



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**Investigación de las características de desempeño del vehículo eléctrico
multipropósito L2 CMDR RICKSHAW**

Arias Gallo, Carlos Aníbal y Tapia Juárez, Luis Eduardo

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Trabajo de integración curricular previo a la obtención del título de ingeniería automotriz

Ing. Quiroz Erazo, Leonidas Antonio

23 de febrero del 2023

Latacunga



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Reporte de verificación de contenidos

CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

UIC Torque y Potencia - Arias_Tapia

6% Similitud **1%** Índice de similitud
1% Índice de plagio **2%** Índice de plagio

Número del documento: UIC Torque y Potencia - Arias_Tapia.docx
 ID del documento: c617acc32004421c2d8a00802091c0f5ed7fe
 Tamaño del documento original: 732 KB
 Depositante: LEONIDAS ANTONIO QUIROZ ERAZO
 Fecha de depósito: 23/03/2019
 Tipo de carga: original
 Fecha de fin de análisis: 23/03/2019
 Número de palabras: 14.968
 Número de caracteres: 94.570

Distribución de las similitudes en el documento:

Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitud	Utilizaciones	Datos adicionales
1	ANÁLISIS NECESIDAD DOCUMENTO DE TITULACIONES ARIAS_TAPIA... El documento proviene de la biblioteca de referencias 8 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 26 (27% palabras)
2	www.mecanica.com... 7 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 26 (34% palabras)
3	www.mecanica.com... 7 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 26 (34% palabras)
4	www.mecanica.com... 7 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 26 (34% palabras)
5	www.mecanica.com... 7 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 26 (34% palabras)
6	www.mecanica.com... 7 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 26 (34% palabras)
7	www.mecanica.com... 7 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 26 (34% palabras)
8	www.mecanica.com... 7 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 26 (34% palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitud	Utilizaciones	Datos adicionales
1	Documento de otro usuario... El documento proviene de otro usuario	< 1%		Palabras idénticas: 1 (6/13 palabras)
2	www.mecanica.com... 7 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: 1 (6/13 palabras)
3	www.mecanica.com... 7 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: 1 (6/13 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento en sus respectivas secciones.

- <http://www.esccad.com/eficiencia-de-un-motor-electrico-y-la-velocidad-comunes/>
- <http://cibacop.com.ve/edu/achanda/133486789/1152>
- <http://espe.edu.ec/achanda/133486789/1152>

Ing. Quiroz Erazo Leonidas Antonio

C. C.: 050250999-5



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: **“Investigación de las características de desempeño del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW”** fue realizado por los señores **Arias Gallo, Carlos Aníbal y Tapia Juárez, Luis Eduardo**, 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 Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Arias Gallo, Carlos Aníbal** y **Tapia Juárez, Luis Eduardo** con cédulas de ciudadanía N° **171427216-6** y **171751552-0** declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **“Investigación de las características de desempeño 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

Arias Gallo, Carlos Aníbal

C.C.: 171427216-6

Tapia Juárez, Luis Eduardo

C.C.: 171751552-0



Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Autorización de Publicación

Yo/ nosotros **Arias Gallo, Carlos Aníbal** y **Tapia Juárez, Luis Eduardo**, con cédulas de ciudadanía N° **171427216-6** y **171751552-0**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **“Investigación de las características de desempeño 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

Arias Gallo, Carlos Aníbal

C.C.: 171427216-6

Tapia Juárez, Luis Eduardo

C.C.: 171751552-0

Dedicatoria

El presente trabajo está dedicado a mi familia, especialmente a mis padres Luis Aníbal Arias y Lic. Ana Rebeca Gallo quienes fueron los puntales que apoyaron mi travesía universitaria y me ayudaron a no desfallecer en este duro camino, A mi tía, Lic. Piedad Gallo quien me apoyo incondicionalmente, mis hermanos y sobrinas que siempre me alentaron a seguir adelante y conquistar este sueño que lo he postergado por mucho tiempo

CARLOS ANIBAL ARIAS GALLO

Agradecimiento

Agradeciendo a Dios por darme la oportunidad de lograr este proyecto dándome la salud, sabiduría y paciencia para lograr este objetivo

A mi familia que siempre vela por mi bienestar especialmente durante mi aventura universitaria

A todos mis compañeros con los cuales compartí mi vida universitaria, especialmente a mis amigos José y Stalyn que compartimos vivencias, disfrutamos y nos apoyamos para sobrellevar de la mejor manera nuestra carrera.

A la universidad de las Fuerzas Armadas Espe Sede Latacunga quien me abrió las puertas sin condicionamiento alguno

A todos mis profesores quienes no les importo mi edad y me instruyeron con su esfuerzo y dedicación para poder lograr alcanzar mi meta

De manera muy especial agradezco al Ing. Leonidas Quiroz, por permitirnos ser parte de este proyecto y a su vez ser nuestro tutor de la unidad de integración curricular, y nos supo brindar su apoyo incondicional durante el desarrollo de la investigación.

CARLOS ANIBAL ARIAS GALLO

Dedicatoria

Dedico el presente trabajo de integración curricular en primer lugar a Dios y a mi familia pilares fundamentales en mi vida, los cuales siempre me han apoyado y guiado, con sus enseñanzas y consejos, los cuales me dieron la fuerza y motivación para seguir adelante y culminar mi carrera universitaria.

A mi padre Luis Tapia, quien es mi mayor orgullo y bendición al ser la persona más sabia y responsable que conozco, con sus consejos y su apoyo, siempre me brindo las herramientas para poder desarrollarme en mi vida universitaria

A mi madre Blanca Juárez quien con su cariño y compañía siempre me apoyo a sobrellevar los duros momentos, haciéndome una persona de bien, y motivándome a seguir adelante con mis metas.

A mi hermano Israel al ser quien siempre me cuido y protegió durante mi vida, ser un ejemplo de hermano mayor brindándome la motivación a seguir trabajando duro y esforzarme por alcanzar mis metas.

A mis hermanas Doménica y Dolores, quienes me ayudaron a cumplir mis metas brindándome un apoyo y cariño incondicional

A mi sobrino Alan por ser quien me brinda cariño y grandes alegrías que me impulsan a seguir adelante.

TAPIA JUÁREZ LUIS EDUARDO

Agradecimiento

Agradezco a Dios por brindarme la fuerza y sabiduría, y mantenernos en salud a mí y a mi familia, brindarme la fortaleza para afrontar de la mejor manera mi vida universitaria.

A mis padres los cuales me apoyaron durante toda mi vida, brindándome siempre cariño y fortaleza.

A mis hermanos quienes fueron mi mayor apoyo durante los tiempos difíciles.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga la cual nos acogió en sus aulas y brindo la oportunidad de desarrollarnos como los futuros profesionales del país.

A los docentes del departamento de energía y mecánica los cuales nos brindaron todos sus conocimientos respecto a las materias impartidas, además de motivarnos a mejorar como profesionales, dar nuestro mayor esfuerzo en el cumplimiento de las metas propuestas y a mejorar cada día como personas.

Al Ingeniero Leonidas Quiroz, tutor de la unidad de integración curricular, quien nos supo asesorar y apoyar durante el desarrollo de la presente investigación.

LUIS EDUARDO TAPIA JUÁREZ

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	1
Reporte de verificación de contenidos.....	2
Certificación	3
Responsabilidad de Autoría.....	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento.....	7
Dedicatoria	8
Agradecimiento.....	9
Índice de contenidos	10
Índice de tablas	15
Índice de figuras	17
Resumen.....	19
Abstract	20
Capítulo I: Introducción.....	21
Antecedentes.....	21
Planteamiento del problema.....	22
Justificación, importancia y alcance.....	23
Descripción.....	24
Objetivos.....	25

<i>Objetivo General</i>	25
<i>Objetivos específicos</i>	25
VARIABLES DE INVESTIGACIÓN.....	27
<i>Variable Dependiente</i>	27
<i>Variable Independiente</i>	27
HIPÓTESIS	27
Capítulo II: Marco Teórico	28
Tensión	28
Intensidad	29
Resistencia	29
Ley de ohm	29
Potencia	30
Potencia y eficiencia del motor	30
Eficiencia	30
Torque	30
Vehículos Eléctricos	31
<i>Características</i>	31
Vehículos Eléctricos Ligeros (LEV).....	32
Motores eléctricos.....	33
Instrumentos de medición	33
<i>Dinamómetro</i>	33

<i>Dinamómetro de rodillos</i>	34
<i>BPVI - Banco de rodillos inerciales</i>	34
<i>SMAC</i>	35
<i>Medidor de distancias</i>	35
<i>Velocímetro GPS</i>	36
<i>Geo Tracker</i>	36
Normativa NTE INEN 2477	36
<i>Anexo A. Ensayo arrancabilidad en pendiente</i>	36
<i>Anexo B. Ensayo de aceleración en plano</i>	36
Capitulo III: Desarrollo de protocolos de ensayo del desempeño del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW	37
Protocolos de ensayos	37
Torque y potencia	37
Aceleración en plano	39
Arrancabilidad en pendiente	41
Ensayos efectuados en el prototipo	43
<i>Torque y Potencia</i>	43
Resultados obtenidos	46
Torque y potencia - motor posterior	46
Torque y potencia - motores delanteros	48
Ensayos de desempeño real del prototipo	52

<i>Arrancabilidad en Plano</i>	52
<i>Arrancabilidad en pendiente</i>	54
Pruebas de ruta	56
<i>Prueba de ruta 1</i>	56
<i>Prueba de ruta 2</i>	57
Capitulo IV: Análisis de resultados de torque y potencia del prototipo multipropósito	
L2 CMDR RICKSHAW	59
Motores delanteros	59
<i>Pruebas al 100% de carga</i>	59
<i>Pruebas al 50% de carga en las baterías</i>	61
<i>Pruebas a 25% de carga en las baterías</i>	62
<i>Análisis de resultados torque y potencia tren delantero</i>	64
Motor posterior	65
<i>Pruebas realizadas a 100% de carga en las baterías</i>	65
<i>Pruebas realizadas a 50% de carga en las baterías</i>	67
<i>Pruebas realizadas a 25% de carga en las baterías</i>	68
Comparativa de torque y potencia en diferente régimen de carga del tren posterior	70
Análisis pruebas de aceleración en plano y arrancabilidad en pendiente	71
<i>Resultado de las pruebas usando motores delanteros (2x3)</i>	71
<i>Resultado de las pruebas usando tres motores (3x3)</i>	73
<i>Resultado de las pruebas usando motores delanteros (2x3)</i>	75

<i>Resultado de las pruebas usando tres motores (3x3)</i>	77
<i>Resultado de las pruebas usando motores delanteros (2x3)</i>	79
<i>Resultado de las pruebas usando tres motores (3x3)</i>	81
Cálculo de la aceleración en plano	84
Aceleración Tren delantero	84
Aceleración tres motores en funcionamiento	86
Pruebas de arrancabilidad en pendiente	87
Tren delantero	87
Utilizando los tres motores simultáneamente (3x3)	88
Comparación de resultados de arrancabilidad en pendiente 2x3 y 3x3	89
Análisis resultados en pruebas de ruta	90
Capítulo V: Marco Administrativo	92
Recursos	92
<i>Recursos tecnológicos</i>	92
<i>Recursos humanos</i>	93
Recursos Materiales	93
Capítulo VI: Conclusiones y recomendaciones	95
Conclusiones	95
Recomendaciones	98
Bibliografía	100
Anexos	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Resultados obtenidos motor posterior</i>	51
Tabla 2 <i>Datos obtenidos tracción delantera</i>	51
Tabla 3 <i>Datos obtenidos</i>	53
Tabla 4 <i>Datos obtenidos</i>	55
Tabla 5 <i>Resultados obtenidos de las pruebas de ruta 1</i>	57
Tabla 6 <i>Resultados obtenidos de las pruebas de ruta 2</i>	58
Tabla 7 <i>Ensayo efectuado en los motores delantero, carga 100%</i>	60
Tabla 8 <i>Ensayo efectuado en los motores delantero, carga 50%</i>	61
Tabla 9 <i>Datos del ensayo efectuado en tren delantero del prototipo multipropósito L2 CMDR RICKSHAW</i>	63
Tabla 10 <i>Resultados de torque y potencia a distintos regímenes de energía</i>	64
Tabla 11 <i>Ensayo efectuado en tren posterior</i>	66
Tabla 12 <i>Ensayo tren posterior del vehículo prototipo multipropósito L2 CMDR RICKSHAW</i> ... 67	
Tabla 13 <i>Ensayo efectuado en motor posterior del prototipo multipropósito L2 CMDR RICKSHAW</i>	69
Tabla 14 <i>Resultados de las pruebas de torque potencia a distintos regímenes de energía</i>	70
Tabla 15 <i>Toma de datos en primera velocidad</i>	72
Tabla 16 <i>Toma de datos en primera velocidad</i>	74
Tabla 17 <i>Toma de datos en segunda velocidad</i>	76
Tabla 18 <i>Toma de datos en segunda velocidad</i>	78
Tabla 19 <i>Toma de datos en tercera velocidad</i>	80
Tabla 20 <i>Toma de datos en tercera velocidad</i>	82
Tabla 21 <i>Cuadro comparativo entre las pruebas realizadas usando solo el tren delantero (2x3)</i>	84

Tabla 22 <i>Cálculo aceleración en plano tren delantero</i>	85
Tabla 23 <i>Cuadro comparativo entre las pruebas realizadas usando todos los motores (3x3)</i> ...	86
Tabla 24 <i>Cálculo aceleración en plano utilizando los 3 motores (3x3)</i>	87
Tabla 25 <i>Valores de arrancabilidad en pendiente, tren delantero (2x3)</i>	88
Tabla 26 <i>Valores de arrancabilidad en pendiente usando los tres motores (3x3)</i>	89
Tabla 27 <i>Valores de arrancabilidad</i>	90
Tabla 28 <i>Datos obtenidos de las Pruebas de ruta</i>	91
Tabla 29 <i>Recursos tecnológicos</i>	92
Tabla 30 <i>Recursos Humanos</i>	93
Tabla 31 <i>Recursos materiales</i>	94
Tabla 32 <i>Gastos de la investigación</i>	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Corriente continua (CC) y corriente alterna (AC)</i>	28
Figura 2 <i>Variación de la resistencia en función de la temperatura para los NTC y los PTC</i>	29
Figura 3 <i>Esquema general de los componentes de un vehículo eléctrico</i>	31
Figura 4 <i>Componentes de la tracción eléctrica de un vehículo LEV</i>	32
Figura 5 <i>Banco de pruebas dinamométricas BPVI</i>	34
Figura 6 <i>Interfaz del software SMAC</i>	35
Figura 7 <i>Protocolo general para el desarrollo de pruebas dinamométricas</i>	38
Figura 8 <i>Protocolo general para la aceleración en plano</i>	40
Figura 9 <i>Protocolo general de arrancabilidad en pendiente</i>	42
Figura 10 <i>Acoplamiento de los ejes a los rodillos</i>	43
Figura 11 <i>Colocación de seguros</i>	44
Figura 12 <i>Comprobación de la fijación del vehículo a los rodillos</i>	44
Figura 13 <i>Revisión de los parámetros previos a la realización de las pruebas</i>	45
Figura 14 <i>Obtención de datos a través del software SMAC</i>	45
Figura 15 <i>Toma de datos durante la realización de las pruebas dinamométricas</i>	46
Figura 16 <i>Ensayo 1. Al 100% de carga de la batería</i>	47
Figura 17 <i>Ensayo 2. Al 50% de carga de la batería</i>	47
Figura 18 <i>Ensayo 3. Al 25% de carga de la batería</i>	48
Figura 19 <i>Ensayo 1. Al 100% de carga de las baterías</i>	49
Figura 20 <i>Ensayo 2. Al 50% de carga de las baterías</i>	50
Figura 21 <i>Prueba 3. Torque y potencia al 25% de carga de la batería</i>	50
Figura 22 <i>Medición de una distancia establecida para pruebas de arrancabilidad en plano</i>	52
Figura 23 <i>Comprobación de los sistemas del vehículo</i>	53
Figura 24 <i>Toma de datos de la pendiente</i>	54

