bicicleta*



Tomado de: <https://es.statista.com/grafico/28683/energia-necesaria-para-recorrer-un-kilometro-y-velocidad-media-en-medios-de-transporte-seleccionados/>

### **3.5 Metodología Aplicada**

#### **3.5.1 Métodos**

En un principio se empieza con la recopilación y análisis del estado del arte del uso de la E-bike en la micromovilidad y transporte eléctrico de última milla, seleccionando artículos científicos, revistas, libros, documentales y sitios web con información relevante, su inicio, categorías, principales elementos, entre otros.

El objetivo de este estudio es determinar el estado del conocimiento sobre el tema de la micromovilidad y la integración del transporte público, no solo para identificar evidencia de ciertos efectos, sino también para identificar cualquier brecha en la literatura que deba abordarse.

#### **3.5.2 Tipo de Estudio**

Según el nivel de conocimiento científico (observación, descripción, explicación) al que espera llegar el investigador, se debe formular el tipo de estudio, es decir de acuerdo con el tipo de información que espera obtener. (Guevara Alban, Verdesoto Arguello, & Castro Molina, 2020).

#### **3.5.3 Investigación Exploratoria**

Mediante ella podemos poner los modelos de estudio para detallar la técnica de propuesta de una alternativa de infraestructura Ciclo-Inclusiva para el uso de E-Bike en transporte de última milla en el Norte de Guayaquil siguiendo los procedimientos técnicos establecidos, y por consiguiente relacionar con los temas de la tecnología que se aprendió durante los años de estudio.

#### **3.5.4 Investigación de Campo**

Llevar a cabo una investigación de campo sobre la propuesta de una alternativa de infraestructura ciclo-inclusiva para el uso de E-Bike en transporte de última milla en el Norte de Guayaquil implica realizar un análisis detallado y recopilar información relevante.

### **3.5.5 Investigación Aplicada**

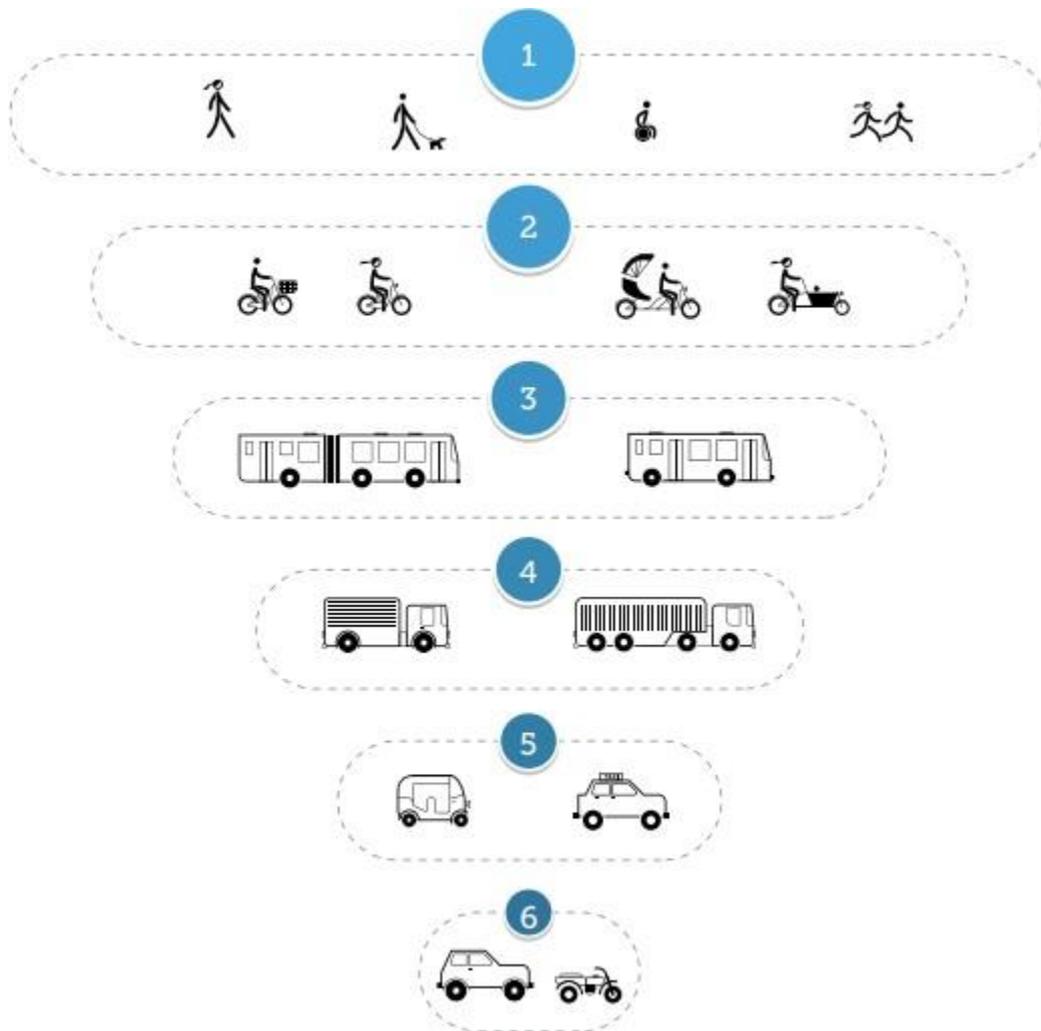
Mediante ella podemos poner los modelos de estudio para detallar el uso de E-Bike en transporte de última milla en el Norte de Guayaquil siguiendo los procedimientos técnicos establecidos, y por consiguiente relacionar con los temas de la tecnología que se aprendió durante los años de estudio.

### **3.6 Descripción del Proceso según la Pirámide de Modos**

La estructura conocida como la "pirámide de modos" (ver Figura 15) ha sido empleada durante varios años con el propósito de describir de manera clara cuáles modos de transporte deben tener prioridad y cuáles características los distinguen. La premisa subyacente es que los modos de transporte con mayores niveles de consumo energético, velocidad e impactos en general deben ceder prioridad a aquellos que exhiban condiciones de mayor vulnerabilidad y sostenibilidad.

El mensaje clave es que los modos de transporte más sostenibles y que deben recibir prioridad son los no motorizados, situados en la base de la pirámide invertida. Dentro de esta categoría, los peatones son los que deberían gozar de la mayor prioridad, seguidos por los usuarios de bicicletas. Posteriormente en la pirámide se encuentran los modos motorizados, distinguiendo entre públicos y privados.

Los peatones y los ciclistas se caracterizan por generar pocas externalidades (efectos adversos en la sociedad) y por tener costos de implementación considerablemente bajos (es decir, la infraestructura y el mantenimiento asociados tienen un costo menor por pasajero en comparación con otros modos de transporte). Además, hay argumentos adicionales relacionados con el consumo energético, las emisiones, los costos asociados con la satisfacción de las necesidades de cada modo y su eficiencia en el uso del espacio urbano. Por todas estas razones, se destaca la importancia de orientar las políticas de movilidad hacia aquellas que otorguen verdadera prioridad a los peatones y a los usuarios de bicicletas.

**Figura 15***Pirámide de Modos*

Tomado de: <https://www.despacio.org/wp-content/uploads/2017/04/Manual-Lima20170421.pdf>

### **3.6.1 Lugar de las Pruebas**

El presente estudio tiene un diseño cuantitativo, correlacional y transversal. Fue desarrollado en la zona norte de la ciudad de Guayaquil (Guayas, Ecuador) (Figura 16), la cual tiene una extensión geográfica de 347 km<sup>2</sup>, con condiciones ambientales de 26-30 °C, viento del NE a 10-15 km/h, humedad del 80-85 %.

**Figura 16***Lugar de las Pruebas***3.6.1 Bicicleta Utilizada**

El vehículo utilizado es una Bicicleta eléctrica todoterreno, resistente y formidable, con tres modos de conducción y cinco niveles de asistencia al pedaleo, completamente equipada, es perfecta para desplazarse eficientemente y de manera ecológica en cualquier tipo de terreno, ya sea dentro o fuera de la ciudad (Figura 17).

- Estructura fabricada en aluminio.
- Transmisión Shimano de 7 velocidades.
- Sistema de suspensión frontal y central.
- Portaequipajes en la parte posterior.
- Neumáticos de 26 pulgadas x 4 para mayor adherencia.
- Pantalla LCD a color para el monitoreo.
- Guardabarros trasero.
- Puerto USB para cargar dispositivos móviles.

- Faro frontal.

En las Tabla 1 se observan las especificaciones del mencionado vehículo.

### **Figura 17**

#### *Bicicleta de Pruebas*



Toamdo de: <https://ecomotion.com.ec/product/ebike-traxx-500/>

La gestión logística de última milla del proceso de entrega se ha vuelto un desafío de gran relevancia en el ámbito empresarial. La solicitud de entregas rápidas y eficaces ha experimentado un crecimiento notable en los últimos años, y las empresas están explorando enfoques innovadores para responder a estas demandas.

