



INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

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

Autor: Freddy Oswaldo Cuesta García

Tutor: Ing. Alex Llerena Mena, MSc.

**Análisis de los Parámetros Técnicos de la Bicicleta Eléctrica
para su Uso en la Ciudad de Machala.**

Certificación de Autoría

Yo, Freddy Oswaldo Cuesta García, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet; según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

Freddy Oswaldo Cuesta García
CI: 0704629393

Aprobación del Tutor

Yo, Alex Llerena Mena certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

Ing. Alex Llerena Mena, MSc.
Director de Proyecto

Dedicatoria

Este trabajo se lo dedico en primer lugar a Dios, por brindarme la fuerza necesaria para alcanzar cada una de las metas propuestas a lo largo de mi vida.

A mis padres Freddy Cuesta Tobar y Patricia Garcia Campoverde, por su apoyo incondicional y son la fuente de motivación para superarme cada día y afrontar cualquier obstáculo que se presente

Freddy Oswaldo Cuesta García

Agradecimiento

Al finalizar esta etapa muy importante para mi vida personal y profesional quiero extender un agradecimiento a Dios y mis padres por formar parte de este proceso, brindarme la fortaleza necesaria en cada objetivo.

Un agradecimiento especial a la Obst. Irene Cherrez que me orientó durante la ejecución de este proyecto, gracias por su paciencia.

Además, un agradecimiento sincero al tutor de mi tesis Ing. Alex Llerena Mena MSc. por ser una guía en el presente trabajo, gracias a sus enseñanzas y sugerencias logré culminarlo.

Freddy Oswaldo Cuesta García

Índice de Contenido

Certificación de Autoría.....	ii
Aprobación del Tutor.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimiento.....	v
Índice de Contenido.....	vi
Índice de Figuras.....	x
Índice de Tablas.....	xii
Resumen.....	xiii
Abstract.....	xiv
Introducción.....	1
Capítulo I.....	2
Antecedentes.....	2
1.1 Planteamiento del Problema.....	2
1.2 Formulación del Problema.....	3
1.3 Sistematización del Problema.....	3
1.4 Ubicación del Problema.....	4
1.5 Delimitación del Contenido.....	4
1.6 Justificación e Importancia de la Investigación.....	5
<i>1.6.1 Justificación Teórica.....</i>	<i>5</i>
<i>1.6.2 Justificación Metodológica.....</i>	<i>5</i>
<i>1.6.3 Justificación Práctica.....</i>	<i>6</i>
1.7 Objetivo General.....	6
1.8 Objetivos Específicos.....	6
1.9 Alcance.....	7

1.10 Hipótesis.....	7
1.11 Variables de Hipótesis	7
1.11.1 Variables Independientes.....	7
1.11.2 Variables Dependientes	7
Capítulo II.....	8
Marco Referencial.....	8
2.1 Definición de Bicicleta.....	8
2.1.1 Historia de la Bicicleta	8
2.2 Bicicleta Eléctrica	9
2.2.1 Componentes de la Bicicleta Eléctrica	9
2.2.2 Funcionamiento de la Bicicleta Eléctrica.....	10
2.2.3 Tipos de Bicicletas Eléctricas.....	11
2.2.3.1 Bicicleta de Montaña Eléctrica	11
2.2.3.2 Bicicleta de Carretera Eléctrica.....	11
2.2.3.3 Bicicleta Urbana Eléctrica.....	12
2.2.3.4 Bicicleta Eléctrica Híbrida	12
2.2.4 Ventajas de la Bicicleta Eléctrica.....	13
2.2.5 Ventajas de la Bicicleta Eléctrica como Medio de Transporte Urbano	14
2.3 Movilidad Eléctrica.....	15
2.4 Bike Aro 27.5	16
2.4.1 Características Bike Aro 27.5.....	17
2.4.2 Componentes Bike Aro 27.5.....	18
2.4.2.1 Cuadrante	18
2.4.2.2 Descarrilador Shimano.....	18
2.4.2.3 Tensor Shimano	19

2.4.2.4 Frenos Hidráulicos Shimano	19
2.4.2.5 Shifter o Palancas de Cambio Shimano	20
2.4.2.6 Piñon Shimano	20
2.4.2.7 Bielas y Platos	20
2.4.2.8 Cadena.....	21
2.4.2.9 Motor.....	21
2.4.2.10 Batería marca PICC	22
2.4.2.11 Controlador	22
2.4.2.12 Sensor de Pedaleo	22
2.4.2.13 Indicador Pantalla LED.....	23
2.4.2.14 Manillar de Acelerador Eléctrico.....	23
2.4.3 <i>Parámetros de Batería Bike Aro 27.5</i>	24
2.5 Equipos para Evaluar el Funcionamiento de la Bicicleta Eléctrica	25
2.5.1 <i>Garmin Edge 1000</i>	25
Capítulo III.....	29
Metodología Aplicada.....	29
3.1 Tipo y Diseño de la Investigación.....	29
3.1.1 <i>Diseño de Investigación</i>	29
3.1.2 <i>Tipo de Investigación</i>	30
3.2 Método de Investigación.....	30
3.3 Técnicas de Implementación de Bicicleta Eléctrica	32
3.4 Principales Barreras para la Implementación de Bicicletas Eléctricas	34
3.5 Necesidad de Inversión en Infraestructura de Recarga Eléctrica.....	35
3.6 Hoja de Ruta para la Implementación de Bicicletas Eléctricas.....	36
3.7 Levantamiento de Información	38

3.8 Horarios.....	38
3.9 Condiciones de las Pruebas.....	38
Capítulo IV.....	39
Análisis Técnico de Bicicletas Eléctricas en la Ciudad de Machala	39
4.1 Escenarios Futuros	39
4.2 Consumo Energético y Autonomía de Bicicleta Eléctrica.....	41
4.2.1 <i>Análisis General del Consumo Energético</i>	47
4.3 Parámetros Mínimos de la Bicicleta Eléctrica para la Movilidad Urbana en la Ciudad de Machala.....	48
4.4 Análisis de Riesgos del Proyecto	48
Conclusiones.....	51
Recomendaciones	52
Bibliografía	53

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Ubicación de Calles y Avenidas de la Ciudad de Machala</i>	4
Figura 2 <i>Bicicleta de Montaña Eléctrica</i>	11
Figura 3 <i>Bicicleta de Carretera Eléctrica</i>	12
Figura 4 <i>Bicicleta Urbana Eléctrica</i>	12
Figura 5 <i>Bicicleta Eléctrica Híbrida</i>	13
Figura 6 <i>Bicicleta Eléctrica Bike Aro 27.5</i>	16
Figura 7 <i>Cuadrante Bike Aro 27.5</i>	18
Figura 8 <i>Descarrilador Bike Aro 27.5</i>	18
Figura 9 <i>Tensor Bike Aro 27.5</i>	19
Figura 10 <i>Frenos Hidráulicos Bike Aro 27.5</i>	19
Figura 11 <i>Shifter Bike Aro 27.5</i>	20
Figura 12 <i>Piñon Bike Aro 27.5</i>	20
Figura 13 <i>Bielas y Platos Bike Aro 27.5</i>	21
Figura 14 <i>Cadena Bike Aro 27.5</i>	21
Figura 15 <i>Motor Bike Aro 27.5</i>	21
Figura 16 <i>Batería Bike Aro 27.5</i>	22
Figura 17 <i>Controlador Bike Aro 27.5</i>	22
Figura 18 <i>Sensor de Pedaleo Bike Aro 27.5</i>	23
Figura 19 <i>Pantalla LED Bike Aro 27.5</i>	23
Figura 20 <i>Manillar de Acelerador Eléctrico Bike Aro 27.5</i>	23
Figura 21 <i>Medidas de Batería Bike Aro 27.5</i>	24
Figura 22 <i>Cargador de Batería Bike Aro 27.5</i>	24
Figura 23 <i>Garmin Edge 1000</i>	26
Figura 24 <i>Kit de cadencia para Garmin Edge 1000</i>	28

Figura 25 *Determinación de Rutas*37

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Características Generales de Bike Aro 27.5</i>	17
Tabla 2 <i>Parámetros de Batería Bike Aro 27.5</i>	25
Tabla 3 <i>Generalidades Garmin Edge 1000</i>	27
Tabla 4 <i>Estructura de Generación Eléctrica para el Año 2030</i>	40
Tabla 5 <i>Estructura de Generación Eléctrica para el Año 2050</i>	41
Tabla 6 <i>Av. Edgar Córdoba, Semana 1</i>	42
Tabla 7 <i>Av. Edgar Córdoba, Semana 2</i>	43
Tabla 8 <i>Av. Marcel Laniado, Semana 1</i>	44
Tabla 9 <i>Av. Marcel Laniado, Semana 2</i>	45
Tabla 10 <i>Av. Arizaga, Semana 1</i>	46
Tabla 11 <i>Av. Arizaga, Semana 2</i>	47
Tabla 12 <i>Análisis de Riesgos del Proyecto</i>	49

Resumen

El objetivo del proyecto fue analizar el funcionamiento de la bicicleta eléctrica mediante rutas de pruebas para la identificación de los parámetros de funcionamiento necesarias en la ciudad de Machala. Esta investigación aborda dos etapas, la primera se enfoca en la búsqueda de información disponible en fuentes primarias y secundarias sobre la movilidad eléctrica y el funcionamiento de la bicicleta eléctrica. Adicionalmente, se identifican las rutas adecuadas para la ejecución de pruebas en diferentes condiciones y se reconoce la autonomía necesaria. La segunda etapa consiste en el análisis de las pruebas de conducción de la bicicleta eléctrica mediante el uso de dispositivos y sensores. La metodología empleada fue mixta (cuali-cuantitativa), de tipo descriptiva, analítica, en un estudio de campo y corte transversal. Las rutas de prueba fueron realizadas en Avenida Arizaga, Marcel Laniado y Edgar Córdova; durante las pruebas se analizó distancia, potencia, altimetría, clima, hora, tráfico, tiempo y autonomía necesaria de la bicicleta eléctrica usando el dispositivo Garmin Edge 1000. Se concluye que la implementación de este medio de transporte como alternativa a la movilidad en la ciudad será favorable debido a que los parámetros técnicos eran adecuados, siendo el consumo energético mínimo con relación a la autonomía necesaria de la batería, el que en caso de quedarse sin carga, también dispone de asistencia por pedaleo manual.

Palabras Clave: Parámetros Técnicos, Bicicleta Eléctrica, Movilidad.

Abstract

The objective of this project was pointed at analyzing the operation of the electric bicycle through test routes to identify the necessary operating parameters in the city of Machala, Ecuador. This research addresses two stages, the first one focuses on the search for information available from primary and secondary sources on electric mobility and the operation of electric bicycles. Additionally, the appropriate routes for the execution of the tests in different conditions were identified and the necessary autonomy is also assessed. The second stage consists of the analysis of the test drives of an electric bicycle using devices and sensors. The methodology used was mixed (quali-quantitative), descriptive, analytical, in a field and cross-sectional study. The test routes were performed at Avenida Arizaga, Marcel Laniado and Edgar Cordova streets; during the tests, the distance, power, altimetry, time, traffic, weather, and range of the electric bike were analyzed using the Garmin Edge 1000 device. It is concluded that the implementation of this means of transportation will be favorable as an alternative way of mobility in the city because the technical parameters were adequate, being the energy consumption minimal in relation to the necessary battery autonomy, which in case of running out of charge, has also the availability of manual pedaling assistance.

