

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

Trabajo de Unidad de Integración Curricular

Tema: "Estudio de la autonomía del vehículo eléctrico L2 CMDR RICKSHAW"

Autores:

**Monar Barragan, Jorge Alexander
Pachacama Carrera, Kevin Guillermo**

Director:

Ing. Quiroz Erazo, Leonidas Antonio

**Latacunga
Febrero, 2023**



CONTENIDO

OBJETIVOS

HIPÓTESIS

PROTOCOLO DE PRUEBAS

RESULTADOS

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



Objetivo general

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



Objetivos Específicos

- Determinar la autonomía del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW a través de ensayos considerando aspectos del estado de carga de la batería, proceso de carga y descarga de la batería, según el número de ocupantes mediante protocolos armonizados.
- Realizar protocolos de pruebas para el desarrollo de ensayos de autonomía que considere distancia recorrida, consumo de energía, velocidad máxima, aceleración máxima en los distintos ensayos acorde a condiciones de ruta urbana y extraurbana fundamentados en los ciclos de conducción NEDC y WLTP.
- Efectuar pruebas de autonomía a través de ensayos que considere demanda y aporte de energía de la batería, acorde a condiciones de ruta urbana y extraurbana mediante protocolos armonizados en ciclos de conducción NEDC y WLTP.

Objetivo Específicos

- Analizar la incidencia en el rendimiento del sistema de tracción eléctrico 3x3 del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW fundamentada a través de ensayos por pruebas de consumo y demanda de energía mediante ciclos de conducción NEDC Y WLTP en ruta a fin de evaluar de manera gráfica la autonomía del prototipo.
- Realizar el estudio termográfico en los motores eléctricos del prototipo L2 CMDR RICKSHAW, considerando la incidencia por número de ocupantes con variaciones de velocidad y diferentes condiciones de ruta urbana y extraurbana.
- Desarrollar ensayos en el VE, y obtener datos de los diversos parámetros, mediante instrumentos de medición y dispositivos tecnológicos, de manera de determinar una autonomía calcula mediante matemática aplicada en base a variables estudiadas.

