



unl

Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad de Energía, las Industrias y los Recursos Naturales

No Renovables

Carrera de Ingeniería en Electromecánica

**Análisis del rendimiento de un patinete (scooter) eléctrico y una
bicicleta eléctrica convencional.**

**Trabajo de Titulación previo a la
obtención del título de Ingeniero
Electromecánico**

AUTOR:

Jefferson Manuel Lapo Huanca

DIRECTOR:

Dr. Jorge Enrique Carrión González, PhD.

Loja – Ecuador

2023

Certificación

Loja, 01 de agosto de 2023

Dr. Jorge Enrique Carrión González, Ph.D.

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo proceso de la elaboración del trabajo de Titulación denominado: **Análisis del rendimiento de un patinete (scooter) eléctrico y una bicicleta eléctrica convencional.**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Electromecánico**, de autoría del estudiante **Jefferson Manuel Lapo Huanca**, con **cédula de identidad** Nro. **1105673972**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja para el efecto, autorizo la presentación para la respectiva sustentación y defensa.

Dr. Jorge Enrique Carrión González, Ph.D.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Jefferson Manuel Lapo Huanca**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Titulación, en el Repositorio Digital Institucional-Biblioteca Virtual.

Firma: 

Cedula de identidad: 1105673972

Fecha: 01 de agosto del 2023

Correo electrónico: jmlapoh@unl.edu.ec

Celular: 0993995042

Carta de autorización por parte del autor, para la consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.

Yo, **Jefferson Manuel Lapo Huanca**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Análisis del rendimiento de un patinete (scooter) eléctrico y una bicicleta eléctrica convencional**, como requisito para optar por el título de **Ingeniero Electromecánico**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja a un día del mes de agosto de dos mil veintitres.

Firma: 

Autor: Jefferson Manuel Lapo Huanca

Cédula: 1105673972

Dirección: Consacola, Cantón Loja, Provincia Loja

Correo: jmlapoh@unl.edu.ec

Teléfono: 0993995042

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Titulación: Ing. Jorge Enrique Carrión González, PhD

Dedicatoria

Dedico este trabajo a Dios y a la Virgen por ser mi amparo, mi fortaleza y por permitirme haber logrado una de mis metas.

A mi madre, Lorena Mercedes, quien supo inculcarme valores y que con su ejemplo me enseñó a ser perseverante y no rendirme, y siempre ser una guía en mi camino, apoyarme y motivarme a seguir adelante.

A mis hermanos, Joseph y Jennifer quienes me acompañaron y me dieron ánimo de continuar, para poder llegar a ser un ejemplo para ellos.

A mi persona especial, Leticia, quien me acompañó en este proceso y me brinda su amor incondicional en mis momentos más difíciles, pero también, me motiva día a día a cumplir mis sueños y me ha impulsado a seguir adelante.

Con amor...

Jefferson Manuel Lapo Huanca

Agradecimientos

Agradezco a Dios y a la Virgen por estar presentes en mi vida, guiarme y darme la sabiduría para saber tomar decisiones para alcanzar mis metas, en especial, por brindarme la oportunidad de haber culminado esta etapa muy importante dentro de mis estudios.

Agradezco a mi madre y aquellos miembros de mi familia que desinteresadamente me han dado ánimos para continuar superándome, y me apoyaron en los diversos escenarios de mi vida.

A mi esposa, gracias a su motivación, amor y apoyo incondicional en todo momento.

Agradezco a mi director de Trabajo de Titulación, el Ingeniero Jorge Enrique Carrión González, por su apoyo, asesorías y correcciones en todo el proceso de realización del proyecto.

Finalmente agradezco a los docentes de la carrera de Ingeniería Electromecánica por difundir sus conocimientos, los consejos para el ámbito laboral y el anhelo de cada vez ir mejorando el sistema educativo.

Con amor...

Jefferson Manuel Lapo Huanca

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimientos	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas:	ix
Índice de figuras:	xi
Índice de anexos:	xiii
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1 Abstrac	3
3. Introducción	4
3.1 Objetivo general	5
3.1.1 Objetivos específicos	5
4. Marco teórico	6
4.1 Capítulo I: Movilidad eléctrica	6
4.1.1 Movilidad eléctrica en América Latina y el Caribe	6
4.2 Capítulo II: Micromovilidad	17
4.2.1 Concepto	17
4.3 Capítulo III: Vehículos eléctricos de movilidad personal.....	28
4.3.1 ¿Qué son los patinetes eléctricos?.....	28
4.3.2 Partes de un patinete eléctrico.....	28
4.3.3 Patinete eléctrico como medio de transporte sostenible.....	30
4.3.4 Tipos de patinetes eléctricos	31
4.3.5 Situación de los patinetes eléctricos en Ecuador	31
4.3.6 Vehículos de movilidad personal (VMP).....	34
4.3.7 Definición y componentes de una bicicleta eléctrica.....	38
5. Metodología	42
5.1 Área de trabajo	42

5.2 Equipos y materiales	42
5.2.1 Equipos	42
5.2.2 Materiales.....	42
5.3 Procedimiento	43
5.3.1 Primer objetivo.....	43
5.3.2 Segundo objetivo	43
5.3.3 Tercer objetivo	44
5.4 Procesamiento y análisis de datos	44
5.4.1. Primer objetivo: Determinar que patinete es eficiente para movilizarse en la ciudad de Loja.....	44
5.4.2 Segundo objetivo: Determinar el rendimiento y prestaciones de un patinete eléctrico y una bicicleta eléctrica convencional.....	58
5.4.3 Tercer objetivo: Realizar un análisis económico para elegir que vehículo ecológico es el más factible de adquirir.....	71
6. Resultados	77
7. Discusión	81
8. Conclusiones	83
9. Recomendaciones	84
10. Bibliografía	85
11. Anexos	93

Índice de tablas:

Tabla 1. Vehículos de micromovilidad en Ecuador.	20
Tabla 2. Síntesis de tipologías y equivalencia con normas actuales.	21
Tabla 3. Tipos de patinetes eléctricos.	31
Tabla 4. Vehículos de movilidad personal.	34
Tabla 5. Rutas planteadas para determinar la autonomía del patinete.	45
Tabla 6. Valores de la densidad y de la viscosidad cinemática en función de la altitud.	47
Tabla 7. Coeficientes de arrastre para diferentes formas geométricas.	48
Tabla 8. Factor de resistencia a la rodadura.	49
Tabla 9. Distribución de pendientes en la ciudad de Loja.....	50
Tabla 10. Ficha técnica del patinete Ninebot F30.....	54
Tabla 11. Ficha técnica del patinete Ninebot F40.....	55
Tabla 12. Ficha técnica Electric Scooter PRO 2.....	56
Tabla 13. Resultados de la prueba de funcionamiento de los patinetes eléctricos.....	57
Tabla 14. Método de ponderación para la selección del patinete eléctrico.....	58
Tabla 15. Ruta 1.....	58
Tabla 16. Ruta2.....	59
Tabla 17. Ruta 3.....	60
Tabla 18. Ruta 4.....	61
Tabla 19. Resultados de la prueba en circuito abierto.....	62
Tabla 20. Características del terreno para las pruebas de rendimiento en circuito cerrado. ..	64
Tabla 21. Resultados de la prueba en circuito cerrado.....	64
Tabla 22. Resultados de la prueba en circuito abierto.....	67
Tabla 23. Resultados de la prueba en circuito cerrado para 800 m.	68
Tabla 24. Rendimiento en km recorridos según el voltaje de la batería.....	69
Tabla 25. Emisiones generadas por diferentes vehículos.....	70
Tabla 26. Tiempo de recorrido.....	70
Tabla 27. Costo total del patinete y bicicleta eléctricos.....	71
Tabla 28. Estimado de consumo de energía eléctrica del patinete eléctrico.....	72
Tabla 29. Estimado de consumo de energía eléctrica de la bicicleta eléctrica.....	72
Tabla 30. Costo anual del mantenimiento del patinete eléctrico.....	73
Tabla 31. Días de precipitación en un año.	74
Tabla 32. Inversión total por el usuario al adquirir un vehículo de micromovilidad.	75

Tabla 33. Método de ponderación para la selección del vehículo eléctrico de micromovilidad	76
Tabla 34. Potencia del motor eléctrico.	77
Tabla 35. Resultados de las pruebas del patinete eléctrico	77
Tabla 36. Resultados de las pruebas de la bicicleta eléctrica.	78

Índice de figuras:

Figura 1. Instrumentos para la promoción de la movilidad eléctrica (PNUMA, 2020).	8
Figura 2. Metas sobre la movilidad eléctrica en la región (PNUMA, 2020).	9
Figura 3. Vehículos eléctricos livianos registrados en Latinoamérica y el Caribe.	9
Figura 4. Electrocorredores para vehículos eléctricos en América Latina (PNUMA, 2020). 11	
Figura 5. Buses eléctricos (e-buses) en América Latina y el Caribe (PNUMA, 2020).	12
Figura 6. Países que cuentan con movilidad eléctrica compartida.....	13
Figura 7. Vehículos eléctricos livianos vendidos en Ecuador (Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador AEADE, 2018).	14
Figura 8. Vehículos de micromovilidad (BID; ITDP, 2021).	18
Figura 9. Características de los sistemas de movilidad eléctrica compartida (micromovilidad) (PNUMA, 2020).	18
Figura 10. Dimensiones bicicleta-ciclista (Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN, 2013).	19
Figura 11. Dimensiones básicas de ciclo-infraestructura: Dimensiones generales, unidireccional y bidireccional de un costado. Resguardo con relación con elementos de vía pública (Ministerio de Transporte de Colombia, 2016).	24
Figura 12. Resguardos: Entre bicicleta y automóvil (a 50km/h); con respecto al estacionamiento; y con estacionamiento para circulación de calzada (Ministerio de Transporte de Colombia, 2016).	25
Figura 13. Toma de decisiones para regular sistemas de micromovilidad compartida (BID; ITDP, 2021).	26
Figura 14. Clasificación de los VPM en Ecuador (Instituto de Investigación Geológico y Energético, 2020).	36
Figura 15. Componentes de una bicicleta eléctrica (GlobeTEK, 2010).	39
Figura 16. Área de trabajo del proyecto. (Agila et. al, 2018)	42
Figura 17. Diagrama de cuerpo libre del patinete.	46
Figura 18. Área frontal del patinete eléctrico.....	48
Figura 19. Diagrama de cuerpo libre en un plano inclinado	50
Figura 20. Diagrama de cuerpo libre del patinete.	52
Figura 21. Patinete Ninebot F30 (De Patinetes, 2022).....	54
Figura 22. Patinete Ninebot F40 (De Patinetes, 2022).....	55
Figura 23. Electric Scooter PRO 2 (Contreras, 2022).....	56
Figura 24. Ruta 1	59

Figura 25. Ruta 2.....	60
Figura 26. Ruta 3.....	61
Figura 27. Ruta 4.....	62
Figura 28. Descarga de energía de la batería	63
Figura 29. Ruta del circuito cerrado.....	64
Figura 30. Descarga de energía de la batería.	65
Figura 31. Bicicleta eléctrica de la Universidad Nacional de Loja. (Herrera, 2022)	66
Figura 32. Descarga de energía de la batería	67
Figura 33. Descarga de energía de la batería. (Herrera, 2022)	69
Figura 34. Monitor Efergy E2 classic.	71
Figura 35. Probabilidad diaria de precipitación en Loja.	74

Índice de anexos:

Anexo 1. Informe energético diario Elink Efergy.....	93
Anexo 2. Informe energético diario Elink Efergy.....	94
Anexo 3. Certificación de traducción del resumen.	95

1. Título

Análisis del rendimiento de un patinete (scooter) eléctrico y una bicicleta eléctrica convencional.

2. Resumen

En un mundo cada vez más urbanizado, las ciudades asumen un rol central en el desarrollo de políticas y medidas de movilidad sostenible, siendo la micromovilidad un factor clave para el mejoramiento de la calidad de vida urbana. En la actualidad se dispone de dispositivos de micromovilidad para recorrer distancias cortas en ciudad, como patinetes, bicicletas eléctricas. El objetivo de este estudio es analizar el rendimiento de un patinete eléctrico y una bicicleta eléctrica convencional para determinar que vehículo de micromovilidad presenta mejores prestaciones. Se dimensiona el motor eléctrico para determinar la potencia del patinete eléctrico y a través del planteamiento de las rutas de prueba conocer la autonomía mínima que el vehículo deber tener, y así seleccionar del mercado local el patinete eléctrico que mejor se adapte a las condiciones de la ciudad. La bicicleta eléctrica evaluada pertenece al Centro de investigación de la Universidad Nacional de Loja I2TEC. Las pruebas de rendimiento se realizaron en circuito abierto y cerrado, el circuito abierto comprende cuatro rutas que combinan ciclovías y las calles más transitadas de la ciudad con presencia de pendientes de hasta un 10% de inclinación, el circuito cerrado se realizó en terreno plano de un barrio de la ciudad de Loja. Las pruebas efectuadas indican que el rendimiento de la batería en circuito abierto es menor obteniendo como resultado 15,5 km en el patinete eléctrico y 34,6 km en la bicicleta eléctrica, en circuito cerrado los rendimientos del patinete eléctrico y bicicleta eléctrica fueron de 18,1 km y 37 km respectivamente. Adicionalmente se realiza un análisis económico para calcular el valor de la inversión total que representa el uso de cada vehículo eléctrico y el uso del transporte público tradicional, considerando el tiempo de vida útil del patinete eléctrico (5 años máximo) se obtuvo como resultado una inversión de USD 1 865 y la inversión total en esos mismos 5 años en transporte público es de USD 2 400, la inversión por la bicicleta eléctrica considerando 10 años de vida útil es de USD 3 560 y el transporte público representara una inversión de USD 4 800 en ese lapso. Se concluye que la bicicleta eléctrica al tener mayores prestaciones y precios más accesibles es la mejor alternativa para la movilidad en la ciudad de Loja, ahorrando dinero y ayudando a reducir la contaminación y descongestionar el tráfico de los vehículos convencionales, sin embargo, la lluvia limita su uso lo que no permite reemplazar de manera permanente al transporte público convencional.

Palabras clave: patinete eléctrico, bicicleta eléctrica, micromovilidad.

2.1 Abstract

In an increasingly urbanizing world, cities play a central role in the implementation of sustainable mobility policies, with micromobility being a key factor in improving the quality of service to the urban environment. Currently, micromobility devices are available to travel short distances in the city, such as scooters, and electric bicycles. This study aims to analyze the performance of an electric scooter and a conventional electric bike to determine which micromobility vehicle offers the best performance. The electric motor is sized to determine the power of the electric scooter and through the approach of the test routes to know the minimum autonomy that the vehicle must have, and thus select the electric scooter that best suits the conditions of the city from the local market. The evaluated electric bicycle belongs to the Research Center of the National University of Loja I2TEC. The performance tests were carried out in open and closed circuits, the open circuit includes four routes that combine cycle paths and the busiest streets in the city with slopes of up to 10% inclination, and the closed circuit was carried out on flat terrain of a neighborhood in Loja city. The tests carried out indicate that the performance of the battery's physical condition in an open circuit is lower, obtaining as a result 15.5 km on the electric scooter and 34.6 km on the electric bicycle, in a closed circuit the performance of the electric scooter and electric bike was 18.1 km and 37 km respectively. In addition, an economic analysis was carried out to calculate the value of the total investment that would represent the use of each electric vehicle and the use of traditional public transport, considering the useful life of the electric scooter (5 years maximum) was obtained as a result an investment of USD 1 865, and the total investment in those same 5 years in public transport is of USD 2 400, the investment for the electric bicycle considering a 10-year useful life is of USD 3 560 and public transport will represent an investment of USD 4 800 in that span. It is concluded that the electric bike, having better features and more accessible prices, is the best alternative for mobility in the city of Loja, saving money and helping to reduce pollution and decongest the traffic of conventional vehicles, however, the rain limits its use, which does not allow a permanent replacement of conventional public transport.

Keywords: electric scooter, electric bicycle, micromobility.

3. Introducción

La micromovilidad puede definirse como una forma de transporte basada en el empleo masivo de vehículos ligeros como scooters, monopatines y bicicletas que permiten recorrer distancias cortas y frecuentes de hasta 10 km, para ir al trabajo, gimnasio, la universidad, entre otros (Institute for Transportation & Development Policy, 2020). Durante los últimos años ha existido un auge de los desplazamientos vehiculares de corta distancia con energía que no proviene de combustibles fósiles.

En la actualidad más de la mitad de la población mundial vive en zonas urbanas y genera al menos 70 % de las emisiones de carbono (Naciones Unidas, 2015), por lo que es evidente que se necesita medios de transporte alternativos para contrarrestar el impacto ecológico. El uso de transportes alternativos en el país se ha ido incrementando y evolucionando, los patinetes y bicicletas eléctricos se crean como una alternativa viable de transporte; sin embargo, no hay estudios que analicen de manera concreta que tan rentables y eficientes son estos vehículos eléctricos de micromovilidad.

Este proyecto se realizó con el objetivo de buscar un medio de transporte alternativo sostenible y ecológico para mejorar la movilidad en la ciudad de Loja. Mediante el análisis de rendimiento del patinete eléctrico y la bicicleta eléctrica convencional se analiza qué vehículo de micromovilidad es adecuado para reducir, de cierta forma, el uso del transporte público como principal medio de transporte dentro de la urbe, de tal forma, que ayude a reducir el impacto de la contaminación producida por los vehículos de combustión para lograr una movilidad sostenible en la ciudad.

En la ciudad de Cuenca Aguirre & Ortega (2020) implementaron un estudio donde plantearon al patinete eléctrico como un sistema alternativo de movilidad vehicular teniendo una aceptación del 83% por parte de la ciudadanía indicando que si usarían este medio de transporte para recorridos cortos dentro de la ciudad. En la ciudad de Loja existe HOPscooter que es una empresa que se dedica al alquiler de patinetes eléctricos, lo que indica que este medio de transporte alternativo si tiene aceptación y se lo puede introducir como una alternativa del transporte público convencional.

Es fundamental conocer que patinete eléctrico es funcional para movilizarse en la ciudad de Loja, así poder determinar el rendimiento y prestaciones que tiene este vehículo, de igual forma el rendimiento y prestaciones de una bicicleta eléctrica convencional, para realizar un análisis económico para determinar que vehículo eléctrico de micromovilidad es más factible adquirir.

El rendimiento de ambos vehículos eléctricos dependerá de distintas variables tales como las condiciones de las vías, inclinación del terreno, el clima. Con el análisis de rendimiento se obtiene la autonomía del patinete eléctrico y de la bicicleta eléctrica bajo diversos parámetros. Con estos resultados se espera determinar si la implementación de estos medios de transporte alternativos resulta una solución para mejorar la movilidad en la ciudad de Loja.

3.1 Objetivo general

- Analizar el rendimiento de un patinete (scooter) eléctrico y una bicicleta eléctrica convencional.

3.1.1 Objetivos específicos

- Determinar que patinete es eficiente para movilizarse en la ciudad de Loja.
- Determinar el rendimiento y prestaciones de un patinete eléctrico y una bicicleta eléctrica convencional.
- Realizar un análisis económico para elegir que vehículo ecológico es el más factible de adquirir.

4. Marco teórico

4.1 Capítulo I: Movilidad eléctrica

4.1.1 *Movilidad eléctrica en América Latina y el Caribe*

América Latina y el Caribe es una de las regiones más urbanizadas del planeta. El incremento de la población mundial y su concentración en ciudades ha tenido diversos impactos en el medio ambiente. Uno de los más relevantes es la emisión de gases de efecto invernadero y su consiguiente repercusión en el sistema climático a causa del transporte. Con un 80 % de su población viviendo en zonas urbanas y el 15 % de las emisiones de gases de efecto invernadero aportadas por ese sector, América Latina y el Caribe necesita avanzar hacia un transporte más eficiente, pero también limpio (CEPAL, 2016).

La descarbonización del sector del transporte y el sector de la generación eléctrica surge como una solución eficaz para transformar el sector, mejorar la calidad de vida en la región, proteger la salud humana y contribuir al cumplimiento de los compromisos climáticos suscritos por los países en el marco del acuerdo de París. De ahí la importancia de fijar y dar seguimiento a metas ambiciosas a corto, medio y largo plazo que incluyan la movilidad eléctrica como un sector clave para la descarbonización (PNUMA, 2016).

A largo plazo y de forma duradera, América Latina y el Caribe tiene la oportunidad de reducir drásticamente las emisiones del transporte y mejorar la calidad del aire de las ciudades a través de la transición hacia la movilidad eléctrica, una transformación que en gran parte puede ser posible gracias a la alta matriz de generación de energía renovable de la región. En los últimos años, América Latina y el Caribe ha destacado por su interés en el despliegue de la movilidad eléctrica y por el avance de varios países en el desarrollo de regulaciones y en la implementación de proyectos piloto (PNUMA, 2020).

Dados los altos porcentajes de energías renovables, la rápida urbanización, la fuerte utilización del transporte público y los altos niveles de contaminación en la región, la transición a la movilidad eléctrica alimentada de energías limpias empieza a generar un interés creciente en los gobiernos, pero también en la ciudadanía. Más allá de los sistemas de transporte eléctricos de rieles (metro, trenes y tranvías), se observa la aparición de diversas asociaciones provenientes de la sociedad civil dedicadas a este sector y formadas por entusiastas, adoptadores tempranos y emprendedores (PNUMA, 2016).

Del lado legislativo y de marco legal se observa que los diferentes países de la región siguen diferentes estrategias para integrar la movilidad eléctrica en la política pública. En algunos casos, se ha avanzado en un marco legal completo, con leyes integrales que se encuentran en fase de desarrollo o ya vigentes. En otros casos, se cuenta con una estrategia

nacional de movilidad que regirá los desarrollos legislativos y las metas a corto, medio y largo plazo, y que sirve como base para la formalización futura de un marco legal integral (CEPAL, 2016).

Es importante resaltar el liderazgo de las ciudades en el desarrollo e implantación de esta tecnología. Se observa que varias de las grandes urbes de la región marcan el paso a los países, pasando ya de proyectos piloto a la introducción de grandes números de buses y otros medios de transporte público en sus flotas. Asimismo, es en las ciudades donde se observa con mayor intensidad la diseminación de transportes alternativos como los patinetes, bicicletas o motocicletas eléctricas. Además, existe una evidente proliferación del número de puntos de carga en muchos países de la región, así como la aparición o expansión de corredores de carga que permiten cubrir amplias distancias y que incentivan la adquisición y/o el uso de vehículos eléctricos por parte de sus ciudadanos. También es importante destacar la aparición de programas educativos y de formación que harán posible la implantación sistémica de la movilidad eléctrica (PNUMA, 2020).

De esta forma, la electrificación de la movilidad contribuiría a la consecución de un buen número de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, de manera directa o indirecta, entre ellos: Salud y Bienestar, Ciudades y Comunidades Sostenibles, Acción por el Clima, entre otros (Panel intergubernamental del Cambio CLimático, 2019).

4.1.1.1 Política pública y marco legal

En materia de política pública y marco legal, los países y las ciudades de la región han buscado orientar y estimular el desarrollo de la movilidad eléctrica de diversas formas. Colombia y Costa Rica cuentan con leyes integrales de movilidad eléctrica vigentes y hay varios otros con iniciativas en marcha para la formulación de instrumentos legales similares. Asimismo, existe un grupo más amplio de países con instrumentos legislativos o regulatorios parciales, algunos brindan incentivos fiscales y/o no fiscales, otros regulan la eficiencia del parque automotor y otros fomentan el desarrollo de industrias y emprendimientos asociados a la movilidad eléctrica como se puede observar en la **Figura 1**. Por otro lado, Colombia, Chile, Costa Rica y Panamá ya cuentan con estrategias o planes nacionales de movilidad eléctrica, mientras que Argentina, México y Paraguay están en el proceso de formulación y lanzamiento de sus propias estrategias (PNUMA, 2020).

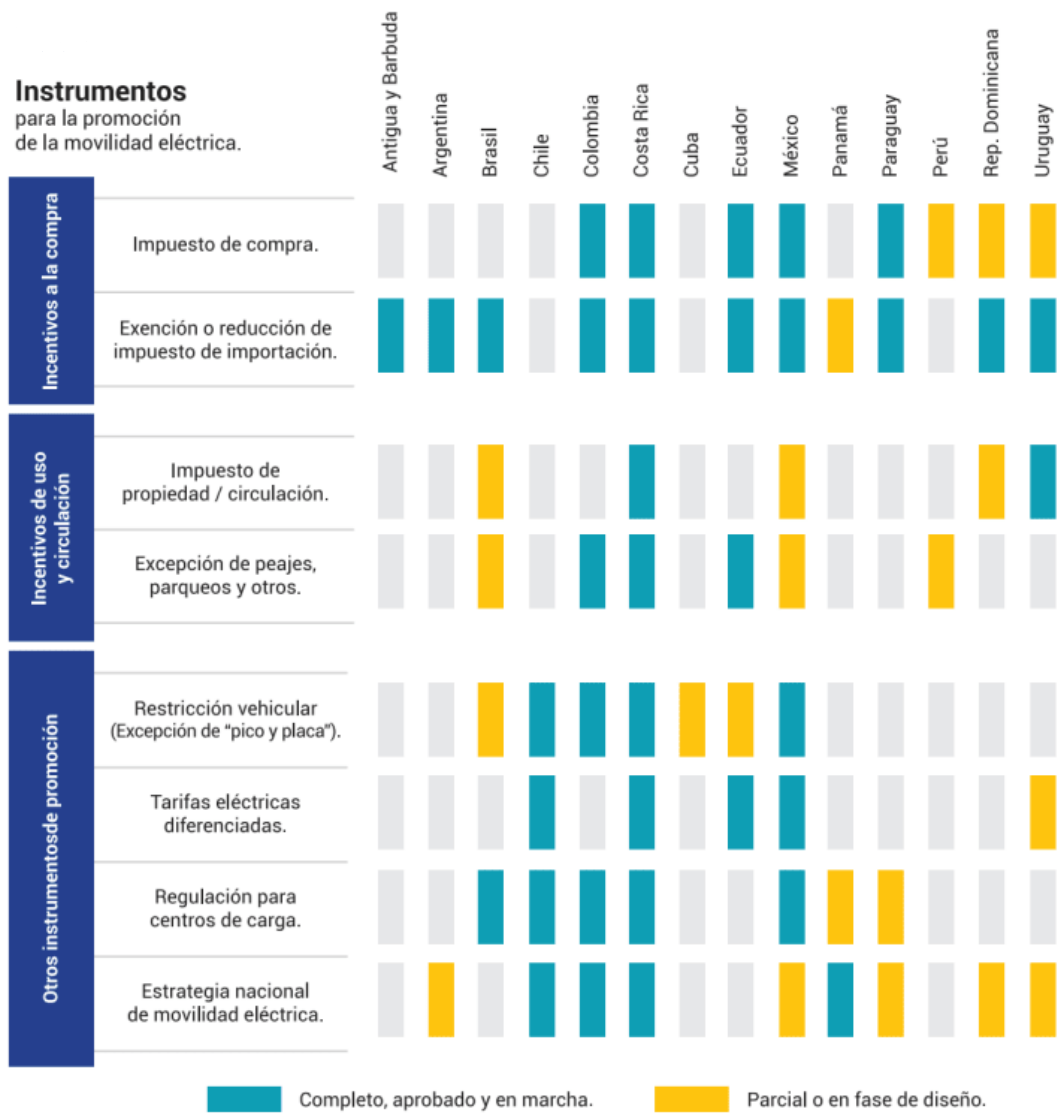


Figura 1. Instrumentos para la promoción de la movilidad eléctrica (PNUMA, 2020).