Key words: Technical Parameters, Electric Bicycle, Mobility.

Introducción

A lo largo de la historia, el transporte constituye un importante descubrimiento porque facilitó la movilización humana o de mercancías, lo que favorece la comunicación entre diferentes sectores, conformando una herramienta de desarrollo. En ese sentido, la evolución del transporte aporta en el sector industrial, comercial, económico, entre otros; pero ha desencadenado algunas problemáticas, como el aumento de la contaminación de CO₂ en el ecosistema, producto de ello el ser humano le otorga una mayor acogida a los vehículos que empleen energía amigable, es decir la transportación eléctrica.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), los medios de transporte a base de combustible aumentan hasta tres veces los índices de CO₂ lo que perjudica la vida, en Ecuador se evidencia la circulación de transportes urbanos a gasolina que son agentes de contaminación ambiental.

En la actualidad, la cultura del uso de bicicleta como una alternativa de movilidad va tomando fuerza, debido a que es un medio ecológico y amigable con el ambiente, se observa con frecuencia varios grupos de personas que usan cotidianamente su bicicleta por sus beneficios en la salud, como la prevención de patologías cardiovasculares, la mejoría del riego sanguíneo y ejercitar los músculos; además se reduce el tiempo en distancias cortas y horas pico con alto tráfico, evitando el congestionamiento vehicular que ocurre en las áreas urbanas de la mayoría de países.

Según la base de datos de la Empresa Pública Municipal de Movilidad de Machala (EPMM-M) en el 2021, se registró 34336 vehículos matriculados en esta ciudad, representando un crecimiento anual del 3%. Por ello, resulta acertado que en la ciudad se busque alternativas que permitan un desarrollo sostenible y disminuir gastos, como es el caso del uso de las bicicletas eléctricas que es un transporte apto para todos los grupos de edad y condiciones sociales recuperando la vitalidad del entorno urbano.

Capítulo I

Antecedentes

1.1 Planteamiento del Problema

En la dinámica social de la ciudad de Machala, se evidencia la falta de información sobre los medios de transporte empleados en la movilidad eléctrica, al igual que el déficit de estudios costo-beneficio ampliamente difundidos sobre esta alternativa de movilidad, lo que dificulta una toma consciente de decisiones. La implementación de la movilidad eléctrica en la población conlleva a múltiples beneficios; desde la perspectiva del usuario, constituye una innovadora forma de transportarse y contribuye a un mejor desplazamiento de las personas en el área urbana, por la disminución del tiempo de llegada en condiciones de alto tráfico, evita el gasto en hidrocarburos que a nivel país han registrado un aumento significativo, además que es ecológico con el ambiente y mejora la salud del conductor; por estos motivos, se considera a la bicicleta eléctrica como un gran aporte en la movilidad, evitando el tráfico y el embotellamiento, lo que demuestra una gran ventaja del uso de la micro movilidad eléctrica dentro de la urbe.

Las bicicletas eléctricas representan el futuro, porque facilitan la movilización dentro de las ciudades y por menor tiempo que las bicicletas tradicionales, empleándose inclusive para asistir al trabajo, porque evita que el usuario se empape de sudor y permite disminuir el tiempo en algunas actividades diarias, lo que fomenta que ese tiempo pueda dedicarse a los hijos, la familia e inclusive, uno mismo.

En la mayoría de los casos, vivir dentro de las urbes significa afrontar las dinámicas que surgen de la cotidianidad, porque ello les otorga el ritmo a las condiciones de desarrollo, a lo cultural, lo social, lo económico y lo experiencial como parte de un sistema que permite establecer los diversos componentes de un modelo de vida ciudadano.

En frecuente observar una gran movilidad de personas por las ciudades del país, principalmente en las horas pico; la población suele transportarse en motocicletas, buses, taxis y vehículos particulares, lo que conlleva a embotellamientos a diario, representando una limitación para llegar al destino de las personas en un mínimo de tiempo, además de que los vehículos de motor a combustión interna, emiten varias partículas de desecho que conlleva a gran contaminación, situación que se aprecia en la ciudad de Machala, que es una de las ciudades más contaminadas del Ecuador (García, 2017).

Así mismo, se evidencia que en Machala no se cuenta con una ruta exclusiva para la circulación de bicicletas en el área urbana, lo que brindaría seguridad a los usuarios de este medio de transporte diario, además que se evitaría el colapso de la circulación en las vías durante los horarios de mayor afluencia del transporte público.

Por lo expuesto anteriormente, se considera acertado el análisis de diversos parámetros a considerarse para el uso de bicicletas eléctricas en esta ciudad, además de plantear la implementación de esta alternativa de movilidad partiendo del funcionamiento apropiado de las bicicletas eléctricas, caracterizando las rutas a recorrerse e identificar la factibilidad de esta propuesta.

1.2 Formulación del Problema

¿En qué consistiría el análisis de los parámetros técnicos de la bicicleta eléctrica para su uso en la ciudad de Machala?

1.3 Sistematización del Problema

1. ¿Cuáles son las principales características técnicas de la bicicleta eléctrica, dispositivos, sensores para la medición y monitoreo de sus parámetros de funcionamiento?
2. ¿Cuáles son las rutas de prueba que permiten la valoración de la autonomía necesaria y el consumo energético de la bicicleta eléctrica?

3. ¿De qué manera el análisis de los parámetros técnicos en las rutas de prueba influye para el uso de bicicleta eléctrica como alternativa a la movilidad?

1.4 Ubicación del Problema

El trabajo fue desarrollado en la ciudad de Machala, en las calles y avenidas donde se realizarán las rutas: Av. Edgar Córdova, Av. Dr. José Arizaga y Av. Marcel Laniado de Wind (Figura 1).

Figura 1

Ubicación de Calles y Avenidas de la Ciudad de Machala



Fuente: (Google Maps, 2022).

1.5 Delimitación del Contenido

El presente proyecto de investigación consta de información actualizada y fiable sobre las bicicletas tradicionales y eléctricas, en lo que respecta a su funcionamiento y una descripción de cada uno de sus componentes.

El primer bloque del trabajo, estuvo constituido por el planteamiento del problema y los antecedentes investigativos.

En su segundo bloque se elabora un marco teórico referencial sobre las generalidades de las bicicletas eléctricas, luego se describe un marco conceptual donde se evidencian

algunas definiciones de importancia para el proyecto, además se explica el funcionamiento de este medio de transporte, las características de este tipo de movilidad y sus ventajas para la sociedad.

En el tercer bloque se describe la metodología empleada para la recolección de datos de interés para el estudio.

En el cuarto bloque se aprecia una descripción teórica y práctica sobre la viabilidad de la implementación de bicicletas eléctricas en la ciudad de Machala; por último, se emiten conclusiones y recomendaciones.

1.6 Justificación e Importancia de la Investigación

1.6.1 Justificación Teórica

La fundamentación teórica de esta investigación se basa en la búsqueda de información sobre el uso de medios de transporte diferentes a los tradicionales y sus múltiples beneficios para los usuarios; esta temática analiza la viabilidad del uso de bicicletas eléctricas en la ciudad de Machala, tomando en cuenta que se desea disminuir las problemáticas de la movilidad urbana, es decir el colapso de la circulación durante las horas pico, reducir el tiempo de llegada al destino e inclusive, evitando el gasto en hidrocarburos que desde hace algún tiempo atrás ha registrado un aumento en su valor.

1.6.2 Justificación Metodológica

Este proyecto aborda dos etapas, en la primera se emplea el método bibliográfico y de campo, consiste en buscar información en diversas bases de datos electrónicas sobre la movilidad eléctrica y el funcionamiento de las bicicletas eléctricas; además, se identifican las rutas de recorrido para realizar pruebas en este medio de transporte y reconocer su autonomía necesaria.

La segunda etapa se lleva a cabo mediante el método analítico a través de pruebas de conducción de la bicicleta eléctrica en las rutas determinadas en la etapa anterior, mediante un análisis descriptivo y comparativo.

1.6.3 Justificación Práctica

Machala es una ciudad ecuatoriana y la urbe más grande y poblada de la Provincia de El Oro, por lo tanto es un sector de alta afluencia vehicular; este suceso, se asocia con problemas de movilidad en el área urbana y un gran impacto de contaminación ambiental por el uso de vehículos de combustión interna; por estas circunstancias, se considera acertado la implementación de alternativas distintas de transporte, que gracias a la evidencia científica se observan resultados favorables en otras regiones del mundo. Se pretende que la alternativa de movilidad que se propone en esta investigación puede emplearse en el sector urbano, por evidenciarse limitaciones de tráfico en horas pico.

1.7 Objetivo General

Analizar el funcionamiento de la bicicleta eléctrica mediante rutas de pruebas para la identificación de los parámetros de funcionamiento necesario en la ciudad de Machala.

1.8 Objetivos Específicos

1. Identificar las características de la bicicleta eléctrica, dispositivos y sensores para la medición y monitoreo de los parámetros de funcionamiento.
2. Establecer rutas de pruebas bajo diferentes condiciones de uso de la bicicleta eléctrica que permitan la valoración de su autonomía necesaria y consumo energético.
3. Analizar los parámetros técnicos obtenidos en las rutas de pruebas para el uso de la bicicleta eléctrica como alternativa a la movilidad.

1.9 Alcance

El presente proyecto está al alcance de jóvenes, adultos, técnicos e ingenieros en mecánica automotriz y la sociedad en general, este documento sirve de guía para el análisis de la bicicleta eléctrica como una alternativa a la movilidad urbana en la ciudad de Machala.

1.10 Hipótesis

¿Analizando los parámetros técnicos de la bicicleta eléctrica para su funcionamiento eficaz en la ciudad de Machala, se podrá usar como alternativa a la movilidad?

1.11 Variables de Hipótesis

1.11.1 Variables Independientes

Parámetros técnicos de bicicleta eléctrica.

1.11.2 Variables Dependientes

Movilidad en la ciudad de Machala.

Capítulo II

Marco Referencial

2.1 Definición de Bicicleta

La bicicleta es un medio de transporte de 2 ruedas colocadas en un marco o cuadro metálico cuyo funcionamiento resulta de la energía que se aplica en uno de los pedales a la transmisión (cadena) al piñón, el mismo que está anclado a la rueda trasera dando así el movimiento hacia la dirección que se prefiere.

Este vehículo es de transporte de una sola persona que permite su funcionamiento mediante la acción muscular de sus piernas, presenta algunos componentes básicos: cuadro, dos ruedas, sistema de transmisión de pedales, un asiento y timón o manillar de dirección (Boix, 2019).

2.1.1 *Historia de la Bicicleta*

Este medio de transporte surge de las antiguas civilizaciones de la mano del inventor Leonardo Da Vinci; sin embargo, desde la época del 60, Sivrac diseñó un modelo a prueba caracterizado por pedales adjuntos a rueda delantera difícil de mantener en equilibrio denominado “Celifero”. Al pasar el tiempo, algunas personas aportaron en el desarrollo de la bicicleta, lo que está muy claro es que su origen es europeo, partiendo del prototipo de Jhon Kemp Starley elaborado en 1885 considerada como “bicicleta de seguridad” y la clasificó en 2 grupos: bicicletas de carrera o ruterías de los años 60 y montañeras o Mtb de los años 70 (Sáenz, 2014).

