



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ



DIAGNÓSTICO ELECTRÓNICO DEL SISTEMA DE PROPULSIÓN, REGENERACIÓN, CARGA Y DESCARGA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO PARA DETERMINAR SU AUTONOMÍA

AUTORES:

CHAMORRO RIASCOS, JOHN JAIRO
GUERRERO VERA, MICHAEL ANTONIO

ING. GÉRMAN ERAZO
DIRECTOR DE TESIS





ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Antes de decir que no puedes
hacer algo, inténtalo.

Sakichi Toyoda





ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

OBJETIVO GENERAL

Diagnosticar electrónicamente el sistema de propulsión, regeneración, carga y descarga del vehículo eléctrico para determinar su autonomía.





OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar la recopilación de información de estudios relacionados al análisis de vehículos eléctricos.

Investigar acerca de los ciclos de conducción homologados para el análisis de la autonomía de vehículos eléctricos.

Definir los factores que intervienen en el vehículo eléctrico, mediante análisis estadístico y correlación de variables para la obtención de datos correspondientes a su consumo energético en un ciclo de conducción homologado.

Investigar los parámetros y datos de funcionamiento de los inversores y motores generadores del vehículo eléctrico.





Obtención de los parámetros de carga y descarga de la batería de alta tensión mediante la utilización de un scanner automotriz.

Analizar los datos generados por el scanner automotriz VDS2000 en el bus K9G acerca de los packs de baterías y el grupo motriz con el objetivo de determinar su autonomía.

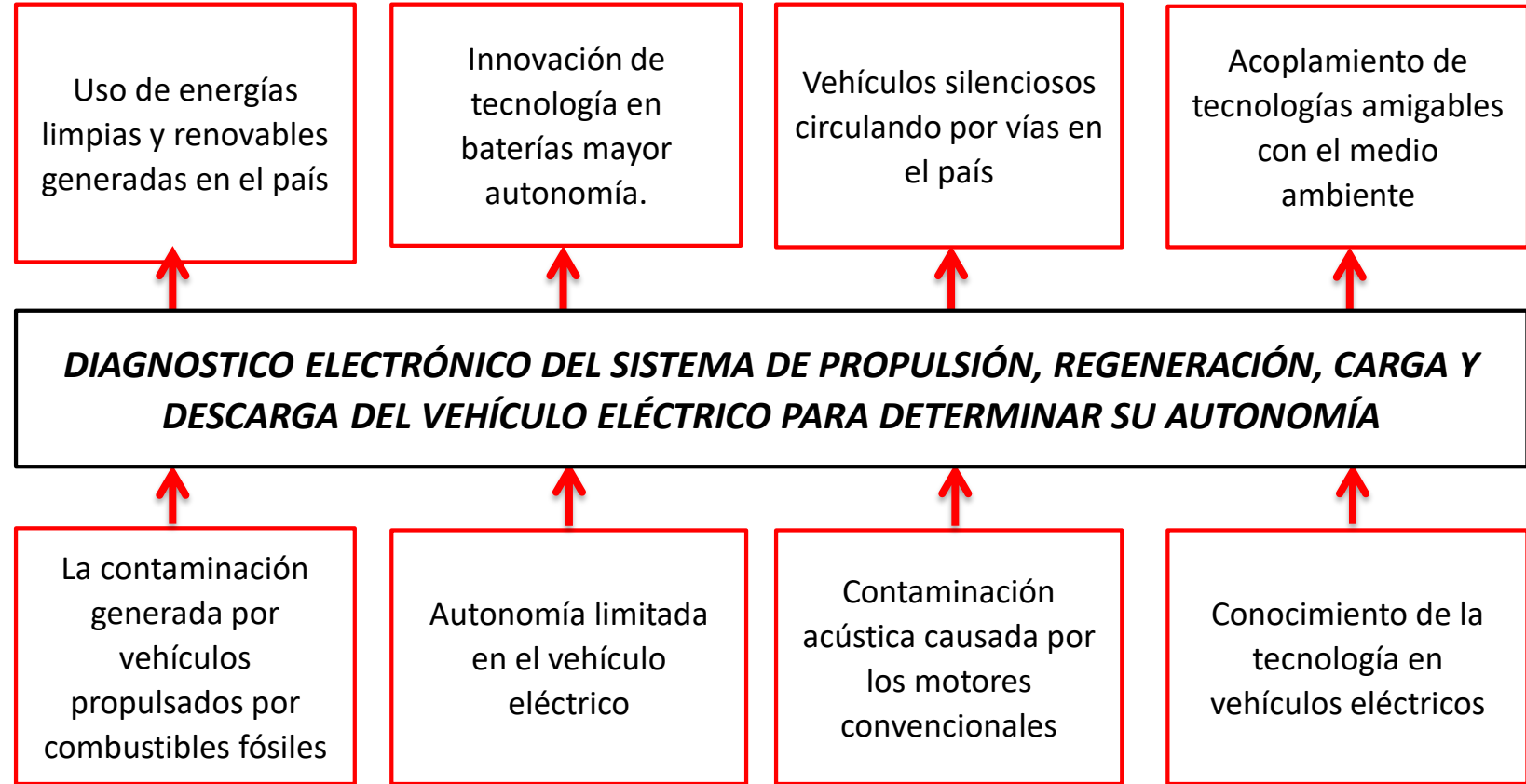
Obtener los datos de funcionamiento de los inversores y motores generadores del bus K9G mediante la utilización del scanner automotriz VDS2000 como corrientes y voltajes de funcionamiento en ruta.

Analizar la composición de las baterías del bus K9G, para realizar una comparación con el resto de baterías de alta tensión teniendo en cuenta varios factores que inciden en el rendimiento de las mismas.





JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA





META

Mediante la recolección y análisis de los datos obtenidos proveniente del sistema de propulsión del bus BYD con el scanner VDS2000, con un sistema de cálculo se determinará la autonomía del vehículo eléctrico en una precisión superior al 90%.





ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

HIPÓTESIS

¿El diagnóstico electrónico del sistema de propulsión, regeneración, carga y descarga del vehículo eléctrico se utilizará para determinar su autonomía?





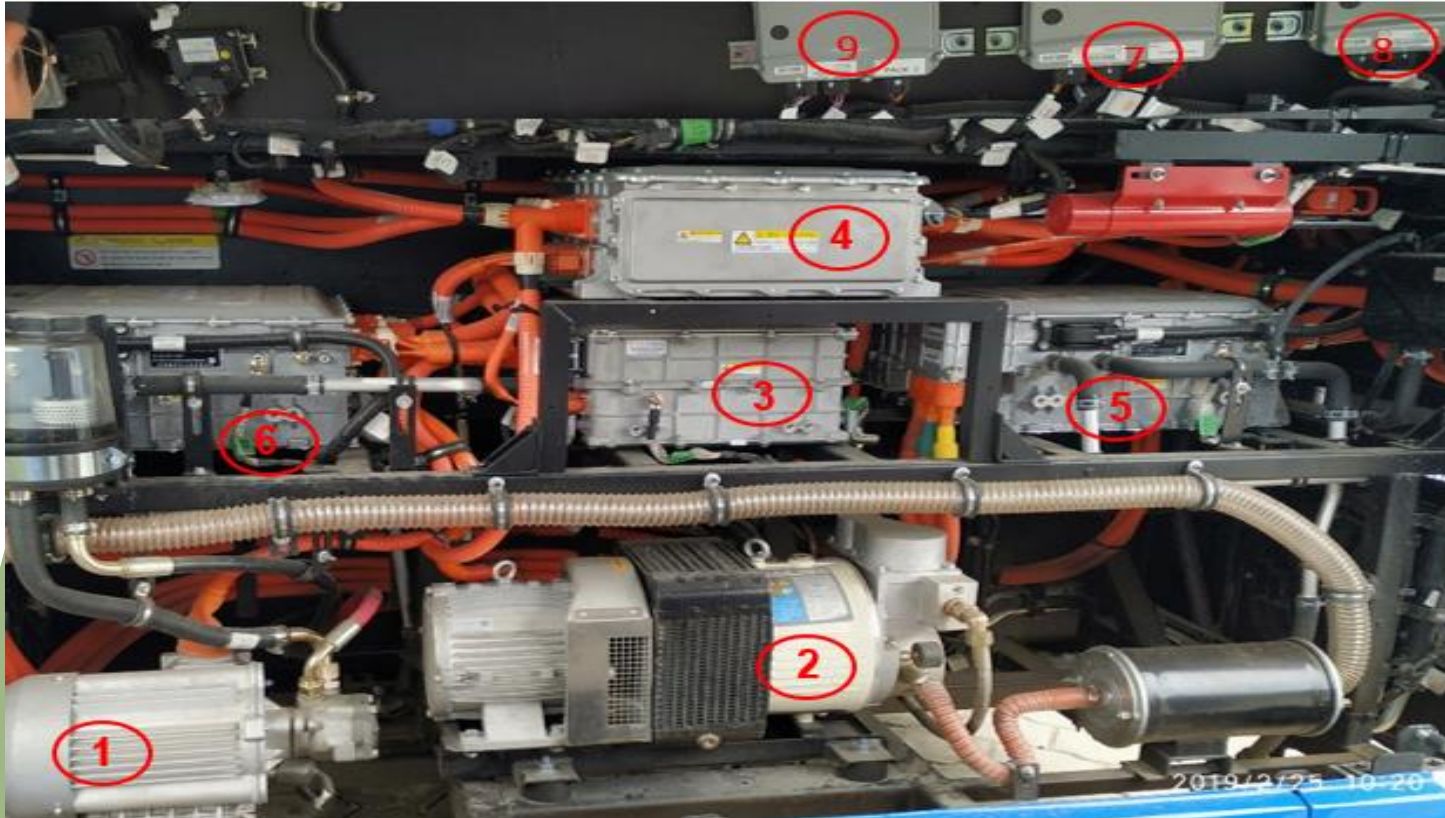
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL BUS BYD K9G