Es relevante evidenciar el establecimiento de metas asociadas (**Figura 2**) al despliegue de la movilidad eléctrica por parte de países y ciudades, derivadas de los instrumentos legales anteriormente mencionados.



Figura 2. Metas sobre la movilidad eléctrica en la región (PNUMA, 2020).

4.1.1.2 Vehículos eléctricos e infraestructura de recarga

Entre enero de 2016 y septiembre de 2019, se registraron casi 6 000 vehículos eléctricos livianos en América Latina y el Caribe (Figura 3). Durante este periodo, el mayor volumen de estos registros se ha dado en países como Colombia, México y, recientemente, Costa Rica y República Dominicana. Cabe destacar que estas estimaciones dejan fuera los vehículos de dos y tres ruedas (ANDEMOS, 2019).

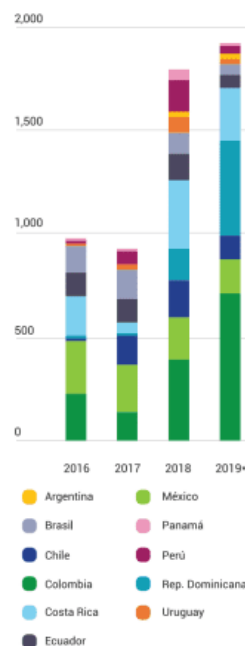


Figura 3. Vehículos eléctricos livianos registrados en Latinoamérica y el Caribe.

En 2019, se empieza a hacer más evidente la electrificación de otros segmentos del sector transporte como las flotas oficiales, de reparto o de transporte de carga y mercancías, así como de saneamiento público, que, en su mayoría, consisten en proyectos piloto para evaluar el desempeño de la tecnología para una posterior introducción a gran escala (Sistemas de Transportes Eléctricos, 2019).

En materia de tecnología de vehículos pesados eléctricos de pasajeros, es importante destacar que existen algunos ejemplos de vehículos de carga continua como los trolebuses en México, Ecuador, Argentina o Chile (Empresa de Transporte de Pasajeros, 2020), y, por otro lado, un autobús eléctrico con hidrógeno que se probó en Costa Rica (La voz de Guacacaste, 2017).

Sin embargo, el mayor avance se está dando en los vehículos de baterías, sobre todo con carga nocturna, pero la falta de estaciones de carga sigue siendo una de las principales barreras para el despliegue de la movilidad eléctrica que ha contribuido al incremento de la puesta en marcha de infraestructura de recarga en la región. Ejemplos de ello son Brasil y Chile, que pusieron en marcha dos corredores de vehículos eléctricos (también conocidos como “electrocorredores”) de una distancia aproximada de 730 km. A continuación, en la **Figura 4** podemos observar los electrocorredores que existen en América Latina (TAMSE, 2019).



Figura 4. Electrocorredores para vehículos eléctricos en América Latina (PNUMA, 2020).

4.1.1.3 Transporte público eléctrico

A pesar de que la electrificación del transporte público en la mayoría de los países se encuentra en fase piloto, en otros países ya se encuentra en una fase incipiente de despliegue, siendo este segmento el que se está electrificando a mayor velocidad. Los tomadores de decisiones continúan fomentando la transición hacia el transporte público cero emisiones. La tendencia a la baja de los precios de los buses eléctricos, así como la creciente preocupación por los impactos en la salud y el medio ambiente derivado de las emisiones de los vehículos de combustión en las ciudades, son los principales motivadores de esta transición (Enel X, 2019).

En materia de buses eléctricos, Chile sobresale en 2019 por la puesta en marcha de la primera ruta de buses de transporte público 100 % eléctrica. En este sentido, Chile también destaca por ser el país con el mayor número de buses eléctricos en América Latina y el Caribe 386 unidades, la mayoría de los cuales se ubican en la ciudad de Santiago (Enel X, 2019).

Colombia anunció la adjudicación de 379 buses eléctricos para la ciudad de Bogotá y ya cuenta con flotas en operación en otras ciudades. En el Caribe, varios países han expresado el interés de electrificar el transporte público. Antigua y Barbuda cuenta con un proyecto piloto para transporte de estudiantes, y Barbados lanzó una licitación para la compra de buses eléctricos (GOV.CO, 2019). En la **Figura 5** se detalla situación de los buses eléctricos en América Latina y el Caribe.

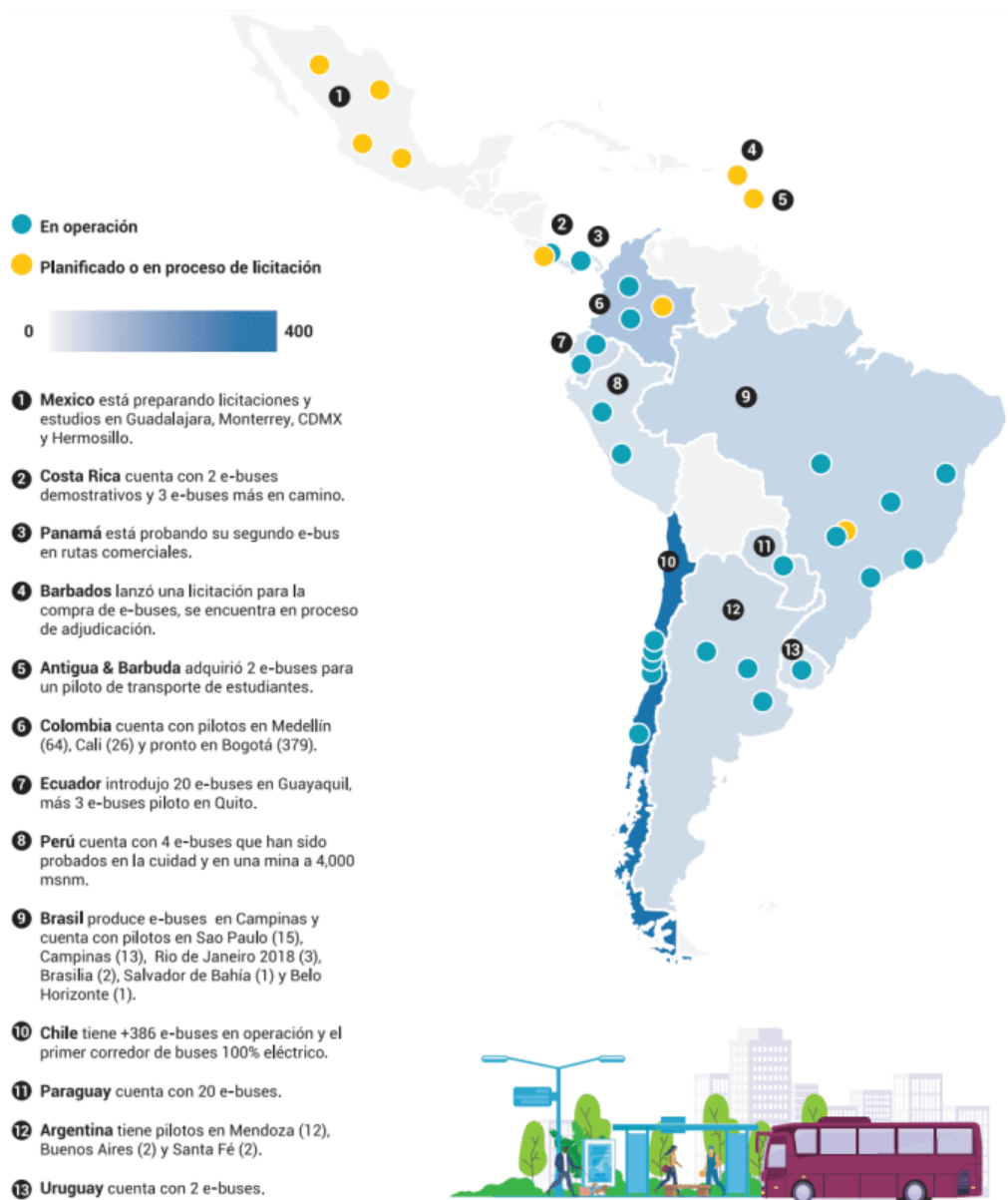


Figura 5. Buses eléctricos (e-buses) en América Latina y el Caribe (PNUMA, 2020).

En materia de taxis eléctricos, similar a los buses eléctricos, la mayoría de los casos de implementación consisten en proyectos piloto. No obstante, República Dominicana sobresale con la introducción de una flota de 200 taxis eléctricos por parte de la Central Nacional de Transportistas Unificados (CNTU) (Diario Libre, 2019).

4.1.1.4 Movilidad compartida

Por su parte, la movilidad compartida a través de bicicletas y monopatines eléctricos ha tenido un despliegue acelerado en la región. Se contabilizan nueve países de la región con servicios de este tipo (**Figura 6**), todos ubicados en ciudades principales y suelen contar con plataformas digitales para gestionar su operación y cobro. Si bien en algunos casos, la electrificación de la movilidad compartida ha surgido como un complemento de los sistemas existentes, la mayoría surgen como nuevos emprendimientos por parte del sector privado. Esto presenta una gran oportunidad para que las ciudades realicen una transición hacia modos de movilización más sostenibles tanto para sus habitantes como para los visitantes (Santiago Smart City, 2018).



Figura 6. Países que cuentan con movilidad eléctrica compartida.

Cabe destacar que estos procesos de implementación deben complementarse con infraestructura accesible y segura para todos los usuarios con especial atención a las poblaciones más vulnerables. Se deben generar también marcos regulatorios para garantizar que su adopción promueva la sostenibilidad en las ciudades, de conformidad con lo propuesto en el Objetivo de Desarrollo Sostenible de ciudades y comunidades sostenibles (ODS 11) (Santiago Smart City, 2018).

4.1.1.5 Avances de la movilidad eléctrica en Ecuador

4.1.1.5.1 *Política pública y marco legal*

En Ecuador, se brindan diversos incentivos para los vehículos eléctricos e híbridos. La Ley Orgánica para el Fomento Productivo elimina los impuestos de valor agregado y el impuesto especial sobre consumos a los vehículos eléctricos por un periodo de cinco años (Gobierno del Ecuador, 2020).

La Ley Orgánica de Eficiencia Energética establece como uno de sus ejes el impulso de la movilidad eléctrica en el transporte público urbano e interprovincial. De igual modo, define que, a partir del año 2025, todos los vehículos que se incorporen a los sistemas de transporte público deberán ser eléctricos y gozarán de tarifas energéticas preferenciales. Dicha ley insta a los gobiernos locales a brindar incentivos para fomentar el uso, aparcamiento y circulación de vehículos eléctricos; asimismo, establece la posibilidad de crear modelos de negocio para la carga eléctrica de vehículos (Asamblea Nacional, 2019).

La Resolución N. 016/2019 ofrece una exoneración del impuesto de importación para vehículos eléctricos con un valor menor a US\$40 000, así como centros de carga y baterías. Además, la resolución ARCONEL-038-15 define tarifas con demanda horaria diferenciada para la recarga de vehículos eléctricos en media y alta tensión (ARCONEL, 2015).

4.1.1.5.2 *Vehículos eléctricos e infraestructura de recarga*

De acuerdo con datos de la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador, entre 2016 y 2019 (**Figura 7**), se registraron más de 465 vehículos eléctricos (Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador AEADE, 2018)

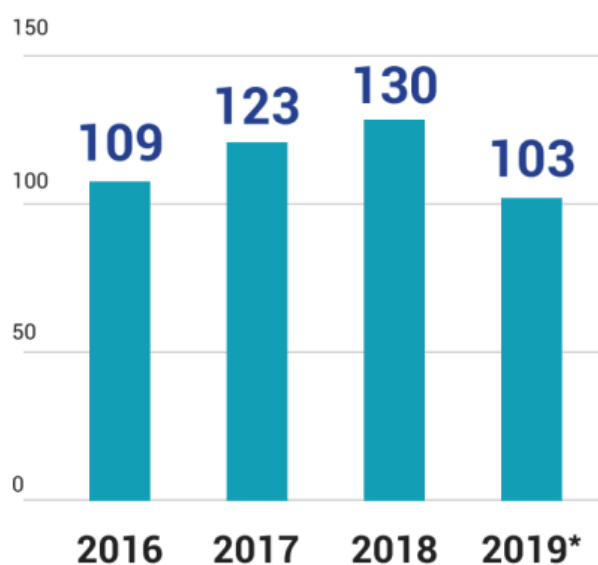


Figura 7. Vehículos eléctricos livianos vendidos en Ecuador (Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador AEADE, 2018).

En el caso específico de la provincia insular de Galápagos, el Consejo de Gobierno del Régimen Especial de Galápagos emitió la Ordenanza N 01-CGREG-2016, que contiene el reglamento para el ingreso y control de vehículos y maquinaria. En dicha ordenanza, se permite el ingreso permanente de motocicletas y vehículos eléctricos para uso personal y se promueve la sustitución, en casos específicos, de vehículos de combustión interna por vehículos eléctricos. De acuerdo a la base de datos del Consejo de Gobierno de Galápagos, proporcionados por el Automóvil Club de Ecuador, se estima que han ingresado más de 180 vehículos eléctricos a Galápagos (Consejo del Gobierno del Régimen Especial de Galápagos, 2016).

La infraestructura de carga ha avanzado en algunos comercios e instalaciones públicas, en lugares como Quito, Cuenca, Loja y Galápagos, principalmente por iniciativa privada. El Reglamento Técnico Ecuatoriano PRTE-INEN-162 establece las especificaciones y requisitos para los accesorios de carga para vehículos eléctricos (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 2017).

4.1.1.5.3 *Transporte público eléctrico*

La ciudad de Guayaquil cuenta con una flota de 20 buses eléctricos adaptados en el país (BYD, 2019). Ese proyecto fue financiado por la Corporación Financiera Nacional (CFN), la cual creó una línea de crédito especializada para empresas de transporte público. El financiamiento alcanzó los US\$ 7,6 millones y permitió adquirir las unidades, la infraestructura de carga y apoyo para el servicio (CFN, 2018). En diciembre de 2019, el Gobierno Nacional y el Municipio de Quito anunciaron el compromiso de adquirir 300 buses eléctricos. A la fecha, se han probado dos buses eléctricos en una de las líneas de transporte público de Quito, así como un bus eléctrico articulado (El Telégrafo, 2019). La ciudad de Loja incursionó con la introducción de 35 taxis eléctricos y un centro de carga rápido en 2017. Actualmente operan 51 unidades eléctricas en esta ciudad (Díaz, 2017).

Por su parte, Guayaquil introdujo 50 taxis eléctricos, así como un complejo con estaciones de carga rápida disponible para los buses y taxis eléctricos que operan en la ciudad (BYD, 2019). Cabe destacar que el Municipio ofreció pagar el 50 % de la factura eléctrica por el primer año de operación de los buses y taxis eléctricos, y ofreció un bono de compra para los taxistas que decidieran cambiar su vehículo de combustión por uno eléctrico (BYD, 2019).

Quito opera un servicio de bicicletas eléctricas compartidas, llamado BiciQuito, el cual cuenta con 658 bicicletas, aunque parece que no están habilitadas actualmente (BiciQuito, 2019), de igual forma varias ciudades de Ecuador cuentan en la actualidad con servicio de patinetes eléctricos de alquiler, siendo Quito la ciudad pionera en esta nueva tendencia.

4.1.1.5.4 Participación ciudadana, educación y negocios

El Automóvil Club de Ecuador (ANETA) y la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE) han tomado el rol de promotores de la movilidad eléctrica en el país. En 2018, ANETA entregó una propuesta de ley a representantes de la Asamblea Nacional del Ecuador para el “Fomento de la Movilidad Sostenible y el Desarrollo de la Electromovilidad”, ley que en estos momentos se encuentra en la última fase de presentación y discusión en el Pleno de la Asamblea (ANETA, 2018).

Por otra parte, en 2018, el Ministerio de Transporte y Obras Públicas, junto con otros actores del sector privado y de la academia, organizó el “Primer Foro de Electromovilidad” en la ciudad de Cuenca en un marco de cooperación entre el sector público y el privado, con apoyo de la cooperación internacional. Además, ANETA trabaja con autos eléctricos en dos escuelas en Quito y Galápagos y ya planean la próxima adquisición de más unidades.

En materia de formación, la Universidad Politécnica Nacional (EPN) de Ecuador firmó un convenio con la empresa china BYD con el fin de generar programas de educación continua en áreas técnicas relacionadas a la movilidad eléctrica y la asistencia mecánica (Escuela Politécnica Nacional, 2019)

En materia de financiación, varias entidades ofrecen líneas de financiamiento para vehículos eléctricos. Por ejemplo, Banco del Pacífico (estatal) ofrece una línea de crédito para vehículos eléctricos a través de una tasa de referencia del 12,5 % a cinco años; así como el Banco Pichincha, que ofrece condiciones específicas para vehículos livianos (Banco del Pacífico, 2020). También BanEcuador, una institución financiera estatal, ofrece microcréditos para taxis eléctricos con tasas de interés del 9,8 % de dos a cinco años (BanEcuador, 2019).

4.2 Capítulo II: Micromovilidad

4.2.1 Concepto

En los últimos años, muchas ciudades han empezado a convertirse en laboratorios urbanos para propiciar cambios en la movilidad, para definir los viajes y el transporte en el próximo siglo. Antes de la aparición del COVID-19, la llegada de vehículos de movilidad personal y empresas de vehículos compartidos ya había empezado a cambiar el panorama en las ciudades, rompiendo la tríada de modos activos, públicos y privados que tradicionalmente había caracterizado la movilidad urbana (Bortoli & Christoforou, 2020).

Hoy en día los usuarios del transporte público están cambiando su elección modal hacia diferentes direcciones. Se ha producido un aumento del transporte privado motorizado, al mismo tiempo que se ha apostado por los medios activos (caminar y bicicleta) y los medios de transporte emergentes como las bicicletas, motos y patinetes compartidos. El aumento de la demanda de servicio de estos últimos, habitualmente agrupados bajo la etiqueta de la “micromovilidad”, refleja la búsqueda por parte de la ciudadanía de alternativas de movilidad para afrontar los retos de las ciudades de transformación de su red de transporte hacia sistemas más sostenibles (Roig-Costa *et. al.*).

La micromovilidad es un término que se utiliza para definir a los medios de transporte (vehículos pequeños o ligeros) como scooters, monopatines y bicicletas que permiten recorrer distancias cortas y frecuentes de hasta 10 km, para ir al trabajo, gimnasio, la universidad, entre otros. Durante los últimos años ha existido un auge de los desplazamientos vehiculares de corta distancia y cuya energía no proviene de combustibles fósiles (Acurio, 2022).

La micromovilidad abarca entonces una diversidad de vehículo (**Figura 8**) como ciclo-taxis, bicicletas de carga mecánicas y eléctricas, patinetes mecánicos y eléctricos, patines y patines eléctricos, patinetas y patinetas eléctricas, aerotablas y monociclos eléctricos. A estos, podrán sumarse nuevos vehículos, desconocidos en la actualidad.



Figura 8. Vehículos de micromovilidad (*BID; ITDP, 2021*).

4.2.1.1 Micromovilidad compartida

La micromovilidad compartida hace referencia a toda solución de transporte pequeña de tracción humana o eléctrica tal como las bicicletas, bicicletas y patinetes eléctricos o cualquier otro vehículo pequeño y ligero que se use como recurso compartido entre múltiples usuarios. Los sistemas usualmente permiten viajes punto a punto, y la mayoría de las empresas brindan al cliente un modelo de servicio similar. Los vehículos se distribuyen en una comunidad, y por lo general los clientes pueden utilizar su teléfono inteligente para encontrar y desbloquear el dispositivo, así como pagar por el viaje usando una aplicación móvil. En la actualidad las tarifas incorporan una tarifa fija más un cobro por minuto (Transportation for America, 2018). En la **Figura 9** podemos observar algunas características de la micromovilidad:

- 1 Utilizan plataformas digitales.
- 2 Atienden viajes cortos.
- 3 Se pueden parquear en cualquier sitio.
- 4 Presentan nuevos retos para las autoridades y la ciudadanía.
- 5 Electrificación de bicicletas para ampliar servicio de sistemas compartidos existentes.
- 6 Recarga de las baterías genera nuevas alternativas de negocios.



Figura 9. Características de los sistemas de movilidad eléctrica compartida (micromovilidad) (*PNUMA, 2020*).

4.2.1.2 Dimensiones y elementos principales para implementar infraestructura para la micromovilidad

Para la planificación de la ciclo-infraestructura se debe tener en cuenta las dimensiones de una persona, en particular su ancho típico y altura tanto paradas como sentadas en una bicicleta. Las dimensiones para considerar según el Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN (2013), que representan el ancho del conjunto de bicicleta y ciclista varía entre 0,75 m y 1,0 m y la altura fluctúa entre 1,70 m y 1,90 m, como se observa en la **Figura 10**.

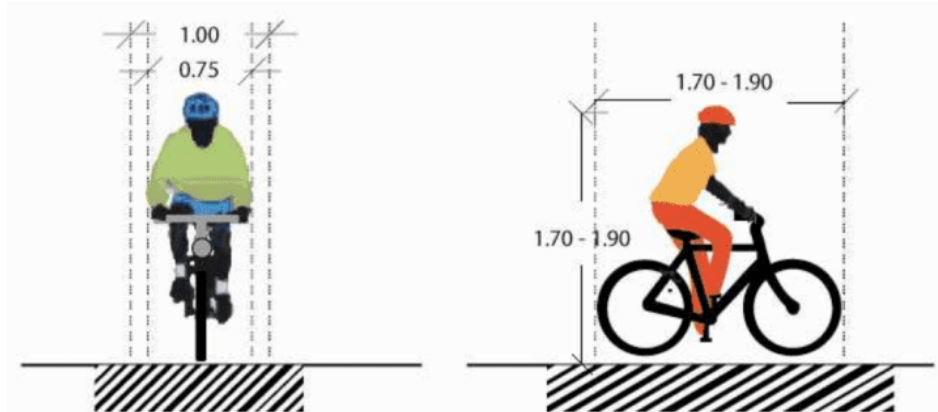


Figura 10. Dimensiones bicicleta-ciclista (Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN, 2013).

Las necesidades de las personas que utilizan las ciclovías varían según condiciones de movilidad, por ello es importante mantener estándares amplios que permitan la accesibilidad; funcionalidad en tanto dinámicas de ciclistas cotidianas, recreativas y deportivas varían respecto a la velocidad de uso del espacio (9 km/h – 25 km/h); y condiciones de transporte de carga/pasajeros (Institute for Transportation & Development Policy, 2020).

En los planes de ciclo-infraestructura se espera que habrá circulación de más bicicletas y otros vehículos de micromovilidad. Para ello, la niñez y la juventud deben ser parte del proceso de planificación que brinde conexiones seguras en sus itinerarios; además, sirve también para fomentar hábitos de vida saludables y el desarrollo de competencias ciudadanas basadas en la autonomía (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2022).

4.2.1.2.1 Vehículos de micromovilidad







En Ecuador existen varios vehículos de micromovilidad que han sido utilizados durante décadas como desde hace poco tiempo. Definirlos y aclarar sus dimensiones es una tarea fundamental, aquí se entienden los vehículos de micromovilidad como los vehículos ligeros, lentos, limpios y saludables. Esto es:

- **Lentos:** propulsión asistida con velocidad limitada hasta 25 km/h (o con propulsión exclusivamente humana) y máximo 350 W de potencia.

- **Ligeros y pequeños:** máximo 100 kg vacíos, máximo 120 cm de ancho.
- **Limpios:** con propulsión exclusivamente humana o eléctrica de tipo asistido.
- **Saludables:** que su uso implique actividad física de cualquier intensidad (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2022).

En la **Tabla 1** se muestran los vehículos de micromovilidad más representativos del Ecuador.

Tabla 1. Vehículos de micromovilidad en Ecuador.

Tipo de vehículo	Imagen referencial	Dimensiones
Bicicleta convencional		Alto: 0,95 - 1,20 m Largo: 1,65 - 1,95 m Ancho: 0,45 - 0,80 m
Patinete eléctrico		Alto: 0,90 - 1,40 m Largo: 1,05 - 1,15 m Ancho: 0,40 - 0,55 m
Bicicleta eléctrica asistida		Alto: 0,95 - 1,20 m Largo: 1,65 - 1,95 m Ancho: 0,45 - 0,80 m
Bicicleta tándem		Alto: 0,95 - 1,20 m Largo: 2,45 m Ancho: 0,45 - 0,55 m
Triciclo de transporte o carga		Alto: 0,95 - 1,20 m Largo: 2,65 - 2,75 m Ancho: 1,20 m
Skate board		Alto: 0,10 - 0,15 m Largo: 0,70 - 0,90 m Ancho: 0,20 - 0,30 m

4.2.1.2.2 *Ciclo-infraestructura*

Las personas y los vehículos de micromovilidad descritos anteriormente deben poder circular cómodamente en la ciclo-infraestructura. Esto dependerá del contexto, pues los triciclos de carga necesitan circular en mayor medida cerca de mercados y en ocasiones cruzan la ciudad,

mientras que las bicicletas utilizadas como deporte circulan predominantemente en entornos inter-urbanos.

Es importante señalar que la norma INEN 004 (Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN, 2013) define legalmente las dimensiones de la ciclo-infraestructura de Ecuador. En esta sección muestra las tipologías de ciclo-infraestructura idóneas para Ecuador, y se las describe en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Síntesis de tipologías y equivalencia con normas actuales.

Categoría	Tipología (nombre)	Equivalente según INEN-004 (u otras)	Uso típico	Otras consideraciones
Temporal	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 (30 km/H).
Permanente	Ciclovía de segregación dura	Ciclovías segregadas	Vías principales, en general vías de alto riesgo	Equivalente a ciclorruta (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).
	Vía compartida	Vías compartidas	Lugares de bajo tránsito motorizado, barrios	
Especial	Ciclovías en espadón	Ciclovías en espadón	Vías interurbanas	Estas ciclovías son una tipología existente que deben ser robustecidas para proteger a ciclistas.
	Ciclo-chaquiñán	(No existe en la normativa actual)	Entornos rurales	

Fuente: (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2022).

A continuación, se describe los tres tipos de tipologías de las ciclovías temporales:

- **Temporales por horas:** Estas generalmente se refieren a los eventos temporales que incluyen ciclovías recreativas y festivales esporádicos. Su implementación es eminentemente logística (Municipalidad Metropolitana de Lima, 2013).
- **Temporales por semanas:** Se refieren a intervenciones que sí tienen algunos elementos físicos que segregan de manera temporal un espacio para uso exclusivo de micromovilidad. La característica principal de esta ciclo-infraestructura es que se implementa con miras a una implementación permanente y como tal es un paso temporal para eventualmente convertirse en alguna tipología permanente (MOBYCON, 2020).
- **Temporal por meses-segregación blanda:** Es una ciclo-infraestructura que tiene segregación entre la micromovilidad y el tráfico motorizado, pero ésta es con materiales blandos y, aunque sean verticales, no protegen al usuario de micromovilidad ante un siniestro vial con un vehículo motorizado (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2022).