Actualmente, las empresas que distribuyen las bicicletas se han enfocado en el uso de materiales y productos de calidad que faciliten la comodidad del uso de este medio de transporte y favorezcan su eficiencia. La mejora en la composición de las bicicletas ha logrado disminuir su peso lo que implica mejorar su velocidad debido a la menor tracción del piso y volviéndose más ligera en descansos y puentes.

2.2 Bicicleta Eléctrica

La bicicleta eléctrica se considera un medio de transporte delicado o simple relacionado a un automóvil, consta de una batería, motor, sensores, controlador, acelerador y freno que permiten hacer una fuerza electromotriz mediante el pedaleo. No serán consideradas bicicletas eléctricas aquellas que funcionen únicamente a través de su motor sin tener que pedalear (Ordoñez, 2016).

El inventor de la bicicleta eléctrica fue Ogden Bolton, se encargó del registro de la patente en el año de 1895; la patente estaba compuesta por un motor de corriente continua de 6 polos, se colocaba en la rueda trasera de una bicicleta común, la potencia era de 100A y una batería de 10 voltios que se ubicaba en la parte superior del cuadro; luego en 1897, Oseas Libbey de Bostón inventó la bicicleta eléctrica impulsada por motor eléctrico doble, era ubicado en el medio del plato del eje, este diseño fue el prototipo en los años 90 por la marca Giant Lafree e-bikes (Majdalani, 2021).

Los modelos de bicicletas eléctricas fueron aumentando, registrándose varias patentes, debido a las mejoras del motor de combustión se empezó a brindar mayor autonomía y potencia. El verdadero auge de este medio de transporte fue en el área rural por el siglo XX teniendo una mayor acogida por ser una opción sencilla y económica para las grandes metrópolis; sus ventas disminuyeron por el precio bajo del petróleo y la población optó por motores a gasolina (Martínez, 2020).

En los últimos 30 años, el mercado de las bicicletas eléctricas aumentó de forma exponencial, muestran innovaciones tecnológicas con baterías ion-litio de gran capacidad, mejor integración de pedaleo y asistencia.

2.2.1 Componentes de la Bicicleta Eléctrica

En relación a la estructura de la bicicleta eléctrica es similar a los componentes del medio convencional, pero se añaden los siguientes elementos:

Controlador: Es un componente de forma rectangular y carcasa metálica se encarga de emitir señales de bajo voltaje para el funcionamiento de los sensores, las luces, la pantalla led y el motor. Se sitúa debajo del cuadrante.

Batería: Es un elemento esencial para la bicicleta eléctrica, compuesta por placas de litio, se encarga de almacenar la energía obtenida del transformador del cargador para energizar todo el sistema.

Sensor de pedaleo: Denominado también “de velocidad o de cadencia” se define como un detector localizado delante del disco de imanes que gira unido al eje de los pedales. Cuando los imanes pasan por este sensor, es indicativo de que los pedales están girando y se envía la información al controlador del motor para que arranque o continúe moviéndose.

Acelerador eléctrico: Se sitúa en el timón y su función será mandar la señal al controlador sobre la velocidad que requiere la bicicleta.

Pantalla LED: Es un indicador de la velocidad, kilómetros recorridos y el estado de carga de la batería. Se encuentra en el timón (Ramirez & Tacuri, 2019).

2.2.2 *Funcionamiento de la Bicicleta Eléctrica*

El funcionamiento de la bicicleta eléctrica es posible por la instalación de una batería en el cuadrante de forma segura, esta batería debe estar cargada completamente para empezar la ruta. En la pantalla LED situada en el timón se enciende el sistema y se elige la velocidad, existen tres tipos de velocidades: baja, media y alta; lo que activa al controlador y se emite la señal al motor que se encuentra en la rueda posterior, activándola para rodar, al no pedalearse se alcanza un máximo de velocidad de 30 km/h. En caso de optar por la bicicleta con pedaleo, se debe realizar el proceso descrito con anterioridad, lo que varía es que el sensor del pedal se acciona y envía una señal al controlador para que el motor emita la potencia requerida para una mayor velocidad. La velocidad máxima al pedaleo es de 70 km/h (Ramirez & Tacuri, 2019).

2.2.3 Tipos de Bicicletas Eléctricas

Las bicicletas eléctricas permiten la movilidad en varios tipos de carretera, brindando comodidad a la vida de las personas y se reconoce como una alternativa ecológica, a continuación se enumeran algunos tipos con sus respectivas características.

2.2.3.1 Bicicleta de Montaña Eléctrica. Las bicicletas eléctricas de montaña cuentan con un motor que mediante energía proporcionada por la batería brinda la potencia necesaria para que en el pedaleo tenga un buen arranque, aspecto muy importante debido a los terrenos irregulares, senderos de acceso difícil y subidas empinadas. Existen 2 variantes: suspensión delantera y doble suspensión (Figura 2) (Bikepa, 2020).

Figura 2

Bicicleta de Montaña Eléctrica



Fuente: (Almaskater, 2020)

2.2.3.2 Bicicleta de Carretera Eléctrica. Las bicicletas eléctricas de carretera se caracterizan por ser ligeras y cuentan con una constitución cómoda que facilita el recorrido en rutas de distancia larga disminuyendo la presión en el cuello y espalda del usuario, además posee una batería que almacena energía con una autonomía superior al resto (Figura 3) (Canyon, 2022).

Figura 3*Bicicleta de Carretera Eléctrica*

Fuente: (Canyon, 2022)

2.2.3.3 Bicicleta Urbana Eléctrica. Estas bicicletas eléctricas se emplean en el área urbana, es decir son útiles para la vida citadina. La bicicleta eléctrica empleada en la ciudad facilita los desplazamientos de mediana distancia como es el caso de movilizarse al lugar de trabajo y llegar de forma tranquila y relajada. Al igual que el caso anterior cuenta con un motor que suministra asistencia para un pedaleo asistido (Figura 4) (Bikester, 2020).

Figura 4*Bicicleta Urbana Eléctrica*

Fuente: (Bikester, 2020)

2.2.3.4 Bicicleta Eléctrica Híbrida. Este medio de transporte se considera como una alternativa más deportiva a la bicicleta de uso diario sin motor o pedaleo asistido. Cuenta con varias marchas y la posición de conducción ligeramente extendida lo que permite la movilidad de larga distancia y es ágil en carreteras no pavimentadas y pavimentadas. Se considera híbrida porque permite el pedaleo asistido por medio de motor y una opción que permite al usuario poder pedalear manualmente (Figura 5) (Bikepa, 2020).

Figura 5*Bicicleta Eléctrica Híbrida*

Fuente: (Bikepa, 2020)

2.2.4 Ventajas de la Bicicleta Eléctrica

En este apartado se describen las ventajas de la bicicleta eléctrica que influirían en la adquisición de la misma en el usuario.

Ahorro de dinero con respecto a los autos: Este medio de transporte requiere menor recurso financiero, se estima que por kilómetro que se recorre, el ahorro es 7 veces menor que un carro.

Perfecta para cualquier edad y estado físico: La bicicleta eléctrica permite que el usuario pueda mantenerse activo físicamente porque es posible desactivar el motor o activar su uso mínimo para aplicar la fuerza del ser humano.

Ausencia de contaminación: Este medio de transporte es amigable con el ambiente porque no produce emisiones nocivas al entorno porque su motor eléctrico de 250 Watts es similar al encendido de un foco incandescente y dependerá del cargador.

Mantenimiento sencillo: El mantenimiento de la batería debe realizarse de forma anual y se sugiere reemplazarse luego de 5 a 7 años dependiendo el uso del conductor. Se sabrá que existe fallos en la batería cuando su carga no dure al igual que los ciclos previos (Ordoñez, 2016).

2.2.5 Ventajas de la Bicicleta Eléctrica como Medio de Transporte Urbano

En algunos países como Francia, Dinamarca, Polonia, Francia y China, la bicicleta es un medio de transporte usado de forma frecuente por sus habitantes, se considera que 800 millones de bicicletas circulan diariamente lo que representa beneficios para las personas y el medio ambiente. Pero en países de América Latina, como Colombia y Ecuador resulta complejo su uso, probablemente por inseguridad, las ciudades con geografía remota o el peligro de transitar por las calles debido al irrespeto de las leyes de tránsito por parte de los conductores de autos.

Al implementar la alternativa de movilidad en bicicleta eléctrica en la ciudad se colabora con el medio ambiente, disminuyendo las partículas nocivas en el aire y los niveles de dióxido de carbono, monóxido e hidrocarburos que contaminarían el entorno. El medio de transporte a investigar presenta una gran ventaja a nivel económico debido a que solo consume energía eléctrica y sus recargas implican una inversión baja de dinero en relación al costo de la gasolina y los pasajes del servicio público (Taborda & Vásquez, 2018).

En el año 2008 al 2010, cuatro grupos universitarios de investigación de Madrid realizaron un proyecto de investigación denominado “ProBici” con la finalidad de analizar el uso de la bicicleta en el desarrollo de una movilidad sostenible en el área urbana. Las principales ventajas descritas en el estudio fueron:

Eficacia: Las bicicletas permiten distancias de viaje de hasta 7 km o incluso 15 km con motores eléctricos.

Autonomía: La bicicleta siempre estará lista en cualquier momento y para diversos destinos, debido a que su movilización es ligera y no ocupa mucho espacio por lo que el viaje será más rápido.

Flexibilidad: La bicicleta es muy versátil, es decir fácil de usar para realizar giros y puede parquearse en cualquier sitio.

Fiabilidad: Es posible calcular el tiempo a emplearse durante una distancia establecida y es posible que se llegue en menor tiempo al destino porque la estructura de la bicicleta permite atravesar más rápido las calles en horas de tráfico.

Eficiencia en relación al transporte público: La velocidad de la bicicleta eléctrica compite con el servicio público en las rutas cortas, debido que existe el momento “caminar-esperar-autobús-caminar” lo que impide la puntualidad del usuario, esta situación favorece el uso de la bicicleta de puerta a puerta.

Economía: La bicicleta es un medio de transporte muy económico de mantener, se estima que su adquisición es 40 veces menor que el costo de un vehículo y puede ser utilizada por cualquier persona, sea un niño o un adulto mayor (DFB, 2016).

2.3 Movilidad Eléctrica

Se considera que la movilidad eléctrica es una alternativa de desplazamiento de un lugar a un destino diferente. Este tipo de movilidad se considera como sostenible porque minimiza el impacto ambiental y social; es importante destacar que durante la pandemia del COVID-19 representó un medio de transporte de elección porque no se podía circular en vehículos y la situación económica para adquirir gasolina no era favorable (Ramirez & Tacuri, 2019).

La aglomeración en algunos puntos estratégicos de las ciudades por la cuestión comercial produce una movilización continua de la población lo que genera mayor gasto en combustible en vehículos propios y la necesidad del transporte público, situación que aumenta la contaminación ambiental y favorece el mantenimiento costoso de automóviles.