Ítem	Descripción
Marca	BYD
Modelo	K9G
Tipo	Bus urbano
Categoría	M3(Clase II)
Combustible	Electricidad
Tipo de motor	AC síncrono de imanes permanentes
Potencia máxima(kW)	150 kW x 2 (201 HP x 2)
Torque (Nm)	550 x 2
Autonomía(km)	300
Velocidad máxima (km/h)	80
Capacidad de la batería	324kWh/600 Ah
Peso bruto vehicular [PBV] [kg]	19500
Peso en vacío [kg]	13850
Capacidad de carga [kg]	5650
Economía de combustible [km/kWh]	0.93
Capacidad de pasajeros, de pie y sentados [incluye chofer]	De pie: 49, Sentados: 31 + 1 chofer
Área útil disponible para pasajeros de pie [m ²]	8
Tipo de transmisión	Motor en llanta sin caja de cambios
N de marchas	3, Drive, Neutro y Retro
Tracción	4x2



COMPONENTES DEL SISTEMA DE PROPULSIÓN



Descripción

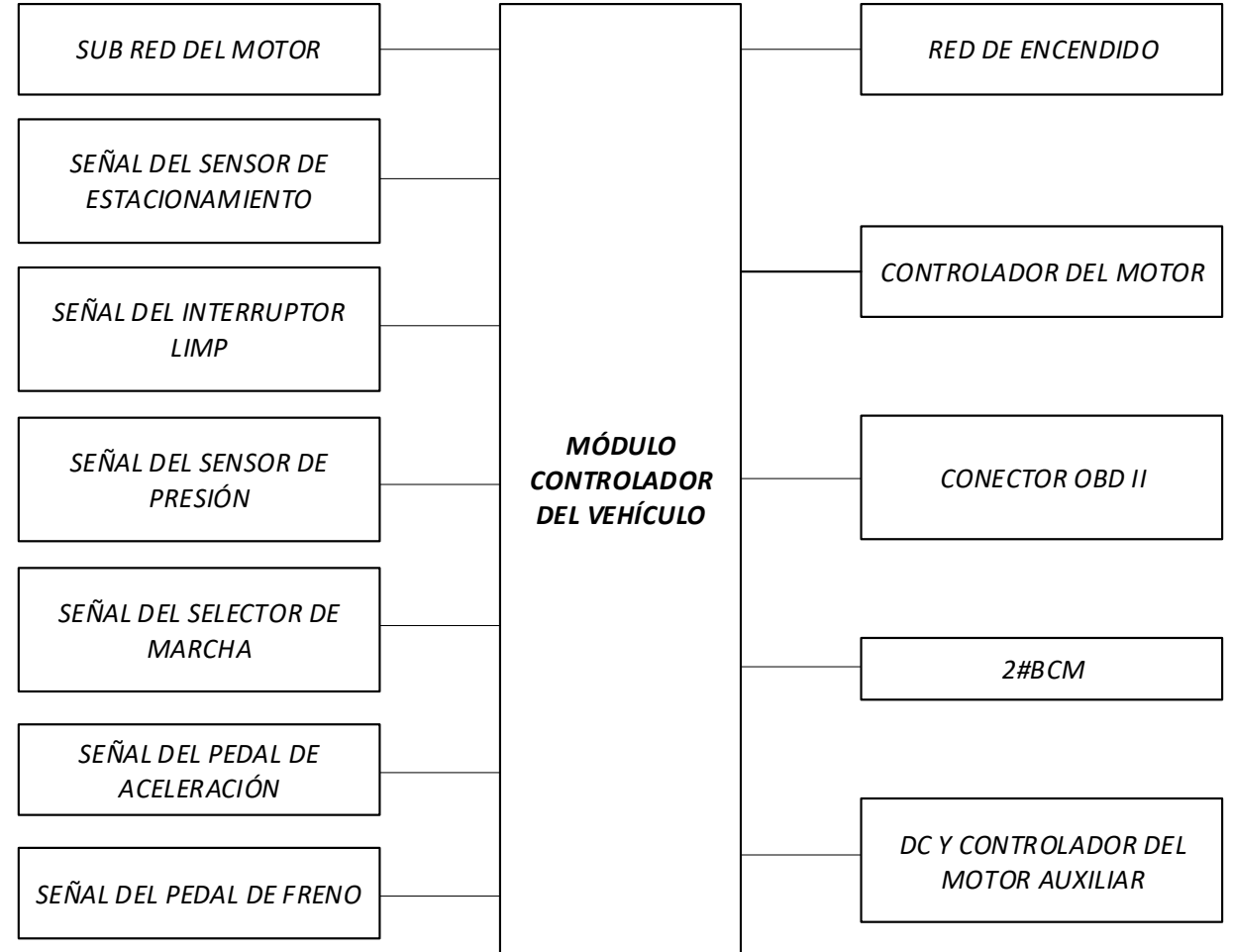
- | | Descripción |
|---|--|
| 1 | Motor de dirección |
| 2 | Motor generador de aire a presión |
| 3 | Inversor |
| 4 | Controlador del compresor de aire |
| 5 | Controlador de accionamiento motor izquierdo |
| 6 | Controlador de accionamiento motor derecho |
| 7 | Controlador general |
| 8 | Controlador BMS 2 A |
| 9 | Controlador BMS 2 B |





MODULO CONTROLADOR DEL VEHÍCULO

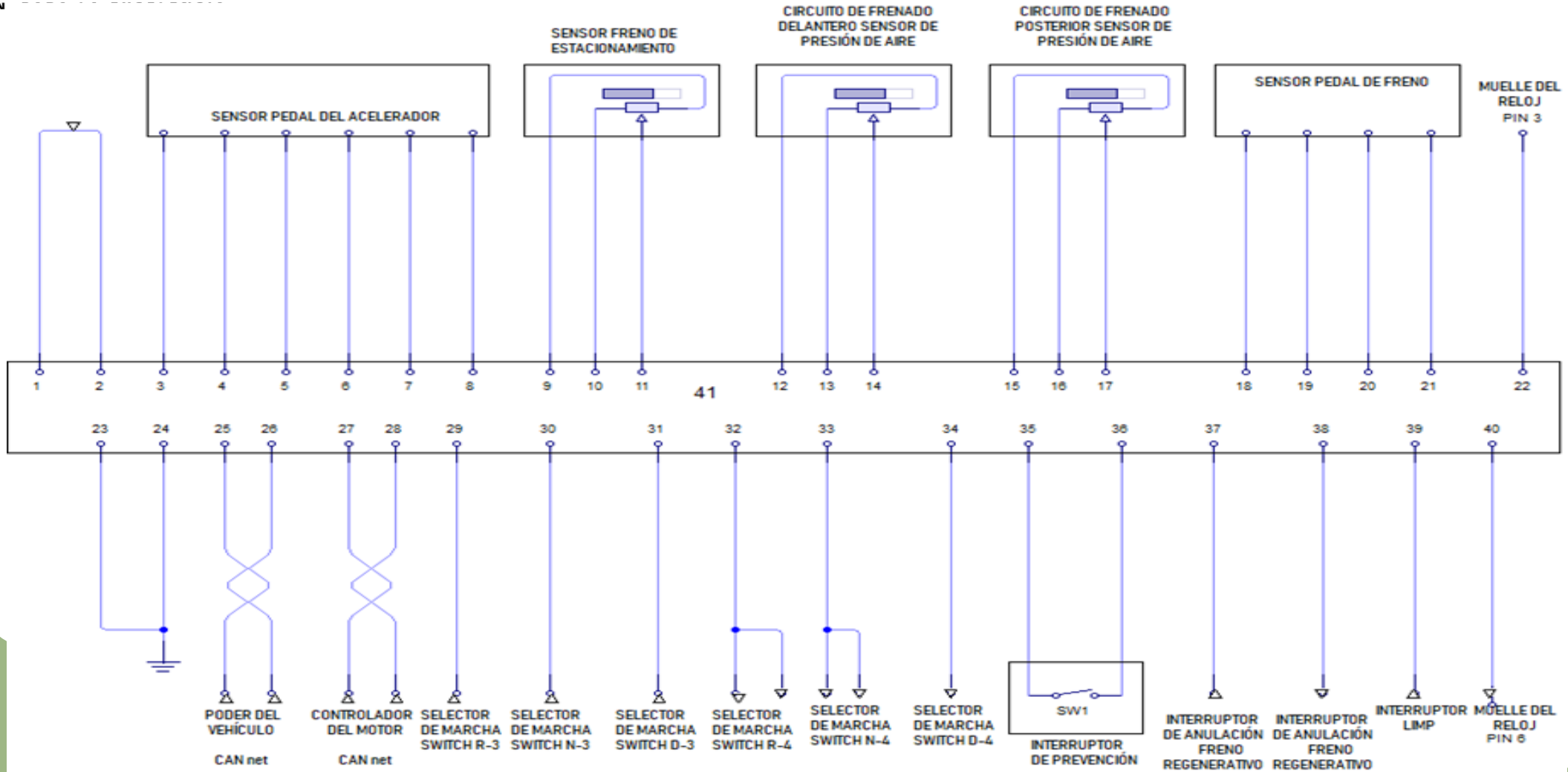
El controlador del vehículo se utiliza principalmente para el cálculo de la potencia, el control de la transmisión, el control auxiliar del vehículo, la recolección y el procesamiento de señales (como el acelerador, el freno y la presión de aire), las alarmas relacionadas con el tren motriz del vehículo, el diagnóstico de fallas mediante la interacción de comunicación y el equipo de red CAN, el control interactivo con la electrónica del chasis (como EBS, ABS y ACU), definición de manejo de fallas para la comunicación CAN, recopilación de señales analógicas y de conmutación, e interacción con otros equipos externos conectados para lograr la función de configuración de parámetros del vehículo.





