



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE ENERGÍA Y MECÁNICA

TEMA: “Análisis del modelado eléctrico y mecánico de motocicletas alternativas para incursionar en la movilidad eléctrica”

AUTORES:

- **TERCERO CABASCANGO, BYRON DAVID**
- **TOAPANTA MOROCHO, ERIK GEOVANY**

DIRECTOR:

- **ING. ERAZO LAVERDE, WASHINTON GERMÁN**



Frase celebre

“El fracaso
es una gran
oportunidad
para empezar
otra vez con
más inteligencia”
Henry Ford



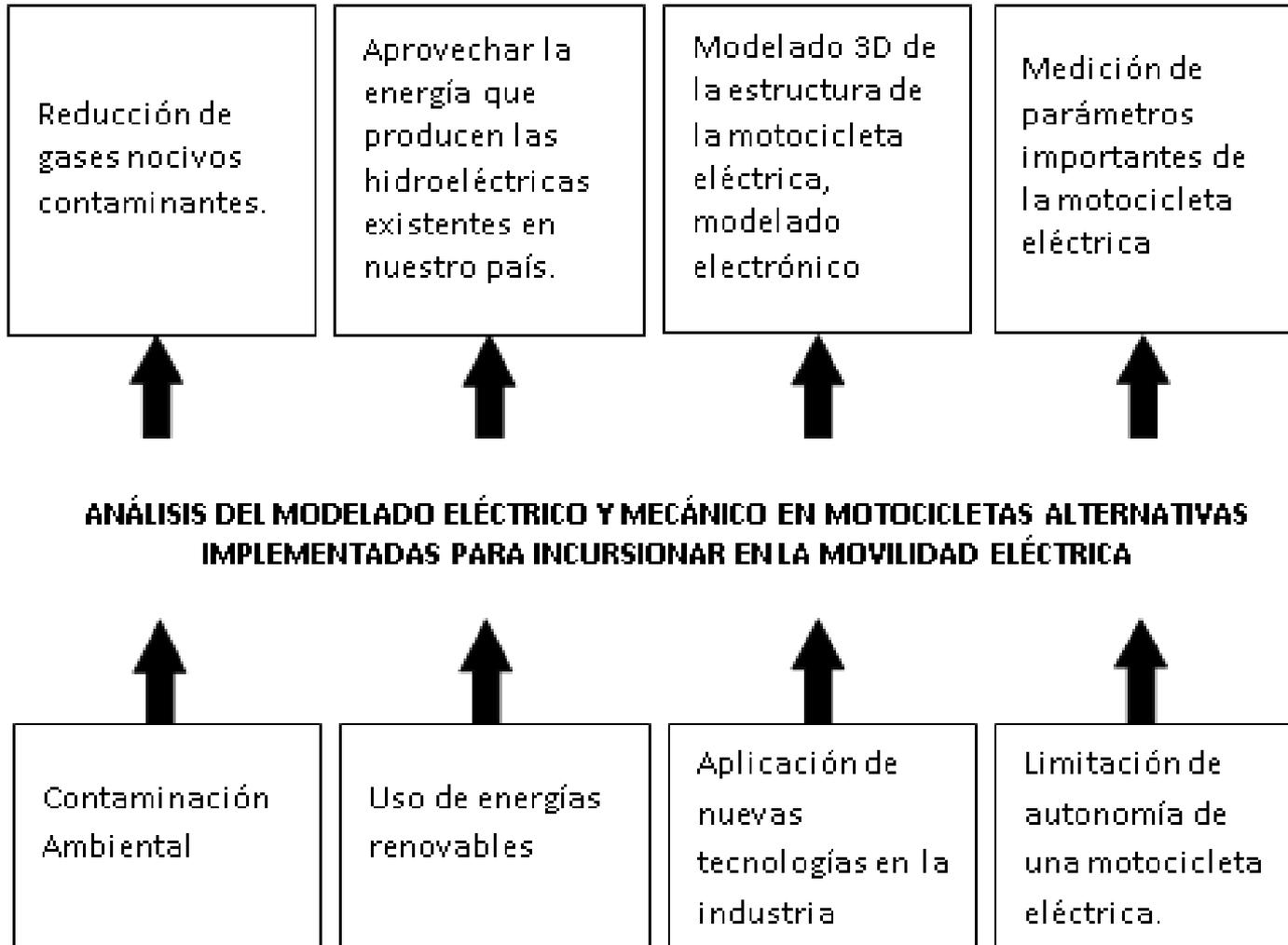
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Tabla de contenido

1. Planteamiento del problema
2. Objetivos
 - 2.1 Objetivo General
 - 2.2 Objetivo Específico
3. Hipótesis
4. Marco Teórico
5. Determinación de componentes, parámetros eléctricos, simulación mecánica y eléctrica
6. Análisis de resultados obtenidos con los aparatos de medición, simulaciones y pruebas de rutas
7. Conclusiones
8. Recomendaciones



Planteamiento del Problema



Objetivos

Objetivo General



Analizar el modelado eléctrico y mecánico en motocicletas alternativas implementadas para incursionar en la movilidad eléctrica.



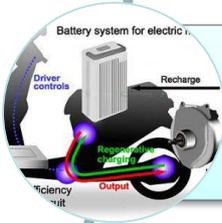
Objetivos Específicos



Investigar en fuentes de información acerca de los principales medios de transporte alternativos eléctricos relacionados con el proyecto.



Determinar modelos y diseños de motocicletas alternativas existentes en el mercado automotor del Ecuador, agrupándolos por sus parámetros más relevantes



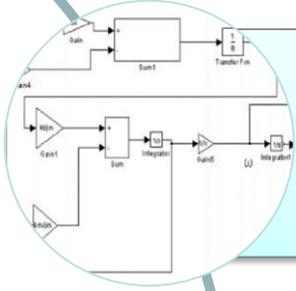
Identificar los componentes mecánicos y eléctricos implementados en los sistemas de motocicletas alternativas



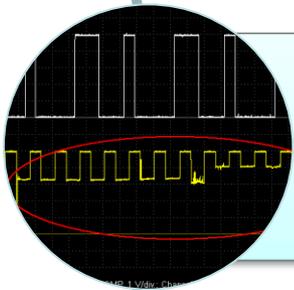
Obtener los parámetros eléctricos necesarios de funcionamiento para la ciudad de Latacunga y geografía del Ecuador



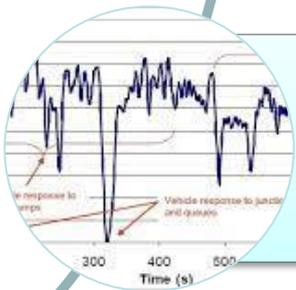
Objetivos Específicos



Modelar y simular los componentes mecánicos y estructurales de la motocicleta alternativa en el software CAD especializado



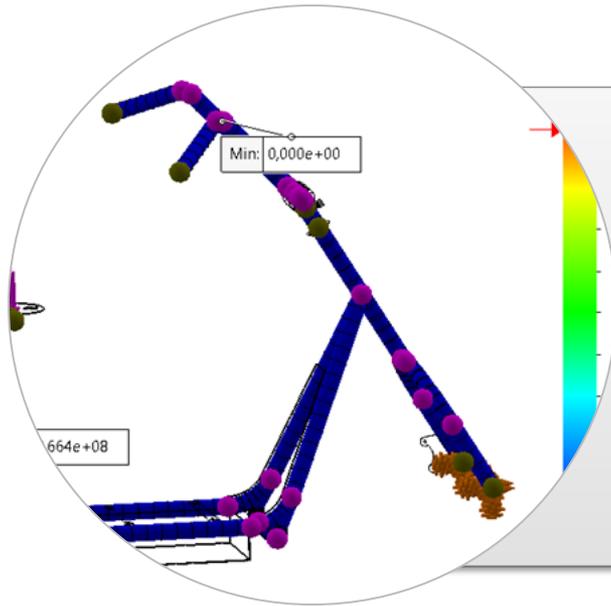
Analizar las gráficas obtenidas de acuerdo a las mediciones y simulaciones obtenidas



Determinar la factibilidad del uso de motocicletas eléctricas como medio de transporte alternativo en la ciudad de Latacunga



Hipótesis

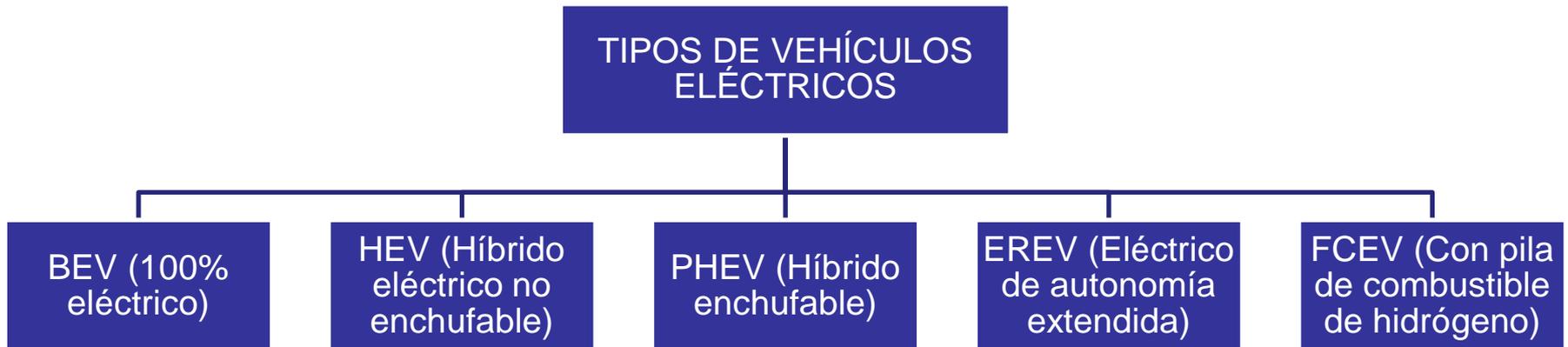


El desarrollo de modelado mecánico y eléctrico permitirá obtener un análisis técnico práctico del diseño de motocicletas eléctricas, que establezca la factibilidad económica y técnica para la implementación de la movilidad eléctrica.



Marco Teórico

Clasificación de vehículos eléctricos



Clasificación de motocicletas eléctricas

MODELO	CARACTERÍSTICAS	IMAGEN
CITY COCO	<ul style="list-style-type: none">• Motor 1500 W• Batería interna de litio 60V 12AH• Autonomía 40 Km• Tablero digital con indicador de batería• Tiempo de carga 4 horas• Frenos de disco	
CITY COCO 2.0	<ul style="list-style-type: none">• Motor 1500 W• Batería interna de litio 60V 12AH• Autonomía 40 Km• Tablero digital con indicador de batería• Tiempo de carga 4 horas• Frenos de disco• Doble asiento	

Fig. 2: Clasificación de motocicletas eléctricas

Nota. En el gráfico N 2 se puede observar la clasificación de motocicletas eléctricas existentes en el Ecuador



MODELO	CARACTERÍSTICAS	IMAGEN
SCOOTER ELÉCTRICO	<ul style="list-style-type: none"> • Motor 2000 W • Batería interna de litio 60V 20AH • Autonomía 50 Km • Luces direccionales • Tiempo de carga 4 horas • Frenos de disco • Amortiguación trasera y delantera • Tablero digital con velocímetro e indicador de batería 	
SCOOTER ELÉCTRICO 2.0	<ul style="list-style-type: none"> • Motor 2000 W • Batería interna de litio 60V 20AH • Autonomía 50 Km • Luces direccionales • Tiempo de carga 4 horas • Frenos de disco • Mini baúl • Amortiguación trasera y delantera • Tablero digital con velocímetro e indicador de batería 	

MODELO	CARACTERÍSTICAS	IMAGEN
SCOOTER ELÉCTRICO 3.0	<ul style="list-style-type: none"> • Motor 1500 W • Batería interna de litio 60V 12AH • Autonomía 40 Km • Luces direccionales • Tiempo de carga 4 horas • Frenos de disco • Mini baúl • Amortiguación trasera y delantera • Tablero digital con velocímetro e indicador de batería. 	



Sistemas y componentes mecánicos de la motocicleta eléctrica

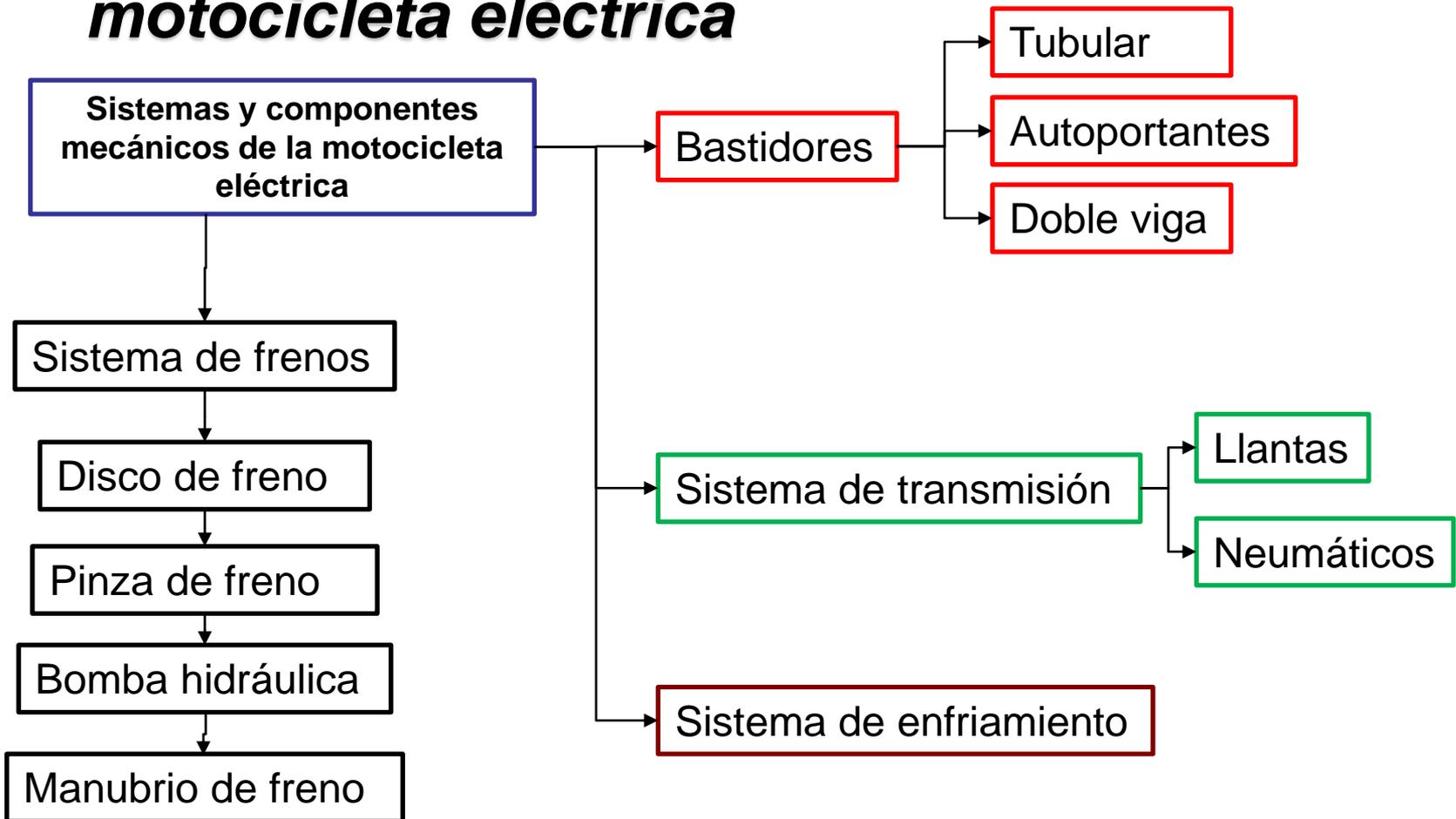


Fig. 3: Componentes mecánicos de motocicletas eléctricas

Nota. En el gráfico N 3 Se puede observar los componentes que forman la parte mecánica de la motocicleta eléctrica



Sistema de frenos



Bastidor



Sistema de transmisión



Fig. 4: Componentes mecánicos de las motocicletas eléctricas

Nota. En el gráfico N 4 se puede observar los componentes mecánicos que conforman una motocicleta eléctrica



Componentes eléctricos de una motocicleta eléctrica

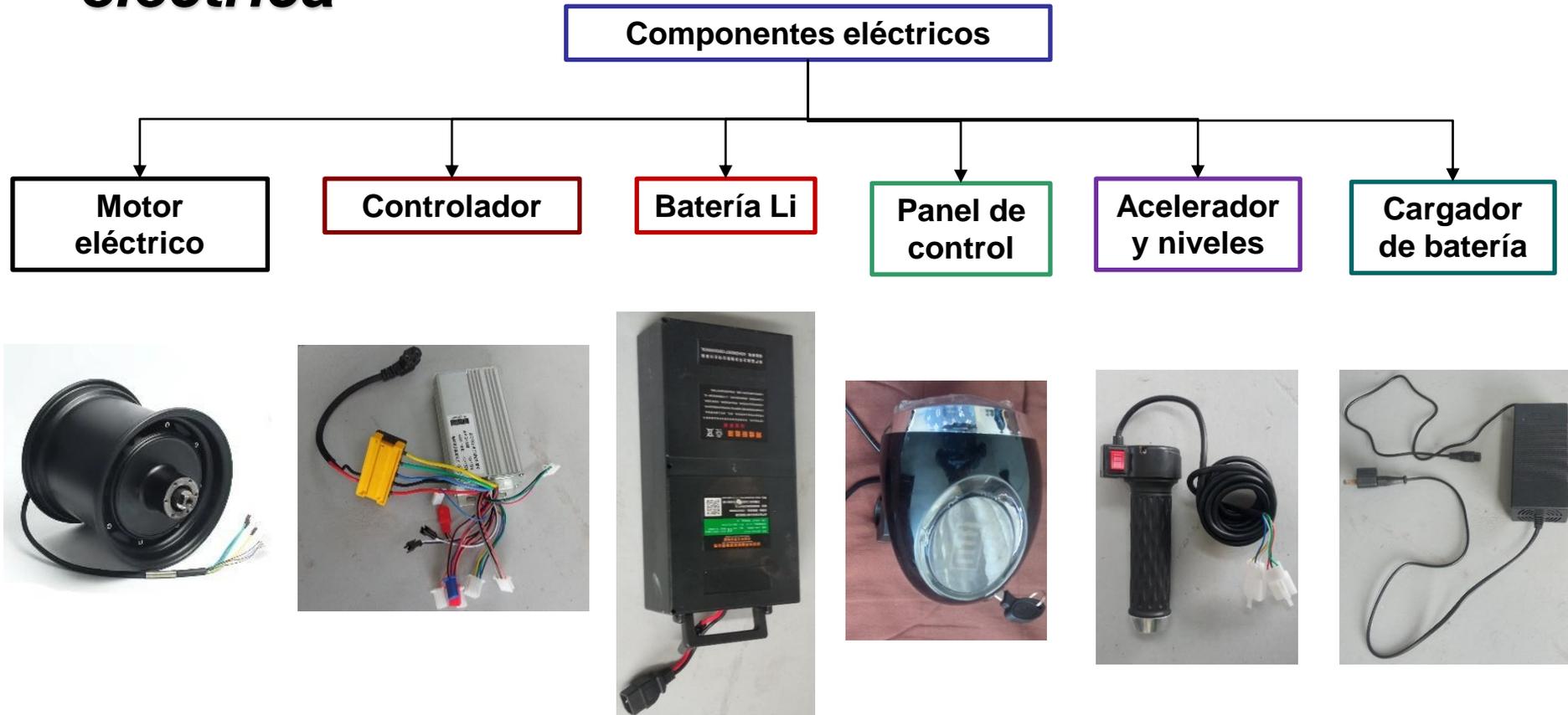


Fig. 5: Componentes eléctricos de la motocicleta eléctrica

Nota. En el gráfico N 5 se puede observar los componentes eléctricos que conforman la motocicleta eléctrica



Ficha Técnica de la City Coco 1500W

Especificaciones modelo Citycoco

Motor	60V - 1500W
Batería	12 Ah 60V batería de litio
Velocidad máxima	30 km/h
Carga máxima	180 Kg
Llantas	18 x 9.5 pulgadas de ancho
Autonomía	20 - 70 Km por carga (en hábitos de manejo estable)
Peso	70 Kg (neto) 75 Kg (en empaque)
Freno delantero y trasero	Freno de disco hidráulico
Ángulo de subida máximo	30 grados
Torque máximo	41 N.m
Distancia de frenado (seco)	1.2 m (20 Km/h)
Distancia de frenado (mojado)	3.1 m (20 Km/h)
Tiempo de carga	3 - 5 horas 110V 2A
Tamaño	196 cm largo * 76 cm ancho * 112 cm alto
Costo por carga de batería	Aproximadamente 2.9 Kw/h = 0.30 centavos de dólar americano

Fig. 6: Ficha Técnica

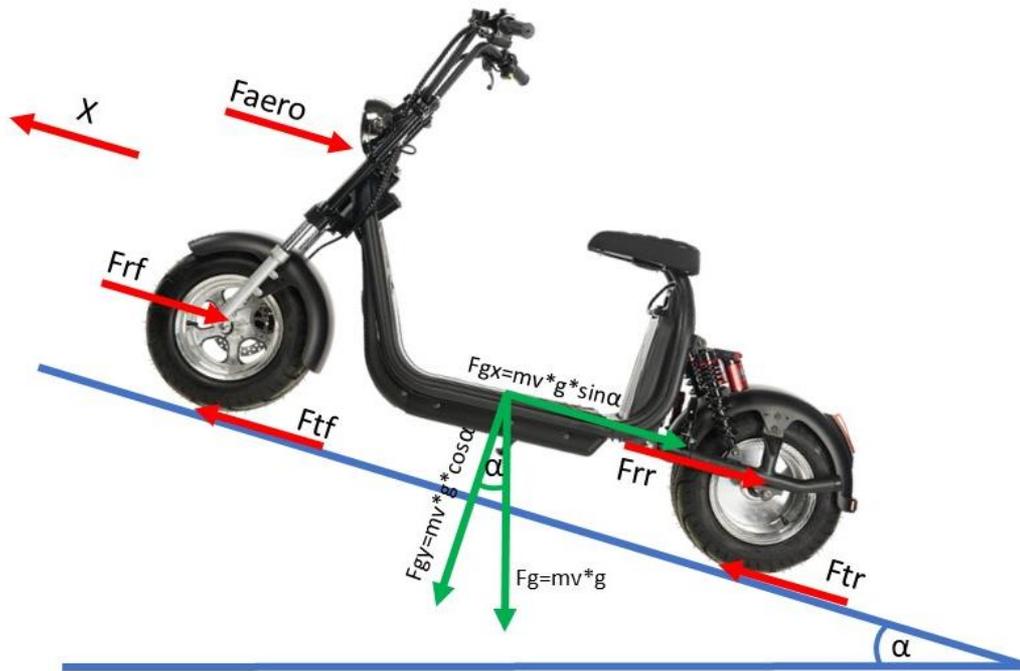
Nota. En el gráfico N 6 se puede observar los parámetros y características de la City Coco 1500W



