



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica
Carrera de Ingeniería Automotriz**

Trabajo de Unidad de Integración Curricular

Tema: “Investigación de las características de desempeño del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW”

Autores:

**Arias Gallo, Carlos Anibal
Tapia Juárez, Luis Eduardo**

Director:

Ing. Quiroz Erazo, Leonidas Antonio

**Latacunga
Febrero, 2023**



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. (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



Objetivos

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.
- Realizar ensayos de torque y potencia en el banco de pruebas dinamométricas.
- 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.



- 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.



Justificación e importancia

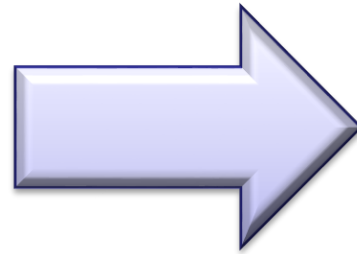
El presente proyecto se enfocó en determinar el desempeño y rendimiento de un vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW, mediante el estudio de comportamiento, rendimiento y autonomía del vehículo eléctrico en diferentes condiciones de uso.

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.



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.



Torque

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

El torque o par motor es el momento de fuerza que ejerce un motor sobre un eje de transmisión de potencia.

En palabras mas sencillas el par o torque es la capacidad del motor para girar a una



Vehículo eléctrico

Su tracción es totalmente eléctrica y funciona con un motor-generador (MEG)

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)



Los vehículos eléctricos ligeros (LEV) incluyen todos los vehículos eléctricos que tienen un peso muy ligero y tamaño compacto

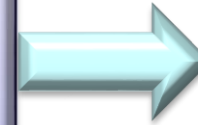


Motores eléctricos

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.



Normativa NTE INEN 2477

Requisitos vehículos
automotores. Vehículos
de tres ruedas para
transporte de pasajeros y
para transporte de carga



Desarrollo



Arrancabilidad en plano

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



Torque y potencia

El ensayo de torque y potencia se lleva a cabo en un banco de pruebas dinamométricas.



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.



Arrancabilidad en pendiente

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.



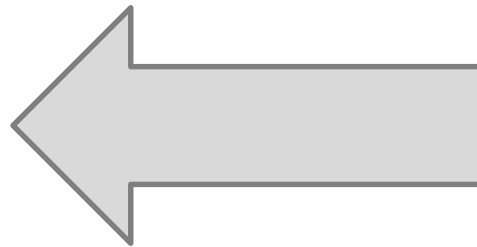
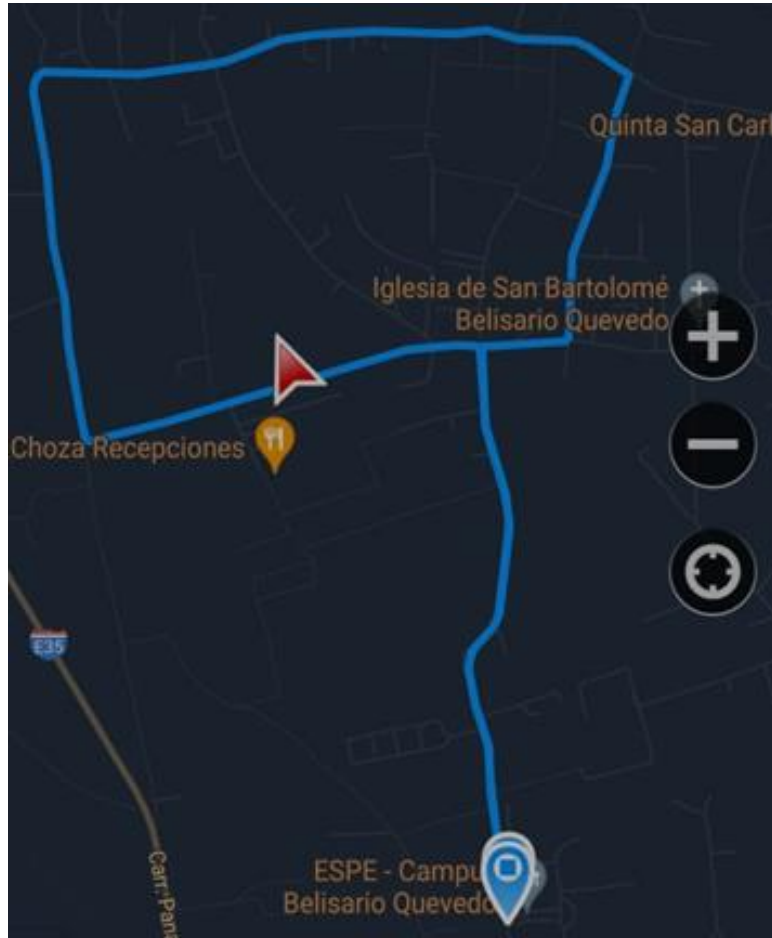
Arrancabilidad en pendiente

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



Prueba de ruta



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.