CONTENIDO

OBJETIVOS

HIPÓTESIS

PROTOCOLO DE PRUEBAS

RESULTADOS

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



Hipótesis

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

CONTENIDO

OBJETIVOS

HIPÓTESIS

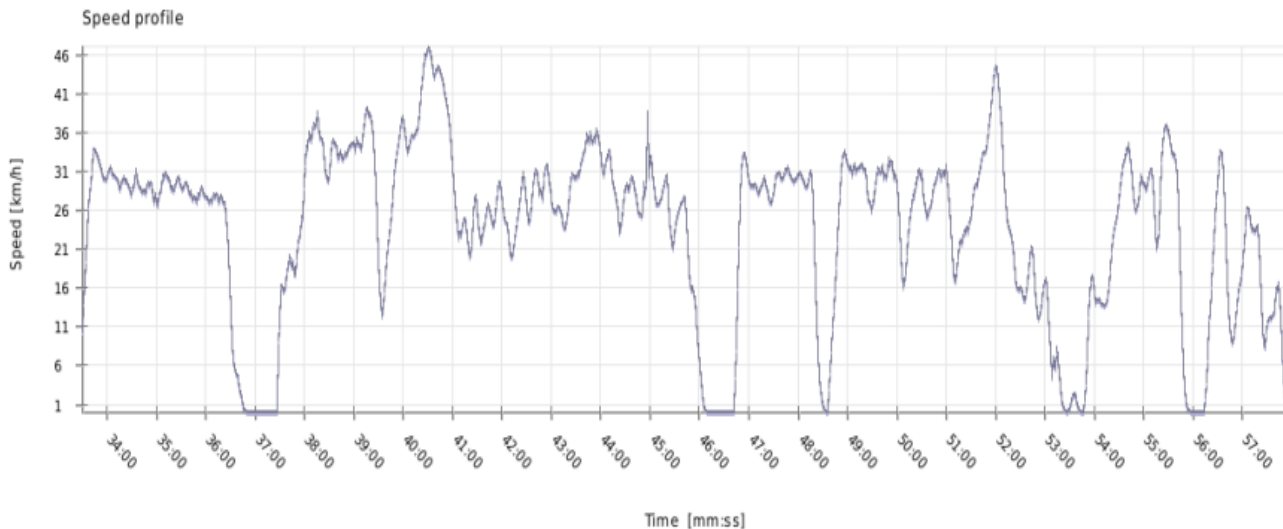
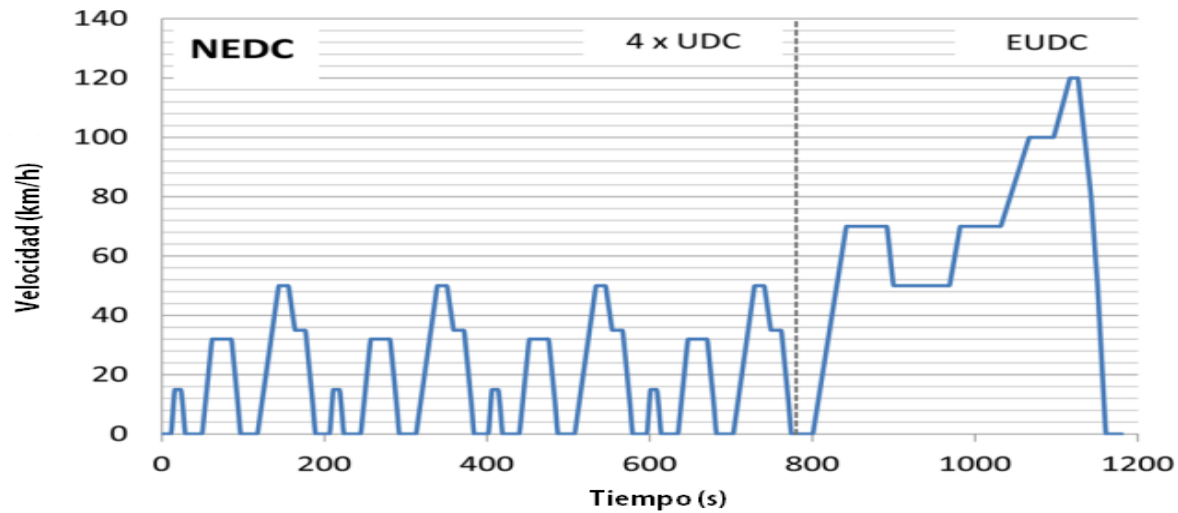
PROTOCOLO DE PRUEBAS

