



Estudio de la autonomía del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW

Monar Barragan, Jorge Alexander y Pachacama Carrera, Kevin Guillermo

Departamento de Ciencia de la Energía y Mecánica

Carrera Automotriz

Trabajo de Unidad de Integración Curricular, previo a la obtención del Título de Ingeniero

Automotriz

Ing. Quiroz Erazo, Leonidas Antonio

23 de febrero del 2023

Latacunga



Departamento de Ciencia de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Reporte de verificación de contenidos

CERTIFICADO DE ANÁLISIS

register

Monar _ Pachacama _ Estudio de la Autonomía VE L2 CMDR RICKSHAW

Nombre del documento: Monar_ Pachacama_ Estudio de la Autonomía VE L2 CMDR RICKSHAW.docx

ID del documento: c23f0b7747702371c6ad9a8e09f54103bf247c

Tamaño del documento original: 3,27 Mo

Depositarante: LEONIDAS ANTONIO QUIROZ ERAZO

Fecha de depósito: 23/2/2023

Tipo de carga: interface

fecha de fin de análisis: 23/2/2023

Número de palabras: 16.515

Número de caracteres: 107.210

9%

Similitudes

1% Texto entre comillas

< 1% similitudes entre comillas

0% idioma no reconocido

Ubicación de las similitudes en el documento:

Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	UIC Diagnostico avanzado estado mecanico-Escudero-Gaghay (1).docx UIC Diagnostico avanzado estado mecanico-Escudero-Gaghay (1).docx El documento proviene de mi biblioteca de referencias	1%		Palabras idénticas: 1% (197 palabras)
2	DOCUMENTO DE TITULACION ALVAREZ_BURBANO.docx DOCUMENTO DE TITULACION ALVAREZ_BURBANO.docx El documento proviene de mi biblioteca de referencias	1%		Palabras idénticas: 1% (196 palabras)
3	repositorio.espe.edu.ec repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21005/3341/1/17-ESPEL-AMA-0702.pdf	1%		Palabras idénticas: 1% (175 palabras)
4	1library.co 1library.co Analizar la eficacia de una moto eléctrica en la Ciudad de Quito	1%		Palabras idénticas: 1% (186 palabras)
5	TESIS KART ELÉCTRICO GUAMAN - RUEDA.docx TESIS KART ELÉCTRICO GUAMAN - RUEDA.docx El documento proviene de mi biblioteca de referencias	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (134 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Documento de otro usuario Documento de otro usuario El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (22 palabras)
2	repositorio.espe.edu.ec Análisis del modelado eléctrico y mecánico de motocicleta...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (16 palabras)
3	dspace.ucsuenca.edu.ec Estudio de factibilidad técnico-económica del diseño e imp...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (115 palabras)
4	pubmed.ncbi.nlm.nih.gov Gaseous Emissions from Light-Duty Vehicles: Moving fro...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (113 palabras)
5	www.iberdrola.com Baterías de Coches Eléctricos Todo lo que necesitas saber - L...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (113 palabras)

Fuentes ignoradas

Estas fuentes han sido retiradas del cálculo del porcentaje de similitud por el propietario del documento.

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	UIC Torque y Potencia - Arias, Tapia.docx UIC Torque y Potencia - Arias, Tapia.docx El documento proviene de mi biblioteca de referencias	3%		Palabras idénticas: 3% (424 palabras)
2	UIC Dimensionamiento e implementación del sistema de tracción - Beltra... UIC Dimensionamiento e implementación del sistema de tracción - Beltra... El documento proviene de mi biblioteca de referencias	3%		Palabras idénticas: 3% (418 palabras)
3	TESIS TACO W. LINDA. E.docx TESIS TACO W. LINDA. E.docx El documento proviene de mi biblioteca de referencias	2%		Palabras idénticas: 2% (254 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)

Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- 1 <https://www.tia.com.ec/tricimoto-electrica-ams-tr02-negro-134438003/p>
- 2 <https://vanusecuador.com/>
- 3 <https://www.motorpasionmoto.com/scoter/peugeot-e-metropolis-2019>
- 4 <https://www.bikelec.es/blog/controlador>
- 5 <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acs.est.5b01364>

Ing. Quiroz Erazo, Leonidas Antonio

C. C.: 050250999-5



Departamento de Ciencia de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: **“Estudio de la autonomía del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW”** fue realizado por los señores **Monar Barragan, Jorge Alexander** y **Pachacama Carrera, Kevin Guillermo**, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 23 de febrero del 2023

Ing. Quiroz Erazo, Leonidas Antonio

C. C.: 050250999-5



Departamento de Ciencia de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Responsabilidad de autoría

Nosotros, Monar Barragan, Jorge Alexander y Pachacama Carrera, Kevin Guillermo con cédulas de ciudadanía N° 175021173-0 y 172266052-7 declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: "Estudio de la autonomía del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW" es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 23 de febrero del 2023

Firma

Monar Barragan Jorge Alexander

C.C.: 175021173-0

Pachacama Carrera Kevin Guillermo

C.C.: 172266052-7



Departamento de Ciencia de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Autorización de publicación

Yo/ nosotros **Monar Barragan, Jorge Alexander y Pachacama Carrera, Kevin Guillermo**, con cédulas de ciudadanía N°175021173-0 y 172266052-7, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **"Estudio de la autonomía del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW"** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

Latacunga, 23 de febrero del 2023

Firma

Monar Barragan Jorge Alexander

C.C.: 175021173-0

Pachacama Carrera Kevin Guillermo

C.C.: 172266052-7

Dedicatoria

Dedico mi trabajo de investigación a mi pilar fundamental para seguir adelante mi Familia, especialmente a mi madre Marina Barragan que con su esfuerzo, trabajo y dedicación anhelo verme un profesional y a pesar de ya no poder contar con su presencia logre que su trabajo se vea reflejado en mis resultados. A mis hermanos Edwin y Cristina Monar que son mis ejemplos de superación y siempre han estado pendientes de mí apoyándome en todos los momentos de mi vida. A mis sobrinos Sofia y Saul que con su inocencia y alegría me transmitían felicidad en cualquier circunstancia.

MONAR BARRAGAN JORGE ALEXANDER

Dedicatoria

Dedico este proyecto de titulación a mi familia, a mi madre Gladys Carrera y a mi padre Guillermo Pachacama, quienes me apoyaron y que con su esfuerzo hicieron todo esto posible, de manera de poder cumplir un escalón más de mi vida.

A mis hermanos Camila y Paul, que siempre han estado pendientes de mi en este proceso de convertirme en un profesional, siendo un mi motivo de inspiración en este arduo camino.

A mis amigos que con su apoyo y amistad lograron ser parte importante en mi vida universitaria, además de compartir su conocimiento y ser guías en este transcurso.

PACHACAMA CARRERA, KEVIN GUILLERMO

Agradecimiento

El camino universitario conlleva muchas etapas de esfuerzo, trabajo y dedicación. Y mi mente recuerda siempre el apoyo y mano extendida que supieron brindarme personas especiales en mi vida para culminar con mis estudios superiores.

Doy gracias a Dios por darme la vida, a la familia que tengo y la oportunidad de superarme académicamente.

Agradezco infinitamente a mi Madre Marina Barragan, por su abnegado sacrificio y apoyo que me brindo a pesar de mis altibajos en la vida supo darme sus consejos y guiarme por un buen camino, sin ella simplemente no hubiera llegado a donde estoy. Desde mi más profunda conciencia le doy GRACIAS a mi madre por su amor que me brindo y que por leyes de la vida no puedo tenerla presente.

Las palabras de agradecimiento a mis hermanos quedan muy cortas para el apoyo incondicional que supieron brindarme durante toda mi vida estudiantil y a pesar de presentarse momentos adversos en nuestras vidas, me extendieron la mano sin interés alguno y sé que lo hacen de toda voluntad y con todo amor, agradezco sus consejos y el no haber hecho que me desvié del camino que dejo trazada mi Madre.

MONAR BARRAGAN JORGE ALEXANDER

Agradecimiento

Agradezco a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga por ser partícipes de nuestra formación académica, gracias al conocimiento impartido por los profesores para seguir adelante en la vida profesional.

Quiero agradecer a mis padres, Gladys Carrera y Guillermo Pachacama, por su esfuerzo y por estar pendientes de mi vida universitaria, por brindarme sus consejos y cariño en mi formación académica.

PACHACAMA CARRERA, KEVIN GUILLERMO

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	1
Reporte de verificación de contenidos.....	2
Certificación	3
Responsabilidad de autoría	4
Autorización de publicación	5
Dedicatoria	6
Dedicatoria	7
Agradecimiento.....	8
Agradecimiento.....	9
Índice de contenidos	10
Índice de figuras	15
Índice de tablas.....	17
Índice de ecuaciones.....	19
Resumen.....	20
Abstract	21
Capítulo I: Introducción.....	22
Antecedentes.....	22
Planteamiento del problema	25
Descripción resumida del proyecto	26
Justificación e Importancia.....	27

	11
Objetivos	28
<i>Objetivos General.....</i>	<i>28</i>
<i>Objetivos Específicos.....</i>	<i>28</i>
Variables de investigación.....	29
<i>Variables dependientes.....</i>	<i>29</i>
<i>Variables independientes.....</i>	<i>29</i>
Hipótesis	29
Capítulo II: Fundamento teórico	30
Vehículos eléctricos.....	30
Autonomía de vehículos eléctricos.....	30
Vehículos eléctricos ligeros en Ecuador	31
Funcionamiento del vehículo eléctrico ligero	33
Vehículos eléctricos de tres ruedas.....	33
Componentes del vehículo eléctrico ligero	34
<i>Motor eléctrico.....</i>	<i>34</i>
<i>Frenado regenerativo</i>	<i>35</i>
<i>Controlador.....</i>	<i>35</i>
<i>Batería</i>	<i>36</i>
Ciclos de conducción.....	39
<i>Ciclo NEDC (New European Driving Cycle)</i>	<i>40</i>
<i>Ciclo WLTP (Worldwide Light Test Procedure)</i>	<i>41</i>

	12
Termografía.....	42
Cálculo teórico de autonomía.....	43
Regresión lineal.....	44
Capítulo III: Metodología para el estudio de autonomía.....	45
Estudio de la autonomía	45
Ensayos de autonomía.....	46
<i>Ensayo en vacío.....</i>	<i>46</i>
<i>Ensayo ciclo urbano.....</i>	<i>48</i>
<i>Ensayo ciclo extraurbano</i>	<i>52</i>
<i>Ensayo circuito cerrado condición dos ocupantes.....</i>	<i>56</i>
<i>Ensayo circuito cerrado condición un ocupante</i>	<i>57</i>
Componentes del vehículo eléctrico.....	62
Instrumentos de medición	64
Recopilación de datos.....	65
Estudio termográfico del motor.....	66
Capítulo IV: Resultados del estudio de autonomía del vehículo eléctrico.....	68
Ensayo en vacío	68
Ensayo ciclo urbano (NEDC)	70
<i>Elevación del Ciclo Urbano.....</i>	<i>70</i>
<i>Estudio de parámetros eléctricos del motor</i>	<i>72</i>
Ensayo ruta extraurbana (WLTP)	76

	13
<i>Elevación del Ciclo Extraurbano</i>	77
<i>Estudio de la corriente inducida y tensión de batería</i>	78
Ensayos en circuito cerrado.....	82
Ensayo de circuito cerrado en condición dos ocupantes	82
<i>Elevación del Circuito Cerrado</i>	82
Ensayo de circuito cerrado en condición de un ocupante	86
Estudio termográfico.....	88
<i>Temperatura del motor</i>	88
Autonomía teórica	90
<i>Autonomía ruta urbana-NEDC</i>	91
<i>Autonomía ruta extraurbana -WLTP</i>	92
Autonomía práctica vs Autonomía calculada.....	94
Capítulo V: Marco administrativo	96
Recursos	96
<i>Recursos humanos</i>	96
<i>Recursos tecnológicos</i>	96
<i>Recursos materiales</i>	97
Presupuesto.....	98
Capítulo VI: Conclusiones y Recomendaciones.....	99
Conclusiones	99
Recomendaciones.....	100

Bibliografía 102

Anexos..... 106

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Tricimoto eléctrica AMS TR02</i>	31
Figura 2 <i>Moto eléctrica TEKNO TK-F1</i>	32
Figura 3 <i>Triciclo eléctrico Peugeot E-Metrópolis</i>	33
Figura 4 <i>Motor eléctrico de corriente continua sin escobilla</i>	35
Figura 5 <i>Controlador</i>	36
Figura 6 <i>Variación de la tensión en función del estado de carga</i>	37
Figura 7 <i>Gráfica del Ciclo NEDC</i>	40
Figura 8 <i>Gráfica del Ciclo WLTP</i>	41
Figura 9 <i>Protocolo para ensayo en vacío</i>	46
Figura 10 <i>Conectores A, B y C del protocolo para ensayo en vacío</i>	47
Figura 11 <i>Ruta de ensayo ciclo urbano</i>	48
Figura 12 <i>Protocolo para el ensayo de ruta ciclo urbano</i>	49
Figura 13 <i>Conectores A y B del protocolo para ensayo de ruta urbana</i>	50
Figura 14 <i>Conectores C y D del protocolo para ensayo de ruta urbana</i>	51
Figura 15 <i>Ruta de ensayo de ciclo extraurbano</i>	52
Figura 16 <i>Protocolo para ensayo de ruta extraurbana</i>	53
Figura 17 <i>Conectores A y B del protocolo para ensayo de ruta extraurbana</i>	54
Figura 18 <i>Conectores C y D del protocolo para ensayo de ruta extraurbana</i>	55
Figura 19 <i>Ruta Ensayo circuito cerrado ESPE Belisario Quevedo</i>	57
Figura 20 <i>Protocolo para ensayo en circuito cerrado</i>	58
Figura 21 <i>Conectores A, B y C del protocolo para ensayo en circuito cerrado</i>	59
Figura 22 <i>Conector D y E del protocolo para ensayo en circuito cerrado</i>	60
Figura 23 <i>Conector F y G del protocolo para ensayo en circuito cerrado</i>	61
Figura 24 <i>Cámara termográfica TIS60</i>	65

Figura 25 <i>Recopilación de datos a través de aplicaciones móviles</i>	66
Figura 26 <i>División de cuadrantes para el motor eléctrico</i>	66
Figura 27 <i>Trayecto recorrido en ruta urbana</i>	70
Figura 28 <i>Gráfica Elevación – Distancia en Ciclo Urbano</i>	71
Figura 29 <i>Temperaturas de ciclos recorridos NEDC</i>	72
Figura 30 <i>Gráfica Velocidad – Tiempo en Ciclo Urbano Ensayo 1</i>	73
Figura 31 <i>Gráfica Velocidad – Tiempo en Ciclo Urbano Ensayo 2</i>	73
Figura 32 <i>Gráfica Velocidad – Tiempo en Ciclo Urbano Ensayo 3</i>	74
Figura 33 <i>Trayecto recorrido en ruta extraurbana</i>	76
Figura 34 <i>Gráfica de Elevación – Distancia en Ciclo Extraurbano</i>	77
Figura 35 <i>Temperatura de ciclos recorridos NEDC-WLTP</i>	78
Figura 36 <i>Gráfica Velocidad – Tiempo en Ciclo Extraurbano Ensayo 1</i>	79
Figura 37 <i>Gráfica Velocidad – Tiempo en Ciclo Extraurbano Ensayo 2</i>	80
Figura 38 <i>Gráfica Velocidad – Tiempo en Ciclo Extraurbano Ensayo 3</i>	80
Figura 39 <i>Trayecto recorrido en circuito cerrado</i>	82
Figura 40 <i>Gráfica de Elevación – Distancia en Circuito Cerrado</i>	83
Figura 41 <i>Gráfica de Velocidad - Tiempo en Circuito cerrado Ensayo 1</i>	84
Figura 42 <i>Gráfica de Velocidad - Tiempo en Circuito Cerrado Ensayo 2</i>	84
Figura 43 <i>Gráfica de Velocidad - Tiempo en Circuito Cerrado Ensayo 1</i>	86
Figura 44 <i>Gráfica de Velocidad - Tiempo en Circuito Cerrado Ensayo 2</i>	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Características moto eléctrica AMS TR02</i>	31
Tabla 2 <i>Características moto eléctrica TEKNO TK-F1</i>	32
Tabla 3 <i>Características de batería de Litio</i>	39
Tabla 4 <i>Características de los ciclos de conducción WLTP y NEDC</i>	41
Tabla 5 <i>Características de los ciclos de conducción de ruta urbana y extraurbana</i>	45
Tabla 6 <i>Características Motor Brushless Eléctrico</i>	63
Tabla 7 <i>Características Batería de Iones de Litio Youngkang Fotec Electronic</i>	63
Tabla 8 <i>Características Controlador</i>	64
Tabla 9 <i>Resultados ensayo en vacío</i>	68
Tabla 10 <i>Relación voltaje y estado de carga de la batería</i>	69
Tabla 11 <i>Resultados de elevación ruta urbana</i>	71
Tabla 12 <i>Resultados ensayo ruta urbana</i>	74
Tabla 13 <i>Resultados de elevación de ruta extraurbana</i>	77
Tabla 14 <i>Resultados de la ruta extraurbana</i>	81
Tabla 15 <i>Resultados de elevación circuito cerrado</i>	83
Tabla 16 <i>Resultados en circuito cerrado condición dos ocupantes (WLTP)</i>	85
Tabla 17 <i>Resultados en circuito cerrado condición un ocupante (WLTP)</i>	87
Tabla 18 <i>Temperaturas de ciclos recorridos NEDC-WLTP</i>	88
Tabla 19 <i>Circuito Cerrado</i>	89
Tabla 20 <i>Datos de regresión lineal ruta urbana-NEDC</i>	91
Tabla 21 <i>Resultados se correlación ruta urbana</i>	91
Tabla 22 <i>Datos de correlación ruta extraurbana</i>	92
Tabla 23 <i>Resultados se correlación ruta extraurbana-WLTP</i>	93
Tabla 24 <i>Recursos humanos</i>	96

Tabla 25 <i>Recursos tecnológicos</i>	97
Tabla 26 <i>Recursos materiales</i>	97
Tabla 27 <i>Costo total del proyecto</i>	98

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. <i>Autonomía Teórica</i>	43
Ecuación 2. <i>Regresión lineal</i>	44
Ecuación 3. <i>Ecuación de Velocidad</i>	68

Resumen

En el presente trabajo, estudió de autonomía del vehículo eléctrico multipropósito categoría L2 CMDR RICKSHAW, se desarrolló diferentes protocolos armonizados de pruebas acorde a condiciones de ruta urbana fundamentada en el ciclo de conducción NEDC y condiciones de ruta extraurbana fundamentadas en ciclo de conducción WLTP y a través de la ejecución de las pruebas se obtuvo parámetros de velocidades máximas y medias, tiempos de operación, temperatura del motor, corriente inducida, tensión en batería, que son variables que se analizaron por medio de regresión lineal múltiple obteniendo un modelo matemático que evaluó la incidencia que tienen las variables en la autonomía del vehículo eléctrico, llegando a determinar un valor de autonomía calculada en base a los ciclos de conducción que es comparada con el valor de autonomía práctica que se obtuvo de las pruebas efectuadas en circuito cerrado, existiendo un margen de error menor en el ciclo de conducción WLTP con un de 0.68 % del valor de autonomía práctica, alcanzando con un conductor alrededor de 35.88 kilómetros de recorrido y que variará en función al peso que este soportando y condiciones de ruta al que este expuesto el vehículo eléctrico.

Palabras clave: autonomía del vehículo eléctrico, protocolos armonizados, ciclos de conducción WLTP, ciclo de conducción NEDC.

Abstract

In the present work, the autonomy of the multipurpose electric vehicle category L2 CMDR RICKSHAW was studied, different harmonized test protocols were developed according to urban road conditions based on the NEDC driving cycle and extra-urban road conditions based on the WLTP driving cycle and through From the execution of the tests, parameters of maximum and average speeds, operating times, motor temperature, induced current, battery voltage were obtained, which are variables that were analyzed by means of multiple linear regression, obtaining a mathematical model that evaluated the incidence that the variables have in the autonomy of the electric vehicle, arriving to determine an autonomy value calculated based on the driving cycles that is compared with the practical autonomy value that was obtained from the tests carried out in a closed circuit, with a margin of lower margin of error in the WLTP driving cycle with 0.68% of The value of practical autonomy, reaching with a driver around 35.88 kilometers of travel and that will vary depending on the weight that it is supporting and road conditions to which the electric vehicle is exposed.

Key words: electric vehicle autonomy, harmonized protocols, WLTP driving cycles, NEDC driving cycle

Capítulo I

Introducción

Antecedentes

Hoy en día existen problemas graves con los impactos ambientales, en donde los vehículos de combustión interna representan una de las mayores fuentes de contaminación a nivel mundial. En los últimos años se han intensificado los esfuerzos de fabricantes y organismos oficiales en el desarrollo e implantación de sistemas de propulsión que sean capaces de sustituir a los tradicionales motores de combustión interna por vehículos eléctricos o híbridos. Entre los principales enfoques de este crecimiento esfuerzo se encuentran la posibilidad de producir vehículos de menor impacto ambiental y la diversificación de las fuentes de energía, con una menor dependencia de productos derivados del petróleo (Grijalva Paredes, 2014, pág. 2).

El tener una propulsión plenamente eléctrica pone el foco no solo en la capacidad de la batería sino también en sus métodos de recarga. Éste es en la actualidad uno de los campos de estudio más importantes, ya que una mejora competitiva en autonomía o en los tiempos de recarga podría dar el impulso definitivo a todo el sector (Cuesta, 2017, pág. 18)

El principal problema de los coches eléctricos actuales; el almacenamiento de la energía eléctrica. La baja densidad energética y potencia específica por kilogramo de batería es el principal escollo que tienen los coches eléctricos actuales. Ya que, a pesar de contar con motores mucho más eficientes energéticamente, su autonomía se ve reducida a causa de la imposibilidad de almacenar toda la energía necesaria.