CIRCUITO ELÉCTRICO

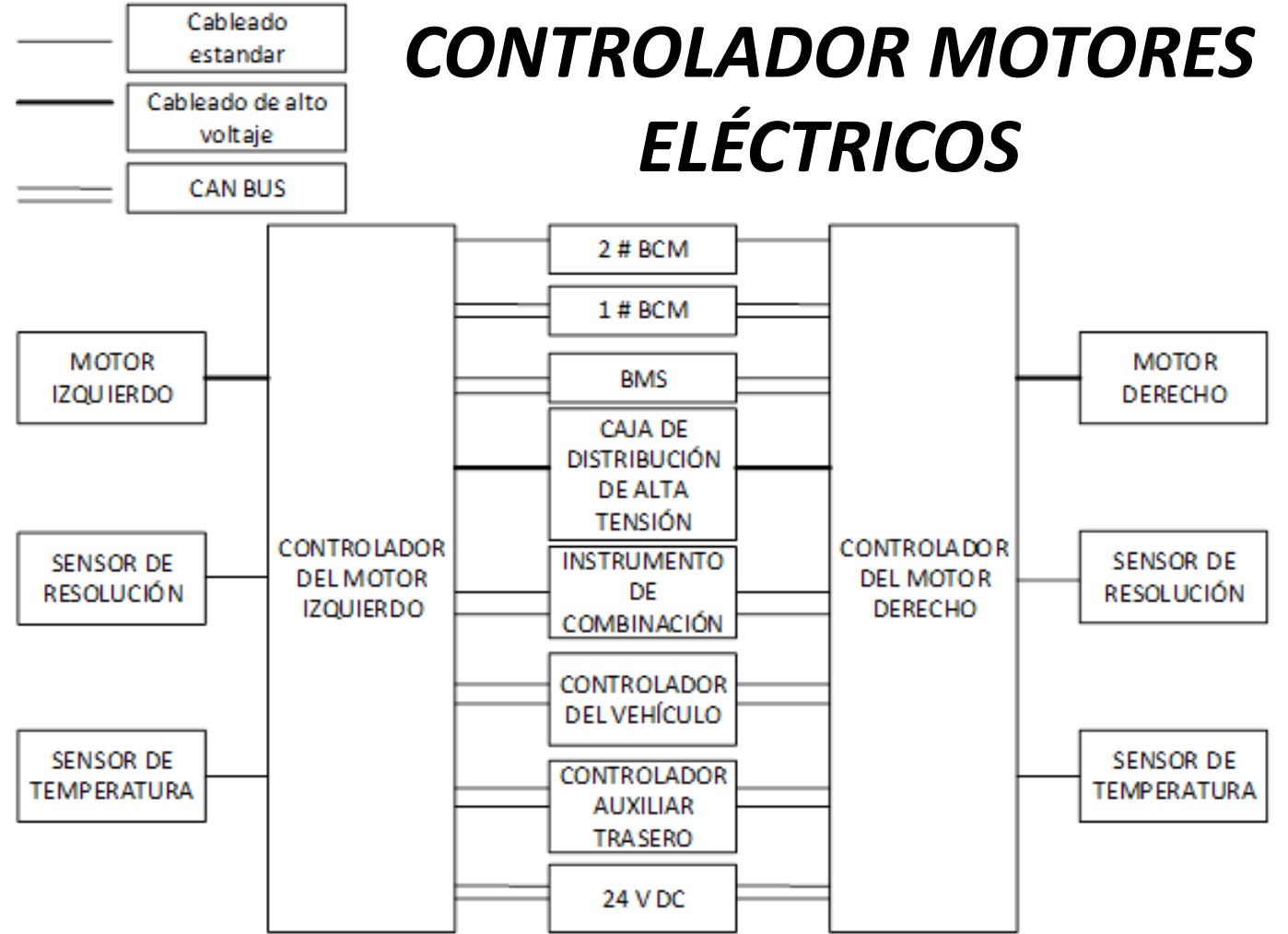
**MÓDULO
CONTROLADOR
DEL VEHÍCULO**





El conjunto del módulo controlador de accionamiento de los motores controla la transferencia de energía desde la batería hasta el motor eléctrico y por último al inversor de voltaje trifásico durante la carga de corriente alterna.

Es utilizado principalmente para controlar el motor eléctrico para la propulsión del vehículo y convertir la corriente alterna trifásica de la red eléctrica en corriente continua para cargar la batería. También realiza funciones tales como comunicarse con la red CAN y resolver problemas.

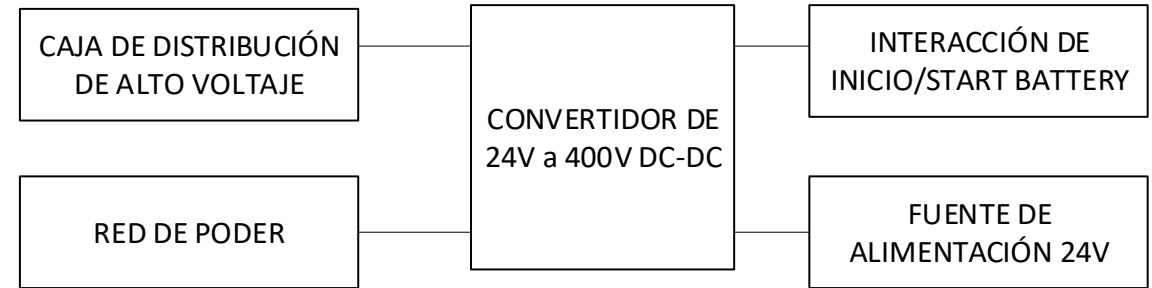




INVERSOR

El inversor en los vehículos eléctricos es el componente principal del sistema eléctrico que cumple las siguientes funciones:

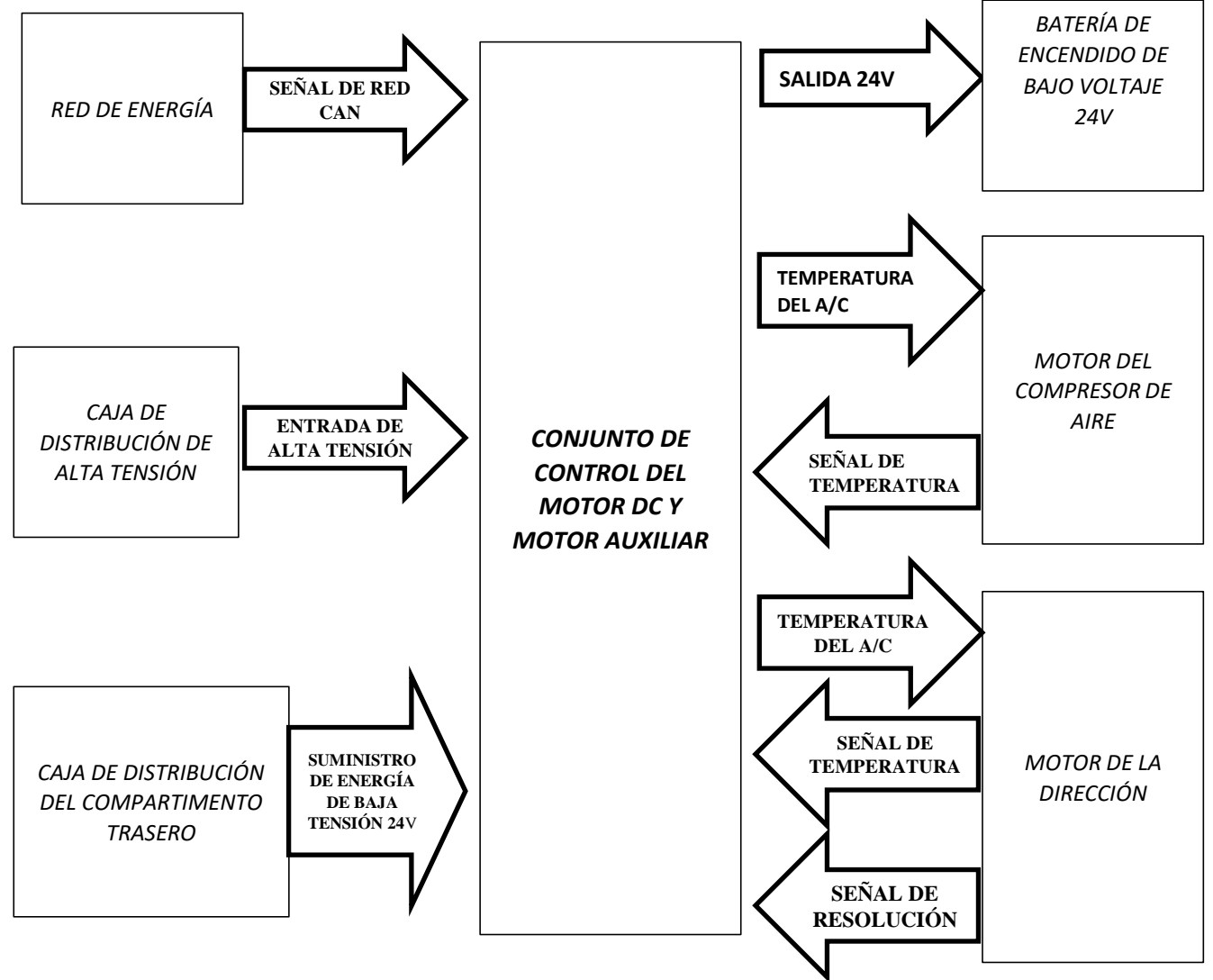
- Distribuir la corriente que se almacena en la batería de alto voltaje (HV) hacia los motores generadores MG1 y MG2.
- Convertir el voltaje principal de la batería en corriente continua que alimenta la batería convencional de 12 V para los diferentes accesorios del vehículo.
- Elevar el voltaje de la batería principal en corriente alterna, este tipo de corriente utilizada por los motores generadores.