El concepto de "última milla" se emplea en la industria del transporte y la logística para describir la fase final de la entrega de productos, que implica el traslado desde el centro de distribución hasta el destino final, comúnmente el domicilio del cliente.

Aunque esta etapa es relativamente corta en términos de distancia, enfrenta desafíos significativos debido al crecimiento de la demanda en el comercio electrónico o entregas a domicilio, lo que requiere que los empresarios busquen mejorar la eficiencia, reducir costos y promover la sostenibilidad. Por esta razón se explora las razones por las cuales la

personalización, especialmente en el caso de las E-Bikes, está emergiendo como una tendencia significativa en esta industria. En las Tabla 1 se observan las especificaciones del mencionado vehículo (bicicleta eléctrica).

**Tabla 1**

*Datos de la Bicicleta Eléctrica*

<b>Dato</b>	<b>Especificación</b>
• Batería	• De litio 48V 13Ah
• Motor	• 48V 500W
• Velocidad	• 50 Km/h
• Autonomía	• 45Km (solo eléctrico), 75Km (con cinco niveles de asistencia de pedal)
• Tiempo de carga	• 6 horas 100-240V cargador inteligente
• Frenos	• De disco frontal y posterior marca Tektro
• Peso	• 28 Kg
• Carga máxima	• 110 Kg
• Color	• Amarillo, Azul

### **3.6.2 Dispositivo de Medición Utilizado**

La medición de velocidad y distancia se lleva a cabo mediante el dispositivo GPS ROX 11.1 EVO SIGMA (ver Figura 18). Este dispositivo no solo incluye la medición de altitud a través de un barómetro y funciones de navegación, sino que también es compatible con bicicletas eléctricas y otros sensores externos. A pesar de estar instalado en una motocicleta para la recopilación de datos, el dispositivo cuenta con la función de alerta en caso de accidente,

la cual notifica a los contactos de emergencia en caso de caída. Asimismo, las notificaciones inteligentes informan sobre llamadas entrantes y mensajes recibidos mientras se viaja en el medio de transporte (Figura 18).

### **Figura 18**

*Dispositivo GPS ROX 11.1 EVO SIGMA*



Tomado de: <https://www.bikeshop.es/gps-sigma-rox-11-1-basic-negro/251551.html>

#### **3.6.3 Especificaciones del Dispositivo**

La velocidad y la distancia quedan recogidas por el GPS, el perfil de altitud y las indicaciones de navegación por Koomot. La conexión es compatible con las bicicletas eléctricas y rodillos de entrenamiento conectados, una de las funciones clave del ROX 11.1.

La pantalla a color es totalmente personalizable para que dispongas de un acceso instantáneo a los datos del recorrido y que podrás leer de forma clara. El diseño deportivo, las

funciones completas y la facilidad de uso del ROX 11.1 EVO lo convierten en un titular para el manillar de tu bici. Los cinco botones de control, grandes y diferentes, funcionan en cualquier situación, incluso con guantes.

Además, hay muchas opciones para compartir los datos con la aplicación gratuita SIGMA RIDE App.

En la tabla 2 se describen las características principales del dispositivo.

## **Tabla 2**

### *Características del Dispositivo*

---

#### **Características Técnicas**

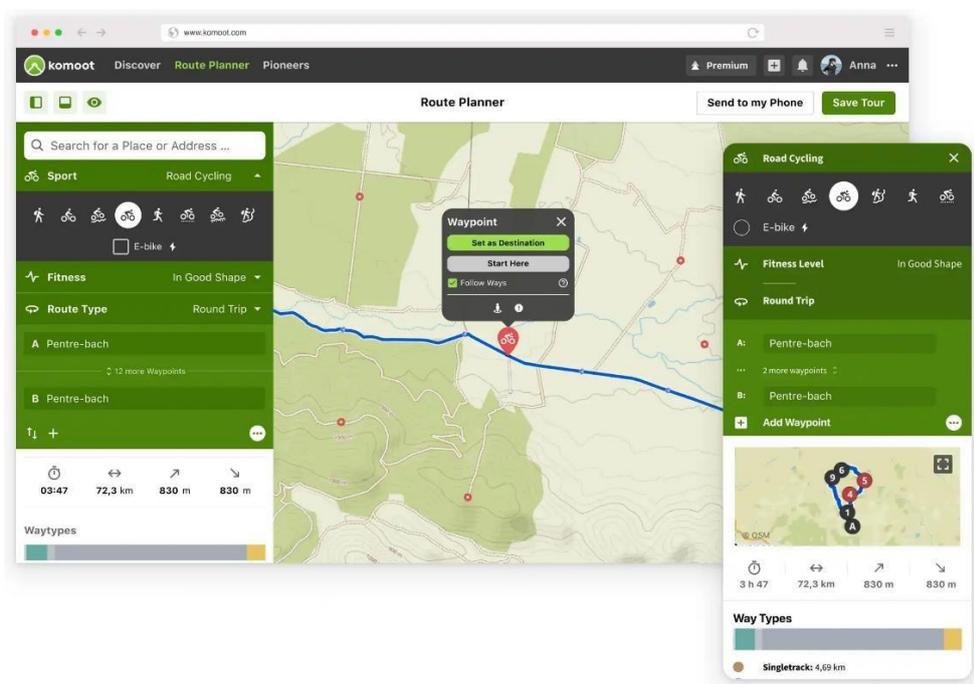
---

- Funciones: más de 150.
  - Mide la altitud.
  - GNSS: GPS + GLONASS + Galileo.
  - Posibilidad de personalizar las páginas con los datos.
  - Conexiones: smartphone, VAE, sensores (cadencia, velocidad, cardio, potencia), velocidad eléctrica, Smart Trainer (FE-C), Koomot Connect, Sigma Ride App a través de una conexión BLE/ANT+.
  - Muestras las notificaciones del smartphone.
  - Tamaño de la pantalla: 1,77".
  - Colores de la pantalla: 262 K.
  - Resolución: 128 x 160 píxeles.
  - Autonomía de la batería: 18 h.
  - Dispositivo impermeable sellado que cumple con la norma IP 67.
  - Soporte para manillar/potencia GPS, soporte de manillar externo sobre potencia (Top Mount) y soporte corto.
-

En el dispositivo se conecta a una aplicación en línea, en este caso Koomot (Figura 19), Dondequiera y como elijas explorar, komoot tiene una ruta para ello. Desde guías cuidadosamente seleccionadas de las experiencias al aire libre más épicas del mundo hasta rutas listas para usar en tu área que pueden filtrarse por distancia, dificultad y conexiones de transporte público, komoot te ayuda a encontrar tu aventura perfecta.

## Figura 19

### Aplicación Koomot



Tomado de: <https://www.komoot.com/>

### 3.6.4 Escogimiento de Ruta

Para la recogida de datos, se utiliza la bicicleta eléctrica por las rutas predeterminadas, siguiendo los parámetros establecidos. Se seleccionaron diferentes horarios, que cubrirían varias condiciones y especificaciones de las vías (p. ej., zonas de tráfico, número de semáforos, tipo de vía), para la prueba de campo: cinco en sentido de ida y cinco en sentido de regreso. La

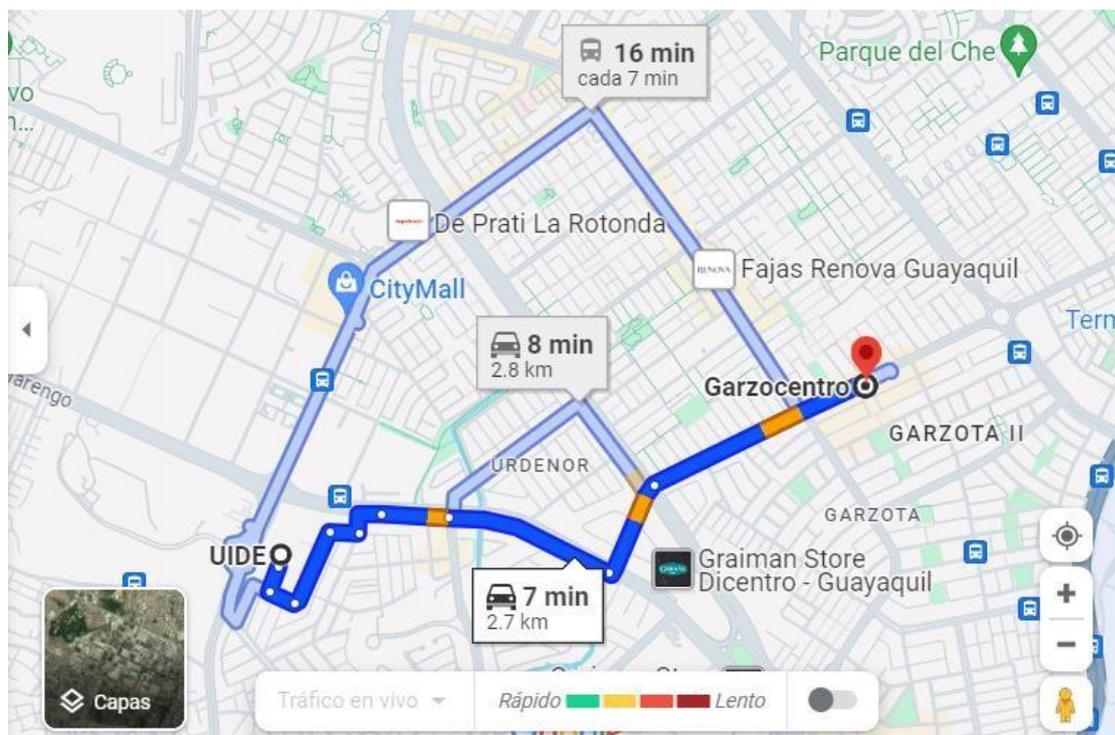
figura 20 muestra la ubicación de los ensayos de campo en la ruta seleccionada de ida y la figura 21 muestra la ubicación-recorrido de la ruta de retorno.