Si comparamos la energía capaz de ser almacenada por quilogramo de

combustible en la gasolina y en la batería vemos claramente la diferencia. La gasolina ofrece un potencial energético de 12.200Wh/kg de media, mientras que una batería de Litio-Manganeso 120Wh/kg o una de litio-cobalto 150Wh/kg. (Cuesta, 2017, pág. 21)

Debido a la transición energética, se están desarrollando nuevas tecnologías aplicadas al autoconsumo, al almacenamiento de energía y a la recarga del vehículo eléctrico, que contribuirán a la mejora del cambio climático. Las empresas distribuidoras de energía eléctrica demandan nuevas condiciones a las instalaciones dedicadas al vehículo eléctrico y el autoconsumo (Trashorras Montecelos, 2019, pág. 286).

En el Ecuador, se está dando especial importancia a la conservación y cuidado del medio ambiente, esto tiene que ver con el abuso y el desgaste que el ser humano genera de manera cada vez más notoria sobre los complejos fenómenos naturales, provocando alteraciones al medio ambiente que afectan no sólo a otros seres vivos sino también a sí mismo, más aún con nuestra identidad extractivista como sostén de la economía nacional (Cando Mera & Suntaxi Caizaluiza, 2019, pág. 2).

Las motos eléctricas se presentan como una de las mejores soluciones para reducir la contaminación que genera el transporte en las zonas urbanas. Las barreras para su implantación, y el hecho de conseguir una aceptación más amplia de este vehículo eléctrico, asimilándose en prestaciones como la velocidad, la aceleración y una mejor eficiencia. (Grijalva Paredes, 2014, pág. 2).

A pesar de que vehículos de dos ruedas utilizan todavía baterías a base de plomo que en su beneficio utilizan controladores que no requieren de una electrónica robusta y son de bajo coste, se están implementando baterías de litio que inicialmente se fabricaron para

ordenadores portátiles y dispositivos móviles que ofrecen mayores prestaciones a consecuencia de necesitar un control delicado y mayores costos. (Bustamante Verdugo & Reibán Morocho, 2020,, pág. 54)

El gran problema que tiene el motor eléctrico, para sustituir al térmico, es la capacidad de acumulación de energía eléctrica, ya que es muy baja en comparación con la capacidad de acumulación de energía en forma de combustible. Alrededor de 1 kg de baterías puede almacenar tanta energía como unos 20 gramos de combustible, lo que supone una barrera tecnológica importante (Minguela Benito, 2016, pág. 15).

A corto plazo las medidas al alcance de la población son la adquisición de vehículos potenciados con motores eléctricos lo que significa una inversión inicial costosa debido a la poca demanda que se tiene de estos y la conversión o sustitución de los motores de los vehículos convencionales por un motor eléctrico. Dentro de estos preceptos la idea de una conversión apunta hacia las motocicletas por ser un medio de transporte popular y económico. (Morán Carrera, 2019, pág. 2)

El aumento de la autonomía es suficiente. La mayoría de los modelos eléctricos puros que se lanzarán hasta 2021 ya tiene una autonomía efectiva superior a los 400 km, suficiente para abrir el mercado al tráfico interurbano. Una encuesta a más de 10.000 conductores de Norteamérica, Europa y Asia realizada por el banco suizo puso de manifiesto que un tercio de estos no había realizado ningún trayecto en coche de más de 500 km en el último año y que apenas un 18% viajó tres o más veces a un destino tan lejano. Además, es probable que la mejora en las baterías acabe instalando el estándar del mercado en 500-600 km hacia 2025, con lo que solo una pequeña porción de los conductores no contemplaría en BEV como una alternativa. (Scholtes Ruiz, 2018,

pág. 115)

Planteamiento del problema

El excesivo número de vehículos en las ciudades y los altos niveles de contaminación causados por los mismos, genera la necesidad de optar por energías alternativas para el transporte de personas. Así como, el aumento del parque automotor especialmente de vehículos a combustión crea una mayor demanda de combustible fósil, junto con la variación del precio de los carburantes y la inestabilidad del mercado del crudo del petróleo, produce inquietud en las personas y a la vez interés en buscar nuevas formas de movilizarse debido a estos problemas.

La principal problemática que surge al hablar de un vehículo eléctrico es su autonomía, en comparación con uno a combustión interna que puede recorrer varios kilómetros y solo necesitar un llenado de su combustible en poco tiempo para continuar con su camino, un vehículo eléctrico requerirá recargarse en mucho más tiempo y los pocos puntos de recarga en el país produce un desafío para el desarrollo de estos medios de transporte.

En el país, se puede determinar la falta de estudio y realización de análisis de los distintos sistemas de cargas alternativos que pueden ayudar a mejorar el rendimiento de la movilidad eléctrica, de esta manera conseguir un transporte apropiado y factible dentro de las pequeñas y grandes ciudades.

Por lo tanto, el estudio de la autonomía de un vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW, propone determinar la factibilidad, eficiencia y prestaciones del prototipo con tracción en las tres ruedas, de manera de impulsar una movilidad muchas más amigable con el medio ambiente.

Descripción resumida del proyecto

El presente estudio de la autonomía del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW, se desarrolló bajo lo siguiente:

Se fundamentó teórica y científicamente el funcionamiento de los vehículos eléctricos para analizar los parámetros característicos de operación que inciden en la autonomía, se investigó los diferentes ciclos de conducción NEDC y WLTP, a partir de fuentes bibliográficas, tesis y bases digitales.

Mediante los diferentes protocolos armonizados que se desarrolló para las diferentes pruebas de ruta urbana, extraurbana y circuito cerrado, considerando trayectos en base a los ciclos de conducción WLTP y NEDC, además se generó diagramas de flujo que permitan la ejecución de las pruebas.

Se obtuvo la autonomía en vacío del vehículo eléctrico dato fundamental para el estudio de la autonomía teórica, desarrollado sobre un banco de prueba fijo a velocidad máxima constante.

Y a partir de ciclos homologados se efectuaron diversos ensayos para saber el margen de error que existía, en ruta urbana fundamentada en ciclo de conducción NEDC tomando como punto de partida Campus Belisario Quevedo y el punto de llegada el Campus Centro de la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe-Sede Latacunga, a diferencia del ciclo extraurbano fundamentado en ciclo de conducción WLTP que se desarrolló desde el Terminal de Latacunga hasta la ciudad de Salcedo, para la prueba en circuito cerrado se realizó en las principales vías del campus Belisario .

Mediante una app móvil que registro los parámetros de velocidad máxima, velocidad media, elevaciones de ruta analizando de manera gráfica, analítica y estadística las variables que influían en la autonomía del vehículo eléctrico.

Para obtener los valores eléctricos de operación se utilizó instrumentos de medición como como multímetros para la tensión en batería, pinzas amperimétricas para la obtención

intensidad inducida y una cámara termográfica para analizar el comportamiento de la temperatura en los motores.

Con los valores obtenidos se realizó un análisis estadístico mediante regresión lineal múltiple que analiza las variables de mayor influencia tienen en la autonomía llegando a una ecuación que define la autonomía en diferentes rutas considerando variables y constantes del consumo de energía en función de la velocidad, distancia recorrida, tiempo de operación y consumo de corriente en recorridos promedio, prediciendo un valor de autonomía teórica.

Justificación e Importancia

Desarrollar alternativas de movilidad eléctrica para afrontar las dificultades de transporte de personas, brindando un vehículo que cumpla con los requisitos nacionales para ser comercializados y circular en el país es importante para el desarrollo de autos eficientes, sustentables y amigables con el medio ambiente.

La importancia de dimensionar el sistema de tracción eléctrico es factible económicamente la adquisición de un vehículo BEV relativamente a un vehículo de combustión interna, debido a que estos vehículos funcionan con combustibles fósiles mismos que en Ecuador se encuentran en incremento debido al retiro de subsidios del combustible por tal motivo haciendo una comparación entre el consumo de combustible fósiles y el consumo de energía eléctrica resulta más económico cargar las baterías de los vehículos eléctricos.

Los avances respecto al uso de energías alternativas en los vehículos han sido considerables debido a ventaja de minimizar al máximo las emisiones de gases contaminantes además de que en la actualidad su autonomía es óptima respecto a un motor de combustión interna. Por tal motivo surge la importancia de conocer los parámetros de operación de un vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW los cuales se obtendrán por diferentes metodologías y pruebas de investigación con el fin de conocer la autonomía que tendrá el vehículo eléctrico.

Objetivos

Objetivos General

- Realizar el estudio de la autonomía del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW

Objetivos Específicos

- Determinar la autonomía del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW a través de ensayos considerando aspectos del estado de carga de la batería, proceso de carga y descarga de la batería, según el número de ocupantes mediante protocolos armonizados.
- Realizar protocolos de pruebas para el desarrollo de ensayos de autonomía que considere distancia recorrida, consumo de energía, velocidad máxima, aceleración máxima en los distintos ensayos acorde a condiciones de ruta urbana y extraurbana fundamentados en los ciclos de conducción NEDC y WLTP.
- Efectuar pruebas de autonomía a través de ensayos que considere demanda y aporte de energía de la batería, acorde a condiciones de ruta urbana y extraurbana mediante protocolos armonizados en ciclos de conducción NEDC y WLTP.
- Analizar la incidencia en el rendimiento del sistema de tracción eléctrico 3x3 del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW fundamentada a través de ensayos por pruebas de consumo y demanda de energía mediante ciclos de conducción NEDC Y WLTP en ruta a fin de evaluar de manera gráfica la autonomía del prototipo.
- Realizar el estudio termográfico en los motores eléctricos del prototipo L2 CMDR RICKSHAW, considerando la incidencia por número de ocupantes con variaciones de velocidad y diferentes condiciones de ruta urbana y extraurbana.
- Desarrollar ensayos en el VE y obtener datos de los diversos parámetros, mediante instrumentos de medición y dispositivos tecnológicos, de manera de determinar una

autonomía calcula mediante matemática aplicada en base a variables estudiadas.

Variables de investigación

Variables dependientes

- Autonomía del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW

Variables independientes

- Sistema de tracción eléctrico 3x3.

Hipótesis

Construir un prototipo de vehículo BEV L2 CMDR RICKSHAW con una autonomía del 95% en comparación o similar al vehículo eléctrico de mayor comercialización en el Ecuador en diferentes condiciones de funcionamiento.

Capítulo II

Fundamento teórico

Vehículos eléctricos

“Un vehículo eléctrico, es aquel que se propulsa total o parcialmente mediante un motor eléctrico, alimentado por medio de baterías que se recargan a través de la red eléctrica”

(Minguela Benito, 2016, pág. 16).

Autonomía de vehículos eléctricos

Es denominada la cantidad de distancia que puede recorrer el vehículo, en un intervalo de tiempo que resiste la carga, es decir hasta que requiera una nueva carga. Sin embargo la autonomía sobrante, es el tiempo para alcanzar un agotamiento completo de descarga. Cuando un vehículo eléctrico es recién fabricado o posee cambios en su estructura de fábrica es normal realizar pruebas de autonomía para de esta manera poder tener un número referencial de la cantidad de distancia que este puede recorrer.

(Guano Chuncho , 2022, pág. 30).

La autonomía de los BEV se base en un equilibrio entre la capacidad de las baterías de alta tensión (BAT) y el consumo que realice el motor eléctrico (MEG), o sea de las prestaciones que se quiere conseguir en el vehículo. (Ros & Barrera, 2017, pág. 48).

Vehículos eléctricos ligeros en Ecuador

La adquisición de motos eléctricas ha incrementado en estos últimos 5 años en el país, siendo las provincias de mayor población como Pichincha y Guayas las que han adoptado una nueva alternativa de movilidad, entre los vehículos eléctricos más comercializados en Ecuador y con características semejantes al BEV L2 CMDR RICKSHAW construido, se encuentran.

Figura 1

Tricimoto eléctrica AMS TR02



Nota. La tricimoto eléctrica AMS TR02 tiene un motor eléctrico en cada rueda. Tomado de (Tiendas Industriales Asociadas (TIA), 2022)

Tabla 1

Características moto eléctrica AMS TR02

Descripción	Valor
Autonomía	40-60 km
Potencia	800 W
Velocidad Máxima	45 km/h

Descripción	Valor
Tipo de batería	Ácida seca
Carga máxima	200 kg
Marchas	3 velocidades

Nota. La tabla indica características principales de la tricimoto eléctrica con una autonomía que varía en función de la carga entre 40 y 60 kilómetros.

Figura 2

Moto eléctrica TEKNO TK-F1



Nota. La Figura indica la moto eléctrica marca TEKNO modelo TK-F1. Tomado de (VARUS ECUADOR, 2022).

Tabla 2

Características moto eléctrica TEKNO TK-F1

Descripción	Valor
Autonomía NEDC	60 km
Potencia	2000 W
Velocidad Máxima	50 km/h
Tipo de batería	Ion Litio

Descripción	Valor
Tiempo de carga	6 a 8 h a 110V

Nota. La tabla muestra características principales de la moto eléctrica TK-F1 indicando un valor de autonomía de 60 Km.

Funcionamiento del vehículo eléctrico ligero

El funcionamiento de la moto eléctrica parte de la batería que suministra energía al controlador este se encargará de transformar la corriente continua de las baterías en corriente alterna y gestionar el caudal de energía eléctrica al motor en función de la posición del acelerador. (Morán Carrera, 2019, págs. 9 - 10)

La moto o scooter eléctricas son vehículos que funcionan exclusivamente con energía eléctrica a través de un motor eléctrico. Es un vehículo eficiente, rápido, seguro y fácil de conducir. La batería se carga por medio de enchufes convencionales; donde una carga completa suele tardar entre 2 a 8 horas (Grijalva Paredes, 2014)

Vehículos eléctricos de tres ruedas

Estos vehículos se configuran de dos formas, una rueda delantera que es direccional y dos posteriores que aumentan la tracción, o dos ruedas delanteras que generan mayor estabilidad por la superficie ancha, mientras que la única rueda trasera permite que el vehículo sea estrecho en la parte posterior, siendo así más estable en las curvas y al frenar.

Figura 3

Triciclo eléctrico Peugeot E-Metrópolis



Nota. La Figura indica un vehículo categoría tres ruedas eléctrico con un doble tren delantero, de la marca Peugeot modelo E-Metrópolis. Tomado de (Martin, 2018).

Componentes del vehículo eléctrico ligero

Motor eléctrico

Es el elemento fundamental del vehículo eléctrico, su función es transformar la energía eléctrica en potencia mecánica, puede ubicarse en diferentes partes del vehículo incluso colocar motores independientes en cada rueda y poder ser de tracción trasera o delantera. Los motores se clasifican según el tipo de corriente que los alimenta en corriente alterna (CA) y corriente continua (CC).

La potencia de los motores que se utilice es aditiva, mientras más motores disponga en uso mayor potencia generará el vehículo eléctrico, pero la suma los motores incrementa el peso del vehículo generando mayor carga y aumentando el consumo por ende la autonomía se reducirá (Minguela Benito, 2016, págs. 16 - 17).

Motor de CC sin escobillas - Brushless (BLDC)

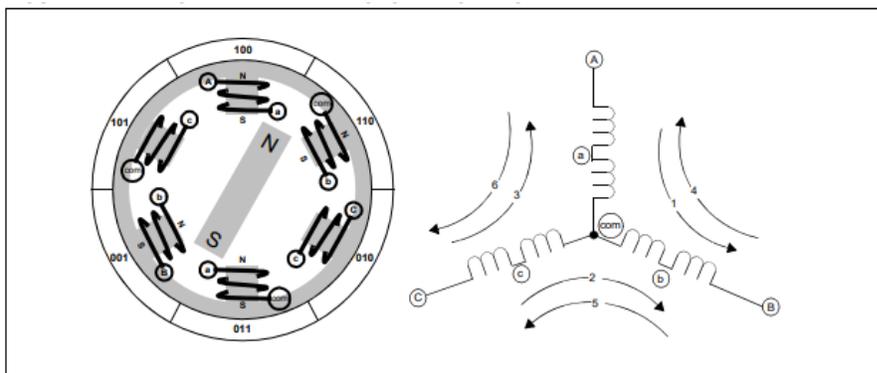
“Están constituidos por un rotor que incorpora imanes permanentes y un conjunto de bobinas en el estator que son alimentadas por cortos impulsos de corrientes continuas” (Ros Marín & Barrera Doblado, 2017, pág. 138).

Para girar el motor BLDC, los devanados del estator deben ser excitados siguiendo una

secuencia. Es importante conocer la posición del rotor, con el fin de saber que devanado debe ser excitado siguiendo la secuencia de excitación (Minguela Benito, 2016, págs. 104 - 109).

Figura 4

Motor eléctrico de corriente continua sin escobilla



Nota. En la figura se muestra un motor Brushless la parte del estator junto con las bobinas y la adaptación de los sensores Hall. Tomado de (Ward, 2011)

Estos motores al no tener escobillas no producen chispas, ni ruidos de fricción. El par de torsión es debido a la interacción magnética impuesta por los electroimanes a los imanes permanentes, existe una secuencia precisa de excitación de los electroimanes, que pone los imanes permanentes un movimiento angular siempre en la misma dirección. La secuencia se repite cada cierto tiempo, y el rotor continuo mientras sea alimentado, repitiendo la secuencia y por lo tanto su propia rotación. (JAES, 2021)

Frenado regenerativo

El freno regenerativo permite reducir la velocidad de un vehículo transformando parte de su energía cinética en energía eléctrica. Se basa en el principio de que un motor eléctrico puede ser utilizado como generador. (Jumbo & Reyes , 2012)

Controlador

Los controladores de velocidad transforman la corriente continua de las baterías en una

tensión alterna trifásica y la alimentan a los bobinados en cierta secuencia dependiendo de la posición del rotor (Minguela Benito, 2016, pág. 106).

El controlador contiene dos partes de electrónica de potencia, la principal que es la alimentación trifásica al motor de la rueda y la secundaria que es la alimentación de baja potencia para un microprocesador programado por el fabricante, cumple las funciones de recibir y transmitir señales de voltaje, que sea adecuado para el funcionamiento de la rueda eléctrica, y de los dispositivos periféricos como lo es el acelerador eléctrico y el freno eléctrico (Llumahuasi Quispe, 2019, pág. 31).

Figura 5

Controlador



Nota. En la figura se indica un Controlador para vehículos eléctricos ligeros. Tomado de (BIKELEC, 2019)

Batería

Las baterías son las fuentes principales de energía en un vehículo eléctrico, capaces de transformar energía eléctrica en energía química, poseen en su interior celdas que están conectadas en serie para sumar una tensión final deseada. “La importancia de la batería es tal que la autonomía y el precio del vehículo dependen del tipo y tamaño de esta” (Trashorras Montecelos, 2019, pág. 42).

Características de las baterías

Para acondicionar cualquier sistema eléctrico por medio de baterías es necesario conocer los parámetros técnicos que las definen.

Tensión

La tensión de una batería es la diferencia de potencia eléctrica que tiene entre su polo positivo y polo negativo (Ros & Barrera, 2017, pág. 66).

Existen diferentes tipos de tensiones que caracterizan a una batería:

Tensión nominal

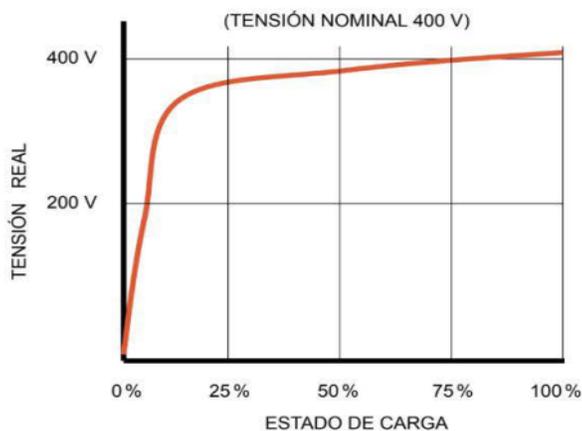
Es la tensión de referencia a la que tienen que conectarse los elementos, si la batería tiene una tensión nominal de 60 V, los elementos que estén conectados deberán estar referenciados a 60 V, esta característica de la batería se muestra en las etiquetas y en los manuales técnicos.

Tensión real

Es el valor que se obtiene en la batería al momento de colocar entre sus polos un voltímetro variando en función del estado de carga y no siempre coincidirá con la tensión nominal.

Figura 6

Variación de la tensión en función del estado de carga



Nota. La figura muestra como la tensión real se mantiene cerca de la tensión nominal y que esta decrece en picado hasta 0 % cuando llega a un estado de carga de 20 %. (Ros & Barrera, 2017)

Tensión de carga

Siempre es mayor que la tensión nominal y es la que se suministra a la batería para aumentar su carga eléctrica. Para el cálculo de la tensión de carga se multiplica 1.16 por el valor de tensión nominal, es decir una batería de 60 voltios (nominal) necesita una tensión de carga 67 voltios.

Capacidad

Es la cantidad de carga eléctrica que puede suministrar en una hora, viene expresada en amperios hora (Ah) y se determina por ensayos de carga/descarga a corriente constante.

En los vehículos eléctricos las baterías disponen de capacidades que van desde los 6 kilowatts hora hasta los 100 kilowatts hora aproximadamente y con autonomías que varían de 50 kilómetros hasta los 600 kilómetros.

La intensidad máxima

Es una característica técnica que indica la cantidad máxima de amperaje que suministra la batería en un instante concreto dependiendo de su estado de carga, viene expresada en amperios (A) (Ros Marín & Barrera Doblado, 2017, pág. 68).

Densidad energética

Es la cantidad de energía que es capaz de almacenar una batería en relación con su peso. Se trata del parámetro más importante cuando hablamos de impulsar un vehículo, pues es el que más influye en autonomía y prestaciones. Se expresa en Wh/kg (Ros Marín & Barrera Doblado, 2017, pág. 69).

Estado de carga

El estado de carga (SOC) es el valor porcentual que indica la carga eléctrica de una batería en ese momento específico de tiempo en relación con la carga total.

Ciclos de vida de la batería

Es el número de ciclos de carga y descarga que se pueden realizar hasta que la capacidad sea el 80% de su valor nominal. Es recomendable que las baterías tengan más de 500 ciclos de vida para su aplicación en VE. (J. López, 2015)

Batería de Litio

En los vehículos eléctricos se utilizan tres tipos batería y según su química son: litio, níquel y sodio, que son las más utilizadas en la actualidad.