Las permanentes igual se dividen en tres tipos de tipologías y estas son:

- **Ciclovía de segregación dura:** Es una ciclo-infraestructura que tiene segregación entre la micromovilidad y el tráfico motorizado y se implementa con materiales verticales duros y generalmente con obra civil. Es una tipología que protege al usuario de micromovilidad ante un siniestro vial con un vehículo motorizado (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2015).
- **Vía ligera:** Esta es una vía que no tiene ningún tipo de vehículo motorizado y es para el uso exclusivo de micromovilidad, peatones y otros vehículos pequeños y sin motor (o con motor eléctrico que cumpla con requisitos de micromovilidad) (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2022).
- **Vía compartida:** Es una vía que comparte el espacio entre vehículos motorizados y micromovilidad, donde la última tiene prelación en la vía y puede utilizar el carril completo. Requiere señalización horizontal y vertical que indique el máximo de velocidad permitida y la prioridad del ciclista (Municipalidad Metropolitana de Lima, 2013).

En cambio, las ciclovías especiales se dividen en dos tipologías:

- **Ciclovías con espaldón:** Es un carril bicicleta, adaptado al espaldón de las carreteras e idealmente debe ir acompañado de bandas sonoras laterales para proporcionar mayor seguridad al ciclista. La velocidad máxima (límite) es de 90

km/h y el ancho mínimo de espaldón es 1,20 m (ideal 1,50 m) (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2015).

- **Ciclo-chaquiñán:** Dada la gran predominancia del uso recreativo en montaña de Ecuador, esta tipología es una donde las trochas / chaquiñán tienen una función específica para micromovilidad de montaña (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2022).

4.2.1.2.3 *Dimensiones de ciclo-infraestructura y su relación con el resto de la infraestructura*

Las dimensiones de ciclo-infraestructura se definen a partir de las dimensiones de las personas, quienes son los que hacen uso de ella y deben sentir comodidad al transitar. Por esto, toda la ciclo-infraestructura debe tener unas dimensiones mínimas del ancho estándar de una persona incluyendo un espacio de seguridad. Las dimensiones de la ciclo-infraestructura deben medirse entre el eje de las líneas longitudinales laterales exterior e interior (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2015).

Todo carril (sentido de circulación) debe tener un ancho mínimo de 1,4 metros, y toda la ciclo-infraestructura debe cumplir o exceder esa medida mínima. En el caso en que haya circulación frecuente de vehículos de micromovilidad más anchos que una bicicleta (como, por ejemplo, cerca de mercados o en lugares históricos con vehículos de carga no motorizados y triciclos), cada carril de circulación de ciclo-infraestructura debe ser más ancho. De otra parte, cuando no hay segregación dura, el espacio entre automóviles y bicicletas en circulación debe ser de al menos 1,5 metros (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2022).

A continuación, en las **Figura 11** y **Figura 12** se presentan diferentes ejemplos de aplicación de esta indicación general a todas las tipologías antes descritas.

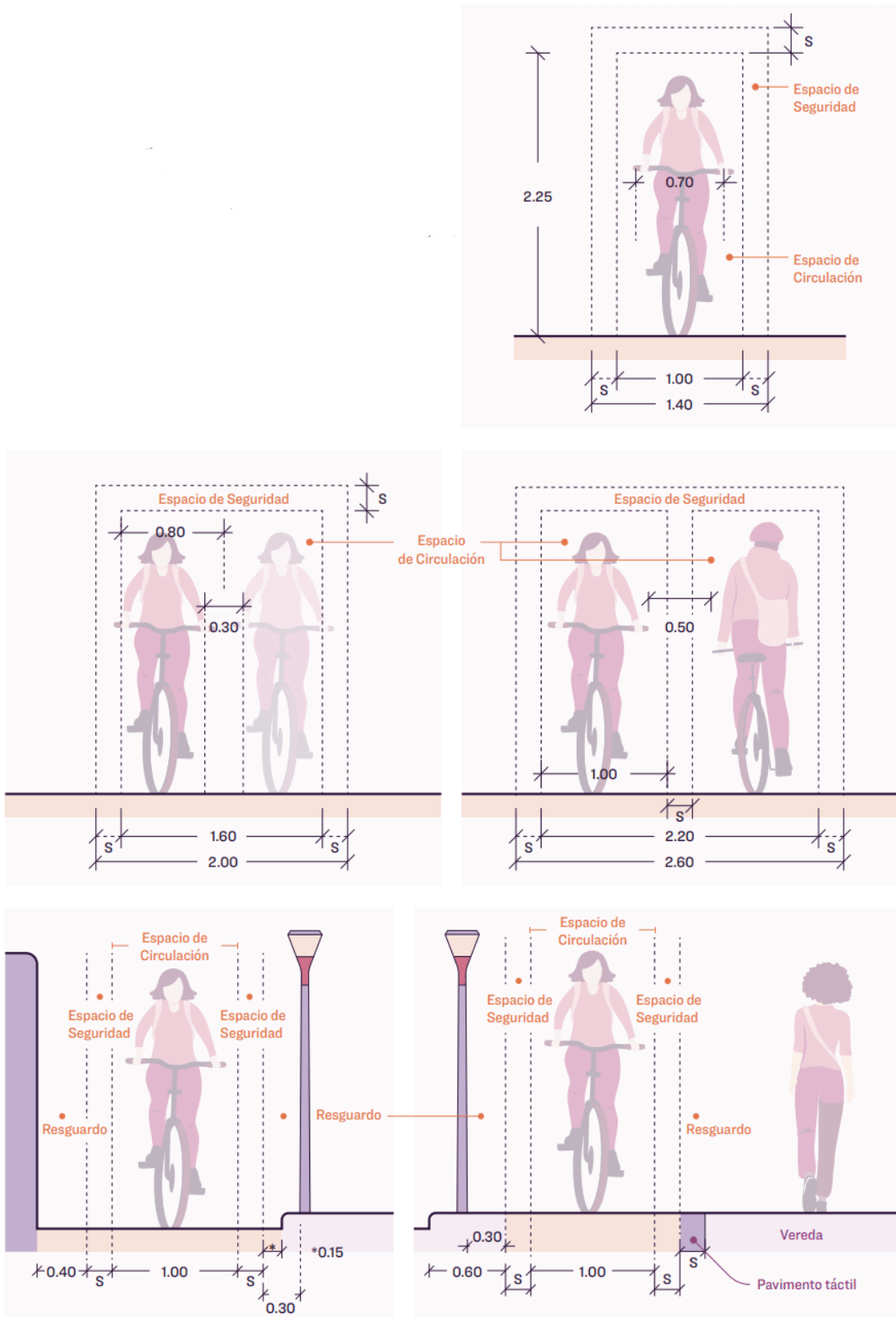


Figura 11. Dimensiones básicas de ciclo-infraestructura: Dimensiones generales, unidireccional y bidireccional de un costado. Resguardo con relación con elementos de vía pública (Ministerio de Transporte de Colombia, 2016).

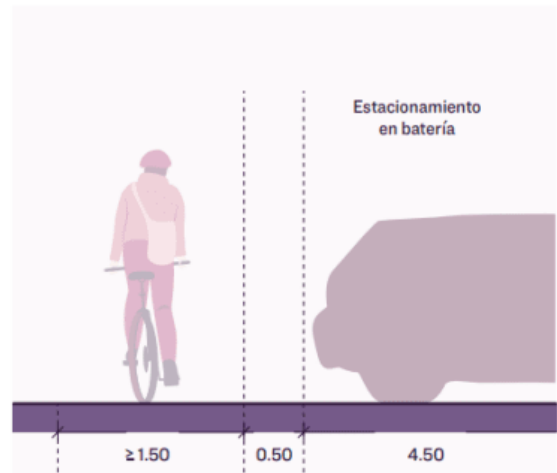
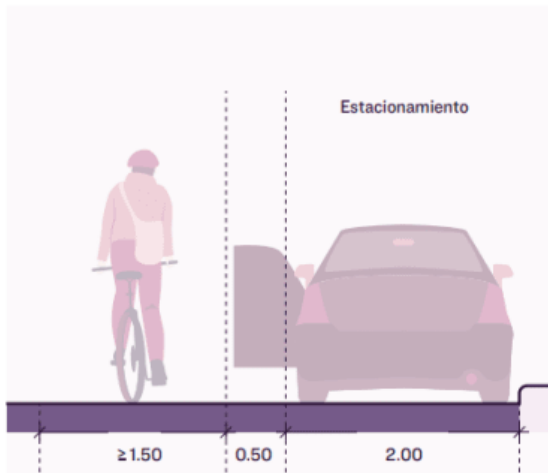
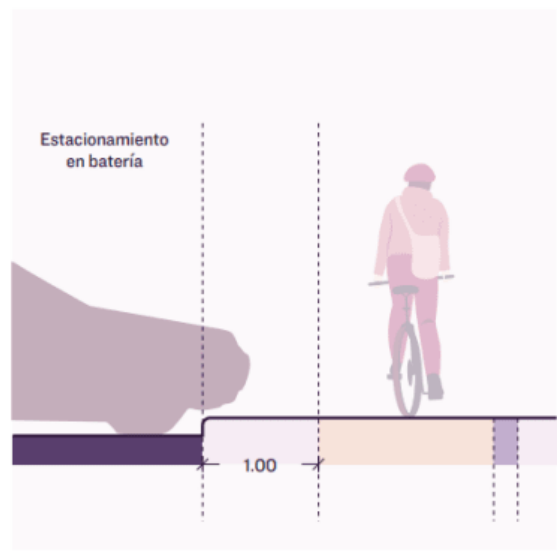
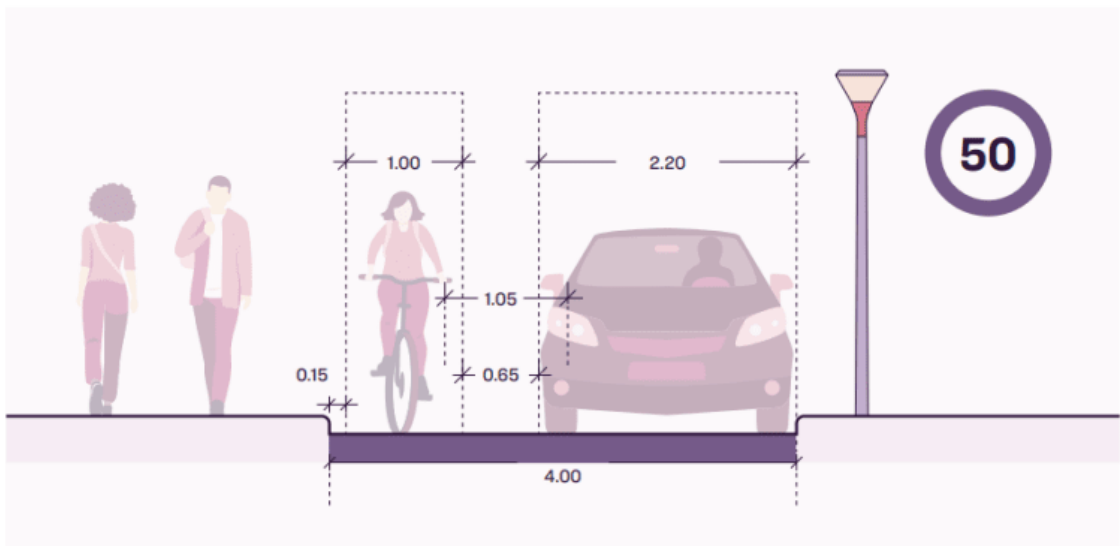


Figura 12. Resguardos: Entre bicicleta y automóvil (a 50 km/h); con respecto al estacionamiento; y con estacionamiento para circulación de calzada (Ministerio de Transporte de Colombia, 2016).

4.2.1.2.4 Regulación de los sistemas de micromovilidad compartida

Los sistemas de micromovilidad compartida tienen el potencial de proveer soluciones de transporte seguras, ambientalmente sostenibles y equitativas. En ciudades intermedias con recursos insuficientes para invertir en sistemas de bicicletas públicas, estos servicios abren la oportunidad de aumentar la oferta de transporte sostenible, complementar el uso del transporte público y frenar la motorización. Es necesario encontrar un balance regulatorio que permita evitar las externalidades negativas de sistemas no regulados, sin frenar la innovación de las empresas y las externalidades positivas potenciales, para volver a impulsar la provisión de estos servicios en las ciudades de la región (Portal Movilidad, 2021).

Tras destacar los beneficios que implica la micromovilidad para las ciudades, como la mejora en la accesibilidad urbana, la no contaminación del aire y los riesgos menores en la seguridad vial, los organismos (Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Instituto de Políticas para el Transporte y Desarrollo (ITDP)) formularon una serie de recomendaciones para el diseño de una regulación de los sistemas de micromovilidad compartida (Portal Movilidad, 2021).

En consecuencia, con el objetivo de fomentar una micromovilidad segura, sostenible y equitativa en las ciudades de Latinoamérica y tras un análisis de la situación actual, se proponen cinco pasos (**Figura 13**) para regular los sistemas micromovilidad compartida.

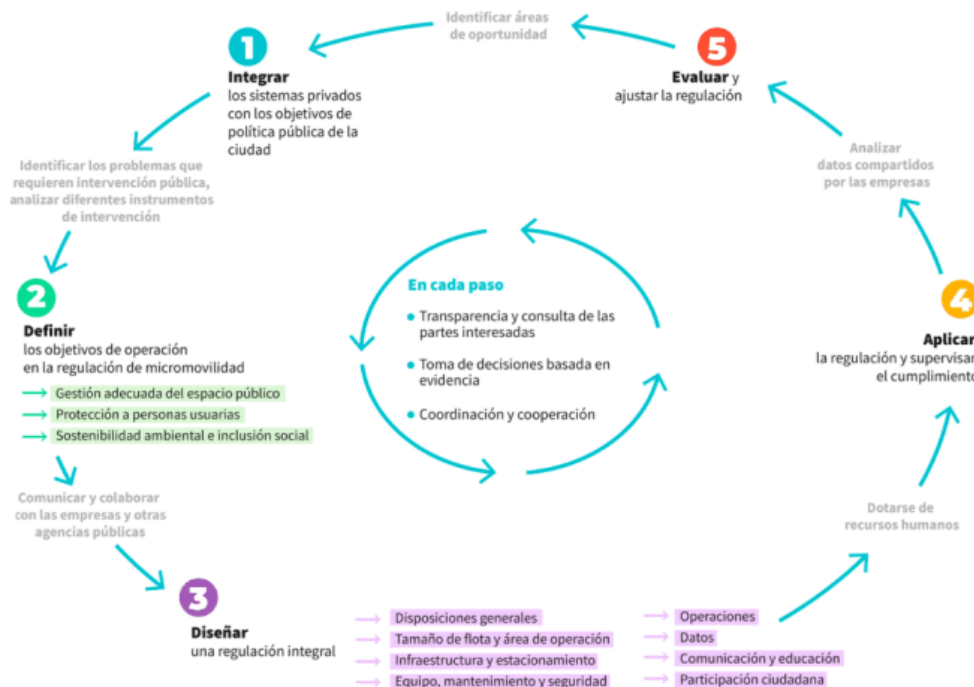


Figura 13. Toma de decisiones para regular sistemas de micromovilidad compartida (BID; ITDP, 2021).

- **Paso 1.** Integrar los sistemas privados con los objetivos de política pública de la ciudad. Sin esta consideración, los sistemas de micromovilidad no podrán ser sostenibles y beneficiar a la ciudadanía.
- **Paso 2.** Identificar los problemas que requieren intervención pública, analizar diferentes instrumentos de intervención y definir los objetivos de operación que la regulación de la micromovilidad en la ciudad persigue. Este proceso debe ser liderado por los gobiernos locales y realizado en coordinación con actores relevantes, incluyendo a las empresas responsables de cumplir con dichos objetivos.
- **Paso 3.** Diseñar una regulación integral en ocho dimensiones complementarias: I) disposiciones generales; II) tamaño de flota y área de operación; III) infraestructura y estacionamiento; IV) equipo mantenimiento y seguridad; V) operaciones; VI) datos; VII) comunicación y educación; VIII) participación ciudadana. En cada dimensión se consideran distintas medidas regulatorias con sus ventajas y desventajas, las cuales deberán evaluarse antes de ser adoptadas por las ciudades
- **Paso 4.** Diseñar mecanismos de aplicación de la regulación para personas usuarias y empresas, y supervisar su cumplimiento.
- **Paso 5.** Evaluar y ajustar la regulación. En este proceso es fundamental que los gobiernos locales a cargo del desarrollo, la aplicación y la evaluación de la regulación consulten a las partes interesadas, como las empresas, acerca de los impactos que las medidas regulatorias puedan tener en su operación. Se busca alcanzar un balance que elimine las posibles fallas generadas por un mercado no regulado, y aumente las opciones de movilidad segura, sostenible y equitativa para la ciudadanía (BID; ITDP, 2021).

4.3 Capítulo III: Vehículos eléctricos de movilidad personal

4.3.1 ¿Qué son los patinetes eléctricos?

Son vehículos de uso personal que usan la electricidad para funcionar, impulsados por un motor eléctrico que es alimentado por baterías, mismas que son reguladas por un controlador que tiene como función regular la potencia que se entrega al motor. La potencia del motor se convierte en movimiento de la rueda mediante un mecanismo de transmisión que puede ser correas, cadenas o transmisión directa (De Patinetes, 2022).

4.3.2 Partes de un patinete eléctrico

Los patinetes eléctricos constan de motor eléctrico, baterías, controlador, transmisión, frenos, ruedas, amortiguadores y cuadro. A continuación, se detalla cada componente.

4.3.2.1 Motor Eléctrico

El motor suele ser de tipo escobilla que ofrecen alta fiabilidad y tienen un precio económico, aunque la vida de un motor con escobillas es más corta que la de un motor sin escobillas, esto no debería ser un problema, ya que la vida de un motor con escobillas es siempre mucho más larga que la de otros componentes del patinete eléctrico, como las ruedas, los rodamientos, los engranajes, los frenos, etc., por lo tanto, el motor eléctrico debería ser el último en ser reemplazado (EcoMoov, 2020).

4.3.2.2 Baterías

Los patinetes eléctricos suelen tener baterías de plomo-ácido, que son muy fiables y tienen una vida útil de +/- 500 ciclos de carga completa.

Suelen estar disponibles en versiones de 12 voltios. Si un scooter eléctrico tiene un voltaje de 48 voltios, es probable que tenga cuatro baterías de 12 voltios. La capacidad de carga (en amperios) de las baterías varía, por lo tanto, cuanto mayor es la capacidad (Ah), más autonomía disponen y su peso incrementa (De Patinetes, 2022).

4.3.2.3 Controlador

Este dispositivo es el que va a permitir controlar la potencia del motor y su potencia máxima. Por ejemplo, si tomamos un motor de 500 W con un controlador de 16 A y una batería de 36 V, la potencia máxima será de $16 \text{ A} \times 36 \text{ V} = 576 \text{ W}$ (EcoMoov, 2020).

4.3.2.4 Transmisión

Los patinetes eléctricos tienen tres sistemas de transmisión:

- **Transmisión por correa:** Es la transmisión más común para los patinetes de media y baja potencia. Es económico, no necesita mantenimiento y es duradero.
- **Accionamiento por cadena:** es el más habitual en los patinetes eléctricos de media y alta potencia, ya que es el más resistente a la rotación.

- **Accionamiento directo:** generalmente se encuentra en algunos modelos de patinetes eléctricos con ruedas de gran diámetro. En términos de transmisión de energía, este es el mejor sistema, ya que no requiere mantenimiento, pero también es el más caro y el más difícil de reparar (De Patinetes, 2022).

4.3.2.5 Frenos

Los patinetes eléctricos suelen tener dos sistemas de frenado: los frenos de disco y los frenos de tambor. Ambos sistemas están diseñados para frenar parcialmente o detener completamente un patinete eléctrico mediante la fricción entre una superficie fija y otra en movimiento. A continuación, explicamos cada uno de ellos.

- **Frenos de tambor:** En los frenos de tambor, las pastillas son la superficie fija y la superficie móvil es el tambor, que es un cilindro concéntrico que gira con las ruedas.
- **Frenos de disco:** En los frenos de disco, la parte móvil (disco) unida a la rueda giratoria roza con superficies de alta fricción (pastillas de freno).

Los dos sistemas generan calor durante el frenado aplicando una fuerza de fricción suficiente para convertir toda o parte de la energía cinética del patinete en movimiento en calor hasta que se detenga o desacelere. La ventaja de los frenos de disco sobre los de tambor es que los frenos de disco están mejor ventilados que los de tambor, lo que permite una mejor disipación del calor y evita que los frenos fallen por sobrecalentamiento, por lo tanto, brindan mayor seguridad y fiabilidad (De Patinetes, 2022).

4.3.2.6 Ruedas / Neumáticos

Existen varios tipos de ruedas según el modelo. Normalmente, van equipadas con ruedas sin cámara, las cuales son más duraderas. Sin embargo, en este tipo de patinetes también pueden utilizarse ruedas con cámara de aire. Los factores a tener en cuenta al momento de elegir los neumáticos serán dados por el uso que le daremos al patinete eléctrico.

Un diámetro de rueda grande (por ejemplo, 10") en los patinetes eléctricos aumenta la velocidad, incrementa la amortiguación mecánica del patinete, reduce las vibraciones y permite que el patinete supere grandes obstáculos del terreno como pequeñas grietas, baches, etc. Por otro lado, reducen la aceleración y disminuyen el manejo y la maniobrabilidad. Las ruedas más pequeñas (por ejemplo, de 4") proporcionan una mejor aceleración, capacidad de dirección y maniobrabilidad. También tienen más estabilidad porque su centro de gravedad está más cerca del suelo.

Otro factor importante es el dibujo de la banda de rodadura. En función del dibujo de la banda de rodadura, existen dos tipos de neumáticos: los de ciudad y los de todoterreno. Los neumáticos de ciudad suelen ser más lisos y tienen una mayor superficie de contacto para

mejorar la tracción, mientras que los neumáticos todoterreno están formados por «surcos» que tienen una menor superficie de contacto, pero son más curvos para mejorar la tracción en suelos como el barro, la arena, etc. (De Patinetes, 2022).

4.3.2.7 Amortiguadores

El sistema de amortiguación de los patinetes eléctricos consiste principalmente en: muelle helicoidal que es un sistema de absorción de impactos económico y fiable. Suele utilizarse para la suspensión delantera y trasera, lo que ayuda a reducir las vibraciones y proporciona al patinete la máxima absorción de impactos. También, los patines eléctricos con sillín tienen este tipo de suspensión (EcoMoov, 2020).

4.3.2.8 Cuadro

Por lo general los patinetes eléctricos tienen un chasis totalmente plegable. Lo que facilita su transporte y almacenamiento. Los modelos más económicos y con menor potencia suelen ser de plástico, mientras que los más potentes son de aluminio y acero inoxidable, ya que son ligeros y duraderos (EcoMoov, 2020).

4.3.3 *Patinete eléctrico como medio de transporte sostenible*

En la actualidad, más de la mitad de la población mundial reside en zonas urbanas y genera al menos 70 % de las emisiones de carbono, por lo tanto, es necesario una transformación radical de los espacios urbanos, en cuanto a la movilidad, la gestión y la planificación urbana (Naciones Unidas, 2015).

Como respuesta a la congestión vehicular un nuevo modo de microtransporte surgió, los patinetes eléctricos se promocionan como una solución al problema de la última milla, siendo un medio de transporte ecológico, fácil de transportar y almacenar (NACTO, 2018).

Los patinetes eléctricos para ser considerados un medio de transporte sostenible deben enfocarse en cumplir las metas de los ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible), observando las metas e indicadores de cada ODS, la movilidad sostenible se articula con los ODS: ODS 7, Energía Asequible y no Contaminante; ODS 9, Industria, Innovación e infraestructura y el ODS 11, Ciudades y Comunidades Sostenibles.

Al comparar el ODS 7 con las características de los patinetes eléctricos, estos vehículos representan un ejemplo de dichos servicios energéticos modernos y fiables, y según sus productores, son sostenibles con una tecnología que está mejorando continuamente. Es necesario investigar si los gobiernos están dispuestos a realizar más inversiones en infraestructura y tecnología para apoyar a los vehículos de micromovilidad.

El ODS 9 tiene como meta construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación. Los patinetes eléctricos tienen como




propósito la reducción de carbono al representar una alternativa de movilidad innovadora y sostenible, utilizando una tecnología limpia.

Adicionalmente, el ODS 11 tiene como meta lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles. Al relacionar esta meta con el propósito de los patinetes eléctricos, destaca que teóricamente los patinetes eléctricos pueden brindar una opción de movilidad alternativa a todas las clases de la población, las que por ejemplo no se pueden permitir comprar un vehículo (Schwarze, 2020).

4.3.4 Tipos de patinetes eléctricos

Los patinetes eléctricos representan una forma de movilidad importante en el día a día de muchas personas y cada vez hay más modalidades que se emplean para el transporte, existen varios tipos de patinetes eléctricos que se detallan en la **Tabla 3**.

Tabla 3. Tipos de patinetes eléctricos.

Tipo de patinete	Imagen referencial	Características
Patinetes eléctricos para adultos		Fáciles de manejar y transportar. Alcanzan velocidades superiores a los 20 km/h.
Patinetes eléctricos para niños		Facilidad de uso. Suelen ser plegables.
Patinete eléctrico todo terreno		Suelen contar con ruedas de mayor grosor y potencias mayores para circular por distintos terrenos.

4.3.5 Situación de los patinetes eléctricos en Ecuador

Transportarse es una necesidad básica en la sociedad. Sin embargo, los problemas de movilidad como la contaminación, el tráfico y el costo de los combustibles, han motivado la aparición de nuevas formas para desplazarse en el país. En Ecuador más del 50 % de la contaminación proviene de los vehículos, que operan con combustibles fósiles y que no son renovables como la electricidad. En este contexto aparecen los medios de transporte alternativos como los patinetes eléctricos (Tamayo, 2022).

Este medio de transporte alternativo se ha popularizado en las principales ciudades del país. Quito se convirtió en la primera ciudad del país con patinetes eléctricos de uso público, el 28 de noviembre de 2019 empezó a operar HOPscooter, una aplicación que permite el alquiler de este tipo de vehículos. El éxito de este modelo de transporte alternativo radica en su fácil manejo, accesibilidad y en la reducción de costes de mantenimiento (Tamayo, 2022).

En Ecuador el uso de este transporte eléctrico es una iniciativa nueva, pero en el mundo ya han dado mucho de qué hablar. Por ejemplo, en París desde el 1 de julio de 2019 existe una multa para los conductores que lo dejan mal estacionado o que utilizan las veredas y no se puede circular a más de 20 km por hora. En Madrid está prohibido circular por pasos peatonales y veredas, así como exceder los 30 km por hora (Dávalos, 2019).

