



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

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

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tema: “Dimensionamiento e implementación del sistema de tracción BEV del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW”**

**Autores:**

**Beltrán Cisneros, Alex Rodrigo  
Díaz Vera, Gabriel Alexander**

**Director:**

**Ing. Quiroz Erazo, Leonidas Antonio Msc.**

**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, ha tenido un crecimiento en los últimos años.
- 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)



# *Planteamiento del problema*

Los vehículos automotores que utilizan combustible líquido han creado condiciones de contaminación ambiental que afectan tanto a la naturaleza como al medio ambiente vehicular, provocando una alta congestión en las vías del centro de la ciudad y suburbanas, prolongando el tiempo de viaje, por lo que, el vehículo utilitario eléctrico L2 CMDR RICKSHAW fue capaz de modificar la relación entre la movilidad y el medio ambiente, para optimizar la demanda y el consumo de energía respetando la naturaleza



# Descripción del proyecto

- Se dimensionó el sistema de tracción eléctrica fundamentado a partir del sistema energía del prototipo de vehículo BEV sobre la propulsión eléctrica en lo concerniente a la combinación de motor de tracción eléctrico, electrónica de potencia, controles y seguridad eléctrica
- Se implementó en el bastidor del vehículo 3x3 considerando en el sistema de propulsión eléctrica constituido por: medio de protección eléctrica, baterías, motor baterías, BMS Battery Management System y una conexión a la red eléctrica en un punto de recarga mediante un convertidor DC-DC, inversor y PMAC permanent magnet AC



# Objetivos

## General

- Dimensionar e implementar del sistema de tracción BEV del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW.



# Objetivos

## *Específicos*

- Dimensionar el sistema de tracción y energía del prototipo del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW.
- Realizar la implementación el sistema de tracción y energía del prototipo al vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW.



# *Justificación e importancia*

Un vehículo eléctrico de batería, conocido como BEV, es un vehículo totalmente eléctrico. En estos vehículos, la propulsión se realiza mediante motores eléctricos que utilizan energía eléctrica almacenada en sus sistemas de baterías internas, a menudo utilizando tecnología de tipo iones de litio.

Por lo tanto, se plantea dimensionar e implementar el sistema de tracción adecuado para el vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW, mediante la investigación y análisis de las características que presentan los diferentes tipos de motores eléctricos y demás componentes que conforman el sistema de tracción presentes en el mercado



# Vehículo Eléctrico

Un vehículo eléctrico es aquel que utiliza la energía eléctrica de uno o varios motores los mismos que la transforman en energía cinética para su propulsión.

CARACTERÍSTICA  
PRINCIPAL

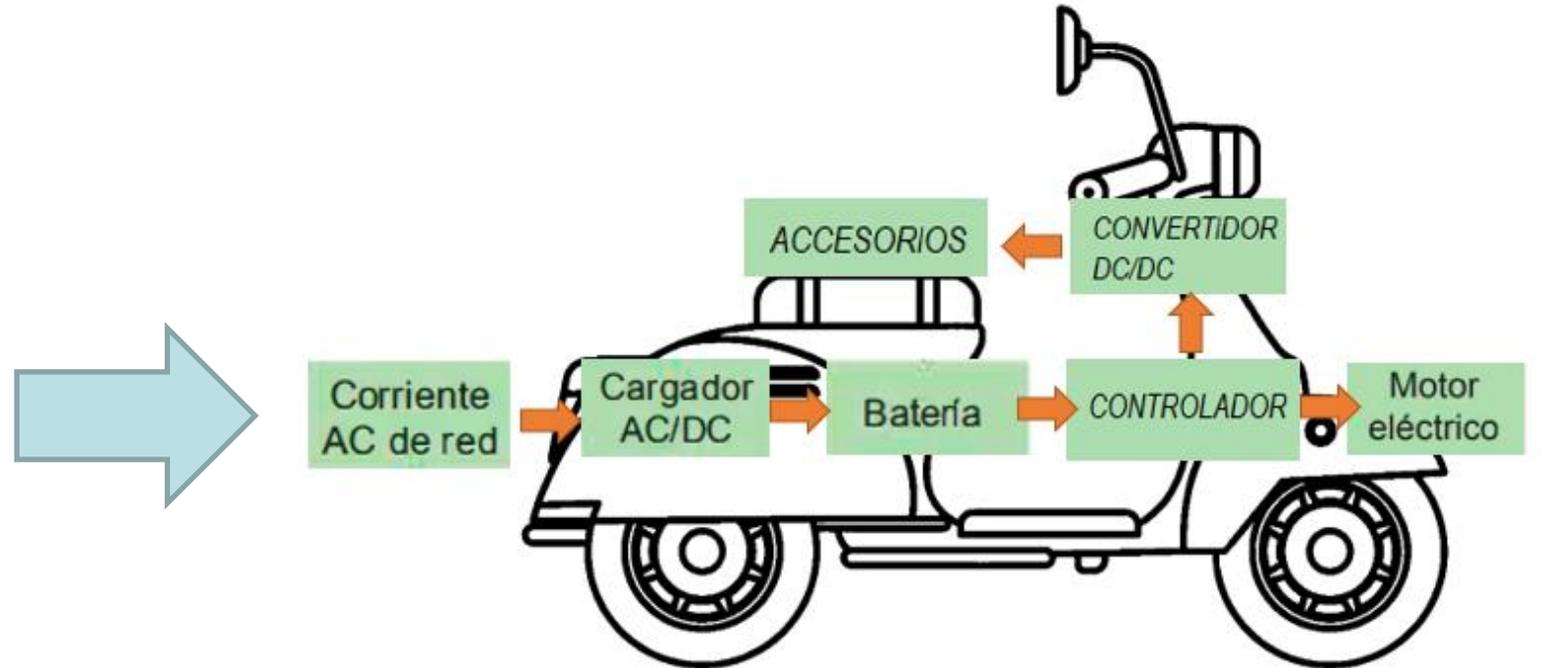
Los vehículos eléctricos funcionan de excelente manera a bajas revoluciones, además que el mantenimiento es mínimo y no provoca ruido ni vibraciones.



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# Componentes de un Vehículo Eléctrico

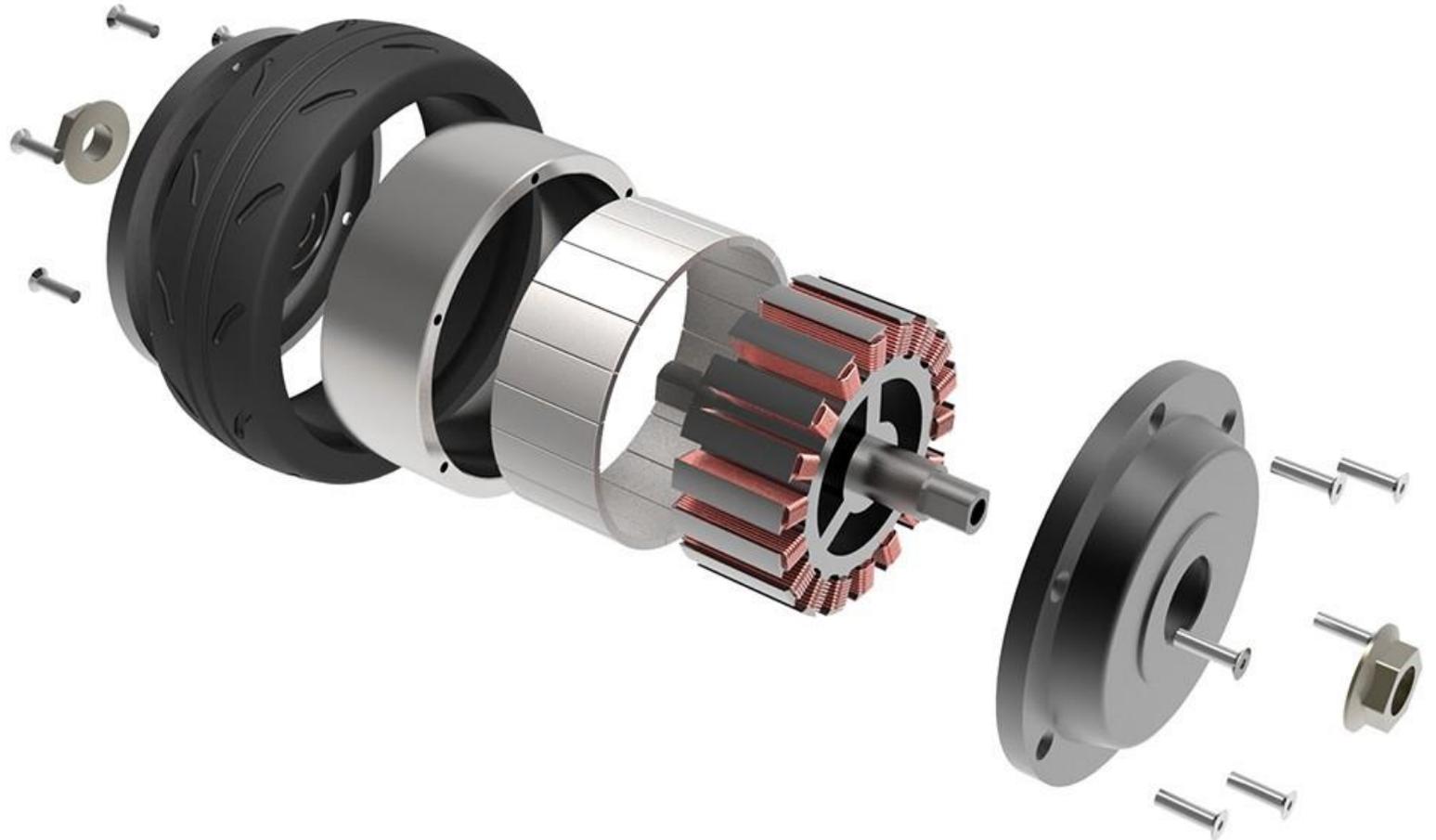
Los principales componentes de un vehículo eléctrico son: el puerto de carga, el motor, la batería y el controlador.



# Motor sin escobillas de imanes permanentes (DC)

Denominados como  
brushless

estos motores poseen imanes permanentes situados en el rotor que funcionan mediante la alimentación secuencial de cada una de las fases del estator de forma sincronizada con el movimiento del rotor



# Motor sin escobillas de imanes permanentes (DC)

## Ventajas

Al no poseer escobillas es que no generan contaminación por partículas de polvo

reduce el ruido notablemente por fricción

proporciona miles de horas de operación sin mantenimiento



# Batería ion litio

Las baterías de ion litio poseen celdas que producen una tensión de 3,6 V el número de celdas dependerá del voltaje real que tenga la batería



# Controlador



Es el responsable del control completo del movimiento del vehículo recibiendo información del sensor de posición del acelerador, sensores de efecto hall del rotor, cambio de marchas e interruptor de marcha atrás entre otros.



# Cargador de batería

El funcionamiento de los cargadores se centra en la rectificación de onda mediante componentes electrónicos como diodos, transistores etc., y se utiliza un transformador cuando la tensión de red es más alta que el voltaje de batería.



***Dimensionamiento del sistema  
de tracción y energía BEV del  
vehículo eléctrico  
multipropósito L2 CMDR  
RICKSHAW***



# Factores de dimensionamiento

## Peso de la estructura

Para el peso de la estructura se tuvo en cuenta el valor de la masa obtenida en la simulación de la estructura de 17734,09  $g$  que se lo multiplicará por el valor de la gravedad ( $9.78 \text{ m/s}^2$ ).

Peso de la estructura [Kgf]		
	$m$ [Kg]	$g$ [ $\text{m/s}^2$ ]
<b>Ecuación 3</b>	1773,409	9,78
$P_c = m * g$	173,44 Kgf	



# Factores de dimensionamiento

## **Peso total de la estructura**

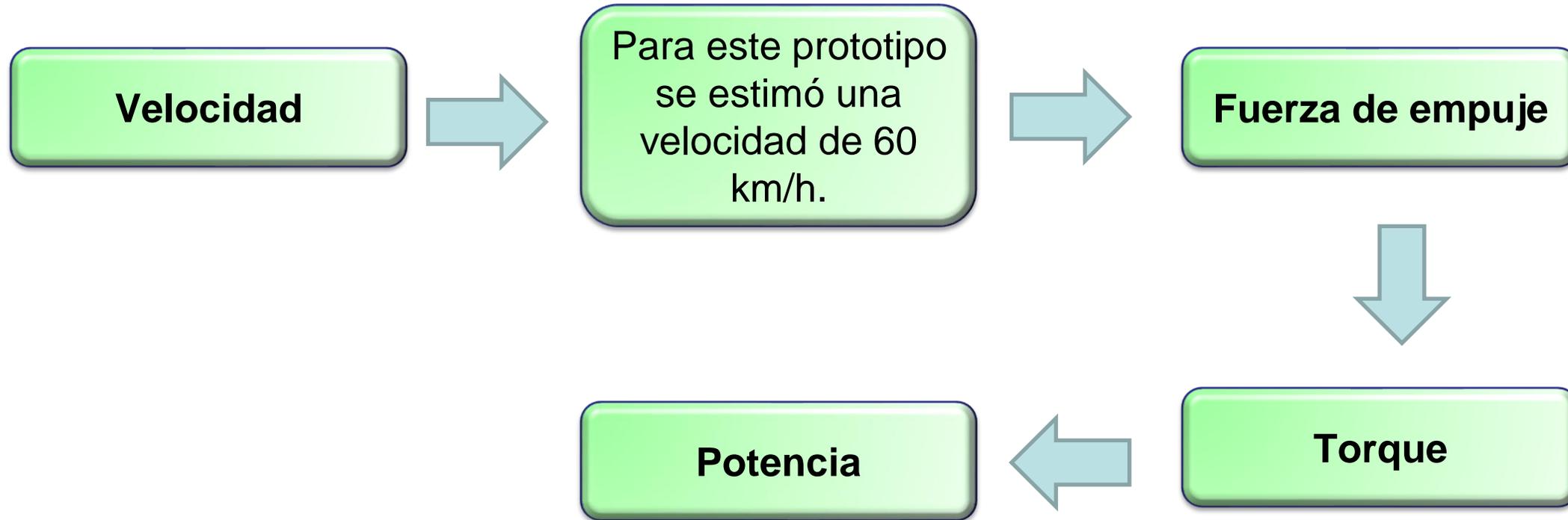
Cargas vivas y muertas del  
vehículo eléctrico multipropósito  
L2 CMDR RICKSHAW.

	Descripción	Peso (Kg)	Cantidad	Peso total (Kg)
<b>Cargas muertas</b>	Estructura	173,44	1	173,44
	Motor	12,8	3	38,4
	Batería	6,7	3	20,1
	Controlador, accesorios	5	3	15
	Carenado	4	1	4
	Equipaje	20	1	20
<b>Cargas vivas</b>	Persona promedio	70	2	140
<b>Total</b>				<b>410,94</b>

- El peso promedio para una persona se lo obtuvo de la normativa NTE INEN 1323.



# Parámetros de dimensionamiento



# Parámetros de dimensionamiento

## Fuerza de empuje

Para poner en movimiento el prototipo y determinar la fuerza de empuje se definió un coeficiente de resistencia a la rodadura ( $C_{rr}$ ) un valor de 0,07 para una naturaleza de suelo que se encuentra entre tipo baldío y rastrojo seco.

Fuerza de empuje [N]			
Ecuación 5 $F = C_{rr} * N_f$	$C_{rr}$	$N_f = m * g$	
		$m [kg]$	$g [m/s^2]$
	0,07	410,94	9.78
		281,33 N	



# Parámetros de dimensionamiento

## Torque

El torque necesario para mover el prototipo considerando una fuerza de empuje de 281,33 N y un radio de a de 0,1016 m.

Torque necesario [Nm]		
	$R [m]$	$F [N]$
<b>Ecuación 6</b>	0,1016	281,33
$T_n = R * F$	28,58 Nm	



# Parámetros de dimensionamiento

## Potencia

Para lograr hallar la potencia necesaria para el prototipo se estipuló que la velocidad a alcanzar será de 60 *km/h* (16,667 *m/s*).

	Potencia [W]	
	$F [N]$	$V_{max} [m/s^2]$
<b>Ecuación 7</b>	281,33	16,67
$P = F * V_{max}$	4688,83 W	



# Selección de componentes

## Selección de motor eléctrico

Motor	Potencia (W)	Tamaño de rueda (in)	Peso (Kg)	Velocidad máxima (km/h)
Motor eléctrico 1	1500	8-12	11,65	45
Motor eléctrico 2	2000	8-10	12,8	60
Motor eléctrico 3	3000	10	14,63	80



# Selección de componentes

## Selección de controlador del sistema de tracción

Factor de selección	Potencia (W)	Corriente (A)	Tensión (V)
Controlador 1	500 - 1600	25	48
Controlador 2	900 - 1200	30	36 - 60
Controlador 3	1500 - 2000	25 - 32	60 - 72



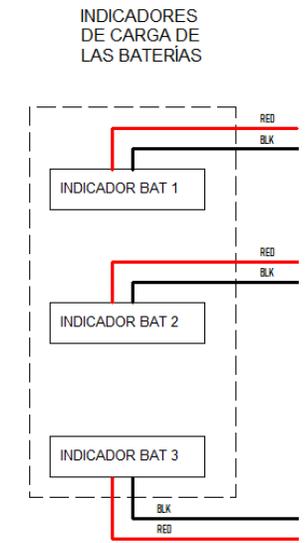
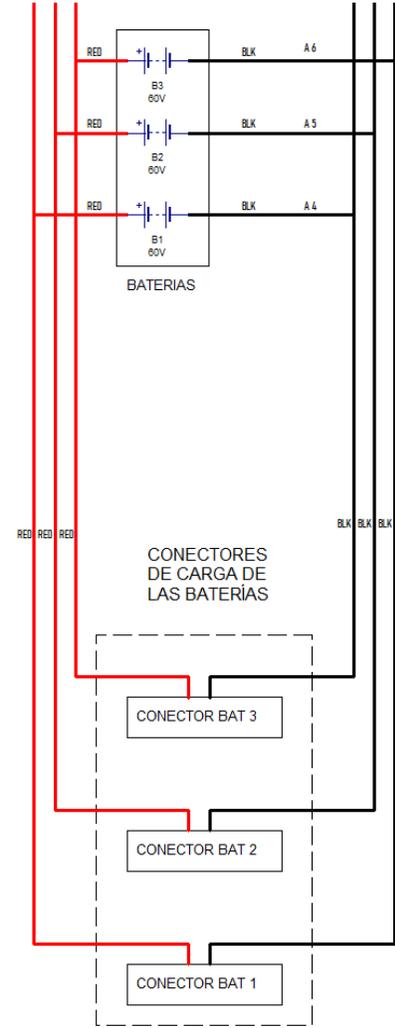
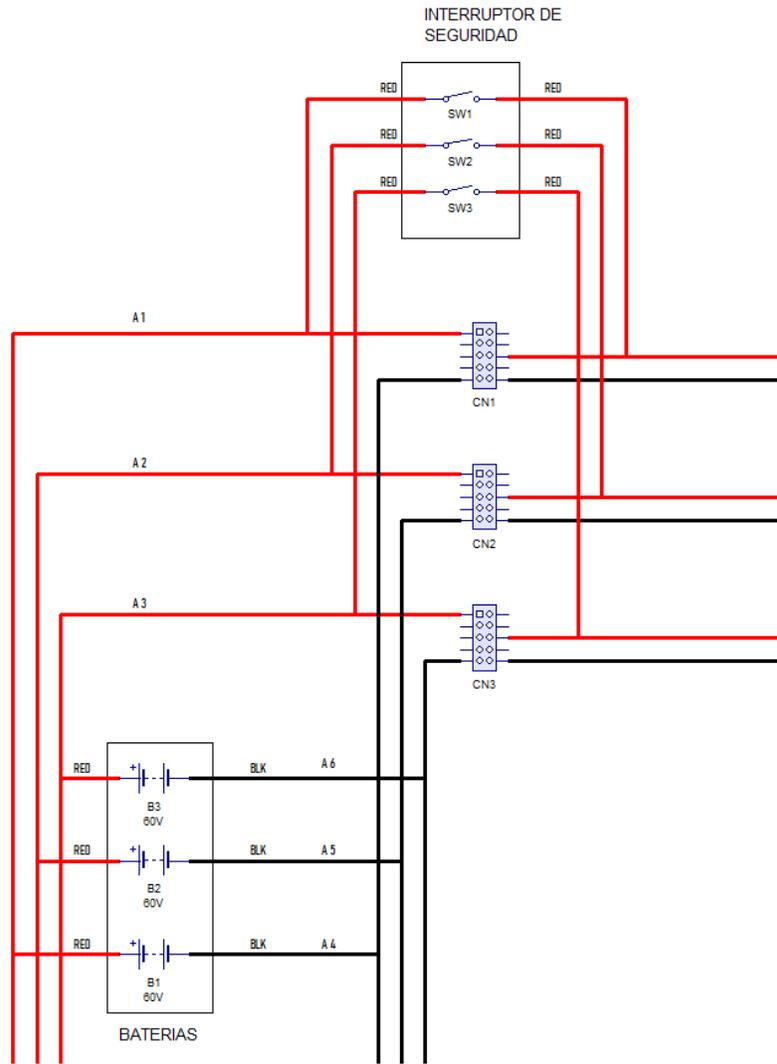
# Selección de componentes

## Selección de batería

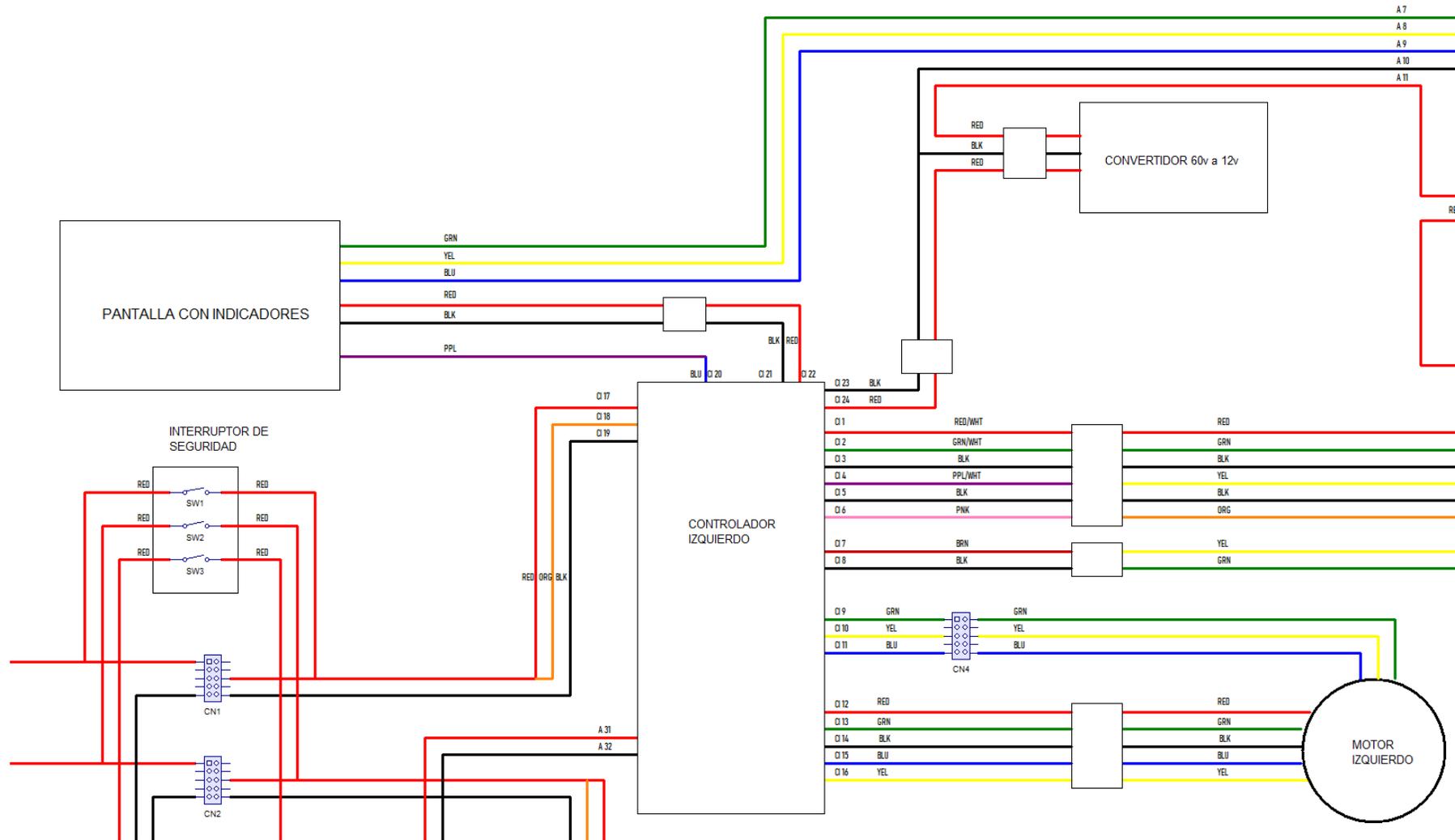
Capacidad de la batería [Ah]		
	Consumo [A]	t[h]
<b>Ecuación 12</b>	33,33	0,42
$Capacidad_{bateria} = Consumo * t$		
		13,99 Ah



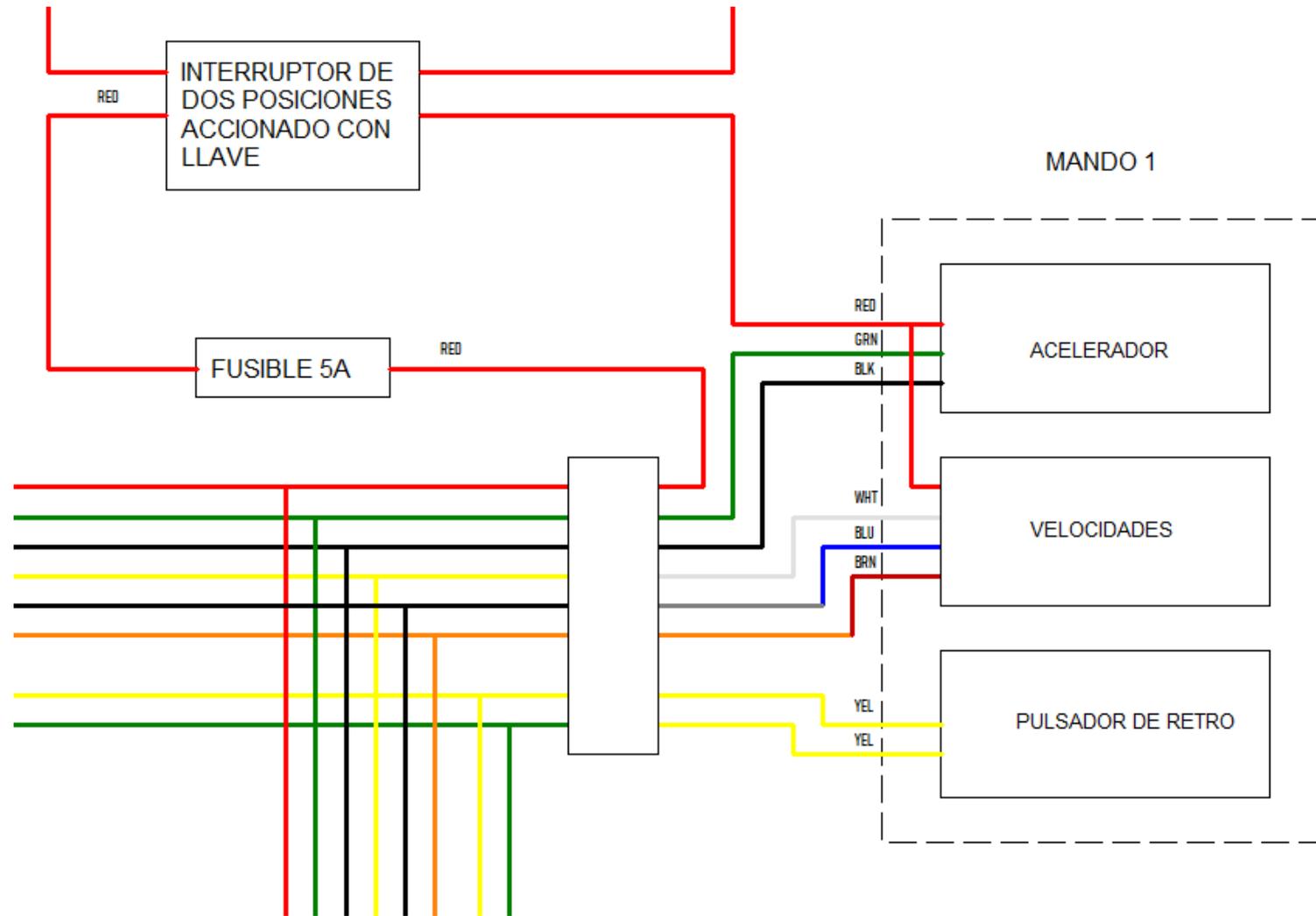
# Diseño de conexiones eléctricas-electrónicas



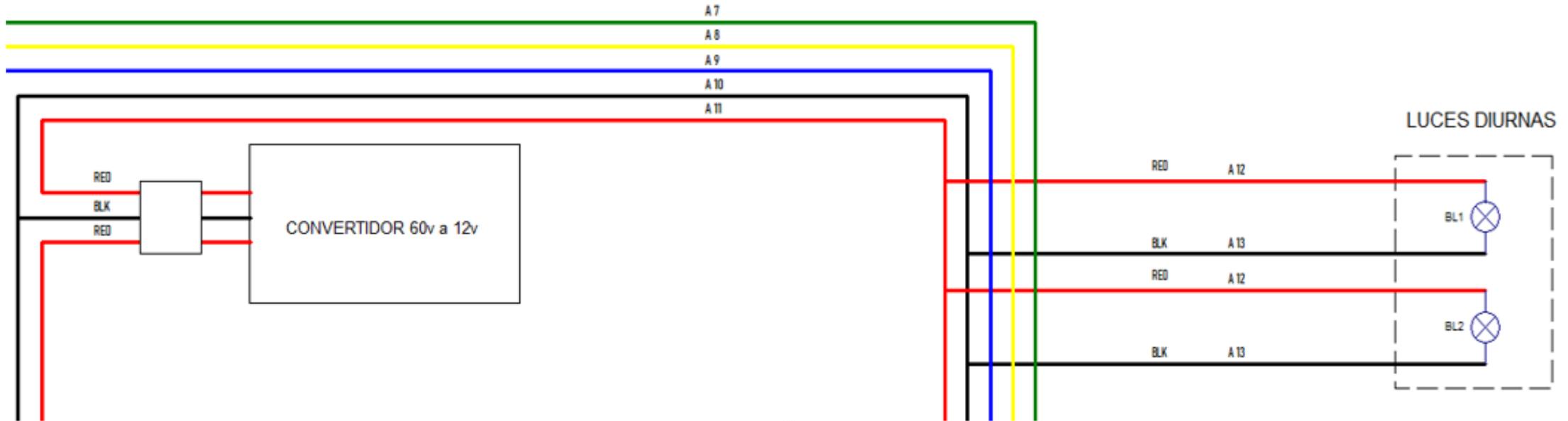
# Diseño de conexiones eléctricas-electrónicas



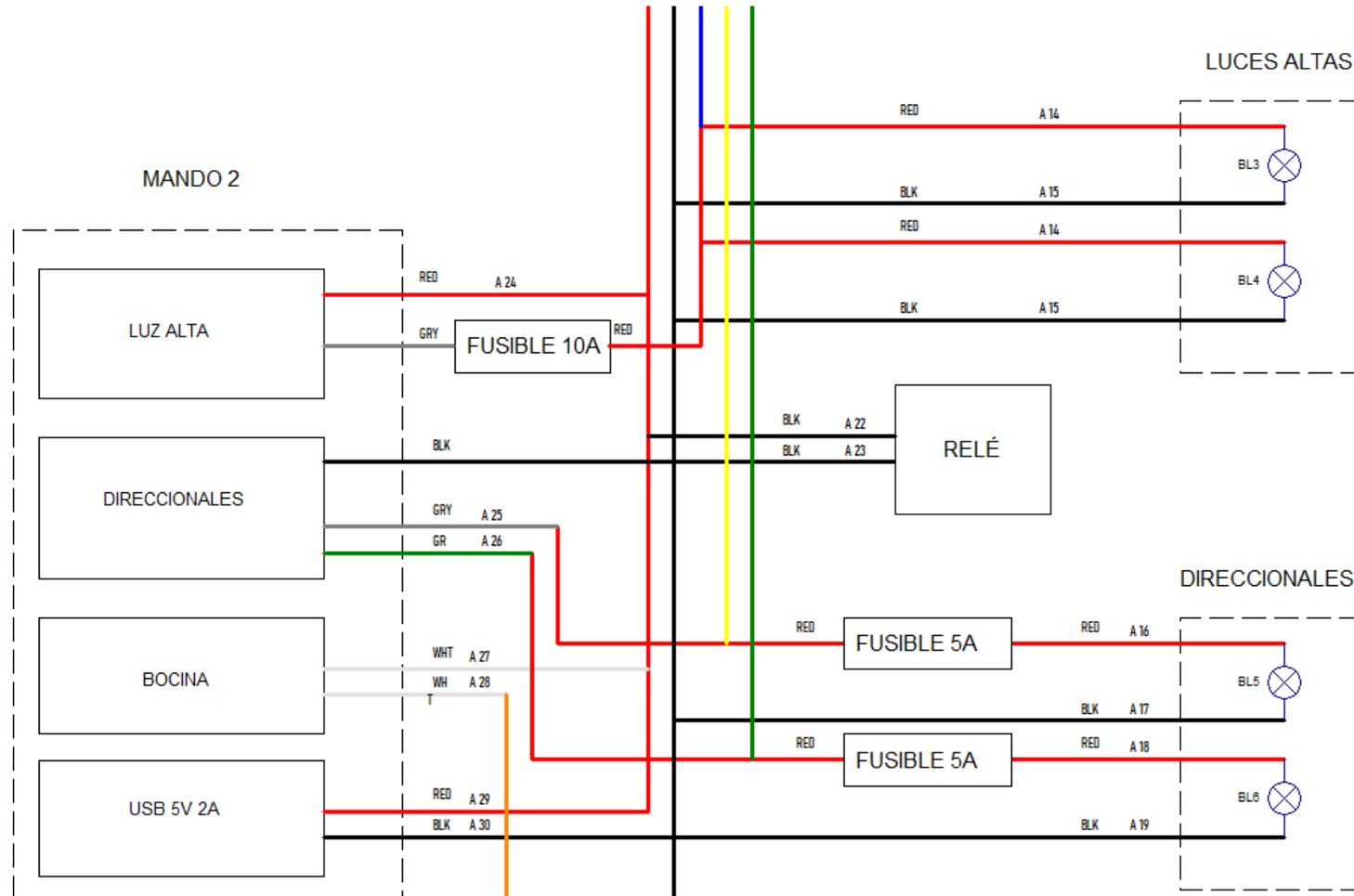
# Diseño de conexiones eléctricas-electrónicas



# Diseño de conexiones eléctricas-electrónicas



# Diseño de conexiones eléctricas-electrónicas



***Implementación del sistema de  
tracción y energía BEV del  
vehículo eléctrico  
multipropósito L2 CMDR  
RICKSHAW***



# Implementación de componentes

## ***Motor eléctrico***

Se colocó el motor eléctrico con su neumático en la estructura base que se adaptó al chasis del prototipo.



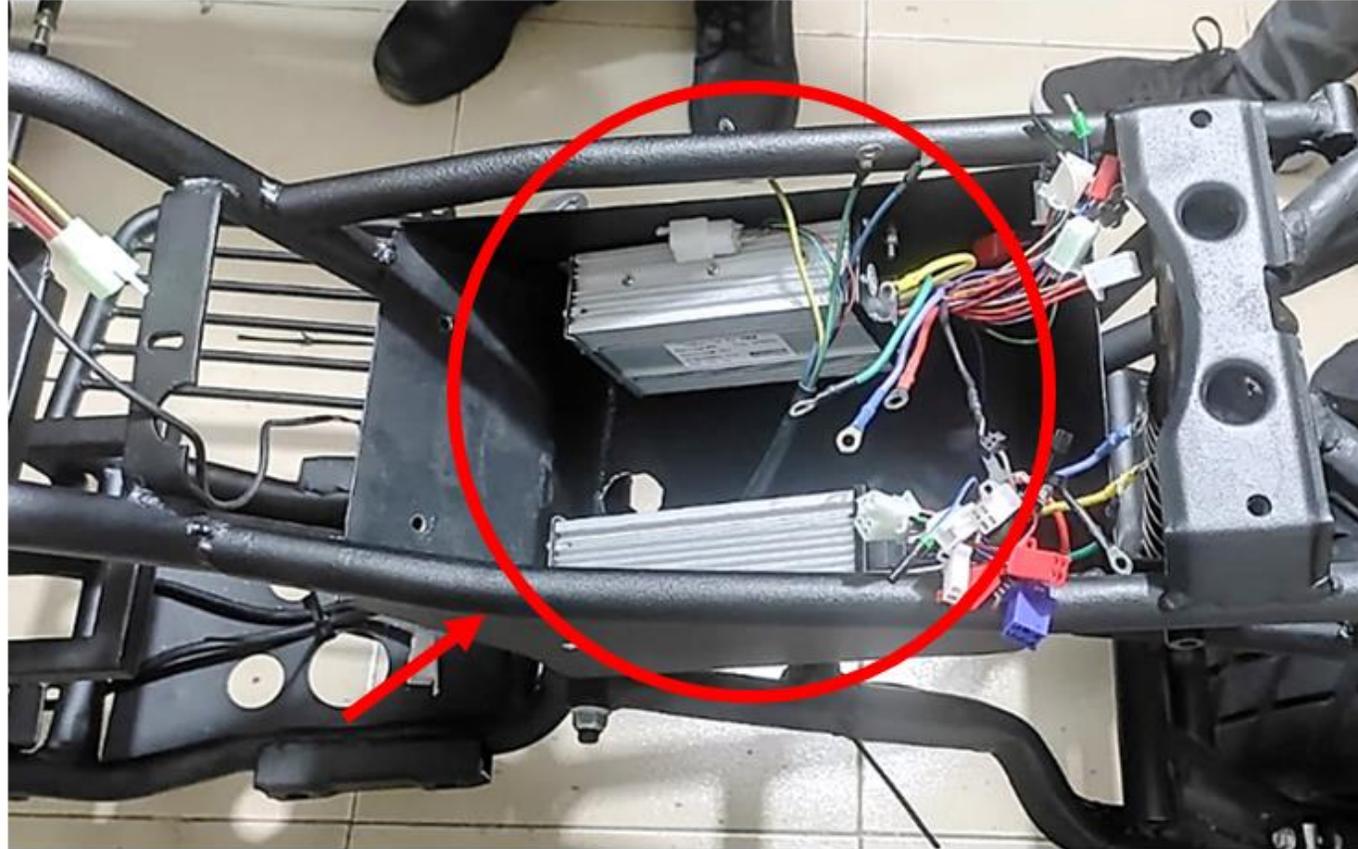
# Implementación de componentes

## Baterías



# Implementación de componentes

## Controlador del sistema de tracción



# Implementación de componentes

## Convertidor DC/DC



# Implementación de componentes

*Switch de encendido del prototipo*



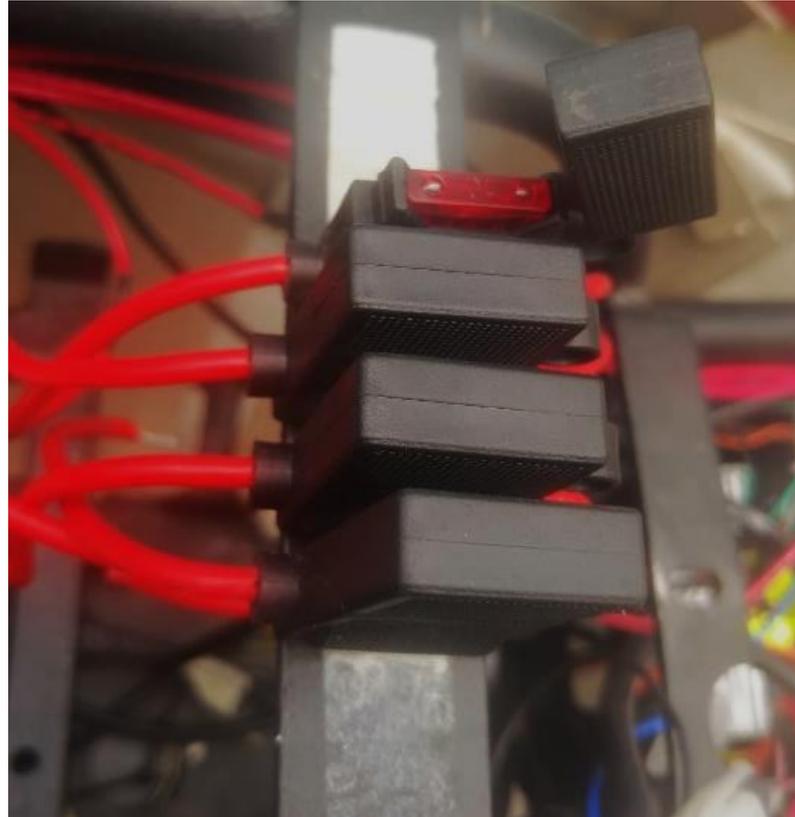
# Implementación de componentes

## Conmutador de emergencia



# Implementación de componentes

## Fusilera



# Implementación de componentes

## Mando del Acelerador (Mando 1)



# Implementación de componentes

## Botón de luces intermitentes



# Implementación de componentes

## Sistema de iluminación del prototipo (mando 2)



# Implementación de componentes

*Switch accionador de tracción 3x3 (mando 3)*



# Implementación de componentes

## Panel de instrumentos



# Implementación de componentes

## Conectores de carga para baterías



# Implementación de componentes

*Indicadores de carga para baterías*



# *Análisis de Resultados*



# Análisis de resultados

## Interruptor de seguridad

COMPONENTE	CONDICIÓN	TENSIÓN NOMINAL	TENSIÓN MEDIDA
Interruptor de seguridad	En posición OFF	0V	0V
	En posición ON	62V	62V



# Análisis de resultados

## Controlador

COMPONENTE	PARÁMETRO	TENSIÓN NOMINAL	TENSIÓN MEDIDA
Controladores del prototipo	Tensión de alimentación del circuito de control	60V	62V
	Tensión de alimentación del circuito de potencia	60V	62V



# Análisis de resultados

## Controlador

COMPONENTE	CONDICIÓN	TENSIÓN NOMINAL	TENSIÓN MEDIDA
Controladores del prototipo	Tensión de salida 1 del controlador	60V	62V
	Tensión de salida 2 del controlador		



# Análisis de resultados

## Controlador

COMPONENTE	CONDICIÓN	TENSIÓN NOMINAL	TENSIÓN MEDIDA
Controladores del prototipo	Tensión de salida para la alimentación del acelerador	5V	5V
	Tensión de salida para la alimentación de reversa		



# Análisis de resultados

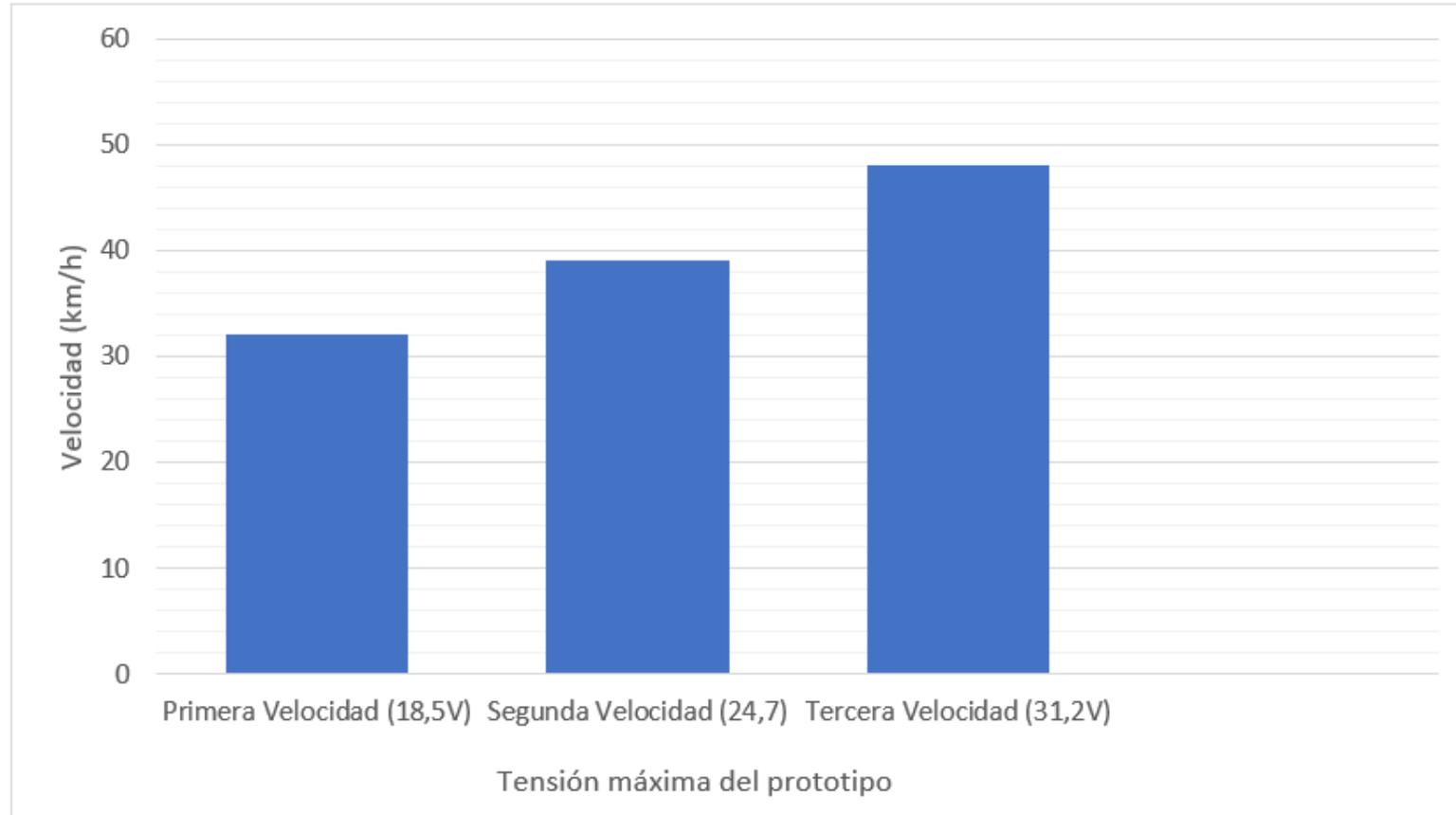
## Controlador

COMPONENTE	CONDICIÓN	TENSIÓN MEDIDA	VELOCIDAD MÁXIMA
Controladores del prototipo	Tensión de salida hacia las bobinas del motor en primera velocidad	18.5V	32 km/h
	Tensión de salida hacia las bobinas del motor en segunda velocidad	24.7V	39 km/h
	Tensión de salida hacia las bobinas del motor en tercera velocidad	31.2V	48 km/h



# Análisis de resultados

## Controlador



# Análisis de resultados

## Interrupor con llave de accionamiento

CABLE	CONDICIÓN	TENSIÓN DE INGRESO	TENSIÓN DE SALIDA
A11	Interrupor en posición OFF	12V	0V
	Interrupor en posición ON	12V	12.5V
CI1	Interrupor en posición OFF	5V	0V
	Interrupor en posición ON	5V	5.2V



# Análisis de resultados

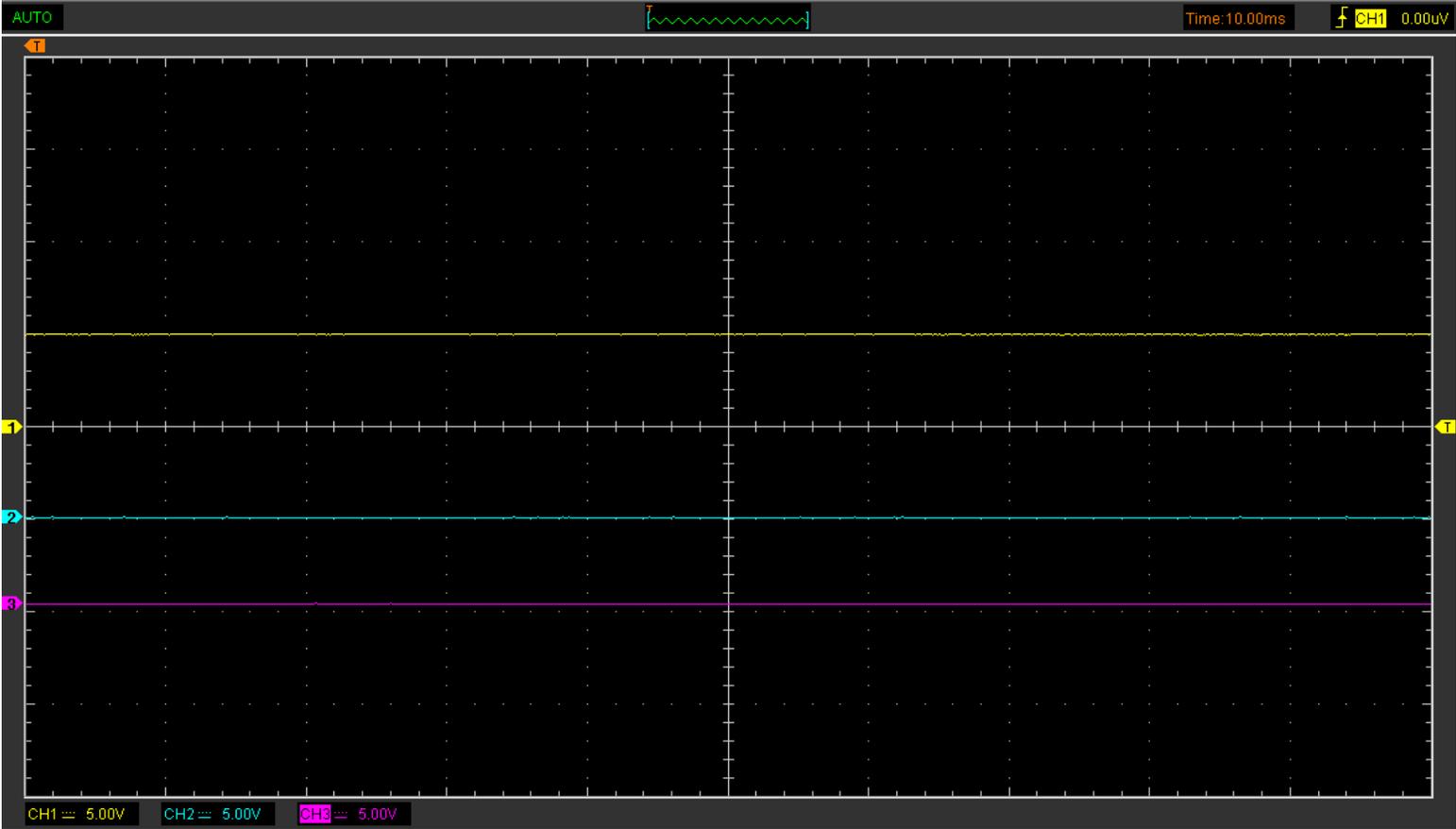
## Motor eléctrico

COMPONENTE	CONDICIÓN	TENSIÓN NOMINAL	TENSIÓN MEDIDA
motor eléctrico	Tensión de alimentación de los sensores Hall	5V	5V
	Tensión de señal de los sensores Hall	0.8V a 4.2V	2.8V



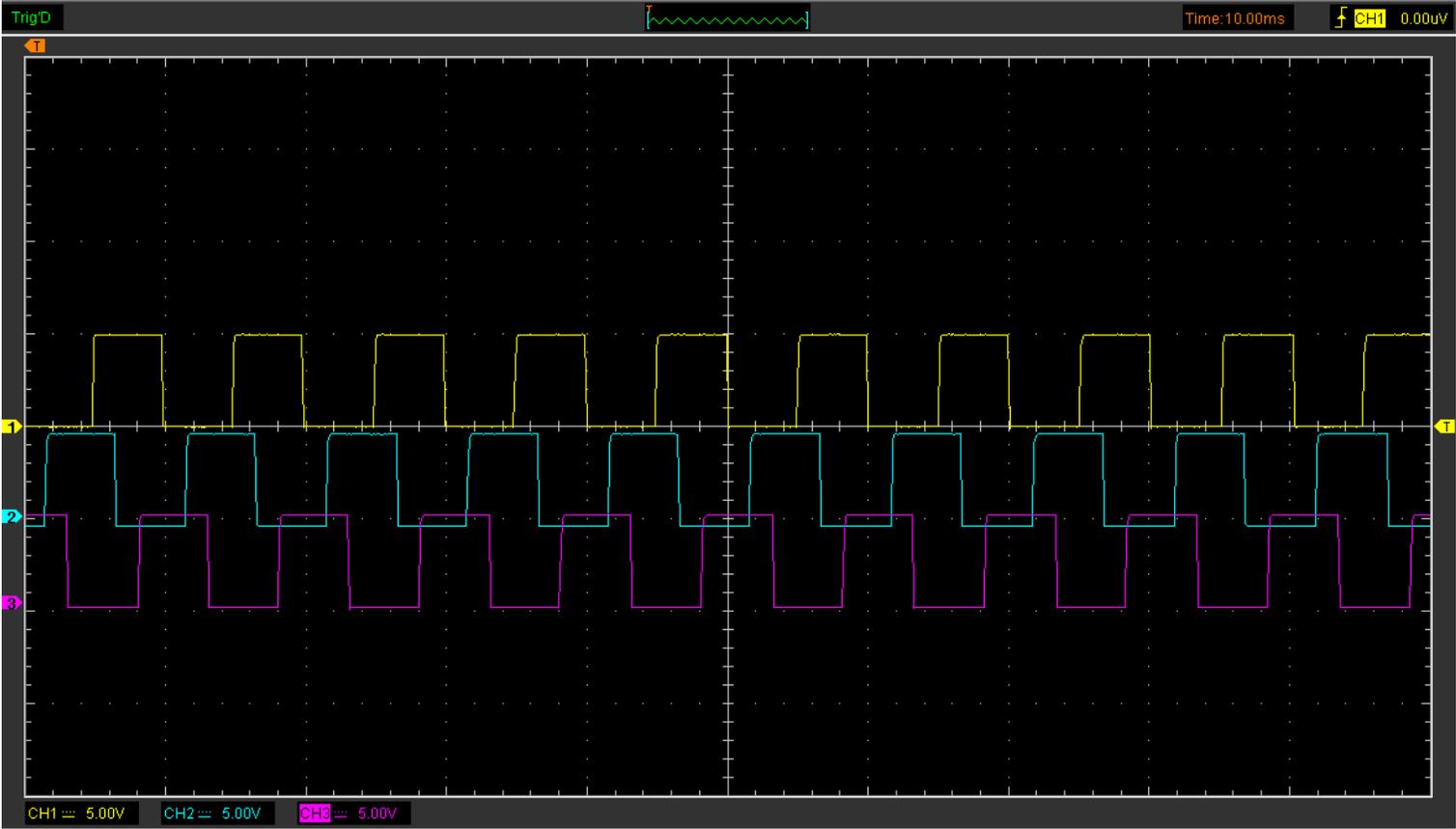
# Análisis de resultados

Señal de los sensores Hall sin acelerar



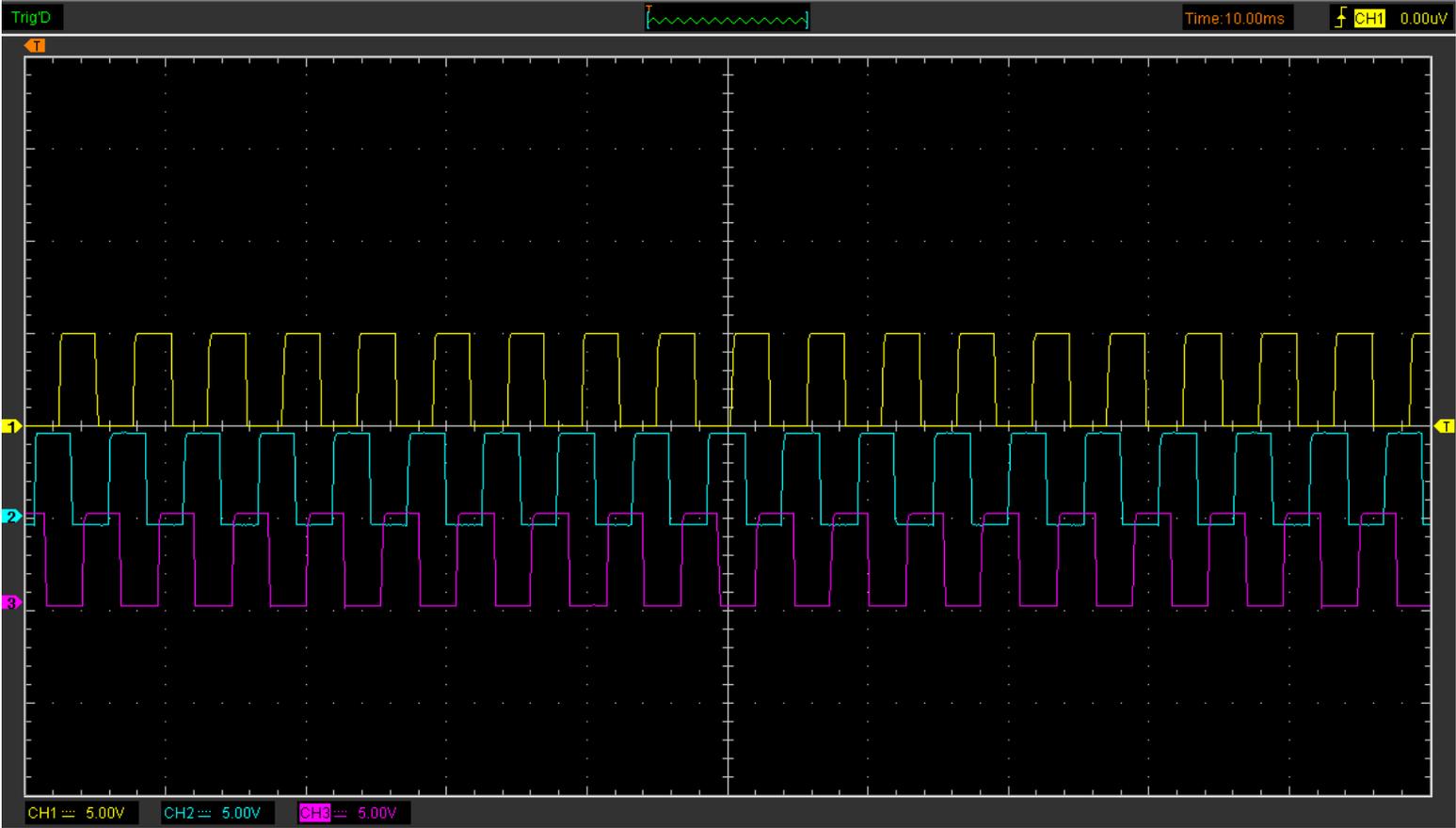
# Análisis de resultados

## Señal de los sensores Hall en primera velocidad



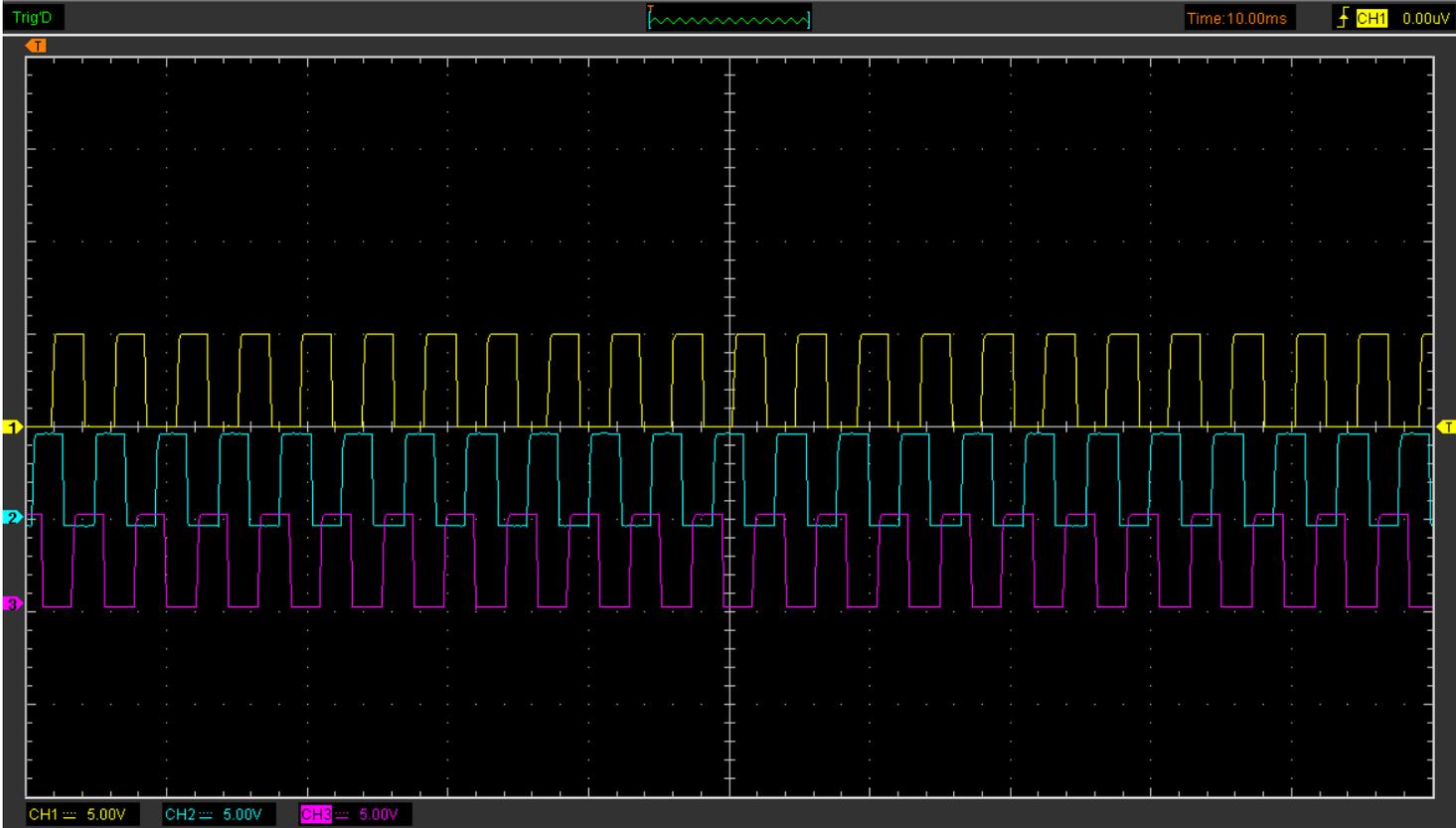
# Análisis de resultados

Señal de los sensores Hall en segunda velocidad



# Análisis de resultados

Señal de los sensores Hall en tercera velocidad



# Análisis de resultados

## Convertidor DC/DC

COMPONENTE	CONDICIÓN	TENSIÓN NOMINAL	TENSIÓN MEDIDA
convertidor DC/DC	Tensión de alimentación	60V	62V
	Tensión de salida	12V	12.5V



# Análisis de resultados

## Mando número 2

COMPONENTE DEL MANDO	CONDICIÓN	TENSIÓN NOMINAL	TENSIÓN MEDIDA
Interruptor de luces altas	En posición OFF	0V	0V
	En posición ON	12V	12.5V
Conmutador (direccional derecho)	En posición OFF	0V	0V
	En posición ON	12V	12.5V
Conmutador (direccional izquierdo)	En posición OFF	0V	0V
	En posición ON	12V	12.5V
Pulsador de la bocina	En posición OFF	0V	0V
	En posición ON	12V	12.5V



# Análisis de resultados

## Luces de estacionamiento

COMPONENTE	CONDICIÓN	TENSIÓN DE ALIMENTACIÓN	TENSIÓN MEDIDA
Botón de las luces de estacionamiento	Botón en la posición OFF	12V	0V
	Botón en la posición ON	12V	12.5V



# Análisis de resultados

## Mando número 3

COMPONENTE	CONDICIÓN	TENSIÓN DE ALIMENTACIÓN	TENSIÓN MEDIDA
	Tensión de alimentación	60V	62V
Interruptor de tracción posterior	Tensión de salida en posición OFF	60V	0V
	Tensión de salida en posición ON	60V	62V



# Análisis de resultados

## Prueba de carga de las baterías

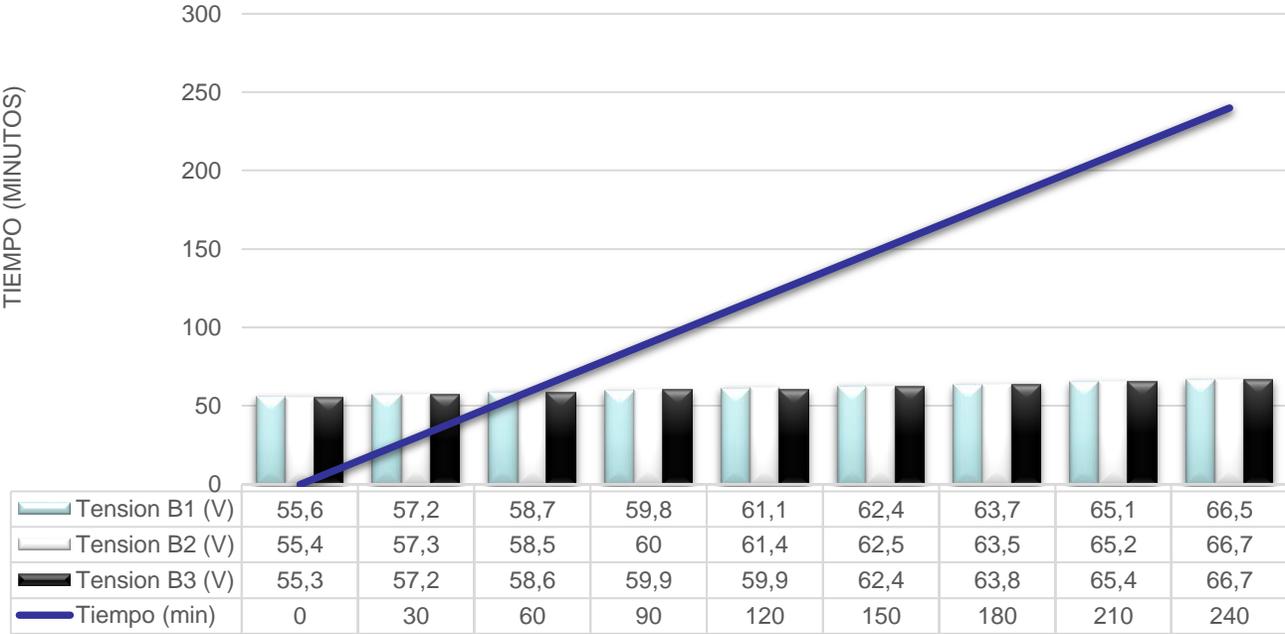
Tiempo (min)	Tensión batería 1 (V)	Tensión batería 2 (V)	Tensión batería 3 (V)
0	55,6	55,4	54,8
30	57,2	57,3	57,2
60	58,7	58,5	58,6
90	59,8	60	59,9
120	61,1	61,4	59,9
150	62,4	62,5	62,4
180	63,7	63,5	63,8
210	65,1	65,2	65,4
240	66,5	66,7	66,7



# Análisis de resultados

## Prueba de carga de las baterías

Tiempo-Carga



# Conclusiones

Se dimensionó el sistema de tracción eléctrica para el prototipo L2 CMDR RICKSHAW obteniendo las características necesarias que deben tener los componentes que lo conforman, tales como, el motor de tracción eléctrico, electrónica de potencia y controles, además de, la seguridad eléctrica a razón de la normativa ISO.

Se diseñó el sistema eléctrico del prototipo L2 CMDR RICKSHAW de forma independiente para cada motor, de tal forma que se asegura que los componentes que lo conforman no sufrirán daños debido a sobrecargas de corriente las mismas que ocasionan que la temperatura de los componentes se eleve drásticamente.

Se seleccionó el sistema de control electrónico del prototipo de acuerdo a las especificaciones técnicas que presentan los motores y las baterías para el sistema de tracción BEV que se implementó en el vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW.



# Conclusiones

Se implementó en el bastidor del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW los componentes que conforman el sistema de propulsión eléctrica considerando la geometría de cada elemento y ubicándoles de una manera estratégica, dotando al prototipo con una tracción en las tres ruedas.

Se implementó un circuito que permite recargar las baterías sin tener que desmontarlas usando un cargador portátil el cual puede conectarse a la red doméstica y mediante el uso de un convertidor AC-DC suministrar la energía al prototipo a través de los conectores ubicados sobre el carenado.

Se incluyó un convertidor DC/DC en el circuito eléctrico para transformar la tensión de 60 voltios que proporciona el controlador a 12 voltios necesarios para la instalación del sistema de alumbrado y accesorios que incorpora el vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW.



# Conclusiones

Se realizó una comparación entre la potencia nominal calculada y la medida en el dinamómetro obteniendo que el vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW cuenta con una eficiencia del 84.61% lo cual garantiza el correcto funcionamiento del prototipo.

Se realizó una comparación entre el torque nominal y la medida en el dinamómetro obteniendo que el vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW cuenta con una eficiencia del 86.08% lo cual garantiza que el prototipo no tendrá dificultades de funcionamiento.



# Recomendaciones

Se debe prestar atención a los indicadores nivel de carga de cada batería incorporados en el vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW para evitar que las baterías se descarguen por completo y prolongar su vida útil.

Previo a la activación de la reversa es recomendable esperar a que el vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW se detenga por completo para prevenir un daño prematuro en los bobinados del motor.

La potencia que entrega los motores delanteros es suficiente para circular en vías de primer y segundo orden, por lo que, se recomienda el uso de la tracción en las tres ruedas solo en terrenos con pendientes pronunciadas y en caminos de tercer orden.



# Recomendaciones

En el caso de presentar inconvenientes con el vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW que pongan en riesgo su integridad, colocar el interruptor de seguridad en la posición OFF para desconectar las baterías del resto del circuito y el prototipo disminuya su velocidad hasta detenerse.

Si se desea reemplazar las baterías del vehículo eléctrico, se recomienda colocar unas que cuenten con las mismas características de las existentes, el único parámetro que es aceptable que varíe es el consumo que viene dado en A/h.

