



ING. AUTOMOTRIZ

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

Autor: Juan Roberto Rosales Añazco
Tutor: Ing. Fernando Gómez Berrezueta

**Implementación de un Motor Eléctrico de 1500 W a una Bicicleta
para Uso como Medio Alternativo de Movilidad Urbana en
Guayaquil**

Universidad Internacional del Ecuador
Escuela de Ingeniería Mecánica Automotriz

Certificado:

Ing. Fernando Manuel Gómez Berrezueta

Certifica

Que el trabajo de " Implementación de un Motor Eléctrico de 1500 W a una Bicicleta para Uso como Medio Alternativo de Movilidad Urbana en Guayaquil" realizado por el estudiante: Juan Roberto Rosales Añazco ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple las normas estatutarias establecidas por la Universidad Internacional del Ecuador, en el Reglamento de Estudiantes.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, si recomiendo su publicación. El mencionado trabajo consta de un empastado que contiene toda la información de este trabajo.

Autoriza: Juan Roberto Rosales Añazco, que lo entregue a biblioteca de la Escuela, en calidad de custodia de recursos y materiales bibliográficos.

Guayaquil, octubre del 2022

Ing. Fernando Manuel Gómez Berrezueta, MsC.

Director del Proyecto

Universidad Internacional del Ecuador
Escuela de Ingeniería Mecánica Automotriz
Certificación y Acuerdo de Confidencialidad

Yo, Juan Roberto Rosales Añazco, 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.

Juan Roberto Rosales Añazco

C.I: 0705030252

Dedicatoria

Dedico el presente trabajo y todo el esfuerzo, físico mental y monetario a mi querida madre Verónica, quien fue y es la personas que me apoyó en mis estudios y me motivó a siempre seguir adelante. Además, también dedico el trabajo, a mis queridos abuelos, Inés y Augusto, quienes fueron un pilar fundamental en este proceso, sin ellos no hubiera sido posible llegar a este momento.

Juan Rosales

Agradecimiento

A todas aquellas personas que hicieron parte de este camino y proceso de estudios, familiares, compañeros y profesores, quienes hicieron de este camino una experiencia inolvidable, además de haber estado siempre prestos a ayudar y dar una mano en momentos difíciles. Quedo eternamente agradecido.

Juan Rosales

Índice de Contenido

Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tablas.....	xii
Resumen.....	xiii
Abstract.....	xiv
Capítulo I.....	1
Antecedentes.....	1
1.1. Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema.....	1
1.1.1. Planteamiento del Problema.....	1
1.1.2. Formulación del Problema.....	3
1.1.3. Sistematización del Problema.....	3
1.2. Objetivos de la Investigación.....	3
1.2.1. Objetivo General.....	3
1.2.2. Objetivos Específicos.....	3
1.3. Justificación y Delimitación de la Investigación.....	4
1.3.1. Justificación Teórica.....	4
1.3.2. Justificación Metodológica.....	4
1.3.3. Justificación Práctica.....	5
1.3.4. Delimitación Temporal.....	5
1.3.5. Delimitación Geográfica.....	5
1.3.6. Delimitación del Contenido.....	5

1.4. Hipótesis	6
1.4.1. Variables de Hipótesis	6
1.4.2. Variables Independientes	6
1.4.3. Variables Dependientes	6
Capítulo II	7
Marco de Referencia	7
2.1. Marco Conceptual	7
2.1.1. Contaminación Ambiental	7
2.1.2. Movilidad Urbana	7
2.1.3. Vehículos de Micro Movilidad	7
2.1.4. Electromovilidad	7
2.1.5. Motor Eléctrico	7
2.1.6. Potencia Eléctrica	7
2.1.7. Rendimiento	8
2.2. Marco Teórico	8
2.2.1. Conceptos Preliminares	8
2.2.2. Contaminación Ambiental	9
2.2.3. Vehículos de Movilidad Urbana en la Ciudad de Guayaquil	10
2.2.4. Vehículos de Micro Movilidad Eléctricos	10
2.2.5. Bicicletas Eléctricas en el Mundo	11
2.2.6. Bicicletas Eléctricas en Ecuador	11
2.2.7. Motores Eléctricos para Bicicletas Historia y Aparición	12
2.2.8. Tipos de Motores Eléctricos	14
2.2.9. Baterías para Bicicletas Eléctricas	18
2.2.10. Autonomía	18

Capítulo III.....	20
Proceso de Implementación del Motor Eléctrico a la Bicicleta.....	20
3.1. Conceptos Preliminares	20
3.1.1. Motor Seleccionado	20
3.1.2. Componentes Necesarios	22
3.1.3. Soporte de la Bicicleta	23
3.2. Proceso.....	24
3.2.1. Instalación de Motor Eléctrico en Bicicleta.....	24
3.2.2. Instalación de la Batería.....	26
3.2.3. Instalación del Controlador.....	27
3.2.4. Instalación de los Accesorios.....	27
3.2.5. Instalación del Sensor PAS.....	28
Capítulo IV.....	30
Análisis de Puesta a Prueba, Ventajas y Desventajas Comparativa con otros Medios.....	30
4.1. Prueba de Manejo	30
4.1.1. Rutas de Prueba.....	31
4.1.2. Cálculos.....	40
4.1.3. Análisis Después de las Pruebas	41
4.2. Ventajas y Desventajas	42
4.3. Comparación y Análisis con otros Medios de Transporte	44
4.3.1. Comparativa Bicicleta Eléctrica versus Bicicleta Convencional.....	45
4.3.2. Comparativa Bicicleta Eléctrica versus Motocicleta	46
4.3.3. Comparativa de Bicicleta Eléctrica versus Buses Urbanos	47
4.3.4. Comparativa de Bicicleta Eléctrica versus Taxi	48

4.3.5. Comparativa de Bicicleta Eléctrica versus Automóvil	48
Conclusiones	49
Recomendaciones	50
Bibliografía	51

Índice de Figuras

Figura 1 Venta de Bicicletas Eléctricas en los Últimos Años	9
Figura 2 Bicicletas y Baterías de Gran Volumen en la Antigüedad	12
Figura 3 Bicicleta con Motor Eléctrico de Panasonic.....	13
Figura 4 Motor Eléctrico de Engranajes	15
Figura 5 Tipo de Motor HUB	16
Figura 6 Tipo de Motor Ubicado en el Marco de la Bicicleta	17
Figura 7 Instalación de Motor Eléctrico en la Rueda de la Bicicleta.....	25
Figura 8 Batería Instalada en la Bicicleta	26
Figura 9 Controlador Ubicado en la Bicicleta	27
Figura 10 Sensor PAS	28
Figura 11 Bicicleta Terminada.....	29
Figura 12 Sistema de Frenos y Cambios Instalado	30
Figura 13 Vista de la Mordaza Posterior	31
Figura 14 Pantalla Multifunción	31
Figura 15 Ruta de Prueba 1	32
Figura 16 Ruta de Prueba 2.....	35
Figura 17 Ruta de Prueba 3.....	37
Figura 18 Ruta de Prueba 4.....	38

Índice de Tablas

Tabla 1 Información Batería	19
Tabla 2 Comparación entre Motores Disponibles	21
Tabla 3 Valores y Detalles de la Ruta de Prueba 1	32
Tabla 4 Condiciones de Potencia del Motor	33
Tabla 5 Duración Batería a Plena Carga.....	34
Tabla 6 Valores y Detalles de la Ruta de Prueba 2.....	35
Tabla 7 Consumo Promedio de la Batería en Prueba 2	36
Tabla 8 Valores y Detalles de la Ruta de Prueba 3.....	37
Tabla 9 Duración Promedio de la Batería en la Prueba 3	38
Tabla 10 Valores y Detalles de la Ruta de Prueba 4.....	39
Tabla 11 Duración Promedio de la Batería en la Prueba 4	39
Tabla 12 Ventajas y Desventajas después de la Implementación del Motor Eléctrico a la Bicicleta	43
Tabla 13 Ventajas y Desventajas de una Bicicleta Eléctrica	43
Tabla 14 Comparativa con otros Medios de Transportes Presentes en la Ciudad de Guayaquil	44
Tabla 16 Comparativa Bicicleta Eléctrica versus Bicicleta Normal.....	45
Tabla 17 Promedio de Gasto de una Bicicleta Eléctrica versus una Motocicleta de Gama Baja	46

Resumen

El presente trabajo se desarrolló con el objetivo de implementar un motor eléctrico de 1500W a una bicicleta de montaña con rines de 29 pulgadas, para convertirla en una bicicleta eléctrica, convirtiéndola así en una bicicleta electro asistida como medio de transporte urbano, y que puede ser utilizada como medio de movilidad diaria, dentro de la ciudad de Guayaquil. Para este trabajo se aplicó una investigación de tipo teórico práctica, es decir, en primer lugar, la historia de las bicicletas eléctricas, componentes, así como todos los aspectos técnicos que se deben tener en cuenta como distribución del peso, durabilidad, autonomía, comodidad, etc. incluyendo aspectos de facilidades de uso de esta bicicleta en la ciudad, luego se pasó a la parte práctica de la implementación del motor eléctrico a la bicicleta para posteriormente realizar rutas de prueba y por último la determinación de las conclusiones de esta implementación. De esta manera, se desarrolló un vehículo cien por ciento útil para el transporte urbano, que cumple y supera los requerimientos para el transporte dentro de las ciudades, que puede alcanzar velocidades de hasta 35 km/h, con excelente potencia de arranque, un óptimo desempeño en pendientes, sin necesidad de pedalear, con un único costo inicial, para luego ser cubierto por el costo cero de transporte diario, y que además no contamina el medio ambiente, que, sin embargo, presenta algunos inconvenientes, como el robo, el exceso de peso, entre otros.

Palabras clave: ebike, bicicleta eléctrica, electrificación, medios no contaminantes, movilidad eléctrica.

Abstract

The present work was developed with the objective of implementing a 1500W electric motor to a mountain bike with 29-inch rims, converting it to an electric bicycle, becoming an electro-assisted bicycle as an urban means of transportation, it can be used as a means of daily mobility, within the city of Guayaquil. For this work a theoretical practice type of research was applied, that is, first, the history of electric bicycles, components, as well as all the technical aspects that must be taken into account such as weight distribution, durability, autonomy, comfort, etc. including aspects of facilities of use of this bicycle in the city, then moving on to the practical part of implementing the electric motor to the bicycle and later it was carried out test routes and finally the draw of conclusions from this implementation. In this way, a one hundred percent useful vehicle for urban transport was developed, which meets and exceeds the requirements for transport within cities, which can reach speeds of up to 35 km/h, with excellent starting power, an optimal performance on slopes, and all this without the need to pedal, with a single initial cost to later be covered by the zero cost of daily transportation, and that also does not pollute the environment, which, however, has some drawbacks, such as the theft, and excessive weight, among others.

Keywords: ebike, electric bicycle, electrification, non-polluting media, electric mobility.

Capítulo I

Antecedentes

1.1. Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema

La contaminación ambiental es uno de los temas más mencionados hoy en día, la industria automotriz es una de las más comprometidas en su mitigación.