Tabla 3

Características de batería de Litio

Tipo	Tensión de celda	Densidad de energía	Vida útil	Característica
Batería de Litio	3,7 V es la tensión más elevada que produce cada celda	La cantidad de energía por cada kilogramo se encuentra entre 90 y 160 Wh/kg	La química del litio se encuentra entre los 1000 y 3000 ciclos de descarga	Las baterías de litio no presentan problemas de temperatura teniendo un rango superior de funcionamiento.

Nota. La tabla muestra características de la batería de Litio, y que por su densidad y tensión en celda son eficientes para el uso en vehículos eléctricos.

Ciclos de conducción

Los ciclos de conducción son representados en gráficas de velocidad – tiempo y que tienen por objetivo indicar el modo de conducción típico en una ciudad o autopista, basándose en la tecnología del vehículo, las características del tráfico, características

climáticas y geográficas (altitud, entre las más importantes) y también características de los mismos conductores (González Oropeza, 2005, págs. 2 - 4) .

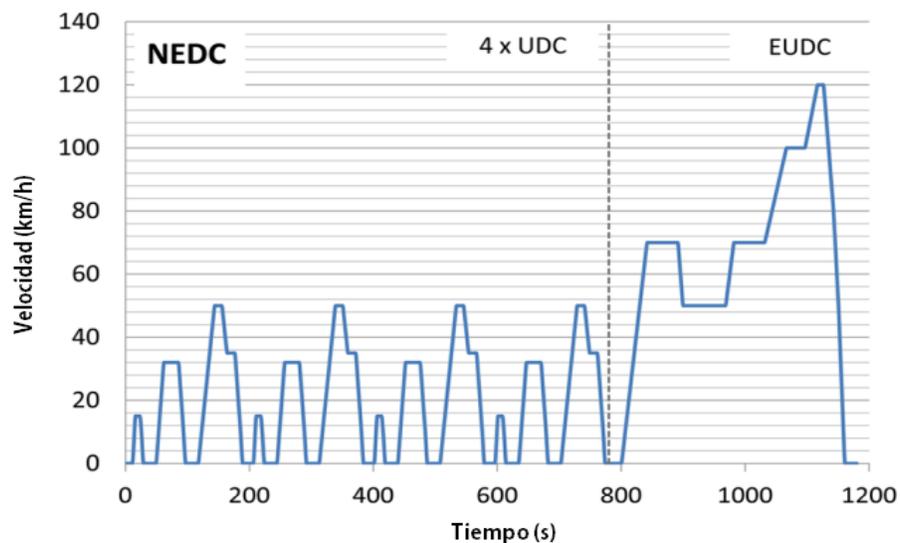
En diferentes regiones del mundo existen varios ciclos de pruebas para conocer sobre el consumo, emisiones y autonomía de los vehículos ya sea de combustión interna, híbridos o eléctricos. Para un vehículo eléctrico la autonomía puede variar en función del peso y tamaño del vehículo, a las especificaciones de las baterías y motor eléctrico, incluso la autonomía influye en el modo de conducción, terreno, condiciones de la conducción y temperatura.

Ciclo NEDC (New European Driving Cycle)

El ciclo de homologación europeo consta de cuatro segmentos idénticos de conducción urbana que se caracterizan por una velocidad baja y un segmento de conducción extraurbana con mayores velocidades (Moscardó, 2015).

Figura 7

Gráfica del Ciclo NEDC



Nota. La gráfica indica un Ciclo Europeo de Conducción NEDC completo, en el eje vertical

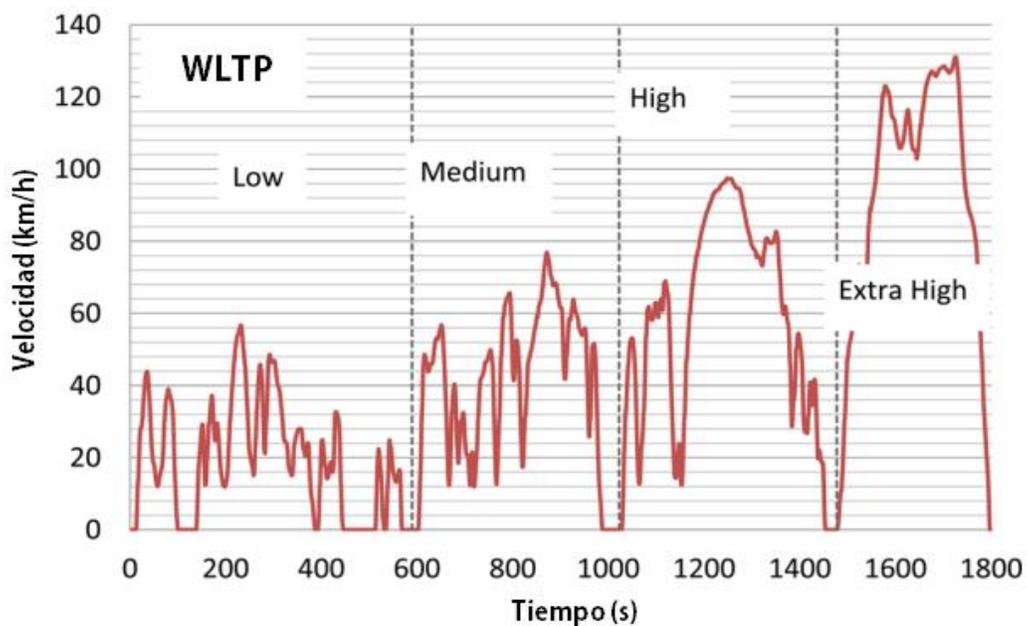
indica la velocidad y en el eje horizontal el tiempo. Tomado de (Marotta, Pavlovic, Ciuffo, Serra, & Fontaras, 2015)

Ciclo WLTP (Worldwide Light Test Procedure)

El ciclo WLTP (Procedimiento mundialmente armonizado para ensayos de vehículos ligeros), se diferencia del ciclo NEDC modificando parámetros de conducción haciéndolas más estrictas y en condiciones reales, pero que no afectan al rendimiento ni a la autonomía de los vehículos eléctricos. Los resultados de la prueba ya no se reflejan en ciclos urbanos o extraurbanos, sino a diferentes niveles de velocidad, baja, media y alta.

Figura 8

Gráfica del Ciclo WLTP



Nota. La gráfica del ciclo WLTP muestra las diferentes fases de conducción a diferentes velocidades. Tomado de (Marotta, Pavlovic, Ciuffo, Serra, & Fontaras, 2015)

Tabla 4

Características de los ciclos de conducción WLTP y NEDC

Descripción	NEDC	WLTP
Tiempo del ciclo	20 minutos	30 minutos
Distancia del ciclo	11 kilómetros	23.25 kilómetros
Fase de conducción	2 fases: 66% Conducción urbana / 34 % extraurbana	4 fases: 52 % conducción urbana / 48 % conducción extraurbana
Velocidad media (km/h)	34 km/h	46.5 km/h
Velocidad máxima (km/h)	120 km/h	131 km/h
Temperatura °C	Mediciones realizadas a temperaturas entre 20 y 30 °C	Mediciones realizadas a 23°C, después a 14 °C para emisiones de CO ₂ .

Nota. La tabla indica las principales características del ciclo NEDC y WLTP, en cuanto a velocidades, distancia, fases de conducción.

Termografía

Los motores eléctricos DC convencionales poseen una impedancia térmica elevada debido a que los devanados se encuentran en el rotor y, en consecuencia, tienen una ruta térmica poco eficiente en la disipación del calor generado durante su funcionamiento. Por otro lado, los motores BLDC tienen una impedancia térmica más baja ya que los devanados se encuentran al exterior, logrando de esta manera que la ruta térmica sea más eficiente y al mismo tiempo que la disipación de calor sea mayor (Lynch, Mela, & Members, 2017).

La termografía infrarroja (TI) tiene aplicaciones en varias áreas del sector industrial, permite visualizar por medio de una cámara termográfica el calor irradiado de un cuerpo, que estará en función de colores cálidos (rojo, naranjas amarillos), mientras que para temperaturas bajas la gama de colores será frías (azul, violeta, etc.).

La termografía permite detectar posibles fallos debido a un incremento en la temperatura, siendo la termografía una herramienta utilizada en el mantenimiento predictivo. Por ejemplo.

- “Problemas con bobinas que presentan cortocircuitos. Los cortocircuitos provocan una disminución de la resistencia interna del aparato y, por tanto, aumento de la intensidad con el consiguiente aumento de temperatura.

- Problemas mecánicos en elementos con movimiento (motores, generadores, ejes de transmisión, etc.), cualquier problema de mal funcionamiento mecánico se traduce en fricción, vibración, alabeo, oscilación, etc., y todos esos movimientos producen calor que se detecta fácilmente con la cámara termográfica” (Ros & Barrera, 2017)

Cálculo teórico de autonomía

La autonomía teórica se la realiza mediante el cálculo obtenido del porcentaje de carga de la batería SOC (%) y la autonomía del VE mediante el ensayo de vacío, la cual se expresa se determina mediante la siguiente ecuación.

Ecuación 1. Autonomía Teórica

$$Autonomía\ teórica = \frac{SOC\ \% * AV}{100}$$

Donde:

SOC % = Porcentaje de carga de la batería

AV = Autonomía en vacío

Regresión lineal

La regresión múltiple calcula un modelo para más de dos variables independientes. El modelo se construye a partir de la variable dependiente x . Los estadísticos que se calculan son, en primer lugar, los coeficientes del modelo para cada variable independiente por separado y para el modelo global. (Serrano Gallego, 2003)

En el modelo de regresión lineal múltiple supone que más de una variable tiene influencia o está correlacionada con el valor de una tercera variable. En el modelo de regresión se espera que los sucesos tengan una forma funcional. (Montero Granados, 2016)

Un modelo de regresión lineal tiene el aspecto.

Ecuación 2. Regresión lineal

$$Y = b_0 + b_1X_1 + \dots + b_nX_n$$

Donde:

$Y =$ *Variable dependiente*

$X =$ *Variables independientes*

$b_0 =$ *Coefficientes del modelo*

Capítulo III

Metodología para el estudio de autonomía

Estudio de la autonomía

La prueba de autonomía determina el nivel de descarga de las baterías y el recorrido que puede alcanzar el prototipo, en base a diversas condiciones de manejo, peso de los ocupantes, sistema de tracción y sobre las distintas rutas proyectadas, con el fin de indicar el correcto rendimiento y desempeño del vehículo eléctrico en diversas rutas.

El ciclo de conducción es oportuno aplicar, de manera de obtener registros de la velocidad y tiempo, estos parámetros que se relacionan, para determinar una autonomía adecuada. Lo cual el protocolo WLTP y ciclo NEDC tiene condiciones de manejo favorables para ruta urbana y extraurbana, la cual está definido para ensayos a diferente velocidad, similar al prototipo a estudiar.

Tabla 5

Características de los ciclos de conducción de ruta urbana y extraurbana

Descripción	Ruta urbana (NEDC)	Ruta extraurbana (WLTP)
Tiempo del ciclo	24 minutos	21 minutos
Distancia del ciclo	9.7 kilómetros	23.25 kilómetros
Fase de conducción	Fase urbana	Fase extraurbana
Velocidad media (km/h)	34 km/h	35 km/h
Velocidad máxima (km/h)	45 km/h	55 km/h
Temperatura °C	Mediciones realizas en 4 paradas de la ruta	Mediciones realizadas al inicio y fin de la ruta

Nota. La tabla indica la descripción de los ciclos NEDC y WLTP, en base al estudio de autonomía del vehículo eléctrico.

Ensayos de autonomía

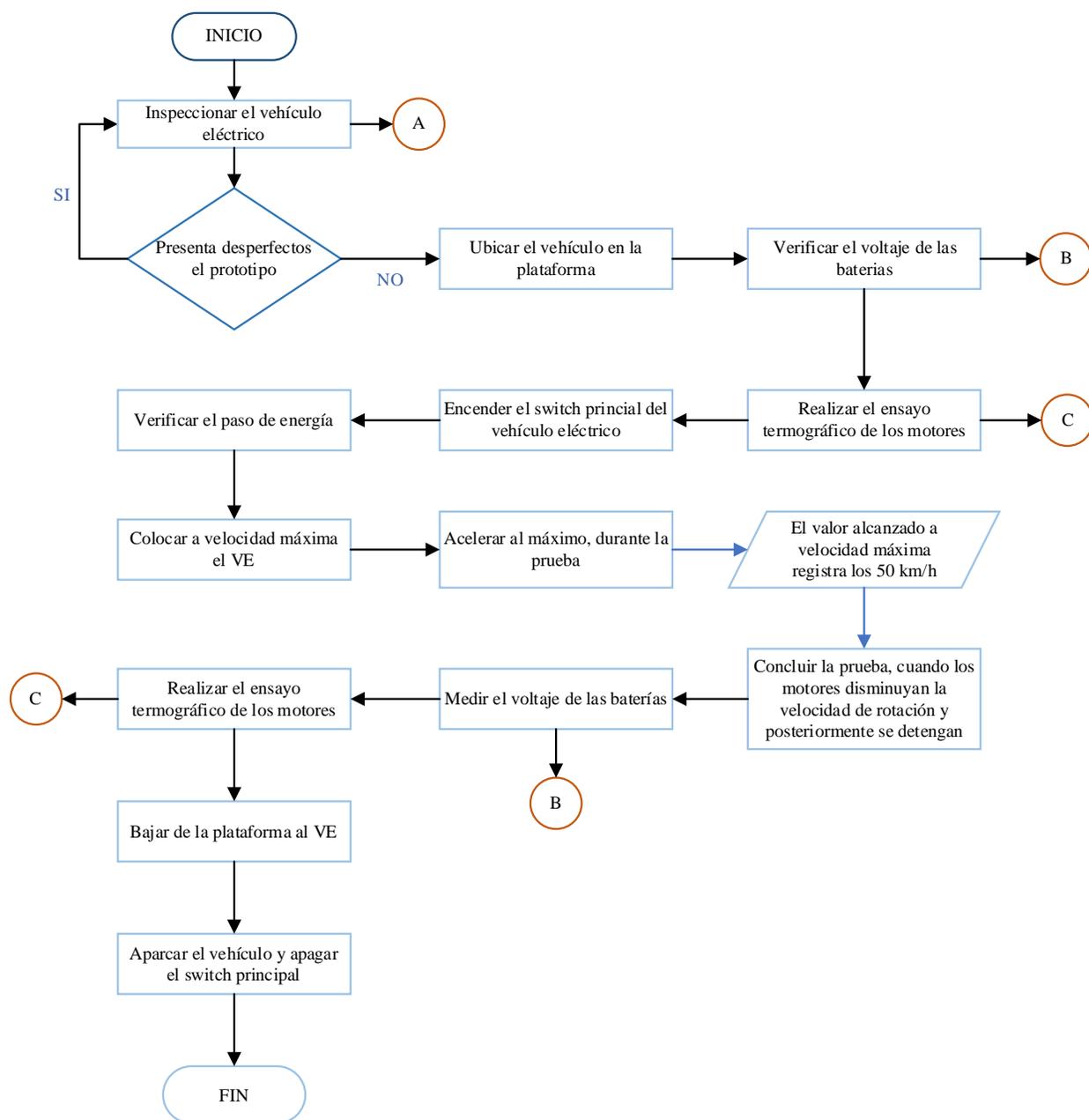
Ensayo en vacío

El ensayo consiste en colocar en una plataforma al VE sin cargas mecánicas, dejando el rotor libre, posteriormente se acciona el acelerador y se mantiene a velocidad máxima constante, de manera que las baterías suministren la energía a los motores y estos realicen el trabajo hasta descargar completamente la batería. Esta prueba es fundamental en el estudio de la autonomía teórica, se realiza con el fin de obtener el tiempo de operación del vehículo y el valor del aumento de la temperatura en los motores.

Protocolo ensayo en vacío

Figura 9

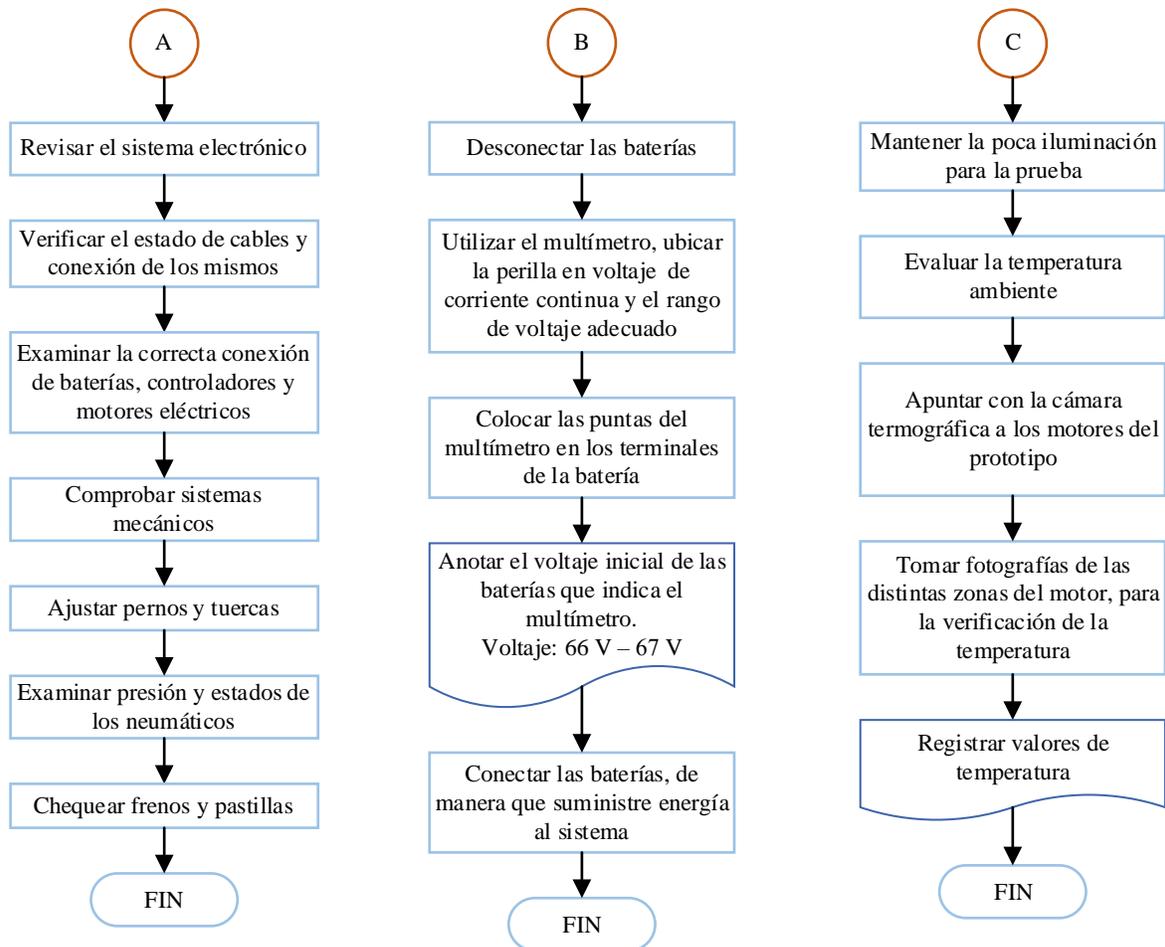
Protocolo para ensayo en vacío



Nota. En el diagrama de flujo se presente el proceso para el ensayo en vacío del vehículo.

Figura 10

Conectores A, B y C del protocolo para ensayo en vacío



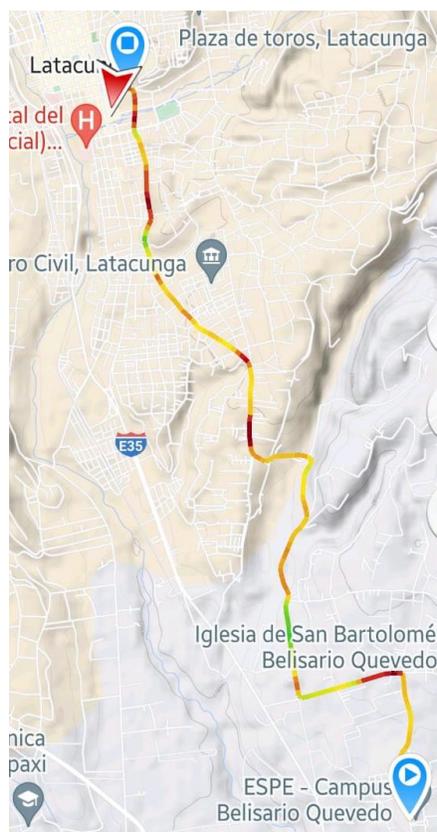
Nota. En el diagrama de flujo se indica los subprocesos de parámetros de funcionamiento del VE, toma de datos de la temperatura y el voltaje de las baterías.

Ensayo ciclo urbano

El ensayo se realizó con dos ocupantes partiendo desde el campus Gral. Guillermo Rodríguez Lara hacia el campus centro ESPE Sede Latacunga donde el trayecto consta de reductores de velocidad, semáforos, cruce de transeúntes, vehículos estacionados que reflejan las condiciones de una ruta urbana y para lo cual se realizaron tres pruebas en las mismas condiciones.