RESULTADOS

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

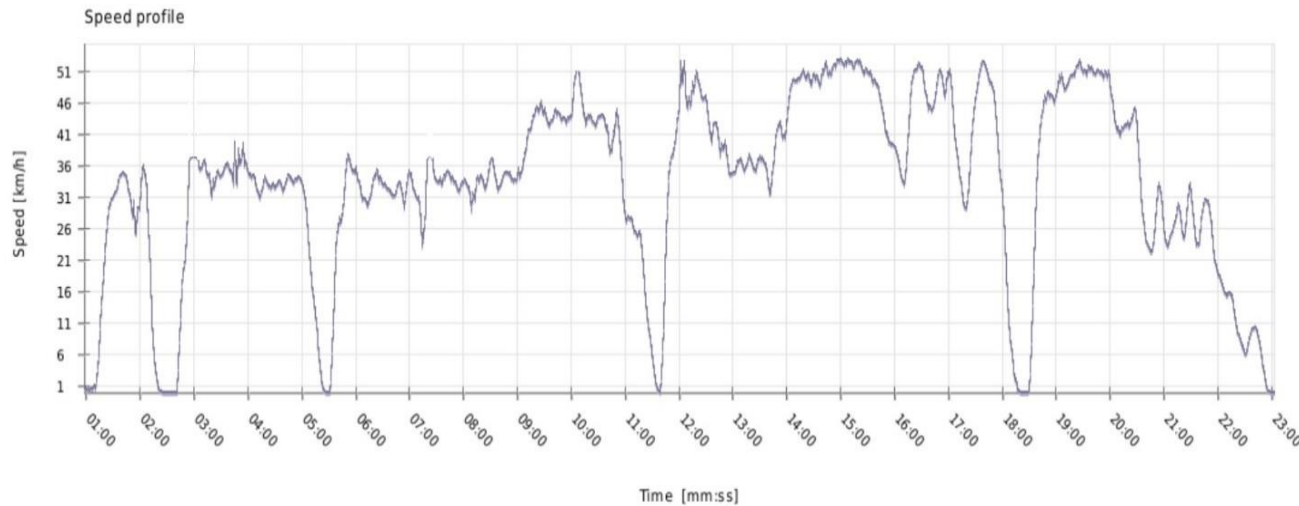
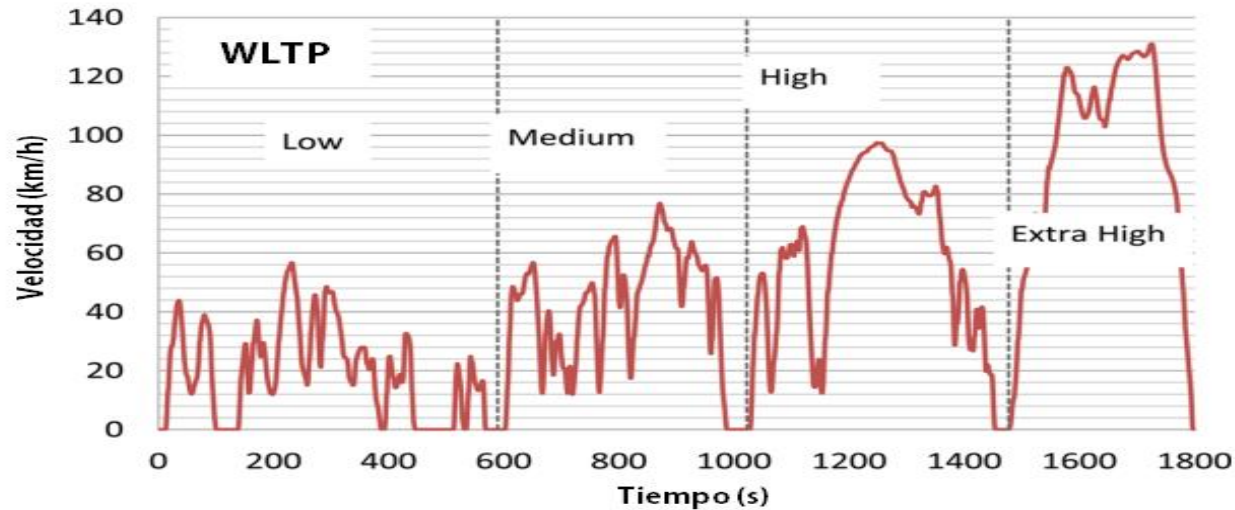


Ciclo NEDC – ruta urbana



Descripción	Ruta urbana (NEDC)
Tiempo del ciclo	24 minutos
Distancia del ciclo	9.7 kilómetros
Fase de conducción	Fase urbana
Velocidad media (km/h)	34 km/h
Velocidad máxima (km/h)	45 km/h
Temperatura °C	Mediciones realizadas en 4 paradas de la ruta

Ciclo WLTP – Ruta extraurbana



Descripción	Ruta extraurbana (WLTP)
Tiempo del ciclo	21 minutos
Distancia del ciclo	23.25 kilómetros
Fase de conducción	Fase extraurbana
Velocidad media (km/h)	35 km/h
Velocidad máxima (km/h)	55 km/h
Temperatura °C	Mediciones realizadas al inicio y fin de la ruta

CONTENIDO

OBJETIVOS

HIPÓTESIS

PROTOCOLO DE PRUEBAS

RESULTADOS

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



Ensayo en vacío

- Resultados ensayo en vacío

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

- Relación voltaje y estado de carga de la batería

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

- Autonomía en vacío

$$d = V \cdot t$$

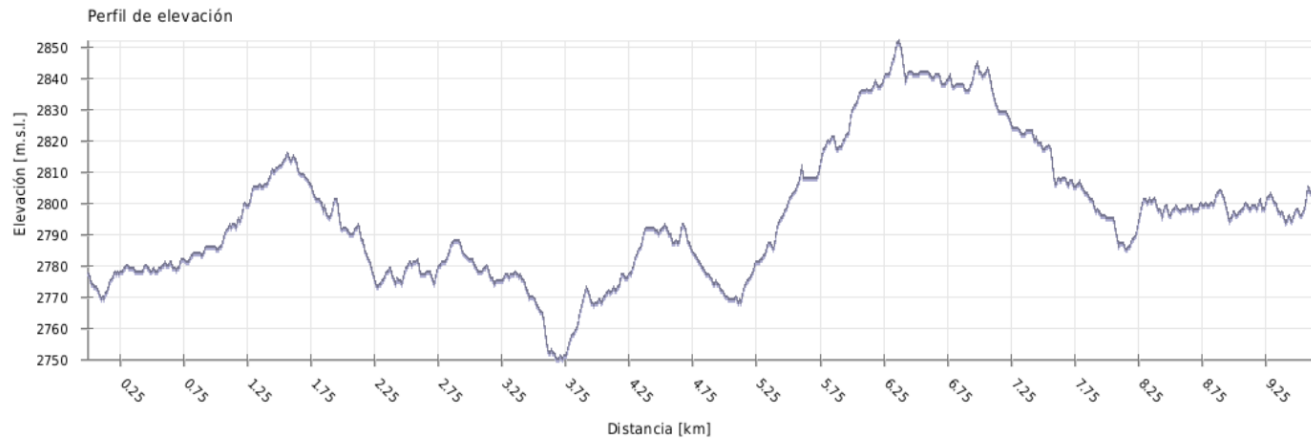
$$d = (50 \text{ km/h}) \cdot (1.05 \text{ h})$$