La implementación de motores eléctricos a los medios de transporte ha sido una de las vías más factibles para la reducción de este fenómeno, debido a que son vehículos que están en constante uso, regularmente de lunes a sábado y prácticamente todos los días del año, siendo estos últimos de uso masivo, se convierten en uno de los mayores factores contaminantes al medio ambiente, además de que en caso de buses de transporte, la gran mayoría son propulsados por motores Diesel más contaminantes, comparados con los motores a gasolina. (Andres, 2020)

Múltiples tipologías de vehículos propulsados por motores eléctrico con el pasar de los años se han visto aumentar, desde autos utilitarios, a buses, motocicletas, etc.

De igual manera existe una corriente de vehículos livianos propulsados por pequeños motores eléctricos, llamados de micro movilidad, que cada vez más se van apoderando del mercado y de la movilidad urbana. Podemos observarlos, cada vez con más presencia, por las vías de las ciudades de todo el mundo, debido a que son una vía muy factible para la reducción de emisiones, facilidad de transporte en ciudad, tanto como en economía de gastos.

1.1.1. Planteamiento del Problema

La contaminación aumenta de forma considerable, y gran parte de esta se debe a los gases de escape expulsados por los vehículos de combustión interna, por lo tanto, la necesidad de un medio de movilidad más ecológico y menos contaminante ha sido imperativa esto es lo que en los últimos años se investiga y desarrolla.

En países europeos, ya se ha fijado que, hasta el 2025 se podrán producir y comercializar vehículos propulsados por motores Diesel, y para 2040 de igual forma con los motores propulsados por motores a gasolina, esto para dar paso a las nuevas tecnologías y vehículos propulsados por motores eléctricos. Nos acercamos al fin de los vehículos propulsados por motores de combustión interna, así abriendo paso a una nueva generación de vehículos con motores eléctricos, más limpios y de cero emisiones contaminantes (Figueras, 2021).

Los vehículos de micro movilidad tales como bicicletas, monopatines, Scooter, patinetes, etc., han sido desde siempre una opción ideal para movilidad dentro de la ciudad por su naturaleza no contaminante y su facilidad de uso (Ruiz, 2015).

Sin embargo, esta tipología de vehículos, no brindan las facilidades y comodidades, ya que implican un aporte físico por parte del usuario, generando así una incomodidad, este junto con otros aspectos dificultan su uso diario para transporte urbano, por lo contrario a un vehículo convencional de combustión interna, como motos o vehículos, o inclusive buses de transporte urbano. No obstante, en estos últimos años, gracias a los avances tecnológicos, como lo es la inclusión de la electrificación a dichos vehículos, hemos podido observar un cambio drástico y una ayuda importante, dejando atrás las falencias e incomodidades (EBike, 2020).

Estos avances han tenido el objetivo de reducir la contaminación ambiental, y aportar un confort al usuario, dando paso a una nueva forma de movilidad urbana. De aquí la importancia de fomentar la investigación, producción e implementación de esta tipología de sistemas de propulsión a vehículos de micro movilidad, que fomentan en mayor cantidad a las disminuciones de gases contaminantes, dejando atrás los estereotipos que normalmente se piensan, al querer usarlos como medio movilidad urbana (Universo, 2021).

Con la continua investigación y explotación de este campo, se logrará obtener y llegar a avances tecnológicos que hagan más efectivos y eficientes este tipo de vehículos o inclusive llegar a unos de mayor grado de complejidad (Garcia J. , 2009).

1.1.2. Formulación del Problema

- ¿De qué forma se puede implementar un motor eléctrico a una bicicleta convencional, transformándola así a una bicicleta electro asistida y que aspectos técnicos se deben tomar en cuenta?

1.1.3. Sistematización del Problema

- ¿Qué tipo de bicicleta es más idónea para su implementación?
- ¿Qué tipología de motor eléctrico es mejor para la implementación?
- ¿Cuáles son los costos en los que se incurre al implementar y utilizar este tipo de fuente de propulsión?
- ¿Una bicicleta eléctrica puede brindarnos las mismas comodidades, facilidades y puede suplir totalmente a un vehículo normal de combustión interna?
- ¿Cuáles son las desventajas del uso de una bicicleta eléctrica?
- ¿De qué forma la implementación de un motor eléctrico a un vehículo de micro movilidad, puede ayudar a disminuir la contaminación ambiental?

1.2. Objetivos de la Investigación

1.2.1. Objetivo General

- Implementar el motor eléctrico de 1500W a una bicicleta, para ser usada como medio alternativo de transporte urbano en Guayaquil, seleccionando las piezas más adecuadas para su óptimo funcionamiento.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Analizar los medios de transporte alternativos usados en la ciudad de Guayaquil.

- Determinar las características técnicas del kit eléctrico seleccionado, optimizando su rendimiento.
- Realizar un montaje de pruebas que permita la evaluación de la bicicleta eléctrica como alternativa de movilidad en la ciudad de Guayaquil.

1.3. Justificación y Delimitación de la Investigación

Una vez que ya hemos definido los objetivos de este trabajo, vamos a responder a la pregunta de ¿Por qué? Investigamos estas interrogantes, para esto vamos a tener un enfoque teórico, metodológico y práctico.

1.3.1. Justificación Teórica

La parte teórica de este trabajo va a estar enfocada en la búsqueda y planteamiento, de temas estrechamente relacionados a la investigación, es decir la electromovilidad. A partir de esta teoría, vamos a generar un conocimiento previo que luego nos ayudará para su puesta en práctica, tomando como referencia solo fuentes confiables y reconocidas, aplicando también, todo el conocimiento adquirido durante los años de estudio.

1.3.2. Justificación Metodológica

La implementación de un motor eléctrico a un vehículo de micro movilidad como una bicicleta, aplicando todos los procesos del caso, así como siguiendo un orden y una clara exposición de este, incentiva el uso de vehículos amigables con el medio ambiente, que sean cero emisiones, con la finalidad de preservar nuestro entorno, abarcando otros beneficios también, como una mejor condición física y de salud, así como la reducción de contaminación auditiva en las ciudades.

Abre una brecha en un tema poco explorado en nuestra realidad nacional, dando un camino a seguir para futuros proyectos, planes o investigaciones relacionadas a este tema, así también aportando con más conocimiento al campo.

1.3.3. Justificación Práctica

El planteamiento de vehículos de movilidad alternativa al motor de combustión interna es una búsqueda generalizada prácticamente en todo el mundo, enfocándose principalmente en vehículos con cero emisiones.

Por esta razón varias entidades del mundo están aportando con sus investigaciones, proyectos, e incluso ya han llegado a plantear producción en serie de vehículos 100% eléctricos.

En este caso el planteamiento de esta investigación y proyecto daría solución a varios factores y problemáticas, con el tema de movilidad ecosostenible, y en específico a problemas, ventajas, desventajas prácticas, que se pueden presentar al momento de querer entrar a este mundo de la micro movilidad en general, así como en específico a las bicicletas eléctricas.

1.3.4. Delimitación Temporal

Para su correcta elaboración e implementación, el presente proyecto se desarrolló, entre el mes de enero 2022, hasta Julio 2022, definido como tiempo necesario, para plantear la investigación, así como su aplicación real.

1.3.5. Delimitación Geográfica

El trabajo se implementó, en la ciudad de Guayaquil.

1.3.6. Delimitación del Contenido

El proyecto empieza con un explicación teórica de varios conceptos y conocimientos necesarios para comprender y entrar al tema.

A continuación, se considera conveniente desarrollar una explicación de cómo ha sido el proceso para llegar a las tecnologías y entorno actual, así como exposición de esta nueva ola de vehículos de micro movilidad propulsados por motores eléctricos.

Continuando se analiza las características técnicas del motor y la bicicleta seleccionada, estudiando y plasmando los aspectos técnicos encontrados y necesarios para la implementación de este motor a la bicicleta.

Seguido, se pasa a la parte práctica del proyecto, es decir la implementación del motor eléctrico a la bicicleta, culminado este paso, se la pon en práctica.

Para concluir, se expone los posibles: beneficios, ventajas o desventajas; que se pueden generar al hacer uso de esta tipología de vehículos, y su posible opción o remplazo a vehículos de combustión interna.

1.4. Hipótesis

La implementación de un motor eléctrico, a una bicicleta común, puede incentivar al uso de este tipo de vehículos de electromovilidad para las masas, por su sencillez, y múltiples beneficios.

1.4.1. Variables de Hipótesis

1.4.2. Variables Independientes

- Implementación del motor eléctrico

1.4.3. Variables Dependientes

- Capacidad del motor eléctrico usado
- Tiempo de duración de la batería.
- Peso total de la bicicleta luego de la implementación.
- Capacidad y resistencia de la bicicleta
- Leyes de transporte en las ciudades
- Normas de seguridad para vehículos propulsados por motores

Capítulo II

Marco de Referencia

2.1. Marco Conceptual

2.1.1. Contaminación Ambiental

La contaminación ambiental, engloba los efectos negativos ocasionados por desechos químicos físicos o biológicos al medio ambiente, ya sea en la naturaleza o en las urbes, ocasionada por la actividad humana, que representan un perjuicio para los seres vivos (Gual, 2015).

2.1.2. Movilidad Urbana

Movilidad urbana se refiere a todo desplazamiento dentro de una urbe, ya sea de mercancías o personas, a través o no de un medio de transporte (Estevan, 2017).

2.1.3. Vehículos de Micro Movilidad

Son todos aquellos vehículos, denominados ligeros, que no excedan los 500 kg de peso, que son utilizados por las personas para transportarse en distancias cortas, por ejemplo: bicicletas, patines, patinetes, monopatines, etc. (Estèvez, 2021).

2.1.4. Electromovilidad

La electromovilidad se refiere al uso de medios de movilidad, que utilizan una fuente de energía eléctrica, aplicada a cualquier tipo de vehículos. (Bernal, 2019)

2.1.5. Motor Eléctrico

Un motor eléctrico es una máquina capaz de transformar la energía eléctrica en energía mecánica, para ser aprovechada de diferentes formas, en este caso para propulsar un vehículo (Nuñez, 2022).

2.1.6. Potencia Eléctrica

La potencia eléctrica es un parámetro físico, el cual indica la cantidad de energía que se transfiere de un generador a un consumidor en determinado tiempo (Blanco, 2021).

2.1.7. Rendimiento

El rendimiento en este caso eléctrico es el cociente que existe entre el trabajo útil de dicho fenómeno físico en un intervalo de tiempo determinado, y el trabajo total que entrega en dicho intervalo de tiempo (Blanco, 2021).

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Conceptos Preliminares

La movilidad ha sido desde siempre, una necesidad fundamental para el ser humano, desde la invención de la rueda, este sector de transporte y vehículos ha ido en considerable aumento, sin embargo, desde sus inicios el automóvil siempre ha sido propulsado por combustibles derivados del petróleo, los mismos que al ser combustionados generan emisiones contaminantes al medio ambiente, con el mismo avance de la industria automotriz, se han creado motores de propulsión eléctrica, los cuales han sido una factible solución al problema de contaminación. (Bazante Bazante, 2020)

Uno de los puntos de este enfoque, hacia la electrificación si no el más importante, es la reducción de emisiones contaminantes al medio ambiente, en el cual múltiples por no decir todas las grandes y pequeñas industrias, han ido aportando y optando por este tipo de fuentes de energía, por su naturaleza no contaminante.

La electromovilidad, por lo tanto, ha ido englobando cada vez más distintos sectores, en especial el de transporte y movilidad urbana. Una de las compañías más grandes del sector ha anunciado que su portafolio de vehículos para 2025 será netamente eléctrico (Volkswagen, 2020).