Figura 11

Ruta de ensayo ciclo urbano

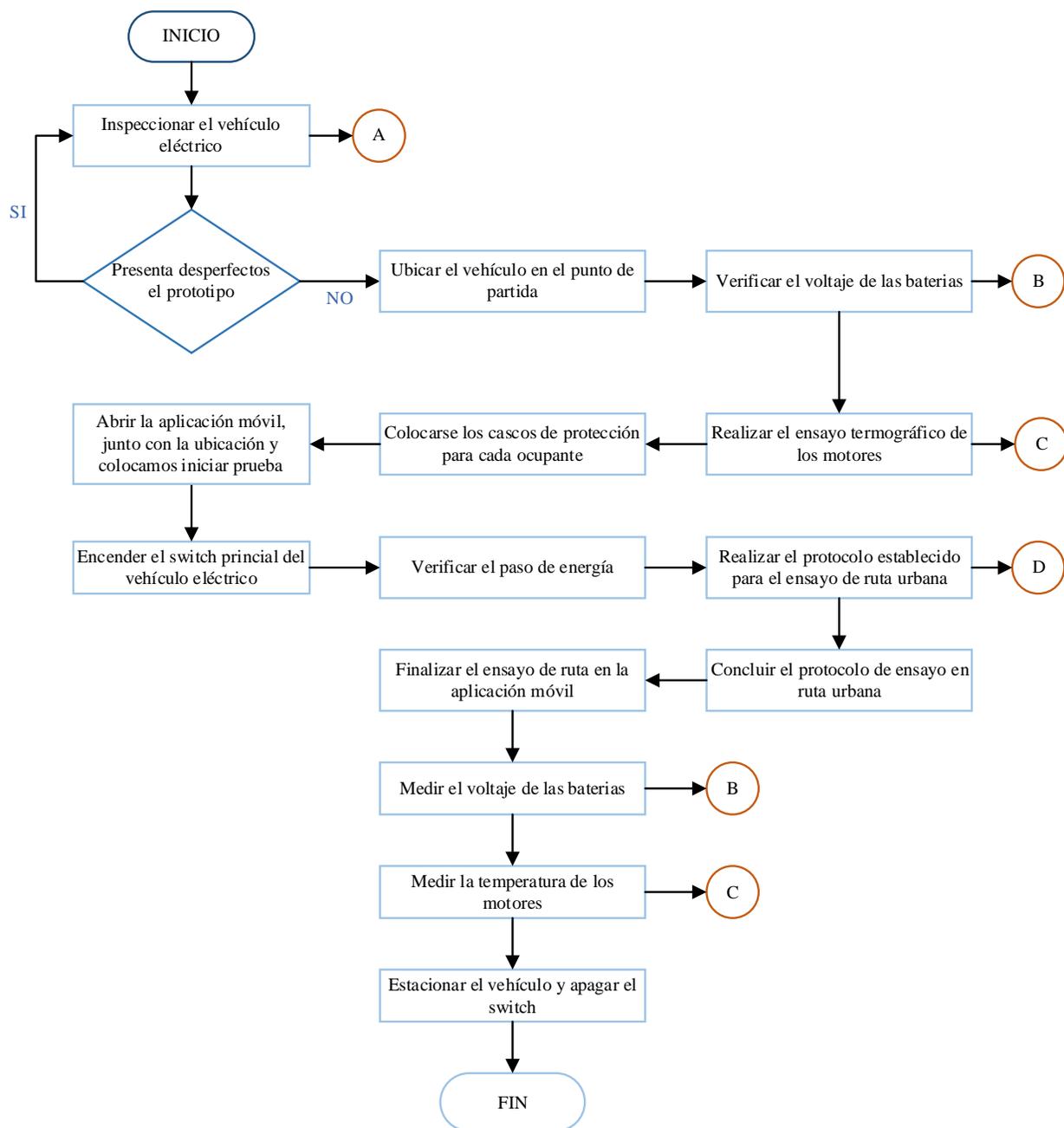


Nota. La figura muestra la trayectoria para el ensayo de la ruta urbana en que se considera una distancia de 9,3 kilómetros.

Protocolo ciclo urbano

Figura 12

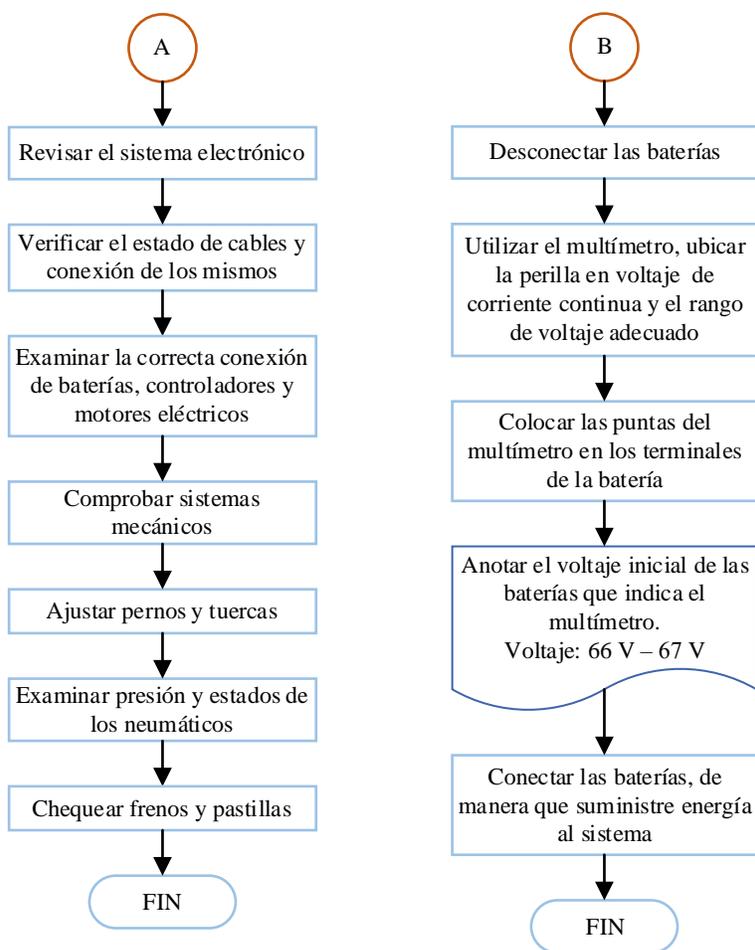
Protocolo para el ensayo de ruta ciclo urbano



Nota. En el diagrama de flujo se indica el proceso para el ensayo de ruta urbana.

Figura 13

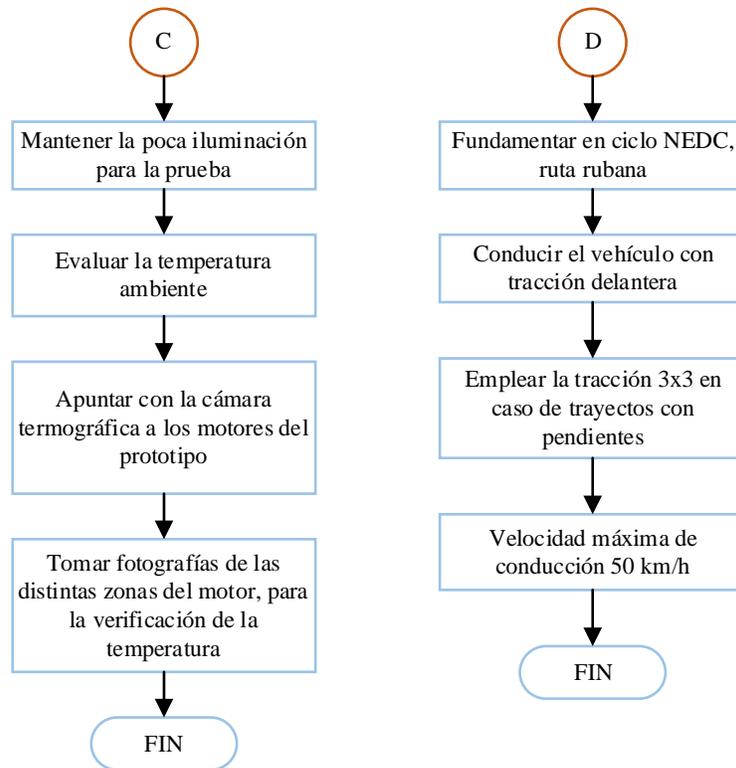
Conectores A y B del protocolo para ensayo de ruta urbana



Nota. En el diagrama de flujo se muestra los subprocesos para la inspección del sistema eléctrico y mecánico, y verificación de voltaje.

Figura 14

Conectores C y D del protocolo para ensayo de ruta urbana



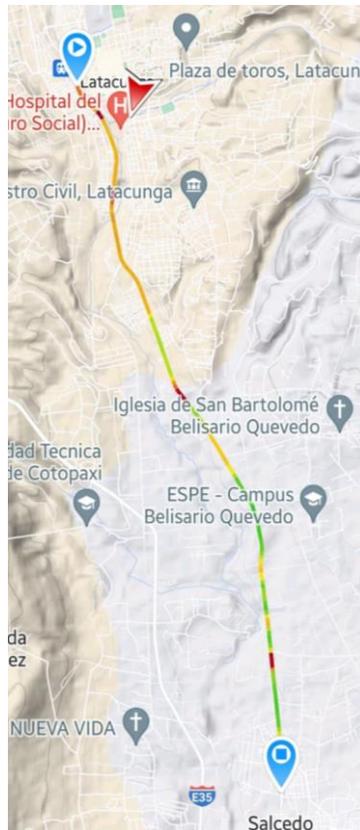
Nota. En el diagrama de flujo se muestra los subprocesos de medición de temperatura de motores y protocolo de ruta urbana.

Ensayo ciclo extraurbano

La ruta extraurbana consideró el desplazamiento entre el Terminal Terrestre Latacunga, hasta el hospital Yarovi Makuar en la ciudad de Salcedo. El trayecto tomo como referencia la vía principal que conecta la ciudad de Latacunga y el cantón Salcedo, la distancia total de recorrido es de 12,4 km y se efectuó tres pruebas en las mismas condiciones.

Figura 15

Ruta de ensayo de ciclo extraurbano

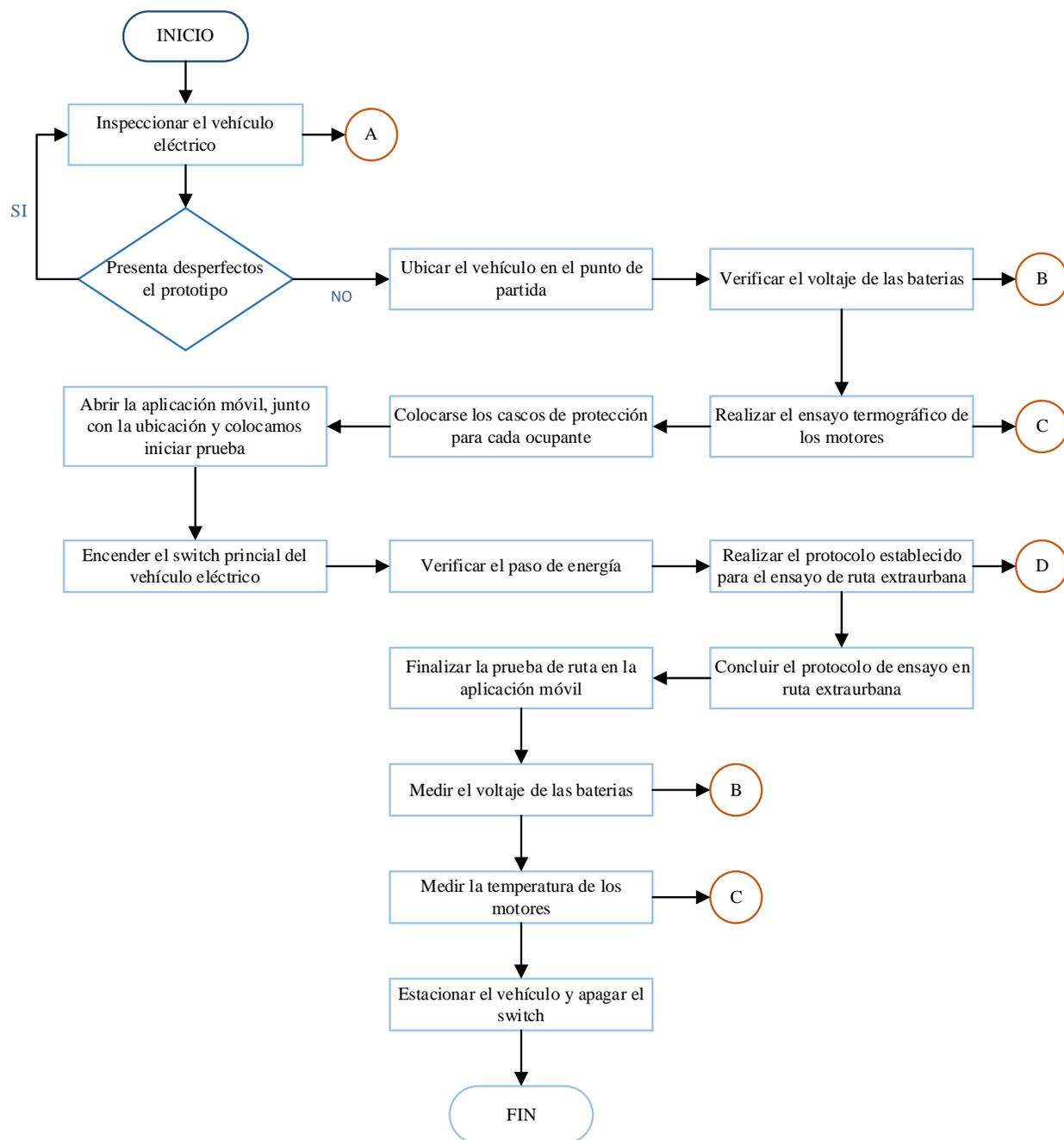


Nota. La figura determina la trayectoria a realizar en el ensayo de ciclo extraurbano.

Protocolo ruta ciclo extraurbano

Figura 16

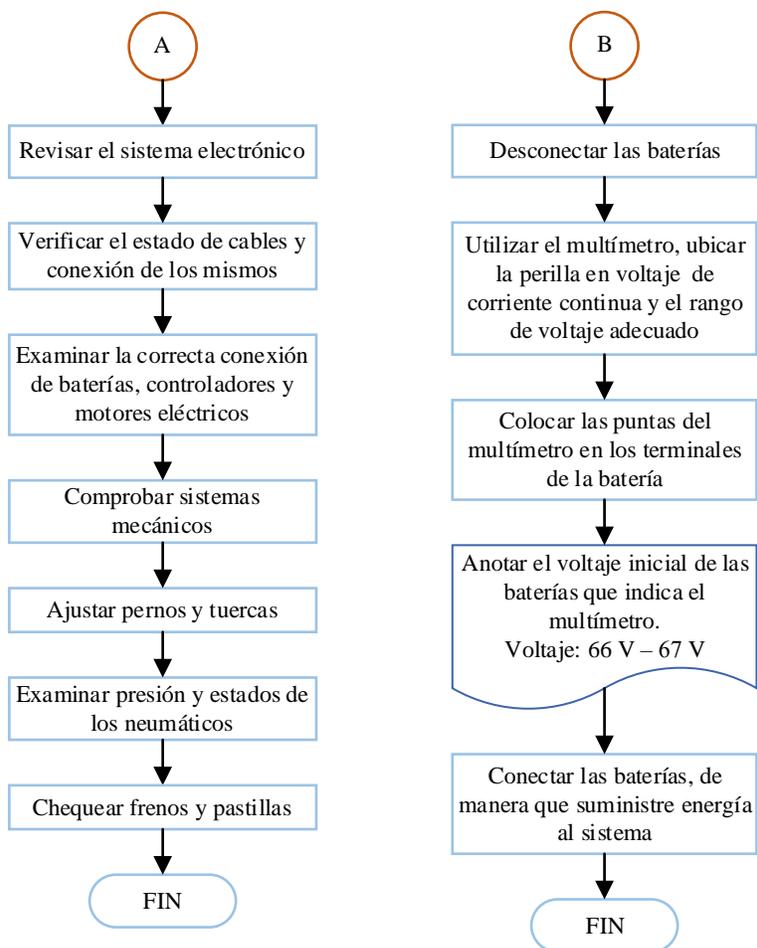
Protocolo para ensayo de ruta extraurbana



Nota. En el diagrama de flujo se denota el proceso para el ensayo de ruta extraurbana.

Figura 17

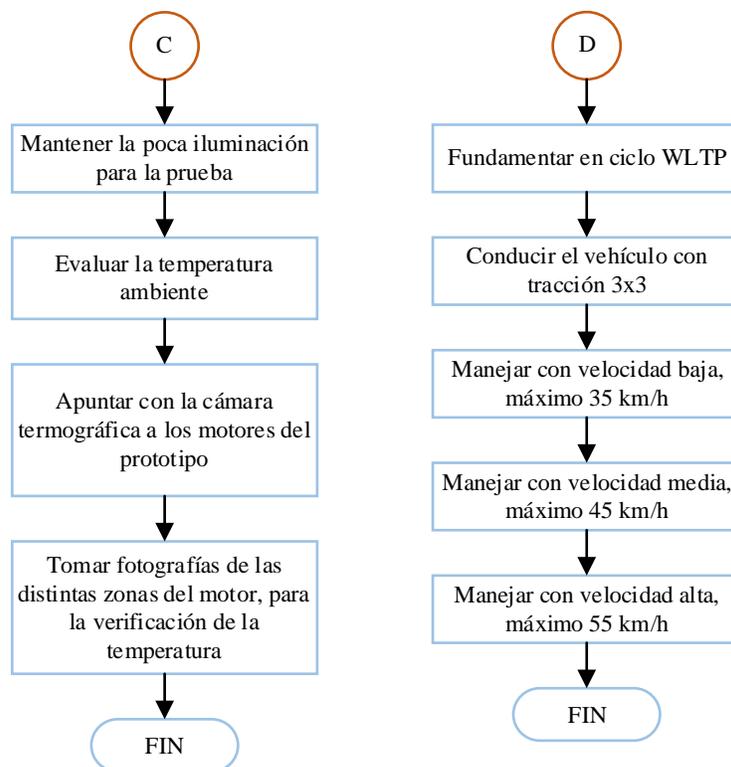
Conectores A y B del protocolo para ensayo de ruta extraurbana



Nota. En el diagrama de flujo se observa los subprocesos para la inspección de sistemas eléctricos y mecánicos, y la verificación de voltaje.

Figura 18

Conectores C y D del protocolo para ensayo de ruta extraurbana



Nota. En el diagrama de flujo se observa los subprocesos de medición de temperatura de motores y protocolo de ruta extraurbana.

Ensayo circuito cerrado condición dos ocupantes

El ensayo de circuito cerrado con dos ocupantes se ejecutó en las principales vías de circulación de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga, en el Campus General Guillermo Rodríguez Lara. Con una distancia de recorrido de 1,5 km y siguiendo un protocolo de ciclo de conducción el cual consta de:

- Recorrido en baja velocidad a una aceleración máxima, durante 5 vueltas seguido de una parada de 60 segundos.
- Se continuo un trayecto a velocidad media a una aceleración máxima, durante 5 vueltas seguido de una parada de 60 segundos.
- Se continuo el trayecto a velocidad alta y una aceleración máxima, durante 5 vueltas seguido de una parada de 60 segundos

- El recorrido finalizó con una prueba de corte, que consiste en ir a una velocidad alta acelerando al máximo hasta que se detenga el vehículo.

Ensayo circuito cerrado condición un ocupante

El ensayo consideró solamente un conductor para el circuito, al igual que la anterior prueba se realizó dentro de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga, en el Campus General Guillermo Rodríguez Lara. Con un desplazamiento de 1,5 km y siguiendo un protocolo de ciclo de conducción el cual consta de:

- Recorrido en baja velocidad a una aceleración máxima, durante 5 vueltas seguido de una parada de 60 segundos.
- Se continuo un trayecto a velocidad media a una aceleración máxima, durante 5 vueltas seguido de una parada de 60 segundos
- Se continuo el trayecto a velocidad alta y una aceleración máxima, durante 5 vueltas seguido de una parada de 60 segundos
- El recorrido finalizó con una prueba de corte, que consiste en ir a una velocidad alta acelerando al máximo hasta que se detenga el vehículo.

Figura 19

Ruta Ensayo circuito cerrado ESPE Belisario Quevedo

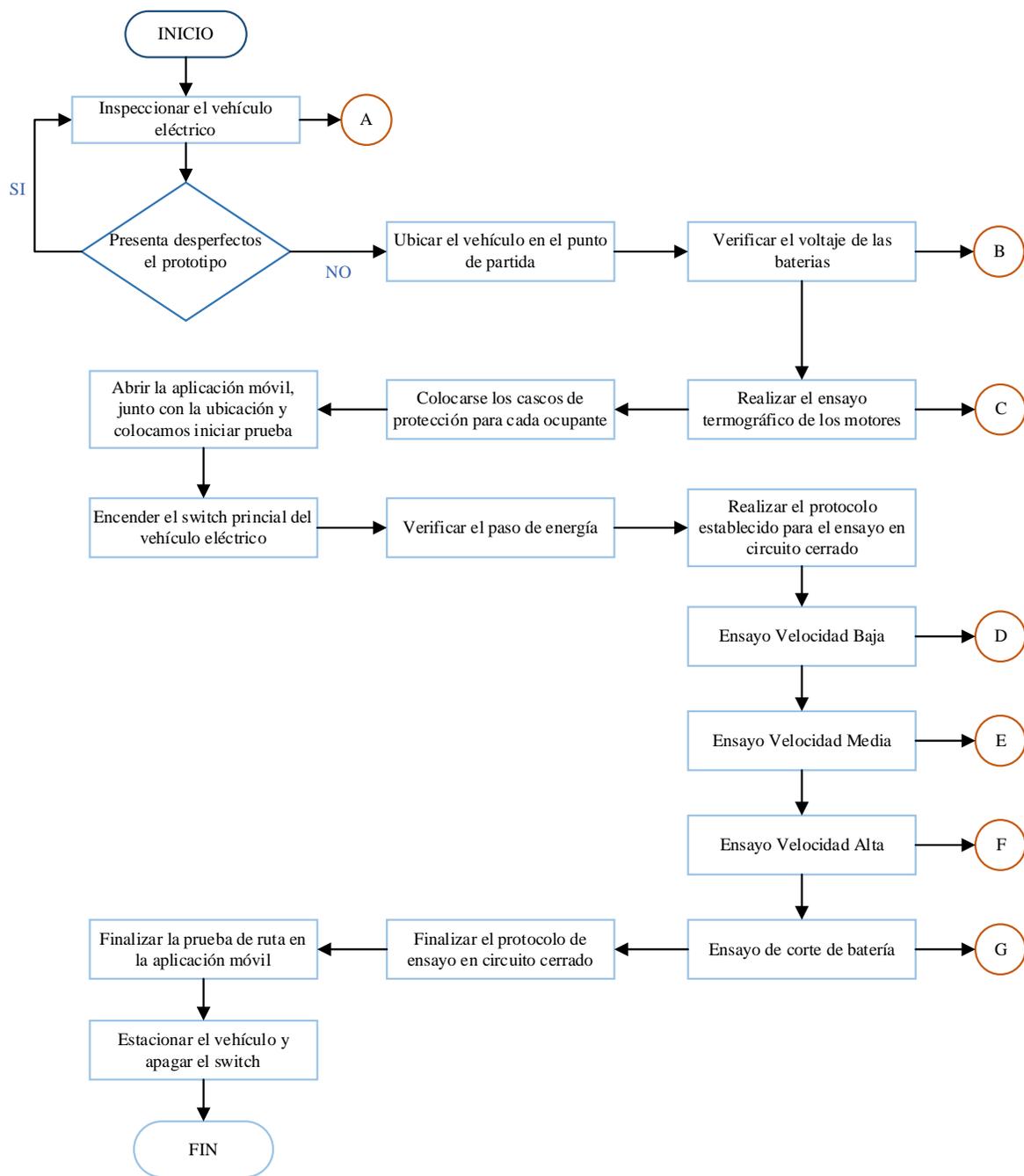


Nota. La Figura indica el trayecto para el circuito cerrado en la Universidad ESPE Belisario Quevedo.