Figura 25 <i>Datos de la pendiente</i>	55
Figura 26 <i>Selección de ruta 1 para los ensayos</i>	56
Figura 27 <i>Selección de ruta 2 para los ensayos</i>	57
Figura 28 <i>Ubicación de los motores en los rodillos del banco de pruebas dinamométricas</i>	59
Figura 29 <i>Curvas de torque y potencia en motor eléctrico</i>	60
Figura 30 <i>Curvas de torque y potencia en motor eléctrico</i>	62
Figura 31 <i>Curvas de torque y potencia en motor eléctrico</i>	63
Figura 32 <i>Comparativa torque y potencia entre las tres pruebas realizadas</i>	65
Figura 33 <i>Curvas de torque y potencia tren posterior</i>	66
Figura 34 <i>Curvas de torque y potencia tren posterior</i>	68
Figura 35 <i>Curvas de torque y potencia en motor eléctrico</i>	69
Figura 36 <i>Comparativo torque y potencia entre las tres pruebas realizadas</i>	71
Figura 37 <i>Comparación curvas velocidad versus tiempo</i>	73
Figura 38 <i>Gráfica velocidad versus tiempo</i>	75
Figura 39 <i>Comparación curvas velocidad versus tiempo</i>	77
Figura 40 <i>Gráfico velocidad versus tiempo</i>	79
Figura 41 <i>Gráfica velocidad versus tiempo</i>	81
Figura 42 <i>Velocidad en función del tiempo</i>	83

Resumen

El trabajo de integración curricular investigó las características de desempeño del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW; realizando ensayos de torque y potencia en condiciones ideales mediante banco de rodillos inercial modelo BPV1800, con ayuda del software de adquisición de datos SMAC se determinó la potencia del tren posterior de 1.4 kW y un torque de $1 \text{ kg} * \text{m}$, mientras en el tren delantero se obtuvo una potencia de 2.4 kW un torque de $1.3 \text{ kg} * \text{m}$; así como también, ensayos de acorde a la normativa NTE INEN 2477 que establece los parámetros que deben cumplir al momento de realizar los ensayos de aceleración en plano y arrancabilidad en pendiente, se determinó la velocidad máxima del prototipo es de 50 km/h ; la aceleración en pendiente alcanza una velocidad estable de $39.99 \frac{\text{km}}{\text{h}}$; Empleando su tracción 3x3; se desarrolló ensayos de pruebas de ruta en diferentes condiciones de terreno, donde se constató la velocidad máxima que alcanza el prototipo así como también la velocidad media, además de la longitud de ruta, el tiempo que le tomó al prototipo realizar el recorrido completo; todos estos datos pudieron ser adquiridos gracias a la app no permitió tomar los datos con muy alta precisión; el registro de datos mediante el uso de gps satelital nos permitió conocer el funcionamiento del 3x3 en condiciones reales, determinando de esta manera el desempeño que puede alcanzar el vehículo eléctrico mediante los diferentes ensayos realizados.

Palabra Clave: Torque, Potencia, Velocidad máxima, aceleración en plano, Arrancabilidad en pendiente.

Abstract

The curricular integration work investigated the performance characteristics of the L2 CMDR RICKSHAW multipurpose electric vehicle; performing torque and power tests under ideal conditions using a model BPV1800 inertial roller bench, with the help of the SMAC data acquisition software, the power of the rear axle of 1.4 *kw* and a torque of 1 *kg * m* were determined, while in the front axle a power of 2.4 *kw* a torque of 1.3 *kg * m* was obtained; as well as, tests according to the NTE INEN 2477 regulation that establishes the parameters that must be met when carrying out the flat acceleration and slope startability tests, the maximum speed of the prototype was determined to be 50 km/h; hill acceleration reaches a stable speed of 39.99 $\frac{km}{h}$; Employing its 3x3 traction; route tests were carried out in different terrain conditions, where the maximum speed reached by the prototype was verified, as well as the average speed, in addition to the length of the route, the time it took the prototype to complete the complete route; all these data could be acquired thanks to the app, it did not allow to take the data with very high precision; The recording of data through the use of satellite GPS allowed us to know the operation of the 3x3 in real conditions, thus determining the performance that the electric vehicle can achieve through the different tests carried out.

Key word: Torque, power, top speed, flat acceleration, hill starting ability.

Capítulo I

Introducción

Antecedentes

Los vehículos eléctricos son una alternativa de movilidad, se diferencian de los móviles a motor de combustión en la disminución de contaminación ambiental, desde el punto de vista de emisiones y sonoro, es así, que en la región las importaciones, han tenido un crecimiento en los últimos años; China es el principal exportador de motocicletas eléctricas, exportando: Brasil en 2019 193,106, Chile con 178,606, México con 94,718, Uruguay con 78,869 y Colombia con 68,702. (AEADE, 2019)

En Ecuador presenta estímulos regulatorios para los vehículos categoría E; como exoneración de: aranceles a la importación, impuesto a los consumos especiales, IVA del 0% automotores de transporte y de carga, 0% de IVA en el servicio de carga y exoneración de la restricción vehicular no circula. (AEADE, 2019)

Los vehículos eléctricos BEV, PHEV, FCEV, han desarrollado tecnología optimizando sus parámetros de funcionamiento en rutas urbanas y extraurbanas (autonomías y tiempos de carga); dotando de mejores prestaciones, tienen una eficiencia del 80%.

Existen factores externos en los vehículos eléctricos que podrían condicionar su funcionamiento como lo son la superficie de terreno, el tipo de conducción que se realice, las condiciones ambientales entre otros muchos factores que intervienen en el rendimiento y condicionan directamente las condiciones relativas como lo es la autonomía, torque y velocidad máxima, así como también el estado de carga SOC de las baterías las que son las encargadas de proporcionar la energía necesaria para que el sistema completo entre en funcionamiento donde por lo general encontramos parámetros que van de 8 Ah a 20 Ah con tiempos de cargas

que van de 4 horas a 6 horas dependiendo de la capacidad de las baterías, alcanzando velocidades entre $25 \frac{km}{h}$ y $40 \frac{km}{h}$ con una autonomía aproximada de 45 *km*.

Planteamiento del problema

El crecimiento del parque automotor mundial y nacional de vehículos con sistemas de tracción por motores de combustión, crea una demanda de combustible fósil, a esto sumado la inestabilidad del mercado del crudo del petróleo y la fluctuación del costo de los carburantes como la gasolina y el diésel; así como, los altos niveles de contaminación que generan y la congestión vehicular de las ciudades; crea la necesidad de buscar alternativas de energía para la movilidad de personas y carga que optimice los medios de transporte público y privado.

De tal manera que se expone posibles medidas y soluciones a la problemática planteada, se propone el estudio, investigación y análisis de un vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW a través del diseño y construcción de un prototipo con tracción en las tres ruedas que cumpla los requerimientos para movilidad de personas y carga de hasta 300 *kg*.

Debido a la aplicación de motores eléctricos se busca establecer el torque y potencia que desarrolla el vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW en las diferentes condiciones geográficas, ambientales y carga de batería a fin de establecer la funcionalidad del mismo.

Las moviidades de vehículos con motores por combustibles líquidos generan condiciones de contaminación ambiental que inciden en la naturaleza, así como, un entorno vehicular que produce altos niveles de congestión en rutas urbanas y extra urbanas provocando tiempos medios de uso prolongados de este tipo de motores con medios de transmisión de energía, de tal manera que un vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR

RICKSHAW permitirá cambiar la relación de la movilidad con el entorno optimizando la demanda y consumo de energía con respeto a la naturaleza, así como, una conducción suave, intuitiva, silenciosa y no contaminante con el fin de facilitar la movilidad en zonas de difícil acceso con vehículo, especialmente como vehículos de rescate, emergencia y seguridad ciudadana.

Justificación, importancia y alcance

El presente proyecto se enfocó en determinar el desempeño y rendimiento de un vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW, mediante el estudio de comportamiento, rendimiento y autonomía del vehículo eléctrico en diferentes condiciones de uso, ya que el avance tecnológico en la industria automotriz ha impulsado un aumento significativo en el desarrollo de vehículos eléctricos lo que genera la necesidad de realizar estudios donde identifiquemos el rendimiento, autonomía y todas las características de un vehículo eléctrico multipropósito al momento de su funcionamiento en diferentes condiciones.

La importancia del proyecto radica en determinar los parámetros de desempeño y rendimiento de un vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW y a su vez analizar la variación de los parámetros de desempeño y rendimiento en las diferentes condiciones de funcionamiento en las que puede ser aplicado.

La ineficiente movilidad de vehículos con energías fósiles, desde el punto de vista demanda – consumo de energía y niveles de contaminación, por lo que un vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW crea cultura de investigación en nuevas tecnologías aplicadas al transporte de personas y carga como prioridad de automoción, siendo ideal para incentivar el uso de fuentes de energía limpia en la industria automotriz, el análisis de performance de vehículos y prototipos eléctricos que generen tendencia en la utilización diaria, desarrollo tecnológico y creación de fuentes de desarrollo.

Descripción

El presente trabajo de integración curricular de la “Investigación de las características de desempeño del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW”, considera lo siguiente:

Se realizó la fundamentación científica a través de fuentes Bibliográficas confiables mediante bases de datos digitales, normativas, manuales y artículos referentes a prototipos eléctricos y vehículos comerciales tipo BEV en el mercado nacional.

Se desarrolló un protocolo de simulación y ensayo para las pruebas de torque y potencia considerando la normativa nacional de la NTE INEN 2656 para la clasificación vehicular subcategoría L2 CMDR para el prototipo en aspectos como velocidad máxima y potencia máxima de motor de acuerdo al peso calculado de la estructura con los sistemas ensamblados, las pruebas de performance del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW de potencia a la rueda y al motor con el objetivo de determinar las pérdidas mecánicas entre componentes. Además, se efectuó la prueba de torque a la rueda y velocidad máxima en el banco de pruebas dinamométricas.

Se desarrolló un protocolo de simulación y ensayo para la prueba de capacidad de aceleración en plano acorde al tren motriz debe tener la potencia, torque y relación de transmisión necesarias que le permita alcanzar una velocidad mínima de $40 \frac{km}{h}$, partiendo de una condición de reposo y en una superficie plana, en un tiempo de 22,5 segundos con peso bruto vehicular (PBV), según lo fijado en la normativa técnica nacional de la NTE INEN 2477 para vehículos de tres ruedas para transporte de pasajeros y para transporte de carga en lo que se refiere a la arrancabilidad en pendiente; registrando y promediando un mínimo de 3 lecturas en cada prueba.

Se desarrolló un protocolo de simulación y ensayo para la prueba de arrancabilidad en pendiente sustentado en la normativa técnica nacional de la NTE INEN 2477 para vehículos de tres ruedas para transporte de pasajeros y para transporte de carga de acuerdo a las condiciones de ruta en tramos de carretera o autopista cuya longitud sea tal que permita al vehículo desplazarse en sentido ascendente de forma estabilizada, y sin que se produzca deslizamiento de las ruedas, en superficies de pavimento asfáltico o rígido con adecuadas condiciones de adherencia y será lo suficientemente recta la pendiente de la zona de ensayo debe ser como mínimo del 25% entre dos puntos de la pendiente; con un mínimo de tres ensayos consecutivos con un intervalo de un minuto como máximo entre cada ensayo, que permita comprobar que el vehículo es capaz de arrancar y desplazarse en sentido ascendente.

Se analizó el rendimiento y desempeño del sistema integrado de control y potencia del sistema de tracción en función de la potencia nominal y torque requerida para el correcto funcionamiento del prototipo multipropósito L2 CMDR RICKSHAW en diferentes ciclos de conducción considerando la relación peso – potencia, peso – velocidad, velocidad – aceleración a través de un análisis de la demanda de energía de acuerdo al estado de carga del pack de baterías acorde a la capacidad en diferentes ciclos de carga y descarga.

Objetivos

Objetivo General

Investigar las características de desempeño del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW.

Objetivos específicos

- Determinar las características de desempeño de torque y potencia del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW.

- Desarrollar un protocolo de simulación para las pruebas de torque y potencia considerando la normativa nacional de la NTE INEN 2656 del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW.
- Desarrollar un protocolo de ensayo para las pruebas de torque y potencia considerando la normativa nacional de la NTE INEN 2656 del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW.
- Realizar ensayos de torque y potencia en el banco de pruebas dinamométricas de la Rectificadora Salinas, ubicada en la ciudad de Cuenca.
- Analizar el rendimiento y desempeño en torque y potencia del sistema integrado de control y potencia del sistema de tracción en función de la potencia nominal y torque del prototipo multipropósito L2 CMDR RICKSHAW.
- Determinar las pruebas de arranque en pendiente, velocidad máxima y aceleración máxima en la ruta del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW.
- Desarrollar un protocolo de simulación y ensayo para la prueba de capacidad de aceleración en plano acorde al tren motriz eléctrico del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW.
- Desarrollar un protocolo de simulación y ensayo para la prueba de arrancabilidad en pendiente para vehículos de tres ruedas de acuerdo a las condiciones de ruta en tramos de carretera o autopista.
- Realizar pruebas de arranque en pendiente, velocidad máxima y aceleración máxima en la ruta de prueba considerando aspectos del estado de carga de su pack de baterías.

- Analizar el rendimiento y desempeño las pruebas de capacidad de aceleración en plano y arrancabilidad en pendiente del sistema integrado de control y potencia del sistema de tracción en función de la potencia nominal y torque del prototipo multipropósito L2 CMDR RICKSHAW.

Variables de investigación

Variable Dependiente

Parámetros de desempeño del sistema integrado de control y potencia del sistema de tracción eléctrico.

Variable Independiente

Prototipo multipropósito L2 CMDR RICKSHAW.

Hipótesis

El rendimiento y desempeño del sistema integrado de control y potencia del sistema de tracción del prototipo multipropósito L2 CMDR RICKSHAW obtendrá un máximo de rendimiento de 95% en torque y 90% en potencia.

Capítulo II

Marco Teórico

En el país y la región se ha visto un incremento en el mercado de la movilidad eléctrica tanto en el ingreso de nuevos modelos de vehículos de marcas reconocidas, así como también el incremento de scooters y motocicletas eléctricas lo que nos invita a investigar las diferentes características de desempeño de estos productos, así como también la innovación en la creación de nuevos prototipos que impulsen una movilidad amigable con el medio ambiente.

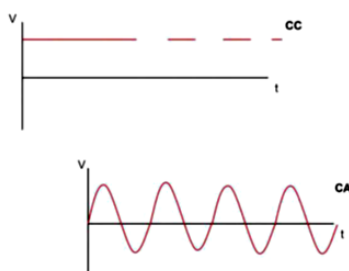
“Los coches eléctricos se consideran hoy en día una alternativa sostenible para la movilidad urbana y por tanto tienen la ventaja de reducir la contaminación ambiental en las grandes ciudades”. (Molero & Pozo, 2013)

Tensión

El voltaje es la diferencia de potencial entre dos puntos. El voltaje se mide en voltios (V) y se mide con un voltímetro. Dependiendo de cómo funcione el voltaje, hay dos tipos básicos de corriente: corriente continua (abreviada como CC o DC) y corriente alterna (abreviada como CA o AC). (Joan & Oscar, 2017, pág. 4)

Figura 1

Corriente continua (CC) y corriente alterna (AC)



Nota. Ondas que se forman en corriente continua (CC) y en corriente alterna (AC). Tomado de (Joan & Oscar, 2017).

Intensidad

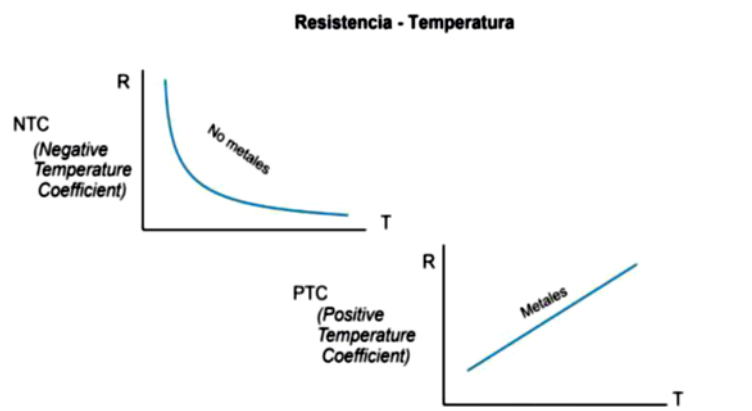
“La intensidad eléctrica es una magnitud fundamental en electricidad y se define como: La cantidad de electrones que pasan por un conductor durante un segundo” (Joan & Oscar, 2017)

Resistencia

“La resistividad es la resistencia o dificultad de un material para pasar corriente eléctrica” (Joan & Oscar, 2017)

Figura 2

Variación de la resistencia en función de la temperatura para los NTC y los PTC



Nota. Las gráficas referenciales de la variación de la resistencia en función de la temperatura para los NTC y los PTC. Tomado de (Joan & Oscar, 2017)

Ley de ohm

La ley de Ohm es la ley básica de la electricidad e incluye tres cantidades: voltaje, corriente y resistencia. En cualquier circuito o componente, el voltaje entre dos terminales es igual al producto de la corriente entre las dos terminales por la resistencia entre las mismas terminales. (Joan & Oscar, 2017, pág. 8)

Potencia

La potencia de un circuito o componente es la energía que utiliza o produce en una escala de tiempo de un segundo. La unidad de medida es el vatio (W), que solo se puede medir directamente con un motor o generador de banco de pruebas. La potencia se puede obtener al multiplicar la tensión entre los extremos por la intensidad de corriente que circula entre extremos. (Joan & Oscar, 2017, págs. 8,9)

Potencia y eficiencia del motor

Un motor eléctrico es un dispositivo que convierte la energía eléctrica obtenida de la red en energía mecánica sobre un eje.