En Ecuador se aprecia el caos vehicular en la mayoría de ciudades, principalmente en Quito, Cuenca, Guayaquil y Machala por el excesivo número de carros en horarios y trayectos diversos. Debido a la pandemia presentó una mayor acogida este tipo de movilidad porque no requiere permisos como licencia o matrícula y facilitó la entrega de productos de

primera necesidad en diversos rincones del Ecuador. Realizando la investigación bibliográfica se evidencian algunas experiencias de movilidad eléctrica en diversos países;

Australia: El uso de este vehículo no requiere licencia de conducir, ni algún tipo de registro según los estándares de movilización australiana. Estos medios de transporte emplean un motor de asistencia de pedal de 200 W que ignora los límites de velocidad.

China: En este país tampoco se requiere de licencia para conducir una bicicleta eléctrica, sin embargo porque han aumentado las cifras de accidentes, el Gobierno Chino ha decidido que el vehículo con un peso de 20 kg, es decir 44 libras y con una velocidad mayor a 30 km/h requiere de este documento para su circulación.

Israel: En este país, las bicicletas eléctricas se usan de forma más frecuente, pero existen algunas restricciones como; las personas mayores de 14 años pueden usar este medio de transporte con potencia máxima de 250 W y velocidad máxima de 25 km/h, además debe cumplir los parámetros de la norma europea EN15914 (ONU, 2019).

2.4 Bike Aro 27.5

La “Bike Aro 27.5” es una bicicleta eléctrica montañera es ideal para la circulación urbana y de montaña, fabricada en China y se dispone de tres colores: naranja, verde y roja. Esta bicicleta permite disfrutar del ambiente durante el traslado y tiene un diseño atractivo, sus ruedas brindan un mejor desplazamiento por su tamaño de 27.5 (Figura 6).

Figura 6

Bicicleta Eléctrica Bike Aro 27.5



Fuente: (Bike, 2021)

2.4.1 Características Bike Aro 27.5

La bicicleta Bike Aro 27.5 presenta las siguientes características generales, expuestas en la tabla 1.

Tabla 1

Características Generales de Bike Aro 27.5

Aspectos	Bike 27.5
Cuadrante	Aleación aluminio
Velocidades	21
Medida del aro	27.5
Descarrilador	Marca Shimano (3 platos)
Shifter o palancas de cambio	Marca Shimano (7x3)
Tensor	Marca Shimano (7 velocidades)
Piñon	Marca Shimano (7 velocidades)
Suspensión	1 suspensión con bloqueo
Frenos	Marca Shimano (Disco hidráulico)
Catalina y bielas	Origen taiwanes
Cadena	Origen taiwanes
Luces	LED delantero
Pata de apoyo	Ubicación trasera
Motor	250 W de cubo trasero asistido
Batería	Marca PICC Litio 36v/10Ah
	General: 25 a 50 km/h
Velocidad	Motor: 30 km/h
	Asistencia de pedaleo: 70 km/h
Pantalla LED	Registro de Km recorrido, carga de batería y velocidad.
Llave de seguridad	En la batería

Fuente: (Bike, 2021)

2.4.2 Componentes Bike Aro 27.5

La configuración de la bicicleta eléctrica Bike Aro 27.5 es similar a la composición de una bicicleta tradicional, la principal diferencia es el sistema eléctrico y motor empleado para su funcionalidad.

2.4.2.1 Cuadrante. Es de doble triángulo, elaborado en aleación de aluminio, es decir mezcla de aluminio con cobre o zinc que le brinda una mayor dureza para soportar el peso del conductor (Figura 7).

Figura 7

Cuadrante Bike Aro 27.5



Fuente: (Bike, 2021)

2.4.2.2 Descarrilador Shimano. Situado en medio de la bicicleta arriba de la catalina o plato, modifica las marchas, en este caso es un triplato (Figura 7).

Figura 8

Descarrilador Bike Aro 27.5



Fuente: (Bike, 2021)

2.4.2.3 Tensor Shimano. Encargado de modificar las marchas de la bicicleta mediante palancas, situado en la parte de atrás del cuadro, al ser instalado se debe verificar que el conjunto de palancas con el tensor y piñón sean compatibles, en este caso es de 7 velocidades (Figura 9).

Figura 9

Tensor Bike Aro 27.5



Fuente: (Bike, 2021)

2.4.2.4 Frenos Hidráulicos Shimano. Sirve para realizar la disminución de velocidad o el detenimiento de la bicicleta mediante maniguetas ubicadas en el volante (Figura 10).

Figura 10

Frenos Hidráulicos Bike Aro 27.5



Fuente: (Bike, 2021)

2.4.2.5 Shifter o Palancas de Cambio Shimano. Sirve para el control de las marchas delanteras o traseras, se encuentran situadas en el volante a lado de los frenos. En número de dos: una controla el descarrilador (1 al 3) y la otra al tensor (1 al 7), deben estar sincronizados (Figura 11).

Figura 11

Shifter Bike Aro 27.5

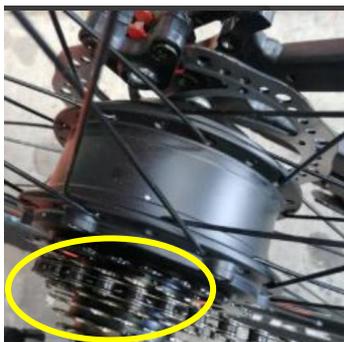


Fuente: (Bike, 2021)

2.4.2.6 Piñon Shimano. Encargado de recibir la fuerza de la cadena para mover la rueda y ayudar a la cadena para ocupar el nivel según el shifter a través del tensor (Figura 12).

Figura 12

Piñon Bike Aro 27.5



Fuente: (Bike, 2021)

2.4.2.7 Bielas y Platos. Las bielas envían la fuerza ejercida por los pies del usuario a la cadena para que lleguen a través de ella al piñón. El plato tiene el número de dientes según la velocidad o suavidad que se desea tener al pedaleo (Figura 13).

Figura 13*Bielas y Platos Bike Aro 27.5*

Fuente: (Bike, 2021)

2.4.2.8 Cadena. Encargada de enviar la fuerza ejercida en los pedales hasta el piñón haciendo avanzar la bicicleta (Figura 14).

Figura 14*Cadena Bike Aro 27.5*

Fuente: (Bike, 2021)

2.4.2.9 Motor. Ayuda a transformar la electricidad a movimiento por medio de sus bobinas internas. Es de 250 W y está ubicado en la rueda trasera (Figura 15).

Figura 15*Motor Bike Aro 27.5*

Fuente: (Bike, 2021)

2.4.2.10 Batería Marca PICC. Su función es almacenar la energía que recibe mediante el transformador del cargador y guardarla para el momento del recorrido, está formado por celdas de litio, 36 V (voltios) y 10 mAh (miliamperios) por lo que es eco amigable y dura 3 veces más que las de plomo y ácido (Figura 16).

Figura 16

Batería Bike Aro 27.5



Fuente: (Bike, 2021)

2.4.2.11 Controlador. Se sitúa debajo del cuadrante de la bicicleta, este sistema verifica que los voltajes sean los correctos para el óptimo funcionamiento del motor (Figura 17).

Figura 17

Controlador Bike Aro 27.5



Fuente: (Bike, 2021)

2.4.2.12 Sensor de Pedaleo. Se encuentra en el pedal alimentado a 5VDC (voltaje de corriente directa), activándose al momento que el pedal es accionado, cortando el campo magnético y envía una señal para potenciar el motor (Figura 18).

Figura 18

Sensor de Pedaleo Bike Aro 27.5



Fuente: (Bike, 2021)

2.4.2.13 Indicador Pantalla LED. En este panel se verifica la velocidad en que se realiza el recorrido en km/h (kilómetros por hora), la carga de la batería, la variación de velocidades y la velocidad de partida (Figura 19).

Figura 19

Pantalla LED Bike Aro 27.5



Fuente: (Bike, 2021)

2.4.2.14 Manillar de Acelerador Eléctrico. Se encuentra del lado derecho del timón, su función será enviar la señal al controlador sobre la velocidad que se desea (Figura 20).

Figura 20

Manillar de Acelerador Eléctrico Bike Aro 27.5



Fuente: (Bike, 2021)

2.4.3 Parámetros de Batería Bike Aro 27.5

La batería de la bicicleta Bike Aro 27.5 está compuesta por placas de litio, consta de una carcasa de aluminio muy fuerte para caídas y evita encenderse al estar en contacto con el fuego (Figura 21 y 22). En la tabla 2 se aprecian los parámetros de relevancia de la batería Bike Aro 27.5.

Figura 21

Medidas de Batería Bike Aro 27.5



Fuente: (Bike, 2021)

Figura 22

Cargador de Batería Bike Aro 27.5



Fuente: (Bike, 2021)

Tabla 2

Parámetros de Batería Bike Aro 27.5

Aspectos	Batería Bike 27.5
Voltaje	36V
Capacidad mínima	12.5 Ah
Capacidad máxima	10 Ah
Corriente de descarga máxima	30-20 A
Número de recargas	1000 veces
Vida útil	5 años
Potencia adaptada	Motor de cubo trasero 250 W,
Seguridad de la batería	Equipado con 2 chips de protección de 20 y 30 A
Combinación	10S4P (total 40 celdas de batería)
Voltaje de carga	42 V
Tiempo de carga	Alrededor de 5 horas
Corriente de carga	2 A
Corriente máxima de descarga constante	20 A (BMS)
Peso	Aprox. 3,7 kg
Tapón de descarga	Anderson (macho y hembra)
Descarga	5 pines

Fuente: (Bike, 2021)

2.5 Equipos para Evaluar el Funcionamiento de la Bicicleta Eléctrica

Uno de los dispositivos que facilita la toma de datos precisos para evaluar la implementación de la bicicleta eléctrica es el Garmin Edge 1000.

2.5.1 *Garmin Edge 1000*

Es un equipo empleado para el levantamiento de información sobre las rutas recorridas durante el manejo de la bicicleta, se caracteriza por su sensibilidad alta, tipificación ágil y gran capacidad de recepción. Emplea un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) lo que brinda información detallada por segundo sobre el intervalo de tiempo, velocidad, distancia, entre otros.

Esta herramienta es como una computadora permite navegar en el mapa de forma táctil estableciendo la dirección como un “Google Maps”. La duración de su batería es de 15 horas y puede recargarse mediante un cable USB. Un aspecto que llama mucho la atención del dispositivo es su capacidad de conexión por vía Bluetooth con el teléfono Android o iOS mediante la app Garmin Connect, lo que permite acceder a todos los datos mediante la nube de carga. Contiene 8 GB de almacenamiento interno, los mapas ocupan en su mayoría este espacio (Figura 23). En la tabla 3, se exponen las generalidades de esta herramienta.

Figura 23

Garmin Edge 1000



Fuente: (Bike, 2021)

Tabla 3*Generalidades Garmin Edge 1000*

Características	Garmin Edge 1000
Dimensiones (ancho/alto/profundidad)	5,8 x 11,2 x 2,0cm
Pantalla táctil	Si
Pantalla a color	Si
Tamaño de pantalla (ancho/alto)	3,9 x 6,5 cm; 7,6 cm (3,0") diagonal
Resolución de pantalla (ancho/alto)	200 x 400 pixeles
Peso	114,5 g
Batería	Ion- litio recargable
Autonomía de batería	Hasta 15 horas
Resistencia al agua	IPX7
Mapas	
Mapa base	Si
Posibilidad de agregar mapas	Si
Almacenamiento y capacidad de carga del Garmin	Si
Waypoints	200
Rutas	Limitado por espacio de memoria
Historial de actividades	Hasta 180 horas

Fuente: (Bike, 2021)

Con la finalidad de determinar los parámetros de funcionamiento de la bicicleta eléctrica en las rutas de prueba, se añade un kit de cadencia para el dispositivo Garmin, constituido por 3 sensores: uno en los radios de la rueda trasera (radio), el segundo es el que recibe la señal situado en el cuadro de la bicicleta y emite la información sobre la velocidad a una pantalla, por último, el tercer sensor ubicado en el pedal para establecer la cadencia del pedaleo ejercido (sensor de pedal) (Figura 24).