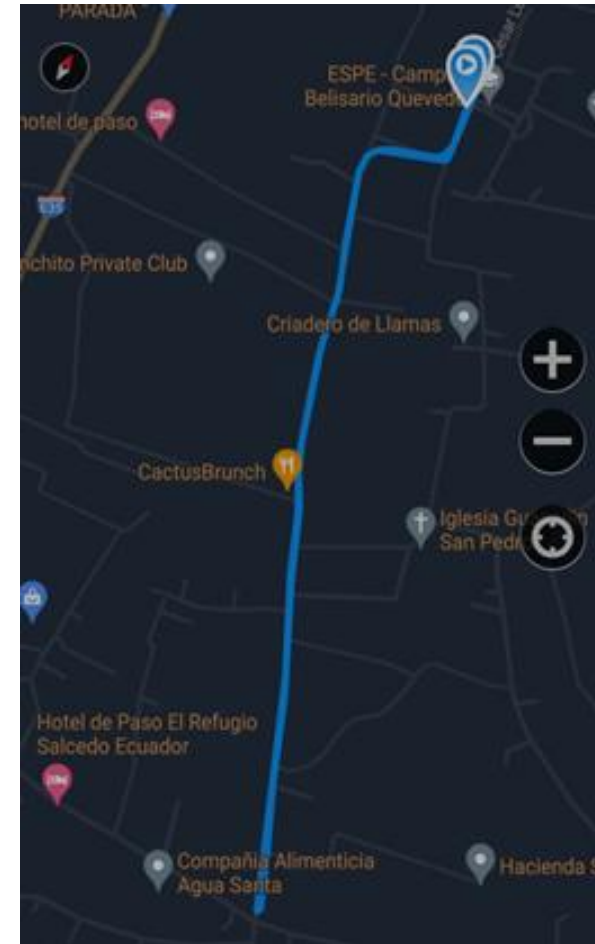
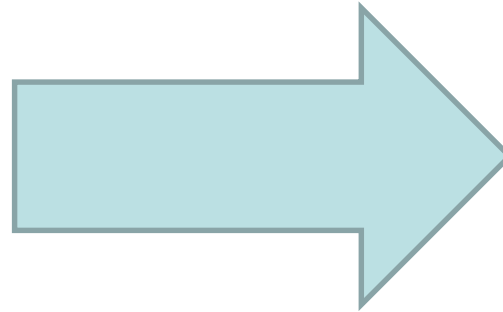
Resultados obtenidos de las pruebas de ruta 1

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



Ruta 2

En esta ruta se busca obtener la velocidad máxima alcanzada, distancia recorrida y tiempo que llevo completar el recorrido en un terreno relativamente plano .