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



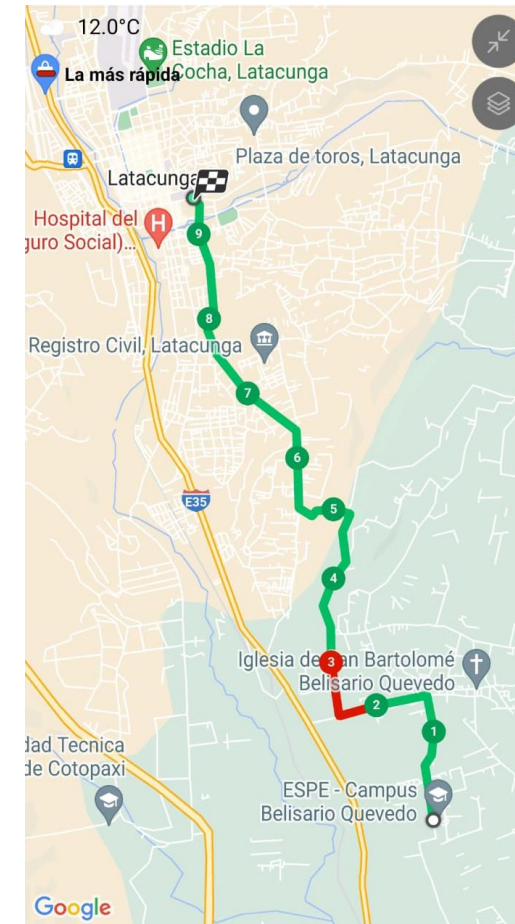
Ensayo ciclo urbano

- Resultados de elevación ruta urbana



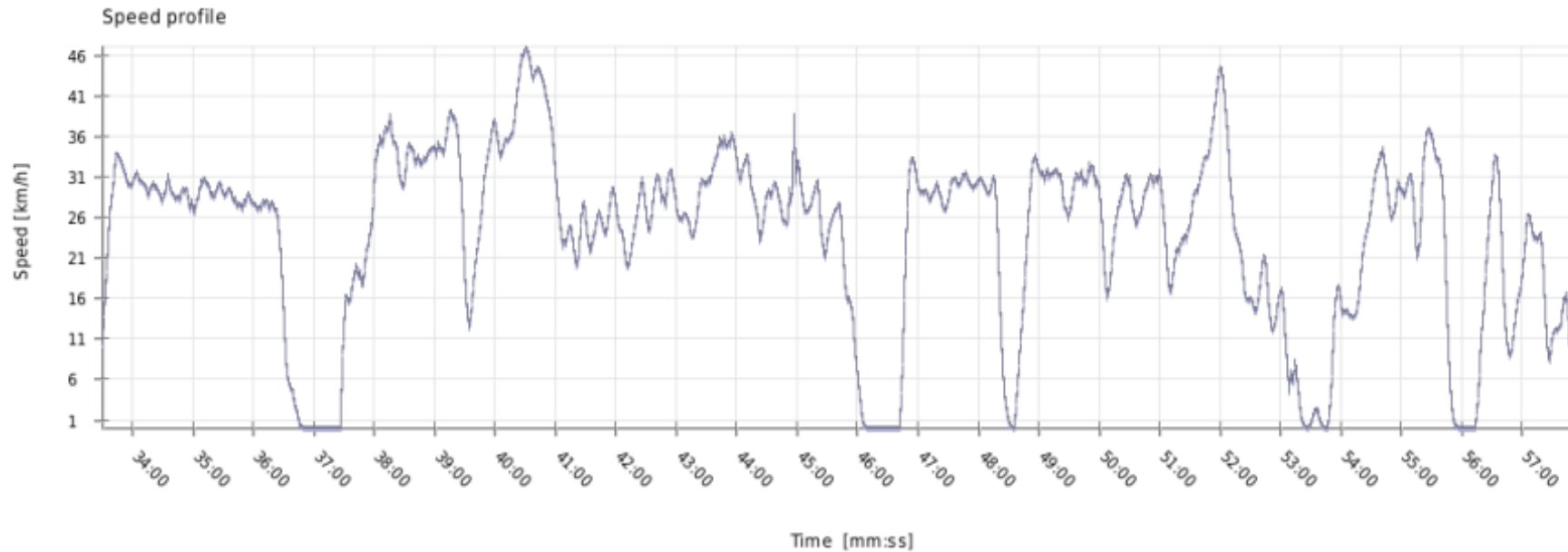
Característica	Resultado
Elevación mínima	2750 m
Elevación máxima	2852 m
Ascenso	400 m
Descenso	2777 m
Elevación inicial	2777 m
Elevación final	2797 m

- Trayecto ruta urbana



Ensayo ciclo urbano

- Gráfica Velocidad – Tiempo en Ciclo Urbano



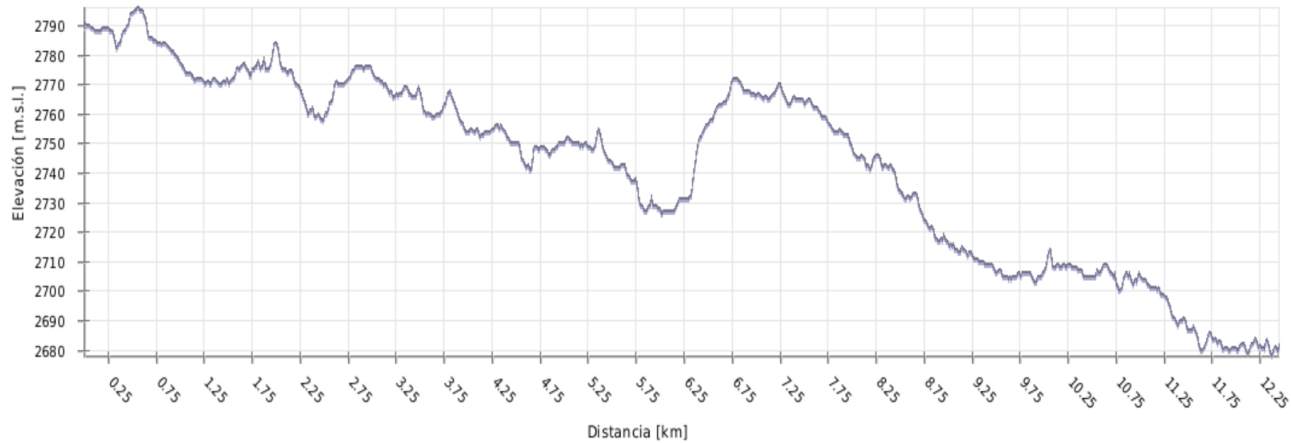
PARÁMETRO	NEDC 1
Distancia recorrida (km)	9.45

Resultados de los ensayos urbanos

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

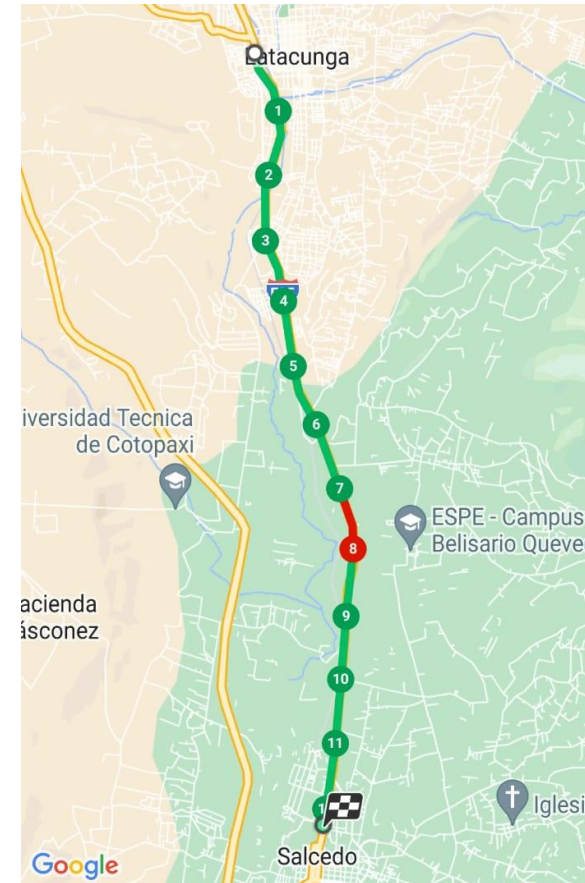
Ensayo ciclo extraurbano

- Resultados de elevación ruta extraurbana



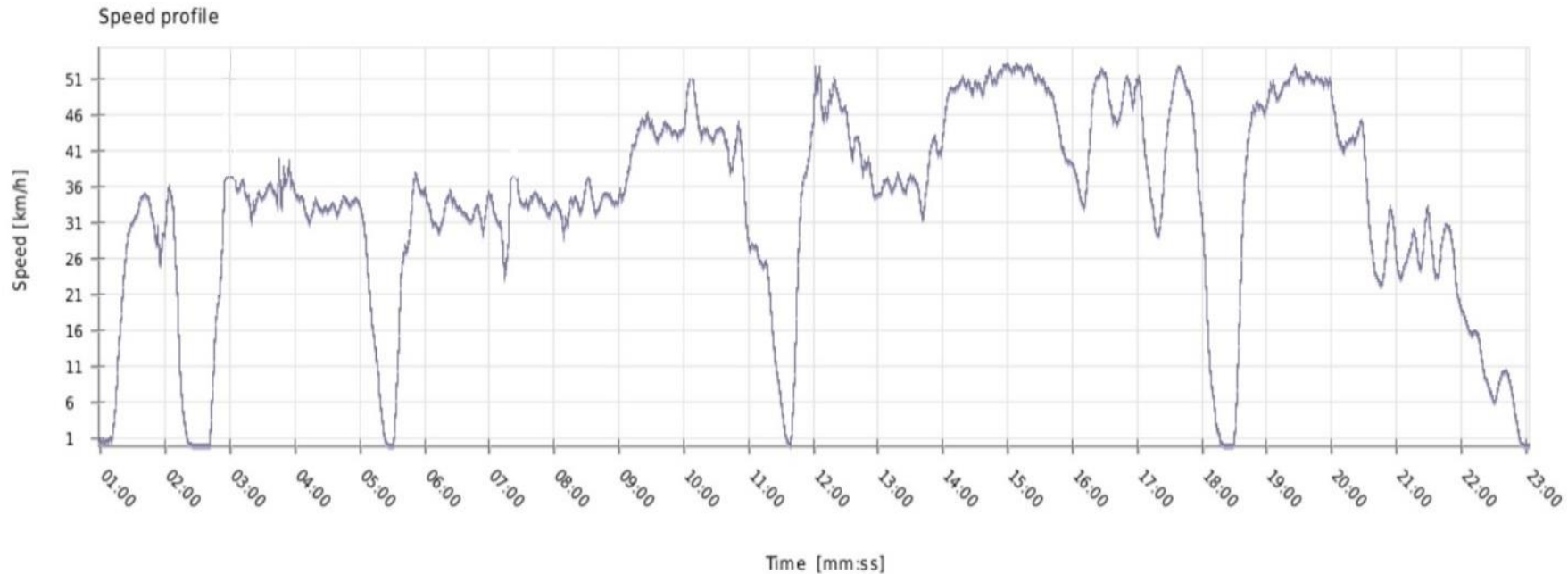
Característica	Resultado
Elevación mínima	2678 m.s.l.
Elevación máxima	2796 m.s.l.
Ascenso	296 m
Descenso	403 m
Elevación inicial	2789 m.s.l.
Elevación final	2682 m.s.l.

- Trayecto ruta extraurbana



Ensayo ciclo extraurbano

- Gráfica Velocidad – Tiempo en Ciclo Extrurbano



PARÁMETRO	NEDC 1
Distancia recorrida (km)	12.26

Resultados de los ensayos extraurbanos

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

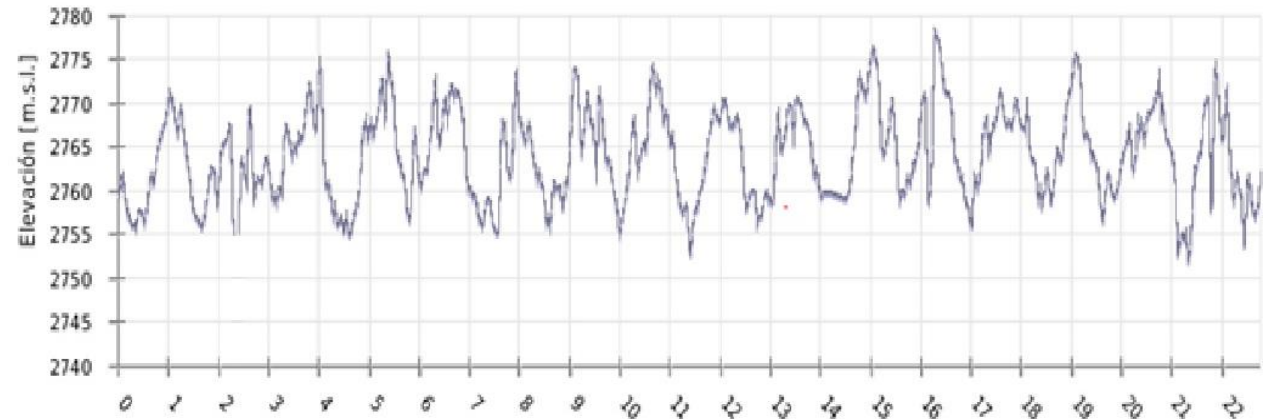


Ensayo circuito cerrado

- Trayecto circuito cerrado



- Resultados de elevación ruta extraurbana



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

Resultados en circuito cerrado condición dos ocupantes (WLTP)

Descripción	Dos ocupantes		Media
Tensión inicial (V)	66.50	66.4	66.37
Tensión final (V)	53.90	54.1	53.9
Porcentaje de batería inicial (%)	100	96.99	99
Porcentaje de batería final (%)	5.26	6.77	5.26
Tiempo de operación (seg)	3370	3150	3333.33
Distancia recorrida (km)	21.92	22.20	22.06
Velocidad máxima (km/h)	53.20	52.34	52.23
Velocidad promedio (km/h)	24.60	25.30	24.7



Resultados en circuito cerrado condición de un ocupante (WLTP)

Descripción	Un ocupante		Media
Tensión inicial (V)	66.5	66.5	66,50
Tensión final (V)	53.60	53.8	53,70
Porcentaje de batería inicial (%)	100	100	100
Porcentaje de batería final (%)	3.00	6.77	3,76
Tiempo de operación (seg)	4638	4763	4700,50
Distancia recorrida (km)	35.64	36.12	35,88
Velocidad máxima (km/h)	52.30	52.41	52,36
Velocidad promedio (km/h)	27.90	27.16	27,53



Resultados de temperaturas Circuito Cerrado

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

Cálculos - regresión lineal

$$\textit{Autonomía} = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_x x_x$$

Donde:

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

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

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

$$x_4 = \textit{Temperatura (T°)}$$

$$x_5 = \textit{Corriente inducida promedio(A)}$$

Cálculos del ciclo NEDC

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

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

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

$$\text{Autonomía} = 40.65 \%$$

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

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



Cálculos del ciclo WLTP

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

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

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

$$\text{Autonomía} = -399.013 - \frac{13}{25000} * 1284 + 7.521 * 58.6 + \frac{4}{125} * 44.8 - \frac{639}{12500} * 15.5$$

$$\text{Autonomía} = 41.81 \%$$

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

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



Autonomía practica: 21.30 kilómetros

- **Ciclo NEDC**

Autonomía NEDC: 21.30 km

Desigualdad: 22.06 km – 21.30 km

Desigualdad: 0.76 km

- **Ciclo WLTP**

Autonomía WLTP: 21.90 km

Desigualdad: 22.06 km - 21.90 km

Desigualdad: 0.16 km

CONTENIDO

OBJETIVOS

HIPÓTESIS

PROTOCOLO DE PRUEBAS

RESULTADOS

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



CONCLUSIONES

- Se realizó el estudio de la autonomía del vehículo eléctrico L2 CMDR RICKSHAW partiendo del fundamento teórico y científico de los motores eléctricos conociendo características de funcionamiento y la investigación de diferentes ciclos de conducción homologados NEDC y WLTP a fin de establecer protocolos de pruebas experimentales y estrategias para la medición de parámetros que se analizaron para conocer las prestaciones de autonomía.
- Se determinó la autonomía del vehículo eléctrico considerando diversos aspectos de conducción llegando a una velocidad máxima de 54.6 km/h y un nivel de descarga de baterías de 53.2 voltios referenciando a un 0 % del estado de carga, alcanzando con dos ocupantes una autonomía de 22.06 kilómetros este valor varía en función del peso y condiciones de ruta que requieran mayor demanda de energía, alcanzando con un ocupante de 70 kg aproximadamente una autonomía de 34.64 kilómetros que representa un aumento del 54 % más de recorrido.

CONCLUSIONES

- A través de diferentes protocolos realizados se ejecutó los ensayos estableciendo trayectos acordes a condiciones de ruta urbana partiendo de la Campus Belisario Quevedo hasta en campus centro de la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe Sede Latacunga fundamentado en el ciclo de conducción NEDC y en condiciones de ruta extraurbana partiendo de la ciudad de Latacunga hasta la ciudad de Salcedo fundamentado en el ciclo de conducción WLTP.
- Se realizó diferentes pruebas de autonomía a través de ensayos considerando demanda y aporte de energía de la batería, con un estado de carga de 100 % se determinó una autonomía práctica de 22.06 kilómetros, en condiciones de ruta urbana fundamentada en ciclo de conducción NEDC se calculó una autonomía de 21.30 kilómetros, la diferencia respecto a la autonomía práctica corresponde a 0.76 kilómetros existiendo un margen de error de 3.44%. En condiciones de ruta extraurbana fundamentada en ciclo de conducción WLTP se calculó una autonomía de 21.90 kilómetros, la diferencia respecto a la autonomía práctica es de 0.16 kilómetros existiendo un margen de error de 0.72 % acercándose más a la autonomía práctica.



CONCLUSIONES

- En los diferentes ensayos realizados en rutas urbanas y extraurbanas muestran que el rendimiento del prototipo L2 CMDR RICHSHAW es adecuado considerando la demanda de movilizar a 2 ocupantes con un peso total de 137 kg, desplazándose en pendientes con la activación de tracción 3x3 y evidenciando un buen desempeño que se reflejan en función de su autonomía.
- Mediante el estudio termográfico realizado se evidencio el comportamiento de la temperatura en diferentes condiciones de ruta, este parámetro se ve afectado cuando existe mayor demanda de energía por parte del motor induciendo corrientes elevadas cuando existe tramos con pendiente; en el ensayo de ruta urbana que consta de trayectos con pendientes, arranques y paradas constantes alcanzo una temperatura de 51.7 °C que fue la temperatura máxima de operación alcanzada.

CONCLUSIONES

- Se obtuvo un valor de la autonomía calculada mediante matemática aplicada, analizando parámetros de temperatura, tensión de batería e intensidad de corriente, obtenidos a través de instrumentos de medición y para la obtención de parámetros como elevación de ruta, velocidades y distancias recorridas se optó por aplicaciones móviles y sitios web.



RECOMENDACIONES

- A fin de evaluar una autonomía adecuada en el prototipo es recomendable ahondar en estudios que contemplen diversas pruebas estáticas y dinámicas.
- La autonomía y rendimiento del prototipo se ve reflejada en diferentes condiciones de operación, siendo la más importante la carga que se aplica que sería el peso de los ocupantes.
- Hay elementos externos que alteran la autonomía de un vehículo eléctrico y cabe mencionar que es importante tener un estilo de conducción adecuado ya que nos permitirá aprovechar la frenada regenerativa.
- Para considerar la autonomía en la región, es importante realizar los ensayos en rutas donde existe variación de la superficie en cuanto a elevaciones, pendientes, tramos largos y cortos, para verificar el estado de carga y descarga de las baterías, esto referente a las características de las vías en el país.

RECOMENDACIONES

- Considerar el voltaje mínimo de funcionamiento de las baterías, permite conocer una autonomía real, debido a que, si no se tiene en cuenta este parámetro, los motores podrían dejar de funcionar en trayectos alejados del punto de destino.
- Al ser un vehículo eléctrico, es oportuno conocer el funcionamiento de las elementos y componentes que lo conforman, al mismo tiempo tener cuidado con la operación de este, cuando se trate del sistema eléctrico y de la tracción.



GRACIAS