Figura 24

Kit de Cadencia para Garmin Edge 1000



Fuente: (Bike, 2021)

Capítulo III

Metodología Aplicada

3.1 Tipo y Diseño de la Investigación

3.1.1 *Diseño de Investigación*

Se define como diseño metodológico en una investigación al esquema en que se presentan las variables y como ellas van a abordarse en el estudio. Suele presentarse la simbolización de estas y cómo van a ser medidas a través de métodos matemáticos (Castillo & Carreño, 2020). Según Azuero (2019), el diseño metodológico está influenciado por el tipo de investigación que se va a realizar, así como la hipótesis que también está relacionada en el desarrollo de esta.

De manera más concisa, se lo define como conjunto de procedimientos que dan respuesta a la pregunta de investigación y además encargada de comprobar la hipótesis. También como una ruta a seguir para dar respuesta a un problema, alcanzando los objetivos del proyecto y que a su vez está determinado por el tipo de investigación que se va a ejecutar, pudiendo ser una investigación cualitativa o cuantitativa, dividiéndose en experimental, explicativa, exploratoria y descriptiva (Castillo & Carreño, 2020).

Concretamente, en este proyecto se empleó una metodología mixta tanto cualitativa y cuantitativa, teniendo como antecedente previo los estudios efectuados acerca de movilidad alternativa en la provincia de El Oro, para evaluar el alcance de dichos proyectos. Los conocimientos adquiridos en la universidad servirán para direccionar de mejor manera la investigación. En cuanto al tiempo y materiales, se dispuso de los suficientes para la consecución de este, pudiendo dar paso sin problema a su desarrollo.

3.1.2 Tipo de Investigación

Una investigación implica la ejecución de un proceso sistematizado que explora, responde preguntas y observa. Dentro de este método se desarrolla una hipótesis, la cual responde a un enunciado que prueba diferentes métodos. En base a ello, se puede determinar tres tipos de investigación: descriptivas, analíticas y experimentales (Nieto, 2018).

En este proyecto se empleó una investigación descriptiva y analítica, misma que partirá con una revisión bibliográfica y descriptiva, que empezó con la selección de un modelo de bicicleta eléctrica, para luego realizar pruebas específicas para obtener información acerca de su rendimiento energético y autonomía necesaria como una alternativa de movilidad eléctrica.

3.2 Método de Investigación

Los métodos de una investigación se convierten en un elemento esencial para la construcción del conocimiento válido para el fenómeno a investigar, además de ser el conjunto de técnicas, que cercanas con la orientación de la investigación y el uso en particular de las herramientas que permitirán obtener un resultado o producto en particular. Una vez teniendo clara la orientación se podrá determinar los resultados de esta investigación (Tramullas, 2020).

Este proyecto se dividió en dos etapas, en la primera se empleó un método bibliográfico y de campo que consistió en la búsqueda exhaustiva en bases de datos sobre la movilidad eléctrica y el funcionamiento dentro de este campo; luego se identificaron las rutas para el estudio en la ciudad de Machala, Provincia de El Oro. La segunda etapa consiste en un proceso analítico por medio de pruebas de conducción de bicicleta eléctrica mediante la implementación de un dispositivo electrónico GPS Garmin que brinda los datos requeridos dentro de esta investigación como: distancia recorrida, cadencia, potencia, altimetría y tiempo.

Posterior a esto se analizaron esos datos filtrando por medio de tablas y fórmulas para determinar la autonomía necesaria y como consumo energético, determinando si los parámetros técnicos están dentro de lo previsto para su uso en la ciudad de Machala.

Para el cálculo de la autonomía necesaria para cada ruta planteada, se empleó la Ecuación (1)

$$Autonomía_{necesaria} = \frac{Energía_{consumida}}{Distancia\ recorrida} [Wh/km] \quad (1)$$

Donde:

Energía_{consumida}: vatio – hora [Wh]

Distancia recorrida: kilometro [km]

Esta fórmula se usa teniendo en cuenta los parámetros de esta investigación. La potencia será prevista por el GPS que se expresa en watts por segundo y los kilómetros variaran dependiendo de la ruta, tal como se indica en Camuendo y Pastaz (2021), la autonomía es el tiempo estimado para que un vehículo funcione sin tener que recargarlo y en este caso específico los valores con los que se cuenta permitirán obtener este resultado. De igual manera Tobar et al. (2018) acerca de esta fórmula menciona que se puede emplear en estudios en donde se deba calcular la autonomía de la batería y se disponga únicamente de datos como la potencia y los kilómetros que se pretenda recorrer con la bicicleta.

Dentro de la ruta establecida para el proyecto se usaron 3 avenidas: Av. Edgar Córdoba, Av. Marcel Laniado de Wind y Av. Arizaga; se dividió la investigación en 2 semanas distintas con intervalos de tiempo que van desde las 12h00 hasta las 21h00, con el fin de tener varios panoramas en cuanto al tráfico. La selección de estas avenidas se basó en dos criterios, el primero era la cantidad de tráfico diario en estas avenidas, considerándose igual de alta afluencia de vehículos, siendo además puntos céntricos de la ciudad de Machala.

El segundo criterio se relacionó con la posible implementación de una ruta de ciclovías que se dirijan por estas avenidas complementándose una con otra, siendo la primera

ruta para este propósito. Se debe considerar que con el aumento paulatino de vehículos, el uso de ciclovías y la posible implementación de rutas, esto pasará de ser una propuesta a una necesidad propia de movilidad alternativa.

3.3 Técnicas de Implementación de Bicicleta Eléctrica

El transporte ha ido cambiando y evolucionando en los últimos años debido a la unión de diferentes fuentes de energía. Principalmente, las bicicletas se han convertido en un medio de transporte muy versátil, principalmente en entornos urbanos, porque permiten mejorar el tiempo en el tráfico, pero sobre todo un aliciente significativo para el tema de contaminación. Sumado a esto, si en el país se está promoviendo el desarrollo de proyectos que tienen que ver con la generación de energía, el empleo de la bicicleta eléctrica está más que sustentado (Calizaya, 2022).

La movilidad eléctrica en los últimos años ha cambiado, no se puede negar que en las últimas décadas el transporte urbano de Machala ha ido mejorando enfocado a un futuro libre de emisiones. Según estimaciones, el número de venta de bicicletas eléctricas serán de 40 millones, destacando su enfoque en mejorar la calidad de vida de las personas que la usan día a día, o simplemente para optimizar sus tiempos de traslado.

Concretamente, dentro de este estudio se consideran las siguientes técnicas descritas por Ramírez (2022);

Adecuación de la infraestructura relacionada con el uso de la bicicleta eléctrica dentro de la ciudad de Machala: teniendo en cuenta el desarrollo actual de la ciudad, se debería diseñar más estaciones para el uso de este medio de transporte que a su vez vaya acompañado de ciclo rutas, ciclo parqueos, con la debida señalización y su respectiva normativa para que no tengan problema los peatones u otros medios de transporte. Tomando como referencia las avenidas que forman parte del recorrido, adecuarlas para que cumplan con los requisitos de implementación de la infraestructura.

Promoción del empleo de bicicleta como medio de transporte alternativo: considerando el auge de difusión que brindan las redes sociales, se debería hacer una promoción encaminada a dar a conocer los beneficios del uso de la bicicleta eléctrica, como la socialización y contacto con nuevas personas, el beneficio para la salud; al tratarse de bicicleta eléctrica, destacar que su autonomía necesaria permite recorrer mayores distancias, aumenta la motivación mejorando las habilidades diarias y su influencia en el cambio de rutina.

Trabajo en conjunto con entes gubernamentales para mejorar las condiciones del ciclista: convirtiéndose en un tema un tanto complejo, pero la promoción de la bicicleta como alternativa de movilidad debería ser prioridad para mejorar tanto las condiciones de transporte como la salud de la población.

Partiendo de este mismo punto se consideran los siguientes criterios de selección para la bicicleta eléctrica descritos por Gil y Duque (2021):

Las bicicletas eléctricas son un medio de transporte que permite socializar, debido a que se comparte el mismo modo de movilización, creando de esta forma una comunidad que se motiva por el mismo propósito.

El empleo constante de bicicletas permite adquirir buena condición física, a pesar de que tengan asistencia eléctrica en algún momento se tendrá que pedalear. Se debe considerar igual la baja intensidad en el pedaleo de la bicicleta, lo que permite desarrollar una buena resistencia.

Un criterio importante de selección de bicicletas eléctricas es que por su autonomía es capaz de llegar más lejos en menor tiempo.

Se considera a la bicicleta eléctrica como un medio de movilización para aumentar las habilidades y motivación, ya que disminuye posibles barreras mentales y por su asistencia se puede adquirir a un ritmo más rápido.

3.4 Principales Barreras para la Implementación de Bicicletas Eléctricas

La ciudad de Machala se ha convertido en una ciudad emergente, es decir, presenta un crecimiento bastante grande en cuanto a su población y su economía, habiendo un margen positivo sobre los demás cantones de la provincia de El Oro, teniendo una población aproximada de 245.972 habitantes. La iniciativa de ciudades emergentes y sostenibles, se trata de un programa que brinda apoyo a gobiernos locales para ejecutar y desarrollar diversos planes de sostenibilidad urbana para que no se den problemas que impidan el crecimiento de estas ciudades. Este programa se fundamentó en 3 pilares: sostenibilidad medioambiental, sostenibilidad fiscal y sostenibilidad urbana (Gil & Duque, 2021).

Machala al ser una ciudad en auge y desarrollo, necesita alternativas de movilidad, para que a su vez se pueda mejorar el flujo vehicular y que la contaminación ambiental también decrezca, apoyándose de la infraestructura que ya tienen para ahorrar más recursos y tener mejores beneficios para la urbe. Recordar que los peatones son los primeros en la escala de movilidad y serán los principales actores sobre los cuales deberá estar encaminado políticas de sostenibilidad, tanto social, ambiental y técnica (Gil & Duque, 2021).

Dentro de este punto, el 90 % de las ciclovías que se tienen en distintas ciudades del país no invaden aceras, salvo casos excepcionales donde la dimensión de la sección vial es muy limitada. Esto se determina por la velocidad sobre el flujo vehicular y los pocos peatones en la zona. Partiendo de ello, y abordando las barreras para la implementación de bicicletas eléctricas, en este momento la bicicleta manual y eléctrica no es reconocida como un medio de transporte alternativo, pero si es considerada como un medio de transporte alternativo que puede ser el punto de partida para la actividad física por sus múltiples beneficios en la salud (Mesías, 2020).