En la actualidad los usuarios de estos medios de transporte eléctrico no circulan de forma ordenada y regulada. Principalmente en Quito y Guayaquil, se ha identificado que conductores de patinetes eléctricos circulan en contravía, encima de las aceras e irrespetando las señales de tránsito. Además, al no tener placas, su identificación y posterior sanción resulta imposible. La velocidad máxima que alcanzan estos patinetes eléctricos ronda los 35 km/h, aunque los modelos más recientes pueden llegar a un rango mayor de velocidad por lo que la ciudadanía exige a las autoridades de tránsito crear medidas que regulen el uso correcto de este medio de transporte (Arias P. , 2022).

Para regular el uso de transportes alternativos en Ecuador, entró en vigencia una reforma a la Ley Orgánica de Tránsito, Transporte Terrestre y Seguridad Vial el pasado 10 de agosto del 2021. La reforma fue aprobada por la Asamblea Nacional y le da un plazo de hasta 180 días a todos los cantones del país para emitir ordenanzas que regulen su circulación. La norma aprobada contempla que aquellos vehículos eléctricos cuyo motor supere los 750 vatios o watt (w) "sean considerados motorizados y no puedan circular por las ciclovías". Asimismo, será obligatorio el uso de casco homologado, como los de los motociclistas (Que Noticias, 2021).

4.3.5.1 Situación de los patinetes eléctricos en Loja

La movilidad actual en la ciudad de Loja se percibe en 3 características, aumento del parque automotor, el deficiente control del uso del suelo y el aumento de viajes al centro de la ciudad. En la actualidad la necesidad de un desplazamiento más saludable, rápido, eficiente y económico, se ha visto empañado por la facilidad que existe para adquirir un vehículo motorizado, esto genera un crecimiento del parque automotor, aglomeración de los equipamientos y actividades en el centro de la ciudad, hecho que produce un elevado índice de congestión vehicular e inseguridad peatonal al superar la capacidad de la infraestructura vial y peatonal.

La unidad municipal de tránsito y transporte terrestre de la ciudad de Loja en el año 2013 nos señala los principales problemas que tiene la ciudad:

- Excesiva fragmentación en el corredor central de transporte, mediante cruces y puentes vehiculares.
- Deficiente señalización en las avenidas
- El estacionamiento de vehículos particulares en el corredor exclusivo de transporte urbano, ocasiona congestionamiento debido a la presencia de locales comerciales a lo largo de las tres avenidas más importantes de la ciudad.
- Frecuentes accidentes vehiculares y atropellamientos en el corredor central.
- Los lugares de mayor congestión vehicular se encuentran desde la Av. Mercadillo hasta el puente de LEA con colas vehiculares que alcanzan aproximadamente los 120 m de longitud en horas pico, con velocidades de 15 km por hora (Muñoz, Betancourt, & Jaramillo, 2016).

Para poder hacer frente a estos problemas el municipio de Loja adecuo ciclovías que permiten movilizarse con seguridad en la ciudad existiendo un carril exclusivo, con el fin de potenciar el uso de la bicicleta y otros transportes alternativos.

En la actualidad se desarrollan estudios, para determinar qué porcentaje de la ciudadanía utiliza la bicicleta o medios alternativos amigables con el medio ambiente para movilizarse por la ciudad. Se debe considerar que, en la pandemia, se tuvo un mayor uso, debido a las restricciones de circulación vehicular, mediante el último dígito de la placa. Antes de la pandemia existía menos del 1 % del uso por parte de la ciudadanía, ahora es mayor, pero se debe conocer con exactitud esas cifras para tomar decisiones desde la municipalidad (La Hora, 2021).

El 23 de marzo del año 2021 entró en vigencia la “ORDENANZA QUE REGULA EL USO DE LA BICICLETA Y AFINES COMO MEDIOS DE TRANSPORTE SOSTENIBLES EN EL CANTON LOJA”, que consta de 9 capítulos y son:

- **CAPITULO I:** objeto, ámbito de aplicación, fines y definiciones
- **CAPITULO II:** priorización y derechos de la bicicleta y afines como medios de transporte sostenible
- **CAPÍTULO III:** de las obligaciones y prohibiciones
- **CAPÍTULO IV:** señalización vial
- **CAPITULO V:** medidas de promoción sobre del uso de la bicicleta
- **CAPITULO VI:** de la bicicleta y monopatín eléctrico público
- **CAPITULO VII:** de los bici parqueos

- **CAPITULO VIII:** de las ciclovías en la ciudad de Loja
- **CAPITULO IX:** de las sanciones

La ordenanza tiene por objeto planificar, regular e incentivar la movilización de personas en bicicleta y monopatín (patinetes eléctricos) como modalidades de transporte sostenible, saludable y ambientalmente amigable, en el marco de las competencias municipales en materia de transporte, tránsito y seguridad vial (Municipio de Loja, 2021).

En la ciudad de Loja se implementó el sistema de alquiler de scooters “HOPscooter” esta alternativa de transporte tiene dos características: ecológico y unipersonal. Los patinetes eléctricos tienen un sistema de aceleración y otro de frenado, lo cual permite ir a 20 km por hora. El área de circulación, por la parte norte, es la plaza de El Valle: calle Guayaquil; por el sur, Centro Comercial La Pradera, la avenida Gobernación de Mainas; por el occidente, la ‘18 de noviembre’; y por el oriente, la ‘Zoilo Rodríguez’, tras el ‘Técnico’, una parte de la zona de la ciudadela Rodríguez Witt, parque Infantil (HORA 32, 2021).

Hoy en día el uso de medios de transporte alternativos en la ciudad de Loja se ha intensificado, la popularidad de los patinetes eléctricos los ha convertido en una alternativa ecológica al momento de transportarse dentro de la urbe.

4.3.6 Vehículos de movilidad personal (VMP)

Se entiende por vehículo de movilidad personal o VMP todo vehículo que cuente con una o más ruedas, que su propulsión esté dado por un motor eléctrico y que solo dispongan de un asiento o un sillín. Los detalles que considerar sobre los vehículos de movilidad personal son:

- Un VMP debe tener un rango de velocidad de 6 km/h a 25 km/h
- No son considerados como VPM los que estén diseñados de forma exclusiva para circular por pistas no pavimentadas.
- Si un vehículo tiene más de una plaza, ya no puede ser considerado un VPM (Onroad, 2022).

4.3.6.1 Tipos de vehículos de movilidad personal

El patinete eléctrico es el VPM más representativo, pero hay una amplia variedad de estos vehículos en circulación, en la **Tabla 4** se exponen los diferentes vehículos de movilidad personal que existen.

Tabla 4. Vehículos de movilidad personal.

Denominación	Imagen referencial	Características
---------------------	---------------------------	------------------------

Ciclomotor eléctrico		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Asiento para el conductor y motor con acelerador. ➤ Movimiento depende de la acción del motor.
Bicicleta eléctrica		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Asiento y motor de asistencia al pedaleo. ➤ Movimiento depende del pedaleo.
Segway / Hoverboard		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Auto equilibrado y motor con acelerador. ➤ Movimiento depende de la acción del motor.
Patinete eléctrico		<ul style="list-style-type: none"> ➤ Sin asiento y motor con acelerador. ➤ Movimiento por acción del pie o motor.

4.3.6.2 Vehículos de movilidad personal en Ecuador.

Los vehículos eléctricos de movilidad personal alcanzan una velocidad máxima comprendida entre 20 y 45 km/h y son utilizados para recreación, traslados y entrega de mercancías. En el país los VPM se han clasificado en cinco categorías como podemos observar en la **Figura 14** (Instituto de Investigación Geológico y Energético, 2020).

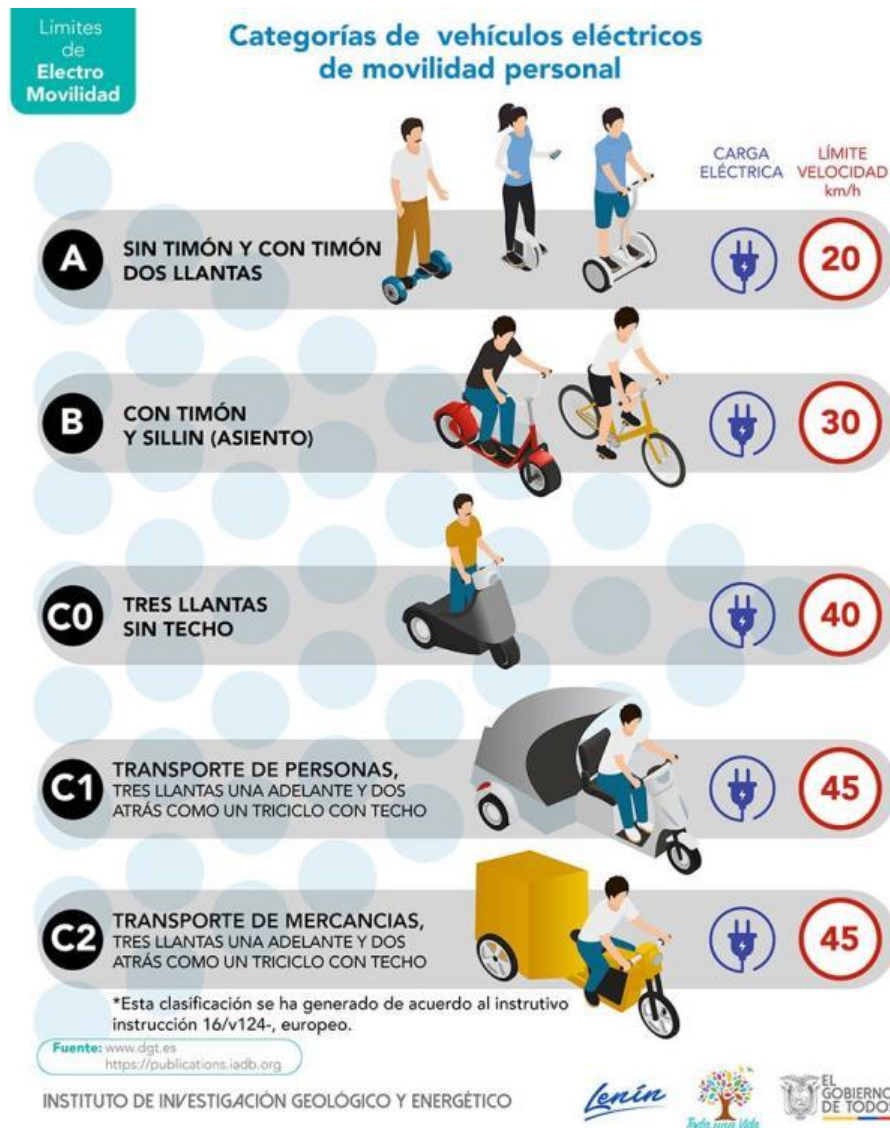


Figura 14. Clasificación de los VPM en Ecuador (*Instituto de Investigación Geológica y Energética, 2020*).

4.3.6.3 Patinetes eléctricos como medio de transporte alternativo

Los patinetes eléctricos se están convirtiendo cada vez más en una visión habitual dentro de las grandes ciudades de nuestro país. Con el auge de la movilidad sostenible y la aparición de nuevos modelos con características más que interesantes y precios muy competitivos, lo que antes no eran más que juguetes y meras curiosidades ahora son un medio de transporte alternativo que reemplaza a los medios de transporte convencionales (Elyex, 2022).

Los patinetes eléctricos son el medio de transporte alternativo que más ha destacado en estos últimos años, se han convertido en un sustituto del transporte convencional, puesto que la gran mayoría cuentan con 20 km de autonomía aproximadamente.

La circulación de estos vehículos eléctricos de movilidad personal está regida a normas que varían según la ciudad, por ejemplo, en Quito la normativa dicta lo siguiente:

- Restricción absoluta para transitar por aceras.
- Restricción de velocidad máxima a 5 km por hora en bulevares amplios y en calles peatonizadas (ya que estos vehículos tienen una regulación automática de velocidad)
- Se les permite transitar por ciclovías, con una velocidad máxima de 20 km/h.
- Puede utilizar los mismos espacios destinados a bicicletas si cumple con las siguientes características: hasta 25 kg de peso, 400 watts de potencia y 20 km/h de velocidad máxima.
- El casco no es obligatorio, es recomendable. En caso de usarlo, debe ser para bicicleta (Ramírez, 2022).

En las demás ciudades del país tenían un plazo inicial de máximo 180 días a partir del 10 de agosto de 2021, para realizar ordenanzas que regulen la circulación de vehículos de transporte alternativo, esto está contemplado en las reformas a la Ley Orgánica de Tránsito, Transporte Terrestre y Seguridad Vial (LOTTTSV), que aprobó la Asamblea Nacional y que están vigentes (Sánchez, 2022).

4.3.6.3.1 Ventajas del uso del patinete eléctrico

Entre las grandes ventajas del uso del patinete eléctrico tenemos el ahorro en el combustible, al no utilizar combustibles fósiles sino electricidad esto presenta un ahorro considerando que el precio aproximado de los combustibles fósiles en el país es de: Gasolina Eco \$2,40, Diésel \$1,75, en cambio por cada KWh se paga 9,2 centavos de dólar. Otra ventaja que tiene este transporte alternativo es la ecología y el respeto al medio ambiente al utilizar energías limpias y renovables para su funcionamiento. En el mantenimiento también se presenta otra ventaja en comparación a un vehículo convencional, el patinete eléctrico al no tener un motor de combustión no necesitará cambios de aceites, filtros, entre otros por lo que esto representa un ahorro de tiempo del usuario.

4.3.6.3.2 Desventajas del uso del patinete eléctrico

Como todo medio de transporte este vehículo ecológico también tiene ciertas desventajas que es preciso conocerlas:

- **Baja velocidad:** la velocidad es uno de los limitantes del uso de los patinetes eléctricos, según la marca, las prestaciones y las características la velocidad máxima que alcanza puede variar, pero la mayoría de los modelos tienen una velocidad máxima media de 25 km/h.
- **Tiempo de carga:** La carga de la batería de un patinete eléctrico en comparación con la carga de combustible de los vehículos convencionales en las gasolineras es

extremadamente largo, el tiempo de recarga promedio de los patinetes eléctricos es de 3 h a 5 h.

- **Equipamiento:** Las ruedas son de un tamaño muy pequeño generando limitaciones en la circulación.

4.3.7 Definición y componentes de una bicicleta eléctrica

4.3.7.1 ¿Qué es una bicicleta eléctrica?

La bicicleta eléctrica se define como un vehículo de dos ruedas que tiene pedaleo asistido, con una potencia igual o inferior a 250 W y que no supere la velocidad de 25 km/h (BBVA, 2022).

Es similar a la bicicleta convencional, pero con una serie de componentes añadidos, dispone de un motor eléctrico de tipo IN-WHEEL, el motor generalmente está ubicado en la rueda trasera, pero existen diseños que lo llevan en la rueda delantera. También cuentan con una batería que puede ser de litio o plomo con una autonomía normalmente de 30 km y un acumulador que suele ubicarse en la zona media de la bicicleta, bajo el asiento (Lara, 2012).

4.3.7.2 Componentes de una bicicleta eléctrica

Como se muestra en la **Figura 15** una bicicleta eléctrica está compuesta por: parte “ciclo”, un motor eléctrico, batería, controlador, pantalla o display de control, sensor de pedaleo (P.A.S.) (Admin, 2020).

Componentes de una Bicicleta Eléctrica



Figura 15. Componentes de una bicicleta eléctrica (GlobeTEK, 2010).

4.3.7.2.1 Parte ciclo

Es prácticamente la bicicleta normal y todas las partes que la componen, pueden ser de ciudad, montaña, carretera o trekking.

4.3.7.2.2 Motor eléctrico

El motor es el encargado de reflejar la potencia de pedaleo, es decir, brinda un pedaleo asistido, la asistencia se recibirá al momento de ejercer presión sobre el pedal y se desconectará de manera automática al dejar de pedalear o frenar (E-Biker, 2018).

4.3.7.2.3 Batería

Acumula y suministra la energía que el motor necesita para efectuar la marcha. La capacidad de esta energía se mide en vatios-hora (Wh), que se obtiene al multiplicar los voltios por los amperios hora.

Las baterías generalmente se encuentran en un rango entre los 250 – 600 Wh, cabe mencionar que a mayor capacidad de Wh mayor serán los kilómetros que se podrán recorrer.

En la actualidad todas las baterías son de tecnología Litio y hay varias clases que se detallan a continuación:

- **Litio-Ion:** Es la tecnología más usada por su equilibrio entre capacidad, ciclos (unos 1 000), peso y precio.

- **Li-Fe:** Genera más ciclos de uso (unos 2 000), por lo que son más pesadas y caras. El peso es un factor determinante, por lo que no es muy usada.
- **Li-Po:** Son ligeras, pero con alta tasa de descarga e inestables (peligrosas) y sus ciclos de vida pocos, en torno a 180. Son más apropiadas para usos en vehículos radiocontrol (aviones, helicópteros, drones) que para bicicletas.

Para aumentar la duración de la batería es recomendable usar el más alto nivel de asistencia solo al inicio y en subidas (Guías Practicas, 2022).

4.3.7.2.4 Controlador

Se encarga de controlar la energía y la gestión de la energía de la batería al motor. Recibe la señal del sensor PAS, y según el nivel de asistencia que tengamos definido, envía electricidad al motor en forma de pulsos, la potencia de los controladores se mide en amperios (JAObIKES, 2022).

4.3.7.2.5 Pantalla o display de control de asistencia

La mayoría de bicicletas eléctricas tienen display y está instalado en el manillar, este permite al ciclista regular el nivel de ayuda deseada del pedaleo asistido y conocer el estado de carga de la batería, autonomía, etc. A través del display se accede a los datos propios del odómetro, como distancia recorrida, velocidad, medias, etc. así como posibilitar al usuario encender y apagar las luces (Admin, 2020).

4.3.7.2.6 Sensor de pedaleo

Este sensor remite una señal al controlador con el objetivo de que accione el motor tras detectar el pedaleo y se ajuste el nivel de asistencia que debe proporcionar el motor.

Existen dos tipos de sensores que son:

- **Sensor de movimiento:** detecta el pedaleo y envía la señal al controlador para que alimente al motor.
- **Sensor de par:** la ayuda que recibirá del motor eléctrico será proporcional al esfuerzo. Si el pedaleo es suave, la ayuda del motor será mínima, mientras que, si es enérgico, la ayuda del motor será mayor (JAObIKES, 2022).

4.3.7.3 Bicicletas eléctricas como medio de transporte alternativo

Las autoridades locales indican que el ciclismo urbano creció exponencialmente en varias ciudades del país a partir de la pandemia. En Quito, se calcula que el uso de la bicicleta se incrementó un 650 % según la información de la Dirección de Modos de Transporte Sostenible de la Secretaría de Movilidad del Municipio (Puente, 2020) .

Por su parte, la EMOV de Cuenca explica que, con los nuevos hábitos en la movilización ante la necesidad de mantener la distancia física, para prevenir el contagio del COVID 19, el 8 % de los viajes dentro de Cuenca, se realiza en bicicleta, según un análisis de la Dirección de Gestión de Movilidad. Antes de la emergencia sanitaria el uso de la bicicleta llegaba a un 2 %. Finalmente, existe alguna evidencia reciente sobre el uso de la bicicleta como medio de transporte que se relaciona con las preferencias de adultos y jóvenes en elegir por soluciones residenciales más cercanas al centro de las ciudades (Orellana *et al.*, 2020).

La bicicleta se ha convertido en un medio de transporte alternativo de las ciudades, puesto que este vehículo es un medio para aliviar la congestión de tráfico, además de convertirse en un gran aliado en la lucha contra la contaminación. Si a esto le unimos que la electrificación del transporte es una de las claves con las que se cuenta en la actualidad para reducir emisiones, es sencillo deducir cuál era el siguiente paso: la bicicleta eléctrica. La evolución de este vehículo ha resultado de vital importancia para el desarrollo de un transporte eficaz y responsable con el medio ambiente en la ciudad (MERCADO & EMPRESAS, 2020).

5. Metodología

5.1 Área de trabajo

El presente proyecto evalúa los rendimientos de un patinete y una bicicleta eléctrica convencional realizando pruebas de recorrido en la ciudad de Loja, cuyas coordenadas geográficas son Latitud $3^{\circ}59'41''$ S y Longitud $79^{\circ}12'18''$ O (Figura 16).

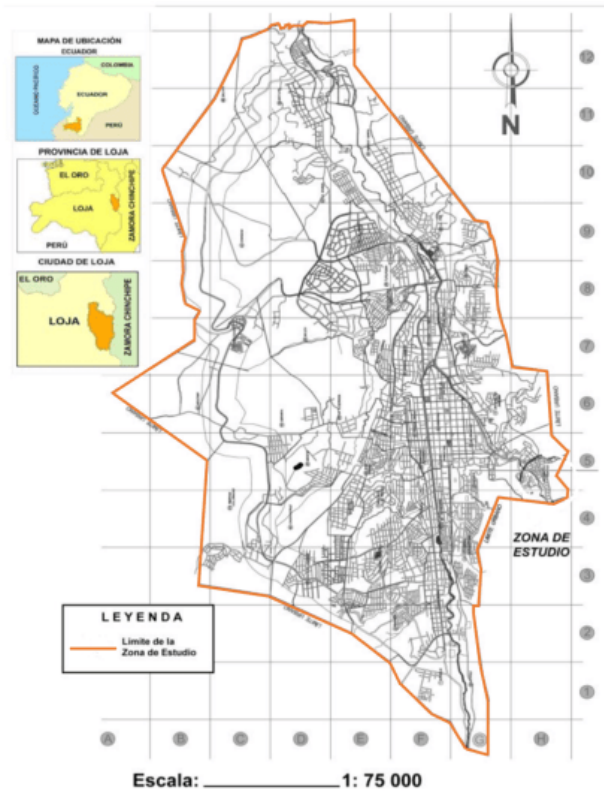


Figura 16. Área de trabajo del proyecto. (Agila *et. al*, 2018)

5.2 Equipos y materiales

5.2.1 Equipos

- Patinete eléctrico
- Bicicleta eléctrica
- Multímetro

5.2.2 Materiales

- Recursos humanos
 - Tutor de trabajo de titulación
- Recursos institucionales
 - Bicicleta eléctrica
- Recursos informáticos
 - Computador
 - Paquete de Microsoft office

- Google Earth

5.3 Procedimiento

El proyecto planteado requiere la obtención de datos e identificación de variables relevantes, por lo tanto, el enfoque del trabajo será: cualitativa y cuantitativa. Dentro del enfoque cualitativo se realizó la identificación de rutas, toma de datos, inspección, este enfoque tiene como principal objetivo identificar, evaluar y determinar parámetros para seleccionar de manera correcta el patinete eléctrico que mejor se adapte a la urbe lojana. Para la obtención de información cuantitativa, los instrumentos son aquellos que ya existen; en este caso, para la obtención de eficiencias tanto del patinete como de la bicicleta eléctrica convencional se realizaron pruebas en las distintas rutas a seleccionar.

El tipo de investigación que mejor se adapta para la obtención de datos relevantes fue descriptiva y correlacional. Esto debido al análisis de la información que se obtuvo mediante la observación y medición en las distintas pruebas, a partir del análisis de parámetros y funcionalidad fue posible identificar el vehículo con mejores prestaciones para micromovilidad.

5.3.1 Primer objetivo

Para la realización del primer objetivo se evalúa y determina las dos variables más importantes para la correcta elección del patinete eléctrico a elegir: autonomía y potencia del motor eléctrico. Luego se aplica el método de ponderación de factores para elegir de entre tres vehículos disponibles en el mercado local al patinete eficiente para la ciudad.

La potencia del motor eléctrico se la determina mediante un análisis de cuerpo libre, mismo que permite conocer las fuerzas que se oponen al movimiento como son: resistencia al viento, fricción en las ruedas y fuerza ocasionada por la inclinación del terreno por donde circulará el patinete (Arias D. , 2020).

5.3.2 Segundo objetivo

Para determinar el rendimiento del patinete eléctrico se realiza las pruebas en las rutas trazadas, para lo cual se utiliza la aplicación Segway-Ninebot, esta aplicación se conecta mediante Bluetooth al patinete eléctrico y permite conocer diversos parámetros del vehículo, tales como:

- Temperatura del motor
- Velocidad máxima
- Voltaje de la batería
- Distancia recorrida
- Tiempo de recorrido

Se realiza las pruebas en el modo Sport (modo que permite alcanzar los 30 km/h) en las distintas rutas identificadas para la ciudad de Loja, se realizan las rutas de ida y vuelta. En la bicicleta se realiza el recorrido de las rutas trazadas para el patinete eléctrico, para conocer el nivel de descarga de la batería se utiliza un multímetro y la aplicación Relive, que permite conocer:

- Velocidad media
- Velocidad máxima
- Distancia recorrida
- Tiempo de recorrido

Las pruebas se las realiza en distintos horarios y días de la semana, con un nivel de tráfico alto y moderado. Otro factor para tomar en cuenta fue el clima, 3 trayectos se los realiza con clima ideal y un trayecto se lo realizó con llovizna para comprobar la resistencia del patinete al agua.

5.3.3 Tercer objetivo

Se determina los costos del vehículo, costos del consumo eléctrico y costos por mantenimiento y se los compara con los costes que representan el transporte público para luego aplicar el método de factores ponderados para comparar ambos vehículos de micromovilidad y determinar cuál es la opción más viable para reemplazar el transporte público como primera opción de movilidad.

5.4 Procesamiento y análisis de datos

5.4.1. Primer objetivo: Determinar que patinete es eficiente para movilizarse en la ciudad de Loja.

5.4.1.1 Selección de rutas para determinar la autonomía del patinete

En los últimos años se ha producido un crecimiento acelerado de la ciudad de Loja. Este aumento en el número de habitantes lleva asociado el incremento en el parque automotor que ha creado una amplia gama de problemas de tráfico, esto produce aglomeración vehicular sobre todo en las horas pico que se evidencia no sólo en el centro sino en toda ciudad.

Según Ruiz *et al* (2018) las vías más transitadas en la ciudad de Loja son: Av. Universitaria, Av. Manuel Agustín Aguirre, Av. Cuxibamba, Av. 8 de diciembre y las calles 10 de agosto, Bernardo Valdivieso y Cristóbal Colón. Teniendo en cuenta esto, en la **Tabla 5** se muestra las rutas elegidas que combinan las ciclovías y las vías con mejor seguridad para transitar con el vehículo de movilidad personal con el fin de determinar la autonomía mínima del patinete eléctrico a elegir.

Tabla 5. Rutas planteadas para determinar la autonomía del patinete.