El par o torque es la capacidad del motor para girar a una carga. A la hora de elegir un motor, lo primero que hay que tener en cuenta es la velocidad del motor y el par que requiere para girar. (Fernández, 2018)

Eficiencia

Existen autores afirmando que la “eficiencia es la capacidad de realizar o completar una función adecuadamente. La potencia consumida por un motor que no se convierte en potencia es una pérdida”. (Fernández, 2018)

Torque

El torque o par motor es el momento de fuerza que ejerce un motor sobre un eje de transmisión de potencia, o en otras palabras, la tendencia de una fuerza a hacer girar un objeto alrededor de un eje, punto de apoyo o fulcro. (Fernández, 2018)

Vehículos Eléctricos

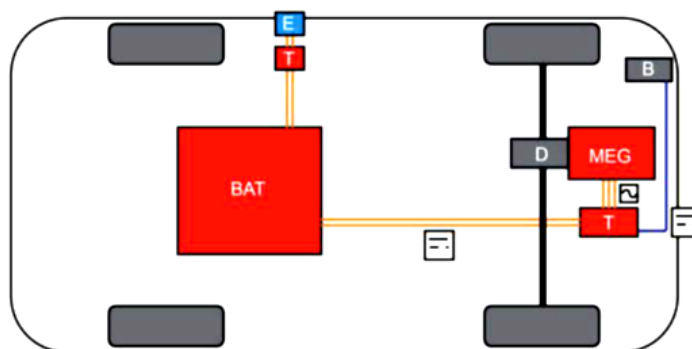
“Actualmente, los fabricantes de automóviles de todo el mundo han apostado por esta tecnología, por lo que será la que domine la combustión interna en el futuro”. (Joan & Oscar, 2017)

Características

Entre las características de este tipo de vehículos destaca que su tracción es totalmente eléctrica y funciona con un motor-generator (MEG). El MEG también realiza una función de generador que contribuye a la recuperación de energía del KERS. La autonomía de estos vehículos consiste en un equilibrio entre la capacidad de la batería de alto voltaje (BAT) y el consumo del motor eléctrico (MEG), que es la ventaja que se esfuerza por conseguir el vehículo. (Joan & Oscar, 2017)

Figura 3

Esquema general de los componentes de un vehículo eléctrico



Nota. En la figura se puede observar un esquema básico con los componentes generales que se encuentran en un vehículo eléctrico. Tomado de (Joan & Oscar, 2017)

Vehículos Eléctricos Ligeros (LEV)

Los vehículos eléctricos ligeros incluyen todos los vehículos eléctricos que tienen un peso muy ligero y tamaño compacto, tales como: bicicletas eléctricas, ciclomotores eléctricos, scooters eléctricos, sillas de ruedas eléctricas, Segways, scooters eléctricos y varios vehículos similares que cumplan con ciertas características específicas. (Joan & Oscar, 2017)

Las principales características de los LEV son:

- Vehículos a tracción totalmente eléctrica sin motor de calefacción. Caen bajo la clasificación de vehículos eléctricos (EV).
- Los principales componentes eléctricos de un vehículo son los comunes a todos los vehículos eléctricos: batería, enchufe externo, transformador (controlador) y motor eléctrico.
- El tiempo de carga varía de una a ocho horas, dependiendo de la intensidad actual y el tipo de uso de cada vehículo. (Joan & Oscar, 2017)

Figura 4

Componentes de la tracción eléctrica de un vehículo LEV



Nota. En la figura podemos observar los componentes principales de la tracción eléctrica de un vehículo eléctrico ligeros. Tomado de (Joan & Oscar, 2017)

Motores eléctricos

Un motor eléctrico es un motor que convierte la energía eléctrica absorbida a través de sus terminales en energía mecánica. Por lo general, consisten en un rotor y un estator que convierten la energía mecánica.

Los motores eléctricos presentan grandes ventajas frente a los motores de combustión interna, entre las más importantes encontramos:

- Su tamaño y peso son reducidos frente un motor de combustión interna de la misma potencia.
- Se pueden construir de cualquier tamaño o forma.
- Su rendimiento es de alrededor de un 75%
- No contamina.
- No necesita sistemas auxiliares complementarios.

Instrumentos de medición

Los instrumentos de medición son herramientas que nos permiten comparar magnitudes físicas a través del proceso de medición, en el estudio del desempeño del prototipo se emplearon los siguientes instrumentos:

Dinamómetro

Un dinamómetro es un equipo que nos permite tomar medidas de la fuerza dentro de una determinada distancia, además del torque es la intensidad de la fuerza en una determinada distancia.

Un dinamómetro es una herramienta de prueba diseñada para realizar ensayos en vehículos para medir y analizar datos de rendimiento como la potencia y el par; de esta

manera ayuda en el mantenimiento y la preparación del moto, además de conocer las prestaciones reales del vehículo. (Salazar, 2016)

Dinamómetro de rodillos

El dinamómetro de rodillos es el más empleado en las diferentes pruebas de torque y potencia en la industria automotriz.

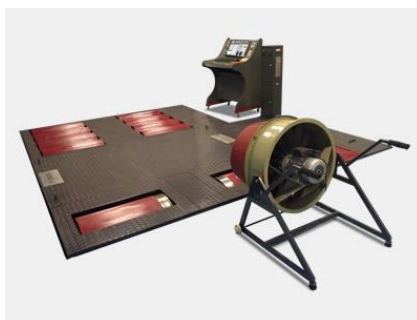
Un dinamómetro de rodillos es capaz de mantener el vehículo a cierta velocidad, con la ayuda de este dinamómetro se puede controlar el vehículo y mantener una velocidad constante bajo diferentes condiciones de carga. Esta es una forma de probar el vehículo más a fondo, especialmente en condiciones normales de carga. (Soto, 2017)

BPVI - Banco de rodillos inerciales

El banco de rodillos inerciales nos permite probar el vehículo y medir la potencia sin quitar el motor. Medir ruedas, motores y eliminar pérdidas de transmisión. Permiten realizar pruebas en talleres y evitan las pruebas de calle o ruta, por peligrosas y difíciles que sean. (Victoriano, 2016)

Figura 5

Banco de pruebas dinamométricas BPVI



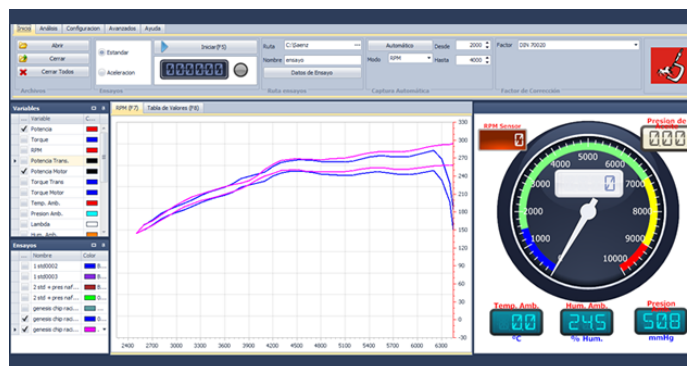
Nota. Dinamómetro de rodillos inerciales con freno eléctrico de simple tracción empleado para la realización de ensayos de torque y potencia. Tomado de (Victoriano, 2016)

SMAC

SMAC es un nuevo sistema de adquisición de datos de alta tecnología que ofrece la máxima precisión y repetibilidad. Las mediciones muestran datos reales, ya que el dinamómetro permite desarrollar controles de calidad sin interpolar curvas de "componentes" y oculta información sobre el rendimiento real del vehículo. (Victoriano, 2016)

Figura 6

Interfaz del software SMAC



Nota. Interfaz del software SMAC en la toma de datos en el banco de pruebas dinamométricas BPVI. Tomado de (Victoriano, 2016)

Medidor de distancias

Es una app desarrollada por SAVA KS que nos permite realizar mediciones de distancias o longitudes de caminos, funciona a través de un receptor GPS de cualquier dispositivo móvil, por lo que nos permite medir la distancia con gran precisión.

Velocímetro GPS

Es una aplicación gratuita que funciona a través del GPS, con el cual puede rastrear la velocidad y controlar el límite de velocidad de un automóvil, esta app fue desarrollada por Apps Wing, este aplicativo nos permite conocer la velocidad además de verificar la ubicación.

Geo Tracker

Es una aplicación de uno gratuito que funciona a través del GPS, con el cual puede rastrear todos los parámetros de desempeño en una ruta establecida, esta app fue desarrollada Ilya Bogdanovich, funciona a través de GPS por lo que es muy versátil ya que solo se necesita de un Smartphone para poder emplearla.

Normativa NTE INEN 2477

Anexo A. Ensayo arrancabilidad en pendiente

Esta normativa nos establece los parámetros mediante los cuales se deben realizar los ensayos de arrancabilidad en pendiente del prototipo, nos indica el lugar donde se debe realizar el ensayo, así como también el procedimiento mediante el cual se debe realizarse, así como también la forma de adquirir datos y como llevar a cabo cada ensayo a fin de garantizar la toma de los datos que nos permitan establecer la arrancabilidad de la pendiente. (Normalización, 2015, págs. 8,9)

Anexo B. Ensayo de aceleración en plano

Este anexo nos permite determinar la capacidad de aceleración del prototipo, para ello nos indica las características de la ruta de prueba, el procedimiento que se debe tener en cuenta al momento de realizar los ensayos, así como el registro y toma de datos a fin de establecer los parámetros de arrancabilidad en una superficie plana. (Normalización, 2015, pág. 10)

Capitulo III

Desarrollo de protocolos de ensayo del desempeño del vehículo eléctrico multipropósito

L2 CMDR RICKSHAW

Protocolos de ensayos

Los protocolos permitieron seguir instrucciones y recomendaciones con fin de garantizar los resultados obtenidos en los ensayos que se realizaron en el prototipo.

Torque y potencia

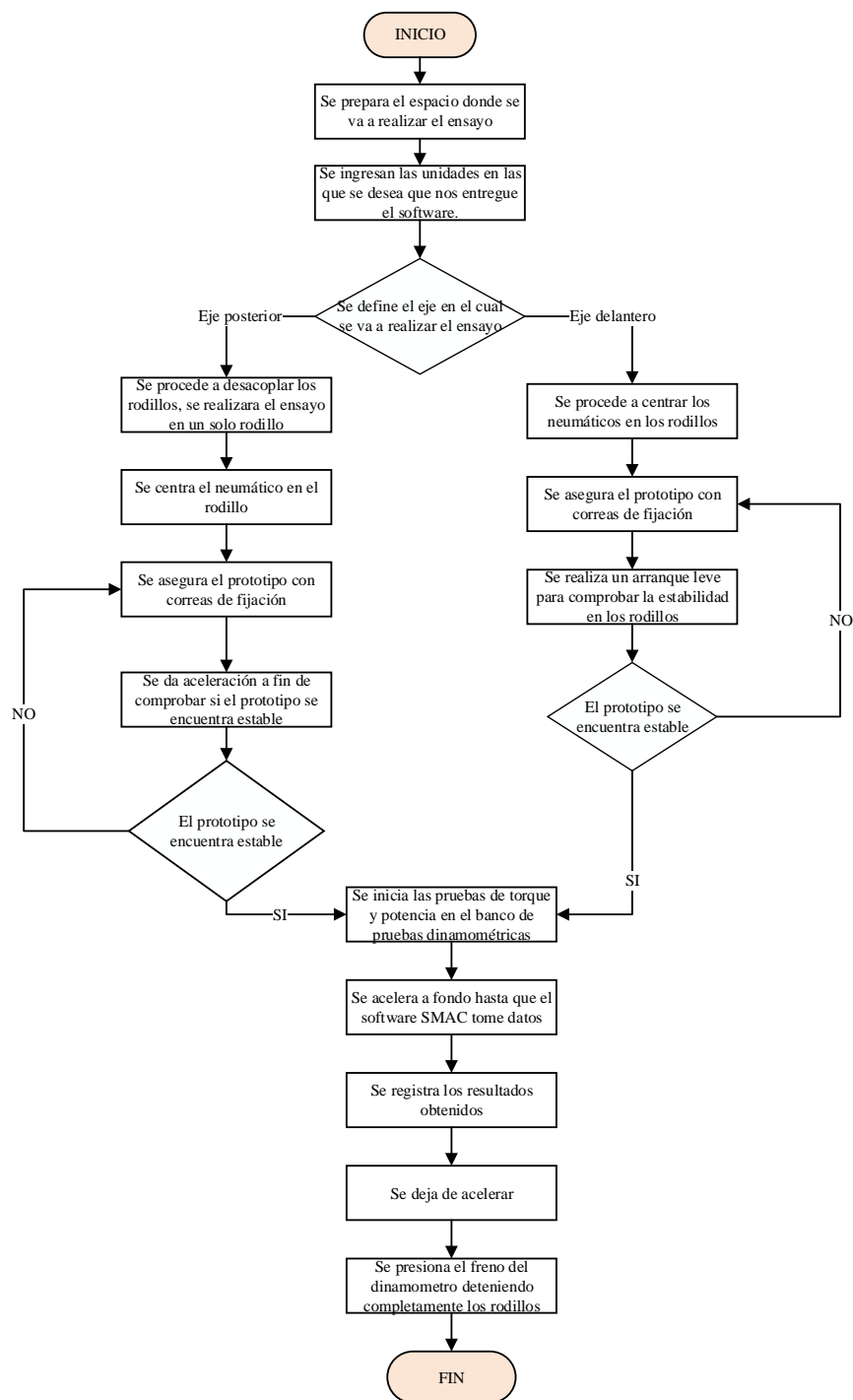
Para el desarrollo del ensayo se siguió el siguiente protocolo.

El ensayo en el banco de pruebas dinamométricas se llevó a cabo a través de un protocolo a fin de establecer el torque y potencia que alcanza el prototipo; la prueba dinamométrica se realizó en el tren delantero y en el tren posterior de manera separada.

El ensayo inició con el prototipo en reposo y centrado en los rodillos, se acelera al máximo hasta lograr el registro de datos en el software, una vez obtenidas las gráficas se detienen los rodillos, culminando con el ensayo.

Figura 7

Protocolo general para el desarrollo de pruebas dinámicas



Nota. Proceso general para el desarrollo del ensayo de torque y potencia en el dinamómetro.