DETERMINACIÓN DE
COMPONENTES, PARÁMETROS
ELÉCTRICOS, SIMULACIÓN
MECÁNICA Y ELÉCTRICA



Modelo matemático de la motocicleta



m_v : masa del vehículo (motocicleta)

x : aceleración longitudinal

F_{tf} : fuerza de tracción delantera (no se considera)

F_{tr} : fuerza de tracción trasera

F_{rf} : fuerza de rodamiento trasera

F_{rr} : fuerza de rodamiento trasera

F_{aero} : fuerza aerodinámica

F_g : fuerza originada por la gravedad

$$m_v * x = (F_{tf} + F_{tr}) - (F_{rf} + F_{rr} + F_{aero} + F_g)$$

Fig. 7: Fuerzas que actúan en el movimiento de la motocicleta eléctrica

Nota. En el gráfico N7 se puede observar las fuerzas que actúan en el movimiento de la motocicleta eléctrica



Fuerza Aerodinámica

ρ : es la densidad del aire

A : es el área frontal del vehículo

C_d : Constante aerodinámica

x : velocidad lineal del vehículo

V_{viento} : velocidad del viento

$\rho = 1185 \frac{kg}{m^3}$ (densidad del aire en la ciudad de Latacunga)

$A = 76 * 112 \text{ cm}$

$C_d = 0.6$ (definido para motocicletas y camiones)

$x = 30 \frac{km}{h}$ (velocidad máxima)

$v_{viento} = 2 \frac{km}{h}$ (en un ambiente calmado)

$$F_{aero} = \frac{1}{2} * \rho * A * C_d (x + V_{viento})^2$$

$$A = 8512 \text{ cm}^2 * \frac{1m^2}{100 \text{ cm}^2} = 0.8512m^2$$

$$x = 30 \frac{km}{h} * \frac{1000m}{1 \text{ km}} * \frac{1h}{3600 s} = 8.3333 \frac{m}{s}$$

$F_{aerodinamica}$

$$= \frac{1}{2} \left(1.185 \frac{kg}{m^3} \right) * 0.8512 \text{ m}^2 * 0.6 * (8.3333)^2 \frac{m^2}{s^2}$$

$$F_{aerodinamica} = 20.99 \frac{kgm}{s^2} = 20.99 \text{ N}$$



Fuerza de resistencia a la rodadura

C_{rr} : coeficiente a la resistencia a la rodadura

F_{roll} : fuerza de resistencia a la rodadura

m_{veh} : masa del vehículo

g : gravedad

C_{rr} : 0.03 (coeficiente para asfalto y adoquinado)

m_{veh} : 70 kg (masa de la motocicleta)

g : $9.81 \frac{m}{s^2}$

$$F_{roll} = C_{rr} * m_{veh} * g$$

$$F_{roll} = (0.03)(70 \text{ kg})(9.81 \frac{m}{s^2})$$

$$F_{roll} = 20.60 \frac{kgm}{s^2} = 20.60 \text{ N}$$



Fuerza de Tracción

μ = Coef. adhesión

m_{veh} : masa del vehículo

g : gravedad

μ : 0.85 (para asfalto)

m_{veh} : 70 kg (masa de la motocicleta)

g : $9.81 \frac{m}{s^2}$

$$F_{tracción} = \mu * m_{veh} * g$$

$$F_{tracción} = (0.85) * (70 \text{ kg}) * (9.81 \frac{m}{s^2})$$

$$F_{tracción} = 586.075 \text{ N}$$

Fuerza Neta

$$F_{neta} = F_{tracción} - F_{aerodinamica} - F_{roll}$$

$$F_{neta} = 586.075 \text{ N} - 20.99 \text{ N} - 20.60 \text{ N}$$

$$F_{net} = 544.425 \text{ N}$$



Cálculo de torque y potencia para mover la motocicleta del reposo

F_{emp} : es la fuerza de empuje para mover la motocicleta del reposo

C_{rr} : coeficiente a la resistencia a la rodadura

m_{max} : carga máxima de la motocicleta

g : gravedad

C_{rr} : 0.03 (coeficiente para asfalto y adoquinado)

m_{max} : 180 kg

g : $9.81 \frac{m}{s^2}$

$$F_{roll} = F_{emp} = C_{rr} * N$$

$$NF = m_{max} * g$$

$$F_{emp} = C_{rr} * m_{max} * g$$

$$F = (0.03)(180 \text{ kg})(9.81 \frac{m}{s^2})$$

$$F = 52.974 \text{ N}$$

Cálculo para el torque necesario

T_n : torque necesario

r : radio del neumático

F_{empuje} : fuerza de empuje

r : 0.229 m

F_{empuje} : 52.974 N

$$T_n = r * F_{empuje}$$

$$T_n = (0.229 \text{ m})(52.974 \text{ N})$$

$$T_n = 12.13 \text{ Nm}$$



Cálculo de la potencia requerida

P_{nec} : potencia necesaria

F_{empuje} : fuerza de empuje

v_{max} : velocidad máxima

$$P_{nec} = F_{empuje} * v_{max}$$

$$P_{nec} = (52.974 \text{ N}) \left(8.3333 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$$

$$P_{nec} = 441.44 \text{ W}$$

F_{empuje} : 52.974 N

v_{max} : $30 \frac{\text{km}}{\text{h}}$

Cálculo de la velocidad angular

ω : velocidad angular

v_{max} : velocidad máxima

r : radio del neumático

$$\omega = \frac{v_{max}}{r}$$

$$\omega = \frac{8.3333 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0.229 \text{ m}}$$

$$\omega = 36.388 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

v_{max} : $8.3333 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

r : 0.229 m

$$\omega_{rpm} = \frac{\omega(60)}{2\pi} = 347.485 \text{ rpm}$$



Cálculo del torque máximo

T_{max} : torque máximo

P_{max} : potencia entregada por la motocicleta

ω : velocidad angular

P_{max} : 1500 W (potencia del motor)

$\omega = 36.388 \frac{rad}{s}$

$$T_{max} = \frac{P_{max}}{\omega}$$

$$T_{max} = \frac{1500 \text{ W}}{36.388 \frac{rad}{s}}$$

$$T_{max} = 41.22 \text{ Nm}$$

Fig. 2: Clasificación de motocicletas eléctricas

Nota. En el gráfico N 2 se puede observar la clasificación de motocicletas eléctricas existentes en el ecuador



Cargas en aceleración máxima



Tomando la carga máxima de 180 Kg especificada por el fabricante tenemos:

$$P = F_2$$

$$F_2 = m * g = 180 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1765.8 \text{ N}$$

Entonces, utilizando un coeficiente de rozamiento entre el neumático y asfalto $\mu = 0.85$ se tiene:

$$F_a = F_2 * \mu = 1765.8 \text{ N} * 0.85 = 1500.9 \text{ N}$$

$$F_i = F_a = 1500.9 \text{ N}$$

Fig. 8: Cargas en aceleración máxima

Nota. En el gráfico N 8 se puede observar las cargas que actúan en aceleración máxima



Cargas en frenada máxima

Frenada máxima con la rueda delantera



$$P = F_1$$

$$F_1 = m * g = 180 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1765.8 \text{ N}$$

$$F_{fre} = F_1 * \mu = 1765.8 \text{ N} * 0.85 = 1500.9 \text{ N}$$

$$F_i = F_{fre} = 1500.9 \text{ N}$$

Frenada máxima con la rueda trasera



$$F_2 = 0,7P \quad ; \quad F_1 = 0.3P$$

$$F_1 = 0.3 \left(180 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) = 529.74 \text{ N}$$

$$F_2 = 0.7 \left(180 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) = 1236.06 \text{ N}$$

$$F_{fre} = F_2 * \mu = 1236.06 \text{ N} * 0.85 = 1050.65 \text{ N}$$

$$F_i = F_{fre} = 1050.65 \text{ N}$$



Paso por curva



$$F_c = m * \omega^2 * r = m * \left(\frac{v}{r}\right)^2 * r$$

$$F_c = 180 \text{ kg} * \left(\frac{\left(30 \frac{\text{km}}{\text{h}} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} * \frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}}\right)^2}{100 \text{ m}}\right) * 100 = 125 \text{ N}$$

$$P = N = m * g = 180 \text{ kg} * 9.81 = 1765.8 \text{ N}$$

$$F = P * \cos \alpha - F_c * \cos \alpha$$

$$F = \cos \alpha (P - F_c) = \cos 20^\circ * (1765.8 - 125) = 1541.85 \text{ N}$$

Fig. 9: Cargas en paso por curva

Nota. En el gráfico N 9 se puede observar la carga que actúa sobre el paso de curva



Cálculo de capacidad de carga (autonomía mínima)

Cap_{carg} : es la capacidad de carga

V_{bat} : voltaje de la batería

A_{bat} : amperaje de la batería

v_{max} : velocidad máxima entregada por la motocicleta

P_{max} : potencia máxima entregada por el motor

V_{bat} : 66 Vdc

A_{bat} : 12 Ah

v_{max} : $30 \frac{km}{h}$

P_{max} : 1500 W

$$Cap_{carg} = \frac{V_{bat} * A_{bat} * v_{max}}{P_{max}}$$

$$Cap_{carg} = \frac{66 \text{ Vdc} * 12 \text{ Ah} * 30 \frac{km}{h}}{1500 \text{ W}}$$

$$Cap_{carg} = 15.84 \text{ km}$$



Cálculo de la autonomía de batería

I : intensidad entregada por la batería.

V_{bat} : voltaje de la batería

P_{max} : potencia máxima entregada por el motor

V_{bat} : 66 Vdc

P_{max} : 1500 W

$$t = \frac{Cap_{carg}}{I}$$

$$t = \frac{15.84 \text{ km}}{22.727 \text{ A}}$$

$$t = \frac{15.84 \text{ km}}{22.727 \text{ A}}$$

$$t = 0.696 \text{ horas} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}}$$

$$t = 41.81 \approx 41 \text{ mins}$$

$$I = \frac{P_{max}}{V_{bat}}$$

$$I = \frac{P_{max}}{V_{bat}}$$

$$I = \frac{1500 \text{ W}}{66 \text{ Vdc}}$$

$$I = 22.727 \text{ A}$$

t : tiempo de duración de la batería

Cap_{carg} : capacidad de carga

I : intensidad de la batería



Proceso de desarmado de la motocicleta eléctrica City Coco

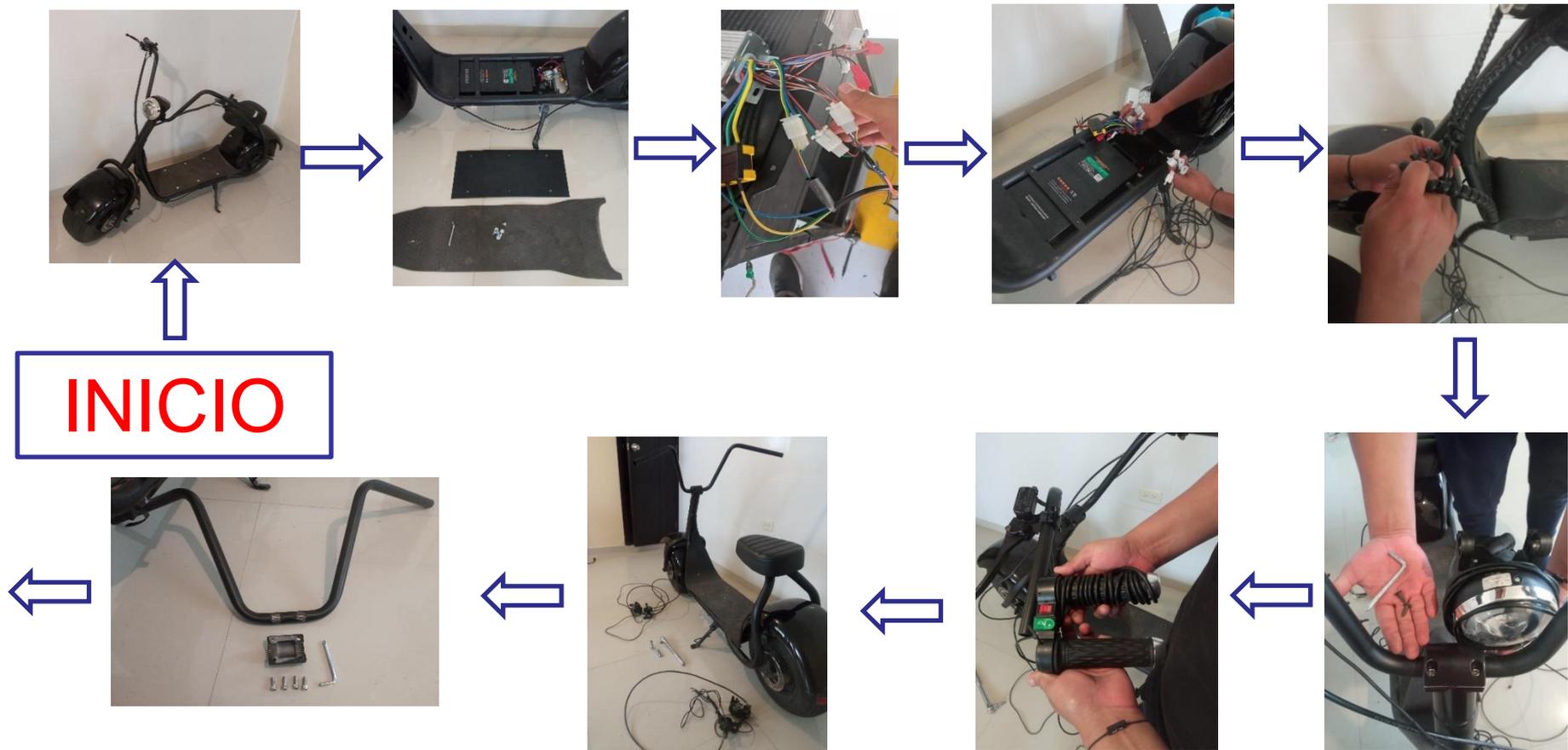


Fig. 10: Proceso de armado y desarmado de la motocicleta eléctrica

Nota. En el gráfico N 10 se puede observar el proceso de armado y desarmado de la motocicleta eléctrica

Clasificación de motocicletas eléctricas



FIN



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Esquema circuito eléctrico

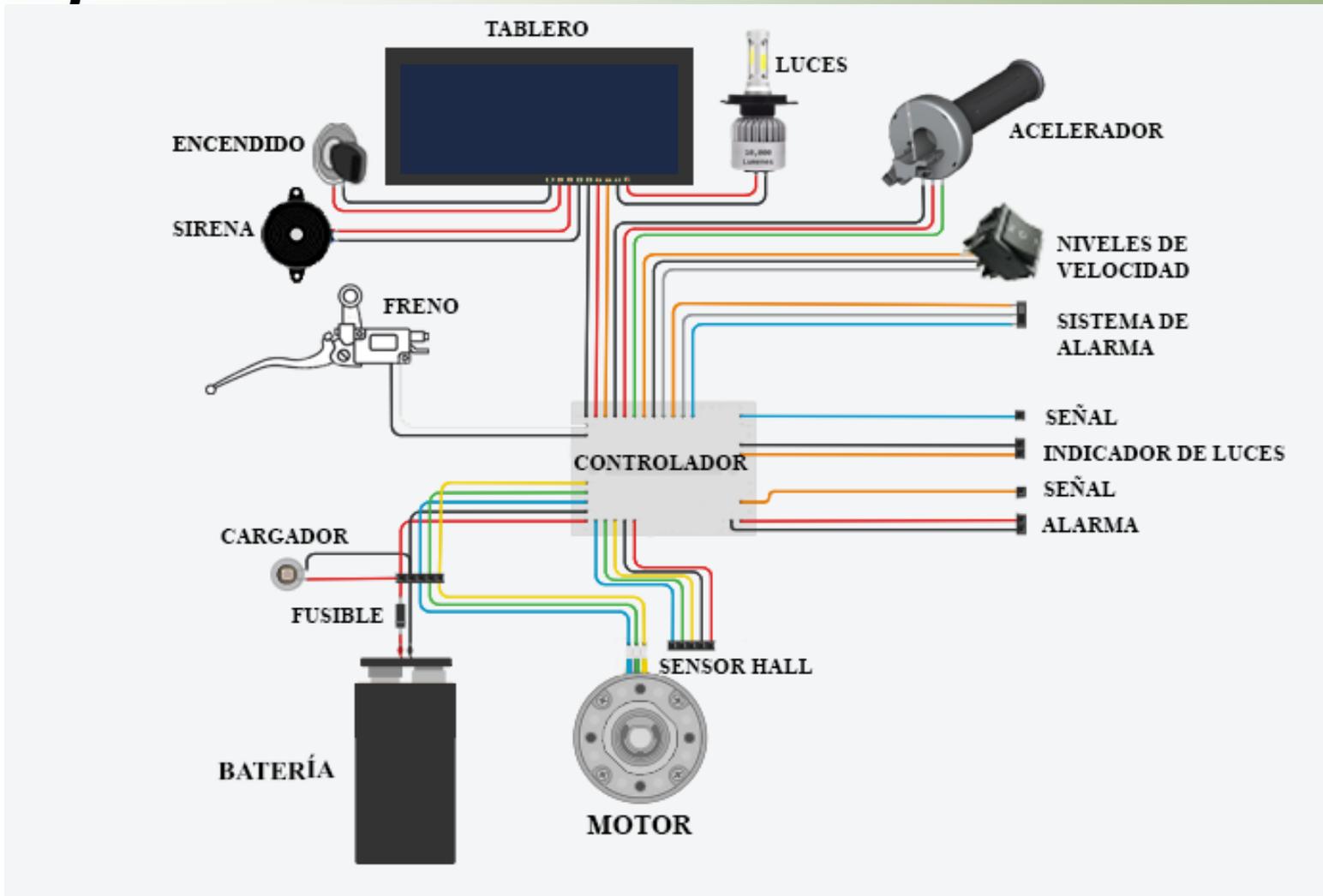


Fig. 11: Diagrama de bloques del sistema eléctrico de la City Coco 1500W

Nota. En el gráfico N 11 se puede observar el diagrama eléctrico por bloques del sistema eléctrico de la motocicleta.