Protocolo ciclo urbano

Figura 20

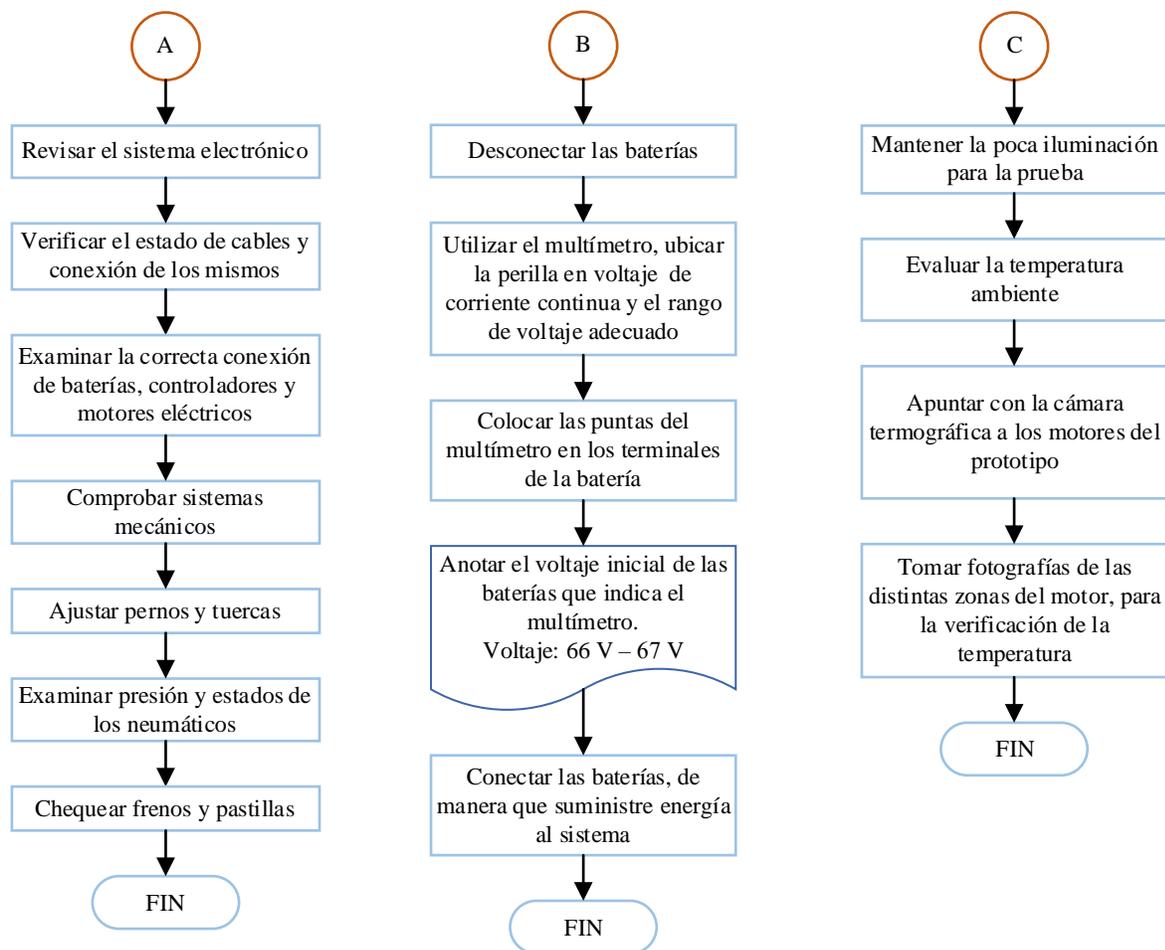
Protocolo para ensayo en circuito cerrado



Nota. En el diagrama de flujo se denota el proceso para el ensayo en circuito cerrado.

Figura 21

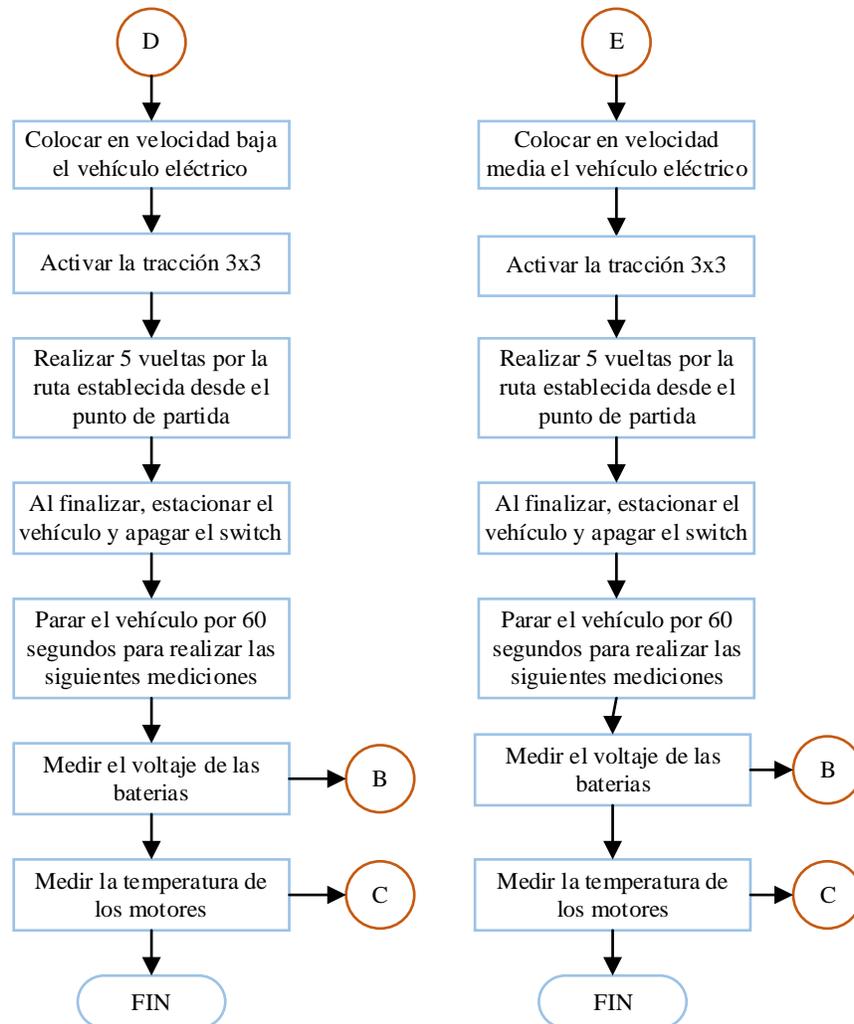
Conectores A, B y C del protocolo para ensayo en circuito cerrado



Nota. En el diagrama de flujo se muestra los subprocesos para la inspección del sistemas eléctrico y mecánico, verificación de voltaje y medición de temperatura de motores, para el ensayo en circuito cerrado.

Figura 22

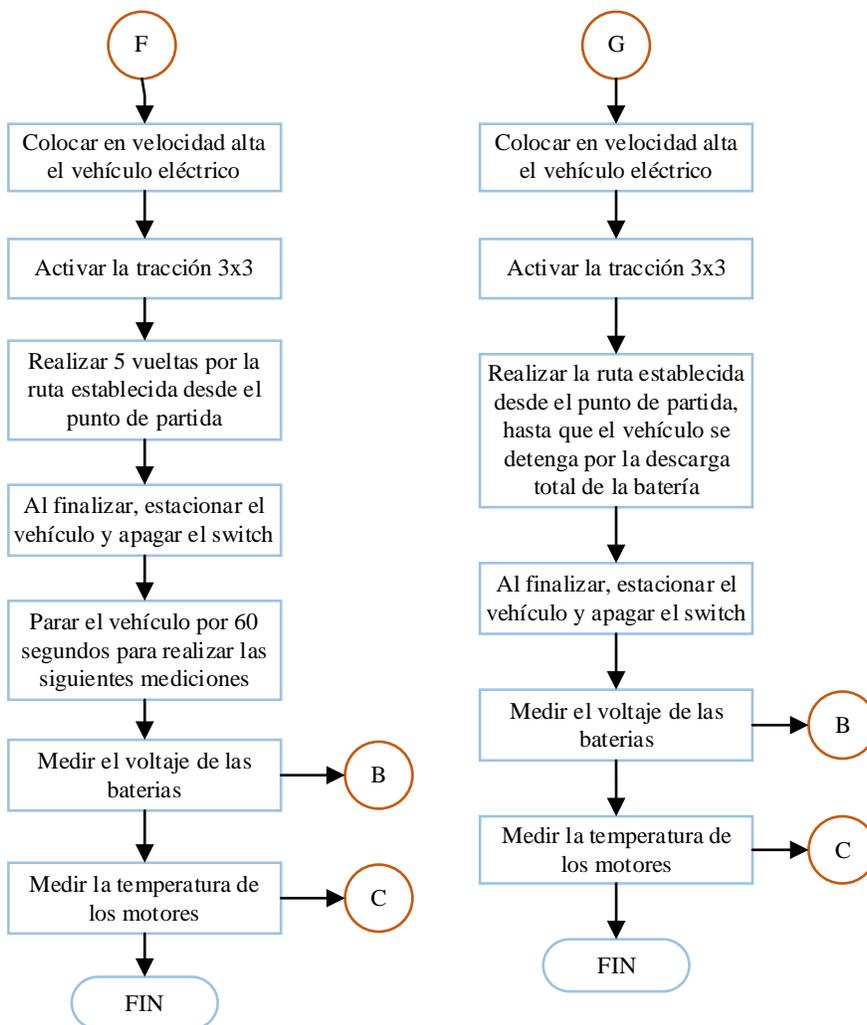
Conector D y E del protocolo para ensayo en circuito cerrado



Nota. En el diagrama de flujo se indica los subprocesos de velocidad baja y medias a realizar en el ensayo en circuito cerrado.

Figura 23

Conector F y G del protocolo para ensayo en circuito cerrado



Nota. En el diagrama de flujo se observa los subprocesos de velocidad alta y corte de batería a realizar en el ensayo en circuito cerrado.

Componentes del vehículo eléctrico

Los componentes principales del prototipo L2 CMDR RICKSHAW son sus baterías, controladores y los motores eléctricos utilizados para la tracción.

Motores Eléctrico

Para el prototipo indicado se utilizó 3 motores Brushless DC sin escobillas, que van en conjunto a las 3 ruedas del vehículo, con las siguientes características.

Tabla 6*Características Motor Brushless Eléctrico*

CARACTERÍSTICAS MOTOR BLDC	
Voltaje	60 V
Corriente	60 A
Potencia	2000 W
Frecuencia	50 Hz
Temperatura límite de trabajo	70 °

Nota. La tabla indica las características del motor Brushless de corriente continua utilizada en el prototipo L2 CMDR RICHSHAW.

Baterías

Para el VE se instaló 3 baterías de Iones de Litio para cada motor eléctrico, de acuerdo con las siguientes especificaciones.

Tabla 7*Características Batería de Iones de Litio Youngkang Fotec Electronic*

CARACTERÍSTICAS DE LA BATERÍA DE LI-ION	
Voltaje estándar	60 V
Capacidad nominal	13 Ah
Voltaje de operación	48 – 67.2 V
Corriente de carga máxima	4A
Corriente de descarga máxima	25 A
Energía	780 Wh

Nota. La tabla indica las características de la Batería de iones de Litio utilizado en el vehículo

eléctrico.

Controlador

Para el vehículo se utilizó 3 tres controladores para cada motor, siendo el componente que gestiona la corriente y voltaje que suministra la batería, de acuerdo a las exigencias de carretera y modo de conducción, las características son las siguientes.

Tabla 8

Características Controlador

CARACTERÍSTICAS CONTROLADOR	
Tensión nominal	72 V
Tensión de protección	62 V
Corriente máxima	32 A
Fase	120 °

Nota. La tabla señala las características del controlador PMSM instalado en el VE.

Instrumentos de medición

- **Multímetro.** – Este instrumento permitirá medir el valor del voltaje de la batería en corriente continua, mientras el vehículo eléctrico está en funcionamiento, para lo cual se tomó en cuenta la velocidad y el estado de carga.
- **Pinza amperimétrica.** – Está herramienta será útil en la medición de la CA que se genera a través de las bobinas del motor eléctrico, así detectará la variación del corriente producto de la variación de velocidad y arranque.
- **Cámara termográfica.** – Este dispositivo ayudará en la obtención del valor de la temperatura en los distintos motores, para la cual se tomará en cuenta al inicio y final de cada prueba, la variación de este parámetro.

Figura 24*Cámara termográfica TiS60*

Nota. La Figura indica la cámara termográfica Fluke TiS60

Características principales de la cámara Fluke TiS60.

- Imágenes de calidad: resolución de 260 x 195 (50.700 píxeles).
- Rango de medida de temperatura de -20 °C a 550 °C (-4 °F a 1022 °F).
- Pantalla LCD de 3,5 pulgadas, 320 x 240.
- Cámara digital de rendimiento industrial de 5 megapíxeles.

Recopilación de datos

Tanto los dispositivos móviles como las aplicaciones actualmente poseen un gran alcance, para lo cual se optó por utilizar los mismos debido a las características que tienen, en particular el GPS que proporciona la ubicación y un trazado de ruta de acuerdo al recorrido efectuado en las distintas pruebas.

Además, generan un informe de datos que indica la velocidad máxima y media, tiempos de realización de la prueba, distancia total alcanzada y asimismo datos del perfil de elevación,

teniendo en cuenta el terreno se puede observar niveles y desniveles de las rutas trazadas.

Figura 25

Recopilación de datos a través de aplicaciones móviles



Nota. La Figura indica los datos obtenidos a través de la aplicación móvil para el estudio del caso, entre ellas el recorrido, tiempo, elevación y velocidad.

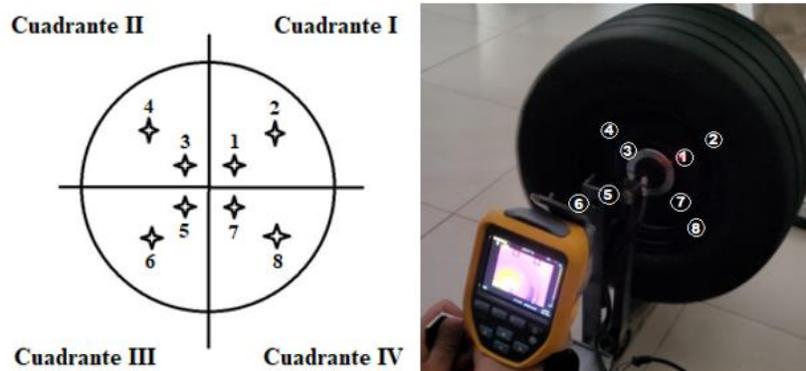
Estudio termográfico del motor

El estudio termográfico establece el comportamiento de la temperatura en los motores eléctricos Brushless, mediante un protocolo de pruebas se divide al motor en cuatro cuadrantes e identificando dos zonas distintas, donde se verificará la temperatura con la cámara termográfica para promediar los valores obtenidos.

Hay que considerar los trayectos de la ruta, como pendientes y peso adicional de los ocupantes, los motores requerían mayor esfuerzo y por ende mayor demanda de energía (voltaje y corriente) que es lo que genera calor cuando circulan por los bobinados internos del motor.

Figura 26

División de cuadrantes para el motor eléctrico



Nota. La figura indica la división de los cuatro cuadrantes de un motor donde se procederá a tomar la temperatura de cada una de las zonas.

Se considera un valor promedio de temperatura de todas las mediciones en diferentes zonas para analizar una temperatura general del motor.

Capítulo IV

Resultados del estudio de autonomía del vehículo eléctrico

Este capítulo abarca los resultados de cada ensayo en las diferentes rutas con el fin de comprobar el rendimiento del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW y establecer las prestaciones de autonomía.

Ensayo en vacío

El ensayo se efectuó sin carga, obteniendo un tiempo de trabajo de 3772 segundos (1.05 horas), a una velocidad máxima constante de 50 km/h. Por consiguiente, al tener valores de velocidad y tiempo, se aplicó la ecuación de velocidad expresada a continuación:

Ecuación 3. Ecuación de Velocidad

$$V = \frac{d}{t}$$

$V =$ Velocidad (km/h)

$d =$ distancia (kilómetros)

$t =$ tiempo (horas)

Tabla 9

Resultados ensayo en vacío

Descripción	Valor
Velocidad (km/h)	50
Tiempo final (seg)	3772
Tensión inicial de la batería (V)	66.5
Tensión final de la batería (V)	53.2
Temperatura ambiente (°C)	17
Temperatura inicial motor (°C)	19.4
Temperatura final motor (°C)	53.5

Nota. La tabla describe los datos del ensayo en vacío determinando la velocidad, tiempo, distancia, tensión y temperatura que alcanzo 53.5 °C siendo la medición más alta en todos los ensayos.

$$d = V \cdot t$$

$$d = (50 \text{ km/h}) \cdot (1.05 \text{ h})$$

$$d = 52.4 \text{ km}$$

Los resultados obtenidos en el ensayo, determinaron una autonomía en vacío total de 52.4 kilómetros, inició con una carga total de batería de 66.5 voltios y finalizó con la descarga completa con un valor de 53.2 voltios, el valor de temperatura ambiente fue de 17 °C, los motores empezaron con una temperatura inicial de 19.4 °C alcanzando una temperatura final de 53.5 °C, para el ensayo no se consideró paradas y el vehículo mantuvo una velocidad constante, siendo el tiempo de trabajo de 3772 segundos.

Los resultados en vacío permiten relacionar el estado de carga (SOC %) en porcentaje respecto a la tensión real de batería obteniendo valores por medio de interpolación.

Tabla 10

Relación voltaje y estado de carga de la batería

Voltaje (V)	Estado de carga (SOC)
66.5 v	100 %
59.5 v	50 %
55.6 v	25 %
53.2 v	0 %

Nota. La Tabla indica la relación de tensión de batería y estado de carga de la batería, obteniendo los valores medios por interpolación.

La carga completa de la batería llega a un valor próximo de 66.5 voltios y que

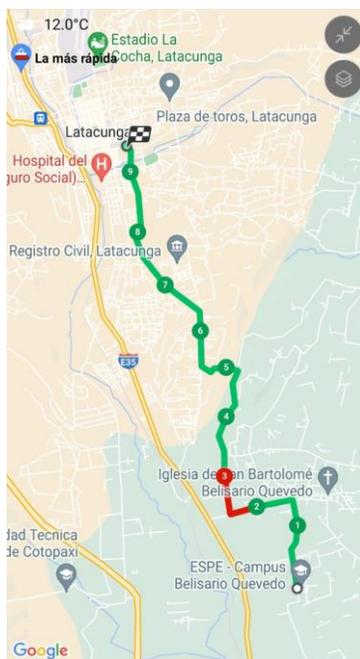
relacionado con el estado de carga hace referencia al 100%, al momento que el motor deja de operar la tensión alcanza 53.2 voltios referenciando un estado de carga del 0%.

Ensayo ciclo urbano (NEDC)

La distancia que se consideró entre los puntos de ruta fue de 9.3 kilómetros, se efectuó la prueba en condición de dos ocupantes con un total de 137 kg.

Figura 27

Trayecto recorrido en ruta urbana



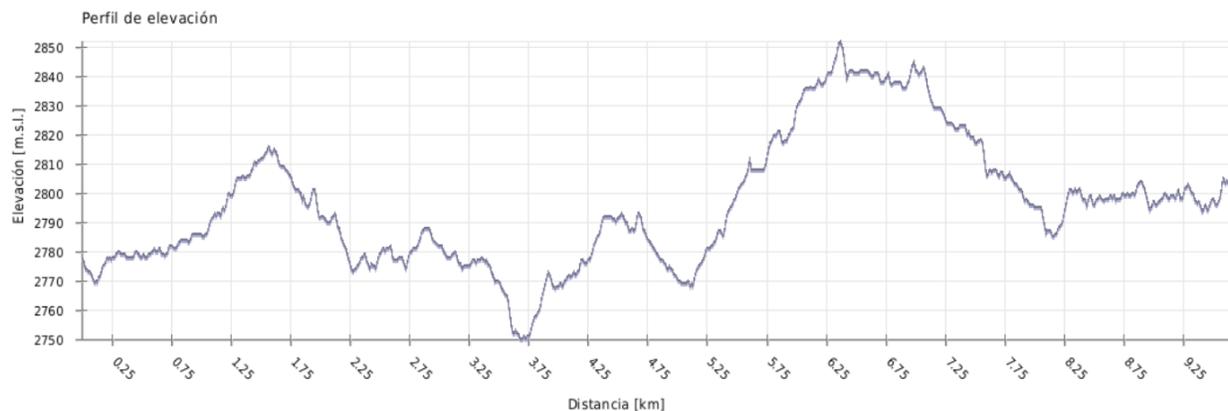
Nota. Se indica el trayecto recorrido en la ruta urbana, que se generó a través del GPS.