Para eliminar esa limitación, se debe empezar a mirar a la bicicleta como parte de todo el entorno urbano para que a su vez sean mayores los usuarios que la ocupen. En cierta

forma, la construcción de infraestructura es importante, pero no un factor determinante, sin embargo, si limitan la circulación de ciclistas en las calles de Machala. Otra barrera es que los vehículos no motorizados deben ser tomados en cuenta a la hora de construir nuevas redes viales, puesto que son el medio de transporte más eficaz y eficiente para distancias que van de los 3 a los 5 km (Mesías, 2020).

Considerar también en este punto la puesta en marcha de un proyecto de pacificación de tráfico, como se realiza en otros países, como una estrategia válida de incursión de bicicleta eléctrica como un medio de transporte público. Una limitante más es la poca integración de transporte no motorizados y dar más prioridad a los motorizados, manteniéndose el modelo de movilidad igual. Para ello una estrategia certera sería fomentar el uso de bicicleta y desmotivar el uso de vehículos. Recalcar el hecho que la bicicleta permite circular por la urbe en promedio de velocidad de 15 a 20 km, teniendo buen rendimiento, es de mayor durabilidad y necesita poco mantenimiento (Pico & Mendez, 2022).

3.5 Necesidad de Inversión en Infraestructura de Recarga Eléctrica

Dentro de este apartado la mayoría de los estudios e investigaciones se refiere a las infraestructuras de recarga eléctrica dirigida para vehículos, pero teniendo en cuenta que el motor de las bicicletas eléctricas parte del mismo principio, la propuesta es la misma. Se estima que para el 2030, 200 millones de bicicletas estén circulando, de esta forma la oportunidad de tener infraestructura eléctrica será muy importante. Estimando costos se prevé que el mercado de cargas eléctricas llegará a los 40.000 millones de dólares en los siguientes 10 años, la infraestructura que tiene que ver con recarga de vehículos representa solamente el 5 % del total y tendrá un mayor volumen conforme pase el tiempo (Hernández, 2019).

Los fabricantes de vehículos eléctricos han ido optimizando su rendimiento, logrando que sus medios de transporte puedan llegar a su destino sin la preocupación de que su batería se agote. Sin embargo, sin importar si el rendimiento de la batería pueda limitar su accionar,

crear redes de carga eléctrica rápida es un factor importantísimo para una buena experiencia de conducir. Realizando un cálculo estimado del total de vehículos eléctricos en el cual se incluyen las bicicletas habrá más de 100 millones de unidades, dentro de este gran grupo los vehículos particulares tipo SUV, sin embargo, el número de bicicletas también irá en aumento (Hernández, 2019).

A finales del año 2019, por carretera circulaban alrededor de 7,5 millones de vehículos eléctricos, con una cuota de mercado aproximada del 2 % a nivel mundial, esta tecnología estará encaminada a tomar la delantera como la que más demanda tendrá en el transporte libre de consumo de gasolina. Dentro de este punto priman también las bicicletas como alternativa de movilidad por sobre los vehículos eléctricos debido a la economización del tiempo y la manera de moverse (Fría & Román, 2019).

3.6 Hoja de Ruta para la Implementación de Bicicletas Eléctricas

Para el desarrollo de la hoja de ruta del proyecto se consideró algunos parámetros como la distancia, la ubicación, y los espacios dentro de la ciudad de Machala. Con respecto a la distancia, algunos estudios indican que las bicicletas permiten cubrir hasta 15 km cuando tiene que ver con velocípedos asistidos (Castillo & Carreño, 2020). Así pues, se consideraron 3 avenidas principales para la hoja de ruta.

Para este análisis se consideró el plan de movilidad y espacios públicos de Machala, ya que es información muy importante dado que ofrece datos acerca de las pendientes, horas pico, motivo de viaje, desplazamiento, etc. Dentro de la composición vial de la ciudad, los resultados indican que los automóviles livianos tienen mayor afluencia con el 90,8 % del total, 2,70 % buses urbanos, 3,5 % motos o scooter, 2,94 % vehículos de carga y tan solo un 0,71% es usado por bicicletas, sean estas manuales o eléctrica.

Según estos datos, las calles céntricas se encuentran totalmente saturadas, por lo que se opta por las siguientes intersecciones: Av. Arizaga, Av. Marcel Laniado y Av. Edgar

Córdova, logrando descongestionar y favorecer la implementación de bicicletas debido a su utilidad. Las rutas oscilan entre unos 6 a 8 km aproximadamente y se encuentran dentro de los límites cercanos para tomar otras alternativas de movilidad (Figura 25).

Figura 25

Determinación de Rutas



Fuente: (Google Earth, 2022).

Dentro de los límites de la avenida Marcel Laniado, intercepta con las calles Santa Rosa para continuar con algunas calles como Ayacucho, Guayas, Tarqui, Napoleón Mera y 23 de abril, luego se circunvala por el Tía y Dipac para continuar en vía recta por el Camposanto General de Machala, el Colegio Mario Minuche y terminando con la Avenida Central o General Thelmo Sandoval, específicamente con el Hotel Oro Verde.

Continuando con la Avenida Edgar Córdova que empieza con el Colegio de Machala, interceptándose con la calle 25 de Junio y la Avenida Edgar Córdova; el recorrido continúa circunvalando y luego de manera recta pasando por la Universidad Técnica de Machala, llegando hasta el monumento el Aguador emparejándose con la Calle Guayas, Napoleón Mera, Tarqui, 23 de Abril, Antigua Vía Limón, pasando igualmente por el Colegio Mario

Minuche, cruzando con la Avenida Washington Villalta llegando hasta la calle Loja, donde gira en dirección al Campus de Machala, en la 10 de agosto, donde termina su recorrido.

3.7 Levantamiento de Información

Al tratarse de un estudio que evalúa algunos parámetros de la bicicleta como transporte alternativo, se usó un GPS para la recolección de los datos de interés, teniendo un total de 60 km, requiriendo un presupuesto que no supera los 5 dólares. Al tener en total 3 avenidas con sus respectivas intersecciones, se necesitaron al menos 8 viajes, uno de ida y otro de regreso para este estudio, equipados además con una bicicleta eléctrica con GPS.

Detallando el tema de la obtención de algunos aspectos como la velocidad, la latitud, la altura, la longitud, la distancia, el tiempo y el rendimiento, se empleó un GPS Garmin. La cantidad de energía que necesita el motor de la bicicleta será medida y controlada por un medidor de potencia eléctrica que monitoreará todos los datos y a su vez dará el rendimiento de batería, para poder cotejarlos después.

3.8 Horarios

El levantamiento de la información no estuvo sujeto a ningún horario en específico. Las pruebas se realizaron en horarios de 7h00 am, 12h00 pm y 18h00 pm, de forma aleatoria en distintos días, considerando las rutas antes propuestas.

3.9 Condiciones de las Pruebas

Las condiciones consideradas en las pruebas del proyecto se basaron en la perspectiva del conductor, su manera de manejo, periodos de descanso entre rutas, el clima de cada uno de los días y el tráfico.

Capítulo IV

Análisis Técnico de Bicicletas Eléctricas en la Ciudad de Machala

4.1 Escenarios Futuros

Uno de los principales enfoques a futuro será la evaluación del impacto energético del uso de la bicicleta eléctrica y disminuir el impacto ambiental en años posteriores. Para ello se plantean 3 alternativas para la generación eléctrica. En el caso del 2030, y debido a que en Ecuador no existe ningún tipo de plan de conservación y proyección energética, se tomará como referencia al Plan Nacional Integrado de Energía y Clima de España, para poder hacer una réplica en el país.

Dentro de este plan se plantea proyecciones para la evolución del sistema energético teniendo en cuenta varios escenarios. Este plan recibe el nombre de H2030 y recoge una cantidad de generación de electricidad que se pretende tener para el año 2030, con una proyección del 74% de las energías renovables. Por otro lado, para el año 2050 se espera que absolutamente toda la energía se derive a raíz de energías renovables, llegando a erradicar la emisión de gases de efecto invernadero, enfocado solo en la generación de energía, y cumpliendo con varios países Europeos.

Además, se realizó una estimación sobre el estado de los servicios eléctricos que se comparten para el futuro, para evaluar la magnitud de viajes realizados en medios eléctricos de movilidad. Para este pronóstico se supone un escenario donde las bicicletas eléctricas irán en aumento. En el año 2018, el número de personas que usaban bicicleta fue de 1.45 millones, teniendo así un total de 1.8 millones de usuarios a nivel mundial a finales de año. Lo que orienta como supuesto un incremento del 24,13% en los siguientes años.

A continuación, se presentan las alternativas para el año 2030 teniendo en cuenta como se distribuyen las tecnologías de generación correspondiente. De esta forma, la siguiente representación para ese año estará expresada en GWh (Tabla 4).

Tabla 4

Estructura de Generación Eléctrica para el Año 2030

Tecnología	Generación (GWh)
Eólica (terrestre y marina)	119.520
Fotovoltaica Solar	70.491
Termoeléctrica	23.170
Hidráulica	28.351
Almacenamiento	11.960
Biogás	1.024
Geotérmica	188
Mar	113
Nuclear	24.952
Residuos urbanos	355
Gas	5.071
Biomasa	10.031
Carbón	0
Gas natural	32.725
Cogeneración gas	14.197
Petrolíferos	982
Residuos	84
Otros	1.769
Total	346.110

Fuente: Gimenez J. (2019)

En la tabla 5, se presentan las alternativas para el año 2050, teniendo en cuenta la distribución de tecnologías de generación correspondiente. De esta forma, los datos se expresan en GWh.

Tabla 5*Estructura de Generación Eléctrica para el Año 2050*

Tecnología	Generación (GWh)
Eólica (terrestre y marina)	83.022
Fotovoltaica Solar	34.030
Termoeléctrica	5.608
Hidráulica	27.581
Almacenamiento	11.960
Biogás	1.024
Geotérmica	0
Mar	0
Nuclear	58.039
Residuos urbanos	355
Gas	10.141
Biomasa	4.713
Carbón	10.189
Gas natural	32.725
Cogeneración gas	9.905
Petrolíferos	982
Residuos	84
Otros	1.838
Total	304.591

4.2 Consumo Energético y Autonomía Necesaria de Bicicleta Eléctrica

En este apartado se describe el consumo energético de cada uno de los tramos realizados, teniendo en cuenta que se realizaron en 3 avenidas diferentes (Av. Arizaga, Marcel Laniado y Edgar Córdoba), de igual forma las pruebas fueron realizadas en diferentes horas del día por el tema del tráfico. Otro factor a considerar fue el clima, encontrándose cambiante en varios días, variando entre días soleados o lluviosos.

Según Montes de Oca et al. (2018), el consumo energético se define como el gasto total de energía que por lo general incluye más de una fuente energética, asociado a diferentes

métodos de obtención. Se debe tener en cuenta que mientras mayor es el consumo energético, la eficiencia será menor. Por otro lado, la autonomía se define como la distancia máxima que es capaz de recorrer un vehículo sin reponer su combustible o recargar batería, como en este caso este estudio se refiere a una bicicleta eléctrica (Reinoso & Ortega, 2020)

De esta forma se obtuvieron los siguientes resultados aplicando la ecuación número 1 detallada en el capítulo anterior:

Tabla 6

Av. Edgar Córdoba, Semana 1

Av. Edgar Córdoba					
Semana 1					
Criterio	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Distancia	6,4 km	6,4 km	6,4 km	6,4 km	6,4 km
Cadencia	33 rpm	44 rpm	30 rpm	38rpm	42 rpm
Potencia	7,6 W	8,3 W	5,1 W	7,8 W	8,1 W
Altimetría	8,9 metros	8,9 metros	8,9 metros	8,9 metros	8,9 metros
Clima	Soleado	Soleado	Cálido	Templado	Templado
Hora	12H00 pm	15h00	18h00	20h00	21h00
Tráfico	Moderado	Liviano	Pesado	Liviano	Liviano
Tiempo	6min 56seg	5min 13seg	5min 1seg	4min 46seg	4min 30seg
Cálculo de autonomía necesaria de batería	1,18 Wh/Km	1,29 Wh/Km	0,79 Wh/Km	1,21 Wh/Km	1,26 Wh/Km

Nota. Esta ruta fue efectiva en cuanto al rendimiento y consumo energético de la batería, como se puede evidenciar en los datos obtenidos. Sus parámetros técnicos fueron efectivos para su posible implementación (Tabla 6).