Mediciones del sistema eléctrico

Cargador de batería



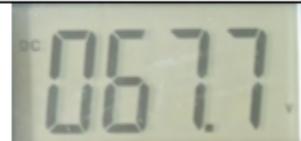
ITEM	MEDICIÓN	IMAGEN
VOLTAJE DE ENTRADA	120.5 V (Ac)	
VOLTAJE DE SALIDA	67.7 V (Dc)	

Fig. 12: Valores de la medición eléctrica de la batería



Batería

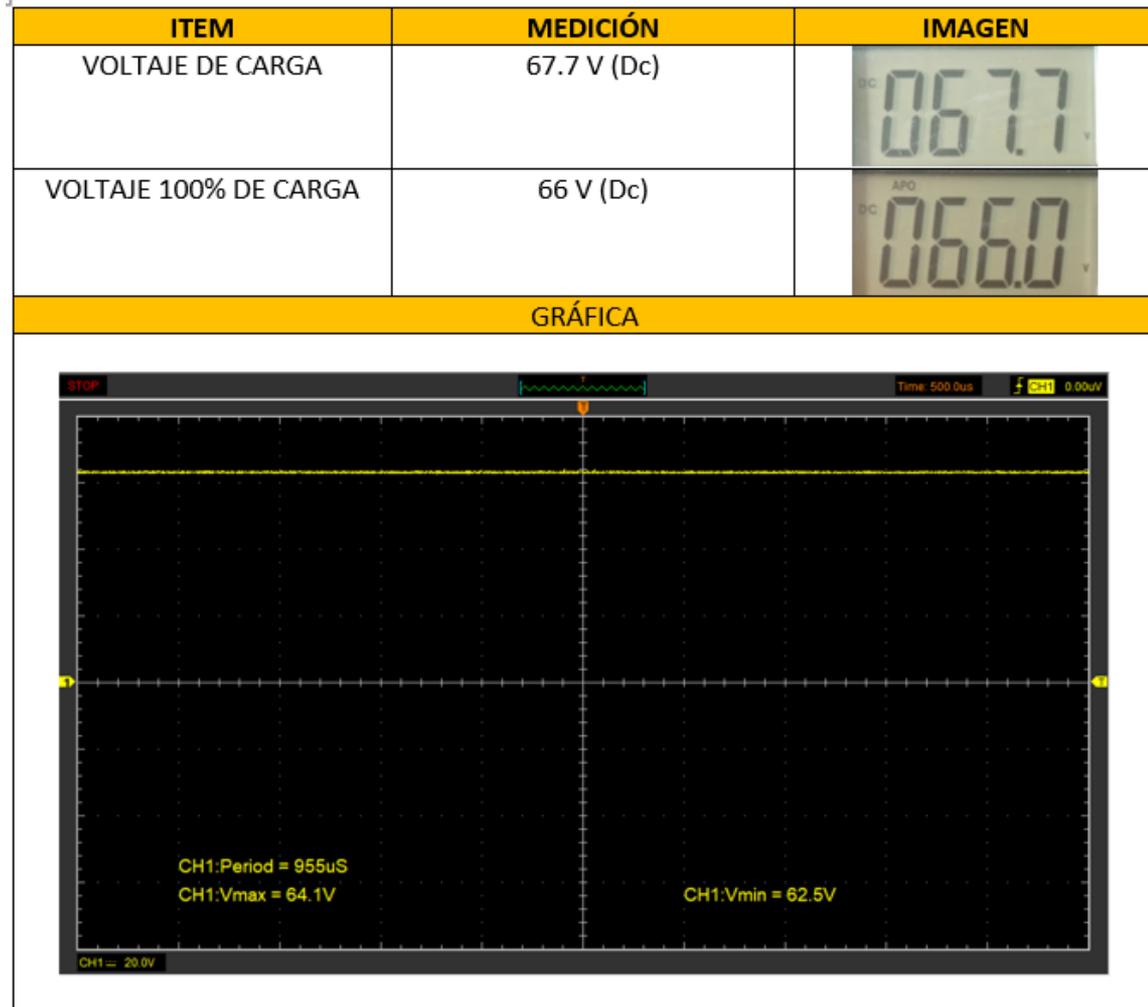


Fig. 13: Valores de medición de la batería

Tablero



ITEM	MEDICIÓN			IMAGEN
TERMINAL DE PANEL	COLOR	ON	OFF	
		GND	GND	
		66 V DC	66 V DC	
		66 V DC	0 V DC	
VOLTAJE DE ENTRADA SIRENA	COLOR	ON	OFF	
		65 V DC	65 V DC	
		GND	GND	

Fig. 14: Valores de medición del tablero o panel de control



Controlador



Fig. 14: Valores de medición del Controlador

ITEM	MEDICIÓN		IMAGEN	
VOLTAJE DE ENTRADA	COLOR	ON	OFF	066.0
		GND	GND	
		66 V DC	66 V DC	
TERMINALES DE MOTOR	COLOR	ON	OF	000.5
		0.5 V DC	0 V DC	
		0.5 V DC	0 V DC	
TERMINAL DE SENSOR HALL	COLOR	ON	OFF	004.7 003.3
		GND	GND	
		4.7 V DC	0 V DC	
		3.3 V DC	0 V DC	
		3.3 V DC	0 V DC	
TERMINAL DE ACELERADOR	COLOR	ON	OFF	005.0
		5 V DC	0 V DC	
		GND	GND	
TERMINAL DE 3 VELOCIDADES	COLOR	ON	OFF	003.3
		GND	GND	
		3.3 V DC	0 V DC	
		3.3 V DC	0 V DC	
TERMINAL DE FRENO	COLOR	ON	OFF	003.0
		GND	GND	
		3 V DC	0 VDC	
TERMINAL DE TABLERO	COLOR	ON	OFF	066.0
		GND	GND	
		66 V DC	66 V DC	
TERMINAL 2 CABLES	COLOR	ON	OFF	066.0
		GND	GND	
TERMINAL 2 CABLES	COLOR	ON	OFF	066.0
		GND	GND	
		66 V DC	0 V DC	
TERMINAL 1 CABLE	COLOR	ON	OFF	066.0
		66 V DC	0 V DC	
TERMINAL 1 CABLE	COLOR	ON	OFF	000.0
		0 V DC	0 V DC	



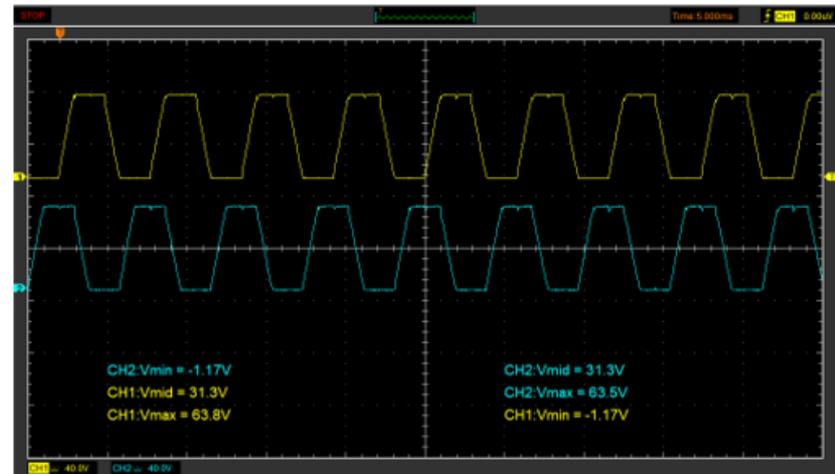
Motor



ITEM	COLOR	MEDICIÓN	IMAGEN
VOLTAJE DE LA BOBINA 1	Blue	31.3 V	CH1:Vmid = 31.3V
VOLTAJE DE LA BOBINA 2	Green	31.3 V	CH2:Vmid = 31.3V
VOLTAJE DE LA BOBINA 3	Yellow	31.3 V	CH1:Vmid = 31.3V

GRÁFICAS

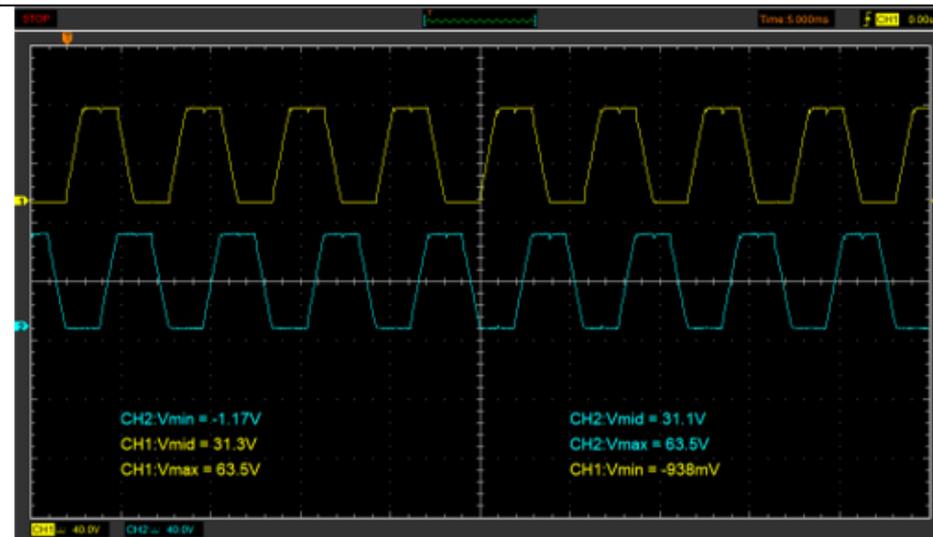
1) Bobina 1 VS Bobina 2 (desfase)



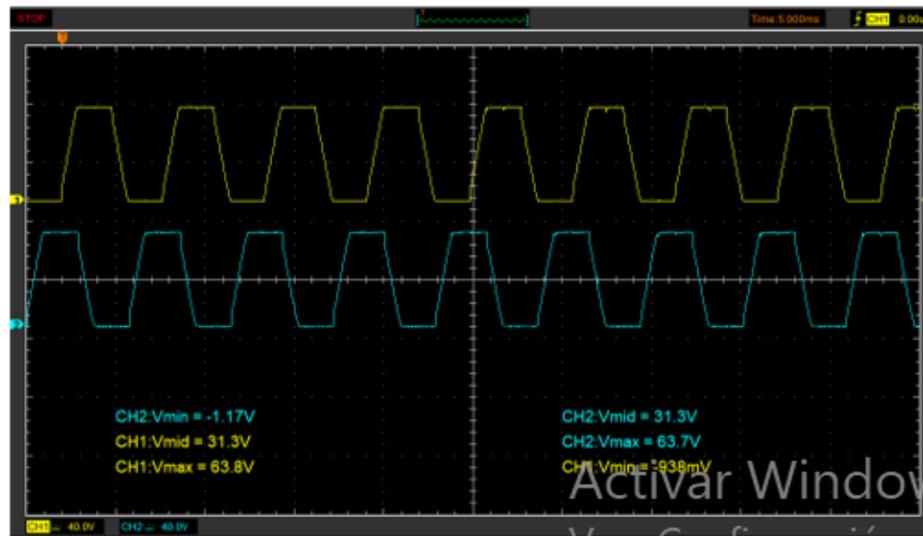
2) Bobina 1 VS Bobina 3 (desfase)

Fig. 15: Valores de medición del Motor



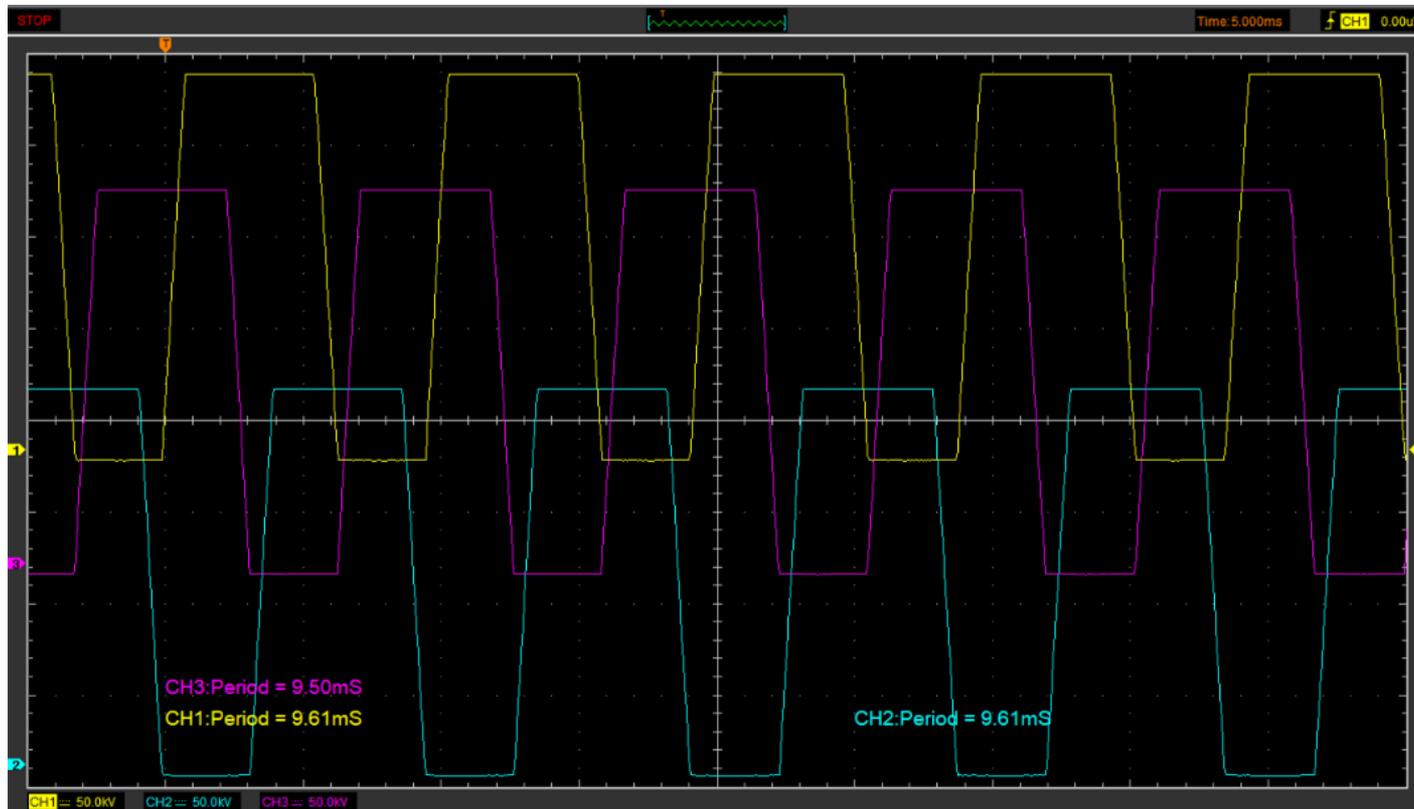


3) Bobina 2 VS Bobina 3 (desfase)



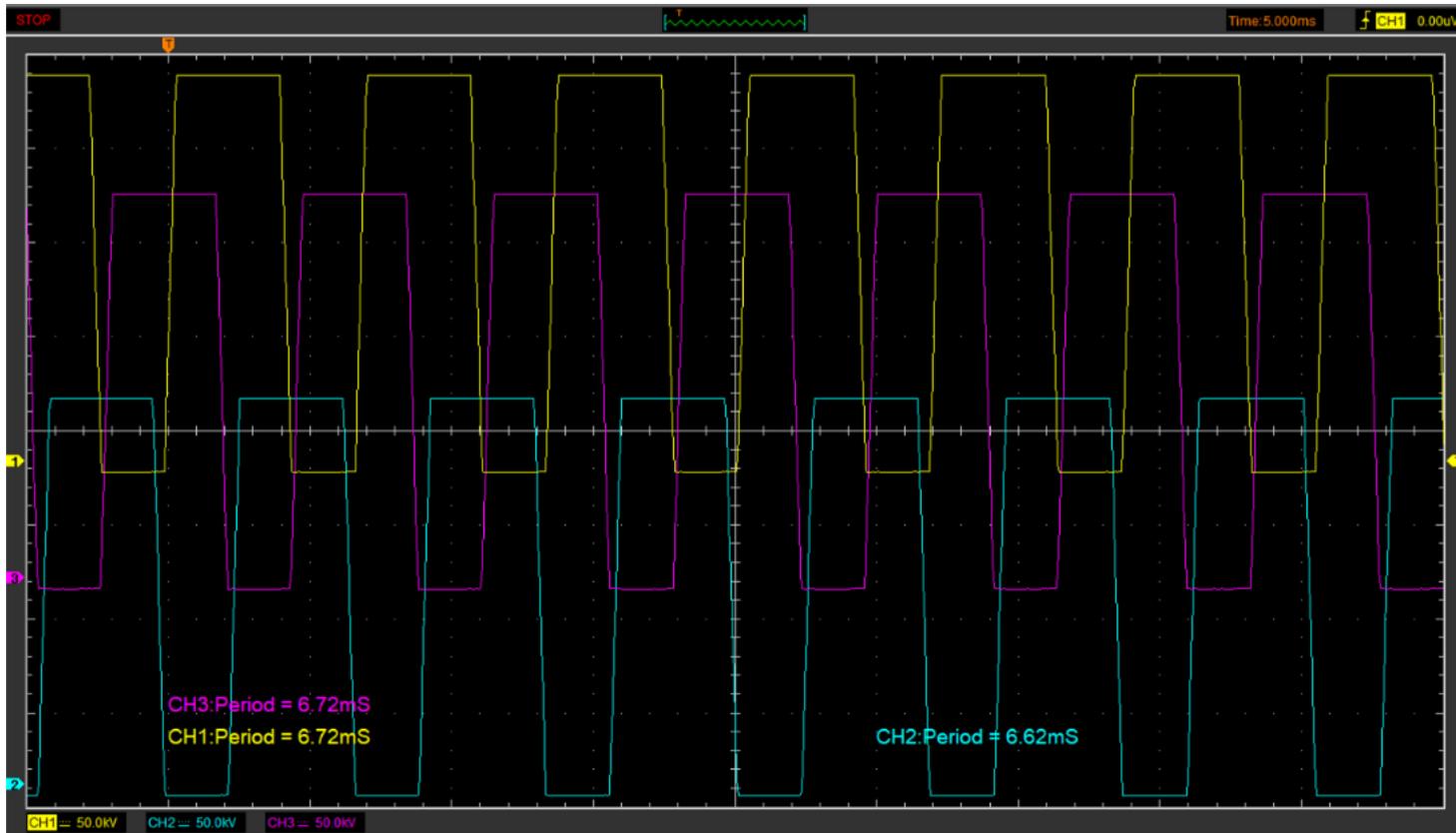
Periodos de las señales de las bobinas

Señales de bobinas en 1era velocidad
(máxima aceleración)



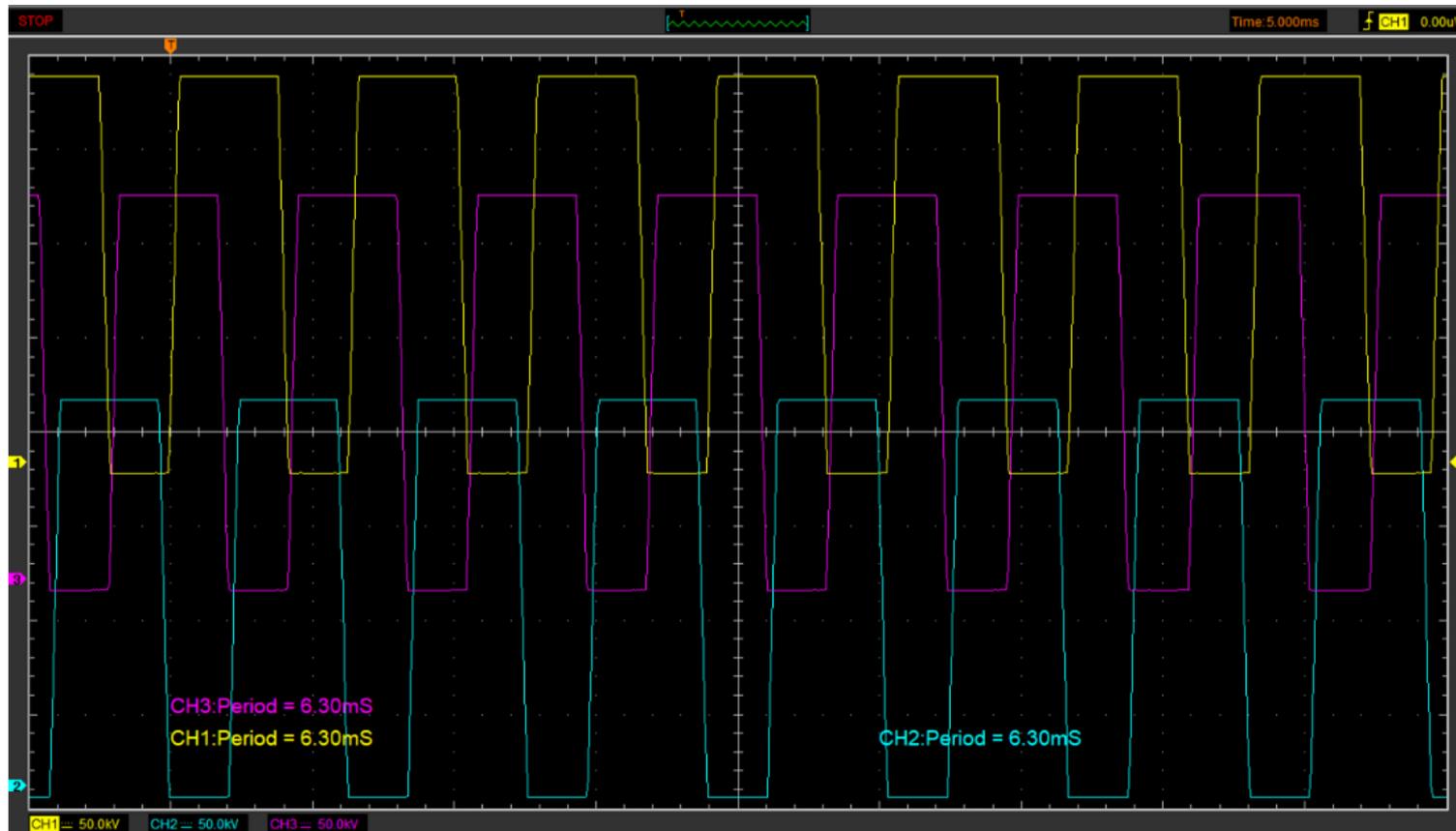
Periodos de las señales de las bobinas

Señales de bobinas en 2da velocidad
(máxima aceleración)

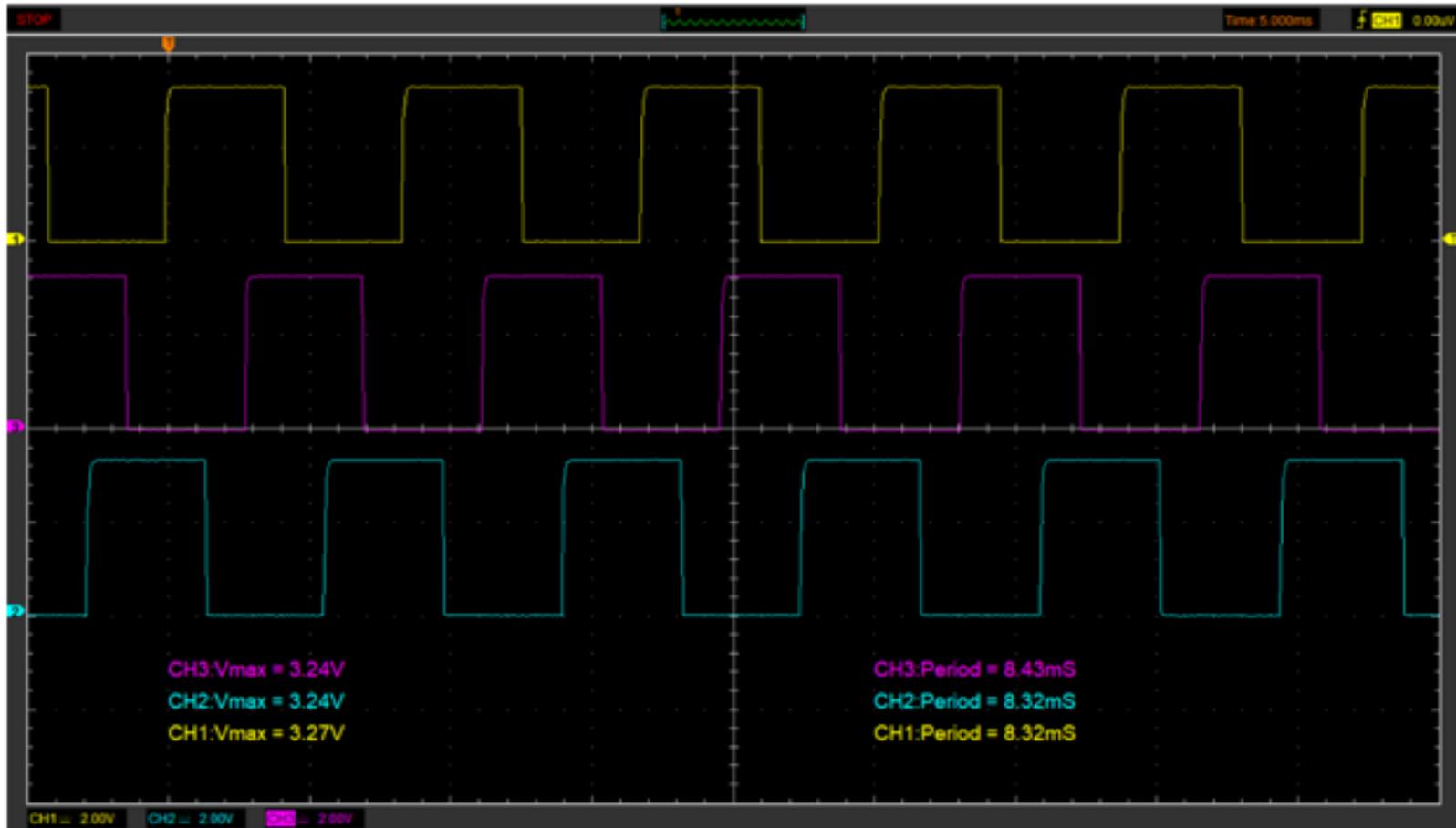


Periodos de las señales de las bobinas

Señales de bobinas en 3ra velocidad
(máxima aceleración)