Elevación del Ciclo Urbano

En la gráfica de Elevación – Distancia de la ruta urbana desde el Campus General Guillermo Rodríguez Lara hacia el campus centro ESPE Sede Latacunga, se evidencia los desniveles que tiene la ruta existiendo tramos con pendiente que requerían mayor demanda de energía.

Figura 28

Gráfica Elevación – Distancia en Ciclo Urbano



Nota. La gráfica indica el perfil de elevación en el ensayo de ruta urbana.

Tabla 11

Resultados de elevación ruta urbana

Característica	Resultado
Elevación mínima	2750 m
Elevación máxima	2852 m
Ascenso	420 m
Descenso	400 m
Elevación inicial	2777 m
Elevación final	2797 m

Nota. La tabla indica los puntos máximos y mínimos de elevación, en la ruta urbana, además de ascensos y descensos presentes en la ruta.

El ensayo de ruta urbana se llegó a elevaciones máximas de 2852 metros y elevaciones mínimas de 2750 metros sobre el nivel del mar, existiendo una diferencia de altura de 102

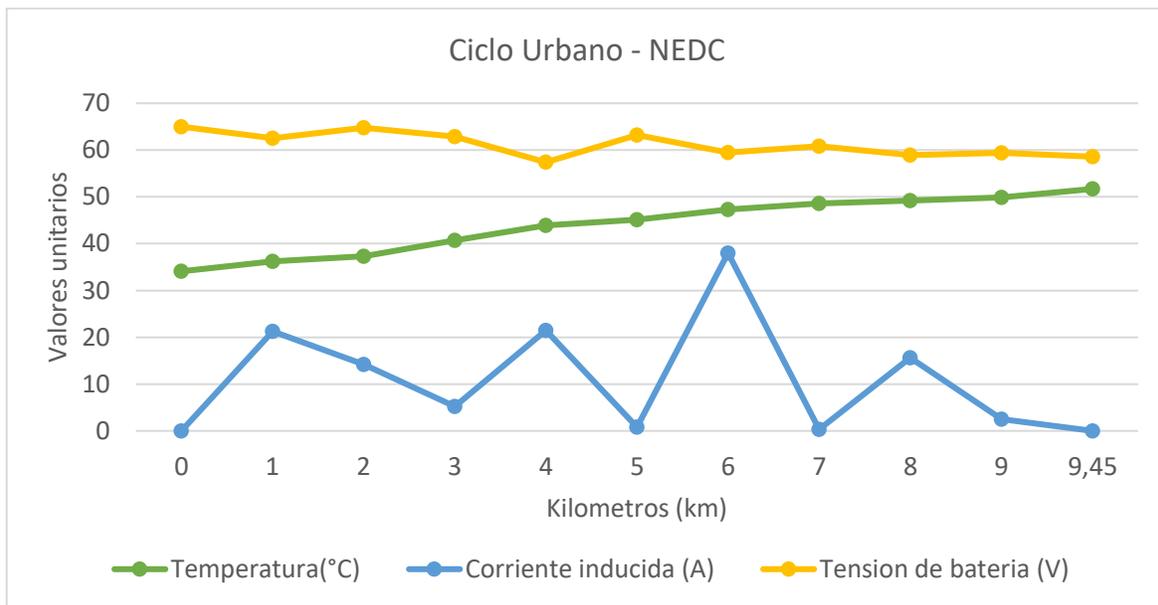
metros.

Estudio de parámetros eléctricos del motor

Los resultados muestran los diferentes valores de corriente inducida en los motores y voltaje de batería en función de la temperatura.

Figura 29

Temperaturas de ciclos recorridos NEDC



Nota. Se muestra las variaciones de los parámetros eléctricos de la ruta urbana y los valores de temperatura que muestran un incremento constante.

Con los resultados obtenidos se denotó el comportamiento de la corriente, así mismo el voltaje que varía según la demanda de velocidad que se aplica al acelerador y a la carga que está expuesta.

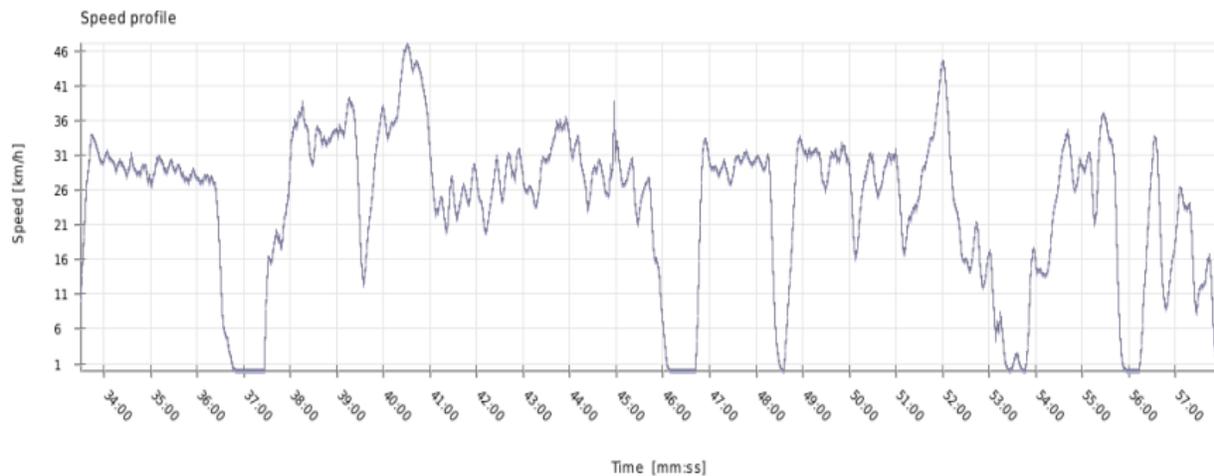
Cuando existe tramos rectos y se aumenta la velocidad el motor requiere mayor demanda energética, la corriente inducida y la velocidad del motor permanecen constantes siempre y cuando no exista cambios de pendiente, lo que se evidencia en el kilómetro 2 con un valor de voltaje de 64.8 Voltios y 14.2 Amperios aproximadamente.

Cuando existe tramos con pendiente el motor deberá realizar mayor trabajo mecánico elevando la potencia eléctrica de la fuente e induciendo mayor corriente al motor, lo que se evidencia en el tramo 6 que es una pendiente y el valor de voltaje en ese instante es de 59.5 V y una corriente de 38 A aproximadamente.

La temperatura del motor aumenta constantemente a medida que el motor está operando denotando un aumento mayor en la ruta urbana debido a que el motor demanda mayor energía por las elevaciones en el trayecto.

Figura 30

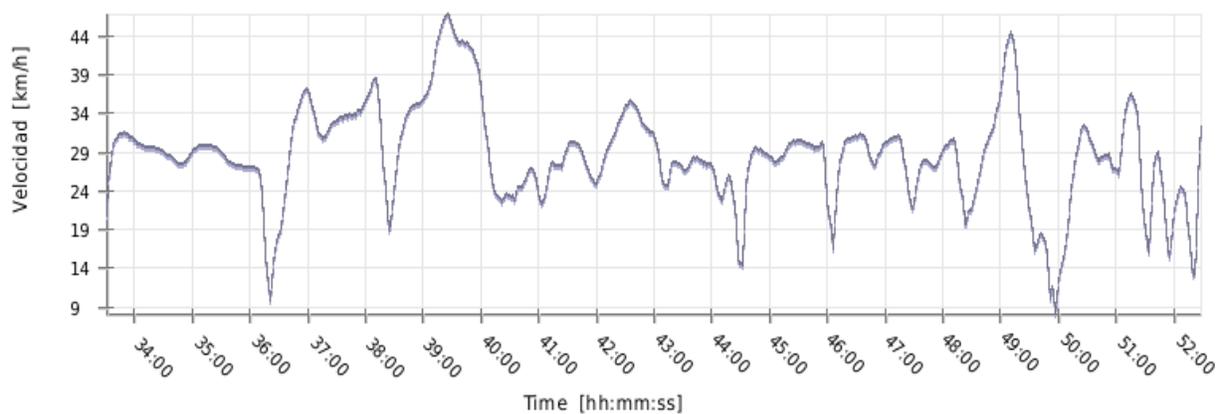
Gráfica Velocidad – Tiempo en Ciclo Urbano Ensayo 1



Nota. La gráfica obtenida hace referencia al ciclo de conducción NEDC para el ensayo 1.

Figura 31

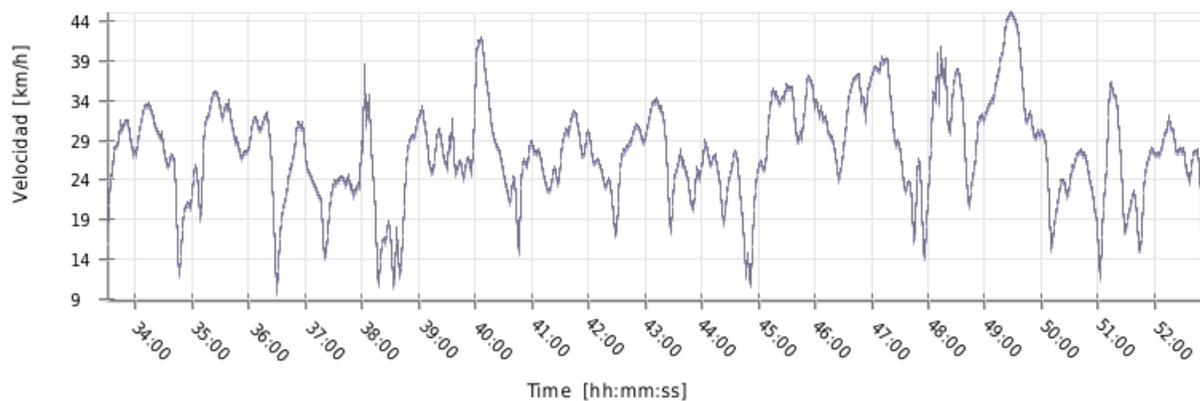
Gráfica Velocidad – Tiempo en Ciclo Urbano Ensayo 2



Nota. La ilustración determina un ciclo de conducción NEDC para el ensayo 2.

Figura 32

Gráfica Velocidad – Tiempo en Ciclo Urbano Ensayo 3



Nota. La ilustración obtenida hace referencia al ciclo de conducción NEDC para el ensayo 3.

Tabla 12

Resultados ensayo ruta urbana

PARÁMETRO	NEDC 1	NEDC 2	NEDC 3	MEDIA	DESVIACIÓN
Intensidad de corriente promedio consumida (Ah)	10.9	11.4	9.4	10.57	1,04
Tensión inicial (V)	65.00	66.4	64.7	65.37	0,91
Tensión final (V)	58.60	59.2	58.5	58.77	0,38
Porcentaje de batería inicial (%)	88.72	99.25	86.47	91.5	6,82
Porcentaje de batería final (%)	40.6	45.11	39.85	41.88	2,85
Tiempo de operación	24 min, 38 seg	26 min, 7 seg	23 min, 25 seg	24 min, 42 seg	2,44
Distancia recorrida (km)	9.45	9.46	9.43	9.45	0,02
Velocidad máxima (km/h)	46.9	46.7	45	46.2	1,04
Velocidad media (km/h)	23.2	24.5	21.9	23.2	1,30

Nota. La tabla muestra los valores obtenidos en la ruta urbana, en base al ciclo NEDC, donde obtenemos la intensidad, tensión, tiempo de operación, distancia y velocidad del VE.

En los diferentes ensayos los resultados obtenidos en el ciclo urbano muestran que el rendimiento del prototipo L2 CMDR RICHSHAW es adecuado considerando la demanda de movilizar a 2 ocupantes con un peso total de 137 kg, desplazándose a una velocidad máxima

promedio de 45.67 km/h y la velocidad media de 23.2 km/h siendo resultados efectivos y que se reflejan en función de su autonomía a través del porcentaje de batería llegando a 41.88 % y la carga inicial fue de 91.5 %.

Ensayo ruta extraurbana (WLTP)

La distancia que se consideró entre los puntos de ruta fue de 12.24 kilómetros, se efectuó la prueba con dos ocupantes considerando que la ruta presenta condiciones de velocidad alta por lo es que es importante destacar la activación de tracción 3x3, para obtener mayor potencia en el recorrido.

Figura 33

Trayecto recorrido en ruta extraurbana



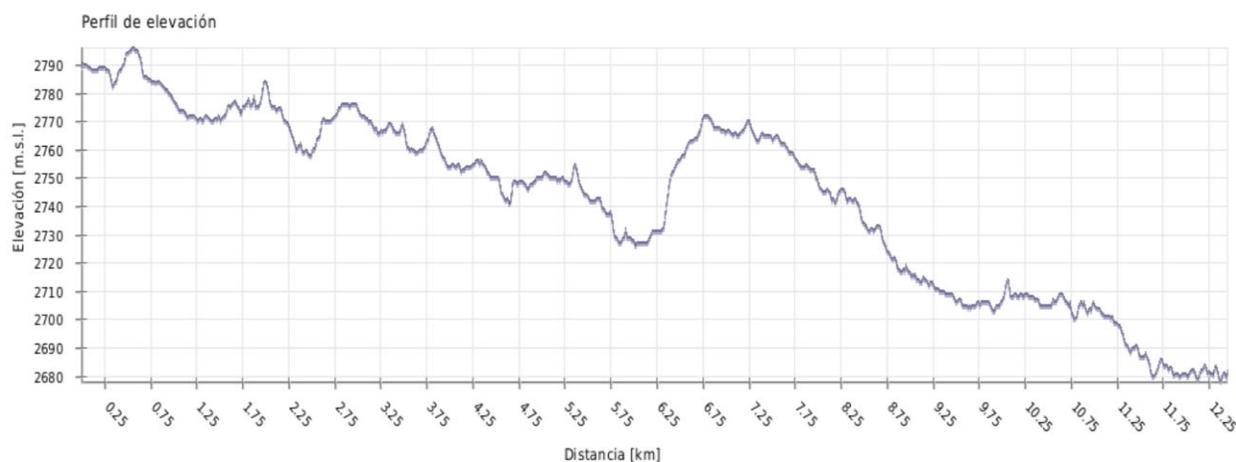
Nota. La Figura indica el recorrido de la ruta extraurbana, la cual empieza desde la ciudad de Latacunga, hasta el cantón Salcedo.

Elevación del Ciclo Extraurbano

A continuación, se detalla elevación que tenía el trayecto a través de la gráfica de Elevación y Distancia de la ruta extraurbana que fue desde el Terminal de Latacunga hasta la carretera Panamericana y calle Eloy Yerovi sector de la ciudad de Salcedo.

Figura 34

Gráfica de Elevación – Distancia en Ciclo Extraurbano



Nota. El perfil de elevación está determinado por el Ciclo extraurbano donde se realizó el ensayo de ruta, llegando a elevaciones máximas de 2796 m sobre el nivel del mar.

Tabla 13

Resultados de elevación de ruta extraurbana

Característica	Resultado
Elevación mínima	2678 m.s.l.
Elevación máxima	2796 m.s.l.
Ascenso	296 m
Descenso	403 m
Elevación inicial	2789 m.s.l.
Elevación final	2682 m.s.l.

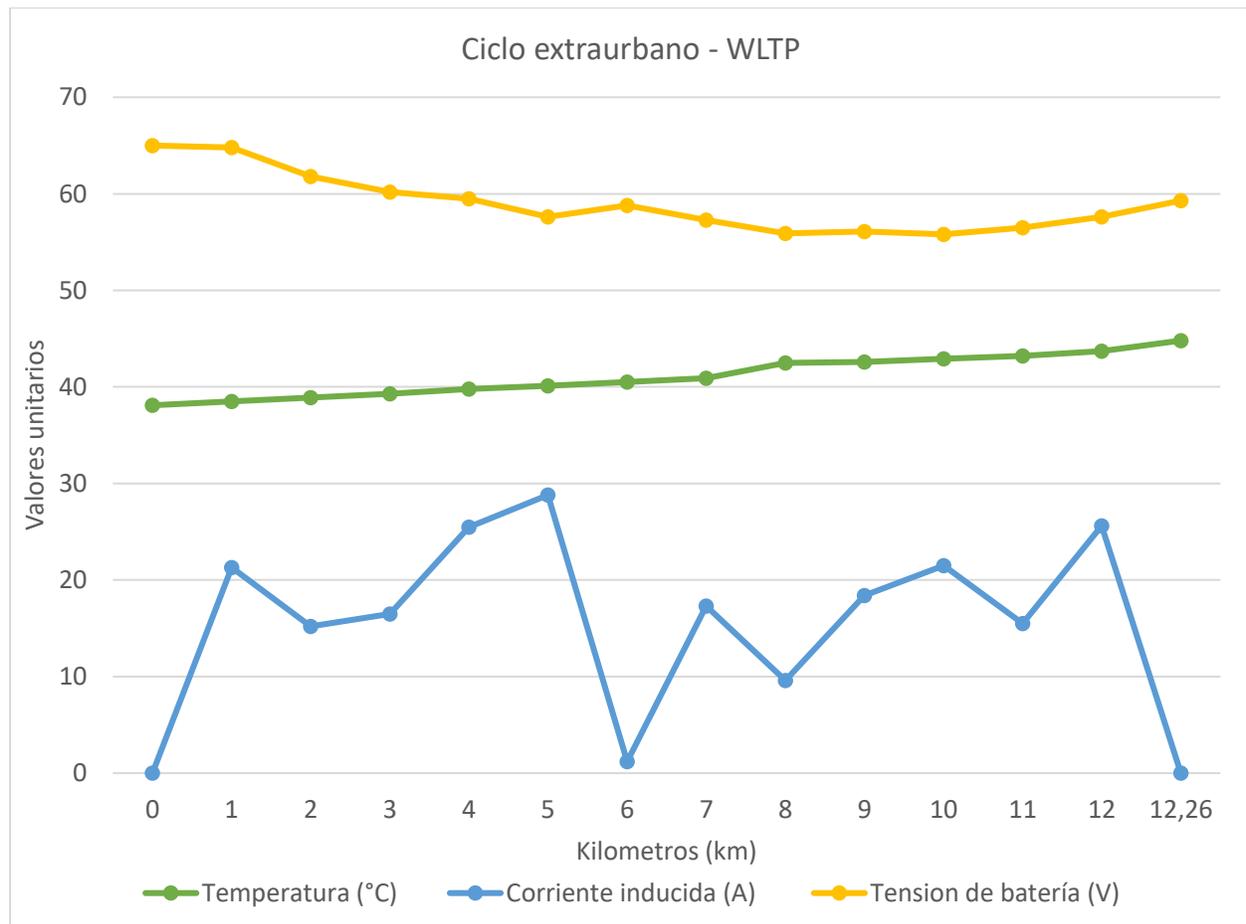
Nota. La tabla indica los puntos máximos y mínimos de elevación, en la ruta extraurbana, además de ascensos y descensos presentes en la ruta.

Estudio de la corriente inducida y tensión de batería

Los datos indican los diferentes valores de corriente inducida en los motores y voltaje de batería en función de la temperatura.

Figura 35

Temperatura de ciclos recorridos NEDC-WLTP



Nota. Se muestra la variación de temperatura y parámetros eléctricos en base al recorrido de la ruta extraurbana.

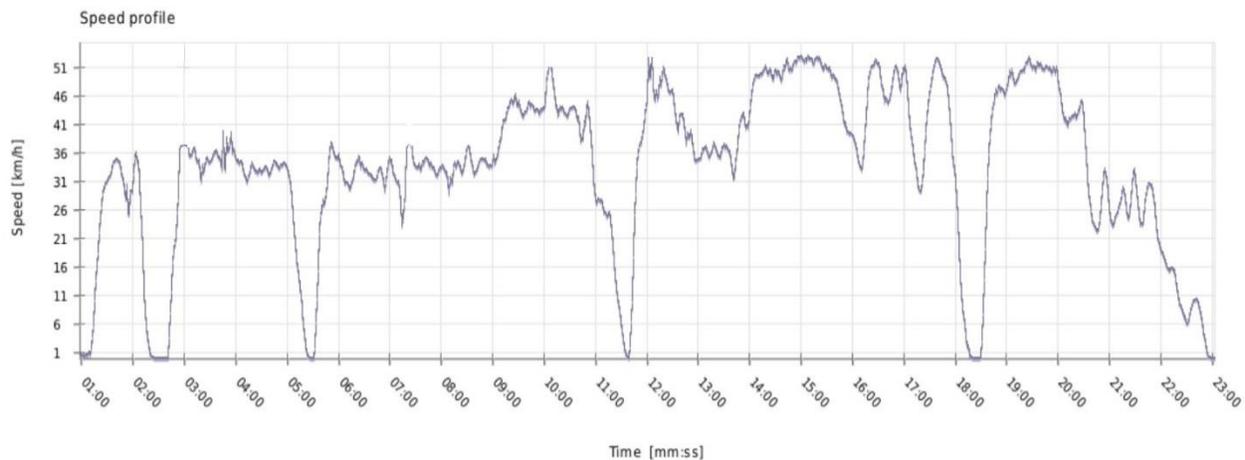
Con los resultados obtenidos se denotó el comportamiento de la corriente, así mismo el voltaje que varía según la demanda de velocidad que se aplica al acelerador y a la carga que está expuesta.

En la ruta extraurbana existe un mayor rango de aceleración y por tal motivo un aumento del consumo de energía, la corriente y voltaje se comportarán con las mismas características de la ruta urbana, pero en diferentes condiciones siempre y cuando exista un esfuerzo mecánico la demanda de energía por parte del motor será mayor.

En el tramo 6 de la gráfica se evidencia un aumento de voltaje que hacen referencia a la activación del freno regenerativo, existiendo un aumento considerable de carga a la batería.