Tabla 7*Av. Edgar Córdoba, Semana 2*

Av. Edgar Córdoba					
Semana 2					
Criterio	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Distancia	6,4 km	6,4 km	6,4 km	6,4 km	6,4 km
Cadencia	58 rpm	62 rpm	56 rpm	69 rpm	66 rpm
Potencia	7.2 W	7.8 W	8,3 W	9.8 W	7,3 W
Altimetría	8,9 metros	8,9 metros	8,9 metros	8,9 metros	8,9 metros
Clima	Soleado	Soleado	Templado	Frio	Frio
Hora	12H00	15h00	18h00	20h00	21h00
Tráfico	Pesado	Moderado	Pesado	Liviano	Liviano
Tiempo	6min 6seg	5min 48seg	6min 22seg	4min 2seg	4min 18seg
Cálculo de autonomía necesaria de batería	1,12 Wh/Km	1,21 Wh/Km	1,29 Wh/Km	1,53 Wh/Km	1,14 Wh/Km

Nota. Esta semana la distancia fue la misma que la anterior, si bien difiere la cadencia y potencia en cada uno de los días el consumo energético de la batería no se vio afectado, dando un balance positivo para la implementación de las bicicletas eléctricas (Tabla 7).

Tabla 8*Av. Marcel Laniado, Semana 1*

Av. Marcel Laniado					
Semana 1					
Criterio	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Distancia	2,06 km	2,06 km	2,06 km	2,06 km	2,06 km
Cadencia	74 rpm	77 rpm	72 rpm	86 rpm	82 rpm
Potencia	3,1 W	2.9 W	3 W	4.7 W	4.6 W
Altimetría	3 metros	3 metros	3 metros	3 metros	3 metros
Clima	Soleado	Soleado	Templado	Templado	Templado
Hora	12H00 pm	15h00	18h00	20h00	21h00
Tráfico	Pesado	Pesado	Pesado	Liviano	Liviano
Tiempo	9min 18seg	9min 43seg	9min 22seg	7min 12seg	7min 49seg
Cálculo de autonomía necesaria de batería	1,50 Wh/Km	1,40 Wh/Km	1,45 Wh/Km	2,28 Wh/Km	2,23 Wh/Km

Nota. El análisis perteneciente a esta ruta arroja como resultado la implementación positiva para las bicicletas eléctricas debido a que los parámetros de consumo energético se encuentran dentro de los márgenes establecidos para que su uso sea positivo, como se ve en diferentes escenarios y diferentes días (Tabla 8).

Tabla 9*Av. Marcel Laniado, Semana 2*

Av. Marcel Laniado					
Semana 2					
Criterio	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Distancia	2,06 km	2,06 km	2,06 km	2,06 km	2,06 km
Cadencia	68 rpm	65 rpm	62 rpm	73 rpm	78 rpm
Potencia	2.9 W	3,3 W	2.7 W	3.5 W	3.8 W
Altimetría	3 metros	3 metros	3 metros	3 metros	3 metros
Clima	Templado	Soleado	Templado	Templado	Frio
Hora	12H00 pm	15h00	18h00	20h00	21h00
Tráfico	Pesado	Pesado	Pesado	Liviano	Liviano
Tiempo	8min 38seg	8 min 12seg	9min 11seg	8 min 01seg	7min 52seg
Cálculo de autonomía necesaria de batería	1,40 Wh/Km	1,60 Wh/Km	1,31 Wh/Km	1,69 Wh/Km	1,84 Wh/Km

Nota. En esta semana la distancia es la misma con relación con a la semana anterior, el rendimiento de autonomía necesaria de batería y el consumo energético son positivos para la posible implementación de bicicletas eléctricas en esta ruta (Tabla 9).

Tabla 10*Av. Arizaga, Semana 1*

Av. Arizaga					
Semana 1					
Criterio	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Distancia	2,57 km	2,57 km	2,57 km	2,57 km	2,57 km
Cadencia	59 rpm	58 rpm	50 rpm	66 rpm	72 rpm
Potencia	2.2 W	2,4 W	1.8 W	2.2 W	2.9 W
Altimetría	6.4 metros	6.4 metros	6.4 metros	6.4 metros	6.4 metros
Clima	Soleado	Soleado	Templado	Templado	Templado
Hora	12H00 pm	15h00	18h00	20h00	21h00
Tráfico	Pesado	Liviano	Pesado	Liviano	Liviano
Tiempo	4min 23seg	4min 42seg	5min 16seg	3min 49seg	3min 18seg
Cálculo de autonomía necesaria de batería	0,85 Wh/Km	0,93Wh/Km	0,70 Wh/Km	0,85 Wh/Km	1,12 Wh/Km

Nota. Al igual que una de las rutas antes planteadas en este caso la autonomía necesaria de la batería y el consumo energético son favorables debido a las condiciones que esta presenta en los diferentes escenarios, siendo positiva la implementación de la bicicleta eléctrica en esta ruta (Tabla 10).

Tabla 11*Av. Arizaga, Semana 2*

Av. Arizaga					
Semana 2					
Criterio	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
Distancia	2,57 km	2,57 km	2,57 km	2,57 km	2,57 km
Cadencia	66 rpm	62 rpm	61 rpm	80 rpm	92 rpm
Potencia	3.2 W	2.5 W	2,6 W	3.9 W	5,3 W
Altimetría	6.4 metros	6.4 metros	6.4 metros	6.4 metros	6.4 metros
Clima	Soleado	Soleado	Templado	Frio	Frio
Hora	12H00 pm	15h00	18h00	20h00	21h00
Tráfico	Pesado	Pesado	Pesado	Liviano	Liviano
Tiempo	5min 52seg	6min 12seg	5min 11seg	4min 28seg	3min 59seg
Cálculo de autonomía necesaria de batería	1,24 Wh/Km	0,97 Wh/Km	1,01 Wh/Km	1,51 Wh/Km	2,06 Wh/Km

Nota. A comparación la distancia es la misma, por ende la autonomía necesaria de la batería así como su consumo energético son favorables de igual manera en este caso para la posible implementación de bicicletas eléctricas (Tabla 11).

4.2.1 Análisis General del Consumo Energético

Como se evidenció en las pruebas realizadas, se debe considerar de un inicio variables importantes como distancia, cadencia, potencia y tiempo para el análisis de los resultados. Es relevante mencionar que las pruebas fueron ejecutadas durante dos semanas a diferentes horas para tener un panorama más claro y a su vez tener también distintos escenarios que en un futuro podrían darse. Ahora bien, como se vio en la ecuación 1, la fórmula para obtener la autonomía necesaria se calcula dividiendo la potencia sobre la distancia recorrida.

Por ende, tanto la autonomía necesaria como el consumo energético son dos variables distintas, considerando esto se obtuvieron resultados que difieren de una semana a otra, esto

debido a que si bien la distancia en las distintas semanas fue la misma, la potencia cambio y está a su vez tiene relación con el tiempo, es decir, a menor tiempo hecho en la misma distancia mayor será la potencia y viceversa, a mayor tiempo en la misma distancia menor será la potencia. De manera general, el consumo energético responde a la distancia total recorrida, sin cumplirse con el estimado de gasto energético que la bicicleta puede ofrecer.

4.3 Parámetros Mínimos de la Bicicleta Eléctrica para la Movilidad Urbana en la Ciudad de Machala

Considerando los resultados de la autonomía que se aplicó en distintas semanas con distintas variables, los parámetros mínimos dentro de este estudio se encuentran dentro del margen para la implementación de la bicicleta eléctrica, considerando que:

Las rutas planteadas se componen de las avenidas más transitadas de Machala, por ende se entiende que el tráfico es más pesado, limitando la movilidad en un automóvil o el transporte urbano.

La autonomía necesaria que arroja el estudio en las diferentes semanas se encuentra dentro de los parámetros para su uso, debido a que la cantidad de kilómetros es mínima en comparación de la autonomía total de la batería.

Como se vio en el capítulo anterior, acerca de las bicicletas eléctricas, se puede considerar su utilización debido a que el pedaleo también es manual, dado fuera el caso que la autonomía necesaria de la batería por su utilización se vaya desgastando.

Las pruebas se realizaron en distintas horas con distintos climas, considerando los parámetros mínimos para su implementación.

4.4 Análisis de Riesgos del Proyecto

Para el desarrollo del estudio se consideran distintas variables que serán explicadas en la tabla 12;

Tabla 12*Análisis de Riesgos del Proyecto*

Riesgos del Proyecto		
Categoría	Subcategoría	Consideración
Técnicos	Requisitos	Bicicleta eléctrica. GPS
	Tecnología	Provista por los aparatos a usar dentro del proyecto
	Complejidad	Ninguna
	Rendimiento y flexibilidad	Es posible estimar todos los datos usando diferentes dispositivos
	Proveedores	No presenta problema
Externos	Normativa	No uso de normativas ligadas al proyecto
	Mercado	Riesgo de presentarse proyectos similares
	Cliente	Beneficios para futuros clientes, enfocado en la población de Machala
	Climatología	No afecta
Organizativos	Dependencias	La culminación del proyecto no afecta a otros
	Recursos	Este proyecto no afecta el desarrollo de otros del mismo tipo
	Financiación	Financiado por el autor
	Estimación	Estimación del proyecto completa
Gestión del Proyecto	Planificación	Uso del software provisto por Garmin para el análisis de datos
	Control	No se presentan cambios ni variantes al proyecto
	Comunicación	Informes claros de la obtención de la información

De acuerdo con los datos expuestos con respecto a los riesgos del proyecto, destacar que dentro de la categoría técnica y la subcategoría complejidad, dado que no se necesita mayores recursos y que se hizo la gestión para el desarrollo de este, el riesgo dentro de este apartado es mínimo. Dentro de los riesgos externos y en cada una de las subcategorías, no existe ningún riesgo que sea latente dentro de la ejecución del proyecto, que de hecho representaría en mayor medida un beneficio para la comunidad.

Dentro de la categoría de riesgo administrativo y la subcategoría organizativo, no existe de igual forma riesgos al proyecto, debido a que la financiación como los recursos estarán asumidos por el investigador y a su vez no afectaría el desarrollo de otros proyectos similares. Finalmente, en la gestión del proyecto, se destaca que el mismo software de los aparatos tecnológicos darán la información necesaria, mismos datos que se filtrarán para ser analizados posteriormente.