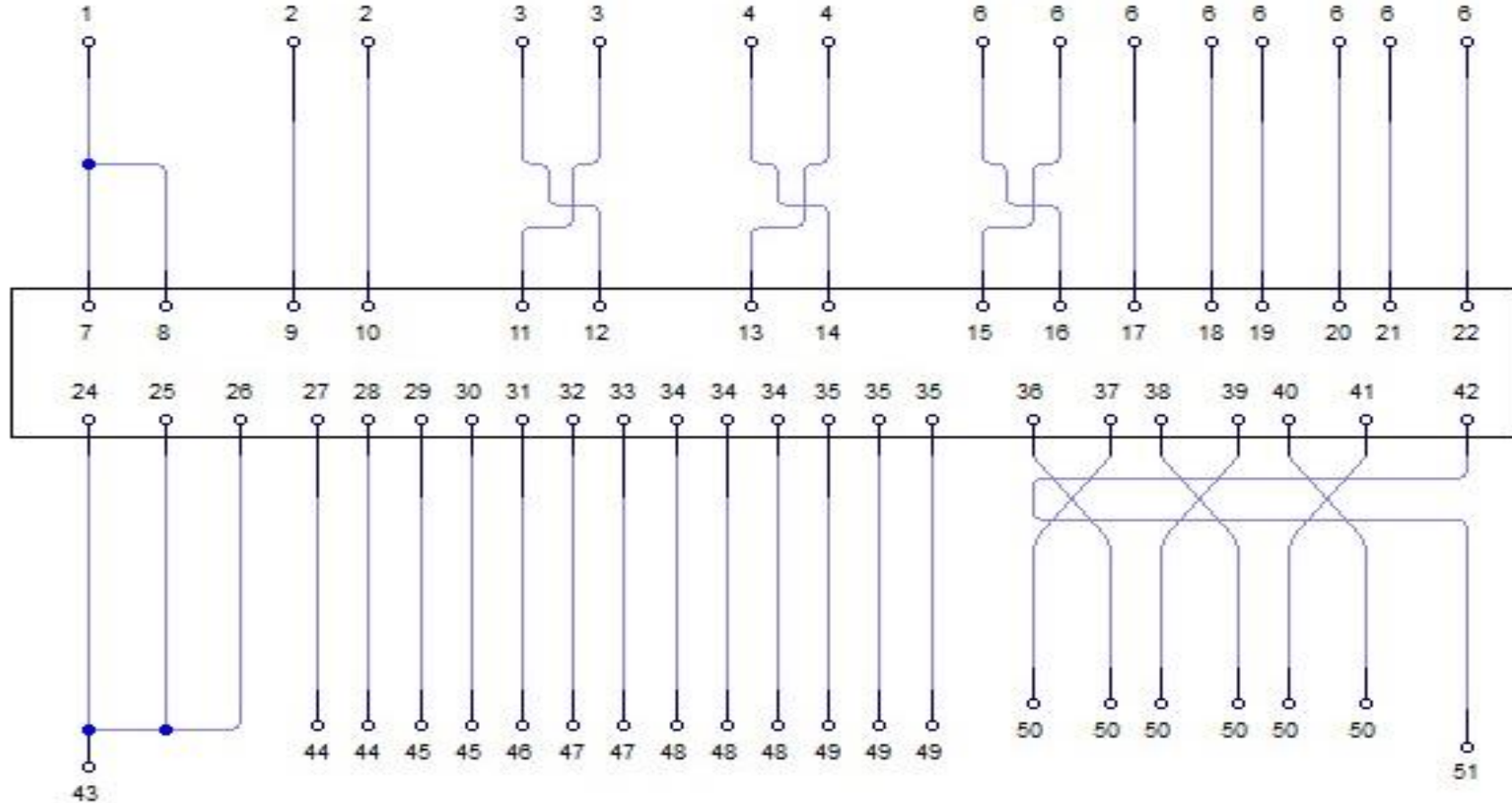
MÓDULO CONTROLADOR AUXILIAR

Este circuito DC es el que da la señal que va hacia el controlador del motor auxiliar del vehículo que se encarga de mantener la presión del circuito de aire comprimido del bus y además del circuito del aire acondicionado.

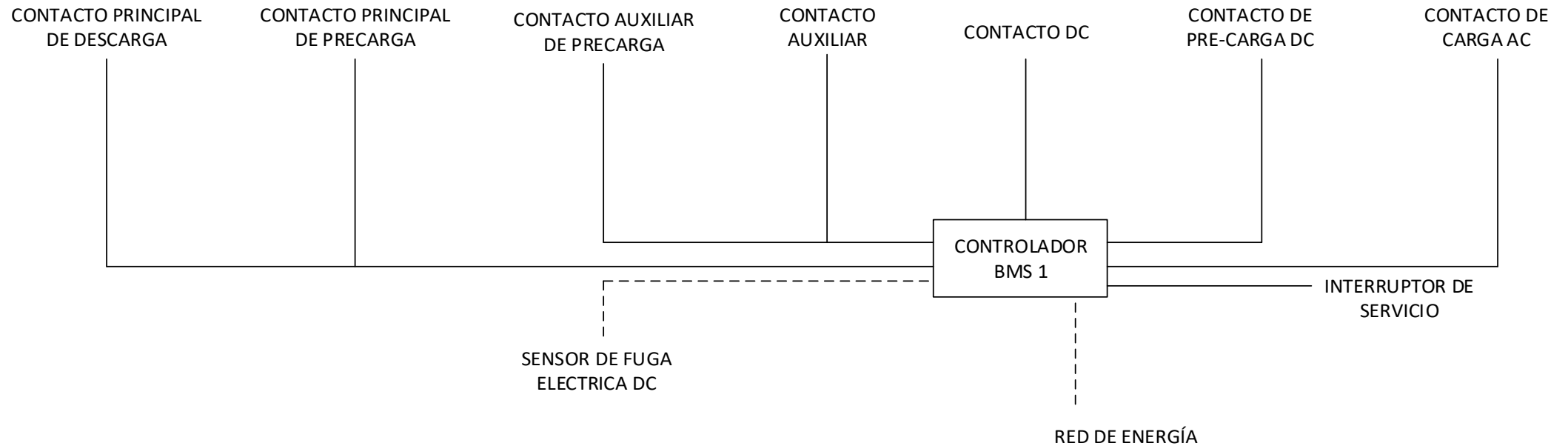




CIRCUITO CONTROLADOR AUXILIAR POSTERIOR

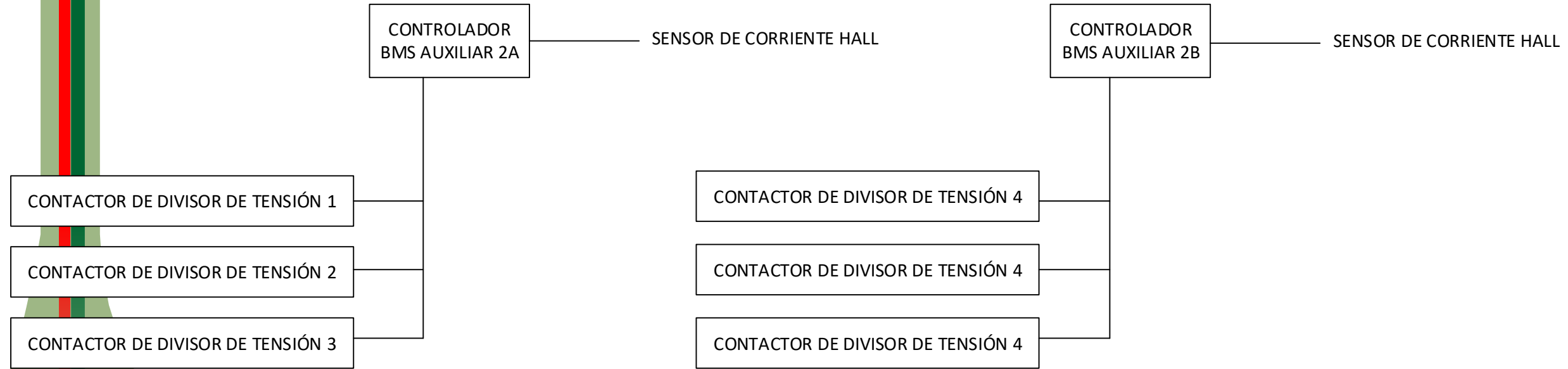


SISTEMA DE GESTIÓN DE BATERÍA (BMS)



El vehículo está provisto con un sistema de control del conjunto de baterías, compuesto por 3 controladores de gestión de batería (BMC), 6 intercomunicadores de información de batería y 36 recolectores de información del estado de las baterías (BIC).



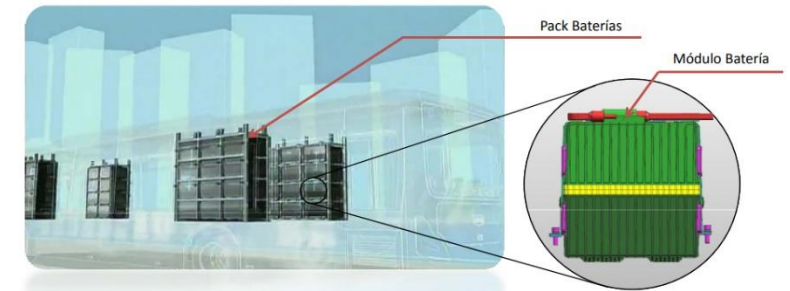


Los controladores de gestión de batería tienen como función la gestión de descarga, manejo de contactores, control de potencia, alarmas y protección contra el estado anormal de la batería. Los compiladores de información de la batería son para muestreo de voltaje, muestreo de temperatura, equilibrio de voltaje entre celdas y detección de anomalías en la línea de muestreo.