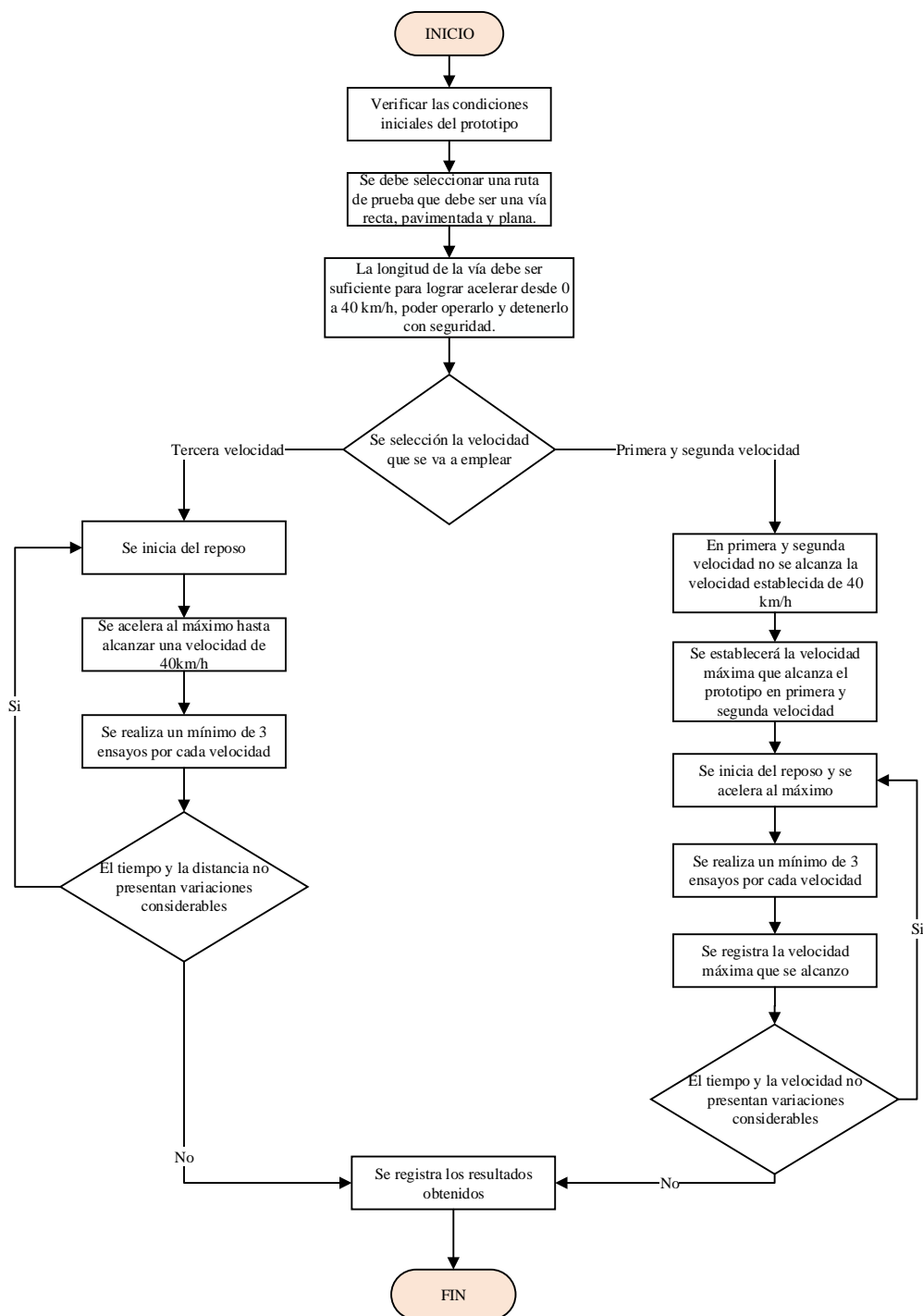
Aceleración en plano

El desarrollo del ensayo aceleración en plano fue ejecutado a través de un protocolo a fin de determinar la capacidad de aceleración del 3x3; la ruta está estructurada en una vía seca, recta, pavimentada y plana de longitud suficientemente para obtener una aceleración de 0 km/h hasta los 40 km/h.

El ensayo inició con el prototipo en reposo, se aceleró al máximo hasta alcanzar los 40 km/h, una vez alcanzada la velocidad especificada se registra el tiempo y la distancia recorrida, con un mínimo de 3 ensayos para promediar datos.

Figura 8

Protocolo general para la aceleración en plano

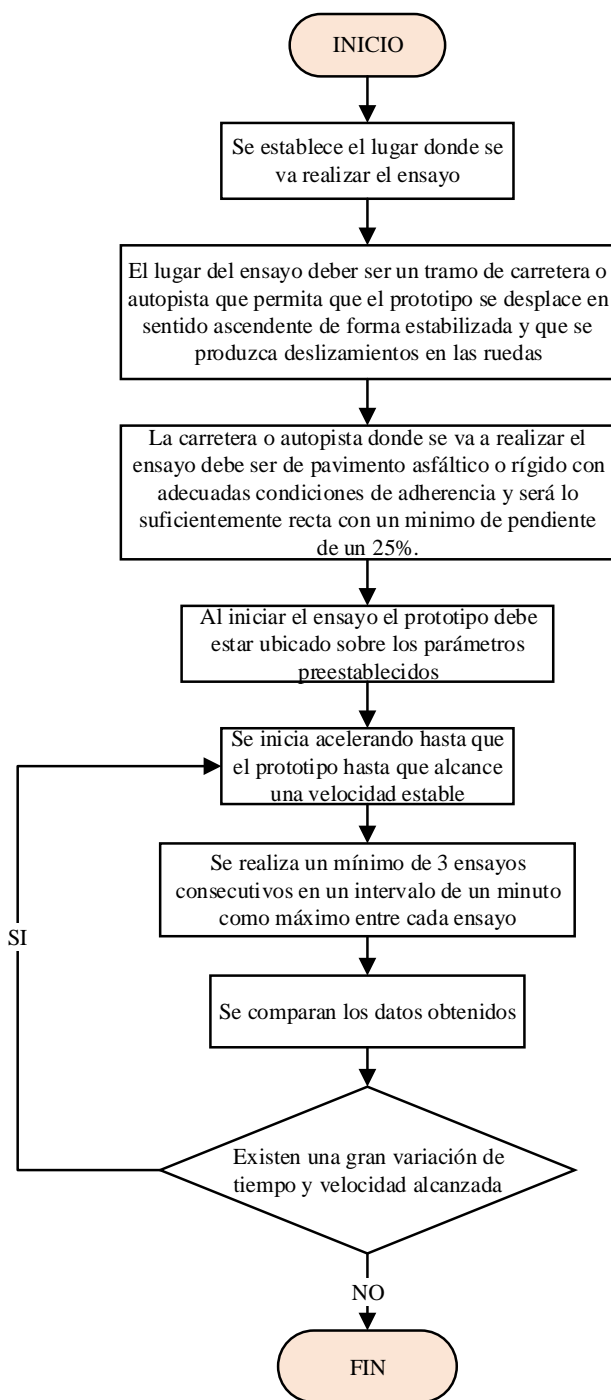


Nota. Proceso general para el ensayo de aceleración en plano de acuerdo al tren motriz.

Arrancabilidad en pendiente

La ejecución del ensayo aceleración en pendiente se desarrolló mediante un protocolo a fin de determinar la capacidad de desplazamiento en sentido vertical del 3x3; la ruta se estructuró en un tramo de carretera o autopista donde permitió que el prototipo se desplace en la pendiente de forma estable y sin que se produzcan deslizamiento en las ruedas, este tramo debe ser recto, de pavimento asfáltico o rígidos con adecuadas condiciones de adherencia y tener una pendiente mínima de 25 %.

El ensayo inició con el prototipo en reposo, se aceleró hasta alcanzar una velocidad estable, una vez alcanzada una velocidad estable se registra el tiempo y la distancia recorrida, con un mínimo de 3 ensayos.

Figura 9*Protocolo general de arrancabilidad en pendiente*

Nota. Procedimiento para el desarrollo del ensayo de arrancabilidad en pendiente.

Ensayos efectuados en el prototipo

Son pruebas efectuadas en el 3x3 con la finalidad de establecer el performance en condiciones ideales de funcionamiento.

Torque y Potencia

Con el objetivo de obtener datos mucho más precisos se desarrolló el ensayo empleando el Banco de rodillos Inercial Modelo BPV1800 – N° 08-19.

Para realización de este ensayo se basó en el protocolo establecido en la figura 8 a fin de garantizar la fiabilidad de los datos obtenidos en los diferentes ensayos que se realizaron.

Figura 10

Acoplamiento de los ejes a los rodillos



Nota. Procedimiento de centrado de los ejes delanteros en los rodillos del dinamómetro.

Se realizó una prueba de estabilidad del 3x3 en los rodillos y si las correas de sujeción se encuentran ubicadas de manera correcta.

Figura 11

Colocacion de seguros



Nota. Afianzamiento del vehículo con las correas de fijación.

El prototipo debe mantenerse estable durante la duración del ensayo por ello es importante la posición de las correas de sujeción.

Figura 12

Comprobación de la fijación del vehículo a los rodillos



Nota. Verificación de la estabilidad del 3x3 en los rodillos.

Una vez instalado el prototipo se procedió a la verificación de condiciones del prototipo, se ingresaron las unidades en el software SMAC y se inicia con el ensayo.

Figura 13

Revisión de los parámetros previos a la realización de las pruebas

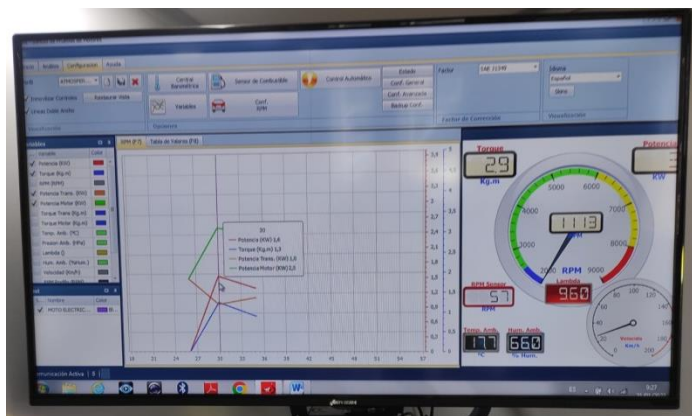


Nota. Verificación del prototipo en el protocolo previo a iniciar con el ensayo.

A través del software SMAC se obtienen los resultados del ensayo, el software nos permite conocer en tiempo real los diferentes parámetros de evaluación a través de gráficas.

Figura 14

Obtención de datos a través del software SMAC



Nota. Visualización de los valores de torque y potencia entregados por el banco de pruebas dinámométricas a través del software SMAC.

Se comprobó el funcionamiento adecuado de los motores durante el ensayo, se tomaron datos comparativos junto con los datos obtenidos mediante el banco de pruebas.

Figura 15

Toma de datos durante la realización de las pruebas dinamométricas



Nota. Comparación de datos registrados por el dinamómetro.

Resultados obtenidos

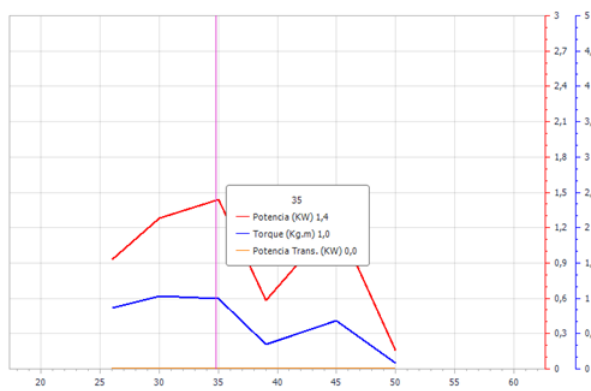
Como consecuencia de la ejecución de los diversos ensayos en el dinamómetro se obtuvieron diferentes datos.

Torque y potencia - motor posterior

A través de las gráficas se puede conocer los resultados obtenidos por el ensayo realizado con una carga de batería del 100% en el motor posterior.

Figura 16

Ensayo 1. Al 100% de carga de la batería

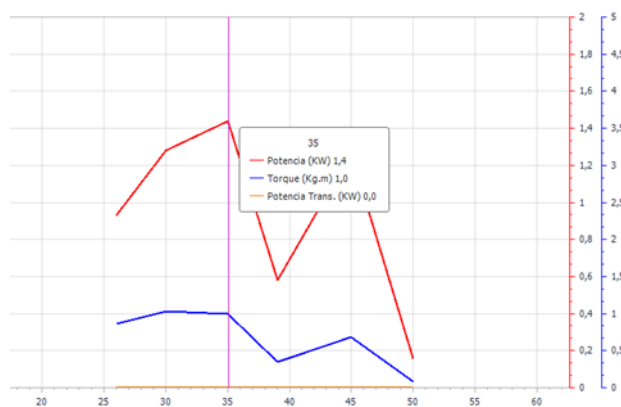


Nota. Gráficos de torque y potencia obtenidas en el motor posterior al 100% de su carga de batería.

El ensayo se ejecutó con un 50 % de autonomía de la batería obteniendo las siguientes gráficas.

Figura 17

Ensayo 2. Al 50% de carga de la batería

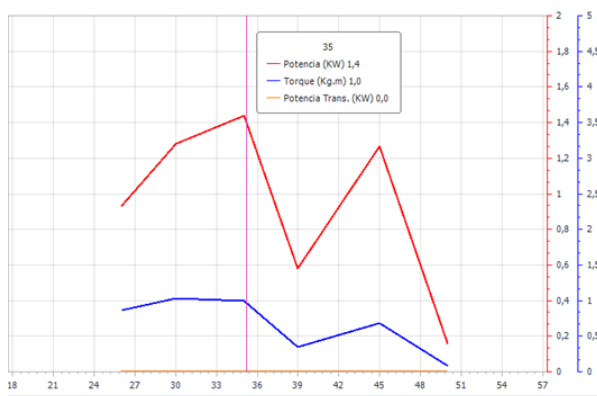


Nota. Graficas de torque y potencia obtenidas en el motor posterior al 50% de su carga de batería.

Al momento de realizar el ensayo con el 25 % de carga de batería se pudo constatar los resultados mostrados en la figura 18.

Figura 18

Ensayo 3. Al 25% de carga de la batería



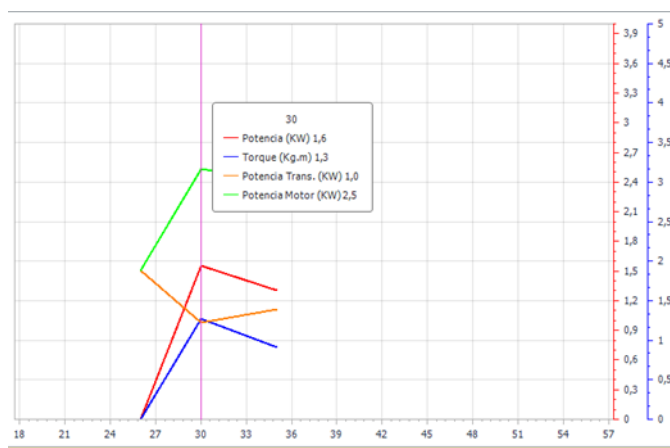
Nota. Graficas de torque y potencia obtenidas en el motor posterior al 25% de su carga de batería.

Torque y potencia - motores delanteros

Se desarrolló el ensayo de torque y potencia en el dinamómetro del tren delantero que consta de dos motores, uno en cada rueda al 100% de carga de sus baterías, en la figura 19 se puede visualizar los resultados obtenidos.

Figura 19

Ensayo 1. Al 100% de carga de las baterías.

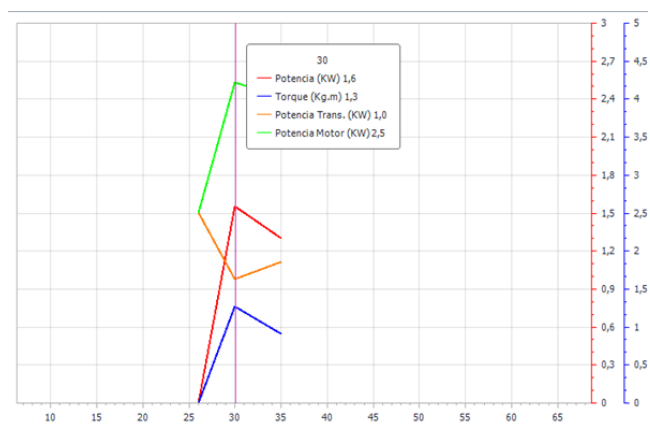


Nota. Graficas de torque y potencia obtenidas en el par de motores delanteros al 100% de su carga de batería.

Se realizó el ensayo del tren delantero con un 50 % de carga de las baterías, donde se busca comparar el desempeño en diferentes condiciones de carga, en la figura 20 se puede observar los resultados obtenidos en el ensayo.

Figura 20

Ensayo 2. Al 50% de carga de las baterías.

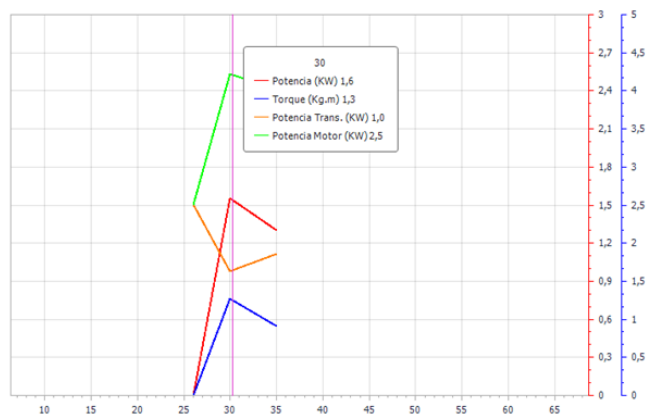


Nota. Graficas de torque y potencia obtenidas en el par de motores delanteros al 50% de su carga de batería.