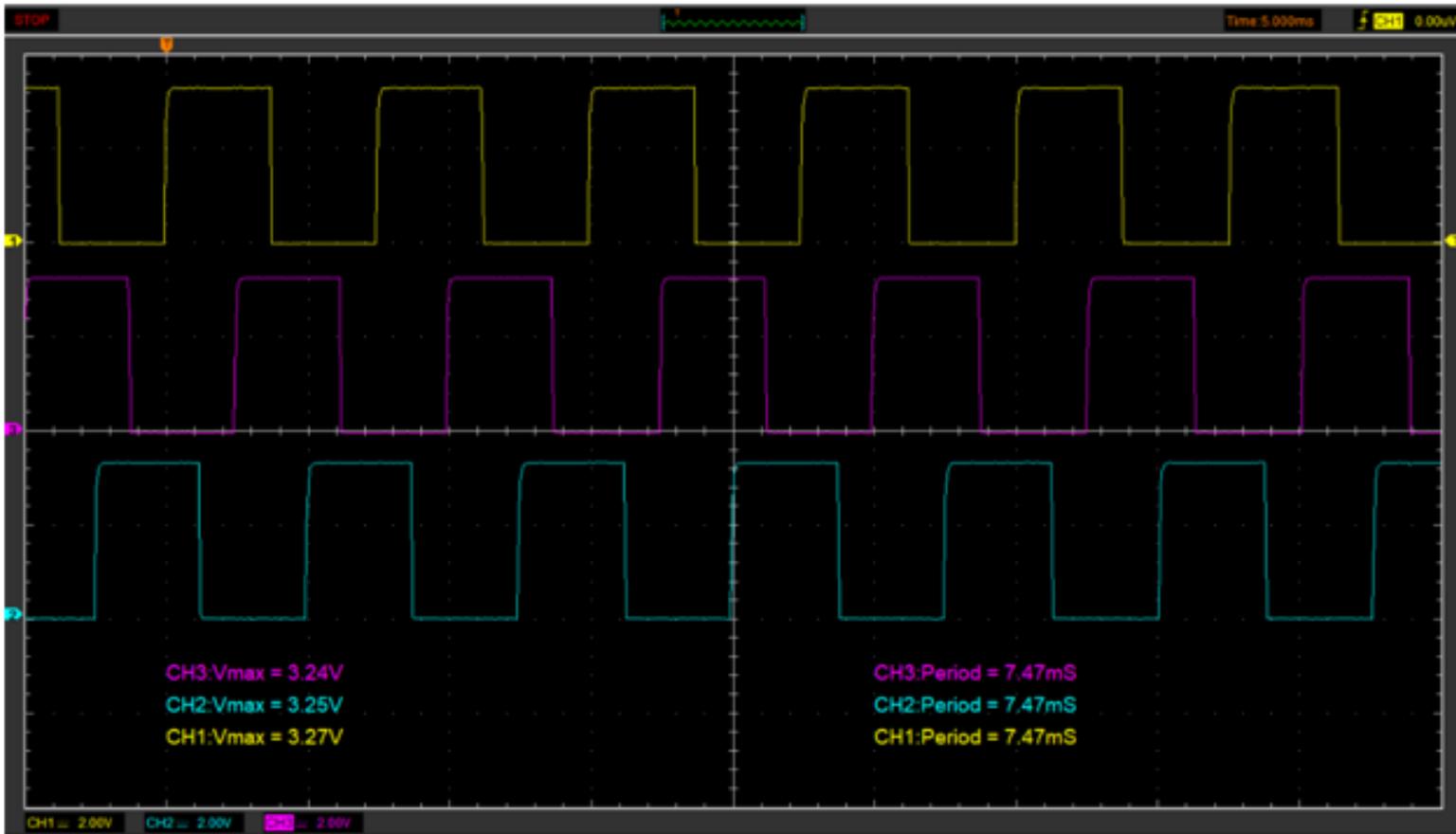
2) Señal de sensores Hall 1era velocidad (máxima aceleración)



Nota. Periodos de 8.32 ms



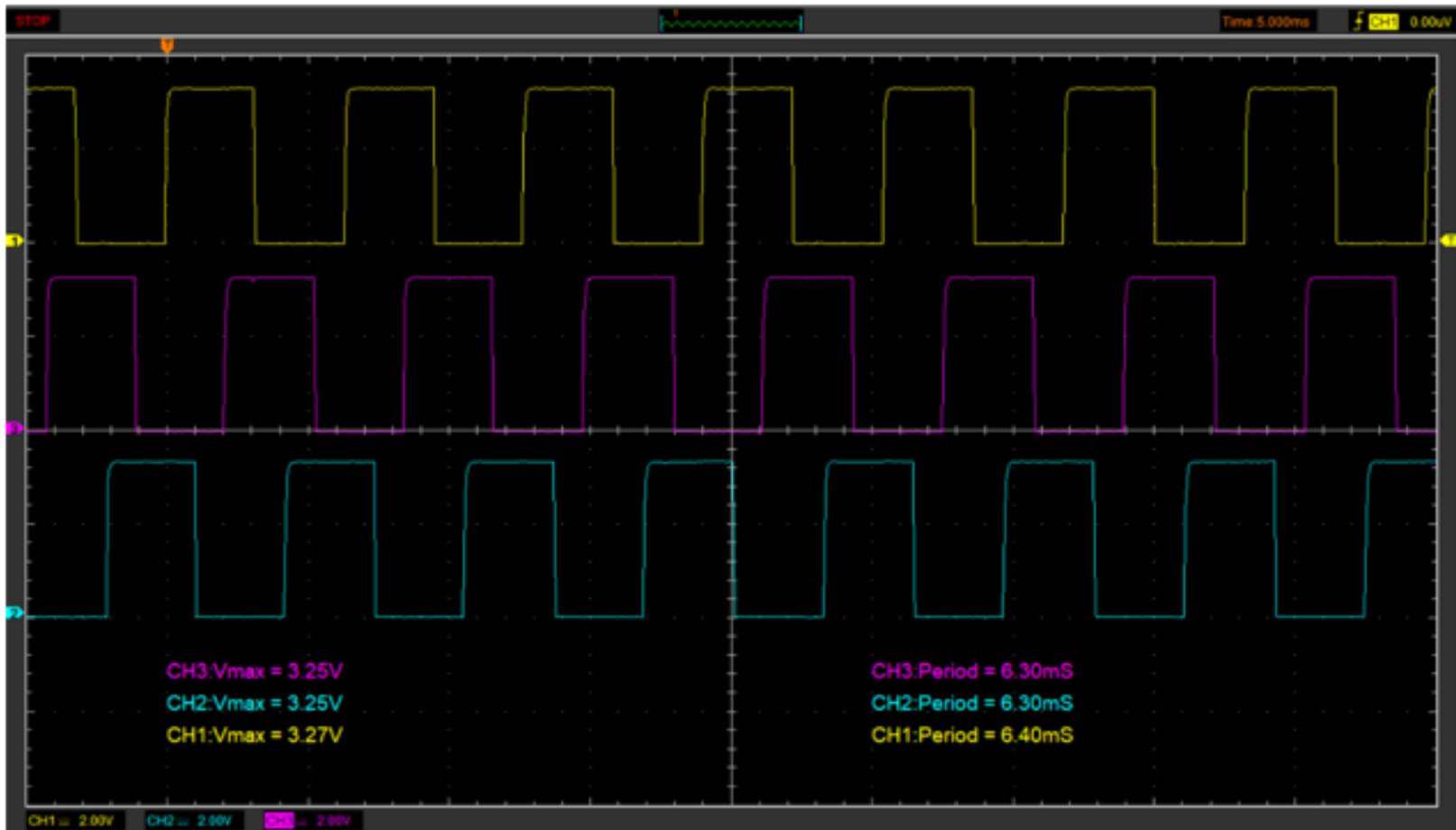
3) Señal de sensores Hall 2da velocidad (máxima aceleración)



Nota. Periodos de 7.47 ms



4) Señal de sensores Hall 3ra velocidad (máxima aceleración)



Nota. Periodos de 6.30 ms



Acelerador

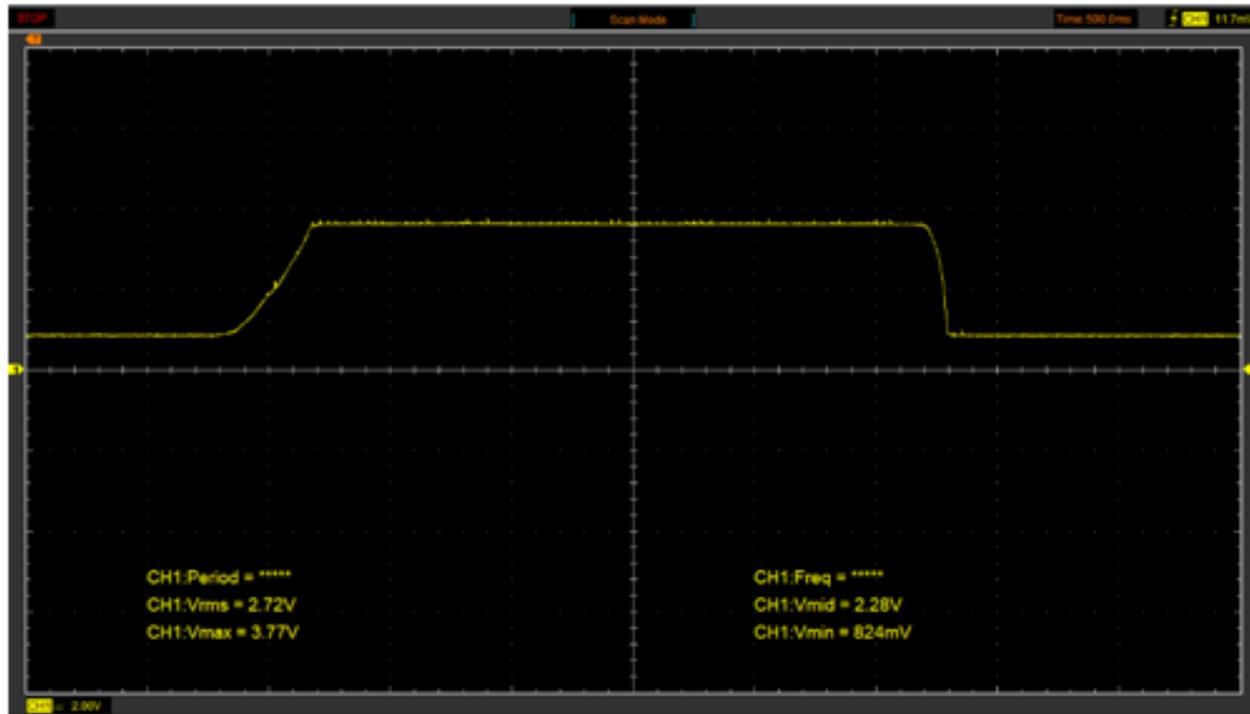


Fig. 17: Señal acelerador 1ra velocidad



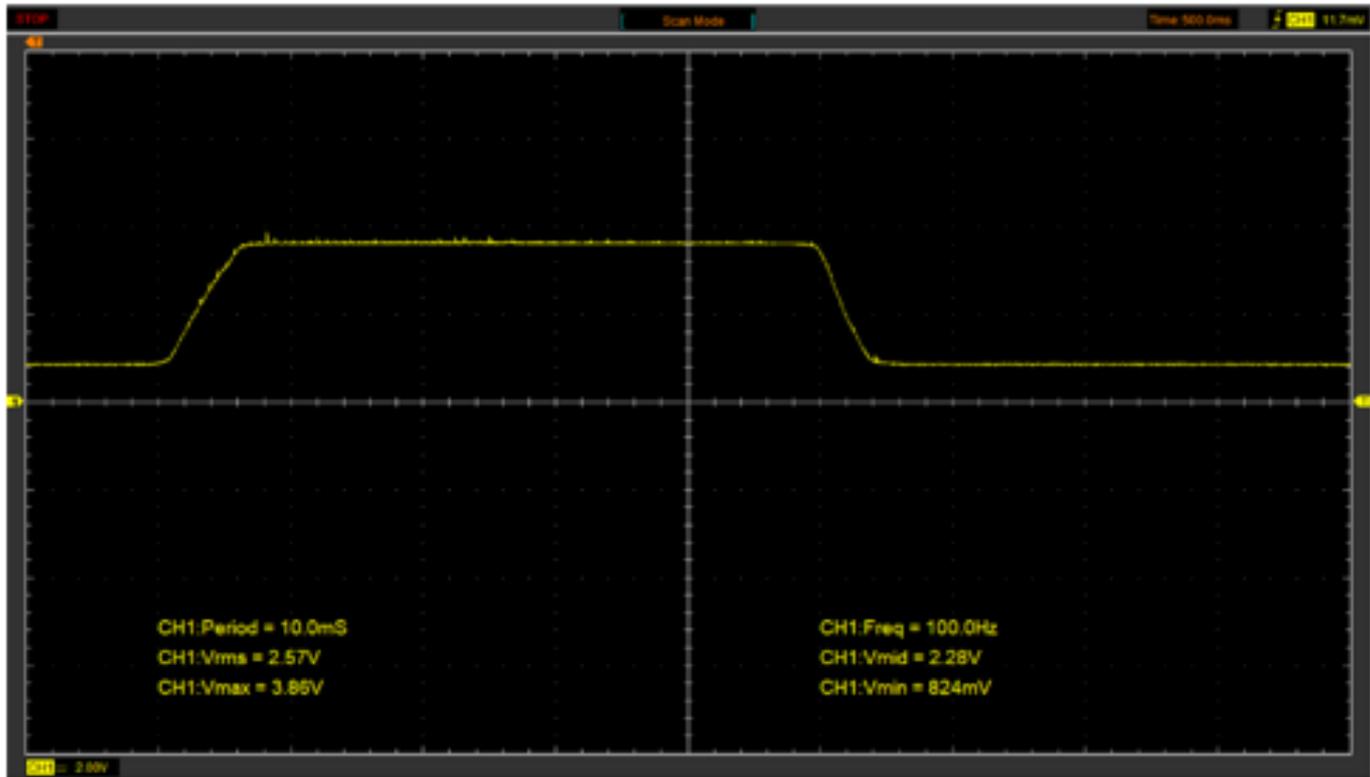


Fig. 18: Señal acelerador 2da velocidad



Señal del acelerador en 3ra velocidad (aceleración máxima)

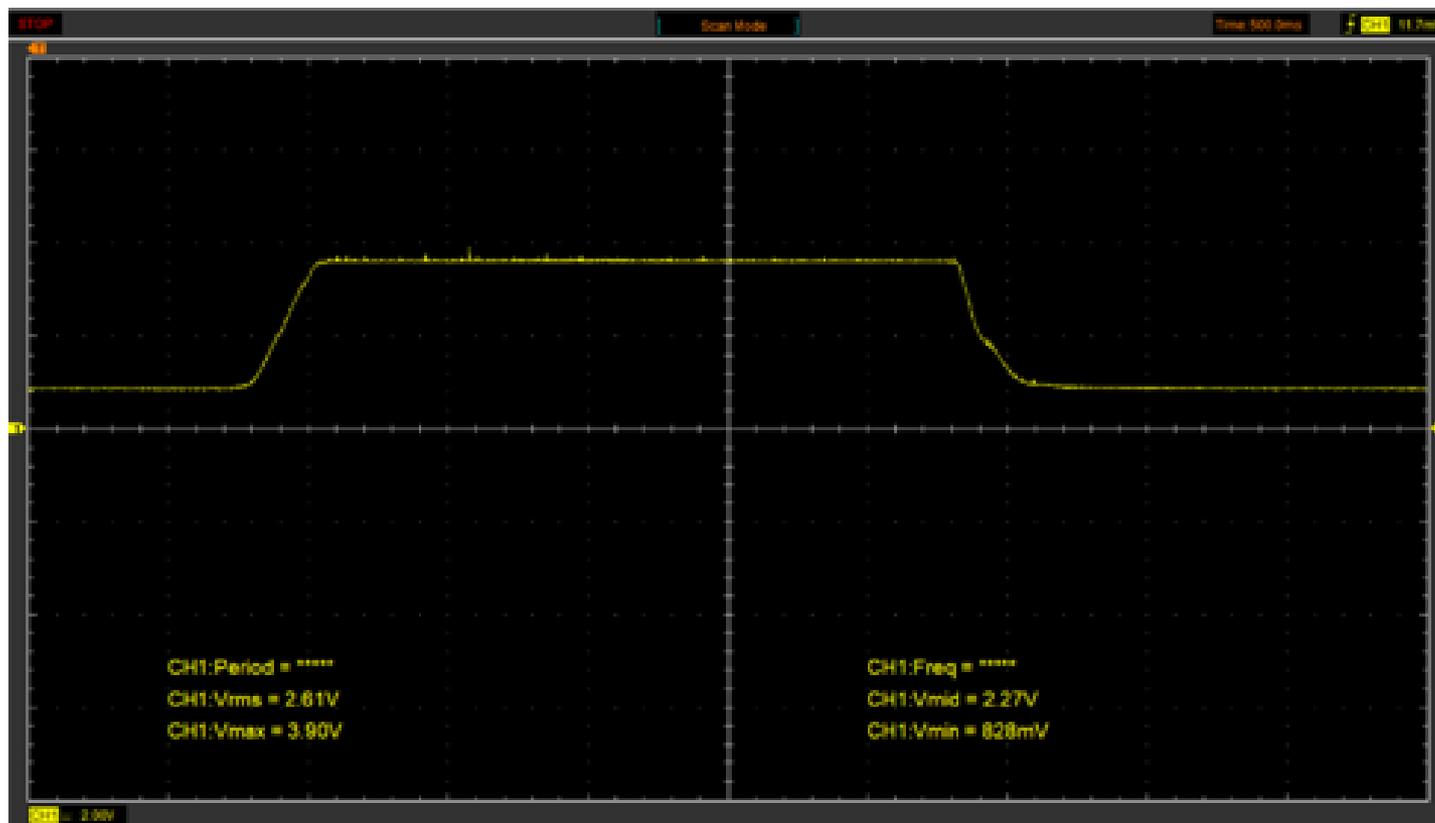


Fig. 19: Señal acelerador 3ra velocidad



Selector de velocidades

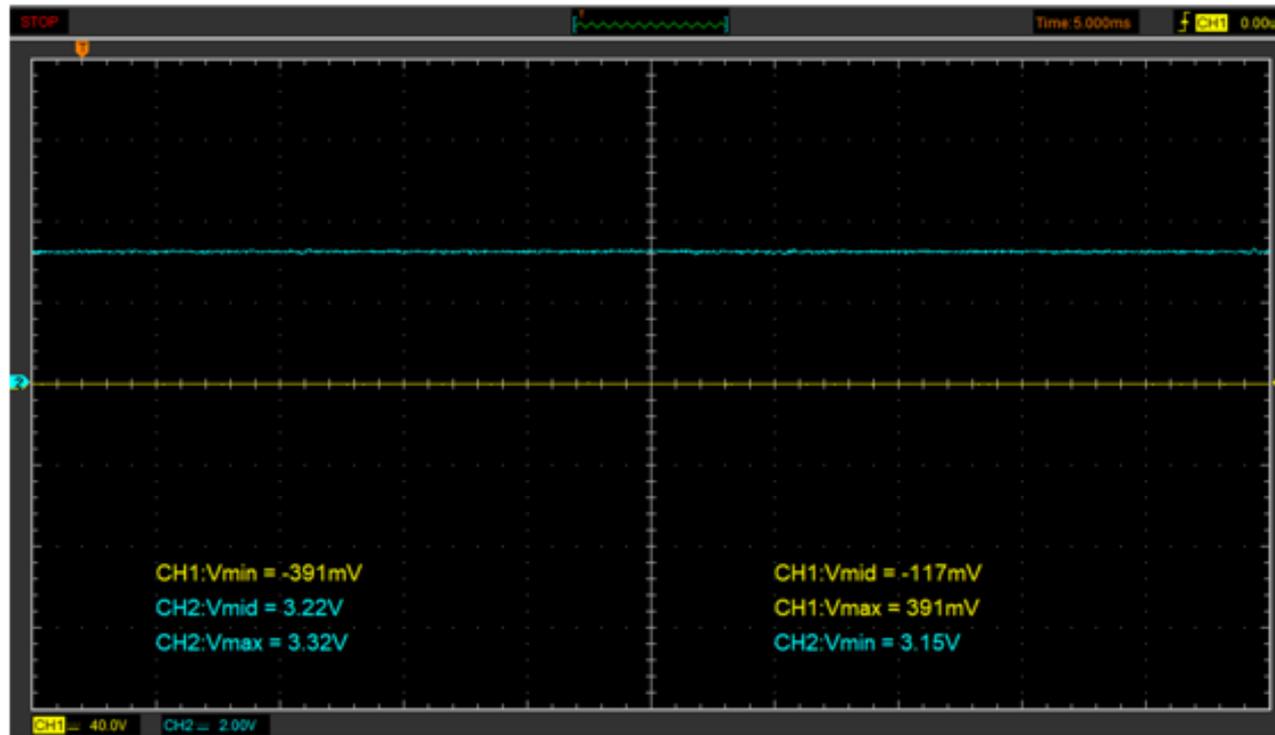


Fig. 20: Selector de velocidades en 1ra velocidad

Nota. Cable gris 3,22 V, Cable naranja 0V(valor negativo)