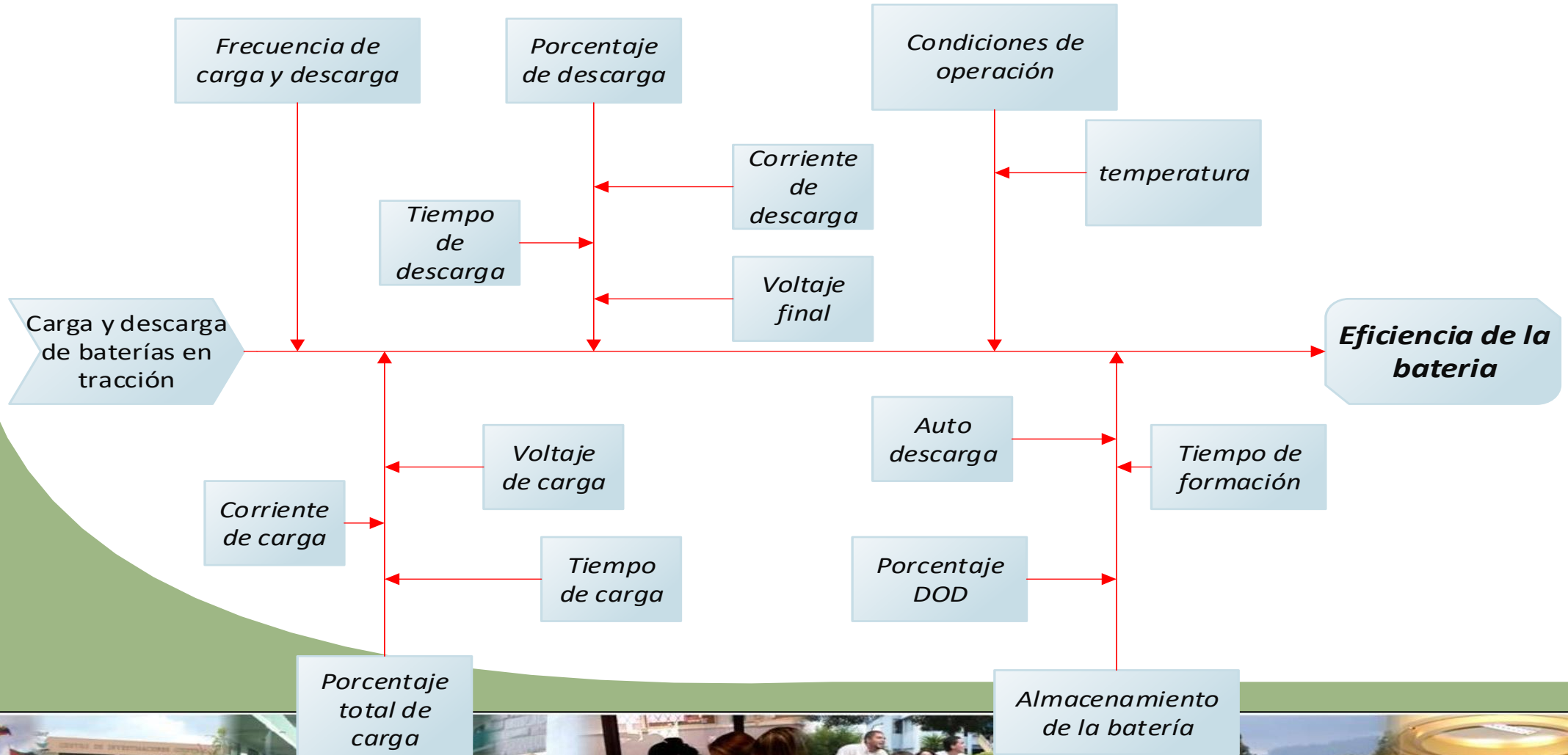
COMPOSICIÓN DE LA BATERÍA BYD

Elemento	Valor	Observación
N° packs	3	Conexión paralela
Módulos	63	C12_8S
Tipo de conexión	21 módulo conectados en serie forman un pack	
Energía [kWh]	Nominal: 310 [kWh] / mínimo: 292 [kWh]	
Capacidad nominal [Ah]	600	
Voltaje nominal [V]	540	2.0 – 3.8 por celda
Masa total [Kg]	3654	
Voltaje de operación [V]	336 - 638	





FACTORES QUE AFECTAN EL RENDIMIENTO DE LAS BATERÍAS





PIDS DEL SISTEMA DE PROPULSIÓN ELÉCTRICO

Ítem	Valor en tiempo real	Rango de funcionamiento	Unidad
Número de la batería de la temperatura más baja	79	0/1000	
Temperatura mínima de la batería	30	-40/60	°C
Número de batería de la temperatura más alta	1	0/1000	
Número de batería de temperatura máxima	33	-40/160	
Energía total regenerada	159	0/16777214	KWh
SOC	234	0/1000	KWh
Consumo de energía instantáneo	138	-1000/1000	KWh/100Km
Rango de autonomía	239	0/400	Km
Numero de celdas en el pack	168	0/254	
Numero de baterías en paralelo	2	1/4	
Índice de capacidad actual del pack 1	70	0/100	%
Corriente del pack 1	6.0	-1000/1000	A
Voltaje total del pack 1	554	0/1000	V
SOC del pack 1	216	0/500	Ah

Capacidad nominal de pack 1	310	0/500	Ah
Energía total cargada del pack 1	2417	0/1048574	KWh
Índice de capacidad actual del pack 2	59	0/100	%
Corriente del pack 2	96.6	-1000/1000	A
SOC del pack 2	182	0/500	V
Voltaje total de pack 2	547	0/1000	Ah
Capacidad nominal de pack 2	310	0/500	Ah
Energía total cargada del pack 2	2151	0/1048574	KWh
Capacidad de carga individual	232.9	0/1000	KWh
Capacidad de descarga individual	7.7	0/1000	KWh
Temperatura en el puerto de carga positivo	-	-40/160	°C
Temperatura en el puerto de carga negativo	-	-40/160	°C
Máxima potencia de descarga permitida	219.2	0/500	KW
Máxima potencia de carga permitida	219.2	0/500	KW
SOC	58.7	0/100	%
Voltaje actual de la batería	548	0/1000	V





ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

← Ebus BMS_2nd generation (BYD) Data flow LC06T44S9K4000004

Data item	Current	Scope	Unit		
Single charge capacity	266.6	0 / 1000	KWH		
Single discharged energy	16.6	0 / 1000	KWH		
DC charging port positive temperature	Invalid value	-40 / 160	°C		
DC charging port negative temperature	Invalid value	-40 / 160	°C		
Maximum allowable discharge power	219.6	0 / 500	KW		
Maximum allowable charging power	219.6	0 / 500	KW		
SOC	53.9	0 / 100	%		
The current total voltage of the battery pack	549	0 / 1000	V		

06:34



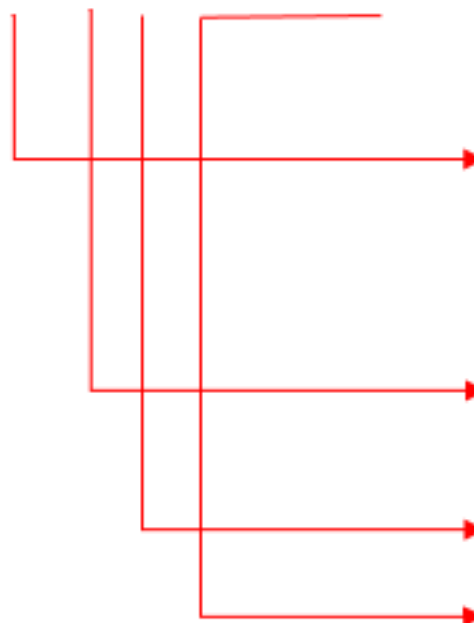


ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

CÓDIGOS DE FALLA DTC

B	1	1	4	9	0	4
---	---	---	---	---	---	---



SISTEMAS	B: body U: red de comunicación C: inversor P: tren de propulsión
ORGANIZACIÓN RESPONSABLE DE DEFINIR EL CODIGO	0: SAE (código común a todas las marcas) 1: el fabricante del vehículo
SUBSISTEMA	1...9 - A...F
DESCRIPCIÓN DE LA FALLA	1...9 - A...F





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Código de falla							Descripción
P	1	B	0	0	0	0	Problema de uniformidad de voltaje de celdas individuales
P	1	B	0	1	0	0	Problema de uniformidad de temperatura
P	1	B	0	2	0	0	Sobrecarga
P	1	B	0	3	0	0	Salto de SOC
P	1	B	0	4	0	0	Desconexión en carga del contactor divisor de voltaje
P	1	B	0	5	0	0	Error de configuración de información de la batería
P	1	B	0	6	0	0	Desvió de corriente
P	1	B	0	7	0	0	Fallo de comunicación en la red CAN

CÓDIGO DE FALLA							Descripción
U	0	1	1	1	0	0	Falla de comunicación con el BMS
U	1	1	0	2	0	0	Falla de comunicación con el controlador del motor derecho
U	1	1	0	4	0	0	Falla de comunicación con el BMS
U	1	1	0	1	0	0	Falla de comunicación con el controlador del motor izquierdo
U	1	1	0	5	0	0	Falla de comunicación con red DC
U	1	1	0	3	0	0	Falla de comunicación con el controlador general del vehículo
U	1	1	0	9	0	0	Falla de comunicación con el cargador
U	1	1	0	6	0	0	Falla de comunicación con el controlador auxiliar posterior
U	1	2	0	1	0	0	Falla de comunicación con el BCM





CÓDIGO DE FALLA							Descripción
C	1	B	0	0	0	0	Alarma de falla de motor
C	1	B	0	0	0	0	Alarma de falla de motor
C	1	B	0	1	0	0	Alarma de sobretemperatura del motor de direccion
C	1	B	0	2	0	0	Alarma de sobre temperatura del controlador de dirección
C	1	B	0	3	0	0	Falla de perdida de fase
C	1	B	0	4	0	0	Sobre tensión de entrada CC
C	1	B	0	6	0	0	Sobrecorriente de salida de CA de fase U
C	1	B	0	7	0	0	Sobrecorriente de salida de CA de fase V
C	1	B	0	8	0	0	Sobrecorriente de salida de CA de fase W
C	1	B	0	9	0	0	Falla IPM
C	1	B	0	A	0	0	Falla de arranque del motor





PID'S DEL CONJUNTO DE BATERIAS

Ítem	Valor en tiempo real	Rango de funcionamiento	Unidad
Número de la batería de la temperatura más baja	79	0/1000	
Temperatura mínima de la batería	30	-40/60	°C
Número de batería de la temperatura más alta	1	0/1000	
Número de batería de temperatura máxima	33	-40/160	
Energía total regenerada	159	0/16777214	KWh
SOC	234	0/1000	KWh
Consumo de energía instantáneo	138	-1000/1000	KWh/100Km
Rango de autonomía	239	0/400	Km
Numero de celdas en el pack	168	0/254	
Numero de baterías en paralelo	2	1/4	
Índice de capacidad actual del pack 1	70	0/100	%
Corriente del pack 1	6.0	-1000/1000	A
Voltaje total del pack 1	554	0/1000	V
SOC del pack 1	216	0/500	Ah





ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

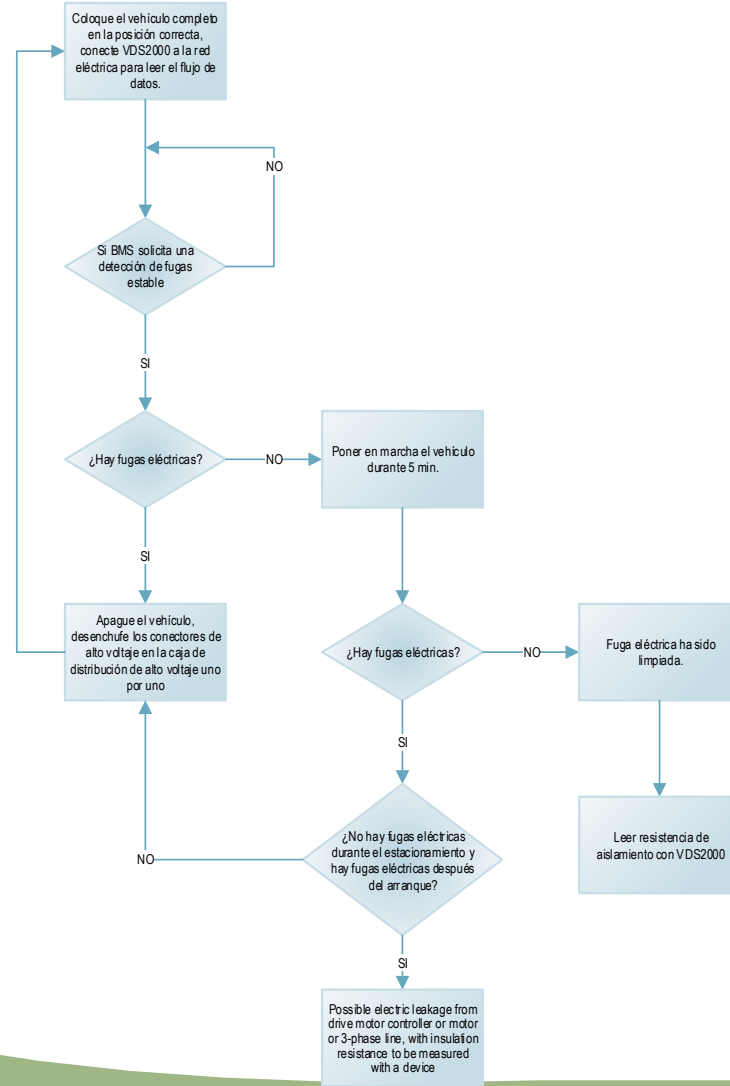
PID'S DEL CONJUNTO DE BATERIAS

Capacidad nominal de pack 1	310	0/500	Ah
Energía total cargada del pack 1	2417	0/1048574	KWh
Índice de capacidad actual del pack 2	59	0/100	%
Corriente del pack 2	96.6	-1000/1000	A
SOC del pack 2	182	0/500	V
Voltaje total de pack 2	547	0/1000	Ah
Capacidad nominal de pack 2	310	0/500	Ah
Energía total cargada del pack 2	2151	0/1048574	KWh
Capacidad de carga individual	232.9	0/1000	KWh
Capacidad de descarga individual	7.7	0/1000	KWh
Temperatura en el puerto de carga positivo	-	-40/160	°C
Temperatura en el puerto de carga negativo	-	-40/160	°C
Máxima potencia de descarga permitida	219.2	0/500	KW
Máxima potencia de carga permitida	219.2	0/500	KW
SOC	58.7	0/100	%
Voltaje actual de la batería	548	0/1000	V