Ruta	Sentido	Origen	Destino	Avenidas, Calles
1	Norte-Sur	Av. Pablo palacios y Calle Jaime Roldós Aguilera	18 de Noviembre y Av. Gobernación de Mainas	Velasco Ibarra, Av. Orillas del Zamora, Av. Nueva Loja
	Sur-Norte	18 de Noviembre y Av. Gobernación de Mainas	Av. Pablo palacios y Calle Jaime Roldós Aguilera	Av. Eduardo Kigman, Sozoranga, Bernardo Valdivieso, José Félix de Valdivieso, Av. Orillas del Zamora, Velasco Ibarra
2	Norte-Este	Av. 8 de Diciembre y Salvador Bustamante Celi	Segundo Cueva Celi y Prol. 24 de Mayo	Av. Orillas del Zamora, Santiago de las Montañas.
	Oeste-Norte	Segundo Cueva Celi y Prol. 24 de Mayo	Av. 8 de Diciembre y Salvador Bustamante Celi	Santiago de las Montañas, Av. Orillas del Zamora
3	Este-Oeste	Av. Pío Jaramillo Alvarado y Alonso de Mercadillo	Santiago de las Montañas y Marcelino Champagnat	Bernardo Valdivieso, Juan de Salinas
	Oeste-Este	Santiago de las Montañas y Marcelino Champagnat	Av. Pío Jaramillo Alvarado y Alonso de Mercadillo	Segundo Cueva Celi, Prol. 24 de Mayo, Lourdes
4	Oeste-Sur	Salvador Bustamante Celi y Guayaquil	Av. Pio Jaramillo Alvarado y Av. Reinaldo Espinosa	Santiago de las Montañas, José Félix de Valdivieso, 18 de Noviembre, Jhon F. Kennedy
	Sur- Oeste	Av. Pio Jaramillo Alvarado y Av. Reinaldo Espinosa	Salvador Bustamante Celi y Guayaquil	Pedro Vicente Maldonado, Francisco Caldas, Manuel Zambrano, Chile, Av. Eduardo Kigman, Bernardo Valdivieso, Juan de Salinas, Santiago de las Montañas

Las rutas se establecieron considerando que tendrán un nivel normal y elevado de congestión vehicular, de este modo los resultados serán de mayor confiabilidad.

La Ruta 2 es la que tiene una mayor distancia que son 13.37 km, se analizó en dos direcciones (de ida y vuelta), existen algunas pendientes en el trayecto lo que influye en la descarga de la batería, por lo que el patinete eléctrico debe tener una autonomía mínima de 20 km.

5.4.1.2 Dimensionamiento del Motor Eléctrico

La potencia del motor eléctrico se la determinó mediante un análisis de cuerpo libre el cual permite conocer todas las fuerzas que se oponen al movimiento como son: la resistencia al viento, la fricción en las ruedas y la fuerza ocasionada por la inclinación del terreno por donde circulará el patinete (Arias D. , 2020). Para la selección del motor requerido para cumplir con el objetivo propuesto en el proyecto se analizaron dos casos.

En el primer caso se estableció un terreno con una inclinación del 10 %. En el diagrama de cuerpo libre presentado en la **Figura 17**, se realiza el análisis de fuerzas externas en el eje

X, en caso de un vehículo, disponemos de la fuerza impulsora que proporciona su motor (independientemente del tipo, combustible empleado, etc.). Esta fuerza es necesaria para vencer una serie de fuerzas que se oponen a su avance. Estas fuerzas son tres básicamente (resistencia aerodinámica, resistencia a la rodadura, y resistencia a la pendiente). También el vehículo estará sometido a una aceleración que viene dada en función del tiempo.



Figura 17. Diagrama de cuerpo libre del patinete.

El equilibrio de fuerzas en el eje X viene dado por la **Ecuación 1**.

$$\sum F_x = -F_{aire} - F_{rozamiento} - F_{pendiente} + F_{motor} = m * a \quad (1)$$

Despejamos la F_{motor} y nos queda la **Ecuación 2**.

$$F_{motor} = m * a + F_{aire} + F_{rozamiento} + F_{pendiente} \quad (2)$$

Donde:

m: es la masa del vehículo y el usuario (100kg).

a: es la aceleración

F_{aire}: es la fuerza de resistencia del aire

F_{rozamiento}: es la fuerza de resistencia a la rodadura

F_{pendiente}: es la fuerza debido a la pendiente

La F_{aire} es la fuerza o resistencia que opone el aire cuando intentamos atravesarlo con nuestro vehículo (Velasco, 2019), la **Ecuación 3** se utiliza para determinar este valor.

$$F_{aire} = 0,5 \cdot \rho \cdot C_x \cdot A_f \cdot V^2 \quad (3)$$

Donde:

ρ : es la densidad del aire y su valor depende de la presión atmosférica y varía con la humedad, altura, altitud y temperatura.

La ciudad de Loja se encuentra a 2 060 msnm a una temperatura promedio de 18 °C, según la **Tabla 6** la densidad promedio es $\rho = 1,007 \frac{kg}{m^3}$








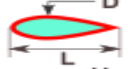

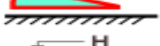


Tabla 6. Valores de la densidad y de la viscosidad cinemática en función de la altitud.

Z (m)	ρ (kg/m ³)	ν (m ² /s)
0	1,225	1,453 x 10 ⁻⁵
500	1,168	1,510 x 10 ⁻⁵
1 000	1,112	1,571 x 10 ⁻⁵
1 500	1,059	1,636 x 10 ⁻⁵
2 000	1,007	1,705 x 10 ⁻⁵
2 500	0,957	1,777 x 10 ⁻⁶
3 000	0,909	1,853 x 10 ⁻⁶

Fuente: (Herrera, 2022)

C_x es el coeficiente aerodinámico y es la resistencia que ofrece un cuerpo a moverse dentro de un fluido por razón de su forma. En la siguiente tabla se presentan los coeficientes aerodinámicos para determinados cuerpos. La estructura del patinete está compuesta principalmente por tubos redondos, por lo tanto, de la **Tabla 7** se selecciona el cuerpo en forma de cilindro corto cuyo coeficiente de resistencia aerodinámica es $C_x = 1,15$

Tabla 7. Coeficientes de arrastre para diferentes formas geométricas.

Forma		Coeficiente de arrastre frontal C_x
Esfera		0.47
Semiesfera		0.42
Cono		0.50
Cubo		1.05
Cubo inclinado		0.80
Cilindro largo		0.82
Cilindro corto		1.15
Cuerpo ahusado L/D=2.5		0.04
Semicuerpo ahusado L/H=5 en el suelo		0.09
Semicuerpo ahusado L/H=5 elevado del suelo		0.13
Semicuerpo ahusado L/H=5 elevado del suelo frontal redondeado		0.09
Semicuerpo ahusado L/H=5 elevado del suelo frontal redondeado y ruedas		0.15

Fuente: (Wikipedia, 2012).

A_f es el área frontal del patinete tomando las medidas de base y altura del plano frontal del mismo y el factor f que según la Universidad Carlos III de Madrid (2004) varía de 0,8 a 0,85 (Figura 18).



Figura 18. Área frontal del patinete eléctrico.

La ecuación para calcular el área frontal es:

$$A_f = f \cdot b \cdot a \quad (4)$$

$$A_f = 0,8 \cdot (0,50 \cdot 1,20)m$$

$$A_f = 0,48 m^2$$

V: es la velocidad máxima del vehículo. Para este caso se considera una V=20 km/h

A continuación, reemplazando los datos en la **Ecuación 2**, se obtiene:

$$F_{aire} = 0,5 \cdot (1,007 \frac{kg}{m^3}) \cdot (1,15) \cdot (0,48m^2) \cdot (5,555 \frac{m}{s})^2$$

$$F_{aire} = 8,407 N$$

Herrera (2022) nos indica que para el cálculo de la fuerza de resistencia a la rodadura se utiliza la **Ecuación 4**

$$F_{rozamiento} = W \cdot C_{rr} \cdot \cos(\theta) \quad (5)$$

Donde:

W: es el peso del patinete incluyendo al usuario, para calcular el peso total se utiliza la **Ecuación 5**.

$$W = m \cdot g \quad (6)$$

m: masa del usuario + masa del patinete (kg) = 80 kg+20 kg

g: aceleración debido a la gravedad (9,81 m/s²)

Reemplazando se obtienen:

$$W = (100 kg) \cdot (9,81 \frac{m}{s^2})$$

$$W = 981 N$$

C_{rr} es el coeficiente de resistencia a la rodadura el cual tomaremos de la **Tabla 8**.

Tabla 8. Factor de resistencia a la rodadura.

C_{rr}	Descripción
0,0010 a 0,0024	Ruedas de ferrocarril de acero sobre rieles de acero.
0,0010 a 0,0015	Rodamientos de bolas en acero sobre acero
0,0025	Neumáticos especiales Michelin para automóvil solar/eco-maratón
0,005	Rieles estándar de tranvía
0,0055	Neumáticos BMX de bicicleta usados para automóviles solares
0,010 a 0,015	Neumáticos ordinarios de automóvil sobre losas de piedra
0,030 a 0,035	Neumáticos ordinarios de automóvil sobre alquitrán o asfalto
0,3	Neumáticos ordinarios de automóvil sobre hierba, barro y arena

Fuente: (Miranda, 2015).

θ : es el ángulo de inclinación neumática. Para el caso del patinete eléctrico el ángulo de inclinación tiene un valor de cero.

Por lo tanto:

$$F_{rozamiento} = (981 N) \cdot (0,0055) \cdot \cos(0)$$

$$F_{rozamiento} = 5,395 N$$

La resistencia debida a la pendiente dificulta la ascensión del vehículo por un plano inclinado a causa de la oposición de una componente de su peso. Esta fuerza de resistencia se aplica en el centro de gravedad del vehículo (**Figura 19**) (MacMillan, 2010).

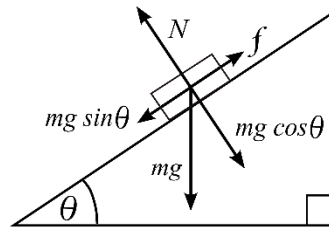


Figura 19. Diagrama de cuerpo libre en un plano inclinado

La fuerza de resistencia debido a la pendiente viene dada por la **Ecuación 6**:

$$F_{pendiente} = W \cdot \text{sen}(\theta) \quad (7)$$

Donde:

θ : es el ángulo de la superficie con respecto al plano horizontal.

La **Tabla 9** muestra la distribución de pendientes en la ciudad de Loja.

Tabla 9. Distribución de pendientes en la ciudad de Loja

Pendiente	Área (km2)	Porcentaje (%)
0-15%	25,23	46
15-30%	17,16	31
30-50%	8,47	15
50-100%	4,18	8
Mayor a 100%	0,29	0,5
Total	55,34	100

Fuente: (Guillen, 2019).

Para este caso utilizaremos una pendiente del 10 % por lo tanto:

$$\theta = 5,71^\circ$$

Entonces:

$$F_{pendiente} = (981 N) \cdot \text{sen}(5,71^\circ)$$

$$F_{pendiente} = 97,60 N$$

Se calcula el valor de la aceleración con la **Ecuación 8** de la velocidad en función del tiempo:

$$V_f = V_o + a \cdot t \quad (8)$$

Donde:

$$V_f = 5.55 \text{ m/s (20km/h)}$$

$$V_o = 0 \text{ m/s}$$

$$t = 16 \text{ s}$$

$$a = \frac{V_f}{t} = \frac{5,55 \frac{m}{s}}{16 \text{ s}}$$
$$a = 0,34 \frac{m}{s^2}$$

Para tomar los valores del tiempo y velocidad para calcular la aceleración tomamos como referencia el video de (Champ, 2020).

Teniendo todas las fuerzas calculadas y la aceleración, reemplazamos los datos en la **Ecuación 2** para determinar la fuerza del motor necesaria para mover el patinete eléctrico.

$$F_{motor} = m * a + F_{aire} + F_{rozamiento} + F_{pendiente}$$
$$F_{motor} = (100kg * 0,34) + 8,407 \text{ N} + 5,395 \text{ N} + 97,60 \text{ N}$$
$$F_{total} = 145,3 \text{ N}$$

5.4.1.2.1 *Potencia del motor a seleccionar*

Radio de la rueda (m): Los patinetes por lo general tienen ruedas de 8,5 pulgadas a 12 pulgadas y para este caso elegiremos las ruedas de 10 pulgadas que son las más comunes en el mercado.

Aro del patinete: 10 pulgadas.

Diámetro exterior: 254 mm

Diámetro interior: 190 mm

Velocidad lineal: 20 km/h – 5.555 m/s

Velocidad angular ω : Para calcular la velocidad angular de la rueda se considera la velocidad lineal a la que viaja el patinete eléctrico, despejando de la **Ecuación 9**, se tiene:

$$V = \omega \cdot r \tag{9}$$
$$\omega = \frac{V}{r}$$
$$\omega = \frac{5,555 \frac{m}{s}}{0,127 \text{ m}} = 43,70 \frac{rad}{s}$$

Torque τ : el torque requerido para vencer la resistencia estática del patinete eléctrico y el usuario se lo determina mediante la **Ecuación 10**.

$$\tau = F \cdot r \tag{10}$$

Donde:

τ : Torque (N.m)

F: Fuerza (N)

r: radio del aro (m)

$$\tau = (145.3 \text{ N}) \cdot (0,095 \text{ m}) = 13,80 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Potencia del motor P: Con los valores obtenidos anteriormente se utiliza la **Ecuación 11** para calcular la potencia requerida del motor.

$$P = \tau \cdot \omega \quad (11)$$

Donde:

P: Potencia (W)

τ : Torque (N.m)

ω : Velocidad angular (rad/s)

$$P = (13,80 \text{ N} \cdot \text{m}) \cdot (43,70 \frac{\text{rad}}{\text{s}})$$

$$P = 603,1 \text{ W}$$

El segundo caso analizado se estableció que sea un terreno sin inclinación. En el diagrama de cuerpo libre presentado en la **Figura 20** se realiza el análisis de fuerzas externas que actúan sobre el patinete eléctrico, mediante el cual se muestra que la fuerza debido a la pendiente al ser un terreno plano no es tomada en cuenta.



Figura 20. Diagrama de cuerpo libre del patinete.

El peso (W) y la Fuerza normal (N) se anulan, por lo tanto, el equilibrio de fuerzas en el eje X viene dado por la **Ecuación 12**.

$$\sum F_x = -F_{aire} - F_{rozamiento} + F_{motor} = m \cdot a \quad (12)$$

Despejamos la F_{motor} y considerando los datos anteriormente calculados se tiene:

$$F_{motor} = 34 \text{ N} + 8,407 \text{ N} + 5,395 \text{ N}$$

$$F_{total} = 47,80 \text{ N}$$

Torque τ : Se lo determina mediante la **Ecuación 10**.

$$\tau = F \cdot r$$

Donde:

τ : Torque (N.m)

F : Fuerza (N)

r : radio del aro (m)

$$\tau = (47,80 \text{ N}) \cdot (0,095 \text{ m}) = 4,54 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Potencia del motor P: Con los valores obtenidos anteriormente se utiliza la **Ecuación 11** y se calcula la potencia requerida del motor.

$$P = \tau \cdot \omega$$

Donde:

P : Potencia (W)

τ : Torque (N.m)

ω : Velocidad angular (rad/s)

$$P = (4,54 \text{ N} \cdot \text{m}) \cdot (43,70 \frac{\text{rad}}{\text{s}})$$

$$P = 198,4 \text{ W}$$

Los resultados de los dos casos se exponen en la **Tabla 34**.

Las rutas seleccionadas para los ensayos en algunos puntos tienen inclinación por lo que motor eléctrico a elegir sería mínimo de 600 W de potencia.

5.4.1.3 Patinete eléctrico a seleccionar

Con los resultados obtenidos se hará un análisis para elegir que patinete eléctrico disponible en el mercado local es eficiente para transitar por las calles de la ciudad.

Según (Pajuelo, 2022) las marcas más vendidas de patinetes eléctricos urbanos para adultos son: Cecotec, Segway, NIU, Smartgyro y Xiaomi.

En la ciudad de Loja solo existen 4 establecimientos que venden patinetes eléctricos, las tiendas ElectroAmerica, Marcimex y e-mobilityloja disponen específicamente la marca SEGWAY, y Supermercados TÍA disponen de las marcas SEGWAY, XIAOMI y ECOMOVE. Con esta información se ha seleccionado 3 modelos de patinetes eléctricos urbanos para adultos los cuales disponen de iluminación trasera y delantera, sistemas de frenada y una potencia máxima que supera o iguala los 600 W. En concreto son: Ninebot F40 y Ninebot F30 de la marca SEGWAY y el Electric Scooter PRO 2 de la marca XIAOMI

5.4.1.3.1 SEGWAY Ninebot F30

Es un vehículo de cortas dimensiones (**Figura 21**) que se mueve impulsado por un motor sin escobillas BLDC “Brushless” ubicado en su llanta delantera alimentado por corriente

eléctrica, la cual se encuentra almacenada en la batería y ésta a su vez es regenerada mediante el freno regenerativo, con un precio de lanzamiento en el mercado local de USD 630. Su ficha técnica se muestra en la **Tabla 10**.

Tabla 10. Ficha técnica del patinete Ninebot F30

Ninebot F30	
Dimensión	Aprox. 45 × 18.9 × 45.7 in (1143 × 480 × 1160 mm)
Peso neto	Aprox. 33,3 lbs (15.1 kg)
Capacidad de carga	66–265 lbs (30–120 kg)
Velocidad Maxima	Aprox. 15.5 mph (25 km/h)
Autonomía	Aprox. 18.6 miles (30 km)
Pendiente máxima	Aprox. 15 %
Duración de carga	Aprox. 5 h
Voltaje nominal	36 V
Voltaje de carga máximo	42 V
Capacidad nominal de la batería	7650 mAh
Energía nominal de la batería	275 Wh
Potencia nominal del motor	0.30 kW, 300 W
Potencia de salida del motor	0.7 kW, 700 W
Voltaje del motor	100–240 V
Neumáticos	10 pulgadas



Figura 21. Patinete Ninebot F30 (*De Patinetes, 2022*)

La potencia eléctrica máxima de este patinete es de 700 W. El vehículo cuenta con 3 modos de conducción los cuales son:

- **Modo ahorro de energía (ECO):** la velocidad máxima es de hasta 15 km/h para prolongar la duración de la batería
- **Modo estándar (D):** equilibrio perfecto entre velocidad y autonomía con una velocidad máxima de 25 km/h

- **Modo deportivo (S):** experimentarás una salida más potente a una velocidad máxima de 25 km/h

5.4.1.3.2 *SEGWAY Ninebot F40*

Impulsado por un motor sin escobillas BLDC “Brushless” ubicado en la llanta delantera alimentado por corriente eléctrica, la cual se encuentra almacenada en la batería y ésta a su vez es regenerada mediante el freno regenerativo, con un precio en el mercado local que ronda los USD 700.

Su ficha técnica se observa en la **Tabla 11**.

Tabla 11. Ficha técnica del patinete Ninebot F40

Ninebot F40	
Dimensión	Aprox. 45 × 18,9 × 45,7 in (1143 × 480 × 1160 mm)
Peso neto	Aprox. 34,8 lbs (15.8 kg)
Capacidad de carga	66–265 lbs (30–120 kg)
Velocidad Maxima	Aprox. 18,6 mph (30 km/h)
Autonomía	Aprox. 24,9 miles (40 km)
Pendiente máxima	Aprox. 20 %
Duración de carga	Aprox. 6,5 h
Voltaje nominal	36 V
Voltaje de carga máximo	42 V
Capacidad nominal de la batería	10200 mAh
Energía nominal de la batería	367 Wh
Potencia nominal del motor	350 W
Potencia de salida del motor	700 W
Voltaje del motor	100–240 V
Neumáticos	10 pulgadas



Figura 22. Patinete Ninebot F40 (De Patinetes, 2022)

Al igual que la serie F30 también cuenta con 3 modos de conducción (Eco, Drive y Sport) y genera una potencia máxima de 700 W.

5.4.1.3.3 *Electric Scooter PRO 2*

Xiaomi Mi Electric Scooter Pro 2 (**Figura 23**) es uno de los mejores patinetes eléctricos de la famosa marca, cuenta con un motor sin escobillas BLDC “Brushless” de 300 W, pero puedes conseguir una potencia de hasta 600 W, además, puede soportar cargas máximas de hasta 100 kg para conseguir la mejor relación de autonomía y potencia (Contreras, 2022). En la **Tabla 12** se muestra la ficha técnica del vehículo. El precio del vehículo en el mercado local es de USD 670.

Tabla 12. Ficha técnica Electric Scooter PRO 2

Electric PRO 2	
Dimensión	(1180 × 1130 mm)
Peso neto	14,2 kg
Capacidad de carga	100 kg
Velocidad Maxima	25 km/h
Autonomía	45km/h
Pendiente máxima	20 %
Duración de carga	8 – 9 h
Voltaje nominal	37 V
Voltaje de carga máximo	42 V
Capacidad nominal de la batería	12800 mAh
Energía nominal de la batería	474 Wh
Potencia nominal del motor	300 W
Potencia de salida del motor	600 W
Voltaje del motor	100–240 V
Neumáticos	8,5 pulgadas



Figura 23. Electric Scooter PRO 2 (Contreras, 2022)

El vehículo cuenta con 3 modos de conducción los cuales son:

- **Modo Peatonal:** la velocidad máxima es de hasta 5 km/h para prolongar la duración de la batería
- **Modo Estándar (D):** equilibrio perfecto entre velocidad y autonomía con una velocidad máxima de 20 km/h
- **Modo Deportivo (S):** experimentarás una salida más potente a una velocidad máxima de 25 km/h

5.4.1.3.4 Prueba de funcionamiento

Para realizar las pruebas de funcionamiento de los 3 modelos de patinetes eléctricos se eligió la **Ruta 4** (ida y vuelta) debido a que ésta posee en su trayecto una pendiente con porcentaje de inclinación del 10 %, de esta manera podemos corroborar que la potencia calculada para el vehículo de micromovilidad sea la correcta.

Los resultados se muestran en la **Tabla 13**, los datos se registraron con las aplicaciones propias de las marcas.

Tabla 13. Resultados de la prueba de funcionamiento de los patinetes eléctricos.

Vehículo Eléctrico	Voltaje inicial de la batería	Distancia de ruta	Tiempo de recorrido	Velocidad media	Velocidad máxima	Voltaje final de la batería
Ninebot F30	41 V (100 %)	12,82 km	46 min	16,7 km	25 km	35,40 V (41%)
Electric PRO 2	41 V (100 %)	12,82 km	47 min	16,4 km	25 km	37,80 V (60%)
Ninebot F40	41 V (100 %)	12,82 km	42 min	18,3 km	29,9 km	36,20 V (47 %)

Los 3 vehículos superaron la pendiente, sin embargo, el Ninebot F30 y el Electric PRO 2 lo lograron con dificultad, el F40 lo hizo de mejor forma, con esto podemos afirmar que los cálculos del dimensionamiento del motor son correctos.

5.4.1.3.5 Aplicación del método de los factores ponderados para la selección del patinete eléctrico

Ponderar los factores es una manera de asignar valores cuantitativos a todos los factores relacionados con cada alternativa de decisión y de derivar una calificación compuesta que puede ser usada con fines de comparación. Esto nos permite tomar decisiones al conjugar ambos factores, cuantitativos y cualitativos. A continuación, se muestra el procedimiento para calificar el factor cualitativo (UNAM, 2013) :

- Preparar una lista de los factores relevantes.

- Asignar una ponderación a cada factor para indicar su importancia relativa (las ponderaciones pueden sumar 1.00).
- Asignar una escala común a cada factor, por ejemplo 0 – 100 puntos, establecer un mínimo.
- Calificar cada vehículo de acuerdo a la escala diseñada y multiplicar las calificaciones por las ponderaciones.
- Sumar los puntos de cada vehículo y escoger la ubicación que tenga más puntos.

Basándonos en las fichas técnicas de cada patinete eléctrico y en la prueba de ruta podemos seleccionar los factores más relevantes a calificar, igualmente la ponderación asignada a cada uno, estos se muestran a continuación en la **Tabla 14**. Método de ponderación para la selección del patinete eléctrico. **Tabla 14**, calificando los factores en una escala del 1 al 5.

Tabla 14. Método de ponderación para la selección del patinete eléctrico.

Factores	Ponderación	Ninebot F30	Ninebot F40	Electric PRO 2
Potencia del motor	25%	3	5	3
Autonomía de la batería	25%	3	4	5
Precio del vehículo	10%	5	3	4
Velocidad del vehículo	10%	4	5	4
Pendiente máxima	10%	3	5	5
Carga máxima del vehículo	5%	5	5	4
Tiempo de llegada del vehículo	5%	4	5	3
Tamaño de los neumáticos	5%	5	5	4
Tiempo de carga de la batería	5%	5	4	3
Total	100%	365	450	400

Con la calificación obtenida en la **Tabla 14** se determina que el patinete eléctrico que mejor se adapta a la ciudad de Loja es el **Ninebot F40** de la marca SEGWAY.

5.4.2 Segundo objetivo: Determinar el rendimiento y prestaciones de un patinete eléctrico y una bicicleta eléctrica convencional.

5.4.2.1 Rendimiento del Patinete eléctrico

5.4.2.1.1 Ruta 1 (Norte-Sur/Sur-Norte)

Tabla 15. Ruta 1

1	Norte-Sur	Av. Pablo palacios y Calle Jaime Roldós Aguilera	18 de Noviembre y Av. Gobernación de Mainas	Velasco Ibarra, Av. Orillas del Zamora, Av. Nueva Loja
	Sur-Norte	18 de Noviembre y Av. Gobernación de Mainas	Av. Pablo palacios y Calle Jaime Roldós Aguilera	Av. Eduardo Kigman, Sozoranga, Bernardo Valdivieso, José Félix de Valdivieso, Av.