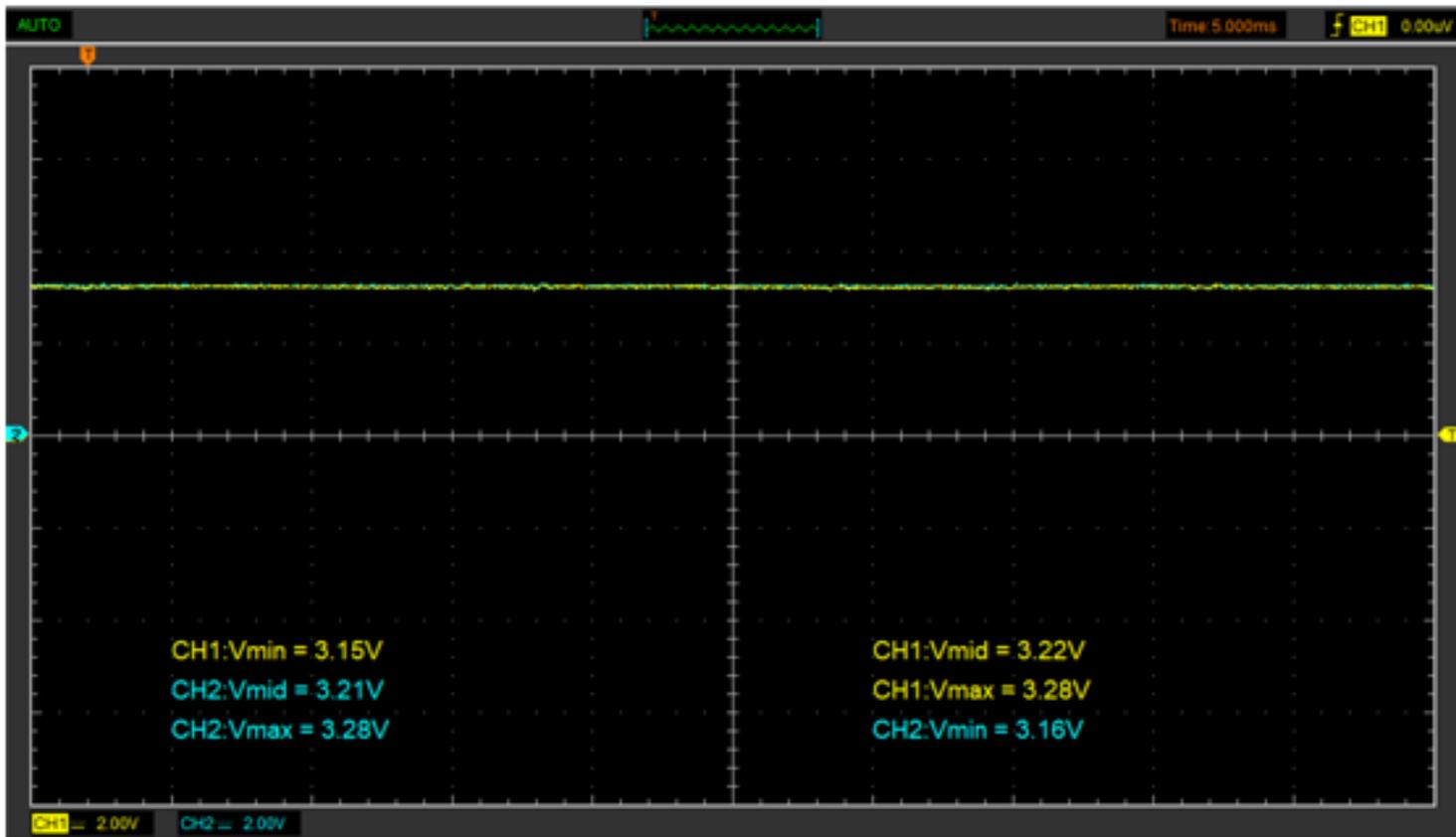


Fig. 21: Selector de velocidades en 2ra velocidad

Nota. Ambos con voltaje de 3,22 V



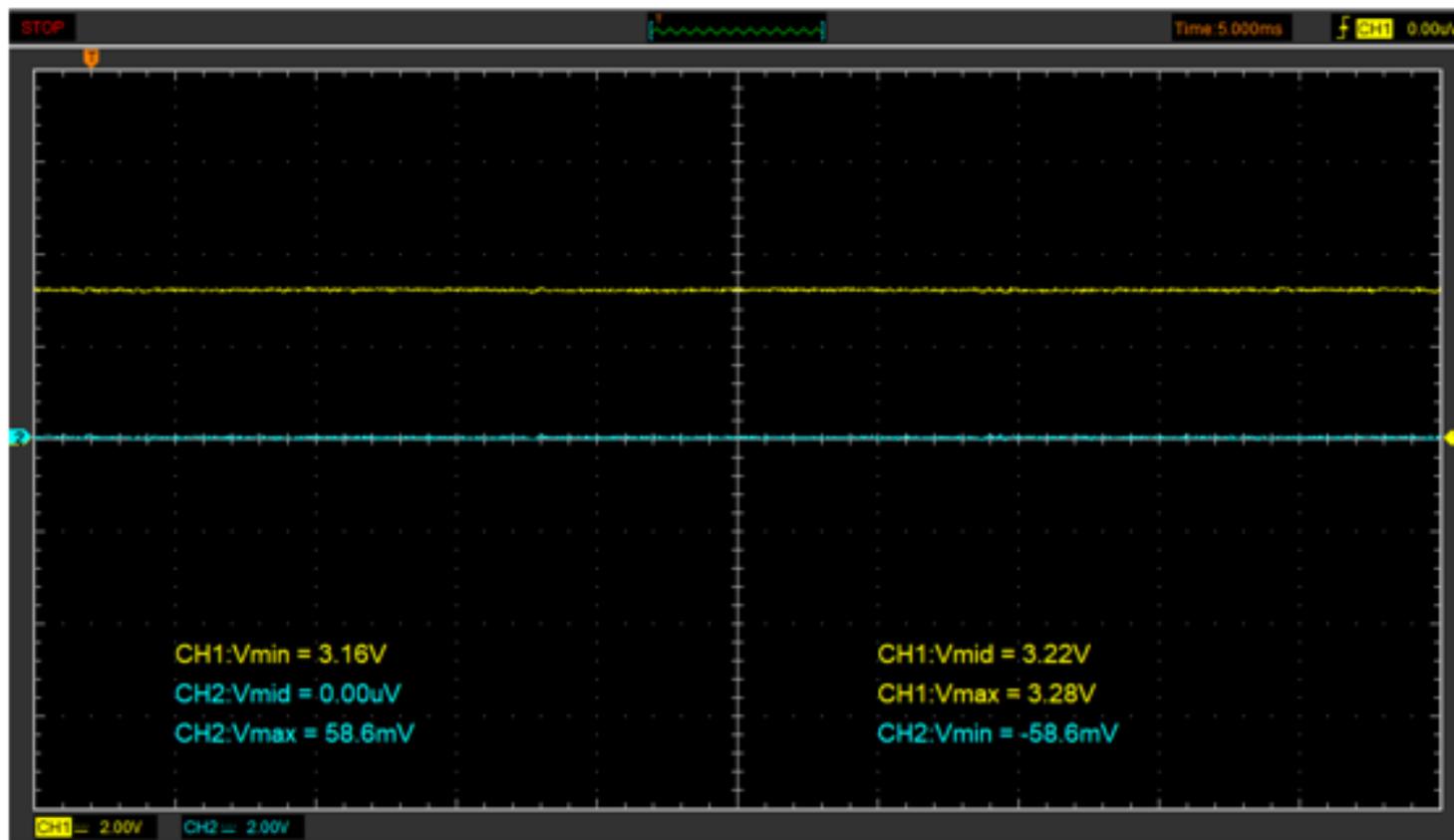


Fig. 22: Selector de velocidades en 3ra velocidad

Nota. Cable gris 0 V, Cable naranja 3,22V



Resistencia eléctrica de los elementos

Resistencias eléctricas halladas en el controlador

ITEM	MEDICIÓN	
TERMINAL 2 CABLES		109.1 K Ω
TERMINAL HALL		4.1 K Ω
		3.4 K Ω
		3.9 K Ω
		3.5 K Ω
TERMINAL 3 CABLES		120.5 K Ω
		129 K Ω
		31.2 K Ω
TERMINAL 3 CABLES		6.7 K Ω
		33 K Ω
		26.2 K Ω
TERMINAL 3 CABLES		109 K Ω

Resistencias eléctricas halladas en los terminales del controlador a motor

ITEM	MEDICIÓN	
TERMINALES		19.7 K Ω
		19.8 K Ω
		19.8 K Ω
		39.7 K Ω
		39.7 K Ω
		39.7 K Ω

Fig. 23: Resistencias



Resistencias eléctricas halladas en el terminal de velocidades

ITEM	MEDICIÓN	
TERMINAL 3 CABLES		(VELOCIDAD 1) 0.1 K Ω
		(VELOCIDAD 3) 0.2 K Ω

Resistencias eléctricas halladas en el terminal del acelerador (mando)

ITEM	MEDICIÓN	
TERMINAL 3 CABLES		5.97 M Ω
		1 K Ω

Resistencias eléctricas halladas en el tablero

ITEM	MEDICIÓN	
TERMINAL 3 CABLES		139.1 K Ω

Resistencias eléctricas halladas en los terminales de motor a controlador

ITEM	MEDICIÓN	
TERMINALES		7.09 M Ω
		7.07 M Ω
		6.06 M Ω

Fig. 23: Resistencias



Modelación por ecuaciones matemáticas del conjunto electromecánico de un motor Dc

R : constante de resistencia en serie (Ohm)

L = inductancia de la bobina de armadura (H)

v = fuente de alimentación (volt)

$E_a(t)$ = Fuerza contraelectromotriz (volt)

$T_m(t)$ = torque del motor de corriente continua (N.m)

B = es el coeficiente de fricción equivalente al motor de corriente continua y a la carga montada sobre los ejes del motor.

J = momento de inercia total del rotor (kg.m²)

$w(t)$ = velocidad angular del motor (rad/s)

$dw(t)/dt$ = aceleración angular del motor (rad/s²)

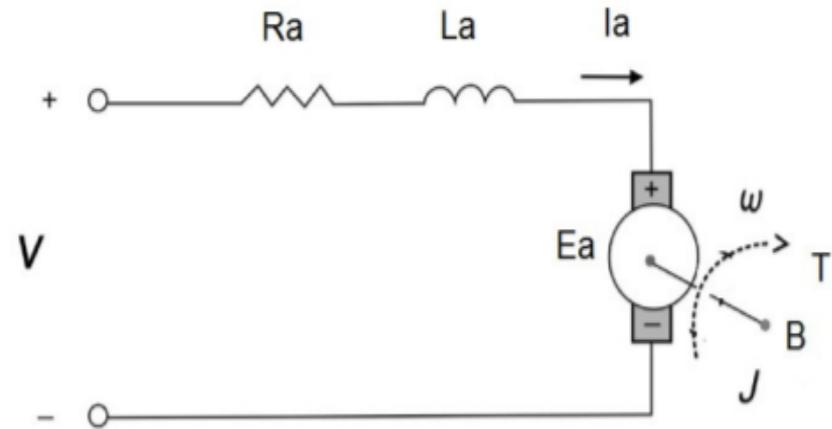


Figura 24: Modelo electromecánico de un motor DC
Nota. Tomado de (Vázquez, 2017)

$$v(t) = R_a * i_a(t) + L_a \frac{di_a(t)}{dt} + E_a(t)$$

$$T_m(t) = J \frac{dw}{dt} + B * w(t)$$



K_a =constante contraelectromotriz (v/rad*s)

$$\frac{di_a(t)}{dt} = \frac{v(t) - R_a * i_a(t) - E_a(t)}{L_a}$$

K_m = constante de torque (Nm/A)

$$\frac{dw}{dt} = \frac{T_m(t) - B * w(t)}{J}$$

$$E_a(t) = K_a * w(t)$$

$$T_m(t) = K_t i_a(t)$$



Sub Sistema Eléctrico

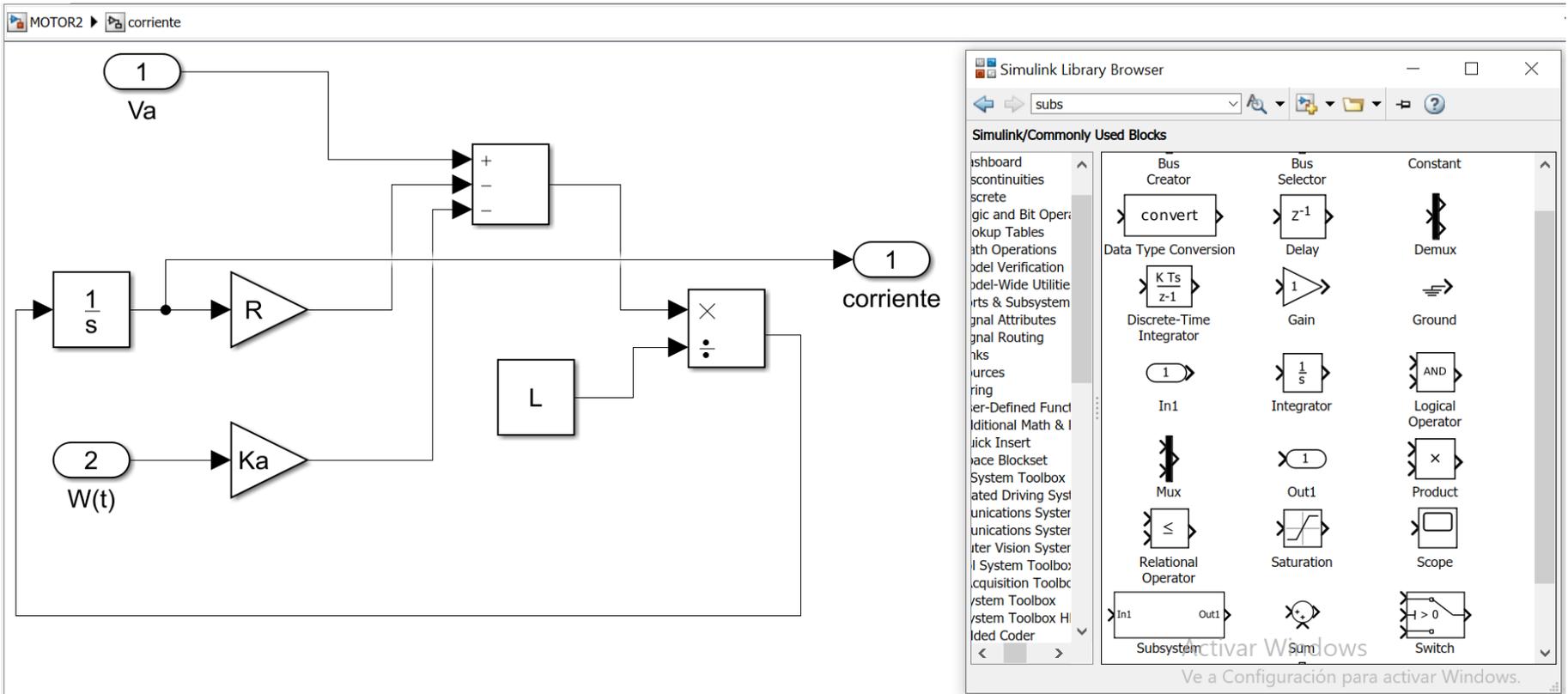


Figura 25: Sub sistema eléctrico

Nota.



Sub Sistema Mecánico

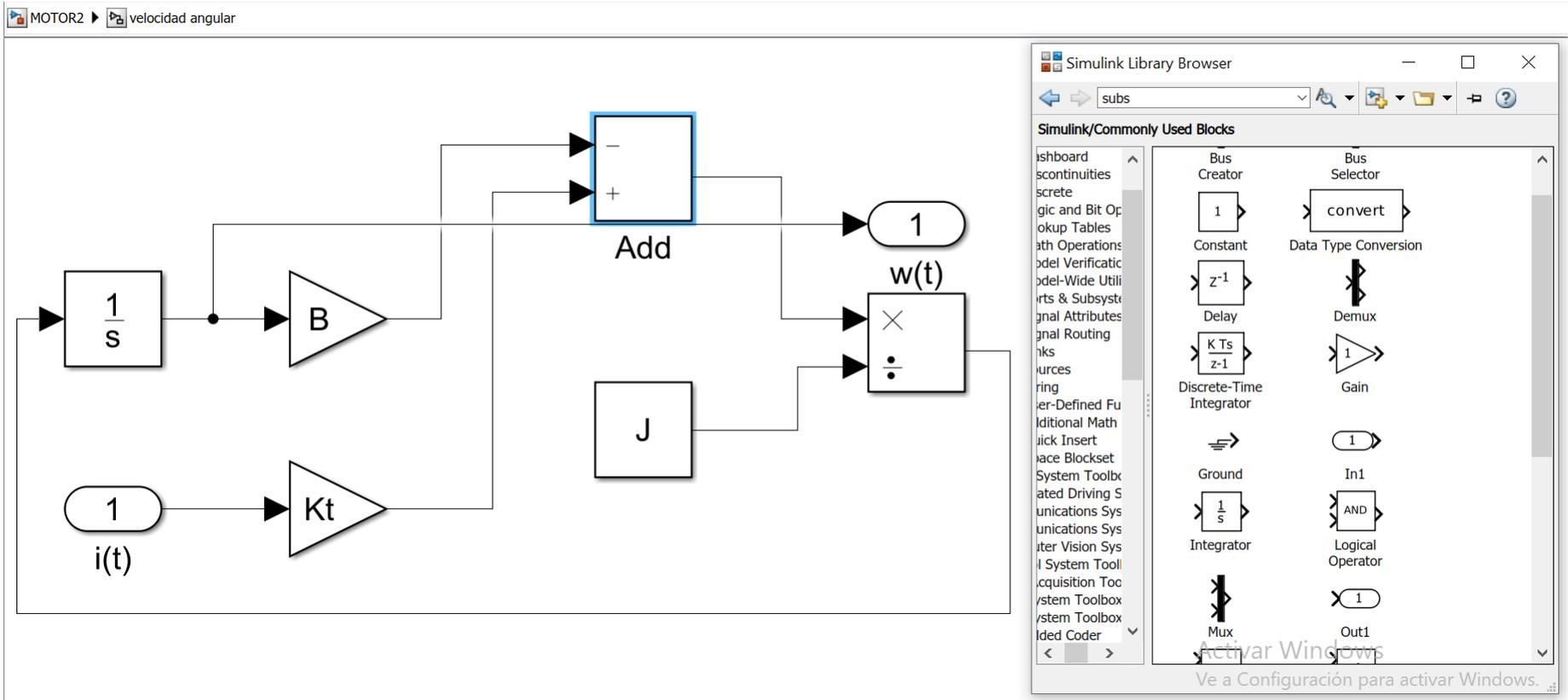
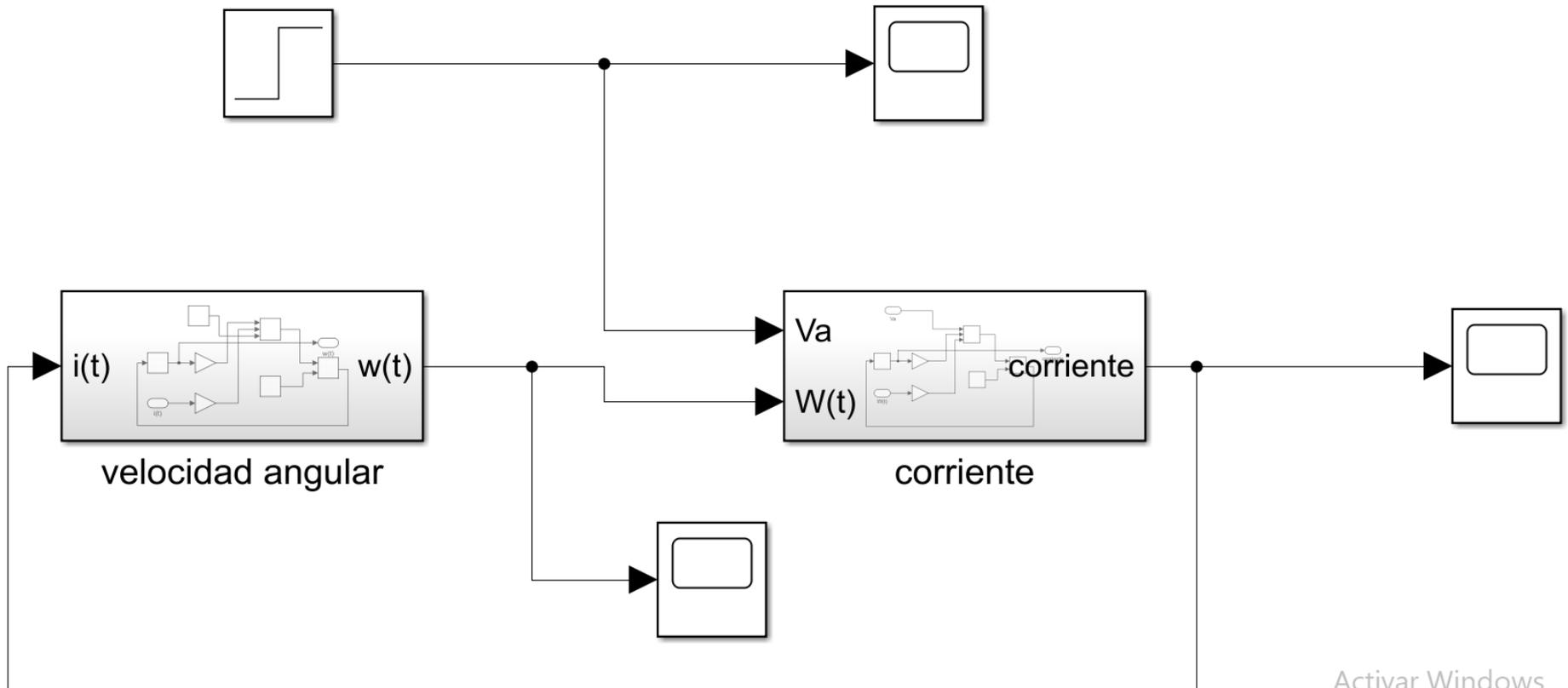


Figura 26: Sub sistema mecánico

Nota.