Datos 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



Análisis de resultados



Ensayos efectuados en los motores delanteros

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



Datos del ensayo en el tren delantero

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



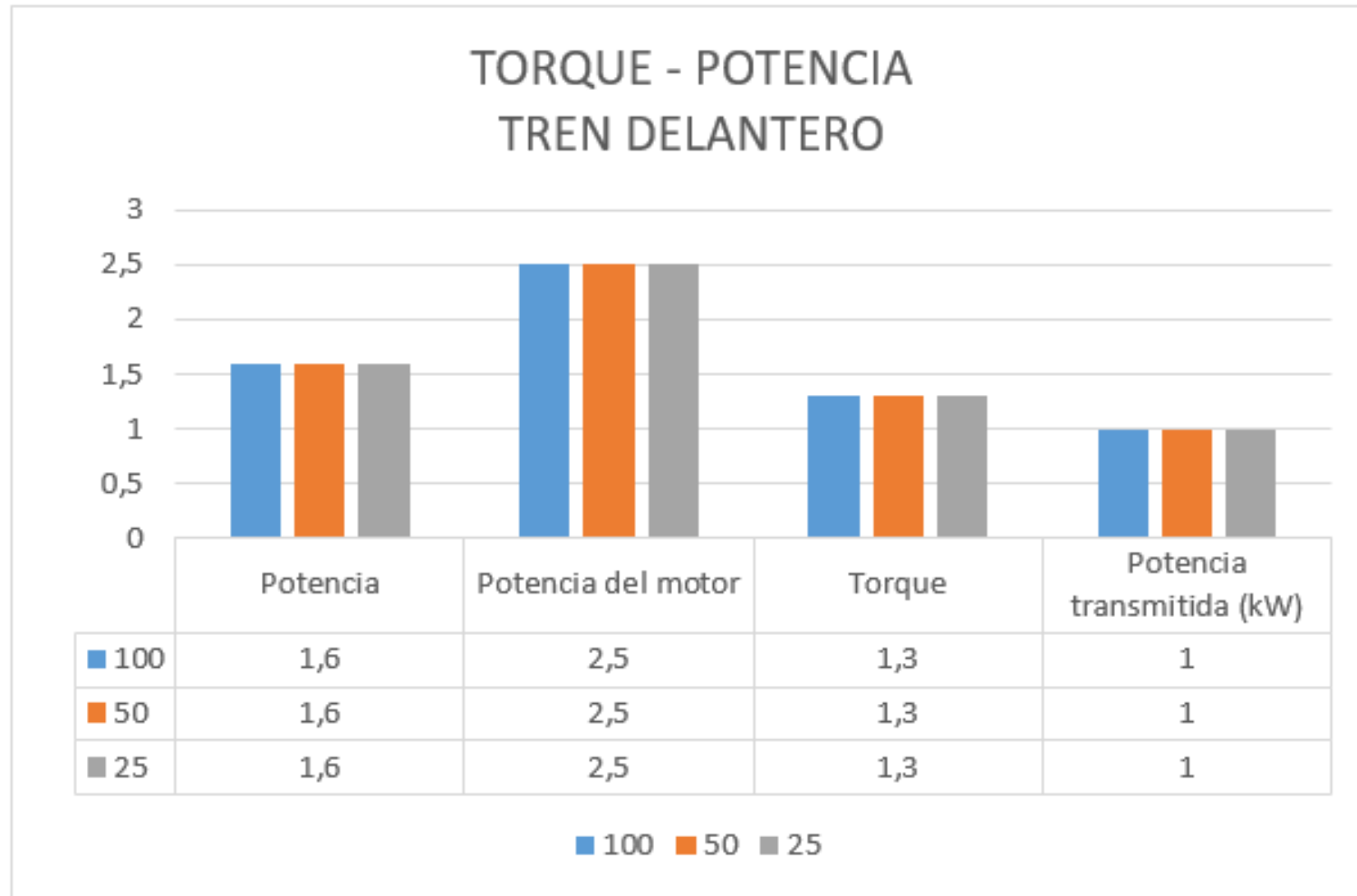
Resultados de torque y potencia a distintos regímenes de carga

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



Comparativa torque y potencia



Ensayo efectuado en motor 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

Área de trazado



Ensayo efectuado en motor posterior

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



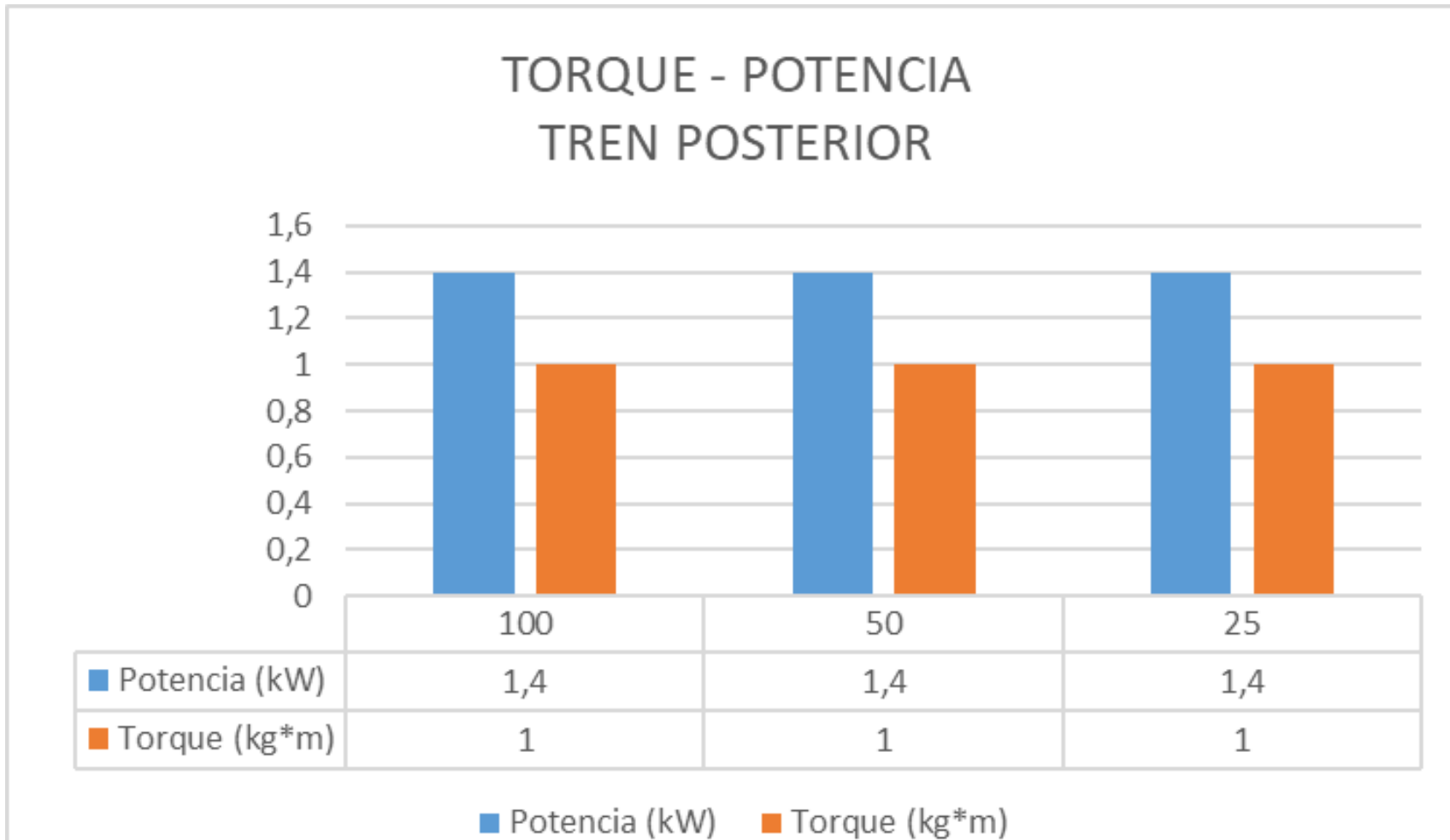
Resultados de las pruebas de torque y potencia a distintos regímenes de carga