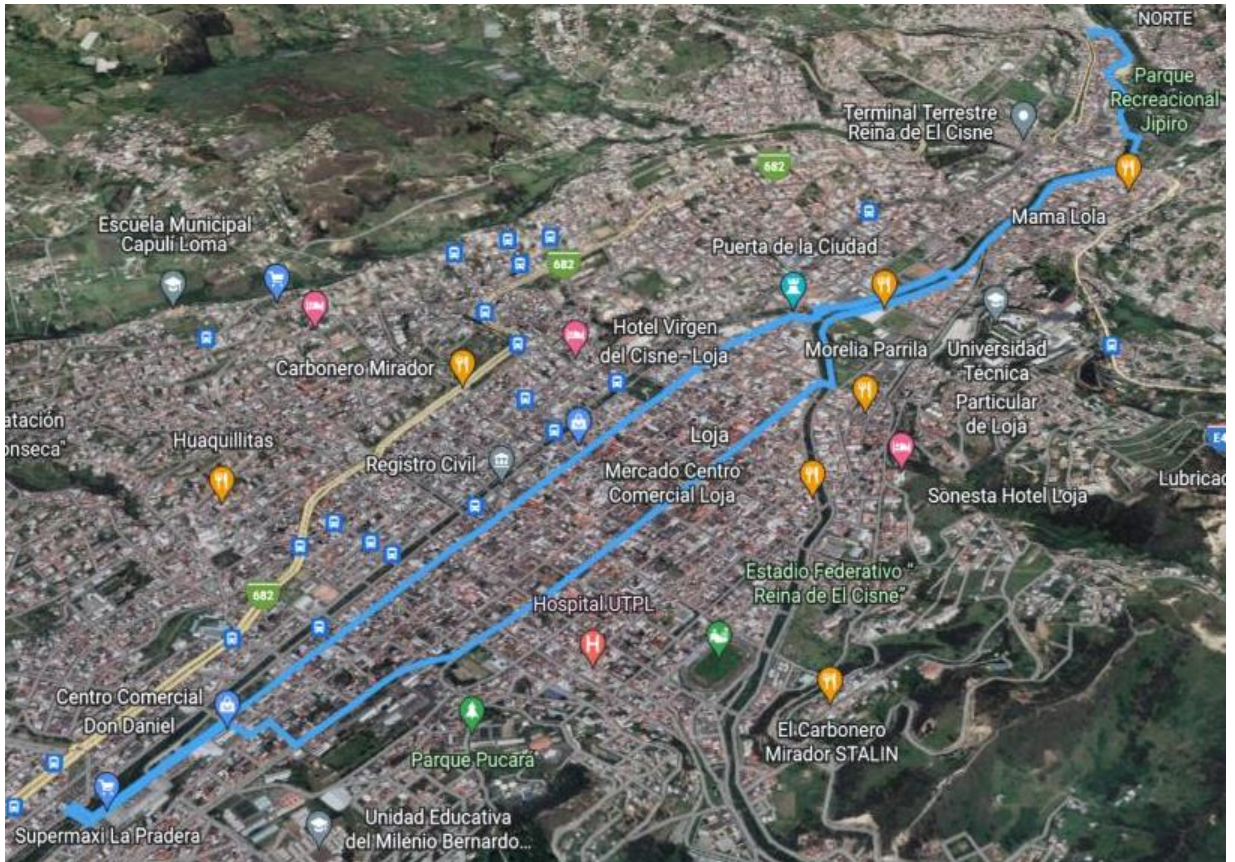


Figura 24. Ruta 1

Los valores mostrados en la **Tabla 35**, indican que hubo una disminución de 4,5 V en la batería al completar el trayecto, el cual se lo realiza en hora pico (13:00). Se recorrió una distancia de 11,23 km (ida-vuelta) en un tiempo de 44 min con un nivel de tráfico moderado, alcanzando una velocidad máxima de 28,8 km sobre carretera de segundo orden, asfalto y concreto, en la ruta se encontró pendientes y superficies planas.

5.4.2.1.2 Ruta 2 (Norte-Oeste/Oeste-Norte)

Tabla 16. Ruta2

2	Norte-Oeste	Av. 8 de Diciembre Salvador Bustamante Celi	de y	Segundo Cueva Celi y Prol. 24 de Mayo	Daniel Armijos, Av. Orillas del Zamora, Santiago de las Montañas, Clodoveo Carrión.
	Oeste- Norte	Segundo Cueva Celi y Prol. 24 de Mayo	de y	Av. 8 de Diciembre Salvador Bustamante Celi	Clodoveo Carrión, Santiago de las Montañas, Av. Orillas del Zamora, Daniel Armijos.

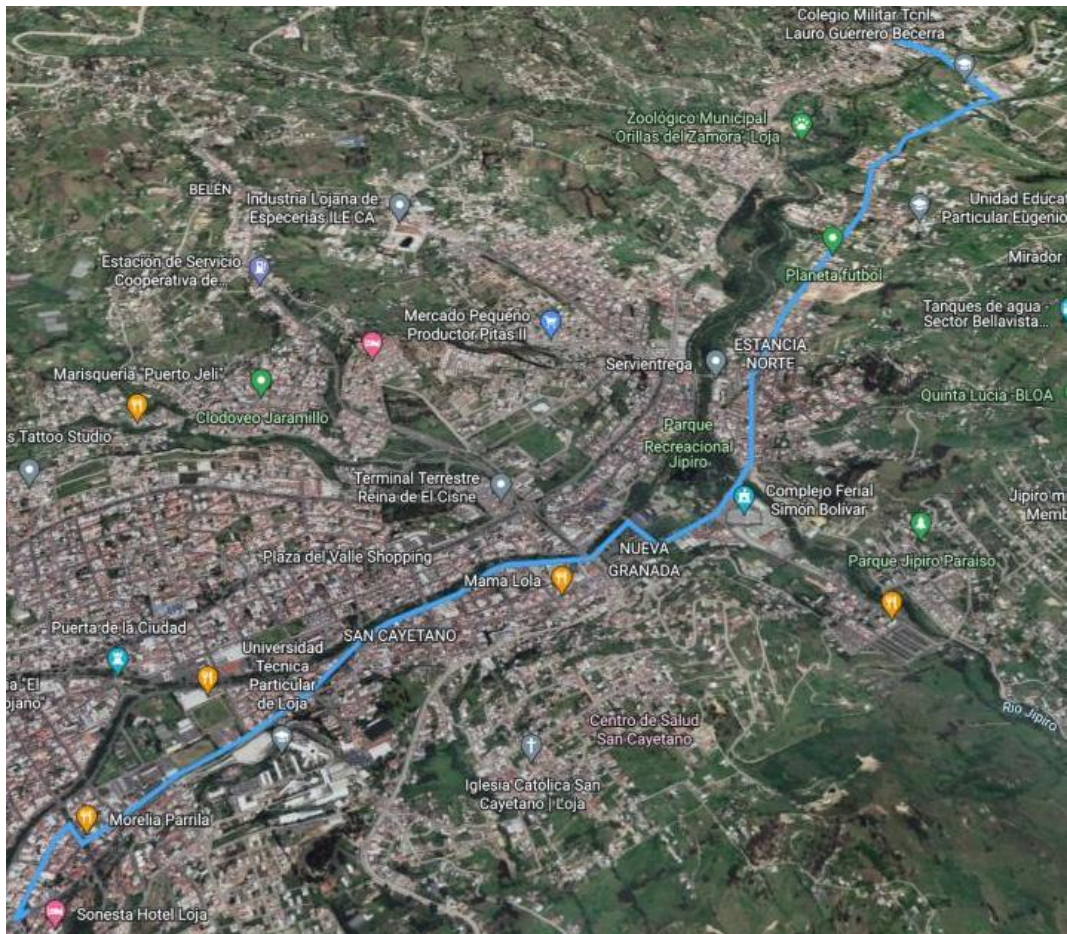


Figura 25. Ruta 2

Los valores mostrados en la **Tabla 35**, indican que hubo una disminución de 4,9 V en la batería al completar el trayecto, esta vez se realizó la prueba a las 13:00. Se recorrió una distancia de 13,37 km (ida-vuelta) en un tiempo de 40 min con un nivel de tráfico bajo, alcanzando una velocidad máxima de 29,8 km sobre carretera de segundo orden, asfalto y concreto, en la ruta se encontró pendientes y superficies planas.

5.4.2.1.3 **Ruta 3 (Este-Oeste/Oeste-Este)**

Tabla 17. Ruta 3

3	Este-Oeste	Av. Pío Jaramillo Alvarado y Alonso de Mercadillo	Santiago de las Montañas y Marcelino Champagnat	Bernardo Valdivieso, Juan de Salinas
	Oeste-Este	Santiago de las Montañas y Marcelino Champagnat	Av. Pío Jaramillo Alvarado y	Segundo Cueva Celi, Prol. 24 de Mayo, Lourdes

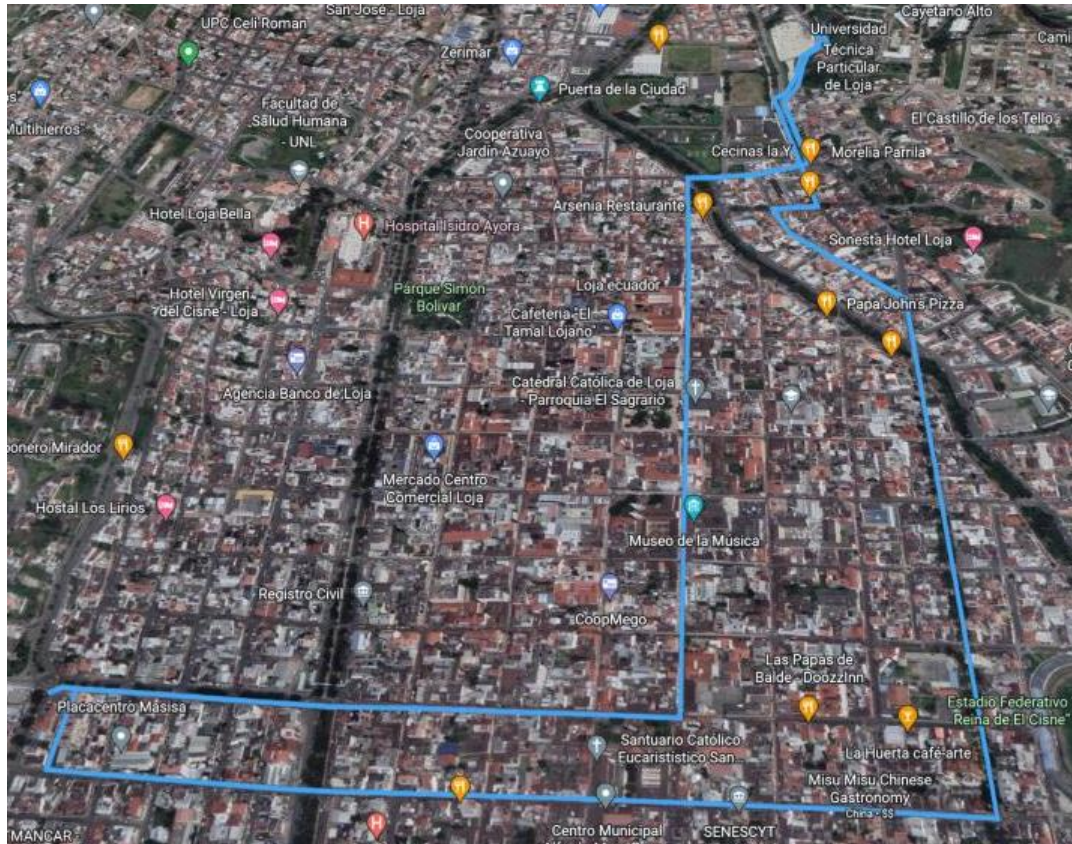


Figura 26. Ruta 3

En la prueba de funcionamiento en la ruta 3 se obtiene los siguientes valores mostrados en la **Tabla 35**, existe una disminución de 2,8 V en la batería al completar el trayecto, esta vez se realizó la prueba a las 12:30. Se recorrió una distancia de 5,5 km (ida-vuelta) en un tiempo de 22 min con un nivel de tráfico alto, alcanzando una velocidad máxima de 28,4 km sobre carretera de primer orden, asfalto y concreto, en la ruta se encontró pendientes y superficies planas.

5.4.2.1.4 Ruta 4 (Oeste-Sur/Sur-Oeste)

Tabla 18. Ruta 4

4	Oeste-Sur	Salvador Bustamante Celi y Guayaquil	Av. Pio Jaramillo Alvarado y Av. Reinaldo Espinosa	Santiago de las Montañas, José Felix de Valdivieso, 18 de Noviembre, Jhon F. Kennedy
	Sur- Oeste	Av. Pio Jaramillo Alvarado y Av. Reinaldo Espinosa	Salvador Bustamante Celi y Guayaquil	Pedro Vicente Maldonado, Francisco Caldas, Manuel Zambrano,

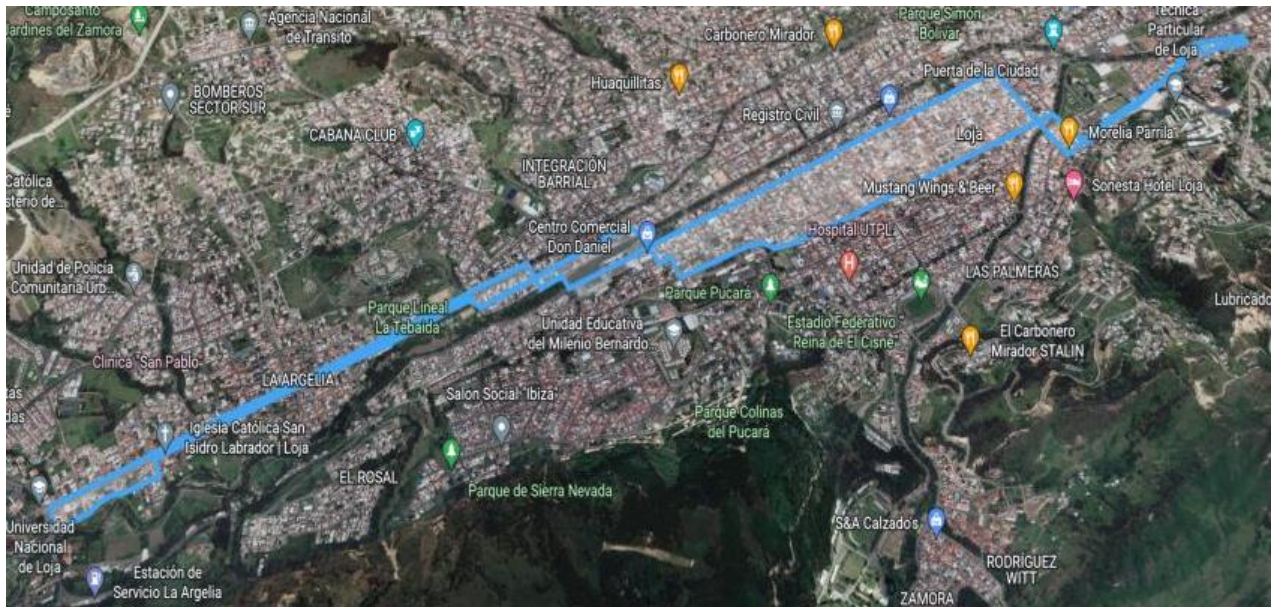


Figura 27. Ruta 4

En la prueba de funcionamiento en la ruta 4 se obtiene los siguientes valores mostrados en la **Tabla 35**, existe una disminución de 4,8 V en la batería al completar el trayecto, esta vez se realizó la prueba a las 07:00. Se recorrió una distancia de 12,82 km (ida-vuelta) en un tiempo de 44 min con un nivel de tráfico medio, alcanzando una velocidad máxima de 29,9 km sobre carretera de primer orden, asfalto y concreto, en la ruta se encontró pendientes y superficies planas.

5.4.2.1.5 Rendimiento del patinete eléctrico en circuito abierto

Se realizó una quinta prueba la cual consistió en realizar una ruta de 10 km en la ciudad de Loja en dirección Norte-Sur iniciando en la Av. 8 de Diciembre y Salvador Bustamante Celi hasta el límite de la calle 18 de Noviembre (vía asfaltada en estado regular, con pendientes y superficies planas), con la finalidad de medir el voltaje de la batería en cada kilómetro recorrido. Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 19. Resultados de la prueba en circuito abierto.

Número de km	Tiempo	Voltaje (V)	Velocidad media (km/h)
0	0:00:00	41	0
1	0:02:35	40,6	23,3

2	0:02:42	40,1	22,2
3	0:02:48	39,6	21,4
4	0:02:33	39,1	23,5
5	0:02:34	38,6	23,4
6	0:03:10	38,2	18,9
7	0:03:46	37,8	15,9
8	0:02:58	37,4	20,2
9	0:03:42	37,1	22,2
10	0:02:48	36,8	21,4

En base a los resultados de la **Tabla 19** es posible apreciar la descarga de energía en la batería, misma que se aprecia en la **Figura 28**, en donde, además, se traza una línea de tendencia para determinar la trayectoria que seguirá la gráfica del voltaje según los kilómetros recorridos.

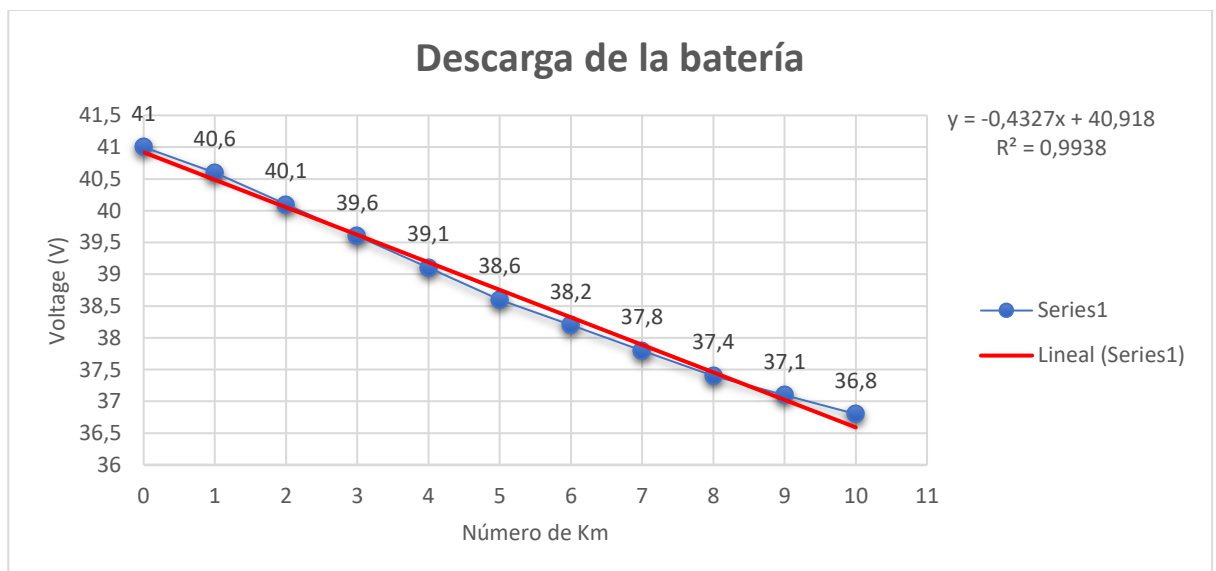


Figura 28. Descarga de energía de la batería

Se obtiene la **Ecuación 13** de la línea de tendencia, la cual permite determinar el rendimiento de la batería en función de la distancia recorrida, para ello se identifica cada una de las variables.

$$y = -0,4327x + 40,918 \quad (13)$$

En donde:

- x: Número de kilómetros = 10 km
- y: Voltaje mínimo de la batería = 34,2 V

Se despeja la variable x para determinar los kilómetros que se pueden recorrer con una carga completa de la batería, obteniéndose los siguientes resultados:

$$y = -0,4327x + 40,918$$

Por lo tanto:

$$x = \frac{40,918 - y}{0,4327}$$

$$x = 15,5 \text{ km}$$

Se observa que el patinete eléctrico (modo sport) tiene un rendimiento de 15,5 km por carga completa en zonas urbanas con presencia de pendientes y un consumo de 0,43 V por kilómetro recorrido.

5.4.2.1.6 Rendimiento del patinete eléctrico en un circuito cerrado

Con el fin de determinar el rendimiento del patinete eléctrico en condiciones ideales se realizan pruebas de funcionamiento en un circuito cerrado, para ello se requiere que el usuario alcance una velocidad constante en una distancia predeterminada.

Las características del terreno para determinar el rendimiento en un circuito cerrado se muestran en la **Tabla 20**.

Tabla 20. Características del terreno para las pruebas de rendimiento en circuito cerrado.

Lugar:	Amable María
Dirección:	Calle Marco Placencia
Distancia del circuito:	340 m
Propiedades del circuito:	Vía asfaltada
Estado:	Excelente
Pista:	Calzada regular plana.



Figura 29. Ruta del circuito cerrado.

Los resultados obtenidos se muestran en la **Tabla 21**.

Tabla 21. Resultados de la prueba en circuito cerrado.

Vuelta	Distancia (m)	Tiempo	Voltaje (V)	Velocidad media (km/h)
0	0	0:00:00	41	0

1	340	0:00:46	40,8	26,2
2	340	0:00:45	40,6	26,8
3	340	0:00:45	40,5	26,8
4	340	0:00:44	40,3	27,4
5	340	0:00:43	40,2	28,1
6	340	0:00:44	40,1	27,4
7	340	0:00:46	40	26,2
8	340	0:00:45	39,9	26,8
9	340	0:00:43	39,8	28,1
10	340	0:00:43	39,7	28,1

Con los resultados de la **Tabla 21** es posible apreciar la descarga de energía en la batería, misma que se aprecia en la **Figura 30**, en donde, además, se traza una línea de tendencia para determinar la trayectoria que seguirá la gráfica del voltaje según el número de vueltas.

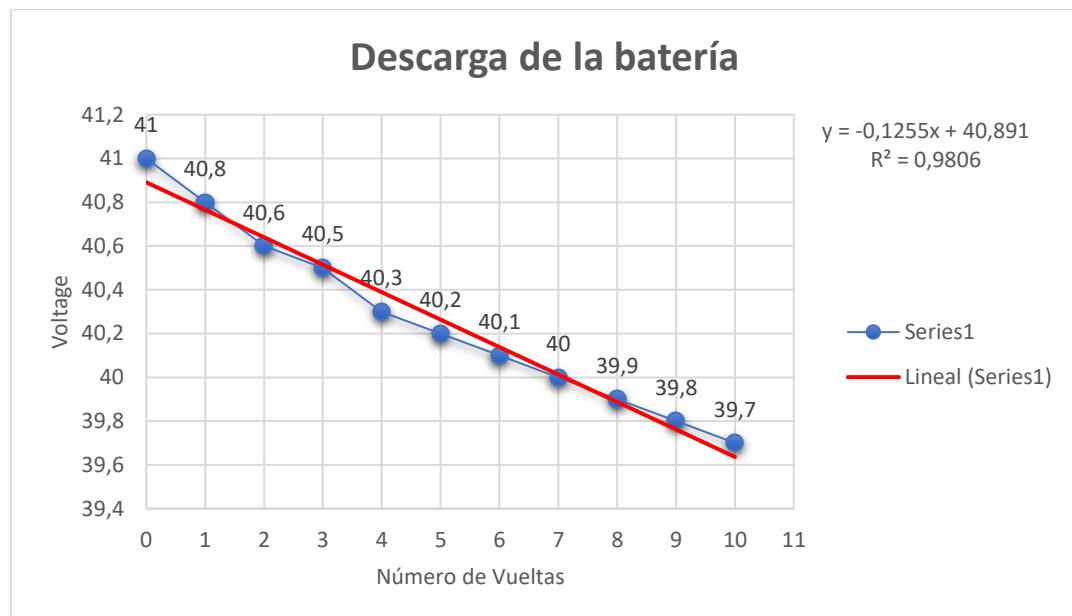


Figura 30. Descarga de energía de la batería.

Se obtiene la ecuación de la línea de tendencia, la cual permite determinar el rendimiento de la batería en función del número de vueltas, para ello se identifica cada una de las variables, obteniendo el siguiente resultado:

$$y = -0,1255x + 40,891 \quad (14)$$

Donde:

x: Número de vueltas = 10

y: Voltaje mínimo de la batería = 34,2 V

Se despeja la variable x para determinar el número de vueltas que se pueden recorrer con una carga completa de la batería, obteniéndose los siguientes valores:

$$y = -0,1255x + 40,891$$

Por lo tanto:

$$x = \frac{40,891 - y}{0,1255}$$
$$x = 53,31$$

Ahora multiplicamos el valor de x por la distancia de cada vuelta, obteniéndose:

$$R = 53,31 * 0,34 \text{ km}$$

$$R = 18,1 \text{ km}$$

Se determina que el patinete eléctrico (modo sport) tiene un rendimiento de 15,5 km por carga completa en un terreno plano, lo que significa un consumo de 0,37 V por kilómetro recorrido.

5.4.2.2 Rendimiento de la bicicleta eléctrica

La bicicleta a utilizar pertenece al departamento centro investigación de la Universidad Nacional de Loja I2TEC, misma que cuenta con un motor eléctrico tipo Brushless de 1000 W marca SAILI y una batería de Ion Litio 48 V-13 Ah, marca Hailong Plus, se la puede apreciar en la **Figura 31**.



Figura 31. Bicicleta eléctrica de la Universidad Nacional de Loja. (Herrera, 2022)

Los resultados de las pruebas se muestran en la **Tabla 36**.

5.4.2.2.1 Rendimiento de la bicicleta eléctrica en un circuito abierto

Así mismo como en el patinete eléctrico, para la bicicleta se realizó una quinta prueba en la misma ruta y con las mismas condiciones del terreno. Los resultados obtenidos se muestran en la **Tabla 22**.

Tabla 22. Resultados de la prueba en circuito abierto.

Número de km	Tiempo	Voltaje (V)	Velocidad media (km/h)
0	0:00:00	54,3	0
1	0:02:31	53,9	23,8
2	0:02:39	53,4	22,6
3	0:02:44	53,0	21,9
4	0:02:31	52,5	23,8
5	0:02:35	52,1	23,2
6	0:03:05	51,7	19,5
7	0:03:42	51,2	16,2
8	0:02:53	50,8	20,8
9	0:03:37	50,3	16,6
10	0:02:46	49,9	21,7

A partir de los datos de la **Tabla 22** es posible apreciar la descarga de energía en la batería, misma que se aprecia en la **Figura 32**; además, se traza una línea de tendencia para determinar la trayectoria que seguirá la gráfica del voltaje según los kilómetros recorridos

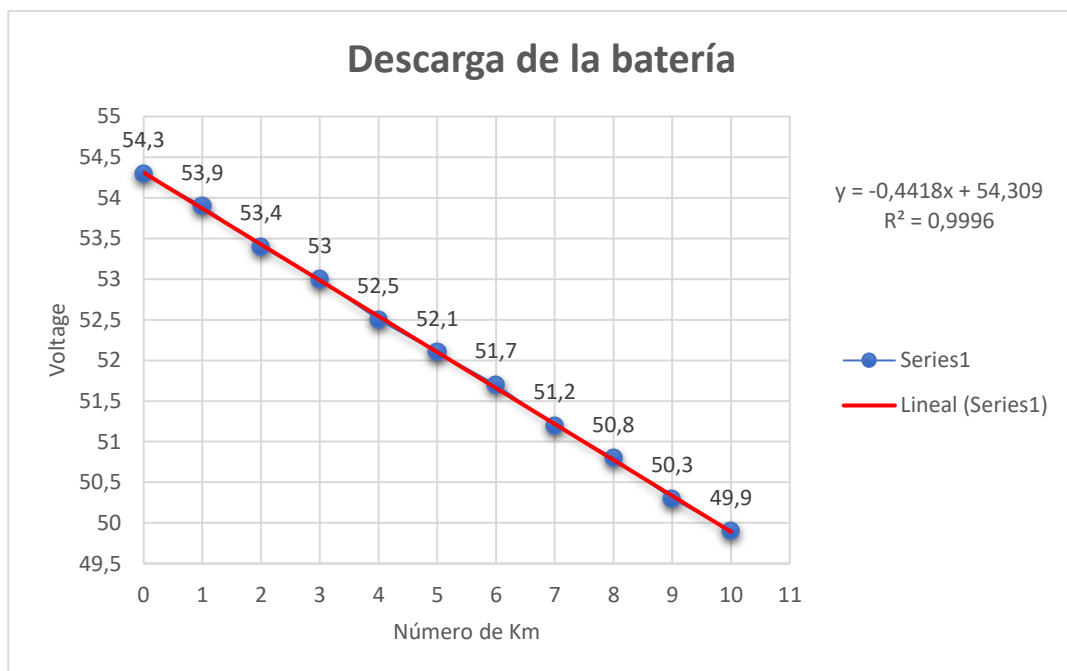


Figura 32. Descarga de energía de la batería

Con la ecuación de la línea de tendencia obtenida se despeja la variable x para determinar los km que se pueden recorrer con una carga completa de la batería, obteniendo los siguientes valores:

$$y = -0,4418x + 54,309 \quad (15)$$

Donde:

x: Número de kilómetros = 10 km

y: Voltaje mínimo de la batería = 39 V

$$x = \frac{54,309 - y}{0,4418}$$

$$x = 34,6 \text{ km}$$

Se determina que la bicicleta (nivel de asistencia 5) tiene un rendimiento de 34,6 km por carga completa en zonas urbanas con presencia de pendientes y un consumo por kilómetro recorrido de 0,44 V.

5.4.2.2.2 *Rendimiento de la bicicleta en circuito cerrado*

Según Herrera (2022) el rendimiento de la bicicleta eléctrica en circuito cerrado es de 37 km, a continuación, se muestra la **Tabla 23** de los resultados de la prueba realizada, la gráfica de descarga de la batería (**Figura 33**) y la tabla del rendimiento en kilómetros recorridos según el voltaje de la batería (

Tabla 24).

Tabla 23. Resultados de la prueba en circuito cerrado para 800 m.

Vuelta	Distancia (m)	Tiempo	Voltaje (V)	Velocidad media (km/h)
0	0	0:00:00	52,8	0
1	800	0:01:41	52,5	27,5
2	800	0:01:41	52,1	27,6
3	800	0:01:39	51,8	27,6
4	800	0:01:36	51,5	27,5
5	800	0:01:35	51,1	28,3
6	800	0:01:32	50,7	29,7
7	800	0:01:32	50,4	29,8
8	800	0:01:30	50,1	30
9	800	0:01:30	49,8	29,2
10	800	0:01:28	49,6	31,2

Fuente: (Herrera, 2022)

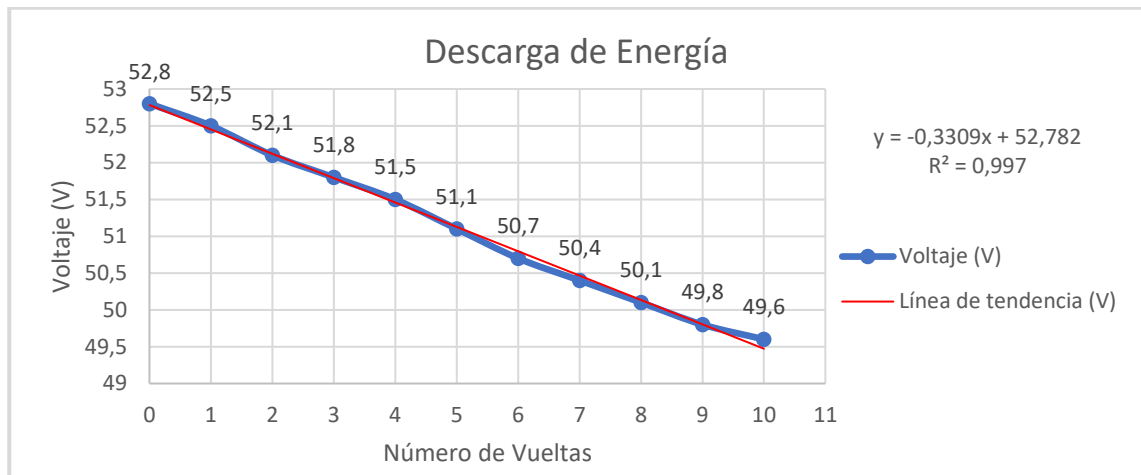


Figura 33. Descarga de energía de la batería. (Herrera, 2022)

Tabla 24. Rendimiento en km recorridos según el voltaje de la batería

Voltaje de la batería (V)	Nº vueltas	Distancia recorrida (m)	Distancia recorrida (km)
54,3	-4,6	3 669,99	3,67
39	40,7	33 320,04	33,32
TOTAL	45,3	36 990,03	36,99

Fuente: (Herrera, 2022).

5.4.2.3 Prestaciones del patinete eléctrico y la bicicleta eléctrica





5.4.2.3.1 Cero emisiones de CO₂

Es cierto que todo motor diésel y gasolina contamina, especialmente los vehículos más antiguos; los más modernos cuentan con la tecnología necesaria para reducir su huella todo lo posible, pero no es suficiente (Lois, 2019). Por tal razón la micromovilidad es una alternativa para reducir las emisiones de CO₂ en las ciudades.

Un vehículo a gasolina emite 2 393 gr de CO₂ por litro y un vehículo a diésel genera 2 640 gr de CO₂ por litro (Reyes, 2021). Por lo general un coche consume un litro de gasolina en 8 - 12 km, lo que se traduce en un gasto de 4 a 12 litros de combustible cada 100 km. En cambio, los autobuses diésel tienen un consumo de 56 litros de diésel cada 100 km (Fernandez, 2016).

En la **Tabla 25** se muestra las emisiones promedio generadas por un automóvil, un autobús y los vehículos eléctricos de movilidad personal en la ruta 2 (13,37 km) de los trayectos de prueba, se elige la ruta por ser la de mayor recorrido.

Tabla 25. Emisiones generadas por diferentes vehículos.

Vehículo	Imagen referencial	Emisiones de CO ₂ (gr)
Automóvil		2 665
Autobús		1 581,3
Patinete eléctrico		0
Bicicleta eléctrica		0

5.4.2.3.2 *Tiempo*

Los vehículos eléctricos de movilidad personal son una buena opción para llegar a tiempo sobre todo en las horas pico, se toma como ejemplo la ruta 4 del trayecto de prueba y se realiza una tabla comparativa de los tiempos que usualmente se tardan en llegar el transporte público (taxi, autobús) y privado (automóvil) y los vehículos de movilidad personal (patinete y bicicleta eléctrica) en hora pico (**Tabla 26**).

Tabla 26. Tiempo de recorrido

Vehículo	Tiempo de recorrido (min)
Taxi	34
Autobús	50
Automóvil	33
Patinete eléctrico	42
Bicicleta eléctrica	38

5.4.2.3.3 *Facilidad para el aparcamiento*

En la ciudad de Loja existen sitios de aparcamiento público (Sistema de Estacionamiento Rotativo Tarifado SIMERT) y privados para los automóviles, estos representan un gasto económico adicional del usuario, en cambio los lugares de estacionamiento de las bicicletas son gratuito, por otro lado, los patinetes eléctricos son plegables lo que los hace portátiles.

5.4.3 Tercer objetivo: Realizar un análisis económico para elegir que vehículo ecológico es el más factible de adquirir.

5.4.3.1 Costo del patinete eléctrico y la bicicleta eléctrica convencional

Tabla 27. Costo total del patinete y bicicleta eléctricos.

Vehículo de movilidad personal	Costo total
Patinete eléctrico	\$ 700
Bicicleta eléctrica	\$ 836

5.4.3.2 Costos por consumo eléctrico

5.4.3.2.1 Costos por consumo eléctrico del patinete eléctrico

El contador instantáneo de electricidad “e2 classic” (Figura 34) de la marca “Efergy” permite determinar la cantidad de energía eléctrica que se necesita para recargar la batería del patinete eléctrico y la bicicleta eléctrica, además el “e2 classic” incluye el software elink 2.3, que te permite dar seguimiento al consumo eléctrico diario, semanal, mensual e inclusive anual con un historial de máximo dos años (ArquitectSolar, 2015).



Figura 34. Monitor Efergy E2 classic.

Se descargó la batería a su nivel mínimo que corresponde a 34,2 V (7 %), a partir de este punto se inició el proceso de carga y monitoreo hasta alcanzar el 100% que corresponde a 41 V.

En Ecuador la tarifa nacional promedio del servicio eléctrico es de 9,2 centavos de dólar por cada Kilovatio-hora (EMPRESA ELECTRICA QUITO, 2022)

El contador eléctrico “e2 classic” registró un consumo de 0,28 kWh por una carga completa de la batería lo que representa un costo de 0,0258 USD. En los **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra el informe energético obtenidos por medio del monitor Efergy E2 classic.

Según el fabricante lo recomendable es cargar la batería cuando el indicador de batería marque una barra de carga lo que corresponde al 20 %, esto aumentará la vida útil de la batería. Por lo general la mayoría de las baterías de ion de litio duran 1 000 ciclos de carga antes de que el usuario empiece a observar una disminución notable en el rendimiento del patinete (S, 2020), (Gamin, 2021) indica que si cargamos la batería hasta un 90 % de su capacidad aumentaremos sus ciclos (hasta 1 500) de carga y protegeremos mucho más la vida de la batería.

En la **Tabla 28** se presenta los costos estimados de la carga completa del patinete eléctrico y su coste mensual y anual.

Tabla 28. Estimado de consumo de energía eléctrica del patinete eléctrico

Recarga de la batería al 100 %	Recarga de la batería al 90 %	Consumo semanal de recarga de la batería	Consumo mensual de recarga de la batería
0,28 kWh	0,25 kWh	1,75 kWh	7,75 kWh
Costo de Energía USD/kWh			
0,0258 USD	0,023 USD	0,161 USD	0,713 USD

5.4.3.2 Costos por consumo eléctrico de la bicicleta eléctrica

(Herrera, 2022) presenta la **Tabla 29**, donde se estima el consumo eléctrico de la bicicleta eléctrica y los costos por mes y año.

Tabla 29. Estimado de consumo de energía eléctrica de la bicicleta eléctrica

Recarga de la batería al 100 %	Recarga de la batería al 90 %	Consumo semanal de recarga de la batería	Consumo mensual de recarga de la batería
0,69 kWh	0,552 kWh	3,864 kWh	16,56 kWh
Costo de Energía USD/kWh			
0,07 USD	0,058 USD	0,405 USD	1,733 USD

Fuente: (Herrera, 2022).

5.4.3.3 Costos por mantenimiento

5.4.3.3.1 Costos por mantenimiento del patinete eléctrico

Los patinetes eléctricos disfrutan de una vida útil que oscila entre 2 y 5 años con el cuidado y el mantenimiento adecuado. Es por ello, que debemos efectuar el mantenimiento correcto y cambiar piezas en el momento que sea necesario para alargar la vida útil de un patinete eléctrico. En todo caso, algunas de las piezas que tienden a dañarse con frecuencia son las siguientes (Seguro Patinete, 2020):

- Los neumáticos
- El guardabarros trasero
- La luz delantera
- El freno
- Batería

La **Tabla 30** indica los costos de los accesorios y la frecuencia promedio con la que se cambian.

Tabla 30. Costo anual del mantenimiento del patinete eléctrico

Accesorio	Frecuencia de cambio anual	Costo (USD)	Costo anual (USD)
Neumáticos	1	30,00	30,00
Guardabarros trasero	1	18,00	18,00
Luz delantera	1	9,00	12,00
Pastillas de freno	2	5,00	10,00
Costo del mantenimiento anual			70,00

La batería se la deberá reemplazar al menos una vez en el tiempo de vida útil del patinete, para este patinete no existe en el mercado una batería original para adquirir por lo que se puede adaptar una con características similares las cuales tienen un precio promedio de USD 270.

5.4.3.3.2 Costos por mantenimiento de la bicicleta eléctrica

En promedio, las bicicletas eléctricas duran alrededor de 10 años. Ese número puede ser mayor o menor según el tipo de bicicleta y cómo la uses. Si se realiza el mantenimiento periódico a la bicicleta eléctrica, puede durar más de una década. Sin embargo, varias piezas, como motores y cadenas, deberán reemplazarse periódicamente incluso con el cuidado adecuado (Jones, 2022).

El coste estimado para un mantenimiento periódico de las bicicletas eléctricas se estima entre 50 dólares y 180 dólares anuales. Porque si en una bicicleta tradicional el mantenimiento debería centrarse principalmente en frenos, ruedas, dirección, eje de los pedales o cadena de transmisión, para las eléctricas esa revisión se encarecería al extenderse también al estado de la batería y a los diversos elementos electrónicos, al estar expuestos a la intemperie (Martín, 2022).

La batería es uno de los elementos que se debe cambiar al tener un tiempo de vida útil máximo de 1 500 ciclos de carga, por lo que una batería nueva también se debe incluir en los costos de mantenimiento.

5.4.3.4 Costo anual del transporte público

El transporte público en Ecuador es uno de los más baratos de Latinoamérica. En promedio, los ecuatorianos gastan diariamente 1 dólar en transporte, lo que al mes suma cerca de 25 dólares. Y, suponiendo que de vez en cuando se utiliza un taxi, este monto anterior debemos sumarle unos 15 \$ (Cómo vivir en, 2021).

Por lo tanto, un ecuatoriano anualmente para moverse en transporte público gasta un estimado de USD 480.

5.4.3.5 Comparación del costo anual de los vehículos de micromovilidad y el transporte público

Se debe considerar que el uso de los vehículos de micromovilidad está restringido por varios factores, uno de ellos el clima, (WeatherSpark, 2022) nos indica (**Figura 35**) que la temporada de invierno dura 4,6 meses (13 de diciembre a 1 de mayo) y la temporada de verano 7,4 meses (1 de mayo al 13 de diciembre), en la figura se muestra la probabilidad diaria de precipitación en Loja

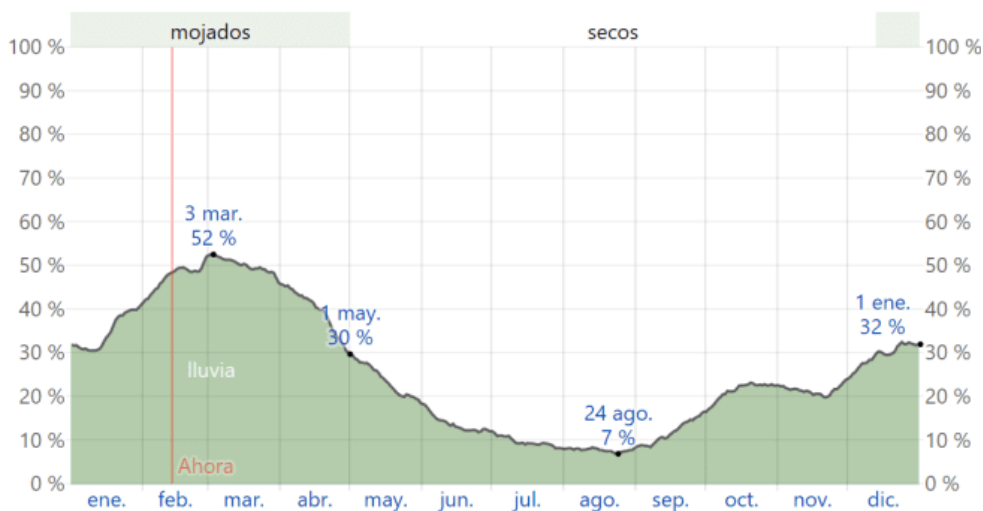


Figura 35. Probabilidad diaria de precipitación en Loja.

De la figura obtenemos la **Tabla 31** que indica los días de cada mes que habrá precipitación.

Tabla 31. Días de precipitación en un año.

Mes	Días de lluvia
Enero	10,8
Febrero	13,3
Marzo	15,5
Abril	11,7
Mayo	7,3
Junio	4,1

Julio	2,9
Agosto	2,4
Septiembre	3,6
Octubre	6,6
Noviembre	6,4
Diciembre	9,2
Total días de lluvia	93,8

Por lo tanto, 94 días del año no se podrá usar el vehículo de micromovilidad debido al clima, por lo que el uso del vehículo se limita a un promedio de 271 días en el año. Por lo tanto, el resto de días del año se debe usar el transporte público, esa tarifa se la debe añadir a la inversión anual que representa el vehículo de micromovilidad.

Otro factor que se debe considerar es el tiempo de vida de los vehículos de micromovilidad, como se indicó en la sección anterior un patinete eléctrico tiene un tiempo de vida máximo de 5 años y la bicicleta eléctrica 10 años, siempre y cuando se realicen los cuidados y mantenimiento necesario a tiempo.

En la **Tabla 32** se presenta la inversión total por el usuario al adquirir un vehículo de micromovilidad y el uso del transporte público.

Tabla 32. Inversión total por el usuario al adquirir un vehículo de micromovilidad.

Medio de transporte	Patinete eléctrico	Bicicleta eléctrica	Transporte público
Vida útil (años)	5	10	-
Costo del vehículo (USD)	700	850	-
Costo por mantenimiento (USD/año)	70	100	-
Costo por cambio de batería (USD/año)	54	50	-
Costo por consumo eléctrico (USD/año)	9	21	-
Tarifa por días de no uso del VMP (USD/año)	100	100	
Tarifa por año de uso (USD)			480
Inversión total USD (5 años)	1 865	2 205	2 400
Inversión total USD (10 años)	3 730	3 560	4 800

5.4.3.6 Aplicación del método de los factores ponderados para la selección del vehículo eléctrico de micromovilidad

De acuerdo a la información expuesta en la **Tabla 32**, pruebas en ruta y a la información obtenida en el desarrollo de la presente investigación, se selecciona los factores más relevantes a calificar, igualmente la ponderación asignada a cada uno, estos se muestran a continuación en

la **Tabla 33** **Tabla 14**. Método de ponderación para la selección del patinete eléctrico., calificando los factores en una escala del 1 al 5.

Tabla 33. Método de ponderación para la selección del vehículo eléctrico de micromovilidad.

Factores	Ponderación	Patinete eléctrico	Bicicleta eléctrica
Autonomía del vehículo	20 %	3	5
Precio del vehículo	20 %	5	4
Versatilidad del vehículo	15 %	3	5
Velocidad del vehículo	10 %	3	5
Costo por mantenimiento del vehículo	10 %	5	4
Costo por consumo eléctrico del vehículo	10 %	5	4
Tiempo de llegada del vehículo	5 %	4	5
Tamaño de los neumáticos	5 %	3	5
Vida útil del vehículo	5 %	3	5
Total	100 %	385	455

De acuerdo a la **Tabla 33** la bicicleta eléctrica obtuvo mayor puntaje, siendo el mejor vehículo de micromovilidad para adquirir.

6. Resultados

Para determinar la autonomía de la batería del patinete eléctrico se considera la distancia de las rutas descritas en el apartado 5.4.1.1, obteniendo como resultado 20 km la autonomía mínima que debe tener el patinete a adquirir.

La potencia mínima requerida del vehículo de movilidad personal se la determina a partir del dimensionamiento del motor eléctrico, el cual se lo realiza siguiendo una secuencia de cálculos descritos en el apartado 5.4.2.1, obteniendo como resultado para el caso 1 (terreno con inclinación de 10%) y para el caso 2 (terreno sin inclinación) los valores descritos en la **Tabla 34.**

Tabla 34. Potencia del motor eléctrico.

Caso	Potencia requerida
1 (pendiente con inclinación de 10 %)	603,1 W
2 (terreno sin inclinación)	198,4 W

Considerando que las rutas seleccionadas para las pruebas cuentan con algunas pendientes, se seleccionó 3 patinetes eléctricos de potencia máxima igual o superior a 600 W y mediante el método de factores ponderados se determinó que patinete eléctrico es eficiente para movilizarse en la ciudad de Loja, de tal modo se adquiere el patinete eléctrico Ninebot F40 con una potencia del motor máxima de 700 W y una autonomía máxima de 40 km.

El rendimiento de la batería del patinete que proporciona el proveedor es bajo condiciones ideales y en el modo de conducción eco (velocidad máxima 15 km), por lo tanto, se realizó pruebas en el modo de conducción sport en distintas rutas de la ciudad de Loja, las mismas que se encuentran detalladas en el apartado 5.4.2.1. obteniendo como resultado los valores mostrados en la **Tabla 35.**

Tabla 35. Resultados de las pruebas del patinete eléctrico

Ruta 1: Av. Pablo Palacios y Calle Jaime Roldós Aguilera - 18 de Noviembre y Av. Gobernación de Mainas - Av. Pablo palacios y Calle Jaime Roldós Aguilera						
Voltaje inicial de la batería	Distancia de ruta	Tiempo de recorrido	Velocidad media	Velocidad máxima	Voltaje final de la batería.	
41.0 V (100 %)	11,23 km	44 min	15,31km	28,8 km	36.50 V (49 %)	
Ruta 2: Av. 8 de Diciembre y Salvador Bustamante Celi - Segundo Cueva Celi y Prol. 24 de Mayo - Av. 8 de Diciembre y Salvador Bustamante Celi						

Voltaje inicial de la batería	Distancia de ruta	Tiempo de recorrido	Velocidad media	Velocidad máxima	Voltaje final de la batería
41.0 V (100 %)	13,37 km	40 min	20,1 km	29,8 km	36.10 V (46 %)

Ruta 3: Av. Pío Jaramillo Alvarado y Alonso de Mercadillo - Santiago de las Montañas y Marcelino Champagnat - Av. Pío Jaramillo Alvarado y Alonso de Mercadillo

Voltaje inicial de la batería	Distancia de ruta	Tiempo de recorrido	Velocidad media	Velocidad máxima	Voltaje final de la batería
41.0 V (100 %)	5,5 km	22 min	15 km	28,4 km	38.20 V (75 %)

Ruta 4: Salvador Bustamante Celi y Guayaquil - Av. Pío Jaramillo Alvarado y Av. Reinaldo Espinosa - Salvador Bustamante Celi y Guayaquil

Voltaje inicial de la batería	Distancia de ruta	Tiempo de recorrido	Velocidad media	Velocidad máxima	Voltaje final de la batería.
41.0 V (100 %)	12,82 km	42 min	18,3 km	29,9 km	36.20 V (47 %)

Para determinar el rendimiento en kilómetros por carga completa de la batería del patinete eléctrico se realizó dos pruebas adicionales, la primera en un circuito abierto en el modo de conducción sport, con una distancia de 10 km obteniendo un rendimiento de 15,5 km por carga completa de la batería y la segunda en un circuito cerrado que constó de 10 vueltas cada una, con una distancia de 340 m, para este caso de análisis el rendimiento fue de 18,1 km por carga completa de la batería, éste rendimiento fue mayor debido a las condiciones del terreno descritas en la **Tabla 20**.

Los resultados de las pruebas de la bicicleta eléctrica se muestran en la **Tabla 36**.

Tabla 36. Resultados de las pruebas de la bicicleta eléctrica.

Voltaje inicial de la batería	Distancia de ruta	Tiempo de recorrido	Velocidad media	Velocidad máxima	Voltaje final de la batería.
54,3 V (100%)	11,23 km	39 min	17,27km	32,8km	49.8 V (71%)

Ruta 2: Av. 8 de Diciembre y Salvador Bustamante Celi - Segundo Cueva Celi y Prol. 24 de Mayo - Av. 8 de Diciembre y Salvador Bustamante Celi

Voltaje inicial de la batería		Distancia de ruta	de	Tiempo de recorrido	de	Velocidad media	Velocidad máxima	Voltaje final de la batería.
54,3 (100%)	V	13,37 km		35 min		22,9km	33,1km	49 V (65%)

Ruta 3: Av. Pío Jaramillo Alvarado y Alonso de Mercadillo - Santiago de las Montañas y Marcelino Champagnat - Av. Pío Jaramillo Alvarado y Alonso de Mercadillo

Voltaje inicial de la batería		Distancia de ruta	de	Tiempo de recorrido	de	Velocidad media	Velocidad máxima	Voltaje final de la batería.
54,3 (100%)	V	5,5 km		21 min		15,7km	30,4km	52,1 V (85%)

Ruta 4: Salvador Bustamante Celi y Guayaquil - Av. Pio Jaramillo Alvarado y Av. Reinaldo Espinosa - Salvador Bustamante Celi y Guayaquil

Voltaje inicial de la batería		Distancia de ruta	de	Tiempo de recorrido	de	Velocidad media	Velocidad máxima	Voltaje final de la batería.
54,3 (100%)	V	12,82 km		38 min		20,3km	33,4km	49,2 V (67 %)

Para determinar el rendimiento en kilómetros por carga completa de la batería en la bicicleta se realizó las mismas pruebas aplicadas al patinete eléctrico en circuito abierto, obteniendo como resultado un rendimiento de 34,6 km por carga completa. En circuito cerrado el rendimiento es mayor, según Herrera (2022) es de 37 km por carga completa, igualmente se debe a las condiciones del terreno. Las pruebas se las realiza con el mayor nivel de asistencia que tiene la bicicleta eléctrica (nivel 5), al reducir la asistencia la batería aumentará su rendimiento y así, aumentar los km recorridos.

Los vehículos eléctricos de movilidad personal tienen algunas prestaciones por ejemplo no contaminan, lo que hace que este tipo de movilidad sea ecológica y sostenible, al tener vías exclusivas para su circulación ahorran tiempo especialmente en horas pico donde existe alto índice de congestionamiento vehicular, por último en cuestión de movilidad y aparcamiento representan un ahorro de dinero y espacio al tener estacionamiento gratis en el caso de las bicicletas y los patinetes al ser plegables se los puede almacenar en el lugar de trabajo.

En términos económicos, se hizo la recopilación de los costos por el valor del vehículo de micromovilidad, por consumo eléctrico y costos por mantenimiento para determinar la inversión total que representan ambos vehículos eléctricos teniendo en cuenta la vida útil de los

mismos. La inversión total que representa el patinete eléctrico dentro de su vida útil máxima que son 5 años es USD 1 865, mientras que la inversión total en esos mismos 5 años en transporte público es de USD 2 400. La inversión total que representa la bicicleta eléctrica en los 10 años de vida útil que tiene son USD 3 560 mientras que el transporte público representaría una inversión en el mismo tiempo de USD 4 800.

Se aplicó nuevamente el método de factores ponderados para realizar la comparación de ambos vehículos de micromovilidad para seleccionar que vehículo es más factible de adquirir, siendo la bicicleta eléctrica la elegida, al obtener mayor puntaje según el análisis realizado.

7. Discusión

La micromovilidad surge como una solución a la problemática del congestionamiento vehicular y contaminación debido a varios factores, siendo los principales los cambios demográficos y el crecimiento poblacional, al ser la micromovilidad una nueva y moderna alternativa que prescinde de los vehículos automotores, es amigable con el medio ambiente y ahorra tiempo, se analiza que vehículo eléctrico de movilidad personal puede ser una alternativa para la movilidad dentro de la ciudad de Loja.

El dimensionamiento del motor eléctrico tiene como objetivo demostrar la metodología sugerida para la selección del mismo, de igual forma, es imprescindible conocer la aplicación del patinete eléctrico para poder determinar la autonomía mínima que debe cumplir el vehículo eléctrico de movilidad personal.

La potencia requerida del motor eléctrico puede variar debido a las condiciones de terreno y el uso que se le dará al vehículo de micromovilidad. En la ciudad de Loja las pendientes que van de 0 a 15 % ocupan el 46 % del área de la ciudad y las que van del 15 al 30 % ocupan el 31 %, es decir, la mayor parte de la ciudad de Loja posee pendientes muy bajas y bajas (Guillen, 2019). Se coincidió con Arias D (2020) al determinar la potencia del motor para un terreno con inclinación (pendientes del 10 %) y terreno plano, identificando diferencia de potencia requerida por el motor para cada uno de los dos casos. Una de las rutas de prueba tuvo una pendiente del 10 %, los vehículos eléctricos utilizados para el estudio de caso las superaron sin problemas, esto comprueba que la secuencia de cálculos realizados para el dimensionamiento del motor eléctrico fue correcta.

En la realización de las pruebas para determinar el rendimiento en kilómetros por carga completa de la batería de ambos vehículos de micromovilidad se basó en la metodología utilizada por Bernal & Torres (2019) al realizar pruebas en circuito abierto y cerrado, dando como resultado un rendimiento máximo por ciclo de carga para los dos vehículos en el circuito cerrado esto debido a que no existe inclinación en el terreno.

El rendimiento de la batería por ciclo de carga completa dependerá del régimen de carga de esta y el tipo de terreno por donde se circule, si la ruta presenta inclinación se requerirá mayor cantidad de corriente. Gamin (2021) nos indica que si cargamos la batería hasta un 90 % de su capacidad aumentaremos sus ciclos (hasta 1 500) de carga y protegeremos mucho más la vida útil de la batería. En el país la tarifa nacional promedio del servicio eléctrico es de 9,2 centavos de dólar por cada Kilovatio-hora, se estima que anualmente se pagaría USD 9 por concepto de recargar el 90 % de la batería en el patinete eléctrico y USD 21 en la bicicleta eléctrica.

La estimación de la inversión económica que representa la adquisición de un vehículo eléctrico de movilidad personal permite analizar que el uso de los mismos es factible como medio de transporte alternativo sostenible, pero que no reemplaza de forma permanente al transporte público, ya que el uso de los vehículos eléctricos está restringido por el clima, según WeatherSpark (2022), los días sin presencia de precipitación en la ciudad de Loja son 271, esto permite identificar que los días restantes del año (94) debemos hacer uso del transporte público convencional.

8. Conclusiones

- Mediante el uso de la metodología para la selección del patinete eléctrico, se identifica los dos factores claves a calcular para la adquisición de un patinete eléctrico eficiente para la ciudad, como lo es la autonomía que requiere el vehículo eléctrico y la potencia del motor que este debe tener, lo que permite determinar que la autonomía del vehículo sea de 20 km y la potencia del motor para las condiciones del terreno de 603,1 W, eligiendo de los tres patinetes analizados el Ninebot F40 con autonomía de 40 km y motor tipo Brushless BLDC y potencia máxima de 700 W.
- Mediante las pruebas de funcionamiento se obtuvo un rendimiento máximo en kilómetros por carga completa de la batería del patinete eléctrico de 18,1 km bajo ciertas condiciones de terreno y en la bicicleta eléctrica un rendimiento máximo en kilómetros por carga completa de la batería de 37 km, lo que nos da un consumo de energía por km recorrido de 0,37 V y 0,41 V respectivamente. Se debe tener en cuenta que el rendimiento en kilómetros de la batería varía con el porcentaje de inclinación de las pendientes que tenga la ruta. De igual manera se identificaron las prestaciones de ambos vehículos eléctricos de micromovilidad determinado que estos vehículos no emiten CO₂ a la atmósfera por lo cual se los considera ecológicos, así mismo en término de ahorro de tiempo son una alternativa para evitar el congestionamiento vehicular en el trayecto a nuestro destino, por último, al ser vehículos personales se facilita el modo de aparcamiento o almacenamiento, evitando gastar en estacionamientos privados.
- Al realizar el análisis económico del uso del patinete eléctrico y la bicicleta eléctrica se concluye que los vehículos eléctricos de movilidad personal son una alternativa eficiente para la movilidad en la ciudad de Loja, ahorrando tiempo y dinero, sin embargo, la lluvia limita su uso lo que no permite reemplazar de manera permanente al transporte público convencional. Mediante el método de factores ponderados la bicicleta eléctrica obtuvo un mayor puntaje, siendo la mejor opción para la micromovilidad en la urbe de Loja al tener mayores prestaciones y características, por lo cual no se limita a los terrenos asfaltados de la ciudad.

9. Recomendaciones

- Para una correcta elección del vehículo eléctrico de movilidad personal se debe determinar el porcentaje de inclinación de pendiente que tiene el terreno por donde circularán, y así poder calcular de manera correcta la potencia del motor del vehículo.
- Implementar los vehículos eléctricos de micromovilidad como medios de transporte alternativos en los centros de las distintas ciudades del país e impulsar la formulación de políticas públicas para el uso de vehículos de micromovilidad para la ciudad de Loja.
- Adquirir un vehículo eléctrico que disponga en el mercado local de repuestos y realizar un mantenimiento periódico de los mismos, para alargar su vida útil.

10. Bibliografía

- Acurio, H. (2022). Micromovilidad Eléctrica. *El Oriente*. Admin. (03 de Noviembre de 2020). *VENdeBICIS*. Obtenido de <https://vendebicis.com/componentes-de-una-bicicleta-electrica/>
- Agila, R., Palacio, R., & Pico, A. (2018). ENFOQUE ESTOCÁSTICO Y DETERMINÍSTICO PARA MODELAR LA RED DE AGUA POTABLE: SECTOR ZAMORA HUAYCO, LOJA, ECUADOR. *TZHOECOEN*, 495-508.
- Aguirre, F., & Ortega, J. (2020). *Estudio para la implementación del scooter eléctrico como sistema alternativo de movilidad vehicular en la ciudad de Cuenca*. Cuenca.
- ANDEMOS. (2019). *Informe de vehículos HEV, PHEV y BEV*. Colombia.
- ANETA. (19 de Septiembre de 2018). ANETA. Obtenido de <https://www.aneta.org.ec/entrega-del-proyecto-de-fomento-a-la-movilidad-sostenible-y-desarrollo-de-la-electromovilidad/>
- ARCONEL. (24 de Junio de 2015). ARCONEL. Obtenido de <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/11/038.pdf>.
- Arias, D. (2020). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PATINETE ELÉCTRICO CON CONTROL DE VELOCIDAD Y SISTEMA DE FRENADO PARA SU USO COMO MEDIO DE TRANSPORTE EN CIUDADES*. Bucaramanga.
- Arias, P. (13 de Septiembre de 2022). El nulo control a los vehículos eléctricos se ha vuelto un panorama común de presenciar . *Expreso*, págs. <https://www.expreso.ec/guayaquil/nulo-control-vehiculos-electricos-vuelto-panorama-comun-presenciar-135775.html>.
- ArquitectSolar. (2015). *ArquitectSolar*. Obtenido de <http://arquitectsolar.com/offline/9-contador-efery-e2-classic-20.html>
- Artés, D. (2011 de Junio de 30). *TECMOVIA*. Obtenido de <https://www.diariomotor.com/tecmovia/2011/06/30/10-anos-de-segway-reflexiones-sobre-diseno-industrial-y-movilidad-sostenible/>
- Asamblea Nacional. (15 de Marzo de 2019). *Ley Orgánica de Eficiencia Energética*. Obtenido de <https://www.rekursyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/Ley-Eficiencia-Energe%CC%81tica.pdf>
- Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador AEADE. (2018). *Anuario 2018*. Quito.

- Banco del Pacífico. (2020). *Banco del Pacífico*. Obtenido de <https://www.bancodelpacifico.com/personas/creditos/creditos/vehiculo-electrico-pacifico>
- BanEcuador. (30 de Abril de 2019). *BanEcuador*. Obtenido de <https://www.banecuador.fin.ec/noticias-banecuador/boletines-de-prensa/gobiernonacional-anuncia-lineas-de-credito-para-movilidad-electrica/>
- BBVA. (22 de Junio de 2022). *BBVA*. Obtenido de <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-una-bicicleta-electrica-y-que-ventajas-tiene/>
- Bernal, P., & Torres, J. (2019). *Diseño e implementación de un sistema de asistencia eléctrico en una bicicleta mediante la reutilización de baterías de Ni-MH*. Cuenca.
- Bicicleta y patinete eléctrico. (198 de Octubre de 2019). *Bicicleta y patinete eléctrico*. Obtenido de <https://bicicletaypatinetelectrico.com/hoverboard-o-patinete-autoequilibrado/>
- BiciQuito. (23 de Julio de 2019). *BiciQuito*. Obtenido de <http://www.biciquito.gob.ec/index.php/info/que-es.html>.
- BID; ITDP. (2021). *Guía para la regulación de sistemas de monopatines y bicicletas sin anclaje compartidos para ciudades de América Latina*. México D.F.
- Bortoli, A. d., & Christoforou, Z. (2020). Consequential LCA for territorial and multimodal transportation policies: method and application to the free-floating e-scooter disruption in Paris. *Cleaner Production*.
- Briceño, G. (2018). *Euston*. Obtenido de <https://www.euston96.com/monociclo-electrico/>
- BYD. (13 de Marzo de 2019). *Build Your Dreams*. Obtenido de <https://bydelectrico.com/ec/2019/03/13/guayaquil-entra-de-lleno-a-la-movilidad-electrica-con-incentivos-a-los-transportistas-y-nueva-flota-de-buses-electricos-byd/>
- BYD. (08 de Noviembre de 2019). *Build Your Dreams*. Obtenido de <https://bydelectrico.com/ec/2019/11/08/byd-entrega-a-guayaquil-la-electrolinera-mas-grande-de-ecuador/#:~:text=BYD%20entrega%20a%20Guayaquil%20la%20electrolinera%20m%C3%A1s%20grande%20de%20Ecuador,-8%20de%20noviembre&text=La%20multinacional%20realiz%C3%B3>
- BYD. (13 de Marzo de 2019). *Build Your Dreams*. Obtenido de <https://bydelectrico.com/ec/2019/03/13/guayaquil-entra-de-lleno-a-la-movilidad-electrica-con-incentivos-a-los-transportistas-y-nueva-flota-de-buses-electricos-byd/>

Carbone. (05 de Julio de 2018). *Carbone*. Obtenido de <https://carbonestore.com/blogs/news/segway>

Cecotec. (22 de Marzo de 2020). *Cecotec*. Obtenido de <https://cecotec.es/es/patinetes-electricos/bongo-serie-z-off-road-dark-green>

CEPAL. (2016). *Ciudades sostenibles con igualdad en América Latina y el Caribe*. Quito.

CFN. (09 de Noviembre de 2018). *Cooperación Financiera Nacional*. Obtenido de <https://www.cfn.fin.ec/cfn-financia-primeros-buses-eléctricos-en-ecuador/>

Champ, E. (25 de Octubre de 2020). Es mejor COMPRAR o ALQUILAR un Scooter? Quito, Pichincha, Ecuador. Obtenido de <https://youtu.be/Qm8RpIIcVtQ>

Cómo vivir en. (24 de Junio de 2021). *Cómo vivir en*. Obtenido de <https://comoviviren.com/costo-de-vida-en-ecuador/#:~:text=En%20promedio%2C%20los%20ecuatorianos%20gastan%20diariamente%201%20d%C3%B3lar,de%20servicio%20o%20medio%20de%20transporte%20en%20Ecuador%3A>

Consejo del Gobierno del Régimen Especial de Galápagos. (2016). *Ordenanza Nro. OI-CGREG-2016 - Reglamento de Ingreso y Control de Vehículos y Maquinaria a la Provincia de Galápagos*. Galápagos.

Contreras, M. (17 de Septiembre de 2022). *Computer Hoy*. Obtenido de <https://computerhoy.com/reportajes/tecnologia/patinete-xiaomi-pro-2-merece-pena-caracteristicas-precio-alternativas-1125045>

Dávalos, N. (28 de Diciembre de 2019). *PRIMICIAS*. Obtenido de <https://www.primicias.ec/noticias/tecnologia/quito-primera-ciudad-ecuador-scooters/>

De Patinetes. (24 de Enero de 2022). *De Patinetes*. Obtenido de <https://depatinete.es/>

Diario Libre. (11 de Abril de 2019). *Diario Libre*. Obtenido de <https://www.diariolibre.com/actualidad/ciudad/cntu-habilita-primera-flota-de-taxis-electricos>

Díaz, Y. (12 de Septiembre de 2017). *Municipio de Loja*. Obtenido de <https://www.loja.gob.ec/noticia/2017-09/la-primera-electrolinera-del-pais-se-ubica-en-loja>

E-Biker. (20 de Enero de 2018). *E-Biker*. Obtenido de <https://e-biker.es/componentes-de-una-bicicleta-electrica/>

EcoMoov. (25 de Junio de 2020). *EcoMoov*. Obtenido de <https://ecomooov.com/patinetes-electricos/>

El Telégrafo. (29 de Julio de 2019). *El Telégrafo*. Obtenido de <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/quito/1/buses-electricos-circulacion-quito>

Elyex. (15 de Febrero de 2022). *Elyex*. Obtenido de <https://elyex.com/patinetes-electricos-circulacion-seguro-estos-son-los-tramites/>

Empresa de Transporte de Pasajeros. (02 de Enero de 2020). *Trolebus Quito*. Obtenido de <https://trolebus.gob.ec/>

EMPRESA ELECTRICA QUITO. (19 de Julio de 2022). *EQQ*. Obtenido de http://www.eeq.com.ec:8080/zh_TW/nosotros/comunicamos/noticias/-/asset_publisher/PDd0RO7lSu5d/content/tarifas-de-la-empresa-electrica-quito-entre-las-mas-bajas-de-la-region/pop_up;jsessionid=DB1D933032CC4ADB8CD0C6D87EB68431?controlPanelCategory=portlet_10

Enel X. (20 de Agosto de 2019). *Enel X*. Obtenido de <https://corporate.enelx.com/es/stories/2019/08/growing-fleet-electric-buses-chile>

Escuela Politécnica Nacional. (2019). *EPN*. Obtenido de <https://www.epn.edu.ec/la-epn-firmo-convenio-con-byd-empresa-china-que-fabrica-vehiculos-electricos/>

Fernandez, S. (12 de Diciembre de 2016). *Foro coches eléctricos*. Obtenido de <https://forococheselectricos.com/2016/12/el-consumo-de-energia-de-un-autobus-hidrogeno-es-solo-un-30-menor-que-el-de-un-diesel.html#:~:text=Los%20autobuses%20di%C3%A9sel%20tienen%20un,di%C3%A9sel%20equivalentes%20cada%20100%20kil%C3%B3metros.>

Gamin. (01 de Febrero de 2021). *Mp365*. Obtenido de <https://mp365.es/recursos/guia-sobre-la-carga-y-el-uso-correcto-de-la-bateria-de-un-patinete-electrico/>

GlobeTEK. (05 de Junio de 2010). *GlobeTEK UNIVERSAL*. Obtenido de http://www.bicicletaselectricas.com/tecnologia_bicicleta_electrica.htm

Gobierno del Ecuador. (01 de Febrero de 2020). *Gobierno del Ecuador*. Obtenido de <https://www.sri.gob.ec/ley-organica-fomento-productivo>

González, D. (23 de Septiembre de 2020). *América RETAIL*. Obtenido de <https://www.america-retail.com/ecuador/negocios-de-bicicletas-en-ecuador-reportan-hasta-300-mas-ventas/>

GOV.CO. (14 de Noviembre de 2019). *GOV.CO*. Obtenido de <https://www.transmilenio.gov.co/publicaciones/151495/con-379-buses-bogota-tendra-la-flota-electrica-mas-grande-del-pais/>

Guías Prácticas. (29 de Enero de 2022). *Guías Prácticas*. Obtenido de <https://www.guiaspracticas.com/coches-electricos/skateboard->

- MERCADO & EMPRESAS. (12 de Diciembre de 2020). *MERCADO & EMPRESAS*. Obtenido de <https://mercadoyempresas.com/web/aporte-tecnico.php?id=54>
- Ministerio de Transporte de Colombia. (2016). *Guía de ciclo-infraestructura para ciudades colombianas*. Bogotá D.C.: despacio.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2015). *PLAN ESTRATÉGICO NACIONAL DE CICLOVÍAS*. Quito.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2022). *Manual de ciclo-infraestructura y micromovilidad para Ecuador*. Quito: C. F. Pardo, V. Cueva, & J. F. Bustos (eds.).
- Miranda, C. (26 de Mayo de 2015). *Apuntes de ingeniería mecánica*. Obtenido de <https://apuntes-ing-mecanica.blogspot.com/2015/05/titulo-friccion-subtitulo-friccion-por.html>
- MOBYCON. (2020). *MAKING SAFE SPACE FOR CYCLING IN 10 DAYS*. Berlin.
- Municipalidad Metropolitana de Lima. (2013). *Manual de implementación y promoción de Ciclovías Recreativas*. Lima: Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú.
- Municipio de Loja. (23 de Marzo de 2021). *ORDENANZA QUE REGULA EL USO DE LA BICICLETA Y AFINES COMO MEDIOS DE TRANSPORTE SOSTENIBLES EN EL CANTÓN LOJA*. Loja.
- Muñoz, V., Betancourt, D., & Jaramillo, W. (2016). Diseño de ciclovías para ciudades intermedias, una propuesta para Loja. *INNOVA*, 11-22.
- Naciones Unidas. (2015). *Naciones Unidas*. Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>
- NACTO. (13 de Diciembre de 2018). *NACTO*. Obtenido de <https://nacto.org/shared-micromobility-2018/>
- Naranjo, M. (09 de Noviembre de 2021). *Computer Hoy*. Obtenido de <https://computerhoy.com/guia-compra/monociclo-electrico-943703>
- Onroad. (22 de Febrero de 2022). *Onroad*. Obtenido de <https://www.onroad.to/teorico/clases-autoescuela/usuarios-via/tipos-vehiculos/vehiculo-movilidad-personal>
- Orellana, D., Hermida, C., & Hermida, M.-A. (2022). ¿Cerca o lejos? Discursos y subjetividad en las relaciones entre el lugar de residencia y la movilidad. *EURE*, 1-24.
- Oriol, R.-C., Cubells, J., Gómez, I., & Marquet, O. (2021). La movilidad pos pandemia: perfiles y usos de la micromovilidad en Barcelona. *Transporte y Territorio*.
- Pajuelo, L. (23 de Diciembre de 2022). *EL PAÍS*. Obtenido de <https://elpais.com/escaparate/2022-12-23/los-mejores-patinetes-electricos-para-adultos.html#tooltip1>

- Panel intergubernamental del Cambio CLimático. (2019). *Special Report - Global Warming of 1.5° C*.
- Pérez, M. (13 de Julio de 2022). *El País*. Obtenido de <https://elpais.com/escaparate/2022-07-13/los-mejores-patinetes-electricos-para-adultos.html#:~:text=Una%20alternativa%20al%20coche%20o,la%20oficina%20o%20en%20el>
- Phone House. (14 de Julio de 2020). *Phone House*. Obtenido de <https://blog.phonehouse.es/2020/07/14/comprar-hoverboard/>
- PNUMA. (2016). *Movilidad Eléctrica: Oportunidades para Latinoamérica*. Santiago.
- PNUMA. (2020). *Movilidad Eléctrica: Avances en América Latina y el Caribe 2019*. Panamá.
- Portal Movilidad. (22 de Junio de 2021). *Portal Movilidad*. Obtenido de <https://portalmovilidad.com/bid-dio-a-conocer-su-plan-para-acelerar-la-micromovilidad-en-latinoamerica/>
- Puente, D. (28 de Mayo de 2020). *El Comercio*. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/actualidad/quito/bicicletas-transporte-quito-emergencia-coronavirus.html>
- Que Noticias. (23 de Agosto de 2021). *Qué!* Obtenido de <https://quenoticias.com/noticias/regulacion-scooters-y-vehiculos-electricos/>
- Ramírez, R. (2022). *Bicicletas eléctricas y scooter y la regularización de su uso dentro de la Provincia de Santa Elena*. Santa Elena.
- Reyes, L. (16 de Noviembre de 2021). *Autonoción*. Obtenido de <https://www.autonocion.com/calcular-el-co2-a-partir-del-consumo/>
- Ruiz. Ángel: Sánchez, J., & Arteaga, L. (2018). *MODELOS DE ORDENACIÓN DEL TRÁFICO DE LA CIUDAD DE LOJA*. Loja.
- S, J. (10 de Septiembre de 2020). *Pure Electric*. Obtenido de <https://support.pureelectric.com/hc/es/articles/360016387079--Cu%C3%A1nto-dura-la-bater%C3%ADa-de-mi-patinete-o-bicicleta-el%C3%A9ctrica-#:~:text=La%20mayor%C3%ADa%20de%20las%20bater%C3%ADas%20de%20ion%20de,y%20las%20condiciones%20en%20las%20que%20lo%20us>
- Sánchez, C. (20 de Marzo de 2022). *El Mercurio*. Obtenido de <https://elmercurio.com.ec/2022/03/20/en-cuenca-regularan-circulacion-de-scooters-y-otros-vehiculos-de-este-tipo/>
- Santiago Smart City. (01 de Septiembre de 2018). *Santiago Smart City*. Obtenido de <https://www.sesantiago.cl/consorcio-de-electro-movilidad>

- Schwarze, V. (2020). *Movilidad sostenible a través de los patinetes eléctricos como contribución al desarrollo sostenible de la ciudad de Bogota-Colombia en los próximos diez años*. Medellín.
- Seguro Patinete. (22 de Julio de 2020). *SeguroPatinete.com*. Obtenido de <https://www.seguropatinete.com/vida-util-patinete-electrico/>
- Servicio Ecuatoriano de Normalización. (2017). *Reglamento Técnico Ecuatoriano PRTE-INEN-162*. Quito.
- Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN. (2013). *REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO PRTE INEN 004 “SEÑALIZACIÓN VIAL. PARTE 6. CICLOVÍAS”*. Quito.
- Sistemas de Transportes Eléctricos. (11 de Julio de 2019). *STE*. Obtenido de <https://www.ste.cdmx.gob.mx/>
- Tamayo, N. (25 de Agosto de 2022). *Carburando*. Obtenido de <https://www.carburando.ec/actualidad/forma-movilizarse-ecuador.html>
- TAMSE. (18 de Octubre de 2019). *Sociedad de transporte automotor*. Obtenido de <https://www.tam-se.com.ar/es>
- Transportation for America. (2018). *Shared Micromobility Playbook*. Active Transportation Playbook.
- Twenergy. (19 de Agosto de 2019). *Twenergy*. Obtenido de <https://twenergy.com/patinetes-electricos/tipos-de-patinetes-electricos/>
- UNAM. (28 de Febrero de 2013). *Tareas Universitarias*. Obtenido de <https://tareasuniversitarias.com/metodo-de-los-factores-ponderados.html>
- UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID. (2004). *PRESTACIONES EN VEHÍCULOS*. Leganés.
- Velasco, I. (08 de Enero de 2019). *Zikloland*. Obtenido de <https://www.zikloland.com/aerodinamica-moda-realidad-drag-cda/>
- WeatherSpark. (22 de Diciembre de 2022). *WeatherSpark*. Obtenido de <https://es.weatherspark.com/y/19339/Clima-promedio-en-Loja-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- Wikipedia. (26 de Septiembre de 2012). *Wikipedia*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Coeficiente_de_arrastre#/media/Archivo:Drag-es.svg

11. Anexos

Anexo 1. Informe energético diario Elink Efergy.

elink Informe energético diario
2023/04/18



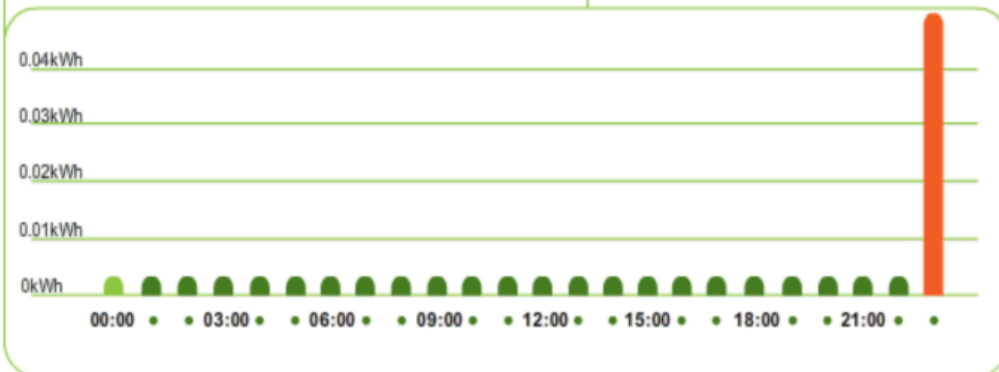
Tu nombre

Usuario de elink desde	2023/04/18
Periodo	2023/01/22 ~ 2023/01/23
Promedio diario	
kWh	1.77
Coste (€)	0.18
Coste estimado para el año:	65.70
CO ₂ (kg)	1.77
Máxima potencia	0.06kW en 23:19

Consumo en 2023/01/22

kWh	0.04
Coste(€)	0.00
CO ₂ (kg)	0.04

Electricidad(kWh):2023/01/22



Anexo 2. Informe energético diario Elink Efergy.

elink Informe energético diario

2023/04/18



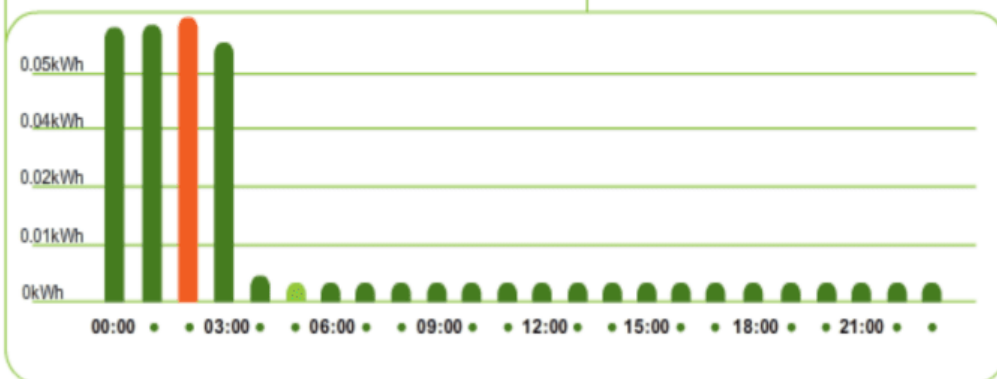
Tu nombre

Usuario de elink desde	2023/04/18		
Periodo	2023/01/22 ~ 2023/01/23		
Promedio diario			
kWh	1.77		
Coste (€)	0.18	Coste estimado para el año:	65.70
CO ₂ (kg)	1.77	Máxima potencia	0.06kW en 03:11

Consumo en 2023/01/23

kWh	0.23
Coste(€)	0.02
CO ₂ (kg)	0.23

Electricidad(kWh):2023/01/23



Anexo 3. Certificación de traducción del resumen.

CERTIFICACIÓN

En calidad de traductor del resumen de la Tesis titulada, “**Análisis del rendimiento de un patinete (scooter) eléctrico y una bicicleta eléctrica convencional**”, de autoría del señor egresado **Jefferson Manuel Lapo Huanca** de la carrera de Ingeniería Electromecánica en la Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales no Renovables de la Universidad Nacional de Loja, previa a la obtención del título de Ingeniero electromecánico.

Es todo lo que puedo certificar en honor a la verdad, autorizando al interesado hacer uso del presente en lo que estime conveniente.

Loja, 31 de julio de 2023

Atentamente:



Lic. Sara Patricia Chanta Jiménez, Mgs

1105366841