Se realizó un ensayo con el 25 % de carga de las baterías, los resultados del se pueden observar en la figura 21.

Figura 21

Prueba 3. Torque y potencia al 25% de carga de la batería



Nota. Graficas de torque y potencia obtenidas en el par de motores delanteros al 25% de su carga de batería.

Una vez realizados todos los ensayos se realizó una tabla con el objetivo de comparar el torque y potencia que se obtuvieron.

Tabla 1

Resultados obtenidos motor posterior

Ensayo	Carga de batería (%)	Potencia (KW)	Torque (kg * m)
1	100	1,4	1
2	50	1,4	1
3	25	1,4	1

Nota. Resultados obtenidos del ensayo de torque y potencia realizados en el dinamómetro.

Una vez realizados los ensayos en el tren posterior del prototipo en diferentes condiciones de carga se pudo comprobar que la potencia y el torque no presentan alteraciones debido al nivel de carga que poseen.

Tabla 2

Datos obtenidos tracción delantera

Ensayo	Carga de batería (%)	Potencia (KW)	Torque (kg * m)	Potencia transmitida (KW)	Potencia motor (KW)
1	100	1,6	1,3	1	2,5
2	50	1,6	1,3	1	2,5
3	25	1,6	1,3	1	2,5

Nota. Resultados obtenidos del ensayo de torque y potencia realizados en el dinamómetro.

Ensayos de desempeño real del prototipo

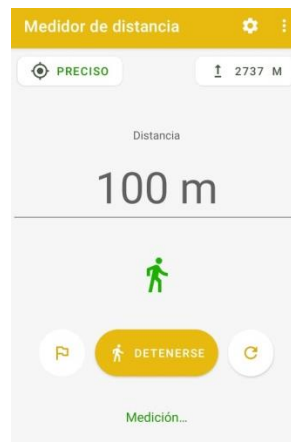
Estos ensayos buscan determinar el performance del 3x3 en condiciones reales de funcionamiento.

Arrancabilidad en Plano

El ensayo se realizó de acuerdo a los parámetros establecidos en el protocolo detallado en la figura 8.

Figura 22

Medición de una distancia establecida para pruebas de arrancabilidad en plano



Nota. Medición de la distancia para la realización del ensayo de arrancabilidad en plano mediante el uso de una app.

Este ensayo se realizó empleando los tres niveles de velocidad que posee el prototipo donde tenemos que aclarar que en la primera y segunda velocidad no se alcanzó la velocidad de $40 \frac{km}{h}$.

Figura 23

Comprobación de los sistemas del vehículo



Nota. Comprobación del cumplimiento de los parámetros establecidos en el protocolo.

Se realizaron tres ensayos por cada velocidad, con la finalidad de promediar las diferentes velocidades alcanzadas.

Tabla 3

Datos obtenidos

Aceleración en plano			
Distancia (m)	Velocidad ($\frac{km}{h}$)	Tracción	Velocidad empleada
100	31.8	2x3	Primera
100	31.0	2x3	Primera
100	29.8	2x3	Primera
100	31.8	3x3	Primera
100	32	3x3	Primera
100	32.2	3x3	Primera
100	36.7	3x2	Segunda

Aceleración en plano			
Distancia (m)	Velocidad ($\frac{km}{h}$)	Tracción	Velocidad empleada
100	36.9	3x2	Segunda
100	36.3	3x2	Segunda
100	40	3x3	Segunda
100	39.8	3x3	Segunda
100	40	3x3	Segunda
200	39.6	3x2	Tercera
200	47.9	3x3	Tercera

Nota. Datos obtenidos de acuerdo a la tracción del prototipo.

Arrancabilidad en pendiente

Este ensayo se llevó a cabo según los parámetros establecidos en la figura 9.

Figura 24

Toma de datos de la pendiente



Nota. En la figura se puede observar la toma de datos de la pendiente a través de la aplicación.

Una vez seleccionado tramo para realizar el ensayo se comprobó si cumple todos los parámetros establecidos en el protocolo.

Figura 25

Datos de la pendiente

The screenshot shows the 'Hill Gradient' app interface. At the top, there is a status bar with the time 18:26 and various icons. Below the status bar is a header with a red triangle icon and the text 'Hill Gradient'. A large blue button labeled 'Stop' is prominent. Below the button, the text 'GPS Accuracy: 38ft' is displayed. The main data is presented in a table with alternating row colors (blue, orange, yellow, grey). The data includes location and height coordinates for start and end points, distance moved, vertical change, and calculated slope metrics.

Location start:	-0.986077,-78.573185
Height start:	9184.1ft
Location latest:	-0.986100,-78.573147
Height latest:	9177.2ft
Distance moved:	26.3ft
Vertical change:	6.9ft down
Slope Ratio:	1 in 4
Degrees:	14.7°
Percent:	26.2%

Nota. Datos obtenidos a través del uso de la app.

Registramos los datos obtenidos con la finalidad de promediar y establecer la capacidad del prototipo de desplazarse de forma ascendente.

Tabla 4

Datos obtenidos

Arrancabilidad en pendiente				
No. Prueba	Velocidad Alcanzada ($\frac{km}{h}$)	Tiempo (s)	Tracción	% inclinación
1	16.2 km/h	23.6	3x3	26.2
2	16.8 km/h	24	3x3	26.2
3	16.4 km/h	23.8	3x3	26.2

Nota. Datos obtenidos a través del ensayo de arrancabilidad en pendiente.

Pruebas de ruta

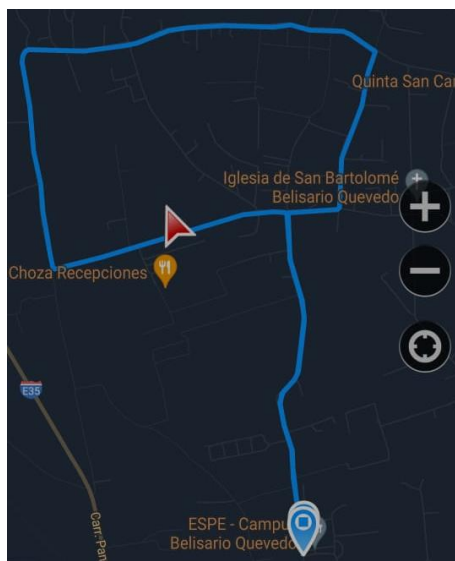
En las pruebas de ruta se estableció el performance del prototipo en condiciones reales de funcionamiento.

Prueba de ruta 1

Se estableció una ruta donde el prototipo fue sometido a diferentes condiciones de terreno, de esta manera se pudo conocer el comportamiento en condiciones reales; mediante el uso de la app se pudo monitorear los parámetros principales como lo son distancia, velocidad máxima y tiempo que le llevo al 3x3 completar el recorrido.

Figura 26

Selección de ruta 1 para los ensayos



Nota. Mapa de ruta 1 donde se puso a prueba el prototipo.

Mediante el uso de la app se pudo obtener datos precisos acerca del performance del prototipo.

Tabla 5

Resultados obtenidos de las pruebas de ruta 1

Longitud de ruta (Km)	Velocidad máxima ($\frac{km}{h}$)	Velocidad media ($\frac{km}{h}$)	Tiempo (s)
7.29	51	33	00:13:16

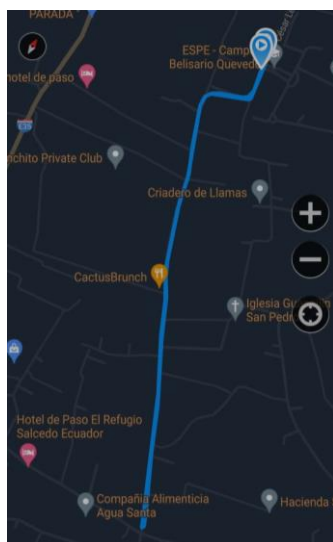
Nota. Datos obtenidos de la prueba de ruta 1.

Prueba de ruta 2

Se realizó una prueba de desempeño del 3x3 en ruta obteniendo la velocidad máxima alcanzada, distancia recorrida y tiempo que llevo completar el recorrido.

Figura 27

Selección de ruta 2 para los ensayos



Nota. Mapa de la ruta 2, donde se realizó el ensayo.

Se realizó una ruta mayormente recta de esta manera se obtuvieron los datos presentados en la tabla 7.

Tabla 6

Resultados obtenidos de las pruebas de ruta 2

Longitud de ruta (Km)	Velocidad máxima ($\frac{km}{h}$)	Velocidad media ($\frac{km}{h}$)	Tiempo (s)
4.71	53	38	00:07:02

Nota. Datos obtenidos de la prueba de ruta 2.

Capitulo IV

Análisis de resultados de torque y potencia del prototipo multipropósito L2 CMDR

RICKSHAW

Para el análisis de torque y potencia se realizaron un total de 18 pruebas; en el tren delantero se desarrolló 9 ensayos y para el tren posterior 9 ensayos en diferentes condiciones de carga de batería, datos a ser representados en tablas y graficas de desempeño.

Motores delanteros

Para el desarrollo de las pruebas en el banco dinamométrico se tomaron en consideración la potencia máxima que alcanza en su tercera velocidad y las cargas que presentan las baterías

Pruebas al 100% de carga.

Motores eléctricos ubicados en la parte delantera del prototipo multipropósito L2 CMDR

Figura 28

Ubicación de los motores en los rodillos del banco de pruebas dinamométricas



Nota: las flechas indican donde se encuentran ubicados los motores eléctricos.

Para la primera prueba, se la realizo con una carga de 100% y a la potencia máxima generada por el prototipo en su más alta velocidad

Tabla 7

Ensayo efectuado en los motores delantero, carga 100%

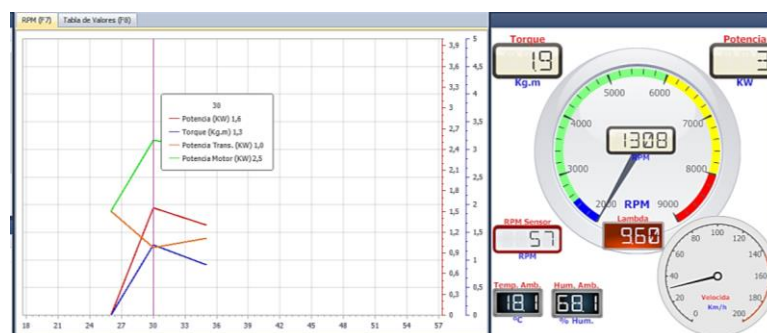
Pruebas en dinamómetro del prototipo multipropósito L2 CMDR RICKSHAW					
Prueba	% de carga de la batería	Potencia (kW)	Potencia del motor (kW)	Torque (kg*m)	Potencia transmitida (kW)
1	100	1.6	2.5	1.3	1.0
2	100	1.6	2.5	1.3	1.0
3	100	1.6	2.5	1.3	1.0
Promedio	100	1.6	2.5	1.3	1.0

Nota. Datos de torque y potencia al 100% carga de las baterías.

Una vez terminadas las pruebas, se obtuvo el grafico correspondiente a cada una de los ensayos realizados.

Figura 29

Curvas de torque y potencia en motor eléctrico



Nota: los resultados de torque y potencia estan definidos por líneas, de color azul representa el torque, roja representa potencia, verde potencia del motor y naranja potencia transmitida.

Los datos de las pruebas de torque y potencia con una carga de baterías al 100% se registran a una velocidad de $30 \frac{km}{h}$ eje de las X; con resultados de potencia, potencia transmitida y potencia del motor de 1.6 kW, 1 kW y 2,5 kW respectivamente, así como. torque de 1,3 kg*m.

Pruebas al 50% de carga en las baterías

Para el siguiente set de pruebas, se consideró una carga de 50%, y la velocidad máxima que alcanza el vehículo en su tercera velocidad

Tabla 8

Ensayo efectuado en los motores delantero, carga 50%

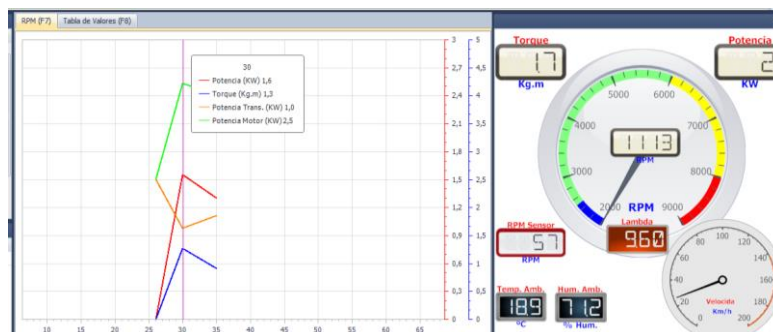
Pruebas en dinamómetro del prototipo multipropósito L2 CMDR					
RICKSHAW					
Prueba	% de carga de la batería	Potencia (kW)	Potencia del motor (kW)	Torque (kg*m)	Potencia transmitida (kW)
1	50	1.6	2.5	1.3	1.0
2	50	1.6	2.5	1.3	1.0
3	50	1.6	2.5	1.3	1.0
promedio	50	1.6	2.5	1.3	1.0

Nota. Datos de torque y potencia realizado al 50 % de la carga en baterías.

Al finalizar el set de pruebas, el banco dinamométrico proporcionó las gráficas respectivas que se indican en la figura 39.

Figura 30

Curvas de torque y potencia en motor eléctrico



Nota. El torque y potencia se expresa mediante: línea azul al torque, línea roja la potencia, línea naranja potencia transmitida y línea verde, potencia del motor.

La potencia, alcanza los 1.6 kW, el torque 1,3kg*m. la potencia transmitida 1 kW y la potencia del motor 2,5 kW

Con una carga de 50% los valores de torque y potencia máximos se alcanza a una velocidad de $30 \frac{km}{h}$. La línea de color violeta indica la velocidad y en el recuadro aparece el valor de la misma.

Pruebas a 25% de carga en las baterías

El tercer set de pruebas del tren delantero, tuvo como consideración, una carga en las baterías al 25% y una velocidad máxima en su tercera velocidad.

Tabla 9

Datos del ensayo efectuado en tren delantero del prototipo multipropósito L2 CMDR

RICKSHAW

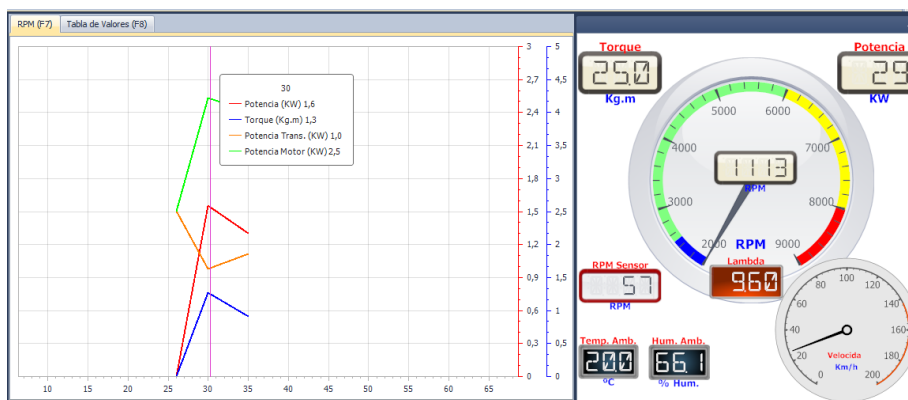
Pruebas en dinamómetro del prototipo multipropósito L2 CMDR RICKSHAW					
Numero de prueba	% de carga de la batería	Potencia (kW)	Potencia del motor (kW)	Torque (kg*m)	Potencia transmitida (kW)
1	25	1.6	2.5	1.3	1.0
2	25	1.6	2.5	1.3	1.0
3	25	1.6	2.5	1.3	1.0
promedio	25	1.6	2.5	1.3	1.0

Nota. Datos de torque y potencia al 25 % de carga de las baterías.

Finalizado el set de pruebas, los resultados, se los representa en la figura 31.

Figura 31

Curvas de torque y potencia en motor eléctrico



Nota. Para torque y potencia la línea de color azul representa al torque, rojo la potencia, naranja la potencia transmitida, y verde la potencia del motor.

La prueba de torque y potencia indica que los valores máximos a $30 \frac{km}{h}$ con una carga de baterías al 25%, el valor de la velocidad con la línea de color violeta y en el recuadro aparece el valor numérico.