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



Comparativo torque y potencia entre las tres pruebas realizadas



Datos primera velocidad

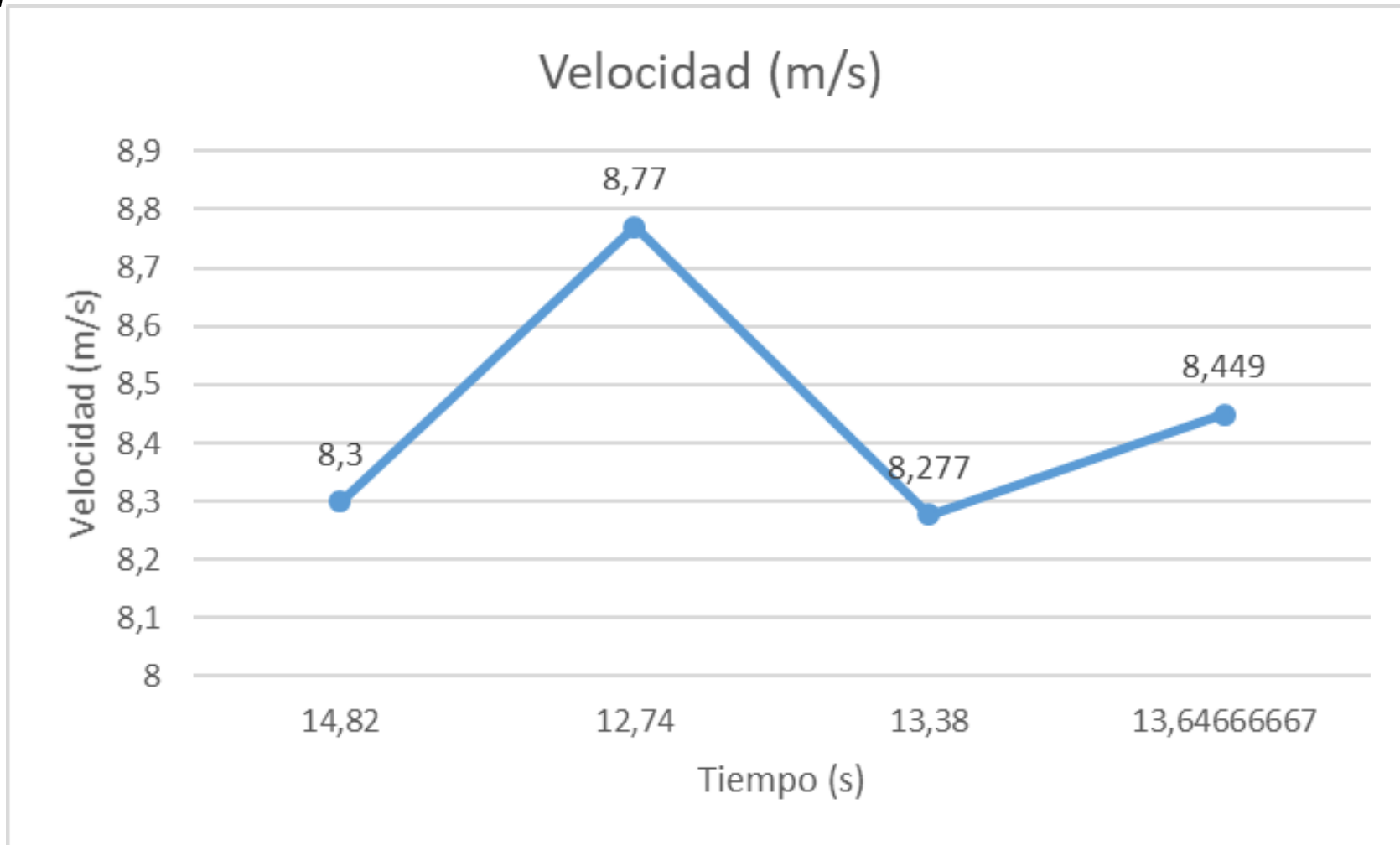
Pruebas de aceleración en plano del vehículo prototipo multipropósito L2