Se escoge esta ruta debido a las facilidades que brinda para la realización de la investigación las cuales son:

- Ruta de alto tráfico.
- Gran número de semáforos a lo largo del trayecto.
- La ruta cuenta con una variación de límites de velocidad en todo el trazado delimitado.
- La ruta cubre una distancia aproximada de 2.7 km de ida.
- La ruta especificada de Ida es: Avenida Las Aguas (Escuela de Ingeniería Automotriz) a la calle Agustín Freire Icaza (Garzocentro).

### Figura 20

#### *Ruta Seleccionada - Ida*

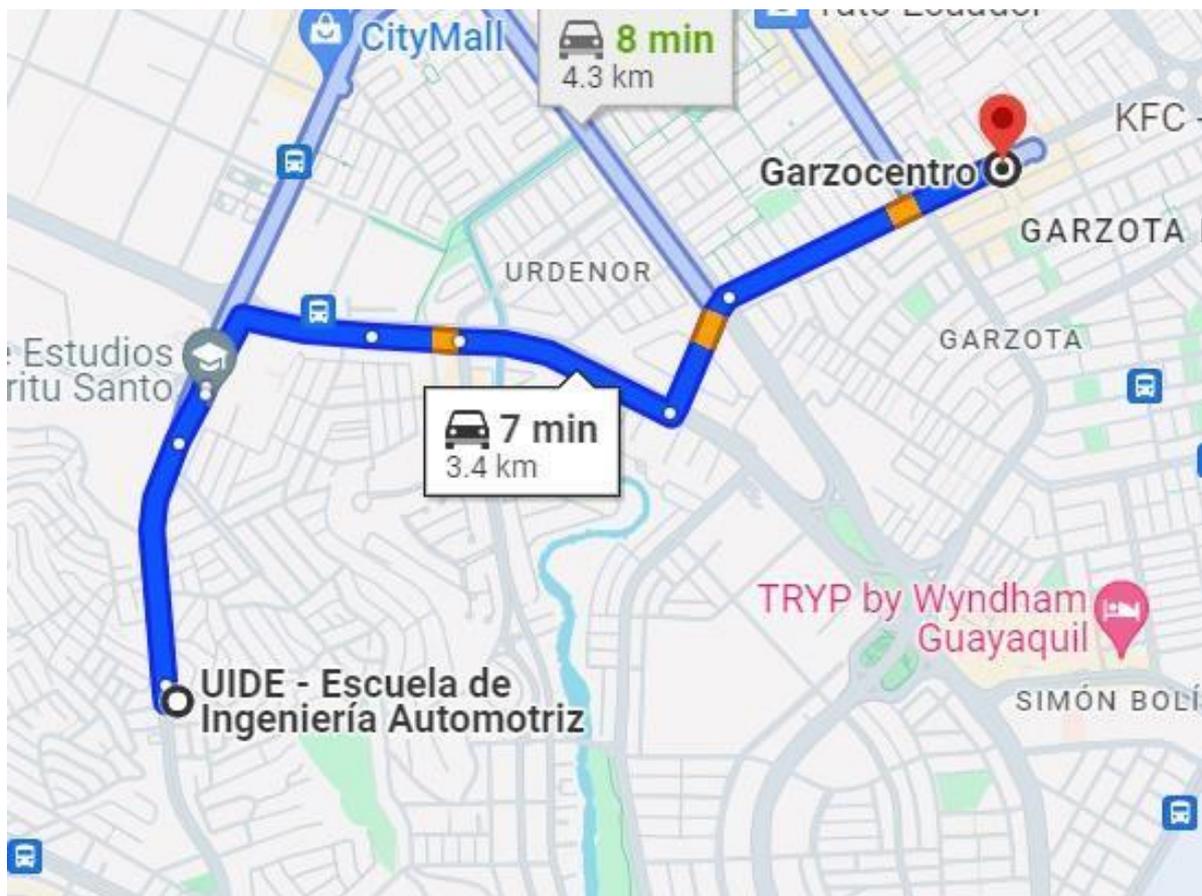


Tomado de: (Google Maps, 2023)

- La ruta especificada de retorno es: Calle Agustín Freire Icaza (Garzocentro) a la Avenida Las Aguas (Escuela de Ingeniería Automotriz).
- La ruta cubre una distancia aproximada de 3.4 km de retorno.

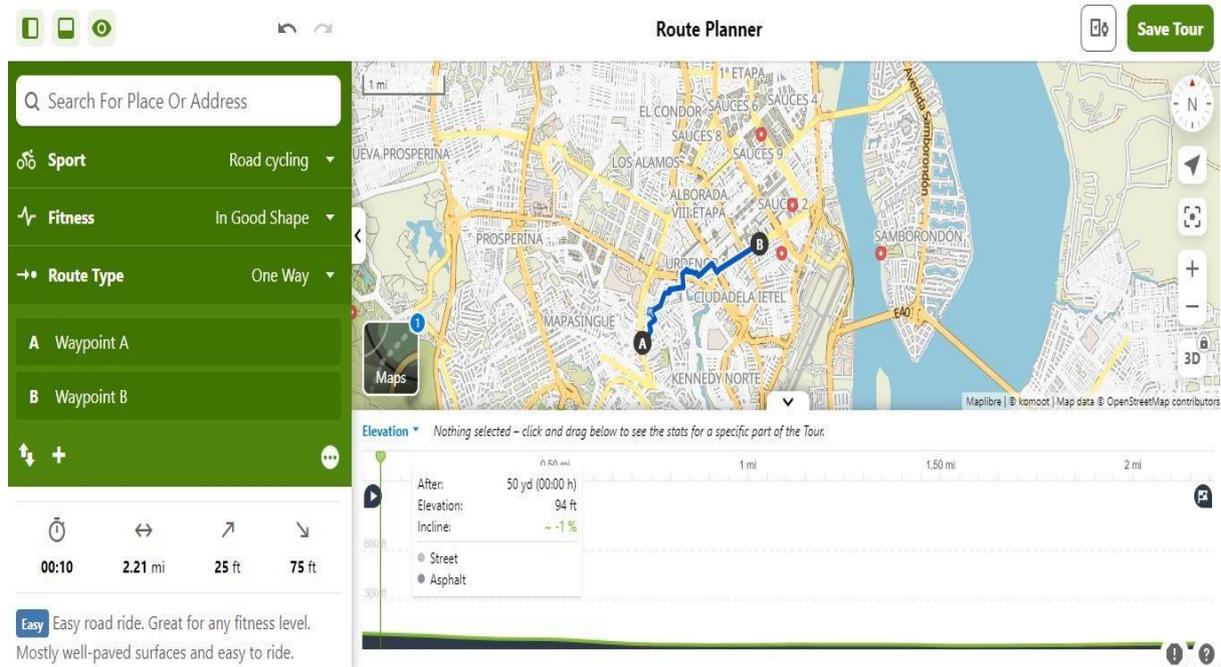
**Figura 21**

*Ruta Seleccionada - Retorno*



Tomado de: (Google Maps, 2023)

Para planificar una ruta en Komoot, como pasa con otras apps, lo mejor es utilizar el ordenador. No porque en el dispositivo móvil no funcione bien, sino por la comodidad de hacerlo con una pantalla grande y por las facilidades que nos ofrece el propio ordenador (Figura 22).