La potencia alcanza los 1.6 kW, el torque 1,3 kg*m. la potencia transmitida 1 kW y la potencia del motor 2,5 kW.

Análisis de resultados torque y potencia tren delantero

Una vez finalizada las pruebas en el tren delantero, se procede a comparar los promedios de los resultados que se obtuvieron en cada una de las pruebas, los mismos que se encuentran tabulados en la tabla 11.

Tabla 10

Resultados de torque y potencia a distintos regímenes de energía

Pruebas en dinamómetro del prototipo multipropósito L2 CMDR RICKSHAW					
rpm	% de carga de la batería	Potencia (kW)	Potencia del motor (kW)	Torque (kg*m)	Potencia transmitida (kW)
1308	100	1,6	2,5	1,3	1,0
1113	50	1,6	2,5	1,3	1,0
1113	25	1,6	2,5	1,3	1,0

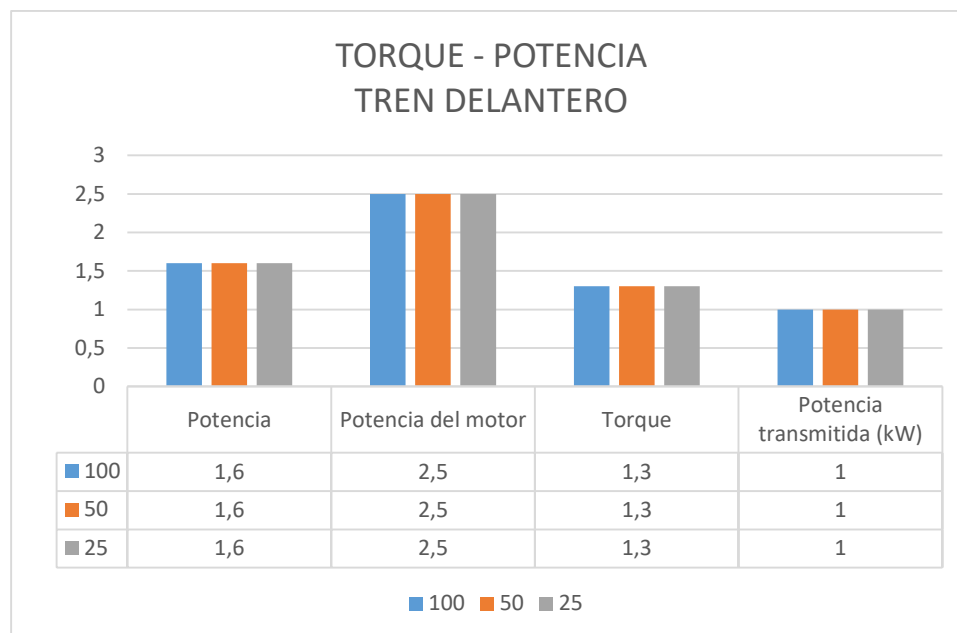
Nota: se representa los valores promedios a distinta carga.

De los resultados de desempeño, la potencia máxima se mantiene estable a distinta carga respecto de la potencia nominal del motor de 2,0 kW, se determina que el rendimiento se encuentra en un 80%; por lo que la pérdida es de 0,4 Kw que representa un 20%.

En la figura 32 se puede observar una comparación en diagrama de barras entre los valores de potencia y torque a diferentes valores de carga

Figura 32

Comparativa torque y potencia entre las tres pruebas realizadas



Nota. Cuadro comparativo torque - potencia a distinta carga.

Motor posterior

Pruebas realizadas a 100% de carga en las baterías

Motor eléctrico ubicado en la parte posterior del prototipo multipropósito L2 CMDR RICKSHAW

El siguiente set de pruebas se lo realizó en el motor posterior, al igual que en el tren delantero, se tomó en consideración la velocidad máxima que desarrolla tercera velocidad

Tabla 11

Ensayo efectuado en tren posterior

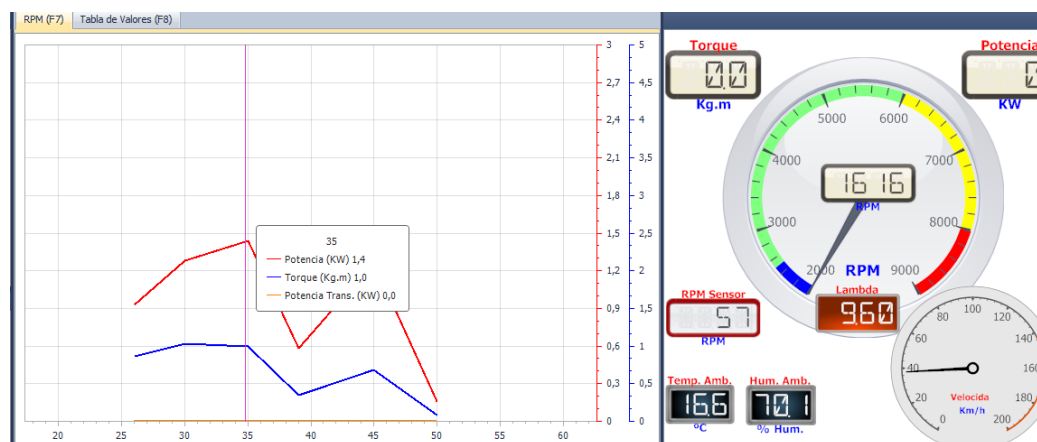
Pruebas en dinamómetro vehículo prototipo multipropósito L2 CMDR			
RICKSHAW			
pruebas	% de carga de la batería	Potencia (kW)	Torque (kg*m)
1	100	1.4	1.0
2	100	1.4	1.0
3	100	1.4	1.0

Nota. Datos ensayos de torque y potencia al 100 % de carga de batería.

Al finalizar el primer set de pruebas, los resultados que se obtuvieron observan en la figura 33

Figura 33

Curvas de torque y potencia tren posterior



Nota. Las líneas de color; azul representa al torque, rojo representa la potencia.

Los datos de torque y potencia con una carga al 100% indica que los valores máximos se alcanzan a la velocidad $35 \frac{km}{h}$, representado en la línea vertical al eje x

En las pruebas realizadas, la potencia alcanza los 1.4 kW, el torque 1,0 kg*m.

Pruebas realizadas a 50% de carga en las baterías

Para el segundo set de pruebas, se lo realizo a la velocidad máxima que se permite en tercera velocidad y con una carga de batería del 50%

Tabla 12

Ensayo tren posterior del vehículo prototipo multipropósito L2 CMDR RICKSHAW

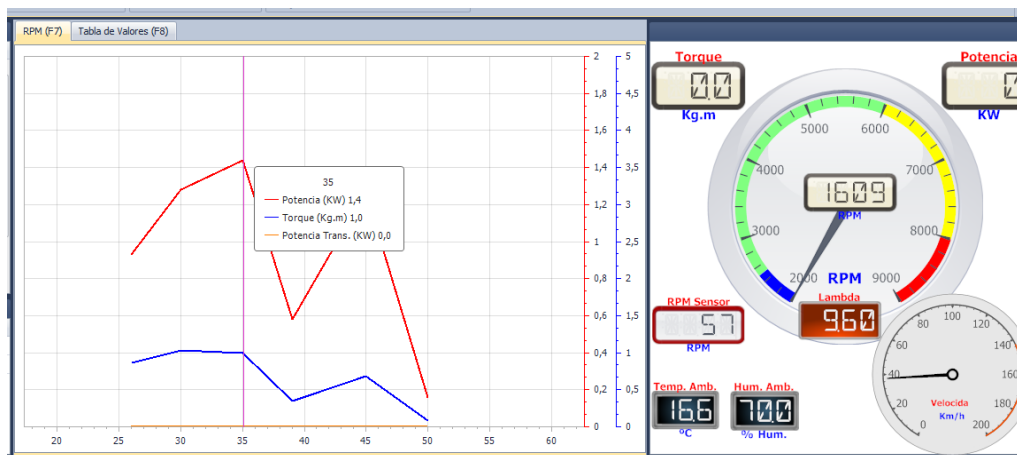
Pruebas en dinamómetro del vehículo prototipo multipropósito L2 CMDR			
RICKSHAW			
Prueba	% de carga de la batería	Potencia (kW)	Torque (kg*m)
1	50	1.4	1.0
2	50	1.4	1.0
3	50	1.4	1.0
promedio	50	1.4	1.0

Nota. Datos de torque y potencia al 50 % de la capacidad de carga de las baterías.

Se obtuvo los resultados mediante las gráficas detalladas en la figura 43 que se encuentra a continuación.

Figura 34

Curvas de torque y potencia tren posterior



Nota. La línea de color azul representa al torque, y de color rojo potencia.

La potencia máxima alcanza los 1.4 kW, el torque máximo 1,0 kg*m en base a las pruebas realizadas.

Los datos obtenidos de torque y potencia con una carga al 50%, indica que los valores máximos se los alcanzó a velocidad de $35 \frac{km}{h}$.

Pruebas realizadas a 25% de carga en las baterías

Para el último set de pruebas, con una carga del 25% y a velocidad máxima permitida en tercera velocidad

Tabla 13

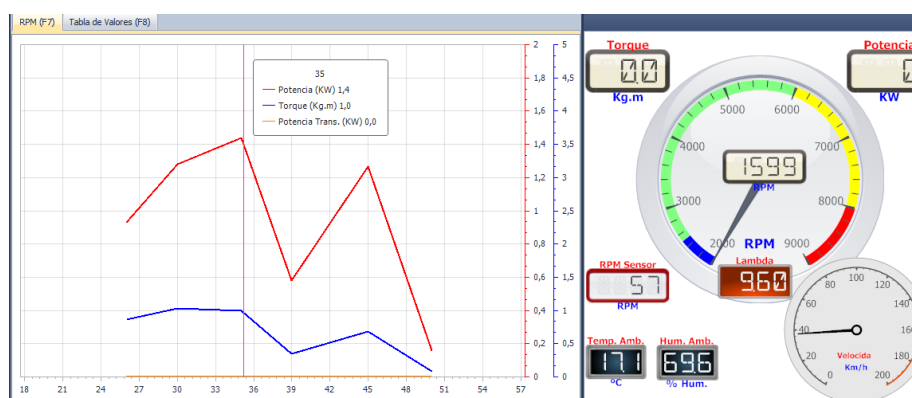
Ensayo efectuado en motor posterior del prototipo multipropósito L2 CMDR RICKSHAW

Pruebas en dinamómetro del prototipo multipropósito L2 CMDR RICKSHAW			
Prueba	% de carga de la batería	Potencia (kW)	Torque (kg*m)
1	25	1.4	1.0
2	25	1.4	1.0
3	25	1.4	1.0
promedio	25	1.4	1.0

Nota. Datos de torque y potencia al 25 % de la capacidad de carga de las baterías.

Figura 35

Curvas de torque y potencia en motor eléctrico



Nota: La línea de color azul representa al torque, la potencia.

En el gráfico la línea de color violeta representa la velocidad y en el recuadro de información aparece el valor de la misma.

La potencia alcanza los 1.4 kW, el torque 1,0 kg*m según las pruebas realizadas.

Los datos obtenidos de torque y potencia con una carga de baterías al 25% indica que los valores máximos se los alcanza a los $35 \frac{km}{h}$ desde el inicio de su movimiento.

Comparativa de torque y potencia en diferente régimen de carga del tren posterior

Se procedió a realizar una comparativa de los promedios de cada uno de los sets de pruebas

Tabla 14

Resultados de las pruebas de torque potencia a distintos regímenes de energía

Pruebas en dinamómetro del prototipo multipropósito L2 CMDR RICKSHAW			
Rpm	% de carga de la batería	Potencia (kW)	Torque (kg*m)
1616	100	1,4	1,0
1113	50	1,4	1,0
1599	25	1,4	1,0

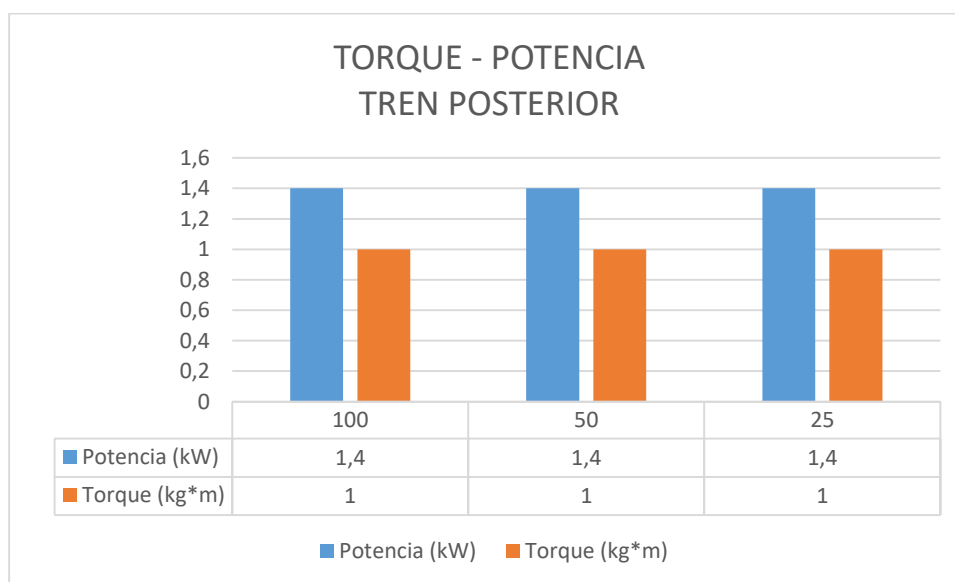
Nota. Comparación de los valores de potencia y torque a diferente régimen de carga.

En la figura 37 se puede observar una gráfica comparativa de los valores de potencia y torque a distintos valores de carga de la batería, la potencia se mantuvo estable durante las tres pruebas, al comparar este valor con la potencia nominal del motor equivalente a 2kW, tiene una pérdida de 0,6 kW equivalente al 30%, y al compararla con los valores de la tabla 9, se puede evidenciar una pérdida de 0,2kW, es decir del 12,5% con respecto al tren delantero.

El torque se mantuvo con valores estables durante las tres pruebas realizadas, la diferencia entre los valores de torque del tren posterior fue de 0.3kW que resulta un 23,07% respecto al tren delantero

Figura 36

Comparativo torque y potencia entre las tres pruebas realizadas



Nota. En la figura se muestran los valores de torque y potencia distinta carga.

Análisis pruebas de aceleración en plano y arrancabilidad en pendiente

Los resultados de las pruebas realizadas se basaron en la normativa NTE INEN 2477 en lo que respecta a ensayos de aceleración en plano y arrancabilidad en pendiente

Resultado de las pruebas usando motores delanteros (2x3)

Para el presente set de pruebas, se utilizó únicamente el tren delantero, a primera velocidad, dando los resultados que se detallan en la tabla 14

Tabla 15

Toma de datos en primera velocidad

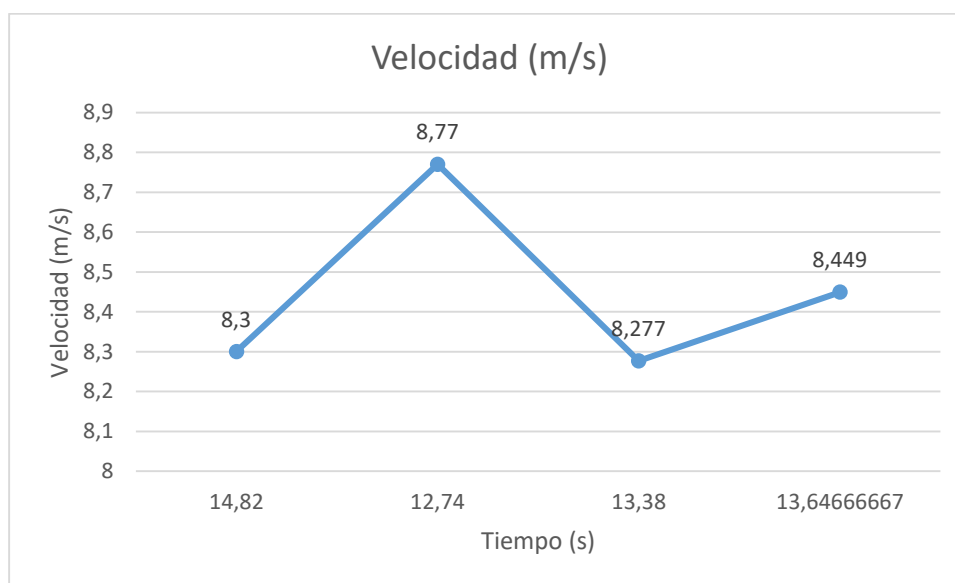
Pruebas de aceleración en plano del vehículo prototipo multipropósito L2						
CMDR RICKSHAW						
Prueba	Ocupantes	Peso (kg)	Carga de la batería (%)	Distancia (m)	Velocidad (m/s)	Tiempo (s)
1	1	80	75	100	8,3	14,82
2	1	80	75	100	8,77	12,74
3	1	80	75	100	8,277	13,38
Promedio	1	80	75	100	8,449	13,646

Nota. Datos obtenidos de los ensayos obtenidos de la arrancabilidad en plano, implementando la tracción 2x3 en primera velocidad.