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



Comparación curvas vs velocidad



Toma de datos en primera velocidad

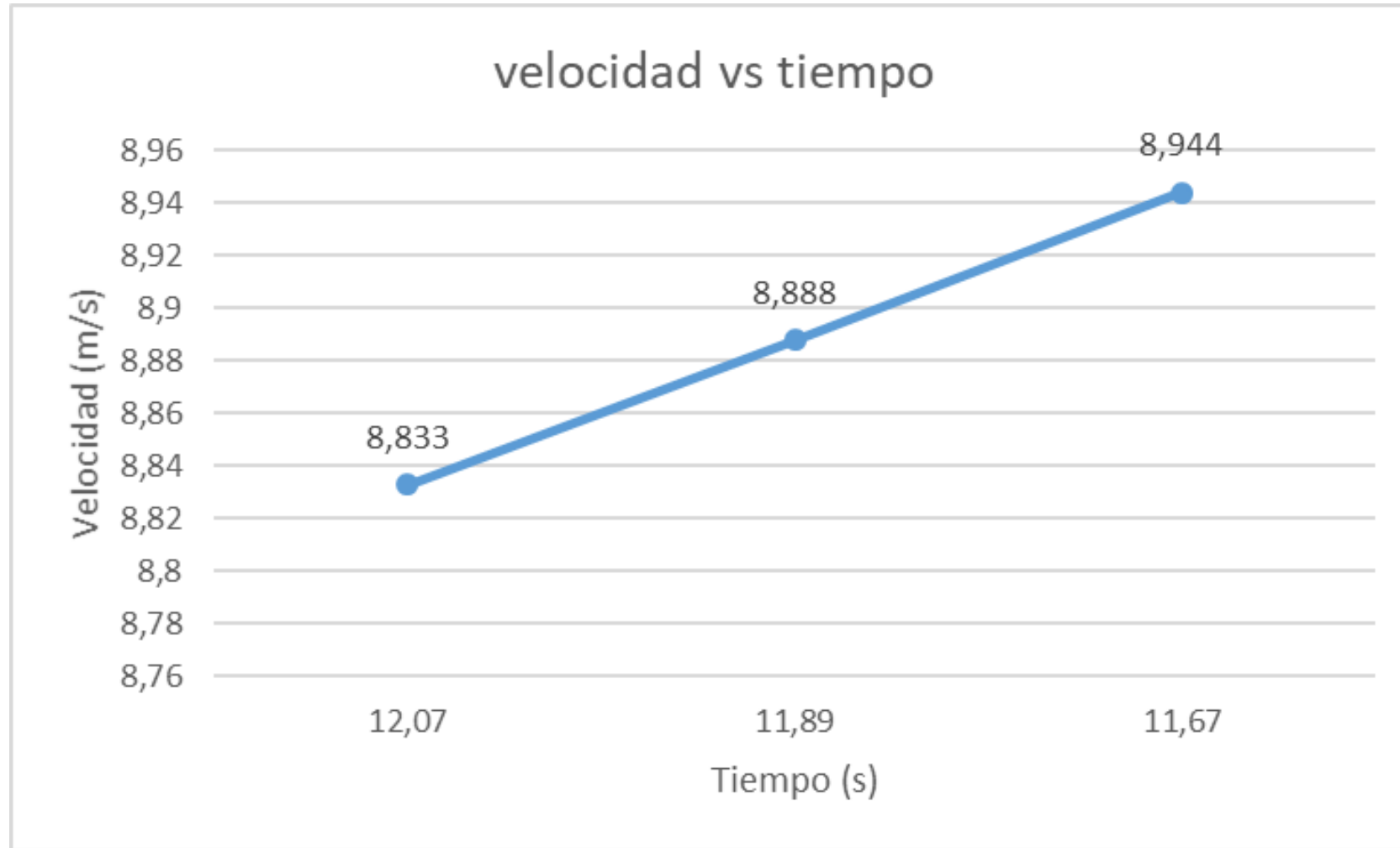
Pruebas de aceleración en plano del vehículo prototipo multipropósito L2 CMDR