**Figura 22***Aplicación Koomot*

Tomado de: <https://www.komoot.com/>

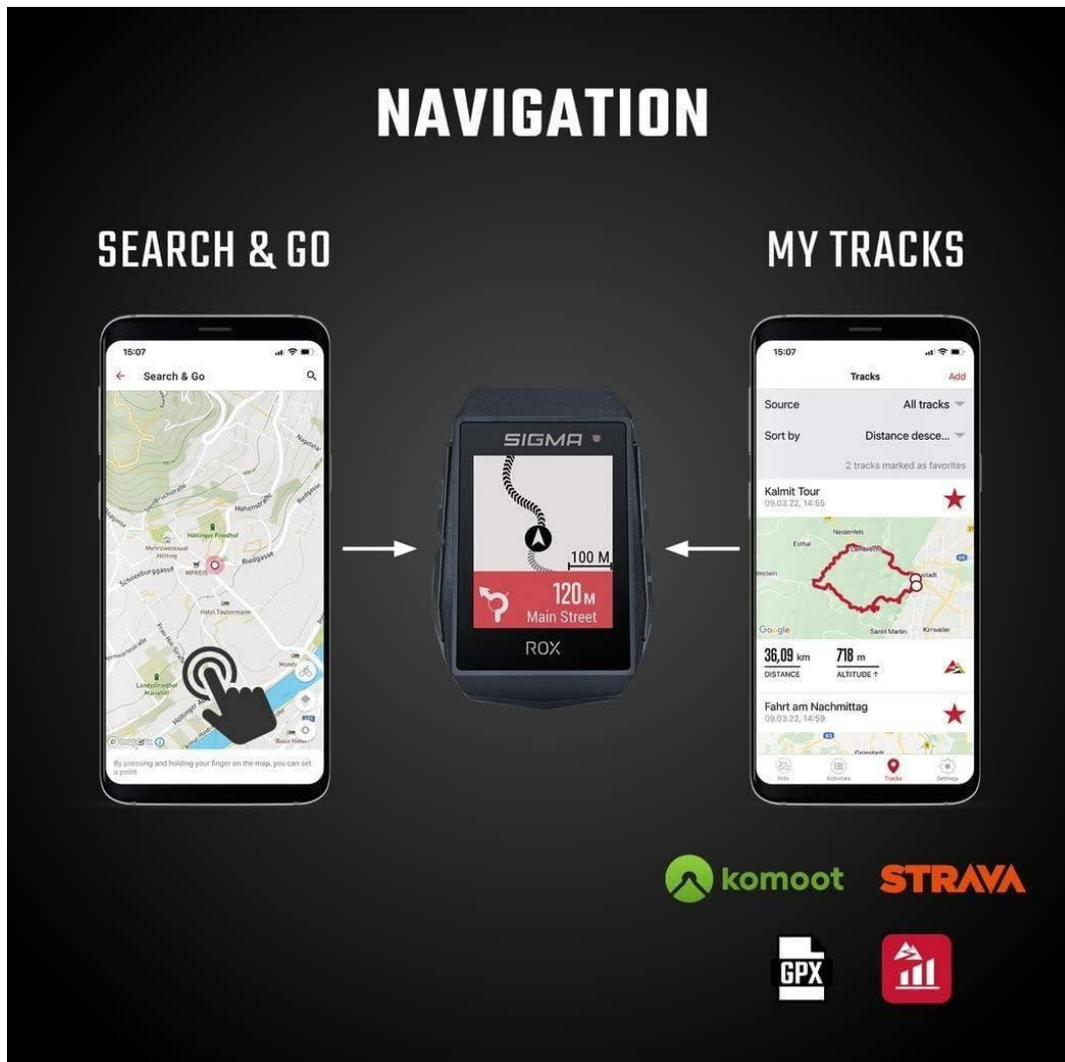
### 3.6.5 Obtención de los Datos

La conducción de la bicicleta eléctrica se prueba en condiciones reales de tráfico (itinerarios flotantes). Durante la campaña de recopilación de datos, los datos se registran por tiempo a través de un dispositivo de registro a bordo.

Esto proporciona los valores instantáneos de la posición del GPS, la velocidad y las condiciones operativas durante toda la prueba. Se utiliza una aplicación móvil y/o plataforma para recopilar esta información y se descargan los datos para su posterior análisis (Figura 23).

Figura 23

Registro de Datos



Tomado de: <https://www.bike-components.de/es/Sigma/Ciclocomputador-ROX-11-1-Evo-GPS-p83963/>

Las particularidades de cada uno son bastante divergentes, lo que sugiere la necesidad de llevar a cabo pruebas en condiciones reales, donde se analicen diversas variables para determinar si una bicicleta eléctrica es el medio de transporte más adecuado para trayectos de última milla en la ciudad de Guayaquil.

En las Tabla 3 se muestran los datos obtenidos en la ruta de ida y en la Tabla 4 se muestran los adatos obtenidos en la ruta de regreso.

**Tabla 3**

*Resultados Obtenidos Ruta de Ida - Usando la Bicicleta Eléctrica*

<b>Datos Trayecto "Ida"</b>	<b>Día 1</b>	<b>Día 2</b>	<b>Día 3</b>	<b>Día 4</b>	<b>Día 5</b>
Tiempo de prueba (min)	8	7.75	8	7.8	7.8
Consumo de energía (%)	6.5	6.7	6.6	6.4	6.5
Temperatura promedio (°C)	28.9	29.2	29.5	30.1	29.7
Velocidad promedio (km/h)	35.02	35.4	36.7	36.1	35.9
Distancia recorrida (km)	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
Electricidad consumida (KW)	0.12	0.12	0.12	0.15	0.13

**Tabla 4**

*Resultados Obtenidos Ruta de Regreso - Usando la Bicicleta Eléctrica*

<b>Datos Trayecto "Retorno"</b>	<b>Día 1</b>	<b>Día 2</b>	<b>Día 3</b>	<b>Día 4</b>	<b>Día 5</b>
Tiempo de prueba (min)	8.7	8.75	8.8	8.8	8.75
Consumo de energía (%)	6.9	7	6.8	7.1	6.9
Temperatura promedio (°C)	28.9	28.8	28.5	29	29.5
Velocidad promedio (km/h)	34.6	35	34.5	34.5	35.1
Distancia recorrida (km)	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4
Electricidad consumida (KW)	0.14	0.15	0.13	0.14	0.14

## Capítulo IV

### Propuesta una Alternativa de Infraestructura Ciclo-inclusiva para Transporte de Última Milla

#### 4.1 Descripción

Para contrarrestar la contaminación del aire, es necesario cambiar hacia modalidades de transporte más sostenibles que generen menos emisiones y requieran un menor consumo de combustible. Para lograr este cambio, resulta fundamental mejorar la asignación del espacio vial, priorizando la circulación de medios de transporte más sostenibles. Una forma de abordar esto implica revisar la distribución del espacio destinado a la circulación y estacionamiento de vehículos privados. Es importante tomar en consideración los diferentes modos de transporte urbano (Figura 24).

**Figura 24**

*Comparación de Modos de Transporte Urbano*

Modo de transporte	Velocidad promedio	%Capacidad utilizada	Área necesaria para transitar
	5 Km/hr		0.80 m <sup>2</sup> / persona
	10 Km/hr		3.00 m <sup>2</sup> / persona
	40 Km/hr	 (100%)	20.00 m <sup>2</sup> / persona
		 (33%)	60.00 m <sup>2</sup> / persona
	30 Km/hr	 (100%)	9.80 m <sup>2</sup> / persona
		 (33%)	28.00 m <sup>2</sup> / persona
	30 Km/hr	 (100%)	4.00 m <sup>2</sup> / persona
		 (33%)	12.00 m <sup>2</sup> / persona

Tomado de: Ciclociudades Tomo I. Instituto para Políticas de Transporte y Desarrollo, 2011

Adicionalmente, la promoción de la movilidad activa y la micromovilidad puede contribuir a fomentar la equidad social en entornos urbanos. La inclusión de estas formas de movilidad en la planificación urbana impulsa la creación de una infraestructura vial más inclusiva, adaptada a las necesidades de personas de diversas edades, condiciones físicas y situaciones socioeconómicas. En este contexto, las ciudades que cuentan con elevados porcentajes de peatones y ciclistas son percibidas como más equitativas, generando un impacto positivo en la calidad de vida de los ciudadanos al atender las necesidades de poblaciones en condiciones de vulnerabilidad o desventaja.

#### ***4.1.1 Clasificación del Tipo de Vehículos (No Motorizados) que Deberían Circular por la Ciclo-infraestructura***

La norma principal establece que los vehículos de micromovilidad, caracterizados por ser ligeros, de velocidad reducida, respetuosos con el medio ambiente y promotores de la salud, pueden transitar por la infraestructura destinada a ciclistas.

En contraste, otros vehículos no tienen permitido hacerlo. En otras palabras, bicicletas, patinetas y bicicletas de carga pueden utilizar la infraestructura ciclista, mientras que ciclomotores o bicicletas eléctricas sin control de velocidad no deberían hacerlo debido a su velocidad considerable.

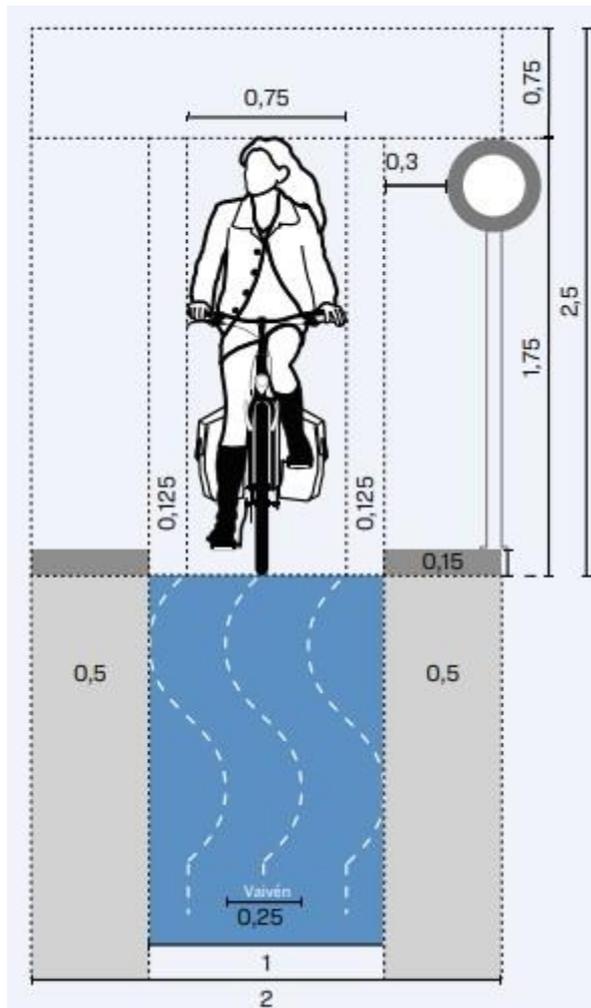
Como primera referencia se consideran las dimensiones que representan el conjunto bicicleta y ciclista. El ancho del conjunto bicicleta-ciclista varía entre 0,75 m y 1,0 m y la altura fluctúa entre 1,70 m y 1,90 m.(Figura 25).

Algunos países tienen muy bien integrado el modo de transporte ciclista en sus ciudades, desde hace varias décadas. Los Países Bajos, por ejemplo, son el país con mayor uso de bicicletas en el mundo industrializado. Su importante inversión en ciclovías y carriles desde principios de la década de 1970, duplicó su longitud de 9 282 km en 1978 a 18 948 km en 1996 (Martens, 2004). Actualmente, la mayoría de sus ciudades tienen una red de bicicletas bien

desarrollada, permitiendo que más del 27% de todos los viajes se realicen en este modo (Pucher y Dijkstra, 2000).

**Figura 25**

*Dimensiones Básicas de la Persona en Bicicleta*



Tomado de: (PNMUS, 2023)

Las demandas de los usuarios de las ciclovías son diversas, dependiendo de las condiciones de movilidad, por lo que es esencial mantener estándares amplios que faciliten la accesibilidad. La funcionalidad también juega un papel crucial, ya que las dinámicas de ciclistas varían en términos de uso diario, recreativo y deportivo, con velocidades que oscilan entre 9 km/h y 25 km/h. Además, es necesario considerar las condiciones de transporte de carga

o pasajeros, así como los viajes que implican el cuidado de niños, lo que requiere adaptaciones especiales para el transporte de infantes.

#### 4.1.2 Velocidades de Vehículos de Micromovilidad

La velocidad máxima para estos vehículos es de 25 kilómetros por hora. Cualquier vehículo que tenga un motor que exceda esta velocidad no es micromovilidad, y por consiguiente tampoco puede circular en la ciclo-infraestructura.

Las intersecciones representan uno de los puntos más vulnerables para los ciclistas, por lo que es imperativo diseñarlas de manera segura y eficaz. Un criterio fundamental para determinar la separación de los ciclistas respecto a otros vehículos es la velocidad; si esta supera los 30 km/h, se recomienda establecer una separación física (Figura 24).

**Figura 266**

*Esquema de Opciones para Secciones Viales en Zonas Urbanas*

Categoría de la vía	Velocidad máxima del tráfico motorizado	Volumen del tráfico motorizado (vm/día)	Categoría de la red ciclovial		
			Red básica ( $I_{\text{bicicleta}} > 750/\text{día}$ )	Cicloruta ( $I_{\text{bicicleta}} 500 - 2.500/\text{día}$ )	Cicloruta principal ( $I_{\text{bicicleta}} > 2.500/\text{día}$ )
	n/a	0	Ciclovía apartada		
Calle de servicio	velocidad peatón o 30 km/h	1-2.500	Tráfico mixto		Ciclocalle (con preferencia)
		2.000-5.000			Ciclovía o ciclobanda (con preferencia)
		>4.000	Ciclobanda o ciclovía		
Vía recolectora	50 Km/h	Irrelevante	Ciclovía o calle paralela		
	70 Km/h		Ciclovía, ciclomotor/ciclobanda o calle paralela		

Tomado de: (CROW, 2017).

Para garantizar la seguridad de los ciclistas, resulta crucial que la planificación de la infraestructura vial se ajuste a sus necesidades. En términos generales, se propone la implementación de una red de ciclovías continua con una separación física dedicada para los ciclistas. Es fundamental evitar la colocación de estas vías en las aceras, ya que esto podría

generar conflictos con los peatones, y la presencia constante de desniveles en las esquinas desincentivaría su uso.

#### **4.1.3 La Ciclo-infraestructura**

Las personas y los vehículos de micromovilidad mencionados anteriormente deben tener la capacidad de circular de manera cómoda en la infraestructura para ciclistas. Esta situación puede variar según el contexto; por ejemplo, los triciclos de carga tienden a circular principalmente cerca de mercados y ocasionalmente atraviesan la ciudad, mientras que las bicicletas utilizadas con fines deportivos suelen circular principalmente en entornos interurbanos. Es esencial señalar que las dimensiones de la infraestructura para ciclistas en Ecuador están legalmente definidas por la norma INEN 004 (RTE INEN 004-6, Señalización vial. Parte 6. Señalización de Ciclovías, 2011).

Lo presentado se basa en estas normativas. En casos de conflicto entre la norma y las recomendaciones sugeridas, es obligatorio cumplir con la normativa legal. No obstante, se ofrece diversas indicaciones recomendadas sobre dimensiones y otros aspectos para aquellos casos en los que sea posible exceder las indicaciones legales y cumplir con las dimensiones recomendadas.

Se describe las tipologías de ciclo-infraestructura idóneas para Ecuador, se mencionan tres categorías amplias de ciclo-infraestructura:

- Temporales: con implementación de horas (Ciclopaseos), semanas (Ciclovías emergentes) o de meses (segregación blanda) con la eventualidad de escalar según demanda atraída. Si hay instalaciones físicas, son ligeras (tornillos o pegamento).
- Permanentes: con implementación permanente y diferentes niveles de intervención física.
- Especiales: para casos distintos a los típicos.

Observando la necesidad de desarrollar una política que atribuya un papel significativo a la bicicleta, han surgido nuevos términos, como el de ciclo-inclusión. Como se mencionó previamente, una política ciclo-inclusiva se define como "aquella que busca incorporar el uso de la bicicleta en la red de transporte con condiciones seguras y eficientes" (Ríos et al., 2015).

Es crucial señalar también que una de las preocupaciones urbanas más destacadas en tiempos recientes es la adaptación de las ciudades al cambio climático y su capacidad para ser "resilientes" frente a desastres. Esto implica que las ciudades deben planificarse de manera que puedan responder de manera efectiva ante eventualidades climáticas, y para lograr esto, sus sistemas de transporte deben ser lo más versátiles posible y contar con condiciones apropiadas para este tipo de situaciones.

Aunque la adaptación y la resiliencia se centran en mejorar la infraestructura para prevenir el agravamiento de desastres, como inundaciones u otras eventualidades, la bicicleta tiene la ventaja de ser un vehículo cuyas características permiten que continúe ofreciendo un servicio de movilidad eficaz incluso en condiciones climáticas adversas.

Por ende, al mejorar las condiciones de la infraestructura para la resiliencia, es primordial tener en cuenta especialmente estos vehículos, modos y sistemas que sean más sostenibles (Eichhorst, 2009).

#### ***4.1.4 Preparación del Vehículo para las Pruebas***

Etapas 0. Definición de los objetivos económicos, sociales y ambientales en función de las necesidades propias de cada ciudad.

Etapas 1. Diagnóstico.

- Levantamiento de información detallada y caracterización de la movilidad urbana en cada ciudad.
- Caracterización de la movilidad activa y micromovilidad, así como de la infraestructura que las sustenta.

- Identificación de zonas y centros atractores de viajes (laborales, educativos, de servicios y recreativos), buscando mejorar la movilidad, accesibilidad e intermodalidad con el transporte público.
- Definición de los objetivos y metas alineadas a las necesidades específicas de cada ciudad.

Etapas 2. Principales medidas a implementar.

- Concreción de las medidas a implementar.
  - Medidas para la mejora de la movilidad peatonal.
  - Medidas para la mejora de la movilidad ciclista.
  - Medidas para la mejora de la Micromovilidad.

Etapas 3. Diseño de la red peatonal y ciclista.

- Definición de criterios de diseño.
- Planteamiento de un conjunto de acciones, a partir de los objetivos y las metas que responden a las necesidades de cada ciudad.

Las políticas destinadas a promover la movilidad activa y la micromovilidad deben integrarse de manera inherente en las estrategias generales de movilidad sostenible (Figura 27), constituyendo los fundamentos esenciales de dichas políticas:

- Mejorar la densidad, la diversidad y los usos del suelo urbano.
- Incrementar los desplazamientos a pie, en bicicleta y utilizando los nuevos modos de transporte de última milla.
- Disminuir la velocidad y la intensidad del tráfico vehicular.

**Figura 27***Estrategias Generales de Movilidad Sostenible*

Tomado de: (PNMUS, 2023)

#### **4.1.5 Barreras de Infraestructuras**

Las grandes infraestructuras de transporte generan un doble impacto negativo en la movilidad de los modos no motorizados.

En primer lugar, actúan como barreras físicas que no son permeables.

En segundo lugar, sirven como corredores de alta contaminación acústica y atmosférica, lo que afecta negativamente la experiencia de quienes se desplazan a pie o en bicicleta. La creación de infraestructuras específicas para estos modos de transporte es esencial y representa una acción clave para asegurar condiciones seguras en los desplazamientos no motorizados (Figura 28).

**Figura 28**

*Condiciones para el Desarrollo de la Movilidad Activa y la Micromovilidad*



Tomado de: <https://www.gea21.com/archivo/pr-plan-director-de-movilidad-ciclista-de-madrid/>

#### **4.1.6 Intermodalidad: Transporte Público Integrado**

La bicicleta y la micromovilidad son claves para el traslado de puerta a puerta, en los tramos inicial y final de los viajes, pero para ello deben darse facilidades para usarla en conjunto con el transporte público.

a) Adecuar el transporte masivo es necesario adecuar buses para que puedan trasladar bicicletas.

b) Implementar estacionamientos en paraderos: Tampoco puede descuidarse la colocación de estacionamientos de bicicletas cerca a los paraderos de buses y en zonas

estratégicas de la ciudad, y dotarlas de vigilancia para que los usuarios puedan dejarlas hasta su retorno.

c) Promover el uso de la bicicleta con la mejora del transporte público: Algunas investigaciones mencionan una relación entre la rapidez y calidad del transporte público y la proporción de bicicletas y viajes en ese modo; por ejemplo, el tren y los autobuses interurbanos, que son los modos de mayor rapidez, atraen sustancialmente a más usuarios de bicicletas que los tipos de transporte público más lentos y de menor calidad como autobuses o tranvías locales, y además los atraen desde más lejos, desde áreas de hasta 4 o 5 km (Martens, 2004).

El exitoso vínculo entre la bicicleta y el transporte público requiere de una planificación cuidadosa de una red de infraestructura para bicicletas que complemente de manera efectiva el sistema de transporte público. Esto garantiza que los usuarios de bicicletas puedan desplazarse de manera segura y cómoda hacia los puntos de acceso al transporte público.

La combinación de caminar para distancias cortas, el uso de la bicicleta para distancias intermedias y el transporte público para distancias más largas representa la opción de transporte más sostenible desde una perspectiva urbana, económica y ambiental. Cada modo de transporte se complementa entre sí, aprovechando sus fortalezas y mitigando sus debilidades respectivas. Similar al transporte en automóvil, la bicicleta ofrece un servicio de puerta a puerta, con una alta "capacidad de penetración" que facilita el acceso a casi todas las direcciones individuales.

Es una opción flexible, disponible en cualquier momento, rápida y eficiente para distancias cortas. Sin embargo, su alcance se ve limitado en comparación con otros medios de transporte, siendo menos adecuada para viajes de larga distancia.

Se comprende la intermodalidad como cualquier iniciativa que permita la integración de la bicicleta en un sistema de espacio urbano (tanto público como privado) o en el ámbito del transporte público (colectivo o masivo) de manera fluida y equitativa, garantizando la seguridad y eficiencia del proceso. Los desplazamientos se componen de una sucesión de

trayectos más breves que involucran segmentos o "eslabones del viaje", ya sea a pie o en otros vehículos, entre los cuales puede incluirse la bicicleta (Figura 29).

### Figura 29

#### *Etapas de Viaje e Integración de Bicicletas*



Tomado de: [https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/4853/publicacionesmovilidad\\_sosteniblegua\\_de\\_ciclo-infraestructura\\_para\\_ciudades\\_colombianas/](https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/4853/publicacionesmovilidad_sosteniblegua_de_ciclo-infraestructura_para_ciudades_colombianas/)

Para elegir el correcto tipo de infraestructura ciclista, el siguiente cuadro delinea qué posibilidades existen y serían más óptimas para Ecuador en base a la norma RTE INEN 004-6, tal y como se recoge en el Manual de ciclo-infraestructura y micromovilidad para Ecuador

La vulnerabilidad de un ciclista es obvia, cualquier impacto con otro medio de transporte significa su inestabilidad y puesta en riesgo.

Por ende, la Ciclorruta, además de separar al ciclo-usuario de otros tipos de tráfico, puede brindar al ciclista, una "zona espacial de amortiguamiento" la cual, actuará como un espacio para maniobras de emergencia que puede protegerlo de accidentes o salvar su vida en determinadas situaciones (Figura 30).

Figura 30

## Tipología de Ciclo-infraestructura

Categoría	Tipología (nombre)	Equivalencia según INEN-004 (u otras)	Uso Típico	Otras consideraciones
<b>Temporal</b>	Intervención de horas	Ciclopaseo dominical	Eventos temporales (ciclovía dominical, festivales)	
	Intervención de semanas	Carriles emergentes	Infraestructura piloto con miras a permanente	
	Intervención de meses: Ciclovía de segregación liviana.	Ciclovías segregadas	Vías secundarias con bajo riesgo o lugares temporales para comprobar permanencia	Durante su implantación se deben garantizar con medidas de pacificación la velocidad operativa baja (30km/h)
<b>Permanente</b>	Ciclovía de segregación dura	Ciclovías segregadas	Vías principales, en general vías de alto riesgo	Equivalente a cicloruta (Colombia)
	Vía ligera	(no existe en la normativa actual)	Centros históricos, acceso a mercados (carga), comercio de alto tráfico de personas	Similar a Spielstrasse (Alemania), LIT (OECD/ITF 2020), Slow lanes (Klein, 2018)
	Vía compartida	Vías compartidas	Lugares de bajo tránsito motorizado, barrios	
<b>Espacial</b>	Ciclovías en espaldón	Ciclovías en espaldón	Vías interurbanas	Estas ciclovías son una tipología existente que debe ser robustecida para proteger a ciclistas
	Ciclo-chaquiñán	(no existe en la normativa actual)	Entornos rurales	

Tomado de: (Ministerio de Transporte del Ecuador, 2023)

## 4.2 Ciclovías

El objetivo principal de una ciclovía es mejorar la seguridad de los ciclistas mediante la separación física del tráfico de vehículos. La ciclovía influye en la seguridad de los usuarios afectados al aumentar la libertad de movimiento de las bicicletas permitiendo a los ciclistas utilizar un espacio reservado y segregado. La ciclovía está separada físicamente (por ejemplo, mediante un bordillo, césped, etc.) y es independiente de la zona destinada a los vehículos

motorizados y a los peatones. La cicloavía puede ser unidireccional (a ambos lados de la vía) o bidireccional (a un lado de la vía).

#### **4.2.1 Lineamientos de Diseño de Cicloavías**

Los lineamientos de diseño de cicloavías son principios y directrices que se establecen para planificar y desarrollar infraestructuras seguras y eficientes para el uso de bicicletas. Estos lineamientos buscan crear entornos propicios para la movilidad en bicicleta, fomentar la seguridad de los ciclistas y promover una convivencia armoniosa con otros modos de transporte.

A continuación, se presentan algunos lineamientos comunes para el diseño de cicloavías:

- **Ancho Adecuado:** Establecer un ancho suficiente para la cicloavía que permita el flujo seguro y cómodo de los ciclistas en ambas direcciones. Un ancho mínimo recomendado es de al menos 1.5 metros.
- **Separación Física:** Donde sea posible, proporcionar una separación física entre la cicloavía y el tráfico vehicular para aumentar la seguridad de los ciclistas. Pueden utilizarse elementos como bolardos, setos o barreras físicas.
- **Conectividad:** Diseñar la cicloavía para que forme parte de una red de movilidad más amplia, conectando áreas residenciales, comerciales y de interés. La conectividad mejora la utilidad y atractivo de la cicloavía.
- **Señalización Clara y Visible:** Implementar señalización adecuada que informe a los ciclistas y conductores sobre la presencia de la cicloavía, indicando las reglas y normas de uso.
- **Seguridad en Intersecciones:** Prestar especial atención al diseño de intersecciones para minimizar los puntos de conflicto entre ciclistas y vehículos motorizados. Utilizar semáforos exclusivos para bicicletas cuando sea necesario.

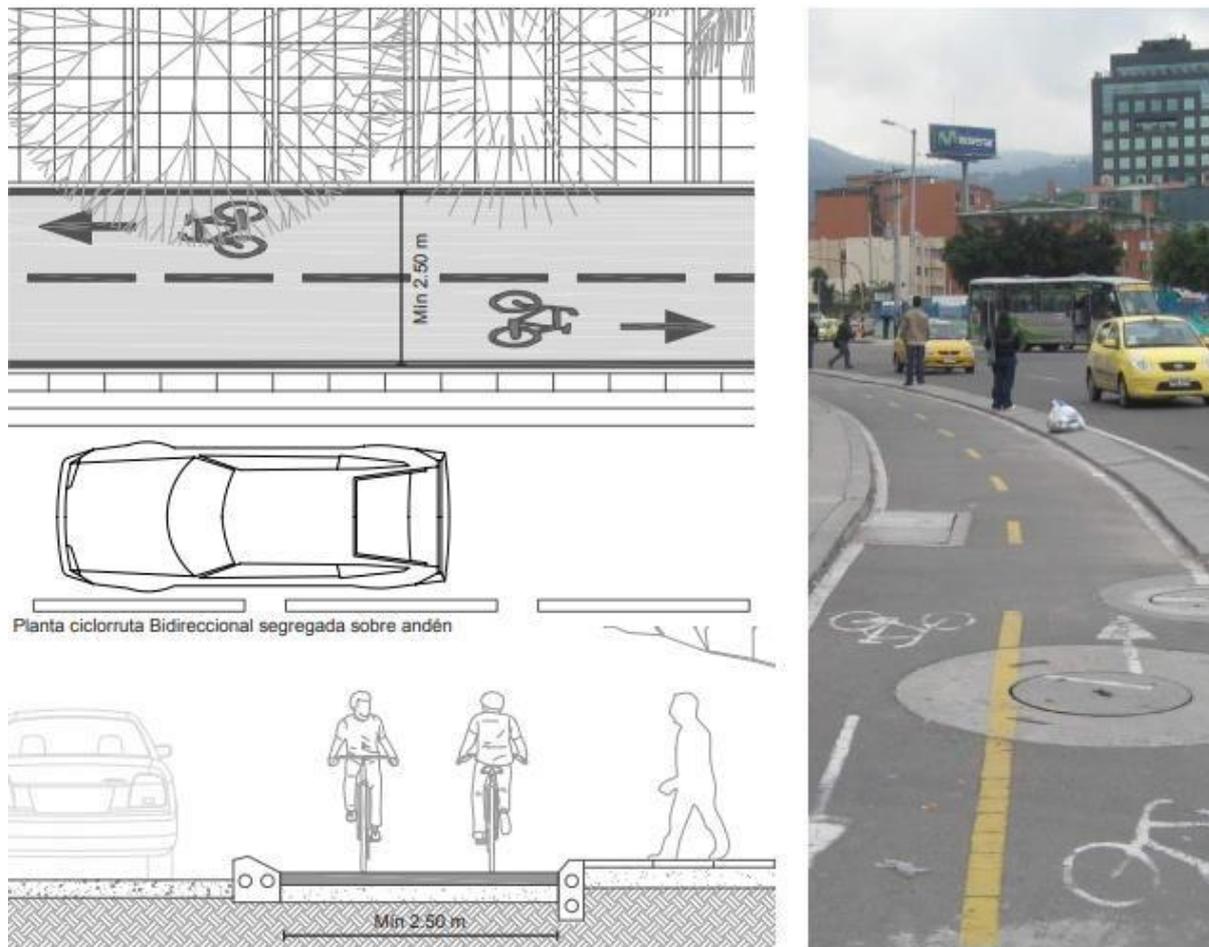
- Superficie de Calidad: Asegurarse de que la superficie de la ciclovía sea de calidad y esté bien mantenida para garantizar un viaje suave y seguro. Evitar obstáculos y reparar rápidamente cualquier daño.
- Estacionamientos para Bicicletas: Proporcionar estacionamientos seguros y accesibles para bicicletas en áreas estratégicas, como estaciones de transporte público, centros comerciales y lugares de interés.
- Iluminación: Instalar iluminación adecuada a lo largo de la ciclovía para garantizar la seguridad durante las horas de oscuridad. La iluminación también aumenta la visibilidad.
- Inclusividad y Accesibilidad: Diseñar la ciclovía de manera inclusiva, teniendo en cuenta las necesidades de ciclistas de todas las edades y habilidades. Facilitar el acceso para personas con discapacidades.
- Planificación Participativa: Involucrar a la comunidad y a los ciclistas en el proceso de planificación y diseño para garantizar que la ciclovía satisfaga las necesidades locales y sea aceptada por la comunidad.

Estos lineamientos son fundamentales para el desarrollo de ciclovías efectivas que fomenten el uso seguro y sostenible de la bicicleta como medio de transporte. Es importante adaptarlos a las condiciones específicas de cada ubicación y considerar las características del entorno urbano (Figura 31).

La utilidad de un estacionamiento es la suma de su ubicación, la modalidad y su diseño.

Como es lógico, la ubicación es clave para que se utilice un estacionamiento para bicicletas.

Hay varios aspectos que se deben tener en cuenta a la hora de elegir el lugar adecuado (Ministerio de Transporte de Colombia, 2016).

**Figura 31***Lineamientos de Diseño de Ciclovías*

Tomado de: MTOP (2022). Manual de ciclo-infraestructura y micromovilidad de Ecuador

**4.2.2 Directrices para la Instalación**

La franja de circulación de ciclistas debe proporcionar un camino continuo y libre de obstrucciones para las bicicletas. Esta franja de circulación puede variar de 1,8-2 m para rutas unidireccionales y puede aumentar en áreas de mayor demanda. Es necesario garantizar que el sistema de drenaje no disminuya el ancho útil de la ciclovía a lo largo de su recorrido. Las ciclovías suelen estar separadas de los carriles de tráfico por una zona de separación. Estas zonas pueden estar elevadas o a nivel, y no deben tener un ancho inferior a 1 m. La separación física de la franja de circulación de ciclistas con objetos verticales o con un separador elevado

maximiza la seguridad y el confort de los ciclistas y conductores, y se debe diseñar en todas las calles con velocidades vehiculares superiores a 30 km/h o con alto tráfico vehicular. Las ciclovías deben ir acompañadas de señales verticales de carril bici y de cruce de bicicletas. Por otro lado, la instalación de árboles contiguos a la ciclovía puede mejorar el confort térmico del ciclista, siempre que se garantice que la visibilidad es la adecuada (Figura 32).

### **Figura 32**

#### *Implementación de una Ciclovía*



Tomado de: (Nacto, 2023)

### **4.3 Impacto en la Seguridad Vial**

La implementación de ciclovías puede tener un impacto significativo en la seguridad vial, afectando diversos aspectos relacionados con la movilidad de ciclistas, peatones y conductores.

Aquí se presentan algunos de los impactos más relevantes:

- **Reducción de Conflictos entre Vehículos:** La segregación física de las ciclovías separa a los ciclistas del tráfico vehicular, reduciendo los conflictos y aumentando la seguridad tanto para los ciclistas como para los conductores de vehículos motorizados.
- **Disminución de Accidentes:** Las ciclovías bien diseñadas pueden contribuir a la disminución de accidentes al proporcionar un espacio claramente definido para los ciclistas. La segregación ayuda a prevenir colisiones entre bicicletas y vehículos.
- **Mayor Visibilidad de Ciclistas:** Al proporcionar un espacio exclusivo para ciclistas, las ciclovías aumentan la visibilidad de los ciclistas para los conductores y, a su vez, la conciencia mutua entre ambos usuarios de la vía.
- **Fomento del Cumplimiento Normativo:** La existencia de ciclovías establece reglas claras para el uso del espacio vial, fomentando el cumplimiento normativo por parte de ciclistas y conductores. Esto contribuye a la orden y seguridad general en la vía.
- **Seguridad en Intersecciones:** Un diseño adecuado de las intersecciones entre ciclovías y calles vehiculares puede mejorar la seguridad al minimizar puntos conflictivos y proporcionar señalización específica para ciclistas.
- **Reducción de Velocidades:** Las ciclovías, especialmente cuando están acompañadas de medidas de calmado de tráfico, pueden contribuir a reducir las velocidades vehiculares, lo que disminuye la gravedad de los accidentes y mejora la seguridad.
- **Fomento del Uso de Bicicletas:** Al proporcionar un entorno seguro y cómodo para los ciclistas, las ciclovías fomentan el uso de la bicicleta como medio de transporte, reduciendo la dependencia de vehículos motorizados y disminuyendo la congestión vehicular.

- **Mejora en la Convivencia Vial:** Las ciclovías contribuyen a una mejor convivencia entre distintos usuarios de la vía al crear un espacio específico para cada modo de transporte, promoviendo la armonía y reduciendo los roces entre peatones, ciclistas y conductores.
- **Beneficios para la Salud Pública:** Al fomentar el uso de la bicicleta, las ciclovías contribuyen a la mejora de la salud pública al promover la actividad física y reducir la contaminación del aire.
- **Reducción de Lesiones Graves:** La segregación física en ciclovías puede reducir la probabilidad de lesiones graves en caso de accidente al proporcionar un espacio más seguro para los ciclistas.

Además permite lo siguiente:

- Las ciclovías permiten a los ciclistas desplazarse cómodamente, separados de los automóviles (salvo en intersecciones); esto genera una percepción de seguridad que aumenta el uso de la bicicleta.
- Beneficios asociados para la salud y el medio ambiente que conlleva el aumento del uso de la bicicleta.
- Las ciclovías unidireccionales pueden proporcionar mayor seguridad con respecto a las bidireccionales.

#### **4.4 Aspectos de la Implementación**

- Las ciclovías separadas no suelen ser necesarias en las calles con velocidades de 30 km/h o inferiores porque a esta velocidad los ciclistas pueden compartir la calzada con los vehículos de forma relativamente segura y cómoda.
- Las ciclovías deben tener un mantenimiento adecuado para garantizar que los ciclistas prefieran estas a circular por un carril para vehículos.

- Las ciclovías no segregadas corren el riesgo de ser utilizadas para la circulación o el estacionamiento de vehículos motorizados

En la Figura 33 se muestran los aspectos significativos a tener en cuenta en la implementación de una ciclovía.

### Figura 33

#### *Aspectos de la Implementación de una Ciclovía*



Tomado de: <https://www.vanguardia.com/area-metropolitana/bucaramanga/tribunal-ordeno-reactivar-obras-de-las-ciclorrutas-en-bucaramanga-IA1763802>

Este tipo de infraestructura está integrada al nivel de la calzada o al separador lateral o central, y se prefiere porque hace más cómoda y directa la ruta del ciclista, si se compara con las cicloaceras ubicadas sobre la vereda, y por tanto los conflictos en las intersecciones se reducen tanto con peatones como con motorizados. Puede ser unidireccional (Figura 34) o bidireccional (Figura 35).

**Figura 34***Ciclovía Unidireccional*

Tomado de: <https://issuu.com/municipalidaddemendoza/docs/final.manualenlabici/s/18872701>

**Figura 35***Ciclovía Bidireccional*

Tomado de: <https://issuu.com/municipalidaddemendoza/docs/final.manualenlabici/s/18872701>

Cuando es unidireccional, se localiza preferiblemente en el costado derecho de la vía, porque facilita a los ciclistas desplazarse en el mismo sentido del flujo vehicular e integrarse fácilmente a una nueva calle al cambiar de dirección. Además, son las de mayor costo eficiencia dado que son intervenciones de bajo costo, rápida implementación y proveen seguridad y comodidad a los ciclistas. Las bidireccionales se prefieren en avenidas, donde se dificulta el paso a nivel de un lado al otro de la vía y por ende se requieren desplazamientos en ambos sentidos de un mismo costado, o también en alamedas, parques o corredores verdes donde los giros o intersecciones son mínimos y los conflictos con peatones y automotores son menores.

## Conclusiones

La propuesta de una alternativa de infraestructura ciclo-inclusiva para una ruta exclusiva de uso en transporte de última milla en el Norte de Guayaquil representa una respuesta significativa a los desafíos actuales de movilidad en la región. La implementación de esta infraestructura busca mejorar la eficiencia, seguridad y sostenibilidad del transporte en la última etapa de los viajes urbanos.

La alternativa propuesta incorpora elementos clave de diseño, como la creación de ciclovías segregadas y la consideración de intersecciones seguras, para garantizar un entorno amigable y seguro para los usuarios de bicicletas. Al conectar áreas residenciales, comerciales y puntos de interés, la propuesta busca optimizar la movilidad en la última milla, contribuyendo a la reducción de la congestión vehicular y a la promoción de opciones de transporte más sostenibles.

Además, la inclusividad y la accesibilidad son aspectos esenciales de la propuesta, buscando adaptarse a las necesidades de diversos usuarios, incluyendo aquellos con discapacidades. La infraestructura ciclo-inclusiva no solo tiene como objetivo mejorar la movilidad, sino también promover un entorno urbano más equitativo y accesible para todos.

El enfoque sistemático de los procedimientos técnicos aplicados para detallar el uso de la E-Bike en la micromovilidad y transporte eléctrico de última milla en el norte de Guayaquil destaca la importancia de esta solución en la mejora de la movilidad urbana. Este estudio respalda la viabilidad y beneficios de incorporar E-Bikes como parte integral de estrategias de transporte sostenible en áreas urbanas, con el potencial de generar impactos positivos tanto en la eficiencia del sistema de transporte como en la calidad de vida de los habitantes.

El análisis detallado del uso de la E-Bike en la micromovilidad y transporte eléctrico de última milla en el norte de Guayaquil, siguiendo los procedimientos técnicos establecidos, revela un panorama prometedor y beneficioso para la movilidad urbana en esta región. La

implementación de E-Bikes como parte integral de la micromovilidad demuestra ser una alternativa sostenible y eficiente para cubrir distancias cortas, especialmente en áreas urbanas congestionadas.

En resumen, la propuesta de infraestructura ciclo-inclusiva para transporte de última milla en el Norte de Guayaquil se presenta como una medida integral que puede contribuir significativamente a la mejora del sistema de movilidad urbana, fomentando un cambio hacia opciones de transporte más sostenibles y seguras en la región..

### **Recomendaciones**

Se debe evaluar la infraestructura vial y ciclista en el norte de Guayaquil para identificar áreas propicias para la implementación de E-Bikes en la última milla. Considerar la presencia de ciclovías, estacionamientos seguros para bicicletas y la conectividad con otros modos de transporte.

Se considera oportuno realizar un estudio de demanda para comprender la receptividad y necesidades de la población en cuanto al uso de E-Bikes en la última milla. Esto podría incluir encuestas, entrevistas y análisis de patrones de movilidad.

También considerar y llevar a cabo campañas educativas para concientizar a la comunidad sobre los beneficios de las E-Bikes y las normativas de seguridad. Promover el respeto entre usuarios de la vía, peatones y conductores.

## Bibliografía

- Adnan, M., Altaf, S., Bellemans, T., Yasar, A. U. H., & Shakshuki, E. M. (2019). Last-mile travel and bicycle sharing system in small/medium sized cities: user's preferences investigation using hybrid choice model. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 10, 4721-4731.
- Anaya-Boig, E. (2022). La micromovilidad como forma de transporte.
- Baek, K., Lee, H., Chung, J. H., & Kim, J. (2021). Electric scooter sharing: How do people value it as a last-mile transportation mode? *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 90, 102642.
- Bozzi, A. D., & Aguilera, A. (2021). Shared E-scooters: A review of uses, health and environmental impacts, and policy implications of a new micro-mobility service. *Sustainability*, 13(16), 8676.
- Laborda, J. (2022). La gestión de datos de movilidad y su potencial para generar valor. *Oikonomics: Revista de economía, empresa y sociedad*, (18), 1-11.
- Madapur, B., Madangopal, S., & Chandrashekar, M. N. (2020). Micro-mobility infrastructure for redefining urban mobility. *European Journal of Engineering Science and Technology*, 3(1), 71-85.
- Marchan Trinidad, J. D., Ortega Cubas, J. R., Sánchez Ubaldo, F. E., & Venegas Salcedo, K. Y. (2021). E-BICI: micromovilidad eléctrica.
- Mejía, S. R., Úsuga, E. U., Tabares, E. M., Mercado, J. E., & Restrepo, K. B. (2022). Análisis del presente y del futuro de la micromovilidad como alternativa de transporte en la ciudad de Medellín. *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería*.
- Navarro Armijo, I. P. (2020). Micromovilidad Compartida.

- Oeschger, G., Carroll, P., & Caulfield, B. (2020). Micromobility and public transport integration: The current state of knowledge. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 89, 102628.
- Roig-Costa, O., Gómez-Varo, I., Cubells, J., & Marquet, O. (2021). La movilidad post pandemia: perfiles y usos de la micromovilidad en Barcelona. *Revista Transporte y Territorio*, (25).
- Romm, D., Verma, P., Karpinski, E., Sanders, T. L., & McKenzie, G. (2022). Differences in firstmile and last-mile behaviour in candidate multi-modal Boston bike-share micromobility trips. *Journal of transport geography*, 102, 103370.