Modelamiento matemático por ecuaciones de un motor Dc



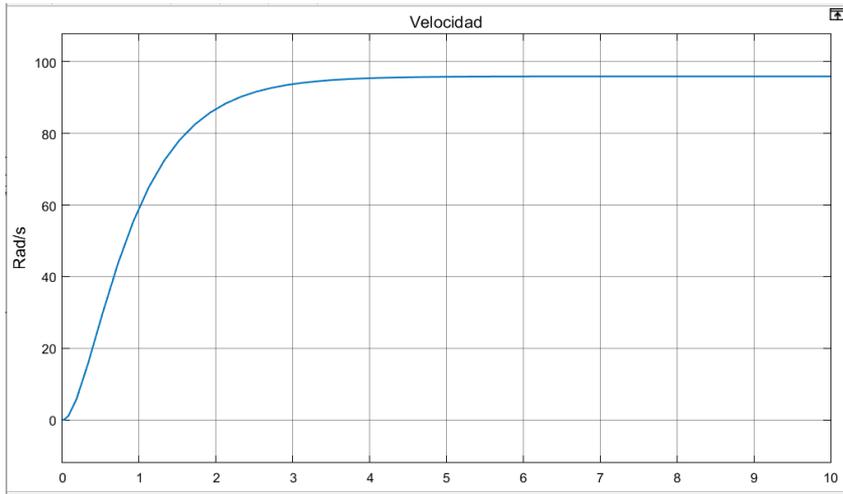
Activar Windows

Figura 27: Modelamiento matemático

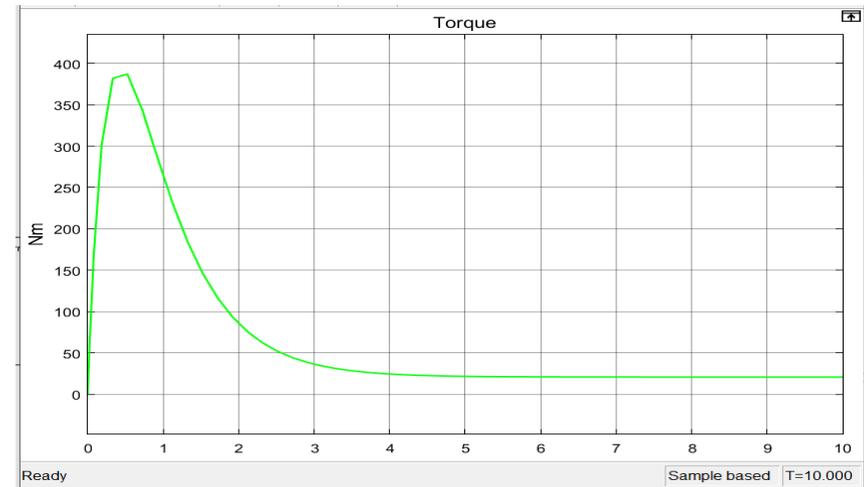
Nota.



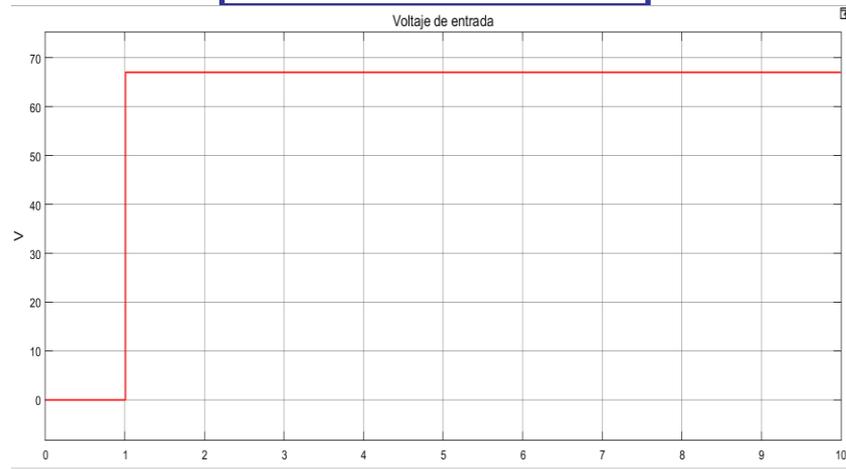
Gráfica velocidad



Gráfica del torque



Gráfica velocidad



Gráfica velocidad

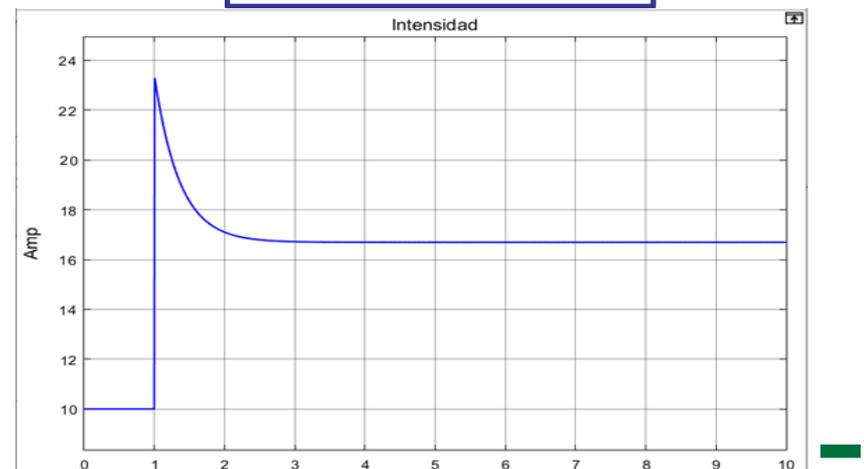


Figura 28: Gráficas simulaciones
Nota.

Modelación por componentes eléctricos de un motor Dc

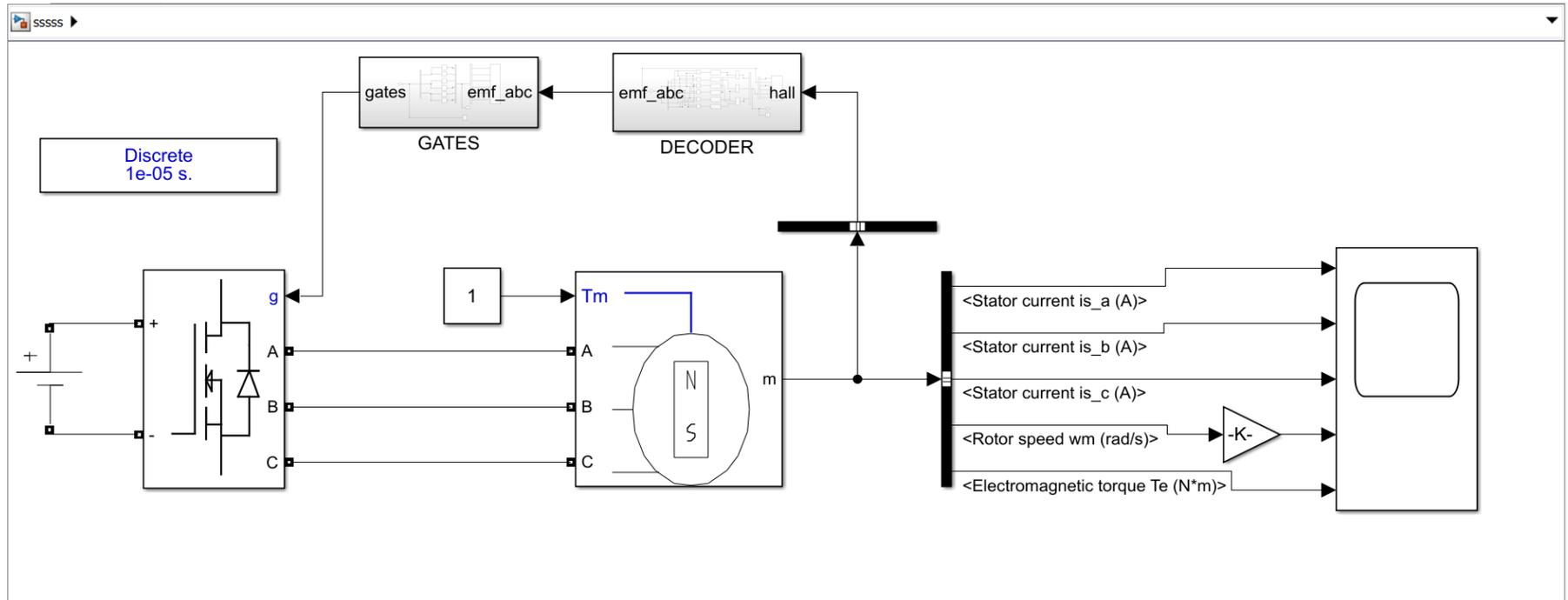


Figura 29: Modelación por componentes eléctricos

Nota.



Funcionamiento del subsistema Decoder

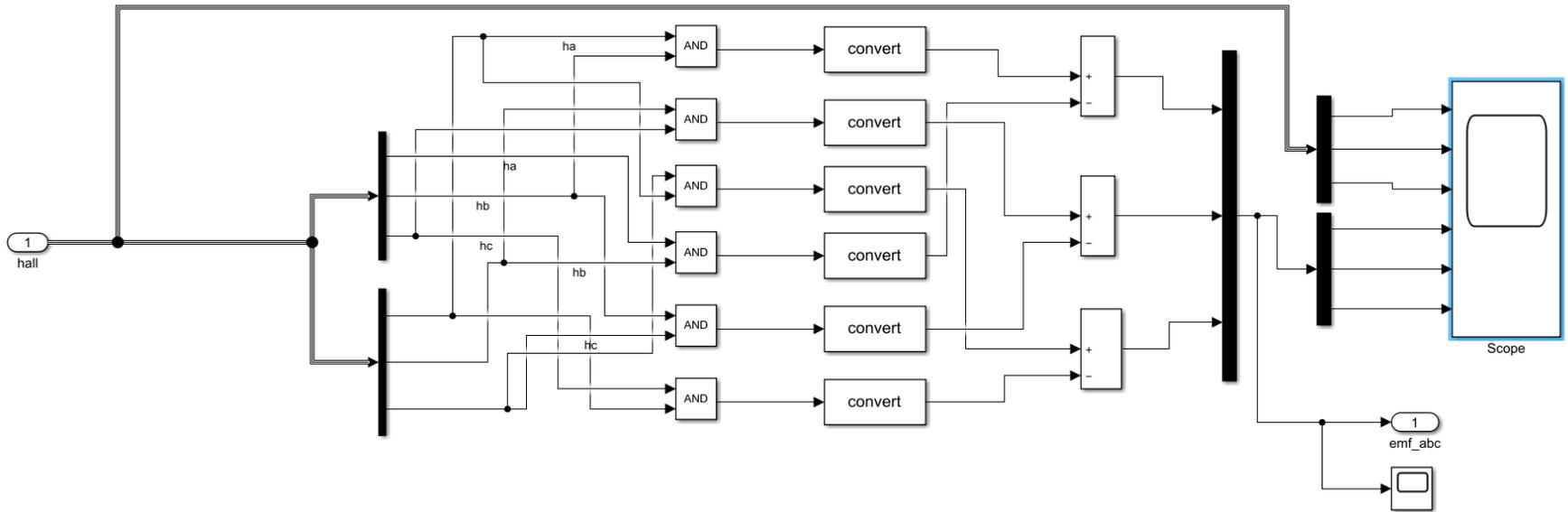


Figura 30: Funcionamiento subsistema Decoder

Nota.

Funcionamiento del subsistema Gates

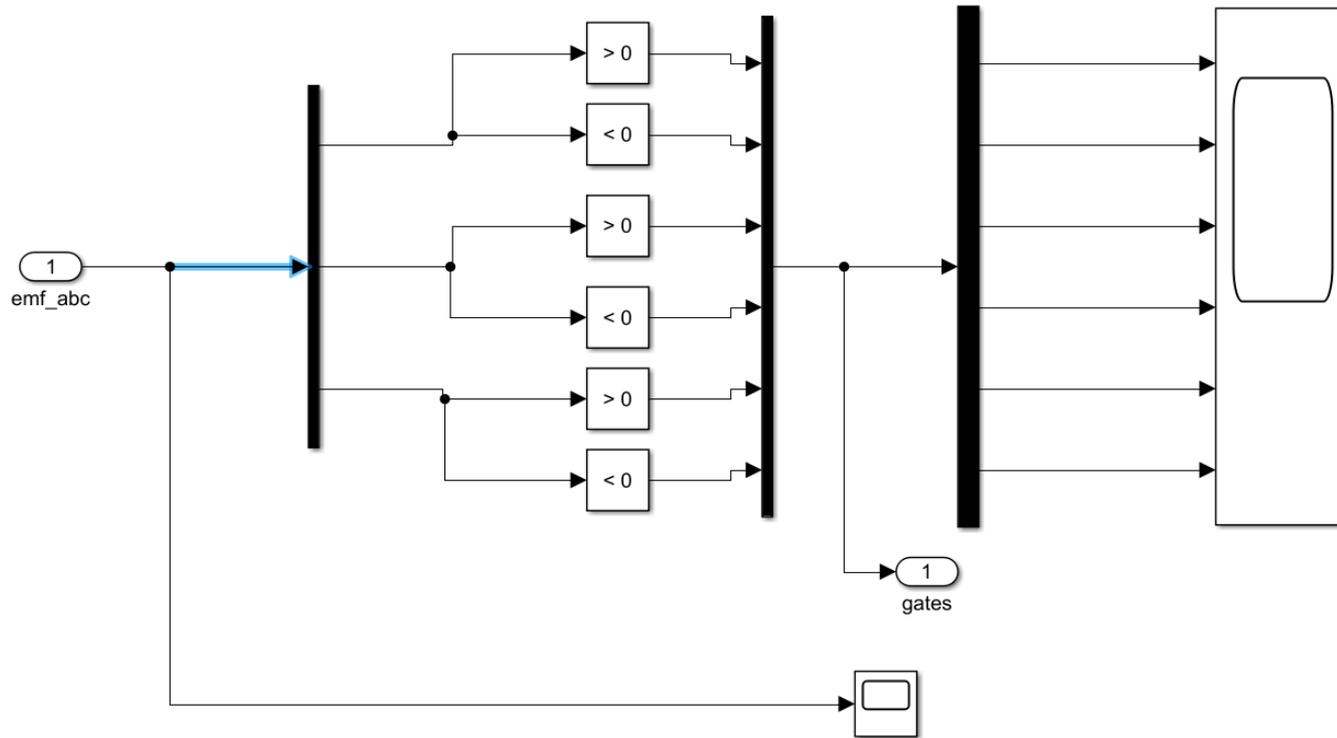
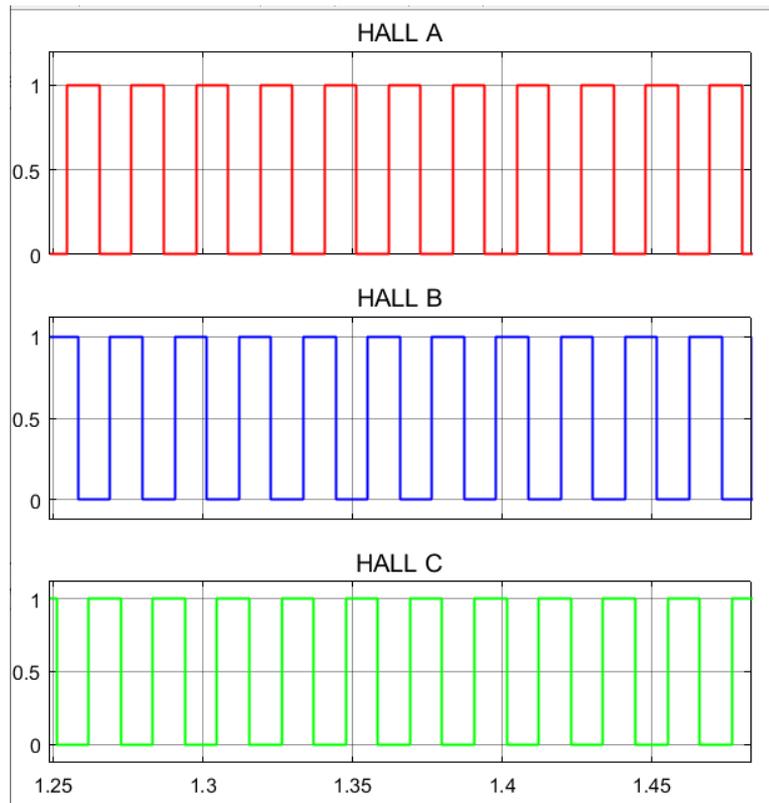


Figura 31: Funcionamiento Sub sistema gates

Nota.

Gráfica de señales del sensor Hall



Gráfica de señales generadas por el estator

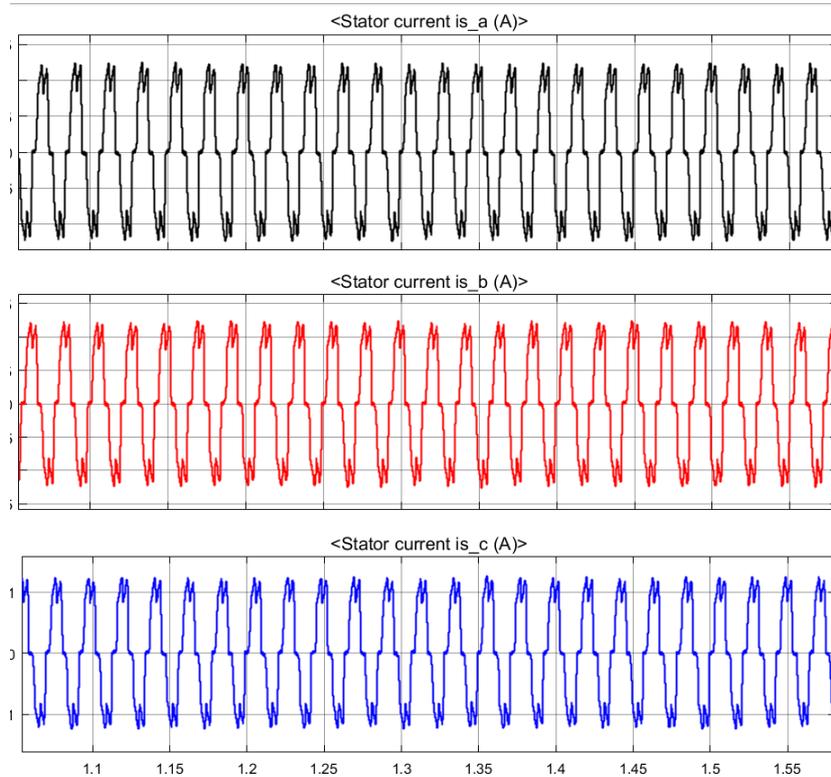


Figura 32: Gráficas de señales
Nota.



Gráfica de curva de velocidad

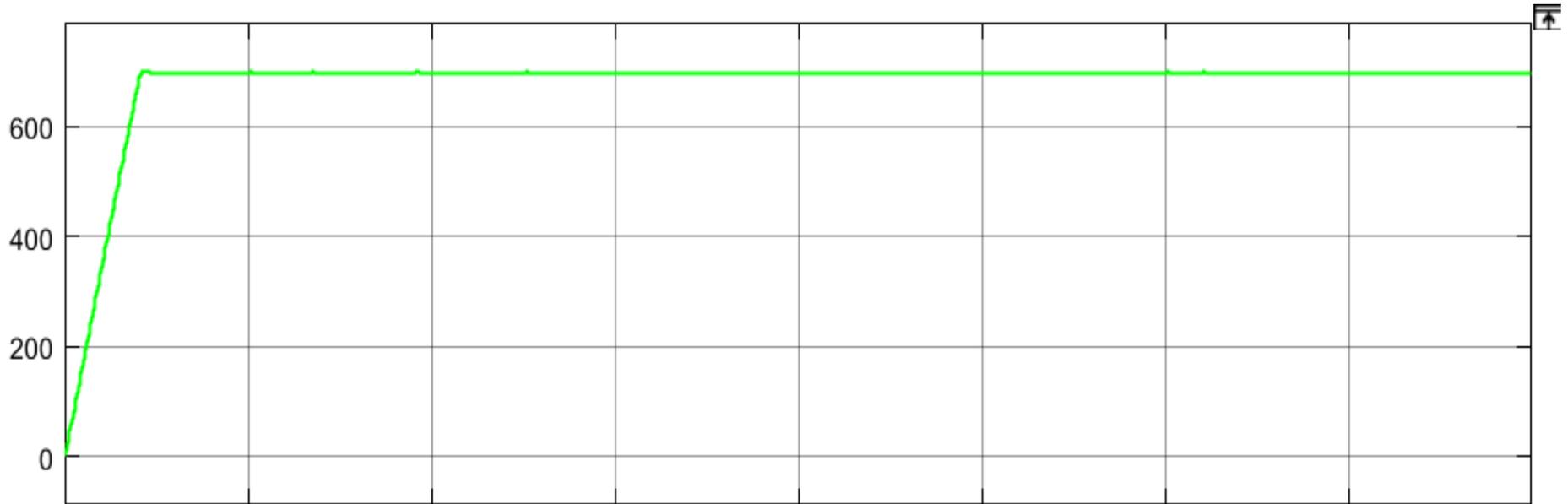


Figura 32: Gráficas de señales
Nota.