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



Gráfica velocidad vs tiempo



Toma de datos segunda velocidad

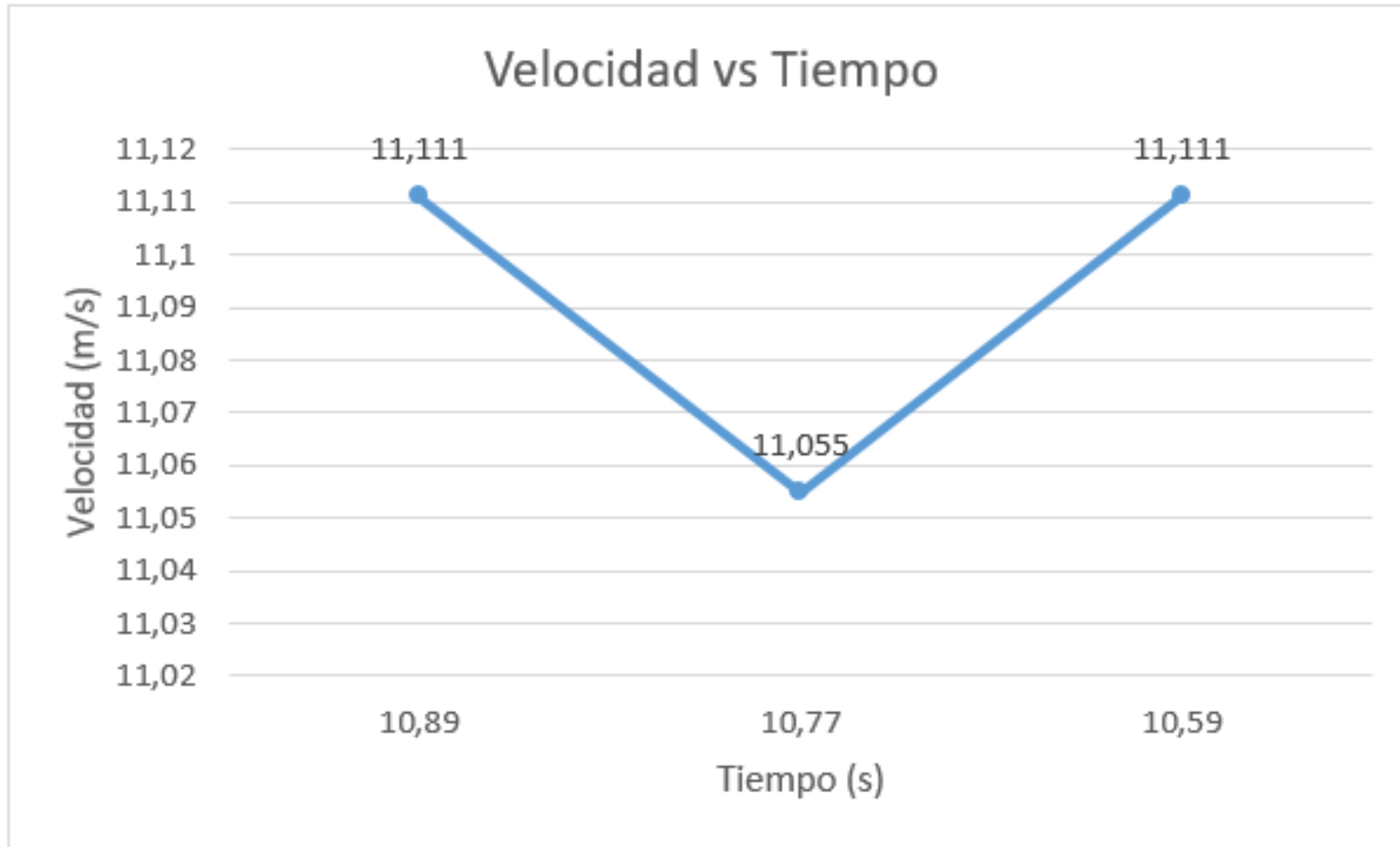
Pruebas de aceleración en plano del vehículo prototipo multipropósito L2 CMDR