En la figura 37 se establece una comparación entre la velocidad obtenida en cada prueba versus el tiempo que tomo realizarlo en cada una de ellas

Figura 37

Comparación curvas velocidad versus tiempo



Nota. La figura, representa la velocidad en función del tiempo durante las pruebas realizadas en un intervalo de 100 m.

Resultado de las pruebas usando tres motores (3x3)

Para el primer test se realizaron un total de tres pruebas donde, se obtuvo la velocidad y el tiempo que se empleó para cubrir la distancia antes señalada, y a primera velocidad y con los tres motores en funcionamiento dando los resultados detallados en la tabla 17.

Tabla 16

Toma de datos en primera velocidad

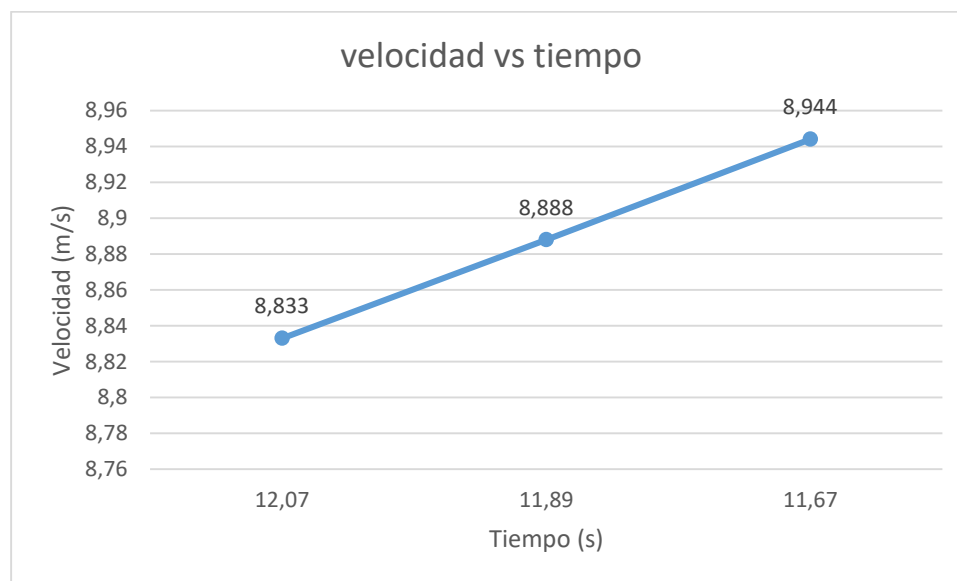
Pruebas de aceleración en plano del vehículo prototipo multipropósito L2 CMDR						
RICKSHAW						
Prueba	Ocupantes	Peso (kg)	Carga de la batería (%)	Distancia (m)	Velocidad (m/s)	Tiempo (s)
1	1	80	75	100	8,833	12,07
2	1	80	75	100	8,888	11,89
3	1	80	75	100	8,944	11,67
promedio	1	80	75	100	8,88833333	11,876

Nota. Datos obtenidos de los ensayos obtenidos de la arrancabilidad en plano, implementando la tracción 3x3 en primera velocidad.

Una vez tabulado los resultados se procedió a realizar una gráfica de comparación de las pruebas realizadas, como se indica en la figura 38

Figura 38

Gráfica velocidad versus tiempo



Nota, La línea azul representa la velocidad máxima alcanzada en pruebas realizadas en 100 m.

Resultado de las pruebas usando motores delanteros (2x3)

Para las pruebas en segunda velocidad con funcionamiento del tren delantero, se utilizaron los parámetros de las pruebas realizadas anteriormente dando los resultados descritos en la tabla 17

Tabla 17

Toma de datos en segunda velocidad

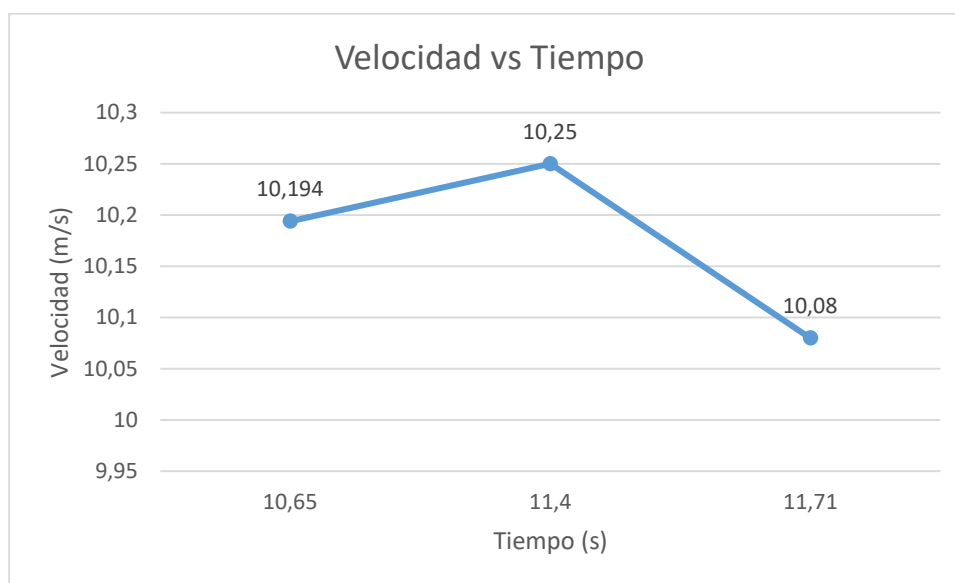
Pruebas de aceleración en plano del vehículo prototipo multipropósito L2 CMDR						
RICKSHAW						
Prueba	Ocupantes	Peso (kg)	Carga de la batería (%)	Distancia (m)	Velocidad (m/s)	Tiempo (s)
1	1	80	75	100	10,194	10,65
2	1	80	75	100	10,25	11,4
3	1	80	75	100	10,08	11,71
Promedio	1	80	75	100	10,1746667	11,2533333

Nota. Datos obtenidos de los ensayos obtenidos de la arrancabilidad en plano, implementando la tracción 2x3 en segunda velocidad.

Con los datos obtenidos se realizó una gráfica comparativa entre la velocidad y el tiempo, donde se puede ver el tiempo empleado en cada una de las pruebas realizadas.

Figura 39

Comparación curvas velocidad versus tiempo



Nota. En las pruebas realizadas en un intervalo de 100 m. se observa la velocidad máxima alcanzada.

Resultado de las pruebas usando tres motores (3x3)

En el caso de la utilización de los tres motores en segunda velocidad, la distancia se mantiene en 100m. como consecuencia los resultados que se registraron en las pruebas se los describe en la tabla 18.

Tabla 18

Toma de datos en segunda velocidad

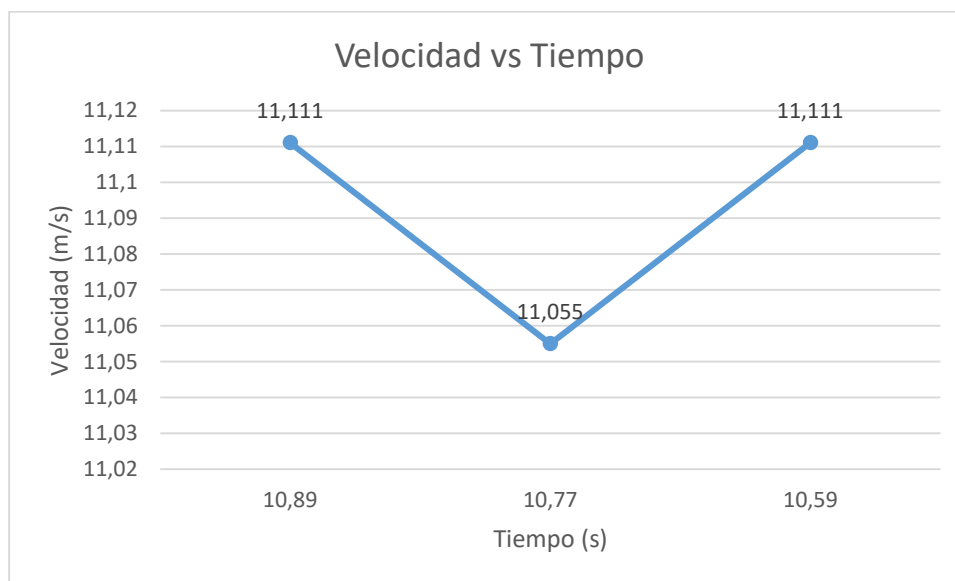
Pruebas de aceleración en plano del vehículo prototipo multipropósito L2 CMDR						
RICKSHAW						
Prueba	Ocupantes	Peso (kg)	Carga de la batería (%)	Distancia (m)	Velocidad (m/s)	Tiempo (s)
1	1	80	75	100	11,111	10,89
2	1	80	75	100	11,055	10,77
3	1	80	75	100	11,111	10,59
promedio	1	80	75	100	11,0923333	10,75

Nota. Datos obtenidos de los ensayos obtenidos de la arrancabilidad en plano, implementando la tracción 3x3 en segunda velocidad.

Las pruebas desarrolladas, se las comparo por medio de un gráfico velocidad versus tiempo, donde se observa el tiempo utilizado en cada desplazamiento o prueba generada

Figura 40

Gráfico velocidad versus tiempo



Nota., la línea azul representa la velocidad máxima alcanzada durante las pruebas realizadas en un intervalo de 100 m.

Resultado de las pruebas usando motores delanteros (2x3)

Para el último set de pruebas de aceleración en plano en tercera velocidad, se dispuso el aumento de la distancia en alrededor de 100 m con un total de 200 m. Debido a que en los ensayos a 100 metros el vehículo multipropósito, no alcanzaba la velocidad total y con el aumento en la distancia, se corrigió este inconveniente

Tabla 19

Toma de datos en tercera velocidad

Pruebas de aceleración en plano del vehículo prototipo multipropósito L2 CMDR						
RICKSHAW						
Prueba	Ocupantes	Peso (kg)	Carga de la batería (%)	Distancia (m)	Velocidad (m/s)	Tiempo (s)
1	1	80	75	200	10,7277778	21,97
2	1	80	75	200	10,4166667	21,53
3	1	80	75	200	10,8083333	22,45
Promedio	1	80	75	200	10,6509259	21,9833333

Nota. Datos obtenidos de los ensayos obtenidos de la arrancabilidad en plano, implementando la tracción 2x3 en tercera velocidad.

Con los valores obtenidos la gráfica comparativa entre la velocidad máxima vs el tiempo empleado se refleja en la figura 41

Figura 41

Gráfica velocidad versus tiempo



Nota. Velocidad de desplazamiento máximo en pruebas realizadas en un intervalo de 200 m.

Resultado de las pruebas usando tres motores (3x3)

Se dispuso el aumento de la distancia de 100m a 200m para las pruebas con los tres motores en funcionamiento a tercera velocidad por la situación acaecida en las pruebas del tren delantero a tercera velocidad

Los datos obtenidos en las pruebas realizadas, se los describe a continuación en la tabla 20

Tabla 20*Toma de datos en tercera velocidad*

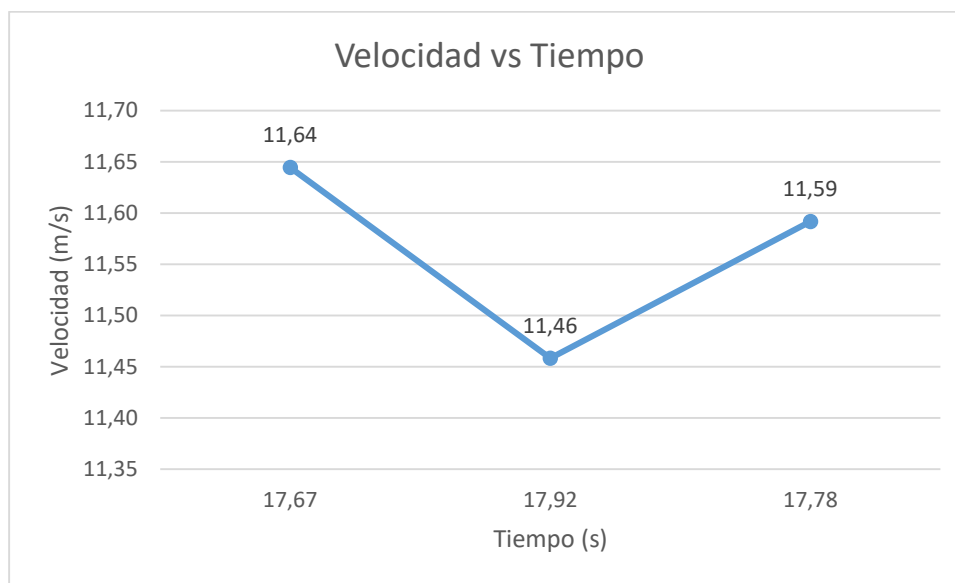
Pruebas de aceleración en plano del vehículo prototipo multipropósito L2 CMDR						
RICKSHAW						
Prueba	Ocupantes	Peso (kg)	Carga de la batería (%)	Distancia (m)	Velocidad (m/s)	Tiempo (s)
1	1	80	75	200	11,64444444	17,67
2	1	80	75	200	11,45833333	17,92
3	1	80	75	200	11,59166667	17,78
promedio	1	80	75	200	11,5648148	17,79

Nota. Datos obtenidos de los ensayos obtenidos de la arrancabilidad en plano, implementando la tracción 3x3 en tercera velocidad.

En la figura 42 se puede observar la gráfica velocidad versus tiempo que se obtuvo con los

Figura 42

Velocidad en función del tiempo



Nota: Velocidad de desplazamiento y el tiempo empleado respectivamente, en las distintas pruebas realizadas.

Una vez realizada la tabulación de los datos obtenidos en las pruebas respectivas se procede a realizar un cuadro comparativo entre los valores alcanzados en las 3 velocidades de vehículo funcionando su tren delantero (2x3)

Tabla 21

Cuadro comparativo entre las pruebas realizadas usando solo el tren delantero (2x3)

Pruebas de aceleración en plano del vehículo prototipo multipropósito L2 CMDR						
RICKSHAW						
velocidad	Ocupantes	Peso (kg)	Carga de la batería (%)	Distancia (m)	Velocidad (m/s)	Tiempo (s)
1	1	80	75	100	8,453	13,646
2	1	80	75	100	11,0923333	11,253
3	1	80	75	200	10,6509259	21,983

Nota. Datos obtenidos de los ensayos obtenidos de la arrancabilidad en plano, implementando la tracción 2x3.

En la tabla se puede observar el aumento de la velocidad acorde a su respectiva velocidad

Cálculo de la aceleración en plano

Con los valores promedios de cada una de las pruebas realizadas, y al aplicar la fórmula

Se calculó el valor de la aceleración para los distintos formatos en los que se utilizó el vehículo multipropósito (2x3 y 3x3)

Aceleración Tren delantero

Con los datos que se obtuvo en la tabla 21 y aplicando la fórmula de aceleración, se calcularon los siguientes resultados descritos en la tabla 23, para el tren delantero

Tabla 22

Calculo aceleración en plano tren delantero

Aceleración en plano del vehículo prototipo multipropósito L2 CMDR		
RICKSHAW		
Velocidad	Aceleración	Resultado
		$\frac{m}{s^2}$
1		0,6194
2	$a = \frac{v}{t}$	0,9042
3		0,4844

Nota. Datos de la aceleración del prototipo obtenidos a través de cálculos. Fuente de Autores.

Utilizando la fórmula de aceleración anteriormente descrita y con el mismo criterio, se calcula la aceleración en este caso cuando se utiliza los tres motores, el resultado se encuentra expresado en la tabla 23.