Modelado software CAD

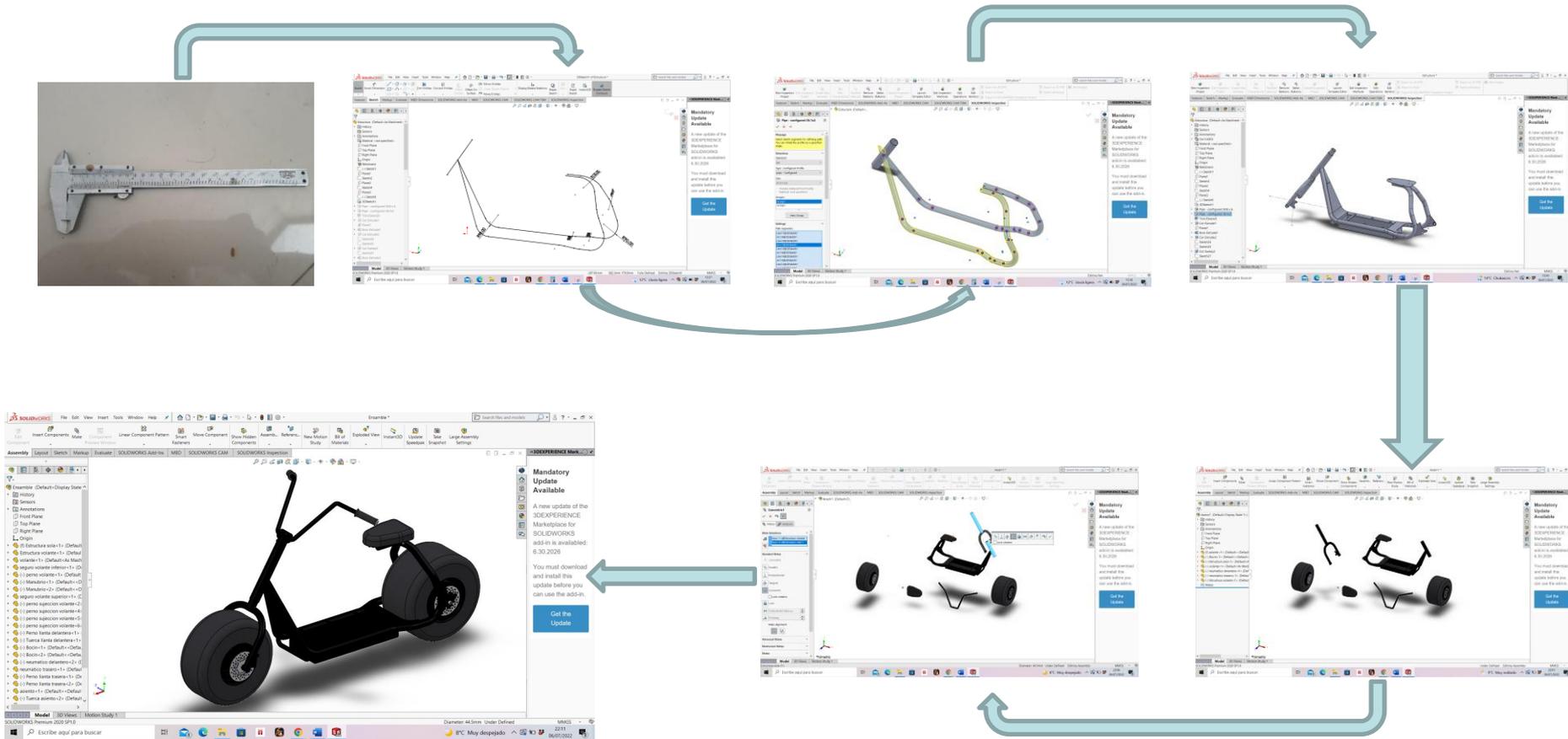


Figura 33: Modelado software CAD
Nota.



Proceso para simulación

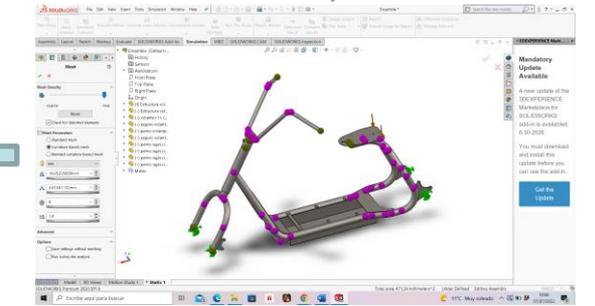
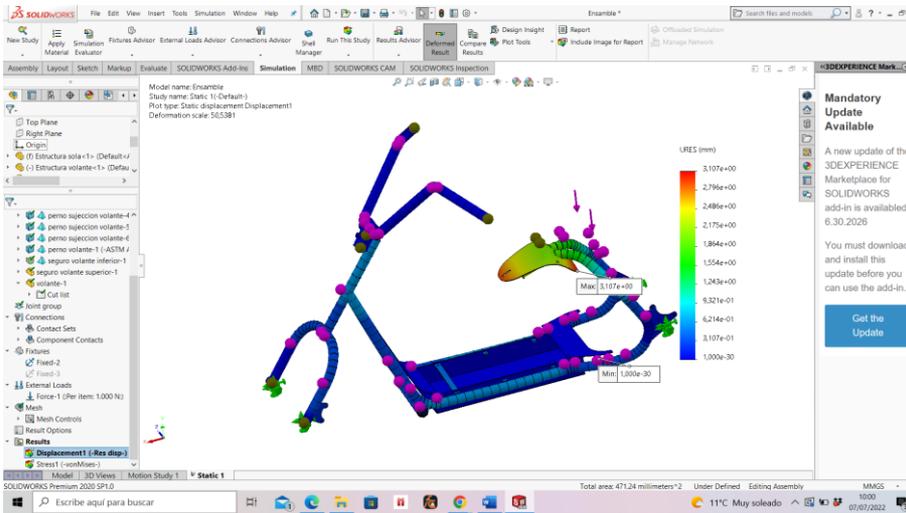
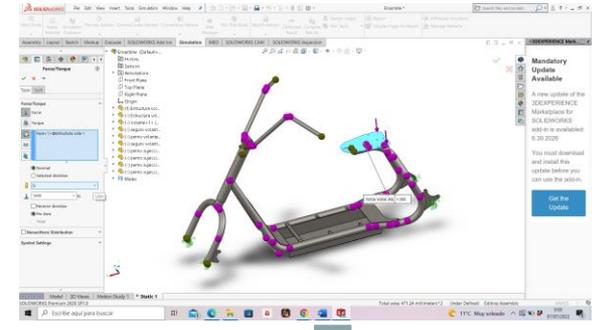
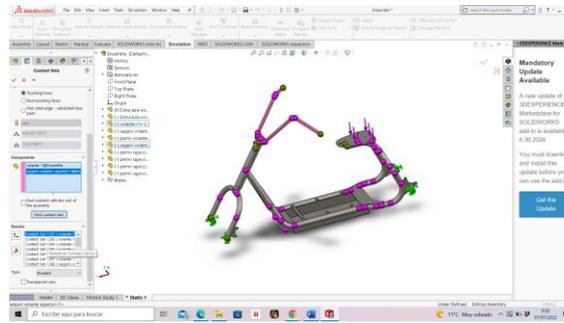
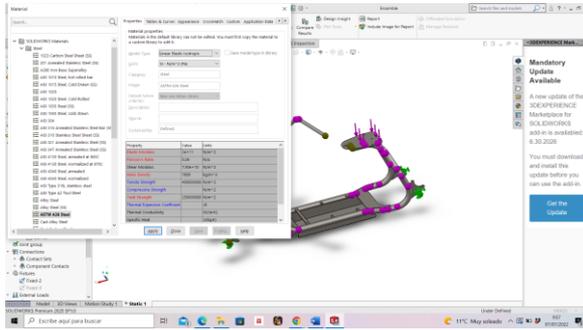
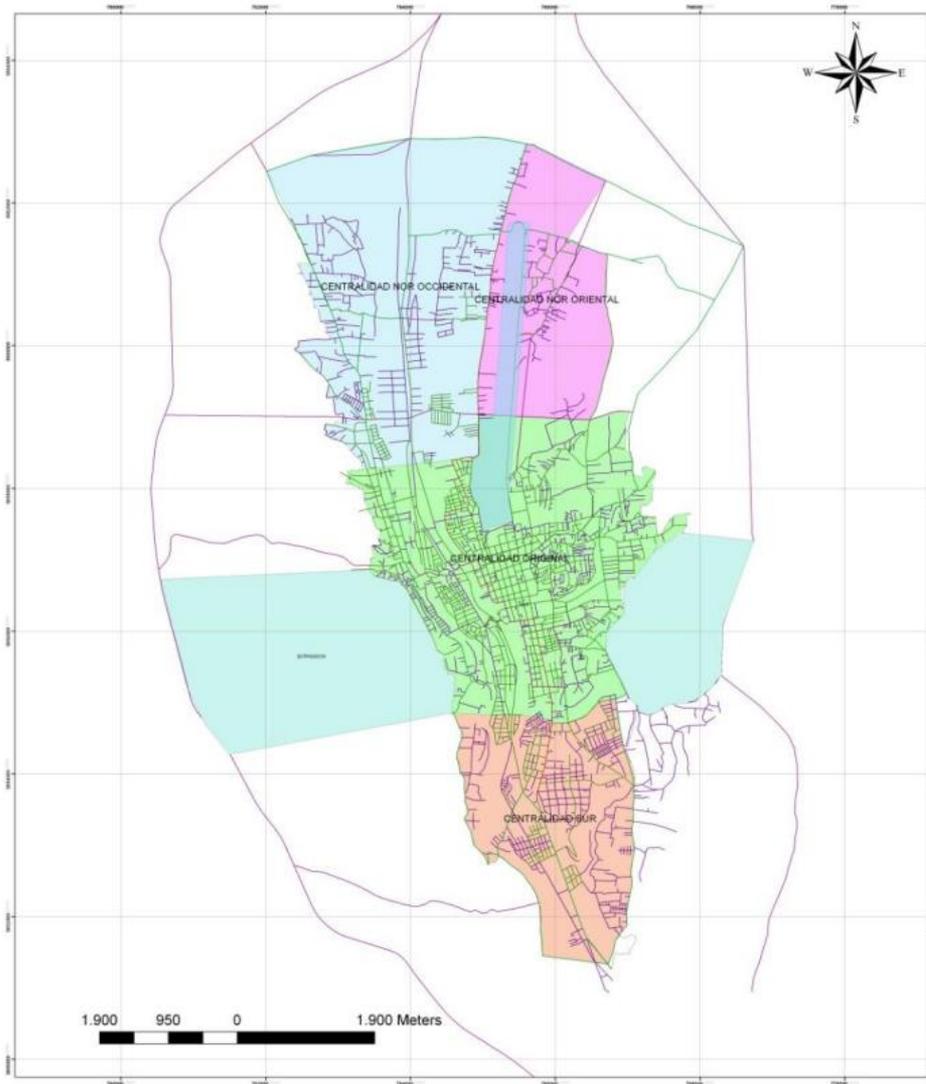


Figura 34: Simulación
Nota.



Generación de rutas



Ruta	Persona	Sentido	Nro. de recorridos por sentido	Total, de recorridos en hora pico y horario natural
1	1	Noroccidental - Centralidad sur	1	2
		Centralidad sur - Noroccidental	1	
2	1	Nororiental - Centralidad sur	1	2
		Centralidad sur - Nororiental	1	
3	1	Noroccidental - Nororiental	1	2
		Nororiental - Noroccidental	1	
4	2	Noroccidental - Centralidad sur	1	2
		Centralidad sur - Noroccidental	1	
5	2	Nororiental - Centralidad sur	1	2
		Centralidad sur - Nororiental	1	
6	2	Noroccidental - Nororiental	1	2
		Nororiental - Noroccidental	1	
7	1	Centralidad principal - Centralidad Principal	1	1
8	2	Centralidad principal - Centralidad Principal	1	1
Total, de recorridos a realizar				14

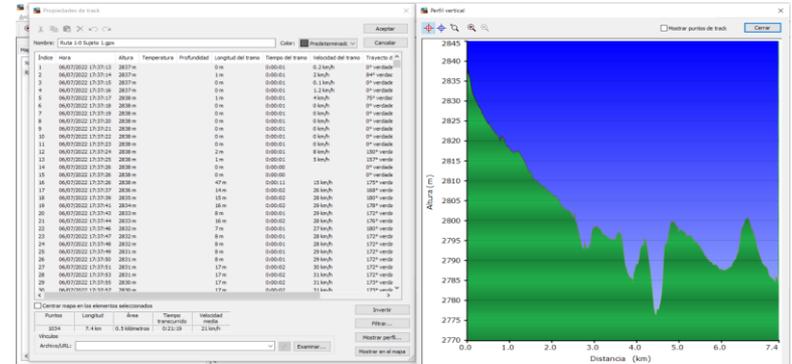
Figura 35: Generación de rutas
Nota.



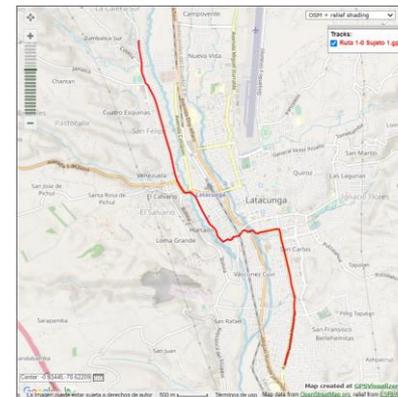
Parámetros WLTC clase 1 y lectura de archivos GPX

Parámetro	Baja	Media	Total
Duración, s	589	433	1022
Duración de paradas, s	155	48	203
Distancia, m	3324	4767	8091
% Paradas	26.3%	11.1%	19.9%
Velocidad máxima, km/h	49.1	64.4	-
Velocidad media sin paradas, km/h	27.6	44.6	35.6
Velocidad media con paradas, km/h	20.3	39.6	28.5
Aceleración mínima, m/s ²	-1.0	-0.6	-
Aceleración máxima, m/s ²	0.8	0.6	-
Voltaje de la batería	-	-	-

MapSoucer



GPSvisualizer



Utrack

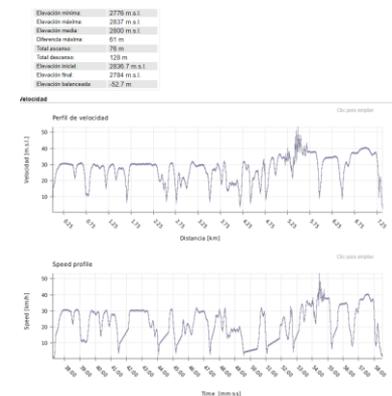


Figura 36: Lectura archivo GPX
Nota.



ANÁLISIS DE RESULTADOS
OBTENIDOS CON LOS
APARATOS DE
MEDICIÓN, SIMULACIONES Y
PRUEBAS DE RUTAS



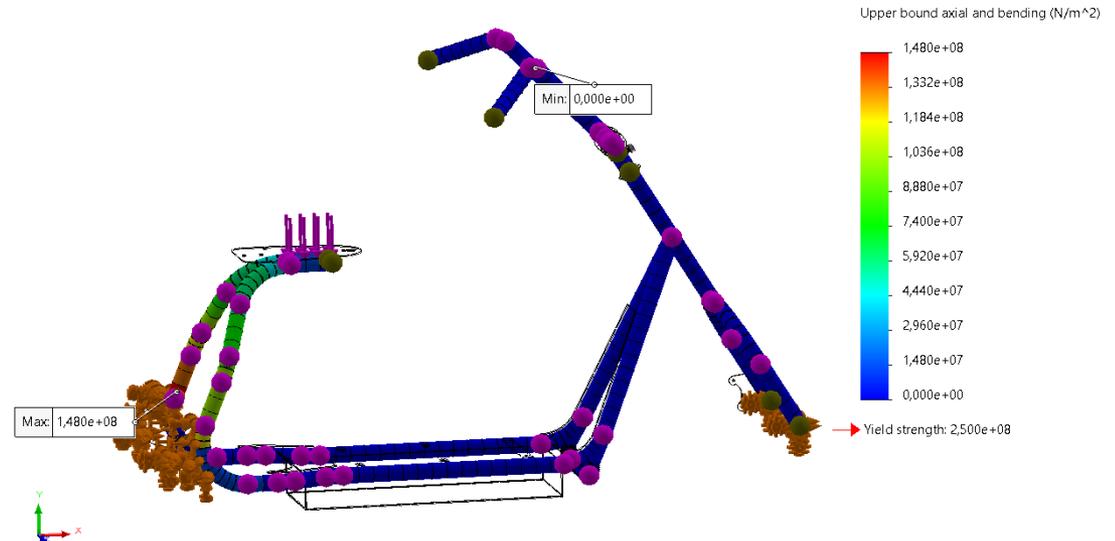
Propiedades de la estructura y tipos de datos recolectados

Mass properties of Ensemble
 Configuration: Default
 Coordinate system: -- default --

Mass = 18301.69 grams
 Volume = 2331424.88 cubic millimeters
 Surface area = 2148846.34 square millimeters

Center of mass: (millimeters)
 X = 529.60
 Y = 571.27
 Z = 917.33

límite superior axial y de flexión



Factor de seguridad

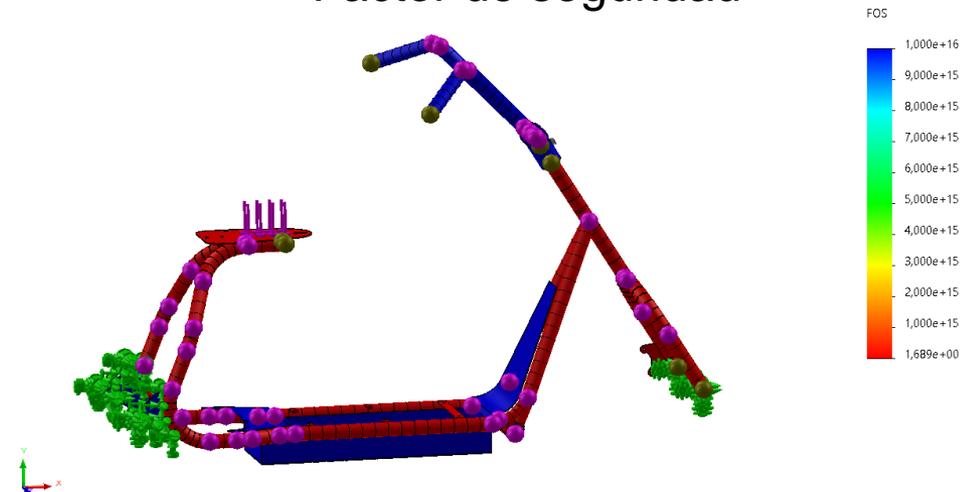


Figura 37: Simulaciones
Nota.



Resultados de simulaciones de cargas

Masa (kg)	Fuerza (N)	Límite superior axial y de flexión (N/m ²)	Factor de seguridad (adimensional)	Soporta la estructura
100	981	1.48 x 10 ⁸	1.689	Si
120	1177.2	1.776x 10 ⁸	1.408	Si
140	1373.4	2.072x 10 ⁸	1.207	Si
160	1569.6	2.368 x 10 ⁸	1.056	Si
180	1765.8	2.664 x 10 ⁸	0.9384	No
168	1648.08	2.486 x 10 ⁸	1.005	Si

Figura 38: Datos simulaciones de cargas

Nota.



Ruta 1

Noroccidental – Centralidad Sur

Centralidad Sur – Noroccidental

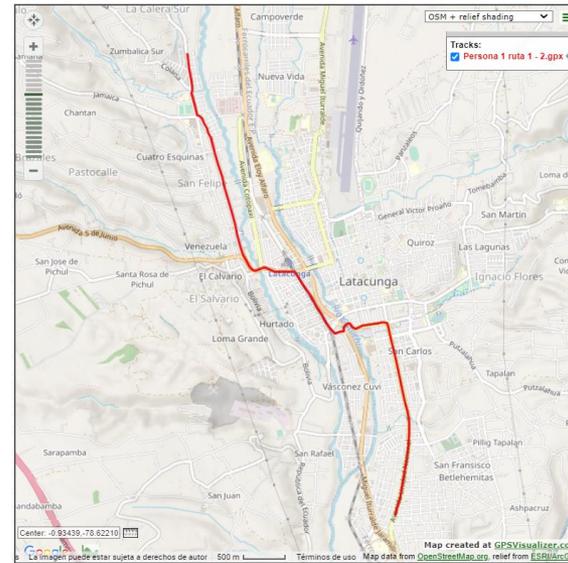
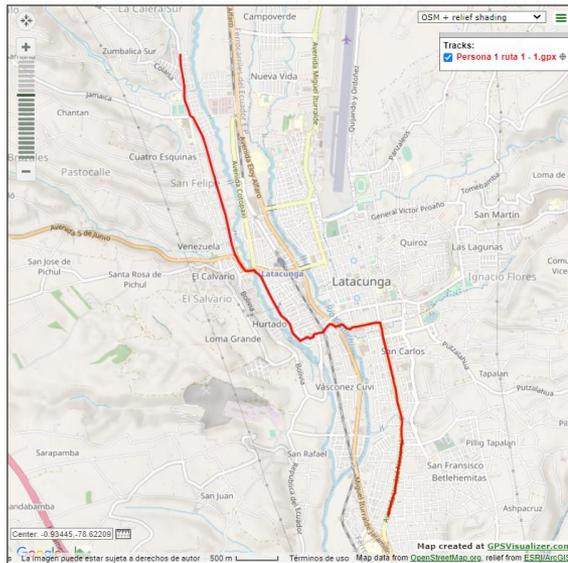


Figura 39: Ruta visto desde Google maps
Nota.