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



Gráfico velocidad vs tiempo



Toma de datos en tercera velocidad

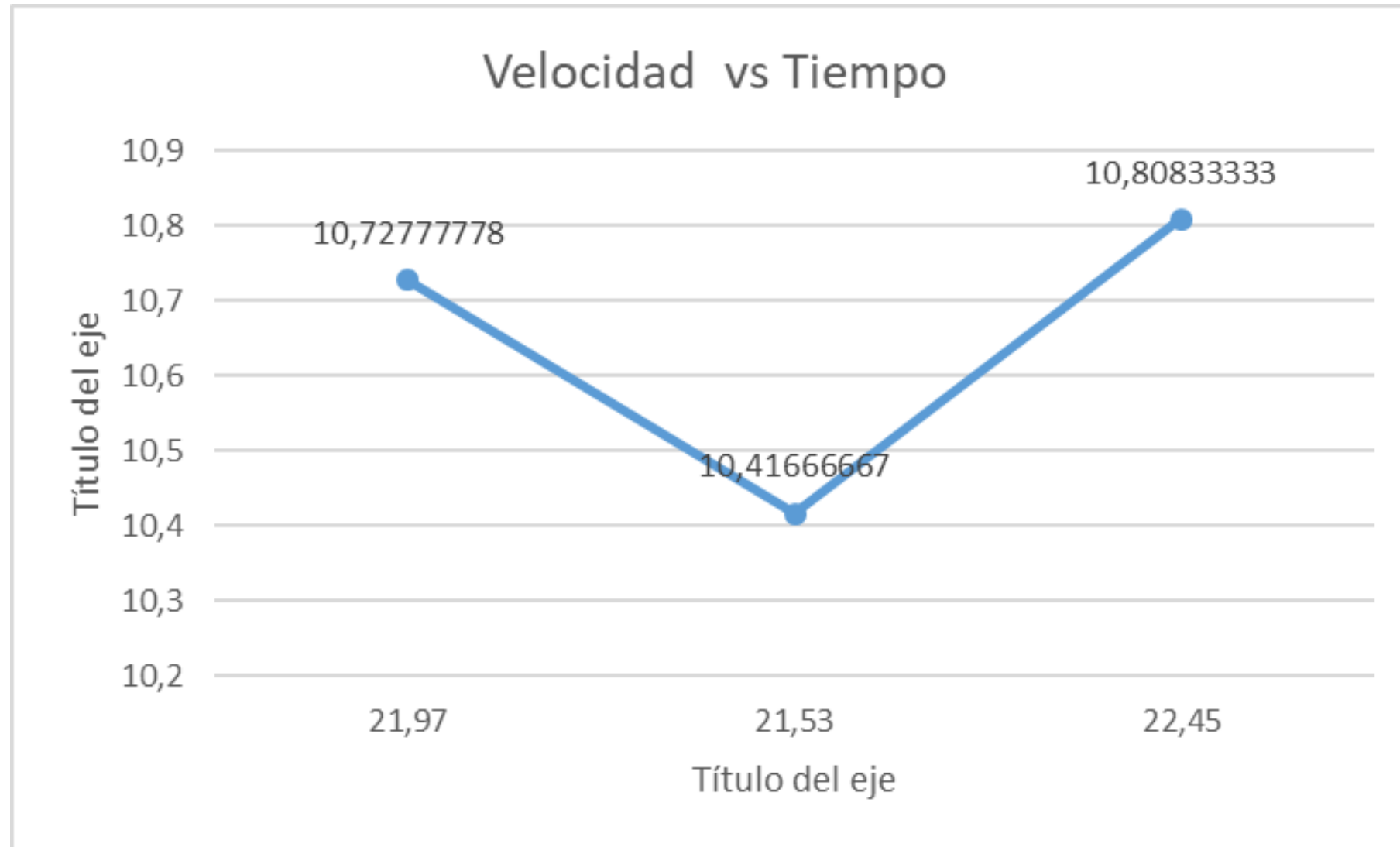
Pruebas de aceleración en plano del vehículo prototipo multipropósito L2 CMDR

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



Gráfica velocidad vs tiempo



Toma de datos en tercera velocidad

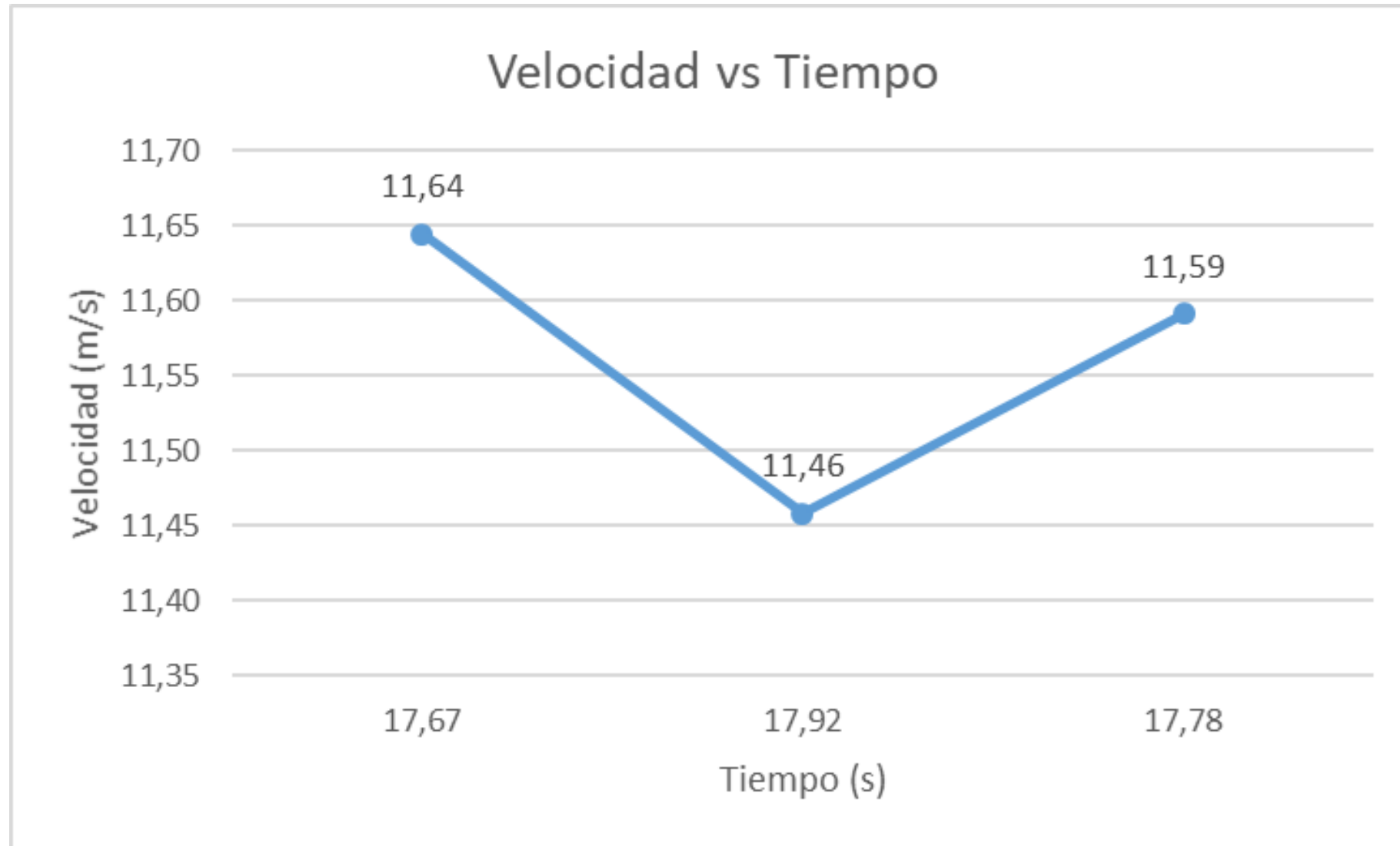
Pruebas de aceleración en plano del vehículo prototipo multipropósito L2 CMDR

RICKSHAW

Prueba	Ocupantes	Peso (kg)	Carga de la batería (%)	Distancia (m)	Velocidad (m/s)	Tiempo (s)
1	1	80	75	200	11,6444444	17,67
2	1	80	75	200	11,4583333	17,92
3	1	80	75	200	11,5916667	17,78
promedio	1	80	75	200	11,5648148	17,79



Velocidad en función del tiempo



Cuadro comparativo entre las pruebas realizadas del 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



Cálculo aceleración en plano tren delantero

Aceleración en plano del vehículo prototipo multipropósito L2 CMDR

RICKSHAW

Velocidad	Aceleración	Resultado $\frac{m}{s^2}$
1	$a = \frac{v}{t}$	0,6194
2		0,9042
3		0,4844



Cuadro comparativo entre las pruebas realizadas

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



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

Aceleración en plano del vehículo prototipo multipropósito L2 CMDR

RICKSHAW

Velocidad	Aceleración	Resultado
1	$a = \frac{v}{t}$	0,7484
2		1,0318
3		0,65



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



Datos obtenidos en 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



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.
- 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 %.



- Se ejecutaron ensayos de determinación de torque y potencia donde se pudo conocer que la velocidad máxima a la que 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 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.
- 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.



- 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.
- 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.



- 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.
- 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 ejecutaron ensayos de determinación de torque y potencia donde se pudo conocer que la velocidad máxima a la que pueden llegar los motores en condiciones ideales de funcionamiento, por lo que de esta manera se puede comprobar gracias a las pruebas en ruta que efectivamente la velocidad máxima que alcanza el 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.



- 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.