Tabla 23

Cuadro comparativo entre las pruebas realizadas usando todos los motores (3x3)

Pruebas de aceleración en plano del vehículo prototipo multipropósito L2 CMDR						
RICKSHAW						
Velocidad	Ocupantes	Peso (kg)	Carga de la batería (%)	Distancia (m)	Velocidad (m/s)	Tiempo (s)
1	1	80	75	100	8,88833333	11,876
2	1	80	75	100	11,0923333	10,75
3	1	80	75	200	11,5648148	17,79

Nota. Comparativa de los datos obtenidos de los ensayos obtenidos de la arrancabilidad en plano, implementando la tracción 3x3.

De la misma manera que en el la tabla anterior se puede observar el aumento de la velocidad acorde a su respectiva velocidad, con los valores promedios de cada una, al aplicar la formula $a = \frac{v}{t}$, donde a es la aceleración, v es la velocidad alcanzada y t es el tiempo empleado se tendría el valor de la aceleración, pero con la utilización de los 3 motores simultáneamente sería

Aceleración tres motores en funcionamiento

Utilizando la fórmula de aceleración anteriormente descrita y con el mismo criterio, se calcula la aceleración en este caso cuando se utiliza los tres motores, el resultado se encuentra expresado en la tabla 24.

Tabla 24

Calculo aceleración en plano utilizando los 3 motores (3x3)

Aceleración en plano del vehículo prototipo multipropósito L2 CMDR		
RICKSHAW		
Velocidad	Aceleración	Resultado
		$\frac{m}{s^2}$
1		0,7484
2	$a = \frac{v}{t}$	1,0318
3		0,65

Nota. Datos de los ensayos de arrancabilidad en plano.

Pruebas de arrancabilidad en pendiente

A través del protocolo de ensayo de arrancabilidad en pendiente, se realizaron las pruebas correspondientes a cada tren de rodaje.

Tren delantero

Para la realización de las pruebas de arrancabilidad en pendiente, con el funcionamiento del tren delantero, se obtuvieron los valores que se encuentran detallados en la tabla 25 a continuación.

Tabla 25

Valores de arrancabilidad en pendiente, tren delantero (2x3)

Pruebas de arrancabilidad en pendiente del vehículo prototipo multipropósito L2					
CMDR RICKSHAW					
Prueba	Ocupantes	Peso (kg)	Inclinación de la calzada (%)	Velocidad ($\frac{m}{s}$)	Tiempo (s)
1	2	140	26,2	4,5	23,08
2	2	140	26,2	4,5	24,00
3	2	140	26,2	4,5	23,98
promedio	2	140	26,2	4,5	23,926

Nota. Datos obtenidos de los ensayos obtenidos de la arrancabilidad en pendiente, implementando la tracción 2x3.

Con el funcionamiento del tren delantero en la ruta designada con pendiente, la velocidad máxima que se obtuvo fue de $4,5 \left[\frac{m}{s} \right]$, el tiempo que necesito para llegar a la velocidad máxima fue un promedio de 23,926 segundos.

Utilizando los tres motores simultáneamente (3x3)

Al utilizar los tres motores, en una pendiente los resultados que se consiguieron en las pruebas realizadas se los visualiza en la tabla 26.

Tabla 26

Valores de arrancabilidad en pendiente usando los tres motores (3x3)

Pruebas de arrancabilidad en pendiente del vehículo prototipo multipropósito L2					
CMDR RICKSHAW					
Prueba	Ocupantes	Peso (kg)	Inclinación de la calzada (%)	Velocidad ($\frac{m}{s}$)	Tiempo (s)
1	2	140	26,2	4,555	14,73
2	2	140	26,2	4,555	15,02
3	2	140	26,2	4,555	14,58
promedio	2	140	26,2	4,555	14,776

Nota. Datos obtenidos de los ensayos obtenidos de la arrancabilidad en pendiente, implementando la tracción 3x3.

Al utilizar los tres motores eléctricos en simultaneo, la máxima velocidad alcanzada fue de 4,555 ($\frac{m}{s}$), el tiempo que se utilizó para alcanzar la velocidad máxima fue un promedio de 14,776 (s).

Comparación de resultados de arrancabilidad en pendiente 2x3 y 3x3

En la tabla 27 se compara los resultados obtenidos al realizar las pruebas de arrancabilidad en pendiente cuando el prototipo usa el tren delantero y cuando usa todos los motores disponibles.

Tabla 27*Valores de arrancabilidad*

Cuadro comparativo de arrancabilidad en pendiente del vehículo prototipo multipropósito L2 CMDR RICKSHAW						
Prueba	Ocupantes	Peso (kg)	Inclinación de la calzada (%)	Velocidad $\left(\frac{m}{s}\right)$	Tiempo (s)	Aceleración $\left(\frac{m}{s^2}\right)$
Solo tren delantero	2	140	26,2	4,5	23,926	0,188
Aplicando 3x3	2	140	26,2	4,555	14,776	0,304

Nota. Datos obtenidos de los ensayos de la arrancabilidad en pendiente.

La comparación realizada indica que, al momento de usar solo el tren delantero, el tiempo utilizado para alcanzar la velocidad máxima es alto, por lo que la aceleración es muy baja, en el caso de la aplicación del 3x3, el tiempo se reduce significativamente, lo que conlleva a una elevación de la aceleración, en base a estos resultados, la arrancabilidad en pendiente es mucho mejor cuando se utiliza a tracción en los tres motores.

Análisis resultados en pruebas de ruta

Se realiza dos pruebas de ruta donde se obtienen resultados de aceleración máxima y velocidad máxima utilizando la app GeoTraker, expresados en la tabla 28.

Tabla 28*Datos obtenidos de las Pruebas de ruta*

Pruebas de ruta del vehículo prototipo multipropósito L2 CMDR RICKSHAW						
Ruta	Ocupantes	Peso (kg)	Inclinación	Distancia (m)	Velocidad máxima (km/h)	Tiempo (s)
			máx. y mín. en la ruta (%)			
1	1	70	4 -5	7290	14,166	796
2	1	70	3 -2	4710	14,72	445
promedio	1	70	+/-3,5	6000	14,443	620,5

Nota. En la figura se puede observar una comparación entre las pruebas de ruta realizadas.

Se realiza una comparación entre las dos rutas para promediar los resultados, dando una distancia promedio de 6000 m que se recorrerán a una velocidad máxima de 14,443 m/s, en un tiempo de 620,5 segundos.

Capítulo V

Marco Administrativo

Recursos

Para el desarrollo de “Investigar las características de desempeño del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW” se han empleado los siguientes recursos humanos, tecnológicos y materiales.

Recursos tecnológicos

En la tabla 30 se detalla todos los equipos empleados para la investigación, así como también la función que desempeñaron.

Tabla 29

Recursos tecnológicos

Orden	Equipo	Función
1.	Banco de rodillos Inercial Modelo BPV1800 – No 08-19	Equipo dinamométrico empleado para el desarrollo de ensayo de torque y potencia.
2.	SMAC	Sistema de adquisición de datos obtenidos en los ensayos dinamométricos de torque y potencia.
3.	Hill Gradient	Aplicación usada para la adquisición del ángulo de inclinación en los ensayos de arrancabilidad en pendiente.
4.	Geo Tracker	Aplicación usada para la adquisición de datos en las pruebas de ruta realizada.
5.	Paquete office	Software de procesamiento de datos para

escritura y tabulación de resultados.

Nota. En la tabla mostrada se puede observar detalladamente los recursos tecnológicos empleados para la realización de la investigación.

Recursos humanos

En la tabla 29 se detalla a todo el personal humano que intervino en el desarrollo de la investigación, ya que cada uno aportó con ideas y conocimientos a fin de cumplir todos los objetivos propuestos.

Tabla 30

Recursos Humanos

Orden	Nombre	Función
1.	Carlos Arias	Investigador
2.	Luis Tapia	Investigador
3.	Ing. Leonidas Quiroz	Investigador
		Director del trabajo de unidad de integración curricular

Nota. En la tabla se detalla a las personas que intervinieron en el desarrollo de la investigación.

Recursos Materiales

En la tabla 31 se detalla todos los recursos materiales empleados para la investigación, así como también la función que desempeñaron.

Tabla 31*Recursos materiales*

Orden	Cantidad	Material
1	1	Prototipo de vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW
2	1	Dinamómetro
3	1	Smartphone

Nota. En la tabla mostrada se puede observar detalladamente los recursos materiales empleados para la realización de la investigación.

Tabla 32*Gastos de la investigación*

Ítem	Cantidad	Costo unitario (USD)	Costo total (USD)
Dinamómetro	6	50	300
	Total		300

Nota. En la tabla mostrada se puede observar detalladamente los gastos empleados para la realización de la investigación.

Capítulo VI

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

El Prototipo de vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW por su diseño, debe funcionar sus motores delanteros en conjunto, con esto se asegura un consumo equilibrado de las baterías al someterlo a las distintas velocidades que este puede alcanzar.

Las pruebas realizadas en el banco de pruebas dinamométricos dieron como resultado que la potencia y el torque del prototipo permanecen constante independientemente de la carga a la cual se encuentren funcionando.

Se ejecutaron ensayos de determinación de torque y potencia donde se pudo conocer que la velocidad máxima a la pueden llegar los motores en condiciones ideales de funcionamiento, por lo que de esta manera se pudo comprobar gracias a las pruebas en ruta que efectivamente la velocidad máxima que alcanza el de vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW es de 50 km/h tanto en condiciones ideales como en condiciones reales de funcionamiento, donde en condiciones reales puede aumentar debido a la inercia pero es un aumento despreciable.

Los ensayos ejecutados en el banco de pruebas dinamométrico dieron como resultado que la potencia máxima que alcanza el vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW en el tren trasero es de 1,4 Kw (1,04 hp) esta potencia se obtiene cuando el vehículo alcanza una velocidad de 35 km/h, mientras que en el tren delantero es de 1,6 Kw (1,19 hp), donde esta potencia se obtiene cuando alcanza una velocidad de 30 km/h.

Además, se pudo establecer que el torque resultante en el tren delantero a una velocidad de 30km/h fue de 1,3 kg*m (12,74 Nm), mientras que los resultados de torque

obtenidos para el tren posterior a una velocidad de 35 km/h fueron de 1,0 kg*m (9,8 Nm) respectivamente.

La comparación de los resultados de potencia en el tren delantero registrados durante las pruebas dinamométricas que fue de 1,6 kW con la potencia nominal de los motores que es de 2kW, demuestra que los motores están trabajando en un 80 % de su capacidad por lo que las pérdidas se encuentran en el 20 %.

Al realizar el mismo proceso comparativo, pero en el caso del tren posterior donde la potencia que alcanzo el mismo fue de 1,4 kW, y el motor en su potencia nominal indica un valor de 2,0 kW, se establece que el motor trabajo a un 70% de su capacidad por lo que genera pérdidas del 30%.

Se ejecutó ensayos de aceleración en plano donde se pudo constatar que el vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW puede alcanzar una aceleración promedio de 2.23 m/s² arrancando en primera velocidad en un tiempo de 13.64 segundos en una distancia de 100 metros, en segunda velocidad alcanzo una aceleración de 3.255 m/s² en un tiempo de 11.253 segundos en una distancia de 100 metros, mientras que en tercera velocidad se obtuvo una aceleración de 1.74 m/s² en un tiempo de 21.18 segundos en una distancia de 200 metros.

Se realizaron 2 pruebas de ruta donde la ruta 1 constaba de una distancia de 7200 metros, donde se alcanzó una velocidad máxima de 14,166 m/s en un tiempo de 796 segundos en donde se destacan varios desniveles de la vía, donde pudo evaluar el desempeño del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW en condiciones reales y adaptándose a la geografía de la zona donde se pudo alcanzar una inclinación máxima de 4% y mínima de -5% con un solo ocupante.

En la prueba de ruta 2 se buscaba determinar el comportamiento del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW en ruta relativamente plana donde no existen grandes desniveles en la vía, de esta manera se pudo determinar que el prototipo alcanzo una velocidad máxima de 14,72 m/s en una distancia de 4710 m durante un tiempo de 445 segundos, donde mantuvo una velocidad media 10.55 m/s.

Después de la realización de las diferentes pruebas y ensayos se puede afirmar que el vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW cumple con los parámetros establecidos en la normativa NTE INEN 2477.

Recomendaciones

Ante el auge de los vehículos eléctricos en Ecuador, se hace imperante la necesidad de contar con bancos de pruebas dinamométricas especializados en vehículos eléctricos que permitan recopilar la mayor cantidad de datos posible, las pruebas dinamométricas que se realizan en el país utilizan un dinamómetro general que para autos MCI, por lo que los datos obtenidos son limitados en caso de motores eléctricos.

Realizar estudios para la implementación de un taller especializado en pruebas dinamométricas para vehículos con motores eléctrico, como es el caso de la ciudad de Lima, Perú, donde el Grupo Álava realiza pruebas con su novedoso dinamómetro de chasis y motores portátiles ROTOTEST.

Para el uso de este vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW se recomienda verificar el nivel de carga de las baterías del tren delantero especialmente, ya que si se llega a descargar una batería y deja de funcionar un motor delantero podría llegar a provocar accidentes.

Promover investigaciones que impulsen al mejoramiento del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW en los diferentes aspectos tanto estructurales como electrónicos, a fin de aumentar su durabilidad y prestaciones, además de reducir sus costos de producción

Previo a la realización de los ensayos de torque y potencia verificar que el vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW se encuentre en las condiciones adecuadas de funcionamiento a fin de que los resultados de las pruebas sean lo más reales posibles.

Antes del inicio de las pruebas dinamométricas asegurarse de realizar el anclaje correcto del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW a fin de garantizar la seguridad de los operarios durante la realización de los ensayos.

Promover la investigación y desarrollo de nuevos prototipos que usen energías alternativas como la energía eléctrica y que permita reducir el consumo de combustibles fósiles que son altamente contaminantes.

Bibliografía

- AEADE. (2019). El Gobierno Concentra medidas en tributación. *Asociación de empresas automotrices del Ecuador*, 58.
- Andres. (14 de 11 de 2022). *Eficiencia de un motor electrico y valores mas comunes: A. Electricaplicada*. Obtenido de <https://www.electricaplicada.com/eficiencia-de-un-motor-electrico-y-los-valores-mas-comunes/>
- Duran, B., & Castellon, M. (2021). CALCULO DE POTENCIA ELÉCTRICA PARA UN PROTOTIPO DE AUTO ELÉCTRICO USADO EN RALLYS SOLARES. *Ciencia, Tecnología e Innovación*, 19(23), 156-158.
- Fernández, J. H. (2018). *academia.edu*. Obtenido de academia.edu:
https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/60527774/MOTORES_ELECTRICOS_PARA_LA_I_N20190908-85244-qiaf0x-libre.pdf?1567983837=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DMOTORES_ELECTRICOS_PARA_LA_INDUSTRI_A.pdf&Expires=1676277094&Signature=SWBJU1sMN7w51kr
- Joan, R., & Oscar, B. (2017). *VEHICULOS ELECTRICOS E HIBRIDOS*. MADRID: PARANINFO.
- Molero, E., & Pozo, A. (2013). *El vehículo eléctrico y su infraestructura de carga*. Malaga: MARCOMBO.
- Moncayo, L. (2004). *CALCULO Y ANALISIS DINAMICO DEL AUTOMOVIL DURANTE SU DESPLAZAMIENTO EN CARRETERA*. Universidad Politecnica Salesiana, Ingenieria Mecánica Automotriz. Cuenca: ABYA-YAL. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1132>

- Normalización, I. E. (2015). *NTE INEN 2477*. Quito. Obtenido de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2477_2r.pdf
- Ros, J., & Óscar, B. (2017). VEHÍCULOS ELÉCTRICOS E HÍBRIDOS. En J. Ros, & B. Óscar, *Vehículos eléctricos e híbridos* (pág. 2). Madrid: Paraninfo.
- Salazar, A. (Marzo de 2016). *Estudio para la implementación de un dinamómetro de chasis modelo X tracción dos ruedas del fabricante DYNOCOM en un taller automotriz*. Guayaquil: Universidad Internacional del Ecuador - UIDE. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/1050/1/T-UIDE-040.pdf>
- Soto, B. (2017). *Diseño de un dinamómetro de rodillos para determinar torque y potencia de vehículos livianos*. Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/12119>
- Victoriano, M. (2016). SAENZ. Obtenido de SAENZ: <https://www.saenzdynos.com.ar/bco-rodillos-in-comp.php?lang=es>

Anexos