Ruta 1: Características perfil de elevación

Sentido	Noroccidental – Centralidad Sur	Centralidad Sur – Noroccidental
Elevación mínima m.s.l.	2776	2775
elevación máxima m.s.l.	2837	2827
Elevación promedio m.s.l.	2800	2797.7
Ascenso total m	76	118
Descenso total m	128	79
Elevación de inicio m.s.l.	2836.7	2788.6
Elevación final m.s.l.	2784	2827

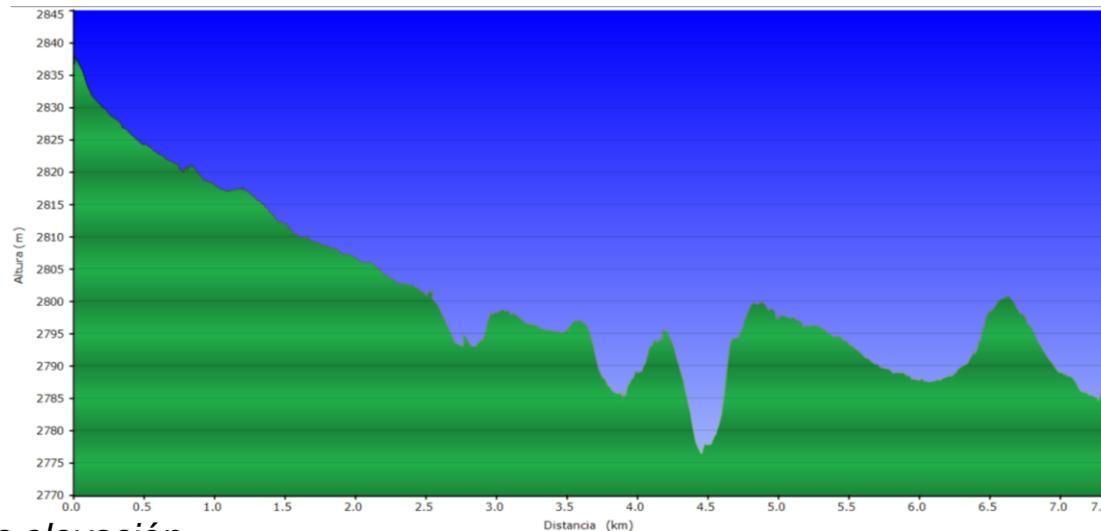


Figura 40: Características elevación

Nota.

Recolección de datos

Ruta 1

Sujeto	Sentido	Velocidad media (km/h)	Velocidad máxima (km/h)	Tiempo de manejo (seg)	Distancia recorrida (km)	Voltaje inicial (V)	Voltaje Final (V)
1	Noroccidental – Centralidad sur	23.4	53	1279	7.4	67	60.8
1	Centralidad sur – Noroccidental	24.8	35.2	1214	7.3	60.8	57.6
2	Noroccidental – Centralidad sur	28.1	40.3	1069	7.4	67	60.8
2	Centralidad sur – Noroccidental	26.1	39.6	1073	7.3	60.8	57.6

Figura 41: Recolección datos ruta 1

Nota.



Recolección de datos

Ruta 2

Sujeto	Sentido	Velocidad	Velocidad	Tiempo de manejo	Distancia recorrida	Voltaje inicial	Voltaje Final
		media (km/h)	máxima (km/h)				
1	Centralidad sur – Nororiental	25.1	38.2	1191	7.4	67	60.2
1	Nororiental – Centralidad sur	25.2	37.5	1141	7.2	60.2	57.7
2	Centralidad sur – Nororiental	25.7	40.9	1061	7.4	67	61
2	Nororiental – Centralidad sur	24.8	38.1	1069	7.2	61	58

Figura 42: Recolección datos ruta 2

Nota.



Recolección de datos

Ruta 3

Sujeto	Sentido	Velocidad media (km/h)	Velocidad máxima (km/h)	Tiempo de manejo (seg)	Distancia recorrida (km)	Voltaje inicial (V)	Voltaje Final (V)
1	Nororiental – Noroccidental	24.7	40.2	1523	10.1	67	59.6
1	Noroccidental – Nororiental	22.1	37.9	1772	10.4	67	59.3
2	Nororiental – Noroccidental	23.4	43.7	1671	10.1	67	59.5
2	Noroccidental – Nororiental	26.7	39.2	1609	10.4	67	59.3

Figura 43: Recolección datos ruta 3

Nota.



Recolección de datos

Ruta 4

Sujeto	Sentido	Velocidad	Velocidad	Tiempo de	Distancia	Voltaje	Voltaje
		media (km/h)	máxima (km/h)	manejo (seg)	recorrida (km)	inicial (V)	Final (V)
1	Centralidad Principal – Centralidad Principal	15.2	32.7	5026	17.4	67	56.9

Figura 44: Recolección datos ruta 4
Nota.

Ruta 5

Sujeto	Sentido	Velocidad	Velocidad	Tiempo de	Distancia	Voltaje	Voltaje
		media (km/h)	máxima (km/h)	manejo (seg)	recorrida (km)	inicial (V)	Final (V)
1	Centralidad Principal – Centralidad Principal	17.1	37.3	3478	14.2	67	56.9

Figura 45: Recolección datos ruta 5
Nota.



Ciclo conducción WLTC clase 1

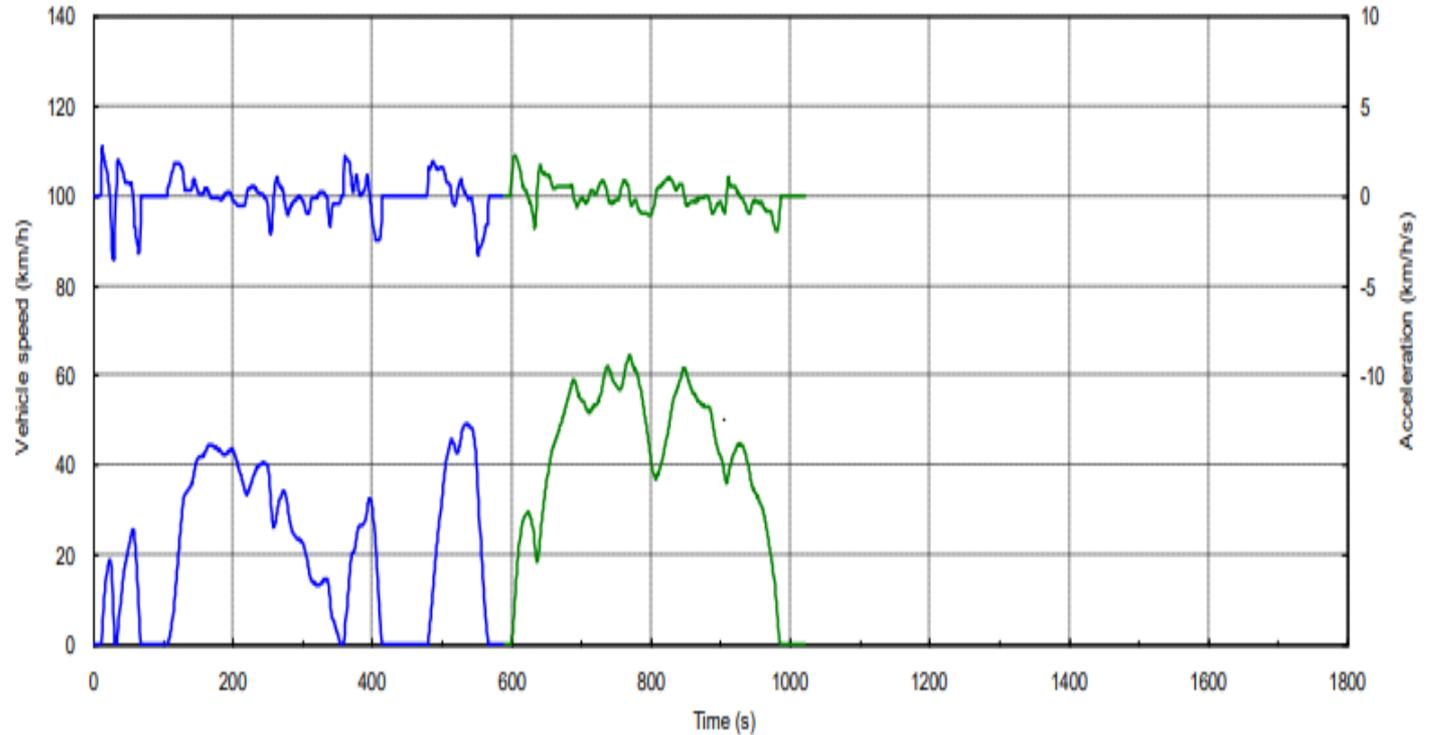


Figura 46: Ciclo conducción WLTC clase 1
Nota. Tomado de (Tutuianu & Marotta, 2013)

Ciclo conducción ruta 1 – Sujeto 1: Noroccidental – Centralidad Sur

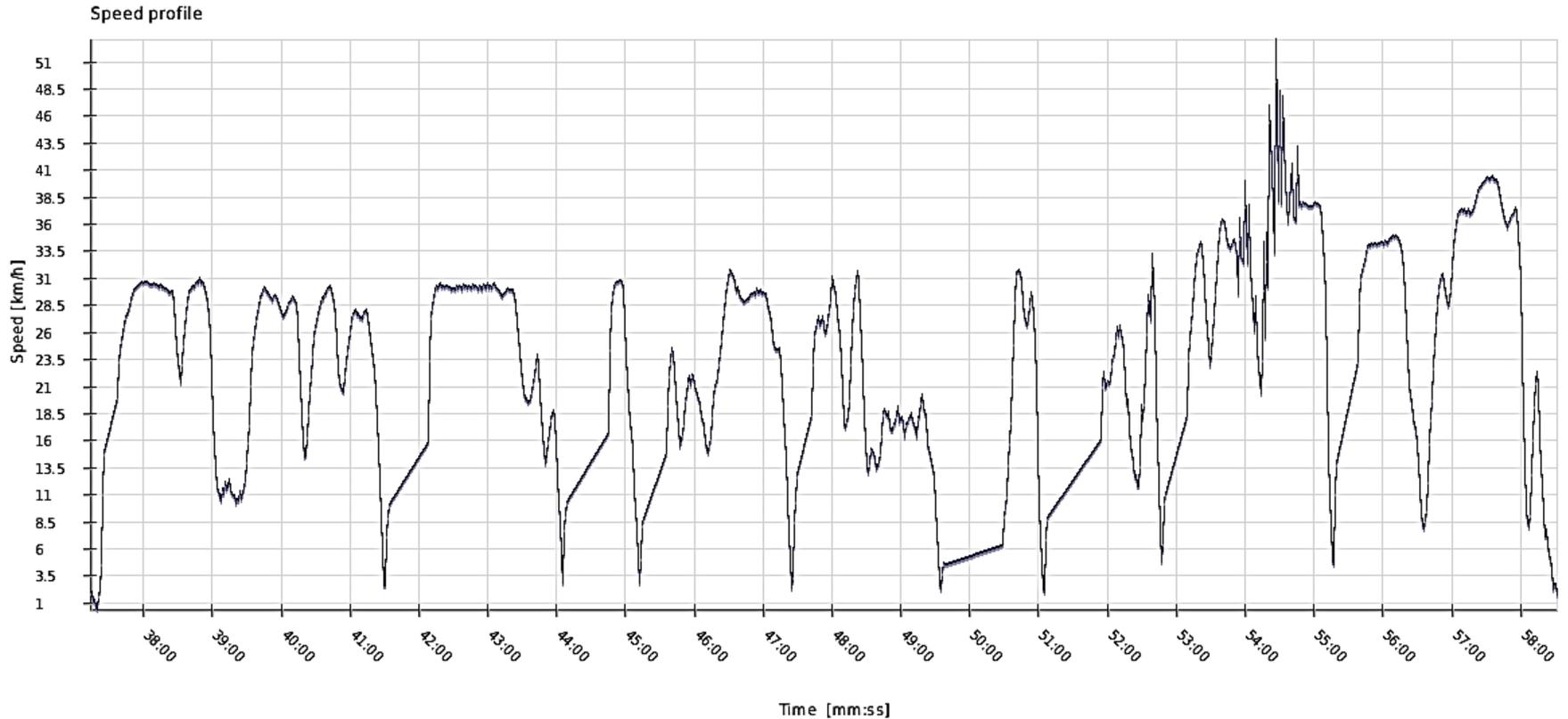


Figura 47: Ciclo de conducción elegido

Nota.



Comparación de parámetros

Parámetro	Baja	Media	Total	Velocida	Velocida	Total
				d 1	d 2	
Duración, s	589	433	1022	589	690	1279
Duración de paradas, s	155	48	203	-	-	-
Distancia, m	3324	4767	8091	3450	3950	7400
% Paradas	26.3%	11.1%	19.9%	-	-	-
Velocidad máxima, km/h	49.1	64.4	-	32.1	53	-
Velocidad media sin paradas, km/h	27.6	44.6	35.6	-	-	-
Velocidad media con paradas, km/h	20.3	39.6	28.5		23.4	
Voltaje de la batería	-	-	-	-	60.8	60.8

Figura 48: Comparación de parámetros

Nota.



Autonomía

Recorrido	Sujeto	Porcentaje de batería restante (%)	Porcentaje batería consumido (%)	Tiempo de manejo (seg)	Distancia recorrida (km)	Voltaje inicial (V)	Voltaje Final (V)
1	1	38.61	61.39	1279	7.4	67	60.8
2	1	8.91	29.7	1214	7.3	60.8	57.6
3	2	38.61	61.39	1069	7.4	67	60.8
4	2	8.91	29.7	1073	7.3	60.8	57.6
5	1	32.67	67.33	1191	7.4	67	60.2
6	1	2.97	29.7	1141	7.2	60.2	57.2
7	2	40.59	59.41	1061	7.4	67	61
8	2	10.89	29.7	1069	7.2	61	58
9	1	26.73	73.27	1523	10.1	67	59.6
10	1	23.76	76.24	1772	10.4	67	59.3
11	2	25.74	74.26	1671	10.1	67	59.5
12	2	23.7	76.3	1609	10.4	67	59.3
13	1	0	100	5026	17.4	67	56.9
14	1	0	100	3478	14.2	67	56.9

Figura 49: Recolección datos autonomía

Nota.



Problemática para la producción en masa de motocicletas alternativas en el Ecuador

Elemento	Producción	Importación	Imagen
Chasis de la motocicleta	La producción de este elemento se lo puede realizar de manera artesanal ya que en el mercado existe gran cantidad de materia prima como el acero comercial A36	En la importación de este elemento de fabrica los acabados son de primera, pero al desconocer del material y proceso de fabricación se puede llegar a pagar un alto costo sin contar con los precios de la logística	
Rin y Neumáticos	La producción de estos elementos de manera artesanal puede representar un alto costo ya que el maquinado y proceso de manufactura tienen un valor elevando en el mercado ecuatoriano	La importación de dichos productos conviene en gran manera ya que hay empresas dedicadas a la fabricación en gran cantidad, por lo cual el costo de repuesto suele ser más barato	

Figura 50: Problemática para producción en masa en el Ecuador

Nota.



<p>Motor Dc sin escobillas</p>	<p>La producción de este elemento es muy complicada ya que no se cuenta con los recursos tecnológicos para la producción de motores de esta categoría</p>	<p>La importación de este elemento es beneficioso ya que en el mercado internacional existen gran cantidad de modelos con diferentes potencias y a un muy buen precio</p>	
<p>Asiento de motocicleta</p>	<p>La producción de forma artesanal de este producto es conveniente ya que su diseño y materiales de fabricación no son complicados</p>	<p>La importación de este producto es complicada ya que no se encuentra por si solo el elemento, si no en conjunto con todo el chasis y para la fabricación particular resultaría mucho más costoso.</p>	
<p>Guarda polvos</p>	<p>La fabricación de este producto se lo puede realizar de forma artesanal ya que se cuenta con la tecnología necesaria de fibra de vidrio para su elaboración</p>	<p>La importación de dichos elementos es complicada ya que existen varios modelos en el mercado que se necesitaría de las medidas específicas para que no interfiera con la motocicleta</p>	

Figura 50: Problemática para producción en masa en el Ecuador

Nota.



Sistema de freno	La fabricación de este sistema como tal es complicada por los costos de producción, pero pueden ser remplazadas con otros sistemas de frenos auxiliares de otros vehículos.	La importación de este producto resulta conveniente al ser un sistema especial para dicho modelo de motocicleta	
Batería de Litio	La producción de este elemento resulta complicada en el territorio ya que no se cuenta con la tecnología y recursos para la fabricación	La importación de dicho elemento es conveniente ya que en el mercado existen varias marcas y modelos de baterías con capacidades distintas para cada tipo de motocicleta	
Controlador	La producción de este elemento es complicada ya que no se cuenta con los recursos necesarios de fabricación en serie ya que su tecnología no es muy reconocida en el territorio	Su importación es conveniente ya que existen empresas internacionales dedicadas a la fabricación de dichos elementos en masa con diferentes características para distintos Scooter eléctricos.	

Figura 50: Problemática para producción en masa en el Ecuador

Nota.



Panel de mando	La fabricación de este elemento resulta costosa ya que la tecnología con la que consta tiene altos valores en el mercado	La importación de este elemento resulta beneficiosa ya que consta como un accesorio que puede ser intercambiable de cada modelo de motocicleta.	
Sirena	La fabricación de este producto se lo puede realizar ya que su estructura no es muy complicada además de que puede ser sustituido por un mecanismo similar	La importación de este producto es beneficioso ya que se encuentra disponible en el mercado internacional en diferentes marcas a muy bajo costo	
Acelerador y niveles de velocidad	La producción de este elemento es complicada ya que este elemento cuenta con sensores Hall internos que son muy delicados y costosos al fabricarlos	La importación de este elemento es beneficioso ya que son producidos en masa en el mercado internacional y se cuenta con una gran variedad de modelos a muy bajo costo	
Cargador de batería	La producción de este elemento es muy complicada ya que no se cuenta con los recursos necesarios para la producción de dicho producto	La importación de este elemento resulta beneficiosa ya que en el mercado existe una gran demanda y por ende su producción se lo realiza en gran cantidad a muy bajo costo	

Figura 50: Problemática para producción en masa en el Ecuador

Nota.

Valores de elementos en el mercado internacional

Elemento	Valor en Aliexpress	Valor en Alibaba	Valor en Amazon
Rin y Neumáticos	\$18.99	\$22.35	\$35.20
Motor Dc sin escobillas	\$110.00	\$125.00	\$159.93
Sistema de freno	\$23.93	\$19.36	\$24.99
Batería de Litio	\$196.00	\$208.00	\$214.00
Controlador y panel de mando	\$42.35	\$45.50	\$53.59
Sirena	\$3.99	\$3.50	\$4.78
Acelerador y niveles de velocidad	\$7.50	\$8.00	\$9.99
Cargador de batería	\$46.90	\$45.00	\$47.00

Figura 50: Problemática para producción en masa en el Ecuador

Nota.



Conclusiones

- Se analizó el modelado eléctrico y mecánico en motocicletas alternativas implementadas para incursionar en la movilidad eléctrica.
- Se investigó en fuentes de información acerca de los principales medios de transporte alternativos eléctricos relacionados con el proyecto.
- Se determinó modelos y diseños de motocicletas alternativas existentes en el mercado automotor del Ecuador, agrupándolos por sus parámetros más relevantes.
- Se identificó los componentes mecánicos y eléctricos implementados en los sistemas de motocicletas alternativas.



Conclusiones

- Se verificó el sistema de control eléctrico de baja y alta potencia del tren motor de la motocicleta alternativa.
- Se obtuvo los parámetros eléctricos necesarios de funcionamiento para la ciudad de Latacunga y geografía del Ecuador.
- Se modeló y simuló los componentes mecánicos y estructurales de la motocicleta alternativa en el software CAD especializado.
- Se analizó las gráficas obtenidas de acuerdo con las mediciones y simulaciones obtenidas.
- Se determinó la factibilidad del uso de motocicletas eléctricas como medio de transporte alternativo en la ciudad de Latacunga.



Conclusiones

- Basado en la investigación bibliográfica realizada se puede concluir que en el Ecuador se está desarrollando la comercialización de vehículos alternativos ya que estos aparte de ser ecológico con el medio ambiente son mucho más económicos en el precio de mantenimiento y su adquisición.
- En el Ecuador Existe un gran mercado de motocicletas eléctricas cada una con características y valores comerciales diferentes y se ha concluido que para una mejor experiencia en conducción y mejor resultado de autonomía se utilizan las motocicletas eléctricas de 1500 a 2000 W de potencia y una autonomía de 60 km ya que estas otorgan mejor desempeño en el territorio Nacional.
- Se concluye que en la elaboración de motocicletas eléctricas se utilizan materiales de buena calidad para la fabricación de estructuras, así como elementos eléctricos de fácil adquisición y manipulación ya que en un mantenimiento o reparación estos deben encontrarse de manera sencilla en el mercado nacional e internacional.



Conclusiones

- Se concluye que en la fabricación de motocicletas eléctricas se utilizan controladores específicos para cada tipo de motor eléctrico ya que no todos los motores DC trabajan bajos los mismos rangos y parámetros de funcionamiento y estos deben ser controlados de tal manera que puedan desarrollarse de mejor forma para el usuario.
- Se concluye que las motocicletas eléctricas de la marca City Coco de 1500 W trabaja con una batería de 67 V donde esta conjuntamente con el controlador son capaces de enviar señales de bajo voltaje entre 3 y 5V para el funcionamiento de los sensores Hall que permiten el desarrollo del motor DC



Recomendaciones

- Usar equipo de protección personal a la hora de realizar mediciones eléctricas en el circuito de alta potencia.
- Realizar un estudio mas a profundidad acerca del desarrollo y modelación de circuitos eléctricos para la elaboración de controladores universales de motocicletas eléctricas de fácil manipulación y mejor desempeño para los motores.
- Realizar un estudio de sistemas regenerativos de energía para mejorar la autonomía y capacidad de carga de la batería con las que trabajan las motocicletas eléctricas
- Realizar el estudio del uso de baterías con características y propiedades distintas en la motocicleta eléctrica y así determinar la que mejor otorgue una capacidad de autonomía y desarrollo del vehículo alternativo.



Nunca dejes que el miedo decida tu futuro



GRACIAS POR SU ATENCIÓN



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA