

TEMA:

Investigación del sistema de tracción BEV para vehículos de 2 ruedas en Ecuador mediante la medición de los parámetros característicos de funcionamiento en tiempo real.

Autores:

**Miño Acosta César Fernando
Novoa Llanga Brayan Andrés**

Director:

Ing. Leonidas Antonio Quiroz Erazo.

**Latacunga
2022**



Contenido de la presentación

Objetivo General

Objetivos Específicos

Planteamiento del Problema

Metas

Hipótesis

Marco Teórico

Protocolo de Pruebas

Sistema de Monitorización

Programación

Pruebas y Resultados

Cálculos

Conclusiones

Recomendaciones

Firmas



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Objetivo General

- Investigar el sistema de tracción BEV para vehículos de 2 ruedas en Ecuador mediante la medición de los parámetros de funcionamiento en tiempo real.



Objetivos Específicos

- Fundamentar teórica y científicamente parámetros característicos de funcionamiento de los sistemas automotrices de vehículos BEV de acuerdo a la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2656:2016.
- Relacionar los parámetros característicos de operación y funcionamiento de las motocicletas de propulsión eléctrica en esquemas primera y segunda generación con sistemas DC – AC, a partir de fuentes bibliográficas confiables y bases digitales
- Construir un sistema de monitorización de la gestión electrónica para el flujo de datos a través de PID'S de comunicación.
- Validar los parámetros característicos de operación y funcionamiento por monitoreo y diagnóstico en un prototipo en la motocicleta Super Soco TS1200 de propulsión eléctrica a través de un sistema de medición con visualización en tiempo real



Objetivos Específicos

- Establecer los procesos de demanda y consumo de energía de este tipo de móviles en la motocicleta Super Soco TS1200 en tiempo real y diferentes condiciones de funcionamiento
- Diseñar un sistema de carga con estación móvil para línea de alta y baja tensión por conector SAE J1772 IEC 62196-2 tipo 2.
- Desarrollar un método de registro de parámetros característicos de funcionamiento de los componentes del sistema de tracción eléctrica en la motocicleta Super Soco TS1200 a través del sistema de monitorización de la gestión electrónica y un sistema de carga a través de una estación móvil.
- Procesar valores de operación de acuerdo a la norma UNE 26356 de pruebas de aceleración según lo estipulado en la norma SAE J1491 en pruebas de aceleración en plano y pendiente.
- Realizar pruebas de arrancabilidad en pendiente según la norma UNE 26358 partiendo del reposo hasta una velocidad de 70 Km/h en un tramo recto y plano.

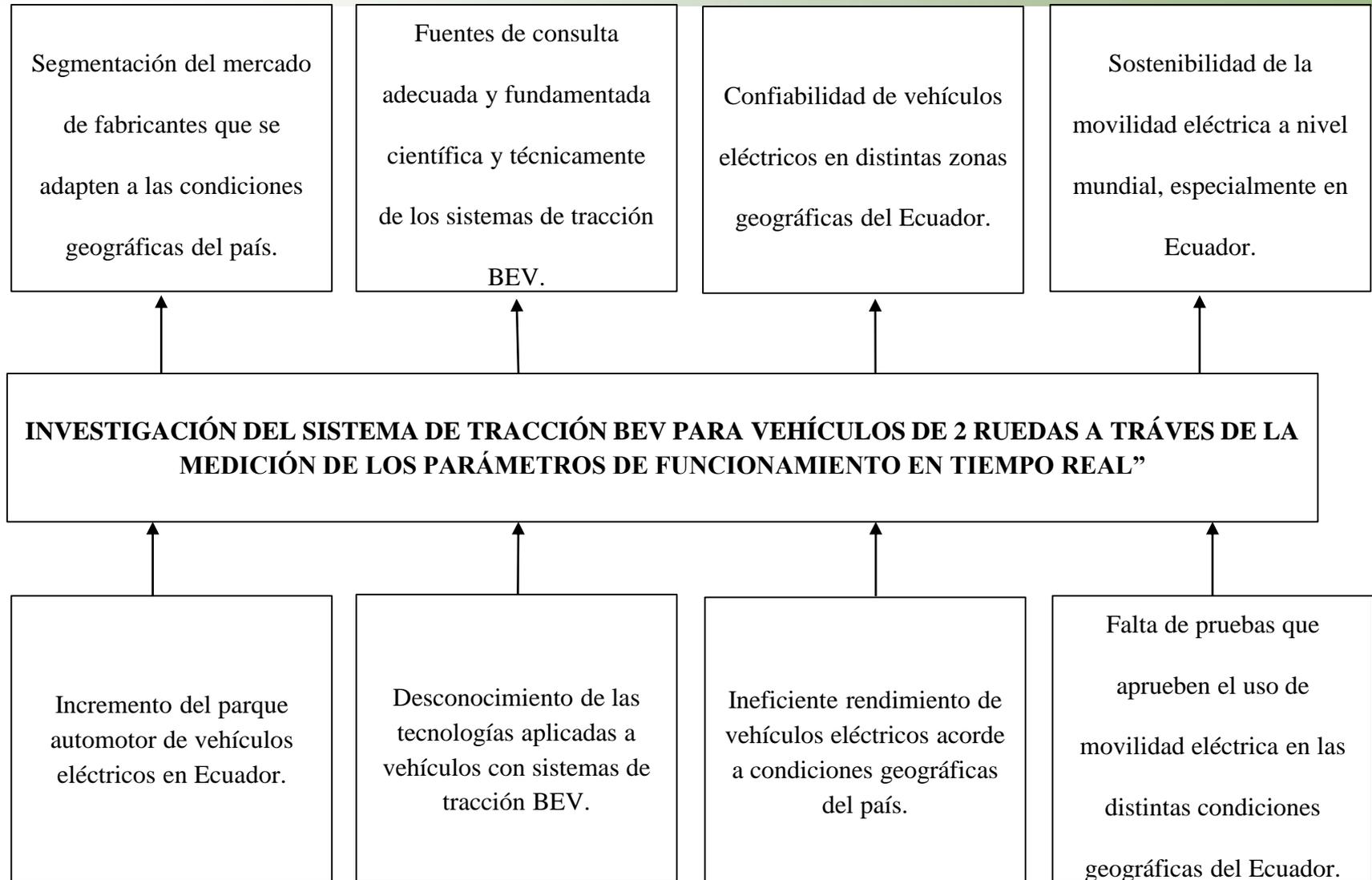


Objetivos Específicos

- Establecer la autonomía del vehículo eléctrico de dos ruedas en condiciones ideales sobre un banco dinamométrico mediante los ciclos de homologados.
- Determinar la autonomía de la motocicleta eléctrica a partir de ciclos homologados en pruebas de ciclo urbano entre aceleraciones y desaceleraciones, y pruebas para ciclo extraurbano con velocidades constantes.
- Analizar de manera gráfica, analítica y estadística acorde a los ambientes de consumo de energía y diferentes condiciones de funcionamiento y pruebas de autonomía los datos monitorios de gestión de batería BMS.
- Desarrollar un algoritmo que defina puntualmente la autonomía en motocicletas BEV bajo una proyección considerando variables y constantes del consumo de energía en función de la velocidad, carga de batería y consumo de corriente.
- Obtener una notación matemática sobre el estado de carga de acuerdo al tipo de batería usada en vehículos eléctricos modo 1, modo 2, modo 3 y modo 4.



Planteamiento del Problema



Metas

- Diseñar y construir un prototipo de sistema de visualización de la gestión electrónica y BMS en la motocicleta Super Soco TS1200 para el control, monitoreo y gestión energética en tiempo real con una eficiencia del 90%.
- Desarrollar un algoritmo que determine la autonomía de los vehículos eléctricos BEV con una eficiencia del 95%.
- Obtener una notación matemática con una efectividad del 90% sobre el estado de carga de acuerdo al tipo de batería usada en vehículos eléctricos por modo 1, modo 2, modo 3 y modo 4.



Hipótesis

- ¿Mediante la investigación del sistema de tracción BEV para vehículos de 2 ruedas en Ecuador a través de la medición de los parámetros de funcionamiento en tiempo real se determina la autonomía con una eficacia del 90 %?



MARCO TEÓRICO



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Introducción



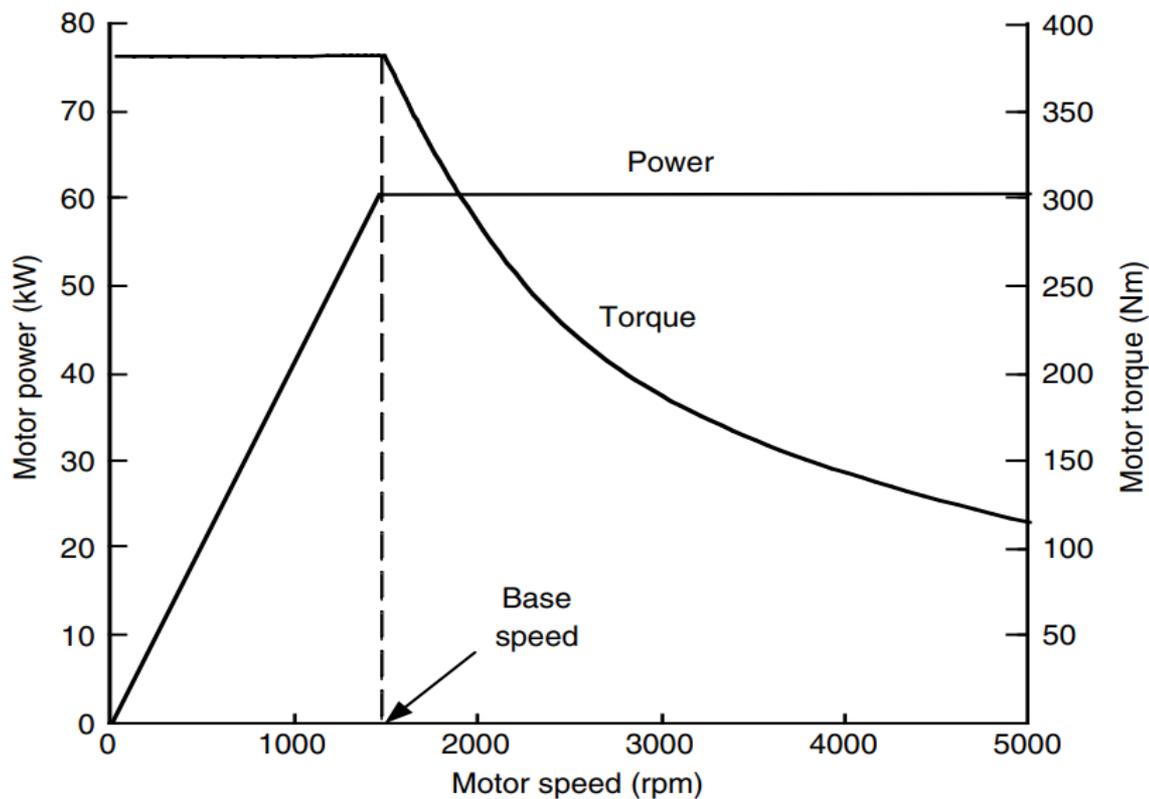
Motores eléctricos en vehículos

Según Husain, las características importantes de un motor para EV “incluyen control de conducción flexible, tolerancia a fallas, alta eficiencia y bajo ruido acústico” (Husain, 2003, p.98).



Principio de funcionamiento

Los motor eléctrico de velocidad variable suelen tener las características de funcionamiento que se muestra en la figura





Motocicleta Super Soco TS 1200

La Super Soco TS1200 es una motocicleta eléctrica que tiene una potencia máxima de 1800 W, es de fácil manejo y su mejor atributo es que tiene la batería extraíble para mayor facilidad y comodidad al cargarla en cualquier lugar.



PROTOCOLO DE PRUEBAS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

NEDC

El ciclo de conducción NEDC (New European Driving Cycle) de origen occidental se utiliza en pruebas dinámicas para homologar vehículos en Europa y algunos otros países. Está formado por una parte urbana denominada ECE, que se repite cuatro veces, y una parte extraurbana, la EUDC. (Constant & Nicolas, 2013)

Variable	Característica
Distancia	11 023 m
Duración	1 180 s
Velocidad media urbana	33,6 km/h
Velocidad media extraurbana	120 km/h



WLTP

El ciclo de conducción WLTP (World Harmonized Light Vehicles Test Procedure) “determina nuevos datos de consumo en todos los vehículos ligeros, teniendo en cuenta un comportamiento realista del vehículo y del conductor, obteniendo de este modo unos datos más fiables” (Olona, 2018, p.79).

Variable	Característica
Distancia	23 250 m
Duración	600 s a 1 200 s
Velocidad media urbana	46,5 km/h
Velocidad media extraurbana	130 km/h



SISTEMA DE MONITORIZACIÓN

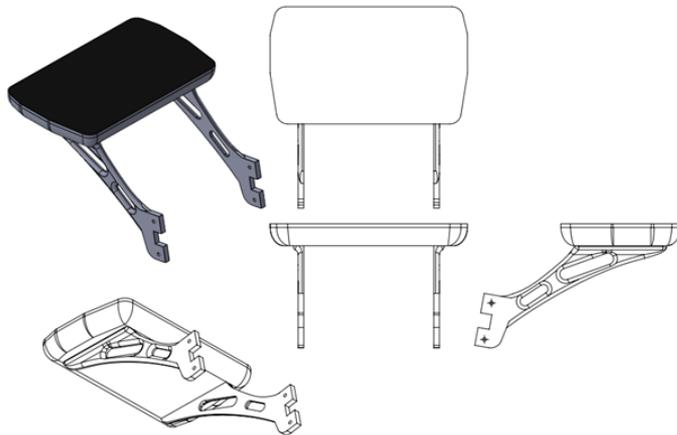
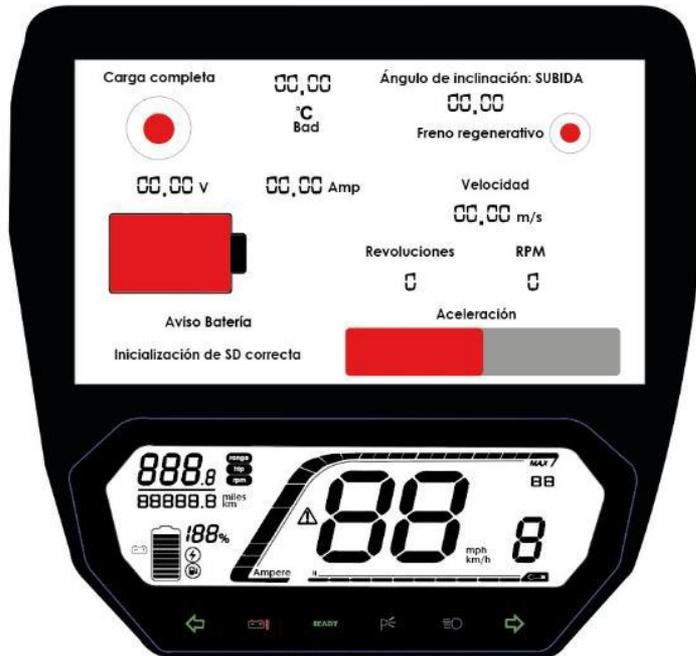


ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Diseño del sistema de monitorización

El sistema de monitorización de la gestión electrónica de la motocicleta Super Soco TS 1200, mide el flujo de datos en tiempo real obtenidos de los componentes del sistema de tracción electrónica, contiene aspectos vinculados al propio estándar del vehículo de dos ruedas de tipo eléctrico, para el procesamiento de valores de operación, requeridos para la aplicación del protocolo, de acuerdo a las normativas utilizadas y almacenamiento de datos de utilidad para el algoritmo de autonomía de la motocicleta BEV.



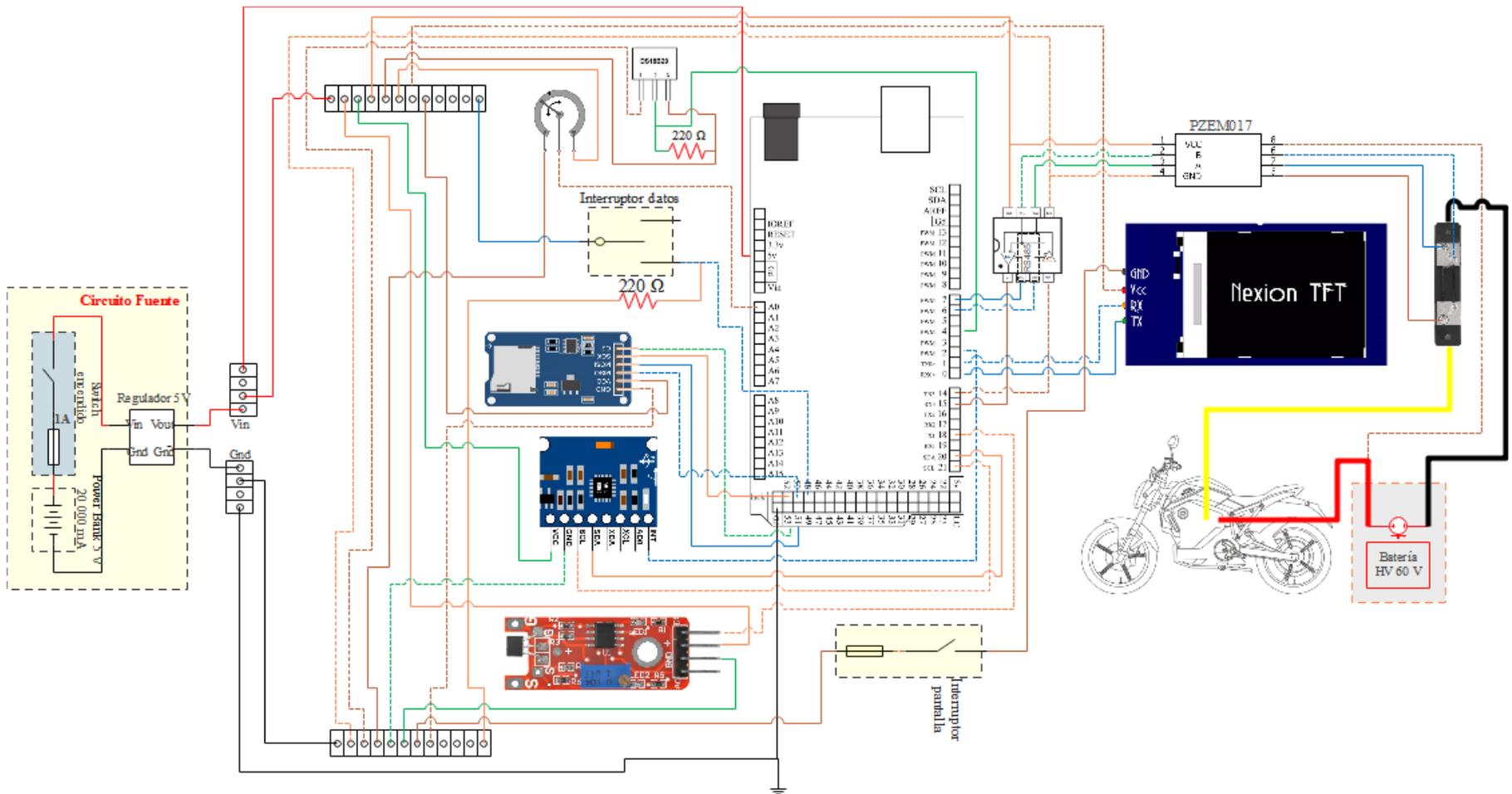


Consola – Pantalla

Para fijar la pantalla se construyó la estructura de soporte de tablero que consiste en un armazón que resguarda y protege el sistema de visualización de datos, medidas impuestas a partir de la pantalla TFT.



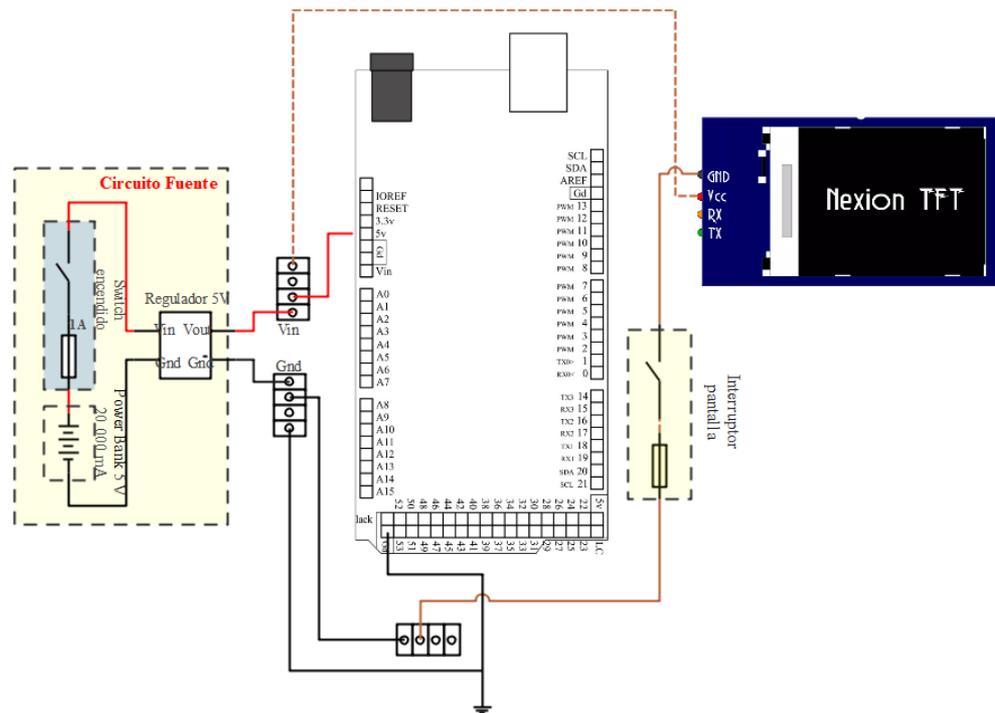
Diagrama de conexiones eléctricas



Sistema de protección eléctrica

La protección de todos los componentes electrónicos es de vital importancia para la estabilidad de funcionamiento del sistema de monitorización, ya que ninguno de ellos cuenta 86

con un sistema de protección eléctrica contra voltajes elevados o inversos, es por esto que se ha instalado un sistema que pueda proteger contra estas variantes.



PROGRAMACIÓN



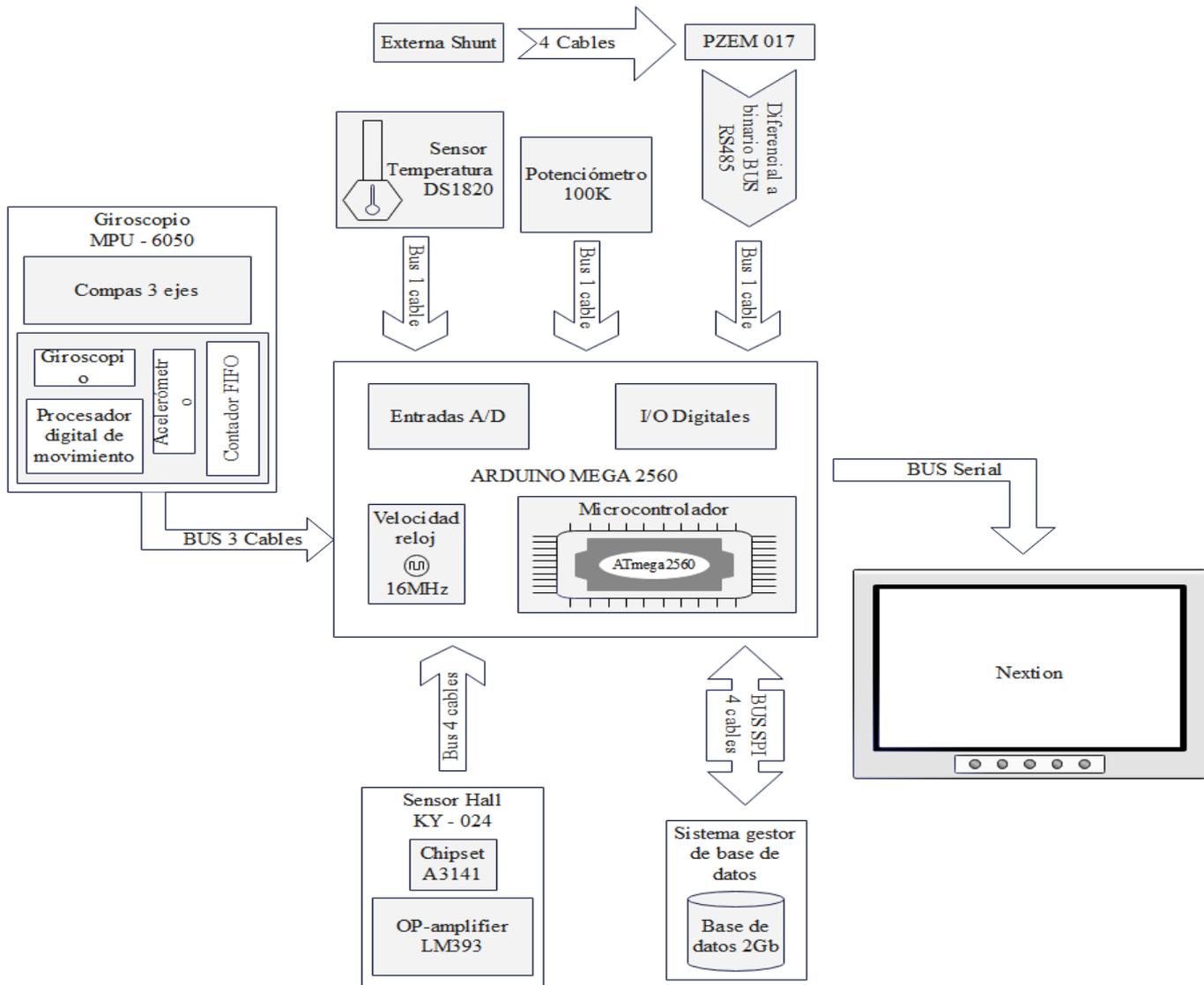
ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Librerías de programación

Librería	Componente	Comunicación
<ModbusMaster.h>	RS 485	Comunicación con esclavos
<SIP.h>	MicroSD	Comunicación con dispositivos SPI
<SD.h>	MicroSD	Permite leer y escribir tarjetas
<DallasTemperature.h>	DS1820	Conversión de temperatura
<OneWire.h>	DS1820	Acceso a sensor de temperatura de un cable
"Simple_MPU6050.h"	MPU6050	Leer directamente aceleración y giroscopio
<I2Cdev.h>	Programa	Calibración del giroscopio



Diagrama de bloques de estructura del sistema de programación



PRUEBAS Y RESULTADOS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Sistema de monitorización en el BEV



Consola de visualización



Medición de parámetros BEV

El sistema electrónico para medición de los parámetros característicos de funcionamiento de la motocicleta eléctrica Super Soco TS 1200 calcula y obtiene los resultados en tiempo real y almacenarlos en una tarjeta microSD, de las variables tomadas de temperatura de batería, velocidad de rueda, tensión y corriente de batería, posición del acelerador y ángulo de inclinación de la superficie; datos a ser guardados en la tarjeta microSD para ser exportados en una hoja de calculo, a través de un reporte.



Temperatura, pruebas NEDC – WLTP

Prueba	Ciclo			Temp. máxima (°C)	Temp. ambiente (°C)
		Temp. inicial (°C)	Temp. final (°C)		
NEDC 1	Urbano	23.37	23.5	23.5	13
NEDC 2		18.69	19.44	19.44	16
NEDC 1	Extraurbano	22.25	30.5	30.5	18
NEDC 2		27.94	33.19	33.19	18
WLTP 1	Urbano	28.62	29.5	29.5	22
WLTP 2		26.26	28.12	28.19	16
WLTP 1	Extraurbano	28.94	35.44	35.44	13
WLTP 2		15.19	30.31	30,37	14



Intensidad de corriente, pruebas NEDC – WLTP

Prueba	Ciclo	I. de corriente máxima (A)	I. de corriente promedio consumida (Ah)
NEDC 1	Urbano	41.21	4.68
NEDC 2		47.61	3.45
NEDC 1	Extraurbano	59.74	9.94
NEDC 2		58.56	6.92
WLTP 1	Urbano	51.25	13.99
WLTP 2		51.31	12.02
WLTP 1	Extraurbano	59.21	16.79
WLTP 2		59.31	18.33



Tensión, pruebas NEDC – WLTP

Prueba	Ciclo	Tensión inicial (V)	Tensión final (V)	% de batería	% de batería
				inicial (%)	final (%)
NEDC 1	Urbano	62.70	59.09	53	34
NEDC 2		69.48	67.75	95	77
NEDC 1	Extraurbano	67.27	58.60	70	34
NEDC 2		65.83	56.91	58	24
WLTP 1	Urbano	67.29	57.85	73	32
WLTP 2		66.30	60.06	67	28
WLTP 1	Extraurbano	68.02	57.55	81	32
WLTP 2		69.89	62.11	100	48



Freno regenerativo, pruebas NEDC – WLTP

Prueba	Ciclo	Nro. veces	Tiempo promedio	I. de corriente regeneración
		habilitado	habilitado (s)	promedio (A)
NEDC 1	Urbano	17	4	1.04
NEDC 2		14	6	1.11
NEDC 1	Extraurbano	19	6	1.29
NEDC 2		18	5	1.23
WLTP 1	Urbano	36	7	1.61
WLTP 2		32	7	1.40
WLTP 1	Extraurbano	40	6	1.47
WLTP 2		38	7	1.59



Revoluciones de rueda, pruebas NEDC – WLTP

Prueba	Ciclo	Vueltas	Nro. de revoluciones totales
NEDC 1	Urbano	7	5243
NEDC 2		7	5273
NEDC 1	Extraurbano	7	5244
NEDC 2		7	5281
WLTP 1	Urbano	15	11350
WLTP 2		15	11486
WLTP 1	Extraurbano	15	11459
WLTP 2		15	11368



Porcentaje de aceleración, pruebas NEDC – WLTP

Prueba	Ciclo	% mínimo	% máximo	% promedio
NEDC 1	Urbano	0	63	51
NEDC 2		0	66	54
NEDC 1	Extraurbano	0	100	90
NEDC 2		0	100	63
WLTP 1	Urbano	0	74	63
WLTP 2		0	70	58
WLTP 1	Extraurbano	0	100	61
WLTP 2		0	100	62



Tiempo de operación, pruebas NEDC – WLTP

Prueba	Ciclo	Tiempo teórico	Tiempo de operación
NEDC 1	Urbano	20 min	23 min, 5 seg
NEDC 2			21 min, 19 seg
NEDC 1	Extraurbano	10 a 20 min	13 min, 15 seg
NEDC 2			14 min, 7 seg
WLTP 1	Urbano	30 min	34 min, 45 seg
WLTP 2			39 min, 35 seg
WLTP 1	Extraurbano	20 a 30 min	30 min, 16 seg
WLTP 2			29 min, 40 seg



CÁLCULOS

$$\text{Autonomía} = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n + e$$

Donde

$x_1 = \text{Temperatura en } (^\circ\text{C})$

$x_2 = \text{Revoluciones de rueda en (Nro. giros)}$

$x_3 = \text{Tensión en (voltios)}$

$x_4 = \text{Tiempo en (segundos)}$

$x_5 = \text{Carga eléctrica en (Amperio - hora)}$



CÁLCULOS

Ciclo NEDC

$$\mathbf{Autonomía} = 61.92 - 0.142 * x_1 - 0.000159 * x_2 - 0.01048 * x_3 + 0.004955 * x_4 - 3.625 * x_5$$

Por lo tanto, utilizando la relación de las variables, la ecuación X se traduce en la siguiente:

Autonomía

$$= 61.92 - 0.142 * \mathit{Temperatura}(^{\circ}\mathit{C}) - 0.000159 * \mathit{RevRueda} - 0.01048 * \mathit{Tensión} + 0.004955 * \mathit{Tiempo}(s) - 3.625 * \mathit{CargaEléctrica}(Ah)$$

Ciclo WLTP

$$\mathbf{Autonomía} = 102.001 - 0.1766 * x_1 + 0.000047 * x_2 + 0.00102 * x_3 + 0.000242 * x_4 - 2.1605 * x_5$$

Intercambiando los valores de x a las variables se obtuvo la siguiente ecuación de autonomía.

Autonomía

$$= 102.001 - 0.1766 * \mathit{Temperatura}(^{\circ}\mathit{C}) + 0.000047 * \mathit{RevRueda} + 0.00102 * \mathit{Tensión} + 0.000242 * \mathit{Tiempo}(s) - 2.1605 * \mathit{CargaEléctrica}(Ah)$$



CÁLCULOS

Valores de tabla de datos NEDC obtenidos de la microSD

Variables (línea 2050)	Valor
<i>Temperatura en (°C)</i>	33.06
<i>Revoluciones de rueda en (Nro. giros)</i>	5142
<i>Tensión en (voltios)</i>	56.89
<i>Tiempo en (segundos)</i>	802
<i>Carga eléctrica en (Amperio – hora)</i>	9.66

Autonomía

$$= 103.92 - 0.142 * 33.06 - 0.000159 * 5142 - 0.01048$$

$$* 56.89 + 0.004955 * 802 - 3.625 * 9.66$$

$$\mathbf{Autonomía} = 66.77\%$$

$$\mathbf{Autonomía} = \frac{66.77.\% * 60km}{100}$$

$$\mathbf{Autonomía} = 40.06 km$$



CÁLCULOS

Valores de tabla de datos WLTP obtenidos de la microSD

VARIABLES (línea 2925)	Valor
Temperatura en (°C)	24.75
Revoluciones de rueda en (Nro. giros)	7301
Tensión en (voltios)	64.75
Tiempo en (segundos)	1134
Carga eléctrica en (Amperio – hora)	14.44

Autonomía

$$= 102.001 - 0.1766 * 24.81 + 0.000047 * 7301 + 0.00102 * 61.27 + 0.000242 * 1148 - 2.1605 * 14.51$$

$$\text{Autonomía} = 66.89\%$$

$$\text{Autonomía} = \frac{66.89\% * 60\text{km}}{100}$$

$$\text{Autonomía} = 40.13 \text{ km}$$



Autonomía teórica vs Autonomía calculada

En referencia al porcentaje de evaluación se establece un valor de 67%, dando como resultado el siguiente análisis:

$$\textit{Autonomía teórica} = \frac{67\% * 60\textit{km}}{100}$$

$$\textit{Autonomía teórica} = 40.20 \textit{ km}$$

El valor de autonomía teórica de 40.20 km corresponde a un SOC de 67%, tomando en cuenta que para un estado de SOC de 100% el manual establece un valor de autonomía de 55 a 60 km.



CÁLCULOS

- **Ciclo NEDC**

Teniendo como referencia una autonomía teórica de 40.20 km

$$\textit{Autonomía NEDC} = 40.06 \textit{ km}$$

$$\textit{Desigualdad} = 40.20 \textit{ km} - 40.06 \textit{ km}$$

$$\textit{Desigualdad} = 0.14 \textit{ km}$$

La diferencia de valores es de 0.14 km, en la cual se tiene una diferencia de 0.34%, siendo un valor dentro del rango permisible para resultados estadísticos del 95% como desviación estándar.

- **Ciclo WLTP**

La diferencia de la autonomía de la ficha técnica, en el ciclo WLTP se expresa a continuación.

$$\textit{Autonomía WLTP} = 40.13 \textit{ km}$$

$$\textit{Desigualdad} = 40.20 \textit{ km} - 40.13 \textit{ km}$$

$$\textit{Desigualdad} = 0.07 \textit{ km}$$

El valor de 0.07 km corresponde a una diferencia de 0.17%, es un valor que está dentro del error permitido de 95%, como desviación estándar.



Conclusiones

- Se investigó el funcionamiento del sistema de tracción BEV de la motocicleta eléctrica Super Soco TS1200 de tal manera de entender los parámetros de gestión electrónica del sistema eléctrico de tracción, a fin de establecer las estrategias a ser aplicadas para el sistema de medición de los parámetros de funcionamiento en tiempo real implementados.
- Se fundamentó teórica y científicamente parámetros característicos de funcionamiento de los sistemas automotrices de vehículos BEV de acuerdo a la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2656:2016.
- Se construyó un sistema de monitorización de la gestión electrónica para el flujo de datos a través de PID'S de comunicación mediante la relación de los parámetros característicos de operación y funcionamiento de la motocicleta eléctrica Super Soco TS1200 en esquemas primera y segunda generación con sistemas DC – AC, validando los parámetros característicos de operación y funcionamiento por monitoreo y diagnóstico en un prototipo con sistema de medición con visualización en tiempo real.



Conclusiones

- A través de ensayos se estableció los procesos de demanda y consumo de energía de la motocicleta Super Soco TS1200 en tiempo real y diferentes condiciones de funcionamiento.
- Se diseñó un esquema de carga con estación móvil para línea de alta y baja tensión por conector SAE J1772 IEC 62196-2 tipo 2 para la motocicleta Super Soco TS1200.
- A través del método de registro de parámetros característicos de funcionamiento del sistema de tracción eléctrica en la motocicleta Super Soco TS1200 a través del sistema de monitorización de la gestión electrónica y un sistema de carga con estación móvil, se obtuvo los valores de operación de acuerdo a la norma UNE 26356 de pruebas de aceleración según lo estipulado en la norma SAE J1491 en pruebas de aceleración en plano y pendiente.



Conclusiones

- Se desarrolló un algoritmo de la autonomía del vehículo eléctrico de dos ruedas en condiciones ideales a través de los datos obtenidos en ciclos de homologados en pruebas de urbano entre aceleraciones y desaceleraciones, y pruebas para ciclo extraurbano con velocidades constantes, los mismos que se analizaron de manera gráfica, analítica y estadística acorde a los ambientes de consumo de energía y diferentes condiciones de funcionamiento y pruebas de autonomía los datos monitorios de gestión de batería BMS.
- En la relación de la autonomía teórica vs autonomía calculada, el porcentaje de evaluación se establece un valor de 67%, dando como resultado; el valor de autonomía teórica de 40.20 km corresponde a un SOC de 67%, tomando en cuenta que para un estado de SOC de 100% el manual establece un valor de autonomía de 55 Km a 60 km, con respecto del ciclo NEDC con referencia una autonomía teórica de 40.20 km; la diferencia de valores es de 0.14 km, en la cual se tiene una diferencia de 0.34%, siendo un valor dentro del rango para resultados estadísticos del 95% como desviación estándar; en tanto, en el ciclo WLTP la diferencia de la autonomía de la ficha técnica, el valor de 0.07 km corresponde a una diferencia de 0.17%, es un valor que está dentro del error permitido de 95%, como desviación estándar.



Conclusiones

- De los ensayos se establece la relación de la tensión de batería e incremento de la intensidad de corriente, fenómeno producido por la demanda de energía del sistema de tracción eléctrico en diferentes condiciones de funcionamiento del sistema BEV donde la intensidad de corriente máxima es de 59.74 amperios, a una caída de tensión de hasta 58.03 voltios
- La tensión máxima se produce a un 67.75 voltios en la motocicleta fue el mayor a diferencia tensión de 56.91 voltios, verificando un pico de intensidad de corriente alrededor de los 7 minutos, debido a la variación y condiciones de ruta.
- Para una aceleración promedio el ángulo posición de la motocicleta aumenta, esto con un ángulo de inclinación de 15.07 grados, se verifica que la aceleración afecta directamente la inclinación de la motocicleta, por tanto, cuando la aceleración es de 56% la pendiente oscila entre 1.52 grados, si esta aceleración aumenta a 100% la pendiente mínima registrada en terreno llano es de 2.64 grados.
- El valor máximo de tensión fue de 67.29 frente a un valor de 0.02 A para la intensidad de corriente, en el funcionamiento con más exigencias la tensión reduce a 62.66 y la intensidad de corriente está en 51.25 A.



Conclusiones

- Los datos iniciales de tensión fueron de 68.02 V y 0.01 A y en la condición de intensidad de corriente máxima pasaron a 59.21 A y 61.13 V. El ensayo extraurbano tiene una tensión de 69.89 V e intensidad de corriente 0.01A, frente a un valor máximo con resultados de 62.05 V y 59.31 A.



Recomendaciones

- Realizar ensayos en conducción prolongada a diferentes regímenes de giro de tal manera de establecer la demanda de energía en rutas con peraltes de mayor exigencia obteniendo resultados que delimiten la aplicabilidad de los vehículos de dos ruedas para circulación por tramos distintos de ciudad.
- Para complementar el análisis de la autonomía de vehículos eléctricos en el país se puede considerar la aplicabilidad del sistema de monitorización en vehículos de tres y cuatro ruedas, especialmente dirigidas a la transportación de personas y carga.
- Considerar un estudio técnico para geo-localizar estaciones de servicio para carga para línea de alta y baja tensión por conector SAE J1772 IEC 62196-2 para vehículos eléctricos en Ecuador.



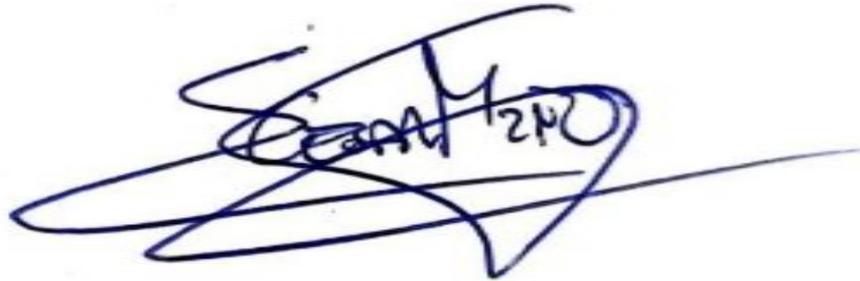
Recomendaciones

- Desarrollar un catálogo digital técnico que permitirá a las instituciones públicas del Ecuador adquirir vehículos eléctricos con el objetivo de impulsar el uso de la nueva matriz energética y contribuir al cuidado del medioambiente, una de las principales apuestas del gobierno ecuatoriano.
- Fomentar el uso de la energía eléctrica en reemplazo de gas y gasolina, que representan millones de dólares de subsidios del Estado que reducirán los costos de la energía al país, con vehículos eléctricos que puede recorrer hasta 300 kilómetros con una sola carga de 60 kilovatios por hora.
- Desarrollar una investigación de los sistemas de regeneración de energía a través de sistemas de monitorización en tiempo real.



FIRMAS DE RESPONSABILIDAD

1. MIÑO ACOSTA CESAR FERNANDO

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Cesar Fernando Miño Acosta', with a large, sweeping flourish extending to the right.

2. NOVOA LLANGA BRAYAN ANDRÉS

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Brayan Andrés Novoa Llanga', with a large, circular flourish above the name.