Conclusiones

Luego del análisis de las pruebas, surgen las siguientes conclusiones de acuerdo a los objetivos planteados en la investigación;

Se establecieron tres avenidas en la ciudad de Machala para la ejecución de pruebas con el objetivo de analizar algunos parámetros de funcionamiento de las bicicletas eléctricas; entre los aspectos, se determinó la distancia, la cadencia, la potencia, la altimetría, el clima, la hora, el tráfico, el tiempo y la autonomía de la batería.

Se identificó algunas características de la bicicleta eléctrica, el dispositivo y los sensores que permitieron la evaluación y el seguimiento de los parámetros. La bicicleta eléctrica cuenta con los componentes del medio tradicional, pero se añade el controlador, la batería compuesta por litio, el sensor hall, un acelerador electrónico y una pantalla LED; el dispositivo para la medición fue el Garmin Edge 1000 que se caracteriza por su tipificación ágil, gran capacidad de recepción y sensibilidad alta; por último, se dispone de 3 sensores que conforman el kit de cadencia.

Se estableció rutas de pruebas considerando a la avenida Arizaga, Marcel Laniado y Edgar Córdova, estos recorridos se llevaron a cabo en distintos horarios para determinar la autonomía necesaria y el consumo energético de acuerdo al tráfico y al clima.

Se evidenció que la implementación de la bicicleta eléctrica como alternativa a la movilidad sería favorable debido a que los parámetros técnicos resultaron adecuados luego de la ejecución de las pruebas, en lo que respecta al consumo energético que es mínimo en relación a la autonomía total de la batería, además en caso de desgaste de la misma, se dispone de la asistencia por pedaleo manual.

Recomendaciones

Para finalizar el presente estudio, se aporta con las siguientes recomendaciones:

Se sugiere que al utilizar como medio de transporte a la bicicleta eléctrica se realice el mantenimiento preventivo y correctivo de sus componentes, especialmente la batería con el objetivo de garantizar su autonomía necesaria durante el recorrido.

Se recomienda a la población en general que debe tomar las precauciones debidas al circular con bicicletas eléctricas en las avenidas consideradas para las rutas, debido a que se evidenció que los conductores de los vehículos no están familiarizados con esta alternativa de movilidad y provocan accidentes en redondeles e intersecciones.

Se sugiere la ejecución de un estudio a futuro en el centro de la ciudad de Machala por ser un área muy transitada, por lo tanto se obtendrán mejores resultados sobre la autonomía necesaria y el consumo energético de la bicicleta eléctrica, además de evaluar las rutas que podrían implementarse para la elaboración de ciclovías.

Bibliografía

- Almaskater . (2020). *¿Quieres saber qué bicicleta eléctrica comprar?.* Almaskater.com:
<https://almaskater.com/bicicletas-electricas/>
- Azuero, Á. (2019). Significatividad del marco metodológico en el desarrollo de proyectos de investigación. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 4(8), 110-127.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7062667>
- Bikepa. (2020). *Tipos de bicicletas eléctricas y su funcionamiento.* Bikepa.es:
<https://bikepa.es/tipos-de-bicis-electricas/>
- Bikester. (2020). *¿Qué bicicleta eléctrica es adecuada para ti?.* Bikester.es:
<https://www.bikester.es/tipos-de-e-bikes/1043.html>
- Boix, J. (2019). La bicicleta: un vehículo para cambiar nuestras ciudades. *Ecología política*, 17, 37-43.
- Calizaya, Y. (2022). *Diseño de un banco de baterías para mejorar la autonomía de funcionamiento de bicicletas eléctricas - Moquegua .* Universidad César Vallejo:
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/95695/Calizaya_TYS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Camuendo, O., & Pastaz, M. (2021). *Análisis de ciclo de vida de vehículos urbanos eléctricos y propuesta de reutilización de baterías de alto voltaje.* Repositorio UTN:
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/11727/2/04%20MAUT%20155%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Canyon. (2022). *E-ROAD bicicleta eléctrica de carretera.* Canyon.com:
<https://www.canyon.com/es-es/bicicletas-electricas/bicicletas-electricas-carretera/>
- Castillo, J., & Carreño, D. (2020). Diseño metodológico para la caracterización de procesos, caso empresas metalmecánicas del departamento de Boyacá. *INGE CUC*, 16(1).
 doi:<https://doi.org/10.17981/ingecuc.16.1.2020.18>

- DFB. (2016). *Principales ventajas y obstáculos de la bicicleta como medio de transporte*. Departamento de Eureska, Cultura y Deporte : <https://www.bizkaia.eus/home2/archivos/DPTO8/Temas/2016/Bicicletas/Principales%20ventajas%20y%20obstaculos.pdf?hash=8fc7d3eaaecaa84bf0be988c964dbc56&idioma=CA>
- EPMM-M. (2021). *Rendición de Cuentas 2021 Movilidad Machala Empresa Pública Municipal de Movilidad de Machala*. Movilidadmachala.gob.ec : <https://www.movilidadmachala.gob.ec/web/wp-content/uploads/2022/03/Rendicion-de-Cuentas-2021-FINAL.pdf>
- Felipe, P., Madrid, C., & Marquet, O. (2022). Assessing Environmental Performance of Micromobility Using LCA and Self-Reported Modal Change: The Case of Shared E-Bikes, E-Scooters, and E-Mopeds in Barcelona. *Sustainability*, 14(7). doi:<https://doi.org/10.3390/su14074139>
- Fría, P., & Román, J. (2019). Vehículo eléctrico: situación actual y perspectivas futuras. *Visión Tecnológica* (411), 11-20.
- García, F. (2017). *Niveles De Contaminación Acústica En La Avenida “Batalla De Boyacá” De La Ciudad De Machala*. Repositorio UG: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/22593>
- Gil, P., & Duque, L. (2021). *Percepción del uso de las bicicletas eléctricas como medio de transporte alternativo en Medellín*. Tecnológico de Antioquia Institución Universitaria: <https://dspace.tdea.edu.co/bitstream/handle/tdea/1728/3.%20TGII%20Entrega%20Gil%20-%20Duque.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gimenez, J. (2019). Plan Nacional Integrado de Energía y Clima. *Gasactual*(150), 38-42. https://www.sedigas.es/uploads/gasactual/archivos/49/doc/es/gas_actual_150.pdf

- Hernández, M. (2019). *Viabilidad técnico-económica de la infraestructura de recarga necesaria para la implantación del vehículo eléctrico en el municipio de Madrid*. Universidad Politécnica de Madrid : https://oa.upm.es/57295/1/TFM_Maria_Hernandez_Martinez.pdf
- Majdalani, J. (2021). *Historia de las primeras bicicletas eléctricas*. Adslzone.net: <https://www.adslzone.net/e-movilidad/bicis/historia-bicicletas-electricas/>
- Martínez, P. (2020). *Diseño de un nuevo modelo de bicicleta eléctrica en una empresa multinacional sobre un entorno SAP ERP*. Riunet.upv.es: https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/147938/23315654W_TFG_15923152442647434707437759734493.pdf?sequence=1
- Méndez, P., Gómez, M., & Llerena, A. (2020). Análisis de la Viabilidad para la Implementación de Vehículo Eléctrico que Preste Servicio de Taxi en la Ciudad de Cuenca. *INNOVA*, 5(3.2), 295-308. doi:<https://doi.org/10.33890/innova.v5.n3.2.2020.1612>
- Méndez, P., Gómez, M., & Llerena, A. (2020). *Análisis de la Viabilidad para la Implementación de Vehículo Eléctrico que Preste Servicio de Taxi en la Ciudad de Cuenca*. UIDE: <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/4452/1/1612-Texto%20del%20art%20c3%20adculo-7886-1-10-20201229.pdf>
- Mesías, M. (2020). *Investigación sobre el impacto del uso de un aplicativo móvil para el alquiler de bicicletas eléctricas urbanas ubicadas en el sector de La Carolina del Distrito Metropolitano de Quito*. Universidad de los Hemisferios: http://dspace.uhemisferios.edu.ec:8080/jspui/bitstream/123456789/1206/1/Trabajo%20de%20Titulaci%20n_Miguel%20Ricardo%20Mes%20adas%20Lupera.pdf
- Montes de Oca, E., De Giusti, L., De Giusti, A., & Naiout, M. (2018). Análisis de consumo energético en Cluster de GPU y MultiGPU en un problema de Alta Demanda

Computacional. *SEDICI*, 103-113.

http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/73041/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Nieto, N. (2018). Tipos de investigación.

ONU. (2019). *Estado de la Movilidad Eléctrica América Latina y El Caribe*. Programa para el medio ambiente ONU-AECID-MOVE: <https://parlatino.org/wp-content/uploads/2017/09/movilidad-electrica-16-7-20.pdf>

Ordoñez, S. (2016). *Evaluación de una bicicleta eléctrica como alternativa de movilidad en la ciudad de Cuenca*. Dspace Azuay: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/6339/1/12509.pdf>

Pico, J., & Mendez, E. (2022). *Importación de bicicletas eléctricas como solución al problema de movilización y contaminación ambiental en Guayaquil*. Universidad Laica Vicente Rocafuerte.

Ramirez, J., & Tacuri, J. (2019). *Propuesta de movilidad alternativa mediante el uso de la bicicleta híbrida en la ciudad de Cuenca*. DSpace UPS: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16819/4/UPS-CT008113.pdf>

Ramírez, R. (2022). *Bicicletas eléctricas y scooter y la regularización de su uso dentro de la provincia de Santa Elena, 2020*. Universidad Estatal Península de Santa Elena: <https://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/46000/6737/UPSE-MDR-2022-0022.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Reinoso, L., & Ortega, J. (2020). Incremento de la autonomía de un vehículo eléctrico Dayang CHOK-S mediante paneles solares. *Revista Digital Novasinerгия*, 3(2), 40-46. http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2631-26542020000100040#:~:text=Este%20art%C3%ADculo%20detalla%20la%20implementaci%C3%B3n,respecto%20a%20su%20autonom%C3%ADa%20real.

- Reyes, P. (2022). *Propuesta de Implementación de la Motocicleta Eléctrica Scooter NIU NI como Alternativa de Movilidad en Guayaquil en Función del Rendimiento Energético*. UIDE: <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/5577/1/UIDE-G-TMA-2022-6.pdf>
- Sáenz, R. (2014). *La bicicleta y sus orígenes en Europa*. Bibliotecavirtualesenior.es: <https://bibliotecavirtualesenior.es/wp-content/uploads/2016/06/La-Bicicleta-y-sus-Origenes-en-Europa.pdf>
- Taborda, J., & Vásquez, D. (2018). *La bicicleta eléctrica, una alternativa de movilidad limpia con beneficios para la ciudad de Medellín*. Dspace.tdea.edu.co: <https://dspace.tdea.edu.co/bitstream/handle/tda/352/trabajo%20del%20seminario%20de%20grado%20bicis%20electricas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Tobar, F., Castro, I., Silva, J., & Orchard, M. (2018). Improving battery voltage prediction in an electric bicycle using altitude measurements and kernel adaptive filters. *Pattern Recognition Letters*, 105(1), 200-206. doi:<https://doi.org/10.1016/j.patrec.2017.09.009>
- Tramullas, J. (2020). Temas y métodos de investigación en Ciencia de la Información, 2000-2019. Revisión bibliográfica. *Profesional de la Información*, 20(4), 1-18. doi:<https://doi.org/10.3145/epi.2020.jul.17>