Figura 36

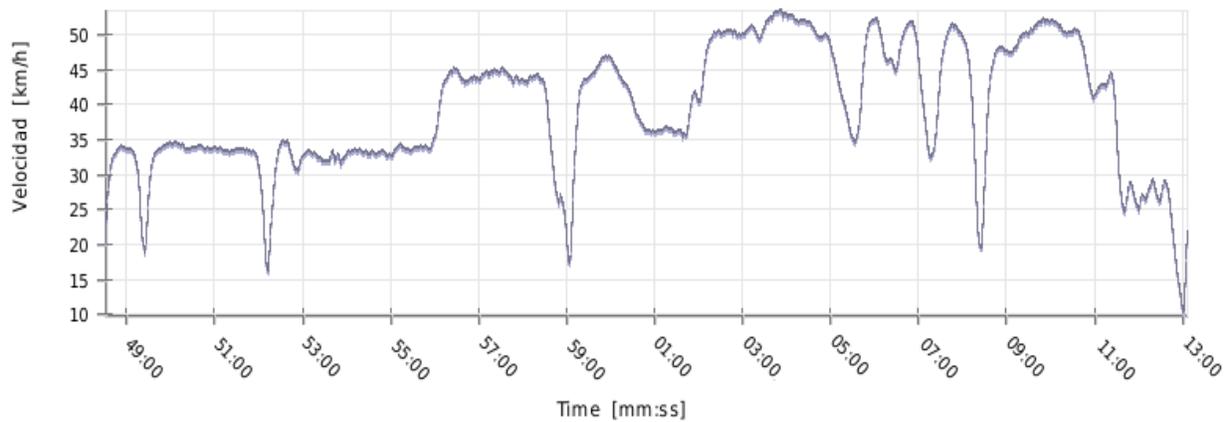
Gráfica Velocidad – Tiempo en Ciclo Extraurbano Ensayo 1



Nota. La gráfica obtenida se puede reflejar el modo de conducción referente al ciclo WTPL, la misma se realizó a diferentes velocidades baja, media y alta en el ensayo 1.

Figura 37

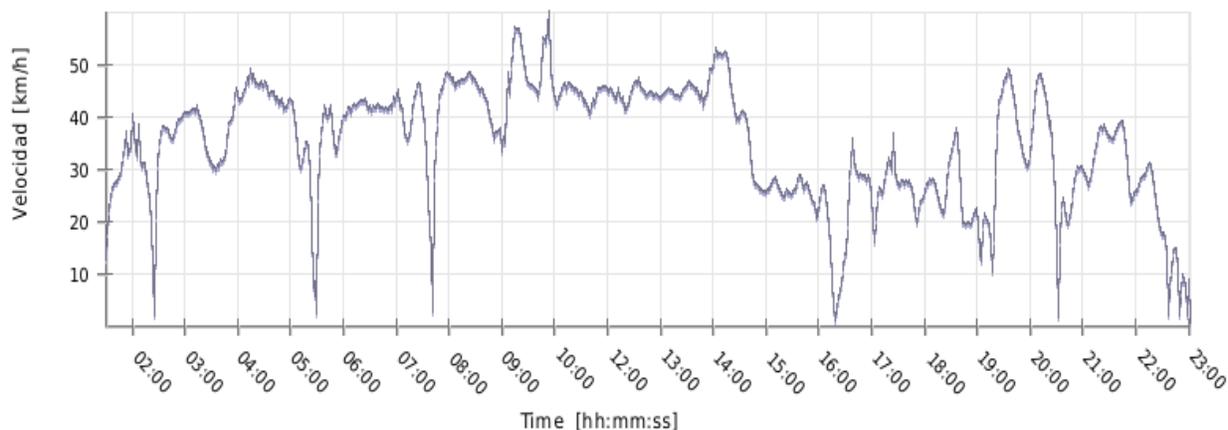
Gráfica Velocidad – Tiempo en Ciclo Extraurbano Ensayo 2



Nota. La figura indica el modo de conducción referente al ciclo WTPL, la misma se realizó a diferentes velocidades baja, media y alta en el ensayo 2.

Figura 38

Gráfica Velocidad – Tiempo en Ciclo Extraurbano Ensayo 3



Nota. La ilustración determina el modo de conducción referente al ciclo WTPL, la misma se realizó a diferentes velocidades baja, media y alta en el ensayo 3.

Tabla 14*Resultados de la ruta extraurbana*

Parametros	WLTP 1	WLTP 2	WLTP 3	MEDIA	DESVIACIÓN
Intensidad de corriente promedio consumida (Ah)	15.5	17.3	16.8	16.53	0,93
Tensión inicial (V)	65.00	66.20	64.70	65.30	0,79
Tensión final (V)	59.30	58.51	58.50	58.78	0,75
Porcentaje de batería inicial (%)	88.72	97.74	86.47	90.98	5,96
Porcentaje de batería final (%)	45.86	39.10	34.59	39.85	5,67
Tiempo de operación	22 min, 12 seg	20 min, 49 seg	21 min, 7 seg	21 min, 22 seg	0,85
Distancia recorrida (km)	12.26	12.24	12.24	12.25	0,01
Velocidad máxima (km/h)	54.6	52.6	53.9	53.7	1,01
Velocidad media (km/h)	33.5	30.1	34.1	32.57	2,16

Nota. La tabla indica los resultados obtenidos en la ruta extraurbana, en base al ciclo WLTP, donde obtenemos la intensidad, tensión, tiempo de operación, distancia y velocidad del VE.

Con los resultados obtenidos en la ruta extraurbana el rendimiento es adecuado, considerando la demanda de movilizar a 2 ocupantes de un total de 137 kg con las elevaciones en ruta y que se desplazó a una velocidad máxima de 53.7 km/h y velocidad media de 32.57 km/h en un tiempo transcurrido de 21 minutos y 22 segundos, siendo resultados aceptables y que se reflejan en función de su autonomía a través del porcentaje de batería llegando a un 58.5 Voltios que representa el 39.85% y su carga inicial que fue de 90.98 %.

Ensayos en circuito cerrado

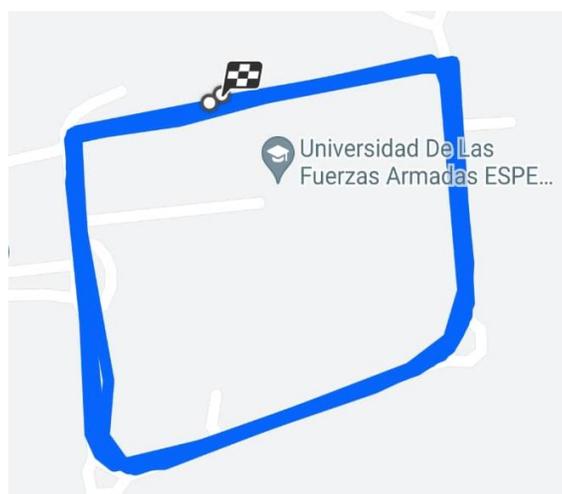
Se realizó dos diferentes ensayos para comprobar la diferencia de recorrido y en dos diferentes condiciones de carga; con uno y dos ocupantes. Los resultados obtenidos en los diferentes ensayos de circuito cerrado permiten comprobar la distancia total recorrida referenciando un valor de autonomía práctica.

Ensayo de circuito cerrado en condición dos ocupantes

El ensayo se realizó con un peso total de 137 kg, el trayecto cuenta con tramos planos y tramos con diferente inclinación que demanda mayor energía por parte del motor.

Figura 39

Trayecto recorrido en circuito cerrado



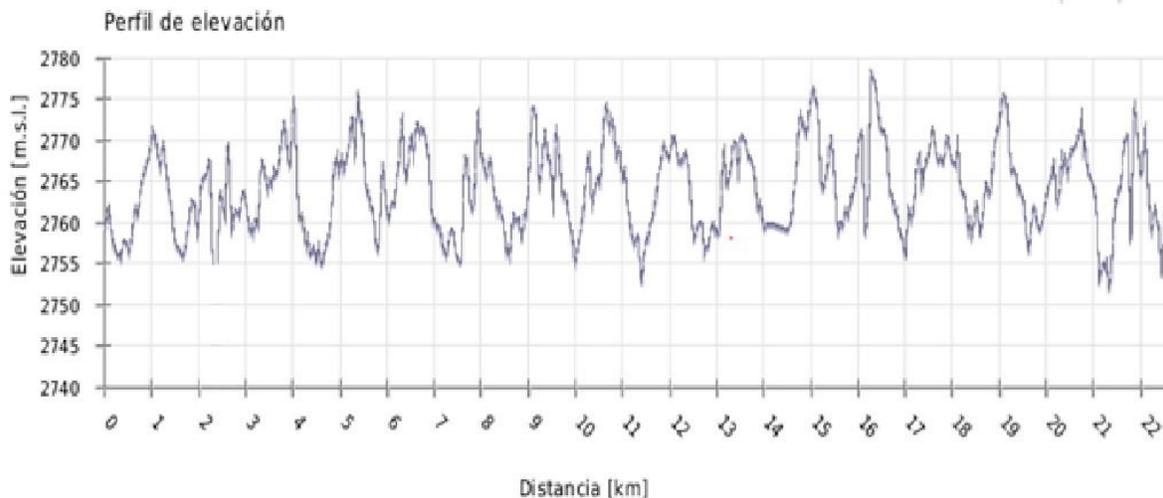
Nota. La Figura indica la ruta realizada en el ensayo de circuito cerrado, dentro de la vía interna de Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, campus Belisario Quevedo.

Elevación del Circuito Cerrado

La Elevación – Distancia se generó en el ensayo de ruta de circuito cerrado, la misma se ejecutó dentro de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Belisario Quevedo, en las principales vías existiendo una diferencia de altura de 40 metros en todo el trayecto.

Figura 40

Gráfica de Elevación – Distancia en Circuito Cerrado



Nota. La gráfica determina el perfil de elevación del circuito cerrado realizado en la Universidad ESPE, Belisario Quevedo.

Tabla 15

Resultados de elevación circuito cerrado

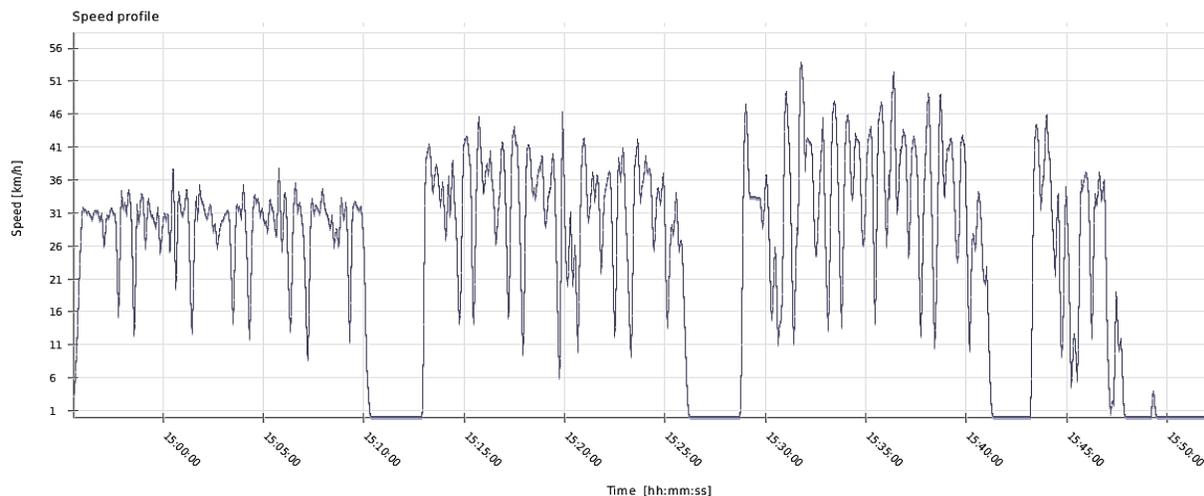
Característica	Resultado
Elevación mínima	2740 m.s.l.
Elevación máxima	2780 m.s.l.
Ascenso	840 m
Descenso	837 m
Elevación inicial	2760 m.s.l.
Elevación final	2763 m.s.l.

Nota. La tabla indica los puntos máximos y mínimos de elevación, en circuito cerrado, además

de ascensos y descensos presentes en la ruta.

Figura 41

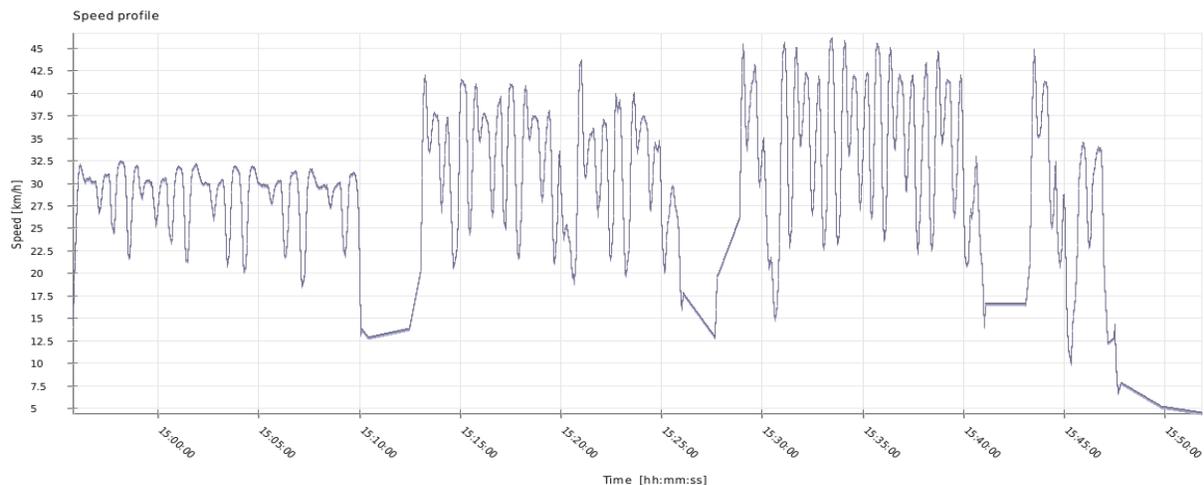
Gráfica de Velocidad - Tiempo en Circuito cerrado Ensayo 1



Nota. La Figura muestra la gráfica Velocidad - Tiempo, de acuerdo con el protocolo WLTP establecido a distintas velocidades baja, media y alta en Ensayo 1.

Figura 42

Gráfica de Velocidad - Tiempo en Circuito Cerrado Ensayo 2



Nota. La Figura muestra la gráfica Velocidad - Tiempo, de acuerdo con el protocolo WLTP

establecido a distintas velocidades baja, media y alta en Ensayo 2.

Tabla 16

Resultados en circuito cerrado condición dos ocupantes (WLTP)

Descripción	Ensayo 1	Ensayo 2	Media	Desviación
Tensión inicial (V)	66.50	66.4	66.37	0,23
Tensión final (V)	53.90	54.1	53.9	0,20
Porcentaje de batería inicial (%)	100	96.99	99	1,74
Porcentaje de batería final (%)	5.26	6.77	5.26	1,51
Tiempo de operación (seg)	3370	3150	3333.33	168,03
Distancia recorrida (km)	21.92	22.20	22.06	1,20
Velocidad máxima (km/h)	53.20	52.34	52.23	1,03
Velocidad promedio (km/h)	24.60	25.30	24.7	0,56

Nota. La tabla muestra los resultados de los distintos ensayos realizados en circuito cerrado, el promedio y la desviación.

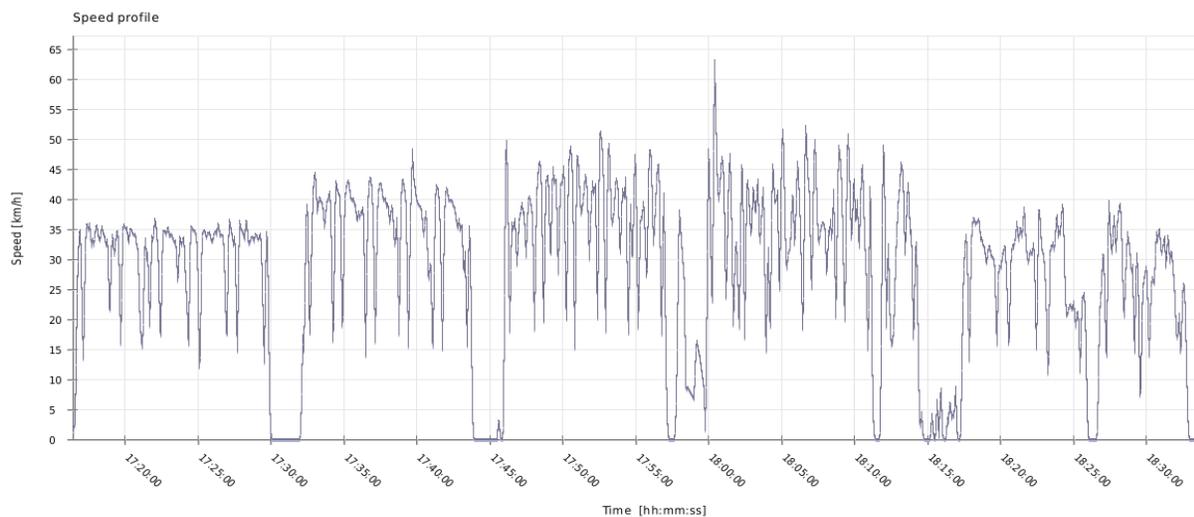
Los dos ensayos realizados en circuito cerrado en condición de dos ocupantes determinaron una autonomía de 21,54 kilómetros alcanzada en el prototipo L2 CMDR RICKSHAW, a una velocidad máxima de 52.23 km/h y una velocidad promedio de 24.7 Km/h; durante un tiempo total de 3333.33 segundos (55 minutos, 33 segundos), al iniciar la prueba con una tensión de 66.37 voltios y finalizando con una tensión de 53.9 voltios.

Ensayo de circuito cerrado en condición de un ocupante

El ensayo de circuito cerrado en condición de un ocupante está fundamentado en evidenciar la autonomía al disminuir el peso o carga que transporta el BEV. En este caso, el peso total del conductor es de 70 kg.

Figura 43

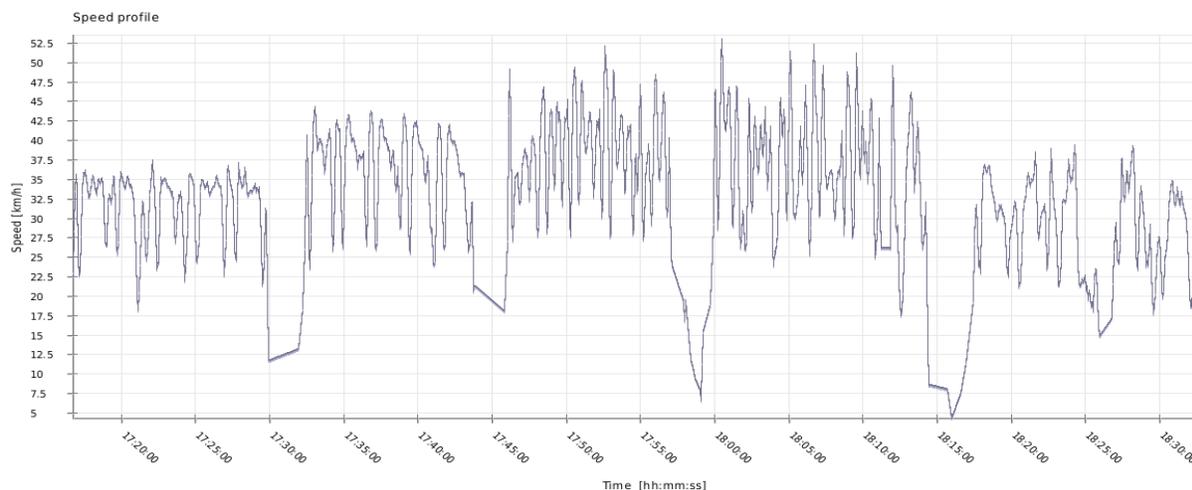
Gráfica de Velocidad - Tiempo en Circuito Cerrado Ensayo 1



Nota. La ilustración determina la gráfica Velocidad - Tiempo, de acuerdo con el protocolo WLTP establecido a distintas velocidades baja, media y alta en Ensayo 1.

Figura 44

Gráfica de Velocidad - Tiempo en Circuito Cerrado Ensayo 2



Nota. La gráfica Velocidad - Tiempo, determina un protocolo WLTP establecido a distintas velocidades baja, media y alta en Ensayo 2.

Tabla 17

Resultados en circuito cerrado condición un ocupante (WLTP)

Descripción	Ensayo 1	Ensayo 2	Media	Desviación
Tensión inicial (V)	66.5	66.5	66,50	0,92
Tensión final (V)	53.60	53.8	53,70	0,25
Porcentaje de batería inicial (%)	100	100	100,00	6,95
Porcentaje de batería final (%)	3.00	6.77	3,76	1,90
Tiempo de operación (seg)	4638	4763	4700,50	250,69
Distancia recorrida (km)	35.64	36.12	35,88	1,85
Velocidad máxima (km/h)	52.30	52.41	52,36	0,06
Velocidad promedio (km/h)	27.90	27.16	27,53	0,45

Nota. La tabla indica los resultados de los distintos ensayos realizados en circuito cerrado, el promedio y la desviación estándar.

En los resultados del ensayo en circuito cerrado en condición de un ocupante se evidencia que a menor carga el vehículo eléctrico L2 CMDR RICKSHAW alcanza una autonomía mayor de 35.88 kilómetros, alcanzando una velocidad máxima de 52.36 Km/h, a una velocidad promedio de 27.53 Km/h; durante el tiempo total de 4700 segundo (78 minutos y 20 segundos), los ensayos iniciaron un con porcentaje de carga total de 100 % hasta finalizar su carga.

Estudio termográfico

Temperatura del motor

A través de la medición de la temperatura del motor se establece el comportamiento del sistema de tracción utilizado en el prototipo L2 CMDR RICKSHAW, en diferentes pruebas de ruta realizadas.

Tabla 18

Temperaturas de ciclos recorridos NEDC-WLTP

Prueba	Ciclo	Temperatura Inicial (°C)	Temperatura Final (°C)	Temperatura ambiente (°C)
NEDC	Urbano 1	34.1	51.7	24
	Urbano 2	30.9	46.4	18
	Urbano 3	31.6	48.2	21
WLTP	Extraurbano 1	38.1	47.5	25
	Extraurbano 2	31.7	40.3	20
	Extraurbano 3	25.4	33.1	15

Nota. En la tabla se aprecia la temperatura promedio tomada de diferentes zonas del motor y el tiempo de operación cada prueba.

En los resultados de las rutas urbana existía tramos con elevaciones pronunciadas generando mayor demanda de energía en esos instantes y se evidencia en la temperatura llegando a 51.7 °C. A diferencia de la ruta extraurbana en la que el régimen de demanda de energía permanecía estable llegando a una temperatura de 47.5°C.

Tabla 19

Resultados en circuito Cerrado

Condición	Dos ocupantes		Un ocupante	
	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 1	Ensayo 2
Temperatura ambiente	18	16	15	20
Temperatura inicial	21.8	20.9	24.9	27.7
Temperatura velocidad baja	29.1	25.3	28.7	30.5
Temperatura velocidad media	32.9	30.7	31.1	33.2
Temperatura velocidad alta	37.2	35.1	34.7	38.5
Temperatura final	41.0	38.6	38.2	43.1

Nota. En la tabla se determina la temperatura referente al ensayo en circuito cerrado en diferentes zonas del motor.

Los resultados de temperatura en el circuito cerrado en condición de dos ocupantes muestran la temperatura promedio inicial de 21.8 °C llegando hasta una temperatura de 41 °C, existiendo un aumento de temperatura de 19.2 °C, evidenciando que la incidencia del peso respecto a la temperatura, además de alcanzar un recorrido mucho mayor de 35,64 km de acuerdo con el estudio de autonomía.

Autonomía teórica

Para evidenciar la autonomía teórica mediante matemática se aplica la siguiente relación:

$$AT: \frac{SOC\% * Autonomía\ teórica}{100}$$

La correlación es un método estadístico para el análisis de información, consiste en analizar la relación entre dos variables x, y. El resultado indica la relación, sobre los llamados coeficientes de relación, sobre variables cuantitativas o cualitativas.

El método aplicar es la regresión lineal, está técnica de análisis predice el comportamiento de una variable dependiente a partir de otra independiente. Para lo cual las siguientes variables para estudio son las siguientes:

Variable independiente:

- Autonomía

Variable dependiente:

- Tiempo (Segundos)
- Velocidad (km/h)
- Voltaje de las baterías (V)
- Temperatura (T°)
- Corriente inducida promedio (Ah)

La autonomía se determina mediante la aplicación de la siguiente ecuación:

$$Autonomía = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_x x_x$$

Donde:

$$x_1 = \text{Tiempo (segundos)}$$

$$x_2 = \text{Velocidad (km/h)}$$

$$x_3 = \text{Tension de batería (V)}$$

$$x_4 = \text{Temperatura (T°)}$$

$x_5 =$ Corriente inducida promedio(A)

Autonomía ruta urbana-NEDC

Tabla 20

Datos de regresión lineal ruta urbana-NEDC

Tiempo (seg)	Velocidad (km/h)	Tensión de batería (V)	Temperatura(°C)	Corriente inducida (A)
0	0	65	34.1	0.0
133	26.8	62.5	36.2	21.3
320	19.1	64.8	37.3	14.2
428	33.1	62.9	40.7	5.2
557	27.8	57.4	43.9	21.5
679	29.3	63.2	45.1	0.8
860	19.8	59.5	47.3	38.0
1007	24.4	60.8	48.6	0.3
1133	28.4	58.9	49.2	15.6
1337	17.5	59.4	49.9	5.5
1463	0	58.6	51.7	0.0

Nota. La tabla muestra los valores a promediar para la determinación de la fórmula de regresión lineal en ciclo urbano.

Tabla 21

Resultados se correlación ruta urbana

	Variable	Valor
x_1	Tiempo (s)	1463
x_2	Velocidad (km/h)	26.2

	Variable	Valor
x_3	Tensión (V)	58.6
x_4	Temperatura (°C)	51.7
x_5	Corriente promedio consumida (Ah)	12.6

Nota. La tabla indica los valores de las variables para la correlación en ruta urbana.

$$Autonomía = -399.50 - \frac{3}{5000} * x_1 + \frac{507}{100000} * x_2 + \frac{5159}{10000} * x_3 - \frac{69}{5000} * x_4 + \frac{233}{2500} * x_5$$

$$Autonomía = -399.50 - \frac{3}{5000} * Tiempo (Segundos) + \frac{507}{100000} * Velocidad (km/h) + \frac{5159}{10000} * Tensión (V) - \frac{69}{5000} * Temperatura (C°) + \frac{233}{1250} * Corriente consumida (Ah)$$

$$Autonomía = -399.50 - \frac{3}{5000} * 1463 + \frac{507}{100000} * 26.2 + \frac{5159}{10000} * 58.6 - \frac{69}{5000} * 51.7 + \frac{651}{1250} * 12.6$$

$$Autonomía = 40.65 \%$$

$$Autonomia = \frac{40.65 * 52.4}{100}$$

$$Autonomia = 21.32 \text{ km}$$

Autonomía ruta extraurbana -WLTP

Tabla 22

Datos de correlación ruta extraurbana

Tiempo (seg)	Velocidad (km/h)	Tensión de batería (V)	Temperatura(°C)	Corriente inducida (A)
0	0	65	38.1	0.0

Tiempo (seg)	Velocidad (km/h)	Tensión de batería (V)	Temperatura(°C)	Corriente inducida (A)
174	21.6	64.8	38.5	21.3
270	26.9	61.8	38.9	15.2
389	32.6	60.2	39.3	16.5
498	35.1	59.5	39.8	25.5
570	43.4	57.6	40.1	28.8
686	31.6	58.8	40.5	1.2
789	38.7	57.3	40.9	17.3
849	51	55.9	42.5	9.6
928	44.5	56.1	42.6	18.4
1,033	31.5	55.8	42.9	21.5
1,101	48.9	56.5	43.2	15.5
1,214	32.6	57.6	43.7	25.6
1,284	12.7	59.3	44.8	0.0

Nota. La Tabla indica los resultados de los ensayos en ruta extraurbana para el análisis de correlación.

Tabla 23

Resultados se correlación ruta extraurbana-WLTP

	Variable	Valor
x_1	Tiempo (s)	1284
x_2	Velocidad (km/h)	33.5
x_3	Tensión (V)	58.78
x_4	Temperatura (°C)	44.8
x_5	Corriente promedio consumida (Ah)	15.5

Nota. La tabla indica los valores de las variables para la correlación en ruta extraurbana.

$$\text{Autonomía} = -399.013 - \frac{13}{25000} * x_1 + \frac{17}{10000} * x_2 + \frac{651}{1250} * x_3 - \frac{641}{20000} * x_4 + \frac{639}{12500} * x_5$$

$$\text{Autonomía} = -399.013 - \frac{13}{25000} * \text{Tiempo (Segundos)} + \frac{17}{10000} * \text{Velocidad (km/h)} + \frac{651}{1250} * \text{Tensión (V)} - \frac{4}{125} * \text{Temperatura (C°)} + \frac{641}{20000} * \text{Corriente consumida (Ah)}$$

$$\text{Autonomía} = -399.013 - \frac{13}{25000} * 1248 + \frac{17}{10000} * 33.52 + \frac{651}{1250} * 58.78 + \frac{641}{2000} * 44.8 + \frac{639}{12500} * 15.5$$

$$\text{Autonomía} = -399.013 - \frac{13}{25000} * 1284 + 7.521 * 58.6 + \frac{4}{125} * 44.8 - \frac{639}{12500} * 15,5$$

$$\text{Autonomía} = 41.81 \%$$

$$\text{Autonomía} = \frac{41.81 * 52.4}{100}$$

$$\text{Autonomía} = 21.90 \text{ km}$$

Autonomía práctica vs Autonomía calculada

El valor de autonomía calculada comparado con la autonomía práctica, tomando en consideración el valor en ciclo NEDC y WLTP.

Autonomía práctica: 22.06 km

- **Ciclo NEDC**

Autonomía NEDC: 21.30 kilómetros

Desigualdad = 22.06 kilómetros – 21.30 kilómetros

Desigualdad= 0.76 kilómetros

La diferencia de valores es de 0.76 kilómetros, existiendo un margen de error de 3.44 % respecto a la autonomía práctica que es un valor considerable por lo cual no refleja una distancia cercana a la real.

- **Ciclo WLTP**

Autonomía WLTP: 21.90 kilómetros

Desigualdad = 22.06 kilómetros -21.90 kilómetros

Desigualdad=0.16 kilómetros

El valor de 0.16 kilómetros corresponde a un margen de error de 0.72 % acercándose más a la autonomía práctica del vehículo eléctrico, estableciendo que el ciclo WLTP se asemeja más a la autonomía práctica.

Capítulo V

Marco Administrativo

Recursos

Para la investigación realizada con el nombre “Estudio de la autonomía del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW”; se optó por los recursos establecidos a continuación.

Recursos humanos

Los recursos humanos hacen referencia a los colaboradores que aportaron en la investigación, de manera de obtener un resultado lo más satisfactorio posible, los cuales se indica en la siguiente tabla.

Tabla 24

Recursos humanos

Orden	Descripción	Cantidad	Función
1	Sr. Monar Barragan Jorge Alexander	1	Investigador
2	Sr. Pachacama Carrera Kevin Guillermo	1	Investigador
3	Ing. Leonidas Antonio Quiroz Erazo	1	Investigador Colaborador científico Especialista sistemas BEV

Nota. La tabla muestra los recursos humanos contribuyeron en la investigación

Recursos tecnológicos

Para el desarrollo de la investigación se requirió de diferentes elementos electrónicos que serán detallados en la siguiente tabla.

Tabla 25*Recursos tecnológicos*

Orden	Descripción	Cantidad	Costo
1	Cámara termográfica	1	\$ 0.00
2	Pinza Amperimétrica	1	\$ 10.00
3	Multímetro	1	\$ 40.00
4	Teléfono móvil	1	\$ 0.00
5	Calibración de equipos	1	\$ 200.00
Total			\$ 250.00

Nota. La tabla indica los recursos tecnológicos necesarios para la investigación, indica la cantidad, descripción y costo de los elementos.

Recursos materiales

Los recursos materiales presentes en la investigación son detallados en la siguiente tabla.

Tabla 26*Recursos materiales*

Orden	Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo Total
1	Prototipo VE	1	\$ 2000	\$ 2000
2	Cables eléctricos	10	\$ 1.00	\$ 10.00
3	Cinta adhesiva	2	\$ 0.50	\$ 1.00
Total				\$2011.00

Nota. La tabla se refleja los costos materiales utilizados en la investigación, la tabla indica la cantidad, descripción y costo unitario y total de los elementos.

Presupuesto

La tabla detalla los costos totales de la investigación, el mismo es determinado por el resultado de la suma total de los recursos.

Tabla 27

Costo total del proyecto

Descripción	Costo total
Recursos tecnológicos	\$ 250.00
Recursos materiales	\$ 2011.00
Total	\$ 2261.00

Nota. La tabla indica el costo total de la investigación, además de la descripción de recursos tecnológicos y materiales y el valor de los mismos.

Capítulo VI

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- Se realizó el estudio de la autonomía del vehículo eléctrico L2 CMDR RICKSHAW partiendo del fundamento teórico y científico de los motores eléctricos conociendo características de funcionamiento y la investigación de diferentes ciclos de conducción homologados NEDC y WLTP a fin de establecer protocolos de pruebas experimentales y estrategias para la medición de parámetros que se analizaron para conocer las prestaciones de autonomía.
- Se determinó la autonomía del vehículo eléctrico considerando diversos aspectos de conducción llegando a una velocidad máxima de 54.6 km/h y un nivel de descarga de baterías de 53.2 voltios referenciando a un 0 % del estado de carga, alcanzando con dos ocupantes una autonomía de 22.06 kilómetros este valor varía en función del peso y condiciones de ruta que requieran mayor demanda de energía, alcanzando con un ocupante de 70 kg aproximadamente una autonomía de 34.64 kilómetros que representa un aumento del 54 % más de recorrido.
- A través de diferentes protocolos realizados se ejecutó los ensayos estableciendo trayectos acordes a condiciones de ruta urbana partiendo de la Campus Belisario Quevedo hasta en campus centro de la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe Sede Latacunga fundamentado en el ciclo de conducción NEDC y en condiciones de ruta extraurbana partiendo de la ciudad de Latacunga hasta la ciudad de Salcedo fundamentado en el ciclo de conducción WLTP.
- Se realizó diferentes pruebas de autonomía a través de ensayos considerando demanda y aporte de energía de la batería, con un estado de carga de 100 % se determinó una

autonomía práctica de 22.06 kilómetros, en condiciones de ruta urbana fundamentada en ciclo de conducción NEDC se calculó una autonomía de 21.30 kilómetros, la diferencia respecto a la autonomía práctica corresponde a 0.76 kilómetros existiendo un margen de error de 3.44%. En condiciones de ruta extraurbana fundamentada en ciclo de conducción WLTP se calculó una autonomía de 21.90 kilómetros, la diferencia respecto a la autonomía práctica es de 0.16 kilómetros existiendo un margen de error de 0.72 % acercándose más a la autonomía práctica.

- En los diferentes ensayos realizados en rutas urbanas y extraurbanas muestran que el rendimiento del prototipo L2 CMDR RICHSHAW es adecuado considerando la demanda de movilizar a 2 ocupantes con un peso total de 137 kg, desplazándose en pendientes con la activación de tracción 3x3 y evidenciando un buen desempeño que se reflejan en función de su autonomía.
- Mediante el estudio termográfico realizado se evidencio el comportamiento de la temperatura en diferentes condiciones de ruta, este parámetro se ve afectado cuando existe mayor demanda de energía por parte del motor induciendo corrientes elevadas cuando existe tramos con pendiente; en el ensayo de ruta urbana que consta de trayectos con pendientes, arranques y paradas constantes alcanzo una temperatura de 51.7 °C que fue la temperatura máxima de operación alcanzada.
- Se obtuvo un valor de la autonomía calculada mediante matemática aplicada, analizando parámetros de temperatura, tensión de batería e intensidad de corriente, obtenidos a través de instrumentos de medición y para la obtención de parámetros como elevación de ruta, velocidades y distancias recorridas se optó por aplicaciones móviles y sitios web.

Recomendaciones

- A fin de evaluar una autonomía adecuada en el prototipo es recomendable ahondar en

estudios que contemplen diversas pruebas estáticas y dinámicas.

- La autonomía y rendimiento del prototipo se ve reflejada en diferentes condiciones de operación, siendo la más importante la carga que se aplica que sería el peso de los ocupantes.
- Hay elementos externos que cambian la autonomía de un vehículo eléctrico y cabe mencionar que es importante tener un estilo de conducción adecuado ya que nos permitirá aprovechar la frenada regenerativa.
- Para considerar la autonomía en la región, es importante realizar los ensayos en rutas donde existe variación de la superficie en cuanto a elevaciones, pendientes, tramos largos y cortos, para verificar el estado de carga y descarga de las baterías, esto referente a las características de las vías en el país.
- Considerar el voltaje mínimo de funcionamiento de las baterías, permite conocer una autonomía real, debido a que, si no se conoce este parámetro, los motores podrían dejar de funcionar en sitio alejado de nuestro punto de destino.
- Al ser un vehículo eléctrico, es oportuno conocer el funcionamiento de las elementos y componentes que lo conforman, al mismo tiempo tener cuidado con la operación de este, cuando se trate del sistema eléctrico y de la tracción.

Bibliografía

- Marotta, A., Pavlovic, J., Ciuffo, B., Serra, S., & Fontaras, G. (2015). Gaseous Emissions from Light-Duty Vehicles: Moving from NEDC to the New WLTP Test Procedure. *Environmental Science & Technology*, 8317 - 8318. Obtenido de <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acs.est.5b01364>
- Barlow, T., Latham, S., McCrae, I., & Boulter, P. (2009). *A reference book of driving cycles for use in the measurement of road vehicle emissions*. TRL Published Project Report.
- Bikelec. (2019). *Controlador*. Obtenido de <https://www.bikelec.es/blog/controlador>
- Bustamante Verdugo, E. M., & Reibán Morocho, G. X. (2020,). *Estudio de factibilidad técnico-económica del diseño e implementación de un banco de baterías para un vehículo híbrido*. Cuenca, Azuay, Ecuador: s.e.
- Cando Mera, D. A., & Suntaxi Caizaluiza, A. X. (2019). Análisis de los procesos de carga y descarga de la batería de alta tensión y autonomía del bus 100% eléctrico marca BYD K9G cama alta en diferentes condiciones de operación. *Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE*, 2.
- Cuesta, G. (Septiembre de 2017). Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/108997/tfmguillermocuestafinal.pdf>
- Fluke . (15 de Febrero de 2016). *redeweb*. Obtenido de <https://www.redeweb.com/ficheros/articulos/p68a72.pdf>
- Fluke. (Julio de 2015). *fluke.com*. Obtenido de https://dam-assets.fluke.com/s3fs-public/tiSxx__umspa0000.pdf?YcrzEPE9sn.Dxoq8lrq0rz8.CTrJ0r1S
- González Oropeza, R. (Febrero de 2005). Los ciclos de manejo, una herramienta útil si es dinámica para evaluar el consumo de combustible y las emisiones contaminantes del auto transporte. *Universidad Nacional Autónoma de México*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/404/40460301.pdf>

- Grijalva Paredes, F. R. (2014). Analizar la eficiencia de una moto eléctrica en la ciudad de Quito. 2-4.
- Guano Chuncho , G. N. (2022). Realización de pruebas de funcionamiento del vehículo monoplaza ecológico aplicando los respectivos protocolos de prueba para determinar la autonomía del mismo. *Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE*.
- Ibáñez, P. (1 de Febrero de 2017). *Así se mide la autonomía homologada de un coche eléctrico y lo que pasa en la realidad*. Obtenido de Xataka:
<https://www.xataka.com/automovil/cuanta-autonomia-real-tiene-un-coche-electrico>
- JAES. (22 de Enero de 2021). *JAES Company* . Obtenido de
<https://www.jaescompany.com/elearning.php?lang=es>
- Jorge, U., & Andres, V. (2018). *dspace*. Obtenido de
<https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/8428/1/14148.pdf>
- Jose, D. (2016). *Diseño eléctrico y electrónico de una [Tesis de grado, Universidad de Valladolid]*.
- Jumbo, D. A., & Reyes , P. L. (26 de 09 de 2012). *Implementacion de un motor electrico sobre el chasis de una motocicleta Yamaha TTR125*. Obtenido de
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2915/1/UPS-CT002474.pdf>
- Llumahuasi Quispe, E. J. (2019). Diseño e implementación de un sistema de control integrado para los componentes de un bicicleta eléctrica. *Universidad Técnica del Norte* .
- López Martínez, J. M. (2015). *Vehículos Híbridos y eléctricos*. Madrid: Dextra.
- Lynch, T., Mela, J., & Members. (2017). Obtenido de https://www.haydonkerkpittman.com/-/media/ametekhaydonkerk/downloads/white-papers/dc_brush_commutated_vs_brushless_motors.pdf?la=en&revision=37ca0afe-5645-4ff3-9673-10553bdb33e4&hash=D0798E6250D02BA03A8B802994E3FA32
- Martin, J. (4 de Octubre de 2018). *Motor Pasion Moto*. Obtenido de
<https://www.motorpasionmoto.com/scooter/peugeot-e-metropolis-2019>

- Minguela Benito, I. (2016). Diseño eléctrico y electrónico de una motocicleta eléctrica infantil 2x2. *Universidad de Valladolid*. Obtenido de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/17666/TFG-P-371.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Montero Granados, R. (2016). Modelos de regresión lineal múltiple. *Documentos de Trabajo en Economía Aplicada*. España: Universidad de Granada.
- Morán Carrera, N. A. (2019). Propuesta de un estudio técnico económico para la implementación de un taller de conversión de motocicletas con motor de combustión interna a motor eléctrico. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/41253/1/TESIS%20FINAL%20NELSON%20ALONSO%20MOR%C3%81N%20CARRERA.pdf>
- Morente Fernández, C. (2015). *Análisis y Modelado del comportamiento de baterías para vehículos eléctricos*. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid.
- Moscardó, R. (14 de Julio de 2015). *uvadoc*. Obtenido de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/13759/TFM-I-300.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Peña, C. (5 de 2011). *uc3m*. Obtenido de e-archivo.uc3m: https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/11805/PFC_Carlos_Pena_Ordenez.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ros Marín, J. A., & Barrera Doblado, Ó. (2017). *Vehículos eléctricos e híbridos*. Madrid: Paraninfo.
- Ros, J., & Barrera, O. (2017). *vehiculos electricos e hibridos*. Llanera, España: Paraninfo, SA.
- Scholtes Ruiz, R. (2018). *Impacto del vehículo eléctrico en la industria española: Descripción económica en ciernes*. Madrid: DAYTON, S.A. Obtenido de <https://presidencia.gva.es/documents/166658342/168122801/Ejemplar+411/3caba553-a499-4f69-8c40-51e9316e2345>

Serrano Gallego, R. (2003). *Introducción al análisis de datos experimentales: tratamiento de datos en bioensayos*. Castellón de la Plana : Universitat Jaume I.

Tercero Cabascango, B. D., & Toapanta Morocho, E. G. (2022). Análisis del modelado eléctrico y mecánico de motocicletas alternativas para incursionar en la movilidad eléctrica. *Universidad de las Fuerzas Armadas E.S.P.E.*

Tiendas Industriales Asociadas (TIA). (2022). *Movilidad Eléctrica*. Obtenido de Tricimoto Electrica Negro Ams Tr02: <https://www.tia.com.ec/tricimoto-electrica-ams-tr02-negro-134438003/p>

Trashorras Montecelos, J. (2019). *Vehículos Elécticos* . Madrid: Paraninfo.

VARUS ECUADOR. (2022). *Motos Eléctricas Homologadas*. Obtenido de <https://varusecuador.com/el-lider-mundial-de-scooters-electricos-esta-en-ecuador/>

Ward, B. (05 de 02 de 2011). *Brushless DC Motor Control Made Easy*. Obtenido de <http://ww1.microchip.com/downloads/en/appnotes/00857b.pdf>

Anexos