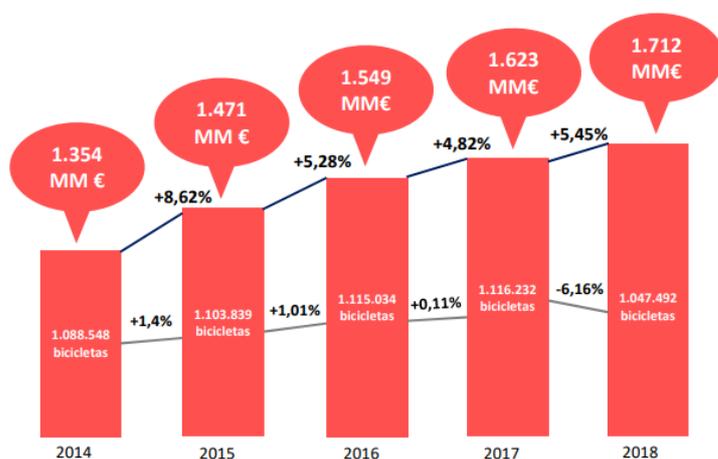
Un sector, denominado de micro movilidad, el cual engloba medios de transporte urbanos mayormente, como son: Bicicletas, Scooter, monopatines, etc, también han ido optando por esta nueva tendencia, así aportando los beneficios de una propulsión eléctrica, cubriendo las falencias o incomodidades de siempre de estos vehículos.

Los vehículos de micro movilidad eléctrica son cada vez más una realidad. La aceptación de esta tipología de medios por parte de las personas ha ido en considerable aumento en los últimos años, apoderándose de una gran parte del mercado.

Las ventas de estos micro vehículos reflejan lo antes mencionado (Galindo, 2021). Las ventas de bicicletas, scooter, motocicletas eléctricas han ido cada vez más aumentando, así como su aceptación mundial, de esta forma dando un desarrollo tecnológico. Hoy en día podemos ver por las vías de toda ciudad, circular este tipo de vehículos (Paredes, 2019).

Figura 1

Venta de Bicicletas Eléctricas en los Últimos Años



Nota: Las ventas son aplicadas para Chile, sin embargo, esta tendencia ha sido similar en todos los países de América Latina. Adaptado de planeta triatlón (Vasquez, 2019).

2.2.2. Contaminación Ambiental

Como anteriormente mencionado en el documento, una de las razones, por la cual se está desarrollando e investigando sobre la electrificación de vehículos para la movilidad urbana, es reducir y en un futuro mitigar la contaminación ambiental, producto de los gases combustiónados y expulsados a la atmosfera por vehículos con motores de combustión interna.

Con la implementación de motores eléctricos a los vehículos, las emisiones generadas por motores de combustión interna, expulsadas por los sistemas de escape, se verán mitigadas

por completo, ya que los vehículos o micro vehículos eléctricos no generan emisiones contaminantes al medio ambiente (Hyundai, 2021).

2.2.3. Vehículos de Movilidad Urbana en la Ciudad de Guayaquil

En la ciudad de Guayaquil, los medios existentes para la movilidad de las personas dentro de la ciudad son: buses urbanos, metro vía, aerovía y taxis.

En el caso de los buses, el costo del pasaje es de \$0.30, valor bastante asequible por el recorrido que se puede llegar a cubrir, ya que estos buses cubren la mayor parte de la ciudad, sin embargo, el servicio brindado por estos no es de calidad, existen múltiples incomodidades, como son: el mal manejo de los conductores, la excesiva aglomeración de usuarios, el ruido, la contaminación generada por los mismos, la delincuencia, entre otros (Universo, 2021).

El uso de un taxi, como medio de transporte diario, generará un gasto elevado, sabiendo que la tarifa mínima es \$ 2.50, los usuarios presentan quejas y problemas, como es la inseguridad, la higiene, entre otras.

2.2.4. Vehículos de Micro Movilidad Eléctricos

Los vehículos de micro movilidad, ideales para moverse en ciudad, se han ido apoderando poco a poco de una parte del mercado, refiriéndonos a la movilidad urbana.

Se pueden observar múltiples establecimientos a nivel mundial, que ofrecen una amplia gama de vehículos eléctricos, entre los más comunes son scooter, monopatines, y bicicletas.

La grandes ventajas que ofrecen este tipo de vehículos, son varias, iniciando por el concepto más importante por el cual fueron ideados, que es de ser cero contaminantes. Al no tener un motor de combustión interna, no se incurrirá en gastos de combustible o mantenimientos, además de otros beneficios económicos como no tener que matricularlos o de la revisión vehicular, así como no es necesario poseer una licencia para circular con estos,

además de su precio de venta muy por debajo de cualquier otro vehículo, ya sea automóvil o motocicleta. (Nigro, 2022)

2.2.5. Bicicletas Eléctricas en el Mundo

La realidad de las bicicletas eléctricas como transporte diario es un gran desafío, más aún en una ciudad que no cuenta con rutas designadas dentro y fuera de la misma, exclusivas para este tipo de micro vehículos (Coello, 2016).

Países como Alemania, Países Bajos, y del continente europeo en general, son pioneras en el uso de este tipo de vehículos para transporte diario. En los países anteriormente mencionados existen caminos y rutas, designadas a lo largo de toda la ciudad, exclusivos para bicicletas, adicional a esto, existen vías por las cuales solo se puede circular a pie, en bicicleta o cualquier tipo de vehículo de micro movilidad. De aquí la preferencia de personas de estos países al uso de estos vehículos para su movilidad. Ámsterdam, ciudad ubicada en Países Bajos en Europa, cuenta con setecientos cincuenta mil habitantes y existen seiscientos mil bicicletas, podemos decir que nueve de diez habitantes usan una bicicleta como medio de transporte, en Japón en la ciudad de Shimanami Kaido, existe una ciclovía con 70km de recorrido que conecta las varias islas (Torres, 2018).

2.2.6. Bicicletas Eléctricas en Ecuador

En los últimos años, la tendencia de las personas, en Ecuador, con respecto a la micro movilidad de tipo eléctrico, incrementa considerablemente. Se han construido grandes empresas alrededor de este sector, destacando la participación de EBike, EcoMove, ElectroBike, existen también múltiples importadoras de artículos varios, que han incluido a su gama de venta, estos vehículos (Electrobike, 2020).

En Guayaquil se puede observar cada vez más el uso de este tipo de transporte, ya sea para dirigirse al trabajo o simplemente para dar un paseo, viéndose beneficiado el medio ambiente, y también la salud, y la economía de los usuarios (Ecomove, 2020).

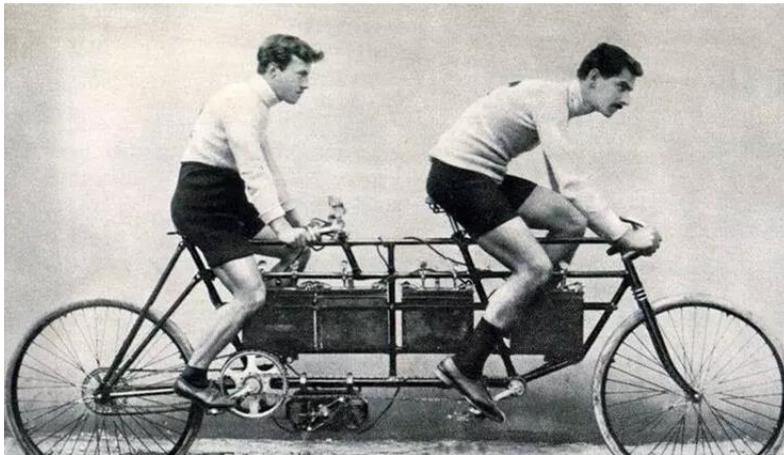
2.2.7. Motores Eléctricos para Bicicletas Historia y Aparición

Los motores eléctricos para bicicletas ya tienen varios años de presencia en el mercado mundial, en el siglo XIX se desarrolló su aparición, el pionero en este tipo de vehículos, Ogden Bolton en Estados Unidos, adjudicándole una patente por una bicicleta con varias baterías, así dándole el título de inventor de las hoy conocidas como E-Bikes, esto a finales del siglo.

Sin embargo, en aquella época, la tecnología disponible no era suficiente para desarrollar este proyecto, de tal forma que los prototipos inventados eran pesados y voluminosos, esto cambió al pasar de los años y disponer de baterías de Plomo ácido a Níquel Cadmio.

Figura 2

Bicicletas y Baterías de Gran Volumen en la Antigüedad



Nota: Los primeros inventos de bicicletas eléctricas llevaban estas baterías de gran tamaño debida la falta de tecnología en aquella época (Majdalani, adsl zone, 2021).

En los inicios del siglo XX, con la baja en el precio del petróleo por lo tanto de la gasolina y combustibles, las bicicletas eléctricas fueron perdiendo su auge, remplazadas por bicicletas con motores de combustión interna, enfatizado por la revolución de las motos en los años 30.

Al final del siglo XX, con la crisis del petróleo y el incremento en la contaminación ambiental, los medio electrificados volvieron a tomar un papel protagónico en el mundo, el año 1975 fue clave para la evolución de estos vehículos, Panasonic inventó un tipo de motor eléctrico central para bicicletas, siendo un rotundo éxito.

Figura 3

Bicicleta con Motor Eléctrico de Panasonic



Nota: Primer bicicleta eléctrica, con motor central de Panasonic (Majdalani, adsl zone, 2021).

De aquí en adelante con el avance de la tecnología, estos medios de movilidad han ido cada vez más desarrollándose, teniendo baterías de menor tamaño, por lo tanto, un menor peso. En 1982 Egon Gelhard, inventó una bicicleta asistida eléctricamente, con su aportación de energía al momento de pedalear, dando origen así a las llamadas bicilec o pedelec, categorizadas como un subtipo de bicicletas eléctricas asistidas eléctricamente únicamente al momento de pedalear. (Kazemzadeh, 2022)

Posteriormente entraron al mercado las baterías de Ion-Litio, capaces de almacenar mayor carga con un peso menor, de menores dimensiones también, esto trajo con sí una gran revolución para las bicicletas eléctricas, convirtiéndolas en un medio excelente para transportarse, o de paseo, de aquí empezó a incrementar el uso de estas bicicletas propulsadas por motores eléctricos.

Actualmente se han introducido también, controladores, pantallas y sensores, los cuales aportan más información al usuario, haciéndolas más prácticas, tecnológicas y cómodas (Majdalani, AZ adsl zone, 2021).

2.2.8. Tipos de Motores Eléctricos

Dentro del campo de motores eléctricos para bicicletas, encontramos: motores eléctricos con escobillas y sin escobillas; sin embargo, los motores eléctricos con escobillas, o también conocidas comúnmente como carbones, generan una incomodidad al ser usados en estos micro vehículos, por su naturaleza de mantenimiento y desgaste.

Los motores más comunes y usados para este campo son los motores sin escobillas, por su naturaleza casi libre de mantenimiento o también conocidos por sus siglas en inglés BLDC (Brush Less Direct Current); además elegidos por su capacidad de generar un campo magnético que no necesita una conmutación mecánica, lo cual aumenta su eficiencia en un 30% respecto a los BDC (Brushed DC electric motor).

Estos motores BLDC, específicamente para bicicletas, son gobernados por un controlador electrónico ESC (Electronic Speed Controller), este debe conocer constantemente la posición del rotor, elemento interno del motor, para saber en qué momento energizar las bobinas, así para generar un campo magnético eficaz y eficiente, esto se conoce también como sincronismo, para realizar esta operación estos motores poseen sensores de efecto Hall.

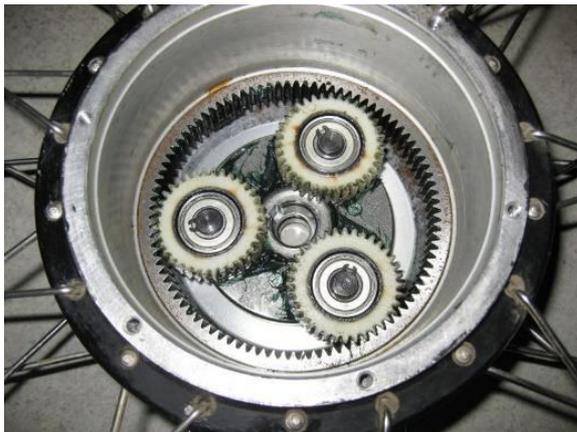
Estos motores son trifásicos, poseen 3 cables de un grosor considerable, a través de los cuales se van a alimentar los enrollados del estator. Su rotor se compone por imanes de Neodimio, los cuales son capaces de generar un potente campo magnético.

A partir de este concepto se han desarrollado los motores o kit eléctricos para bicicletas, dentro de este campo encontramos a cuatro subcategorías, diferenciados cada uno por su forma de instalación y por cómo van instalados en la bicicleta.

Dentro de estas cuatro categorías tenemos a los motores HUB de engranajes, son motores pequeños, que van montados en la rueda de la bicicleta, sin embargo, al ser motores pequeños necesitan de un sistema de piñones para multiplicar su fuerza, estos piñones son fabricados en plástico, la mayor desventaja de estos, ya que a corto plazo tendrán que ser engrasados, generando así un costo mayor, y además de que se genera un desgaste excesivo en los mismos por su tipo de material. Se debe tener en cuenta también, que este tipo de piñones no se venden comúnmente como pieza de recambio, convirtiéndolo a un motor con una vida útil muy corta, además de no generar mucha potencia y por su misma construcción de piñones una velocidad final baja.

Figura 4

Motor Eléctrico de Engranajes



Nota: En la figura se muestra la parte interna del motor de engranajes (Majdalani, AZ adsl zone, 2021).

- Motores HUB sin engranajes, es decir instalados como manzana en la rueda de la bicicleta, son de un mayor tamaño, se encuentra ubicado en la llanta de la bicicleta, sin embargo, su transmisión de potencia la hace a través de un rotor externo y un eje. Son motores más confiables al tener menos piezas móviles, el torque también es instantáneo, gracias a su aporte directo de potencia al eje motriz de la bicicleta. Los únicos elementos de desgaste son los rodamientos internos del motor, los cuales

tienen una duración aproximada de cinco mil a diez mil kilómetros, y son de fácil remplazo. Este motor se convierte así en el ideal para implementar en bicicletas de propósito urbano, teniendo buena potencia, y ser prácticamente libre de mantenimiento.

Figura 5

Tipo de Motor HUB



Nota: En la figura se muestra el tipo de motor HUB sin engranajes. (Majdalani, AZ adsl zone, 2021)

Quedan por analizar dos tipos más de motores, que no son de uso común, sin embargo, se considera citarlos:

- Motores centrales, van instalados en el cuadrante de la bicicleta, en la abertura para el eje de los pedales. Implementados en su mayoría por empresas importantes en el sector, como son: Yamaha, Honda o Bosch entre otras, son de uso en competencias, para bicicletas de alto rendimiento, necesitan un cuadrante hecho a medida, con un espacio prediseñado para dicho motor, así complicando su instalación común, además son diseñados para una asistencia de pedaleo a bajas velocidades, llegando aproximadamente a veinte o treinta kilómetros por hora, haciéndolos así motores específicos para deportes de alto rendimiento, para downhill o MTB, esto enfatizado también, por su elevado costo, bicicletas de este tipo pueden llegar a costar desde cinco mil a diez mil dólares o más. Su mantenimiento también genera un costo

elevado, así como su desgaste, ya que poseen engranajes internos, que necesitan de engrase y en su caso de ser remplazados.

- Motores eléctricos que van instalados en el cuadrante de la bicicleta de forma externa, son más económicos, respecto al resto de motores, sin embargo por esta misma condición, son fabricados por materiales poco resistentes, además de carecer de un buen diseño, al igual que su instalación es bastante compleja, ya que debe existir una alineación perfecta entre ejes y cadenas, de no ser así se incurre en el riesgo de romper algunos elementos del sistema, teniendo en cuenta que en una bicicleta van a existir cambios de dirección e inclinaciones en la misma, hace este, un motor no muy conveniente y poco eficaz, además de su baja potencia y tener varios elementos de desgaste.

Figura 6

Tipo de Motor Ubicado en el Marco de la Bicicleta



Nota: En la figura se muestra el tipo de motor eléctrico que va montado en el cuadrante de bicicleta (Majdalani, AZ adsl zone, 2021).

El motor usado en esta implementación es uno de la marca BAFANG, sin escobillas, sin engranajes, tipo HUB, capaz de generar más de 1500 W de potencia, el cual produce un torque de 150 Nm estos valores son proporcionados por el fabricante en un folleto instructivo, sin embargo, serán puestos bajo análisis en los siguientes capítulos.

2.2.9. Baterías para Bicicletas Eléctricas

Como se ha mencionado anteriormente, no solo la potencia es fundamental, para que este medio sea útil para su uso en ciudad, se necesita también de una buena autonomía, la cual es aportada por la batería.

Todas las baterías para bicicletas eléctricas están formadas por packs de pilas, estas pueden variar de 8 hasta 15 A con un voltaje de 24 V o 32 V, cada pila individualmente tiene 3.7 V y 1500 mA. Para obtener los valores de voltaje y amperaje finales necesarios, estas pilas se sueldan en serie o en paralelo.

La batería usada en este kit es de 48 V y 19 Ah, la cual posee una carcasa de protección para evitar daños.

2.2.10. Autonomía

La autonomía de las baterías depende de su uso, a mayor demanda de potencia del motor, su autonomía o duración disminuirá, si es usada únicamente como asistencia leve, su duración aumentará, pudiendo llegar a tener un tiempo de duración de batería de 2 h a plena carga, es decir al 100 % de la demanda del motor, tiempo más que suficiente para cubrir grandes distancias dentro de la ciudad. Al ser usado solo como asistencia, puede ser en pendientes, rectas de gran distancia o en arranque, su duración podrá aumentar hasta 4 h o más. La batería usada en este kit brinda una autonomía de 2 h o 50 km a plena carga (Tabla 1).

Los valores antes mencionados son proporcionados por el vendedor del producto, sin embargo, hay que tener en cuenta que, dichos valores, pueden variar enormemente de acuerdo a múltiples factores, como lo son: tipo de bicicleta, tipo de terreno, fuerza del viento, peso del conductor, entre otros. Estos valores y detalles se corroboran, en los capítulos siguientes en donde se analiza, su autonomía, en base a rutas de prueba dándonos una información más real y fiel al uso de esta batería y bicicleta.

Tabla 1*Información Batería*

Detalles batería	
Marca	Hailong
Modelo	803101
Voltaje	48 V
Amperaje\	13 A/h
Tiempo de carga al 100% (110V)	5 h aprox.
Medidas	165x86x60 mm

Nota: Toda la información es proporcionada por el fabricante en un folleto instructivo.

Capítulo III

Proceso de Implementación del Motor Eléctrico a la Bicicleta

3.1. Conceptos Preliminares

3.1.1. Motor Seleccionado

Se buscó en el mercado motores eléctricos para bicicletas, siendo de suma dificultad conseguirlos en nuestro país, se recurrió a una tienda ubicada en la ciudad de Quito, que se dedica a la importación de este tipo de motores desde China, llamada Technology YK, igual de dificultoso es tener una amplia gama de elección del tipo de motor a escoger, en este caso los únicos disponibles son el Bafang de 3000 1500 y 750 W de tipo HUB sin engranajes. Es un motor libre de mantenimiento, ideal para ser usado como medio de transporte urbano, al ser implementado en una bicicleta, al estar instalado como manzana de la bicicleta dentro del aro de esta, es bastante cómodo y versátil, tiene un buen rendimiento.

Teniendo en cuenta también, que lo que se busca, es tener un medio que nos pueda brindar el 100 % de asistencia eléctrica, teniendo en cuenta que Guayaquil es una ciudad calurosa, por lo tanto si se desea que este sea un vehículo que pueda remplazar a uno común, como lo es una motocicleta o buses urbanos, necesitamos del torque y autonomía necesaria para su desempeño eficiente y eficaz en ciudad, además, que el motor superior al de 1500 W ofrecido por esta empresa, de 3000 W de tipo central, es usado para deportes extremos, como: MTB o downhill, por lo tanto no cumple con lo necesario para este proyecto, además de su excesivo costo, ya que lo que se busca conseguir también es un medio de transporte urbano económico y viable.

El otro motor ofrecido por la tienda, de 750 W, con 50 Nm de torque, y un costo de \$ 400, es un motor usado para bicicletas de paseo, no para un uso diario y exigente.

Teniendo estas tres opciones, se optó por el de 1500 W ya que suple y cumple con los estándares impuestos para este proyecto, que lo que se busca es un medio de transporte de

uso diario que nos pueda transportar de un lugar A al B, de forma eficaz, cómoda y segura, y que nos brinde además el torque necesario para arranque desde posición cero, como por ejemplo, en un semáforo o para alguna situación de peligro, así como para poder subir con facilidad pendientes que se puedan encontrar en el camino, por lo tanto se decidió que este motor de 1500 W, si va a cubrir las necesidades para esta implementación, la facilidad y comodidad que brinda, además de la suficiente potencia incluso superior de 1500 W, y que otorga 150 Nm y su no muy elevado coste comparado a los superiores. (Macas Avecillas, 2018)

A continuación, se pone a comparación los 3 tipos de motores disponibles (Tabla 2).

Tabla 2

Comparación entre Motores Disponibles

	Motor 1	Motor 2	Motor 3
Precio	\$ 400	\$ 500	\$ 900
Potencia	750 W	1500 W	3000 W
Torque	100 Nm	150 Nm	300 Nm
Autonomía	50 km	50 km	90 km
Uso	Paseo	Ruta/Montaña	Deportivo

Nota: En la anterior tabla se exponen de forma ordenada las diferencias entre los motores a disposición.

Como podemos observar en la tabla anterior, el motor de 750 W y 1500 W tienen un precio similar y en sus características, siendo el de 1500 W de mayor potencia, con una diferencia de precio mínima, es decir, se puede obtener más potencia con una diferencia de inversión relativamente baja, con una gran brecha de diferencia al de 3000 W con un precio bastante elevado, y teniendo en cuenta que es un motor para uso de deportes extremos, como son Downhill a nivel profesional, se opta por el motor de 1500 W.

Teniendo en cuenta los aspectos técnicos del motor, se analiza si el motor es adecuado para su uso en la ciudad de Guayaquil, siendo que esta ciudad posee principalmente una superficie plana, sin embargo, existen también pendientes con un porcentaje de inclinación de 30 %, para las cuales se debe tener unas condiciones mínimas de potencia para poder superarlas.

Una bicicleta eléctrica para poder superar una pendiente, con un grado de inclinación con un porcentaje de 30 %, debe tener una potencia mínima de 1000 W, normalmente para poder subir una pendiente se debe tener una velocidad mínima de 10 a 15 km/h, para esto se debe tener un torque mínimo de 65 Nm (Sojo, 2020).

Teniendo cuenta que el motor de 1500 W posee un torque de 150 Nm, cubre y sobrepasa las necesidades mínimas de circulación para la ciudad. El motor de 750 W posee un torque de 70 Nm, cumple con la condición anterior sin embargo con un rango mínimo, se debe tener en cuenta que los valores son teóricos, y dependen de las variables del caso, además se tiene en cuenta que la diferencia de precio es mínima, por lo tanto, se opta por el motor y kit eléctrico de 1500 W, que cumple con éxito los requerimientos para esta implementación (Garcia G. , 2019).

3.1.2. Componentes Necesarios

Lo necesario para poder realizar esta implementación, es:

- Motor eléctrico
- Batería
- Controlador
- Acelerador

Adicional a esto, todo debe contar con sus respectivos cables de conexión, se instala también, un pantalla LED, la cual nos indica, autonomía de la batería, velocidad a la que se circula, potencia otorgada por el motor, y nivel de indicador PAS, este último es un sensor

ubicado en el eje de pedaleo, el cual regula el aporte de potencia del motor a la llanta teniendo este 6 niveles, el nivel 1 modo ECO, y el nivel 6 potencia máxima.

El controlador es aquel elemento encargado de regular los voltajes generados en el trabajo de dicho motor, además de decodificar parámetros eléctricos para ser mostrados en la pantalla LED informativa, es decir trabaja como la computadora de la bicicleta al recibir las distintas señales de voltajes aportadas por los varios componentes, todos estos componentes están incluidos en el kit eléctrico adquirido.

3.1.3. Soporte de la Bicicleta

La bicicleta es la parte fundamental para el desarrollo de este proyecto, ya que en la misma es en donde se instalan todos los componentes, además es esta la que soporta todos los esfuerzos ocasionados por su uso.

Teniendo en cuenta que en la ciudad de Guayaquil son pocas las ciclovías presentes, con más presencia en las afueras de la ciudad o en pequeñas cantidades en el centro urbano, además de múltiples desniveles, así como de objetos extraños en la carretera, es de vital importancia el uso de una bicicleta apta para todo tipo de obstáculos y terrenos.

Al tener en cuenta todos estos factores, se opta por usar una bicicleta de tipo montañera, con neumáticos mixtos, y con cambios de velocidades, una opción ideal, gracias a su facilidad de manejo, comodidad que brinda, además de poseer suspensión hidráulica delantera, esta amortigua las varias irregularidades presentes en el terreno, tales pueden ser huecos gradas o todo elemento que se puedan presentar en la circulación, brindando una comodidad y facilidad de manejo. Los frenos de disco en las dos ruedas, algo muy importante a tener en cuenta debidas las velocidades y aceleraciones que se pueden llegar alcanzar, son fundamentales para esta implementación, ya que nos garantizan un frenado eficiente. La presencia de marchas también es de vital importancia, debidos los desniveles presentes en la

ciudad, así como para no esforzar el motor dándole una desmultiplicación y un mejor desarrollo con dichos cambios.

Debido a que en la ciudad la mayoría de las vías son de asfalto o de concreto, el uso de unas llantas de carretera o mixtas, son una excelente opción, ya que como bien sabemos podemos encontrarnos con vías en construcción, de tierra o inclusive debida la inexistencia de vías para bicicletas, nos veremos obligados a usar vías alternas de tierra.

Al poseer cambios de velocidades se facilita el pedaleo, teniendo varias relaciones de cambios, se puede circular cómodamente en superficies de cualquier tipo de inclinación, y longitud.

El cuadrante fabricado en Aluminio brinda un peso inicial relativamente bajo, algo importante a tener en cuenta, ya que, al instalar el motor, el peso de la bicicleta aumenta considerablemente, llegando a pesar 26 kg, de los cuales 18 kg aproximadamente son de la bicicleta, teniendo el motor un peso de 8 kg.

3.2. Proceso

Antes de iniciar con el proceso de implementación es necesario tener un lugar adecuado con las herramientas necesarias para realizar dicho trabajo, así como contar con una correcta iluminación y ventilación en el mismo.

3.2.1. Instalación de Motor Eléctrico en Bicicleta

Una vez que se cuenta con el espacio ideal, se da inicio al proceso, instalando el motor, en este caso el motor eléctrico se debe instalar en un aro 29” una vez que se haya armado el aro con el motor, se debe alinearlos para evitar alabeos, culminado esto procedemos a ubicarlo en los soportes posteriores para el aro en la bicicleta.

Al aumentar el ancho del aro por el motor, se debe modificar la geometría del cuadrante, abriéndolo un poco para que pueda ubicarse correctamente, para finalizar instalamos las arandelas necesarias, para dar espacio entre el eje y el cuadrante.

Se debe verificar que la rueda, gire libremente sin obstrucciones, en caso de presentarse alguna corregir, una vez hecho esto, se procede a ajustar las tuercas respectivas.

Se debe tener cuidado con el cable de alimentación que sale del motor, ubicándolo en una posición estratégica para que no afecte o no interfiera al girar la rueda.

Figura 7

Instalación de Motor Eléctrico en la Rueda de la Bicicleta



Una vez instalado y asegurado el motor se procede a fijar todos los elementos externos como frenos y marchas posteriores.

El motor eléctrico, por su naturaleza de tipo HUB, va instalado en la rueda, tiene únicamente dos posibles lugares de instalación, en la rueda posterior o en la delantera, sin embargo, al instalarlo en la rueda delantera, al ser la rueda móvil, es decir la que va a dar dirección a la bicicleta, incrementaremos excesivamente el peso de la misma, ocasionando así un desequilibrio en la marcha, o al momento de pasar por una altura o desnivel, el peso se encuentra desnivelado, además de lo peligroso que puede ser acelerar en curva o con el volante girado. Por esta razón se opta por instalar el motor en la rueda posterior, ya que es una rueda fija y se distribuye el peso en la parte posterior.

3.2.2. *Instalación de la Batería*

Como segundo paso, se debe fijar la batería al chasis de la bicicleta, esto a través del roscado para fijación de porta botellas, usaremos los mismos pernos ubicándolo de una manera adecuada para su correcto desempeño, dejando libres los cables de conexión. Se ubicó en la parte más baja del chasis para no afectar o afectar mínimamente el centro de gravedad de la bicicleta.

El motor eléctrico y la batería son los componentes más pesados, por lo tanto, deben ir bien fijados de forma que no se puedan mover o desequilibrar la marcha, es por esta razón que se decide instalar el motor en la rueda posterior, y la batería en la parte central del marco lo más abajo posible, además de utilizar amarras plásticas para dar un mayor ajuste a la batería.

El centro de gravedad de una bicicleta se ubica en la parte central, y al mantener los pesos lo más bajo posible, lo más cerca del suelo, garantizamos una correcta distribución de pesos para no afectar su gravedad.

Figura 8

Batería Instalada en la Bicicleta



Nota: Batería instalada en el marco en la parte central de la bicicleta.

3.2.3. Instalación del Controlador

Habiendo instalado la batería, procedemos a ubicar el controlador, debemos buscar una ubicación estratégica, ya que será el que recepta todo el cableado de la bicicleta, y el mismo no debe interferir en el pedaleo, o en la marcha, así mismo se debe evitar ubicar este componente en lugares que recojan mucha suciedad o estén muy expuestos a daños o salpicaduras. Por las razones antes mencionadas se decidió adquirir un soporte tipo parilla posterior, para aquí ubicar el elemento controlador, garantizando así, un anclaje seguro, protegerlo de agentes externos que puedan dañarlo y consiguiendo también un orden en el cableado y distribución de los componentes.

Figura 9

Controlador Ubicado en la Bicicleta



Nota: Controlador instalado en la bicicleta, en un soporte tipo parilla, comprado a parte.

3.2.4. Instalación de los Accesorios

Una vez ubicado el controlador, procedemos a instalar los de más accesorios como son, la pantalla con su control, las manijas de freno, las cuales van a sustituir a las originales de la bicicleta, y el acelerador. Todos estos componentes se fijan fácilmente al manubrio de la bicicleta, se debe tener en cuenta el confort y seguridad para el conductor, ya que estos componentes deben estar de fácil alcance y bien fijados.

3.2.5. Instalación del Sensor PAS

Para culminar con la ubicación de los componentes se debe fijar el controlador PAS, por sus siglas en inglés, Pedal Assist Sensor, o sensor de pedaleo asistido. Este componente es implementado en bicicletas eléctricas, por una normativa europea, ya que no se permite usar un acelerador de puño, este sensor activa el motor al momento de pedalear, gracias a la inducción electromagnética que se produce entre los dos componentes del sensor, pudiendo seleccionar en la pantalla multifunción, el nivel de potencia que deseamos aportar. En este caso también podemos seleccionar que el sensor PAS no actúe pudiendo manipular la potencia directamente del acelerador de puño.

Este sensor consta de dos elementos, el imán receptor con su anillo de aluminio, el cual debe de ir fijado al chasis de la bicicleta en la abertura para los pedales, para esto se deberá retirar el pedal izquierdo, para poder ser fijado. El otro componente es una rueda plástica con varios imanes, esta deberá fijarse al eje de pedaleo, respetando una distancia mínima entre estos dos componentes.

Figura 10

Sensor PAS



Una vez culminada la instalación de todos los componentes, se revisa si todo está correctamente fijado, y procedemos a organizar el cableado de dichos elementos, esta parte es de suma importancia ya que determinará la parte estética de la misma, así como para

cubrirlos ante la intemperie o suciedad y evitar que estos vayan a interferir en el uso de la bicicleta. Se usó tubos de plásticos corrugado para proteger el cableado ante cualquier agente externo, se lo fijó al cuadrante de la bicicleta a través de correas plásticas negras, para evitar que quede suelto y pueda interferir con su uso o rozar con algún componente, así evitando daños.

Terminado el proceso se procede a verificar si la pantalla enciende, activándola a través del botón rojo de poder en la batería, el cual tiene dos posiciones, "1" o "0", es decir batería apagada en "0", y batería aportando energía en "1". Se verifica también si el motor está aportando potencia a la rueda, esto a través del acelerador, levantando la rueda posterior para poder verificar que la rueda gire, apretamos el acelerador y se verifica si la rueda gira y si no interfiere con algún elemento. De esta forma terminamos la implementación del motor eléctrico con sus respectivos componentes necesarios para su correcto funcionamiento.

Figura 11

Bicicleta Terminada



Nota: Bicicleta eléctrica convertida totalmente a una Ebike.

Capítulo IV

Análisis de Puesta a Prueba, Ventajas y Desventajas Comparativa con otros Medios

4.1. Prueba de Manejo

Una vez que la bicicleta está lista para su uso, se plantea el inicio de sus pruebas en carretera para analizar el correcto desempeño, así como para poder tener parámetros, para determinar si realmente este vehículo puede sustituir a otros como medio de movilidad urbana.

Lo primero que se observa en la prueba de manejo es que el sistema de frenado no es eficiente, esto enfatizado en bajadas, esto debido al aumento de peso del kit en la rueda posterior. Debido a que es un sistema de frenos por cable, se opta por instalar uno hidráulico de mejor calidad, con un costo de \$ 75.

Figura 12

Sistema de Frenos y Cambios Instalado



El sistema de frenado instalado es marca Shimano, un excelente referente en la industria del ciclismo, además de mejorarlo, posee también un sistema de cambios el cual brinda una mayor comodidad al usuario al momento de seleccionar las marchas.

Figura 13

Vista de la Mordaza Posterior



4.1.1. Rutas de Prueba

Utilizando la aplicación Strava, y en conjunto con la pantalla multifunción, se realiza las rutas de prueba, para analizar el desempeño de la bicicleta eléctrica, teniendo en cuenta varios factores los cuales comprometen dichos valores.

En estas pruebas se tiene en cuenta dos valores generales, que son, el peso del conductor, que son 75 kg, y la presión de inflado de neumáticos de 26 psi en ambas ruedas.

Figura 14

Pantalla Multifunción



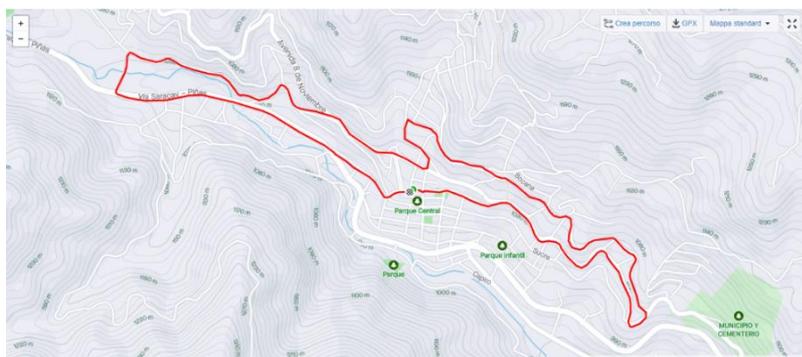
Nota: Pantalla LED, indica carga batería kilómetros recorridos, velocidad, watts aportados por el motor y el nivel del sensor PAS

En las siguientes rutas de prueba se analiza la potencia del motor únicamente, sin pedaleo.

En la primer ruta de prueba, (figura 12), tenemos un circuito con distintas variaciones en el nivel del terreno, llegando a tener, rectas con 0% de inclinación, bajadas, y subidas con hasta 30 % de grado de inclinación. En la tabla 3, se muestra los detalles de la ruta y valores obtenidos.

Figura 15

Ruta de Prueba 1



Nota: La ilustración anterior muestra la primer ruta designada para analizar el desempeño de la bicicleta eléctrica

Tabla 3

Valores y Detalles de la Ruta de Prueba 1

Ruta de prueba 1	
Distancia	6 km
Duración	15 min
Velocidad promedio	24,3 km/h
Velocidad máxima	36,9 km/h
Uso promedio acelerador	97%
Carga batería al iniciar	100%
Carga batería al finalizar	80%

Nota: Se muestra los datos referentes al recorrido designado como ruta de prueba 1.

Gracias a la pantalla multifunción se pudo observar, que el motor eléctrico, aporta su potencia de acuerdo con el grado de energía que necesita la bicicleta para avanzar, teniendo un aporte de energía máxima al arranque y en pendientes, de 1500 W, el motor corta la corriente, es decir ya no aporta potencia a la rueda, en el momento que no existe resistencia al rodaje, como lo es en bajadas, por lo tanto, según el grado de fricción que exista, el motor aportará su potencia a la rueda. Todos estos parámetros se muestran en la tabla 4.

Tabla 4

Condiciones de Potencia del Motor

Potencia aportada por el motor versus velocidad en varias condiciones		
Condición	Aporte energía motor	Velocidad promedio
Arranque	1500 W	5 km/h
Alta demanda	800 W	15 km/h
Exigencia media	400 W	18 km/h
Exigencia mínima	150 W	25 km/h
Pendientes de 10% a 15 % de inclinación	1000 W	12 km/h
Pendiente de 15% a 20%	1400 W	10 km/h
Pendientes de 30% de inclinación o más	1551 W	5 km/h
Oposición 0%	Corte de corriente 0 W	30 km/h

Nota: los valores son aproximados en un promedio pudiendo variar de acuerdo también al tipo de terreno entre otros factores

Se pudo observar también que, al subir una pendiente, y el motor eléctrico tener que aportar el cien por ciento de su energía que son los 1500 W, existe una importante descarga de la batería, llegando a descargarse hasta en un 60 %, generando una demanda importante a

la batería, sin embargo, la energía al terminar la pendiente se ve restablecida, casi en su totalidad.

La ruta de prueba 1 se la realizó por tres ocasiones seguidas, llegando a tener resultados similares en las tres prueba. La batería se descargó en un 20 % al culminar la tercer vuelta, es decir luego de haber recorrido 24 km en 45 min.

Se puede estimar de acuerdo a esta prueba, que la batería durará un aproximado de 96 km o 3 horas a plena carga (tabla 5). Sin embargo, los valores pueden llegar a variar de acuerdo con el recorrido que se hace, según la presencia de inclinaciones y de acuerdo a su grado de inclinación, teniendo en cuenta que, en Guayaquil, hay un mínimo de elevación, siendo principalmente terreno plano, la autonomía de la batería se verá beneficiada.

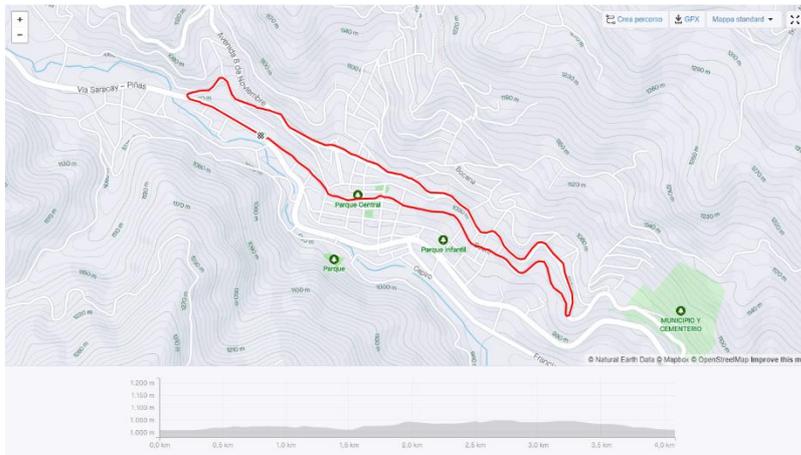
Tabla 5

Duración Batería a Plena Carga

Duración de la batería a plena carga		
Carga	Kilómetros	Tiempo
100%	96 km	3 h
75 %	72 km	2 h 15 min
50%	48 km	1 h 30 min
25 %	24 km	45 min
0 %	0 km	0 min

Nota: los valores son aproximados de acuerdo con la ruta de prueba 1, teniendo en cuenta la pantalla multifunción.

La ruta de prueba 2, se desarrolla bajo condiciones de terreno mayormente plano, con una presencia mínima de elevaciones, para así analizar la variación de batería comparado con la presencia de inclinaciones pronunciadas.

Figura 16*Ruta de Prueba 2*

Nota: Ruta de prueba 2, terreno en su mayoría plano.

En la ruta de prueba 2, teniendo un terreno mayormente plano, el promedio de aporte de energía por parte del motor fue de 350 W, al carecer de pendientes la demanda de energía llega a ser mínima, observando también que al desarrollar velocidad la misma disminución de oposición al rodaje, disminuye el esfuerzo que debe hacer el motor, por lo tanto, el consumo de energía también se reduce considerablemente. Detalles de la ruta (tabla 6).

Tabla 6*Valores y Detalles de la Ruta de Prueba 2*

Ruta de prueba 2	
Distancia	4 km
Duración	10 min
Velocidad promedio	23 km/h
Velocidad máxima	34,3 km/h
Uso promedio acelerador	95 %
Carga batería al iniciar	100 %
Carga batería al finalizar	80 %

Nota: Se muestra los datos referentes al recorrido designado como ruta de prueba 2.

La ruta propuesta anteriormente, se desarrolló cinco veces, teniendo resultados similares en todas las pruebas, sin embargo, se debe tener en cuenta también un aspecto muy importante como lo es la presencia de tráfico, semáforos, obstáculos, así como también la capacidad de manejo del conductor, ya que al hacer un mayor uso del freno el motor tendrá que compensarlo en arranque, demandando más energía del motor, sin embargo, la exigencia de energía con una mínima resistencia al movimiento, es de 50 W a 150 W, teniendo un aporte de energía de este tipo la batería tendrá una mayor duración, como lo es el caso de la ciudad de Guayaquil, en la cual el grado de inclinación de las calles es casi nula, por lo tanto la resistencia de rodaje a vencer es mínima.

Al culminar la quinta vuelta tuvimos un consumo aproximado del 20% de la batería, teniendo un total de 20 km recorridos, se tiene un aproximado de 100 km de autonomía al 100 % de carga de la batería, un promedio similar a la prueba 1 (tabla 7).

Tabla 7

Consumo Promedio de la Batería en Prueba 2

Consumo promedio batería prueba 2		
Carga	Kilómetros promedio	Tiempo promedio
20 %	20 km	50 min
100 %	100 km	4 h 10 min

Sin embargo, se debe tener en cuenta que el rendimiento de la batería al ir disminuyendo su carga pierde también su eficiencia, por lo tanto, la descarga será mayor.

Se plantea una última ruta de prueba para analizar la duración total de la batería, es decir su uso desde el 100 % hasta llegar al 0 % de la carga.

Figura 17*Ruta de Prueba 3*

Nota: La ilustración anterior muestra la primer ruta designada para analizar el desempeño de la bicicleta eléctrica

Los detalles de la prueba de ruta 3 son mostrados a continuación (Tabla 8).

Tabla 8*Valores y Detalles de la Ruta de Prueba 3*

Ruta de prueba 3	
Distancia	22 km
Duración	60 min
Velocidad promedio	22 km/h
Velocidad máxima	40 km/h
Uso promedio acelerador	97 %
Carga batería al iniciar	80 %
Carga batería al finalizar	0%

Nota: Se muestra los datos referentes al recorrido designado como ruta de prueba 2.

Culminada la ruta de prueba 3 tuvimos un resultado de 22 km en 1 h, llegando a un nivel de carga de 50 %, comparando los resultados de la anterior prueba, se tiene que 20 km se los realiza en 50 min, podemos concluir que la duración de la batería desde el 100 % de carga al 0 %, es de 2 h, o 42 km, (tabla 9).

Tabla 9

Duración Promedio de la Batería en la Prueba 3

Consumo promedio batería prueba 2		
Carga	Kilómetros promedio	Tiempo promedio
50 %	22 km	50 min
100 %	42 km	2 h

Se plantea la siguiente ruta de un largo de 20 km para concretar si efectivamente la autonomía de la batería dura 20 % de la carga. La ruta será de ida y regreso, por la misma recorrido.

Figura 18

Ruta de Prueba 4

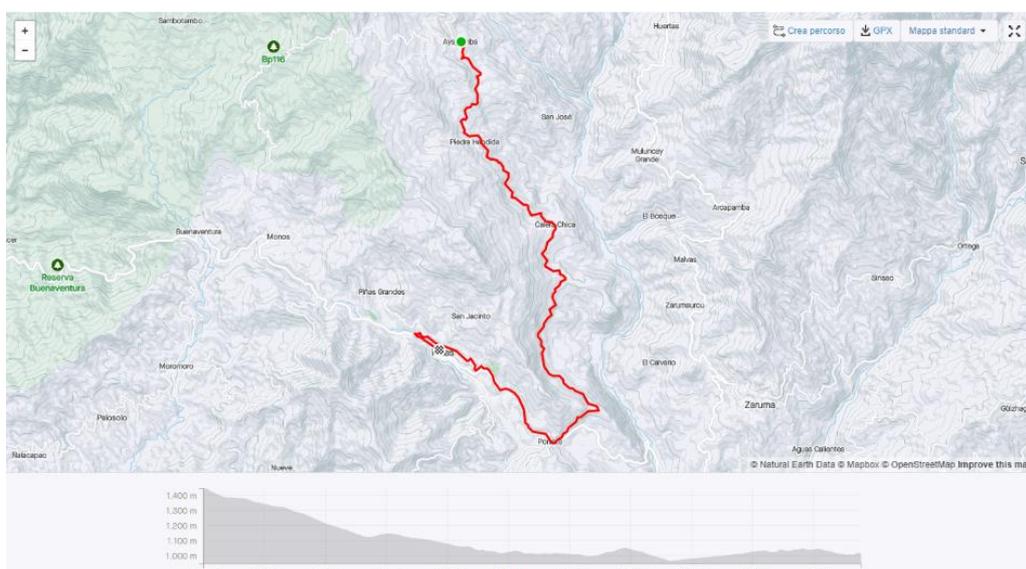


Tabla 10*Valores y Detalles de la Ruta de Prueba 4*

Ruta de prueba 4	
Distancia	20 km
Duración	50 min
Velocidad promedio	23 km/h
Velocidad máxima	52 km/h
Uso promedio acelerador	98 %
Carga batería inicial	100 %
Carga batería final	0 %

Nota: Se muestra los datos referentes al recorrido designado como ruta de prueba 4.

Confirmando lo anteriormente analizado, al llegar al destino y recorrer los 20 km, se registra una descarga del 20 %. Al realizar la misma ruta de regreso de igual forma se registra una descarga del 40 %, sin embargo, la eficiencia del aporte de energía fue disminuyendo.

De acuerdo con la prueba de ruta 4, se define que, el 100 % de la carga de la batería, sirve para recorrer hasta un máximo de 100 km o 4 h, (tabla 11).

Tabla 11*Duración Promedio de la Batería en la Prueba 4*

Consumo promedio batería prueba 4		
Carga	Kilómetros promedio	Tiempo promedio
20 %	20 km	50 min
40 %	40 km	1 h 40 min
60 %	60 km	2 h 30 min
80 %	80 km	3 h 20 min
100 %	100 km	4 h 10 min

Nota: Se debe tener en cuenta que la descarga al ir bajando aumenta por la pérdida de eficiencia.

Realizando un promedio de las cuatro pruebas tenemos un resultado de 84 km de autonomía o 3 h 30 min.

Analizando las 4 pruebas realizadas se puede determinar que la batería tiene un promedio de autonomía a plena carga, es decir con el uso continuo del acelerador, de 3 h, o un promedio de 84 km por carga. Estos valores tienen una brecha muy grande entre sí, esto debido a las múltiples variables que afectan en estas pruebas, que pueden ser:

- Fuerza del viento
- Demanda del acelerador
- Cantidad de veces de arranque
- Tipo y desnivel del terreno
- Eficiencia de la batería al irse descargando
- Capacidad del conductor

Teniendo en cuenta todas estas variables que afectan a los resultados prácticos de las pruebas, se plantea un análisis teórico con una fórmula, para definir la duración de la batería.

4.1.2. Cálculos

Capacidad de carga = Voltaje . Amperaje

Capacidad de carga = 48 V . 13 A/h

Capacidad de carga = 62,4 km

Consumo = Voltaje . Amperaje

Consumo = 48 V . 13 A /h

Consumo = 624 Wh

Autonomía = Potencia motor / consumo

Autonomía = 1500 W / 624 Wh

Autonomía = 2.4 h

De acuerdo con los cálculos la batería usada para esta implementación tendrá una duración de 2.4 h o 60 km aproximadamente, valores que se aproximan a los obtenidos en las rutas de prueba. Calculando una media entre pruebas de ruta y los cálculos, se obtiene un valor de autonomía de 72 km o 3 h 25 min.

4.1.3. Análisis Después de las Pruebas

En las pruebas de manejo se analiza y prueba varios aspectos de la bicicleta eléctrica, como primera impresión se nota el claro aumento del peso de la bicicleta, dificultando el pedaleo normal sin aportación de energía por el motor, de igual forma, al tener muchos componentes presentes en la misma se vuelve menos maniobrable, y de una mayor fragilidad, al querer usarla como bicicleta de montaña los componentes van a sufrir bastante por las irregularidades del terreno.

Se puede constatar que el motor aporta la energía desde el momento en que se acciona el acelerador, es decir la respuesta del acelerador es instantánea sin importar el peso, o si está en pendiente, con un aporte de potencia de hasta 1600 W, esto sin necesidad de pedaleo. El desplazamiento al cien por ciento de la energía y sin pedaleo es fluido y constante, con una buena aceleración y velocidad, llegando a alcanzar los 30 km/h.

Al querer usarla como una bicicleta electro asistida, el pedaleo se facilita enormemente, reduciendo considerablemente el esfuerzo que se debe hacer, enfatizado en subidas, al tener la aportación de potencia por el motor, se sube mucho más fácil, teniendo que hacer un mínimo esfuerzo.

Se observa también, que el motor eléctrico, es un peso considerable en la llanta posterior, esto reduce la eficacia del freno posterior, teniendo que efectivizarla con el freno delantero, a largo plazo será motivo de mayor desgaste de las pastillas de freno posteriores, comparada con una bicicleta normal, sin embargo, hay que tener en cuenta que son de fácil

reemplazo y tienen un bajo costo, lo mismo sucede con la llanta posterior que presenta un mayor desgaste.

Un factor que se debe tener en cuenta también es que los componentes del kit quedan expuestos, como son batería, pantalla indicadora, y el controlador, así como la bicicleta no cuenta con un seguro antirrobo siendo esta más llamativa que una bicicleta normal. De esta forma, componentes y bicicleta quedan expuestos a un posible hurto.

La autonomía de la batería es de gran alcance, pudiendo cubrir distancias de hasta 100 km con una sola carga, una cantidad bastante elevada considerando también que el esfuerzo físico que hay que aportar para cubrir dicha distancia es mínimo.

Se observa que este tipo de vehículo ayuda a evitar el tráfico, gracias a la facilidad de circulación por cualquier tipo o sitio de circulación, además de aspectos como contaminación cero, gasto en combustible cero y eficiencia en el tiempo de traslado.

La potencia del motor es óptima, llegando a asimilar sus características a una motocicleta, teniendo una muy buena respuesta de acelerador y aporte de energía mayores a 1600 W.

Al realizar las pruebas de ruta, se pudo determinar también el costo de carga de la batería de la bicicleta, teniendo en cuenta un uso diario, con una carga de 3 veces por semana del cero al cien por ciento, ciclo el cual se cumple en cinco horas, y teniendo en cuenta que el costo del kW/h en Ecuador tiene un promedio de \$ 0,10 tendremos un costo semanal de carga por \$ 1,50 o un costo mensual de \$ 6,00.

4.2. Ventajas y Desventajas

Los aspectos técnicos más importantes de la bicicleta luego de la implementación del motor eléctrico y su uso, mencionados en el capítulo anterior se exponen en la tabla 12.

Tabla 12*Ventajas y Desventajas después de la Implementación del Motor Eléctrico a la Bicicleta*

Descripción	Detalle
Larga duración de la batería.	100 km aprox.
Asistencia 100% eléctrica, desde el arranque.	Hasta 1600 W de potencia
Costo de circulación	\$ 0
Costo de carga (mensual)	\$ 6,00
Fragilidad	Bicicleta y componentes
Exposición a robos.	Bicicleta y componentes

Nota: En la anterior tabla se exponen de forma ordenada las ventajas y desventajas de la bicicleta luego de la implementación del kit eléctrico.

Los aspecto económicos, y de facilidad de uso en ciudad, reflejados gracias a las pruebas de ruta y por el mismo uso de la bicicleta eléctrica, son expuestos en la tabla 13.

Tabla 13*Ventajas y Desventajas de una Bicicleta Eléctrica*

PROS	CONTRAS
Economía en mantenimiento y uso	Inexistencia de espacio de almacenamiento
Libertad y facilidad de movilidad dentro la ciudad	Uso exclusivo en ciudad y para una sola persona
0% emisiones contaminantes y 0 % contaminación auditiva	Exposición y peligro del conductor a tráfico.
Ahorro de tiempo en transporte	Exposición a robos
Beneficio físico y mental	Exposición a factores climáticos.
Ahorro considerable en transporte	

4.3. Comparación y Análisis con otros Medios de Transporte

En este proyecto se plantea el uso de esta bicicleta eléctrica como remplazo a medios de transporte urbano comunes.

En un inicio para poder hacer uso de este tipo de vehículo, se tiene que contar con una inversión inicial considerable, en este caso de \$ 900, teniendo en cuenta que se verá totalmente cubierta y recuperada en poco tiempo, debida la economía y facilidad de transporte que nos brinda, en comparación con otros medios presentes en la ciudad, los cuales bajo una investigación de campo y experiencia del autor son mostrados en la Tabla 14.

Tabla 14

Comparativa con otros Medios de Transportes Presentes en la Ciudad de Guayaquil

Medio de Transporte	Gasto mínimo
Metrovía	\$ 0.30
Aerovía	\$ 0.70
Bus colectivo	\$ 0.30
Taxi	\$ 2.50
Motocicleta	\$ 2.00
Bicicleta eléctrica	\$ 0.50

Nota: En la tabla anterior podemos observar los varios costos del pasaje mínimo de los varios medios de transporte presentes en la ciudad de Guayaquil

Esta brecha de diferencias se acentúa aún más, debido a que en el caso de los buses urbanos, son medios compartidos, que tiene rutas establecidas, a diferencia de una bicicleta eléctrica, en la que se puede circular de forma libre sin restricciones de paradas o rutas definidas, además de que la bicicleta nos va a brindar una autonomía de casi 5 horas, para recorrer con solo \$ 0,50. Es importante mencionar también la enfermedad que se vive actualmente, que es el covid-19, así como otras enfermedades de transmisión colectiva,

haciendo así una e-bike un medio ideal de uso personal. Todos estos aspectos se analizan en las siguientes páginas, comparándolos uno por uno con cada medio de transporte.

4.3.1. Comparativa Bicicleta Eléctrica versus Bicicleta Convencional

En comparación con una bicicleta normal el esfuerzo físico que se debe aportar se totalmente disminuido, teniendo en cuenta también el clima de la caluroso de la ciudad, al disponer de una propulsión eléctrica, podremos recorrer mayores distancias en menos tiempo, sin embargo, el costo del kit es bastante elevado, haciéndola así una bicicleta más costosa casi por 5 veces su valor inicial sin el kit, haciéndola así también un objeto más propenso a un robo.

Al tener una fuerza de propulsión mayor y así mismo un mayor peso, el desgaste de los neumáticos y pastillas de freno es mayor, al igual que todos sus demás componentes, sin embargo, refleja una gran diferencia y mejora, respecto a una bicicleta convencional propulsada únicamente por la fuerza del usuario, llegando a asimilar sus características a una motocicleta, con las ventajas de un vehículo eléctrico. Todos estos aspectos se muestran de forma gráfica en la tabla 16.

Tabla 16

Comparativa Bicicleta Eléctrica versus Bicicleta Normal

Pros	Contras
Esfuerzo mínimo	Costo elevado
Mayor rango de distancias	Exposición a robo de componentes
Mayor velocidad promedio	Mayor desgaste de pastillas de freno y llantas
Disminución de tiempos de recorrido	Mayor peso

4.3.2. Comparativa Bicicleta Eléctrica versus Motocicleta

Se puede comparar una e-bike a una motocicleta, dándonos casi los mismos beneficios de esta, con la diferencia en el ahorro de combustible, las cero emisiones contaminantes al medio ambiente, y cero ruido, sin embargo, será un vehículo de uso para una sola persona, limitándolo también por el espacio de carga que es prácticamente cero, y las velocidades y potencias mayores que posea una motocicleta, hay que tener en cuenta la diferencia notable de valores de adquisición así como de mantenimiento, mostradas en la tabla 15.

Tabla 17

Promedio de Gasto de una Bicicleta Eléctrica versus una Motocicleta de Gama Baja

	Bicicleta eléctrica	Motocicleta
Costo del vehículo	\$ 1000	\$ 1800
Seguro	\$ 50	\$ 250
Gasolina/electricidad (anual)	\$ 70	\$ 240
Matricula (anual)	\$ 0	\$ 80
Licencia de manejo	\$ 0	\$ 120
Revisión técnica (anual)	\$ 0	\$ 50
Estacionamientos (anual)	\$ 0	\$ 50
Mantenimientos y repuestos	\$ 50	\$ 200
Total	\$ 1100	\$ 2790

Nota: En la anterior tabla se muestra el gasto inicial y anual, al adquirir una bicicleta eléctrica versus una motocicleta de baja gama. (Electrobike, 2020)

El remplazo de una bicicleta eléctrica a una motocicleta es completamente factible, esto considerando todos los aspectos analizados durante el desarrollo de este proyecto, como lo es autonomía de batería, amplia cantidad de kilómetros posibles de recorrer, teniendo en

cuenta también que las velocidades alcanzadas dentro de la ciudad no son mayores a 60 km/h, convierte a la bicicleta eléctrica en un posible medio de remplazo a una motocicleta para un uso normal de transporte diario.

4.3.3. Comparativa de Bicicleta Eléctrica versus Buses Urbanos

El transporte de buses urbanos dentro de la ciudad de Guayaquil es bastante amplio, cuenta con múltiples rutas de buses que cubren casi totalidad de la ciudad, de igual forma la metrovía, alimentadores o aerovía.

El costo del pasaje en el caso de buses urbanos es de \$ 0.30 por bus, en el caso de la metrovía, tendremos que adquirir una tarjeta recargable con un costo de \$ 2, y para poder ingresar a las estaciones tiene un costo de \$ 0.30, todo esto comparado con la bicicleta eléctrica que el coste de uso por 5 h es de \$ 0.50.

Hay que tener en cuenta también, que los buses y medios similares tienen rutas designadas, y son medios de transporte colectivo, en comparación con una bicicleta eléctrica, que el conductor puede recorrer la ruta que prefiere, teniendo libertad de movilidad dentro de la ciudad disponiendo de esta 24/7, además de ser un vehículo de uso personal, así evitando molestias o incluso enfermedades de transmisión comunitaria.

El gasto normal de uso de un bus colectivo puede variar, proponiendo que diariamente una persona use un solo bus para ir y una para volver tiene un gasto diario de \$ 0.60, esto da un gasto mensual de \$18, con un gasto anual de \$ 216. Comparando estos valores con la inversión de \$ 900 y su costo de carga anual de \$ 72, representa una gran diferencia, teniendo en cuenta que una bicicleta eléctrica, nos estará disponible 24/7, para trayectos sumamente cortos, así como largos, siendo este el beneficio más grande.

Teniendo en cuenta todos estos factores y gracias a los rutas de prueba y todos los análisis presentados durante el desarrollo del proyecto, se puede afirmar que una bicicleta eléctrica si puede remplazar a un bus urbano para moverse dentro de la ciudad.

4.3.4. Comparativa de Bicicleta Eléctrica versus Taxi

El costo de transporte diario en un taxi, teniendo en cuenta que una persona haga uso de este únicamente 2 veces por día con una carrera mínima de \$ 2,50 el gasto diario de transporte es de \$ 5.

Un gasto mensual de \$ 150 y anual de \$ 1800, sobrepasando el coste de una bicicleta eléctrica, y teniendo en cuenta las mismas condiciones mencionadas anteriormente, la bicicleta eléctrica, cumple y sobrepasa, la condición de transporte que se propone en este proyecto. (Méndez Torres, 2020)

4.3.5. Comparativa de Bicicleta Eléctrica versus Automóvil

El automóvil más económico que se puede adquirir en el mercado puede tener un costo de \$ 12'000 un precio bastante elevado en comparación a una bicicleta eléctrica lo mismo pasa con sus costos de mantenimiento y de uso. Hay que tener en cuenta que un automóvil, nos brinda la facilidad de transporte de hasta cinco personas, además de contar con espacio para llevar mercancías u objetos, además de ir protegidos por una carrocería, y tener oportunidad de temperatura regulable dentro del habitáculo.

La gran diferencia entre estos dos tipos de vehículos hace imposible una comparación, sin embargo, ambos cumplen con el objetivo de llegar de un punto a otro, y de tener una libre movilidad dentro de la ciudad, teniendo en cuenta también que un automóvil de combustión interna genera múltiples gases contaminantes, así como ruido, y cantidades grandes de contaminación por producción de piezas de recambio, así como para desecho de estas. Esto convierte a una bicicleta eléctrica una opción ideal de transporte, amigable con el medio ambiente, y que cubre con satisfacción la necesidad de transporte dentro de la ciudad.

Conclusiones

Se logró con éxito la implementación del motor eléctrico de 1500W a la bicicleta, convirtiéndola así en un vehículo capaz de brindar un transporte urbano diario en la ciudad de Guayaquil, teniendo en cuenta cuales son los componentes ideales para esta implementación, permitiendo así un óptimo funcionamiento, teniendo esta un peso final de 26 kg, comparados con los 18 kg iniciales, con un torque de 160 Nm, una potencia máxima de 1600 W en pendiente y en arranque, 150 W promedio en terreno plano, y una autonomía de hasta 4 h o 100 km a uso continuo a plena carga, tiempo más que suficiente para recorrer toda la ciudad,

Se analizó todos los medios de transporte presentes en la ciudad, exponiendo todos los aspectos relacionados a estos, de forma ordenada y precisa como costos, ventajas, desventajas, entre otros, así pudiendo determinar que una bicicleta eléctrica brinda ciertas ventajas respecto a estos, como economía, libertad de movilidad y cero contaminación.

Se logró determinar las características técnicas del kit implementado, exponiéndolas de forma esquematizada para una mejor comprensión, de esta forma se pudo también optimizar su rendimiento, brindando así un excelente medio de movilidad urbana.

Se realizó un montaje de pruebas de acuerdo al cual, se pudo determinar que este tipo de vehículos son óptimos para su uso como alternativa de movilidad en la ciudad de Guayaquil.

Recomendaciones

Se recomienda usar una bicicleta con un sistema de suspensión para la parte central o posterior, para evitar así, golpes o irregularidades que puedan estropear el aro, la llanta o el motor, además de brindar un mayor confort en el manejo.

Se incita y propone crear un plan de ciclovías en la ciudad de Guayaquil, que cubran gran parte de la urbe, siendo esta una gran solución al excesivo tráfico de la ciudad, así como para brindar seguridad a las personas que deciden usar este tipo de transporte, entre otros beneficios, como contaminación auditiva y ambiental, esto ligado de la mano a creación de estacionamientos de bicicletas, para poder acudir al lugar deseado y tener un lugar seguro en donde dejar el vehículo, así promoviendo también el orden en la ciudad.

Se recomienda también incentivar la investigación, compra y venta de este tipo de vehículos, por parte del gobierno o empresas privadas brindando facilidades para su comercialización, importación, y compra, de esta manera aportando múltiples beneficios sociales, ambientales, económicos.

Bibliografía

- Andres, B. B. (Diciembre de 2020). Obtenido de <https://fdocuments.ec/document/tema-proceso-de-implementacin-de-la-electromovilidad-.html?page=1>
- Bazante Bazante, W. A. (Diciembre de 2020). *fdocuments*. Obtenido de <https://fdocuments.ec/document/tema-proceso-de-implementacin-de-la-electromovilidad-.html?page=1>
- Bernal, N. G. (Mayo de 2019). Obtenido de https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27343/1/BCN___Electromovilidad_Experiencias_comparadas_.pdf
- Blanco, T. A. (19 de Febrero de 2021). *BBVA*. Obtenido de <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-y-como-calcular-la-potencia-electrica/>
- Coello, G. A. (2016). *dspace*. Obtenido de <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/6339>
- EBike. (2020). *EBike 24*. Obtenido de <https://www.ebike24.es/blog/las-danos-mas-comunes-de-las-e-bikes>
- Ecomove. (2020). *Eco Move EC*. Obtenido de <https://ecomove.com.ec/>
- Electrobike. (2020). *Electro Bike EC*. Obtenido de <https://electrobike.ec/>
- Estevan, A. (16 de Noviembre de 2017). *Ecologistas en acción*. Obtenido de <https://www.ecologistasenaccion.org/9844/que-entendemos-por-movilidad/>
- Estèvez, R. (17 de Enero de 2021). *Eco Inteligencia*. Obtenido de <https://www.ecointeligencia.com/2020/01/micromovilidad/>
- Figueras, M. (21 de Mayo de 2021). Obtenido de <https://www.lavanguardia.com/motor/actualidad/20210521/7455638/marcas-anunciado-cuando-dejan-vender-coches-diesel.html>
- Galindo, L. A. (2021). *web dit upm*. Obtenido de <http://web.dit.upm.es/~egarcia/pdf/TELECOM03.pdf>
- Garcia, G. (2019). *Hibridos y electricos*. Obtenido de <https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/bicicletas-electrica/potenciacomprar-bicicleta-electrica/20190611094304028196.html>
- Garcia, J. (2009). *Vehiculos Electricos*. Zaragoza: Centro Zaragoza.

/ecuador/bicicletas-scooters-patines-y-otros-medios-se-abren-paso-en-quito-a-pesar-de-los-vehiculos-motorizados-y-del-estancamiento-del-municipio-nota/

Universo, E. (2021). Obtenido de <https://www.eluniverso.com/guayaquil/2019/10/07/nota/7550471/040-subio-pasaje-municipio-no-intervendra/>

Vasquez, J. P. (2019). *Planetatriatlon*. Obtenido de <https://www.planetatriatlon.com/las-bicicletas-electricas-la-gran-revolucion-ventas/>

Volkswagen. (2020). VW. Obtenido de <https://www.vw.com/en.html>