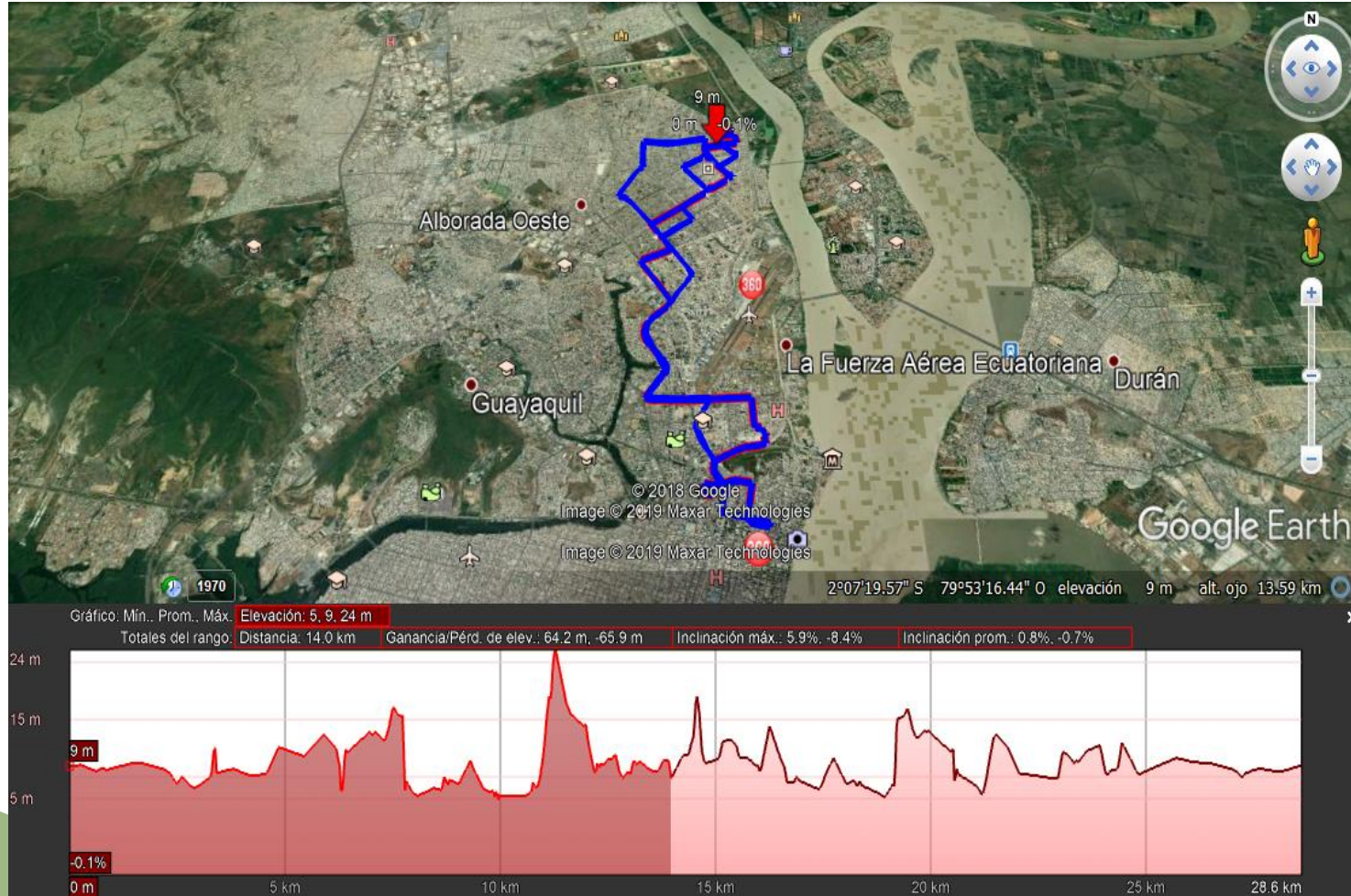


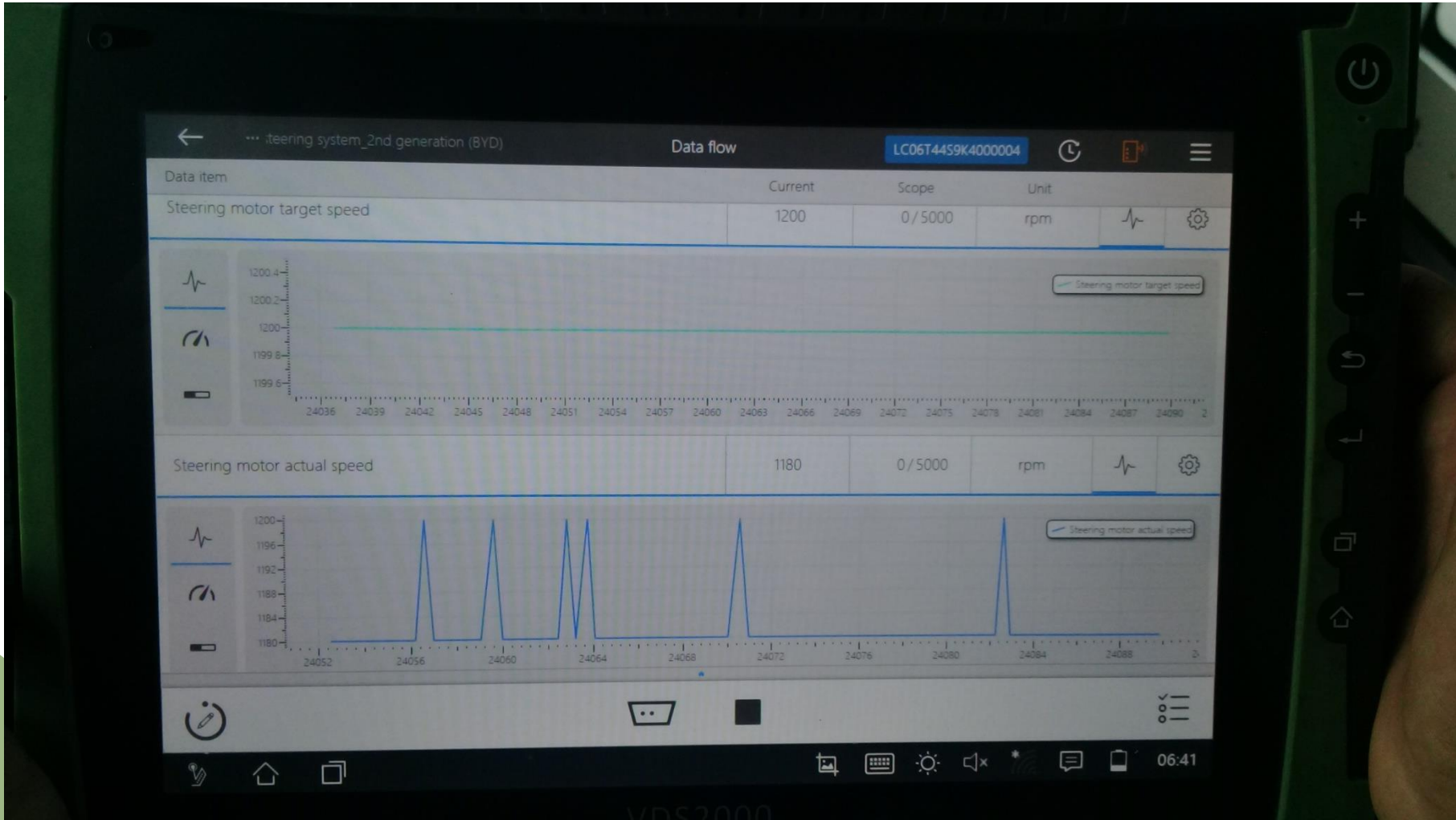
DIAGNÓSTICO DE FALLAS



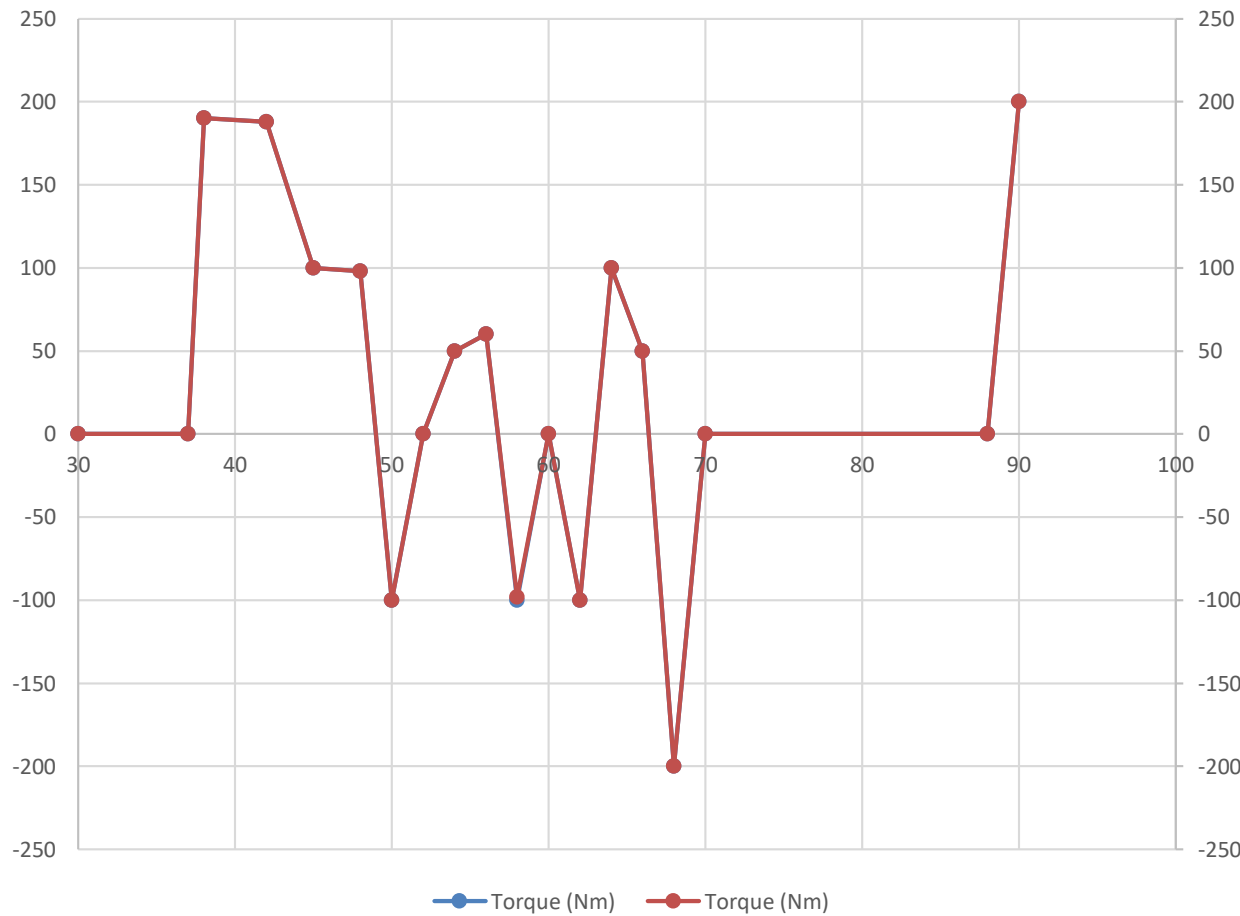


PRUEBAS Y ANÁLISIS

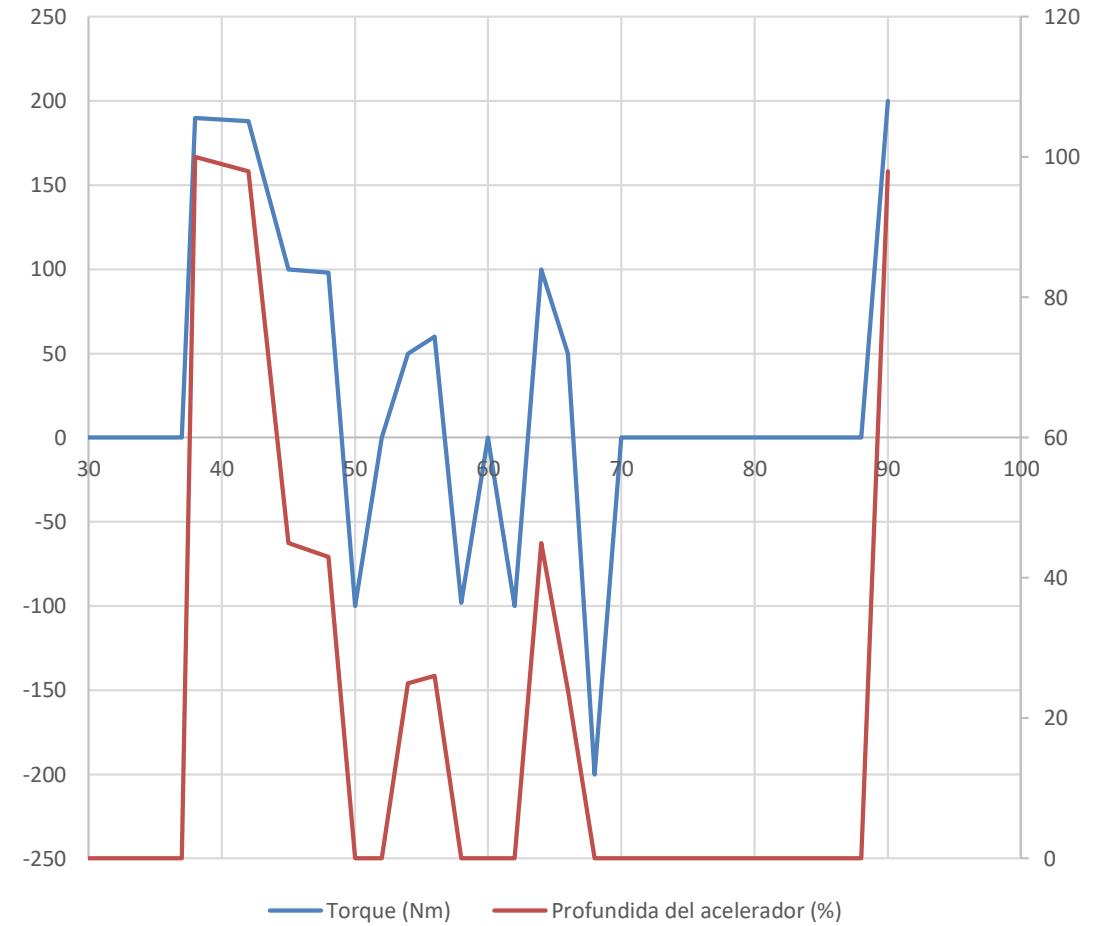




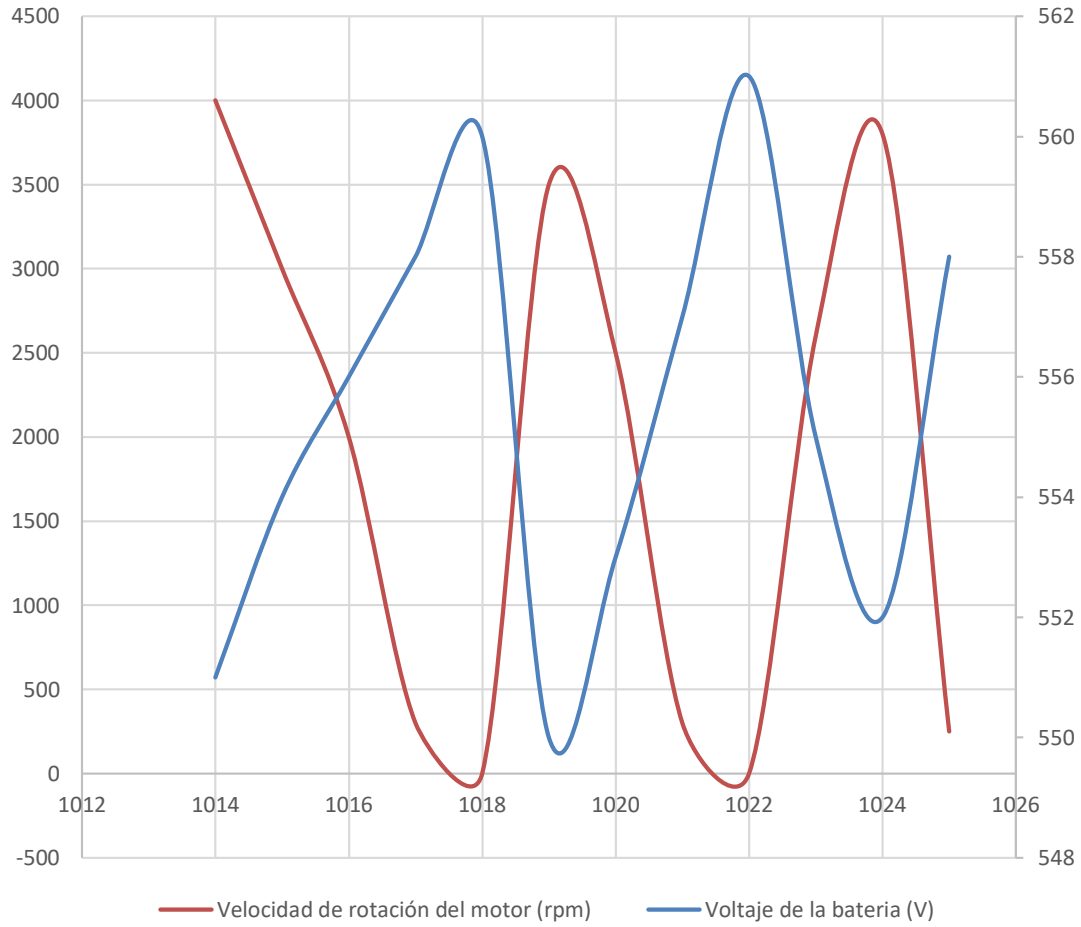
Torque Motor Izquierdo vs Motor Derecho



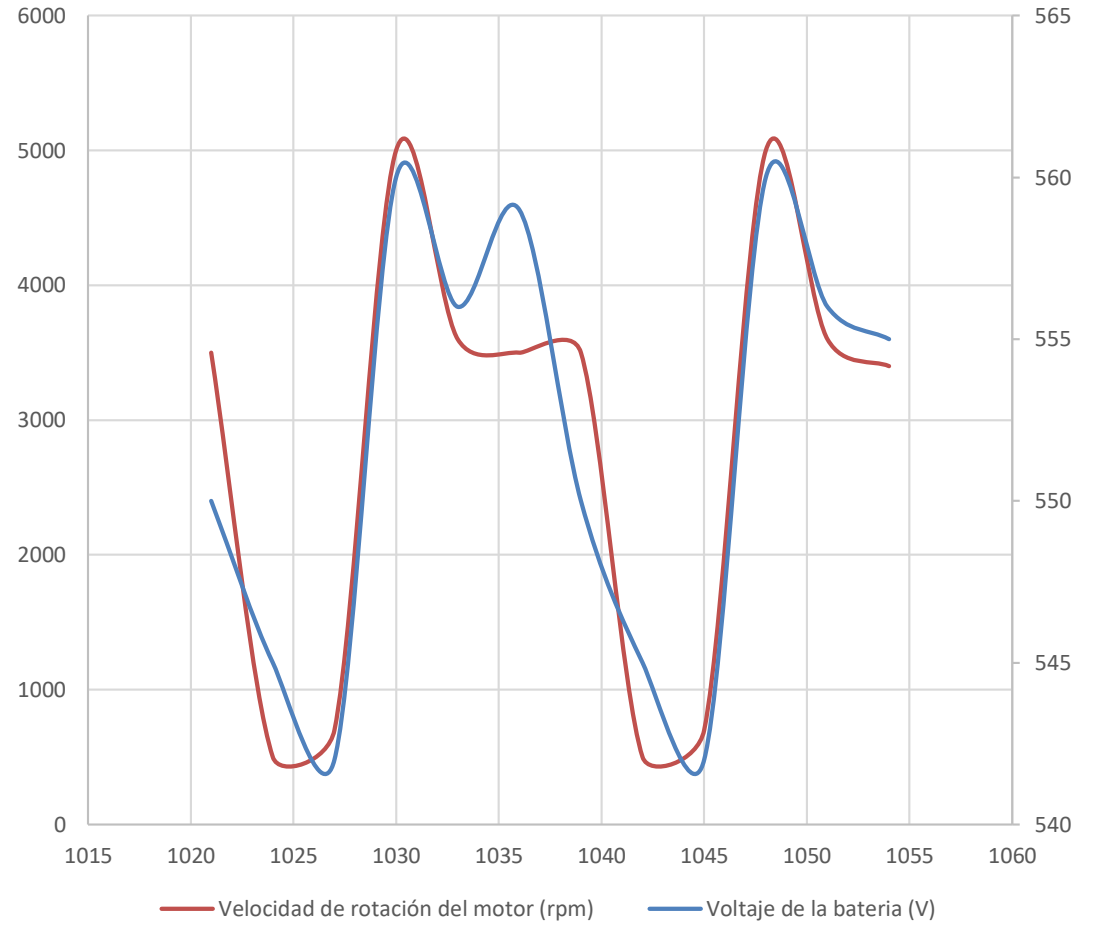
Torque del motor vs Profundidad del acelerador



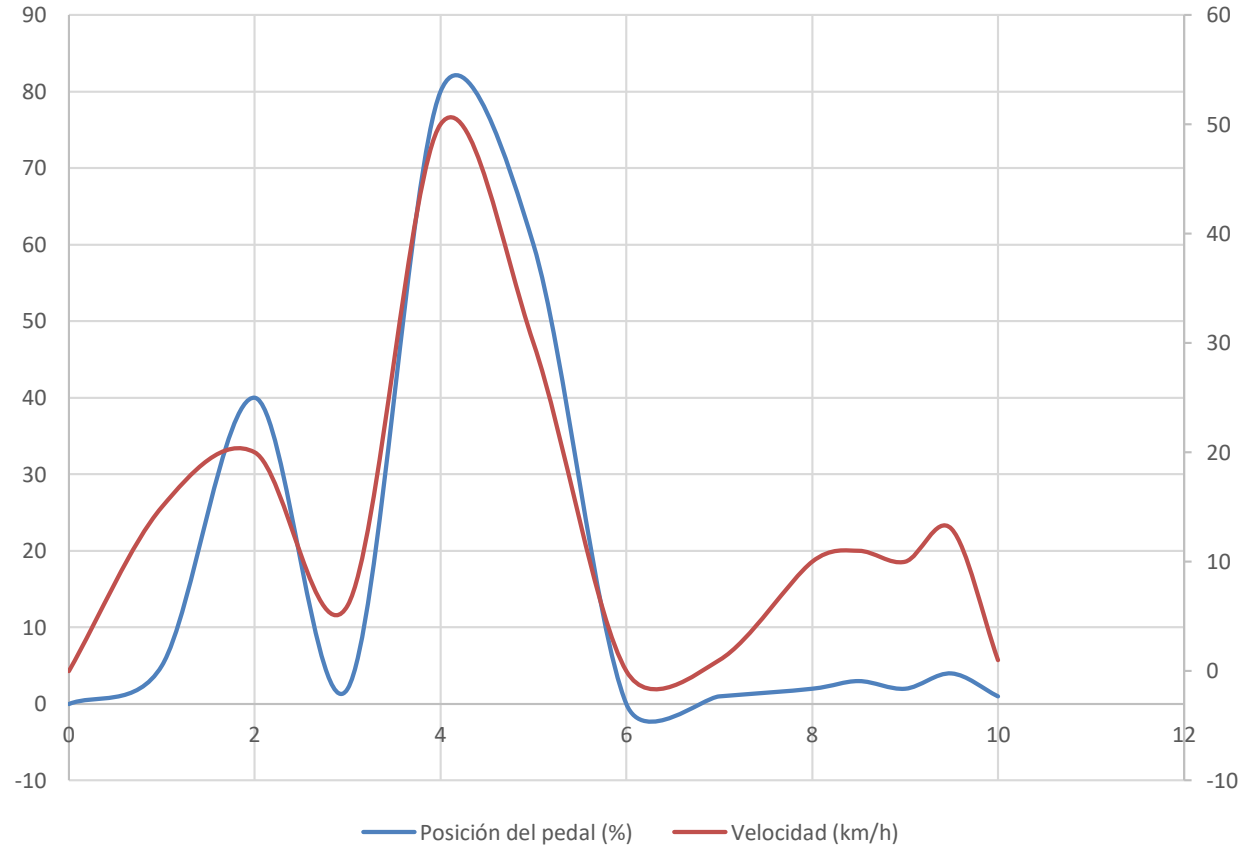
Consumo de batería vs Velocidad de rotación del motor



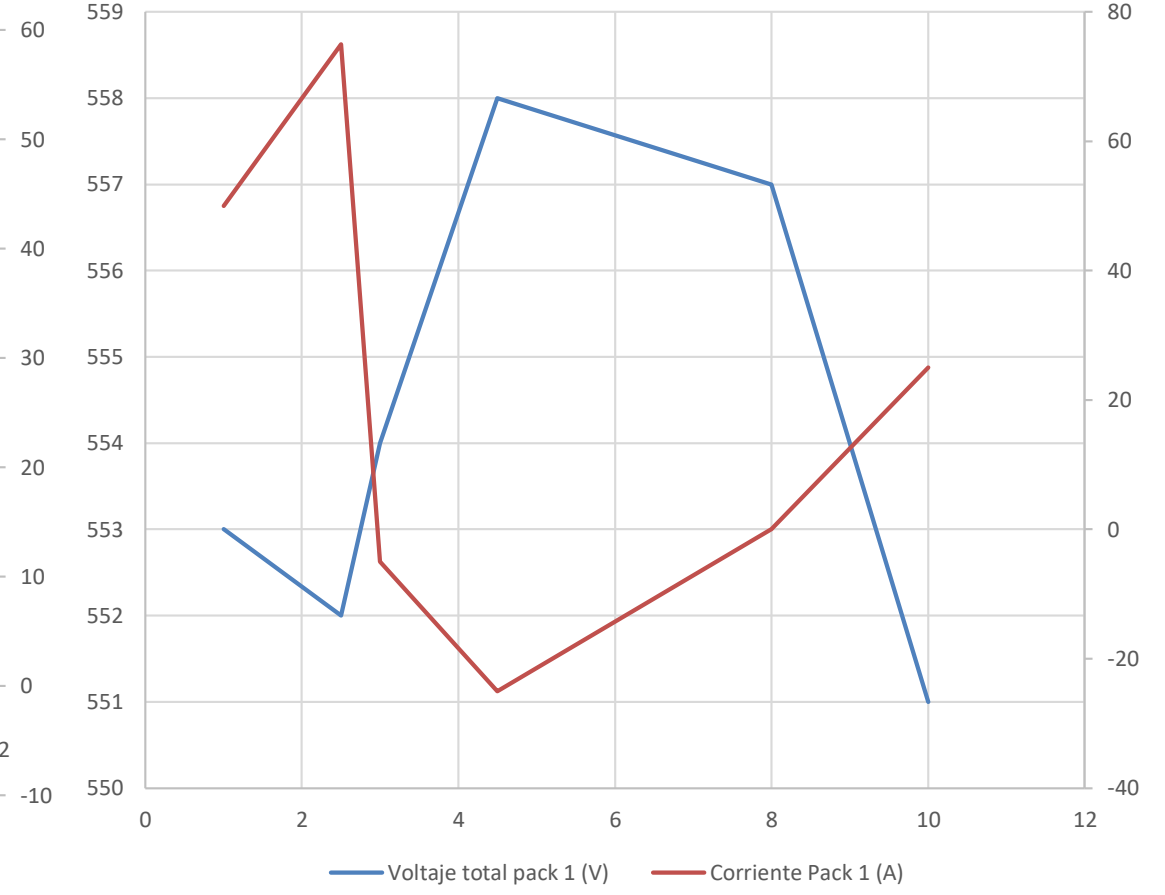
Consumo de batería vs velocidad de rotación del motor



Profundidad del pedal de aceleración vs velocidad del vehículo

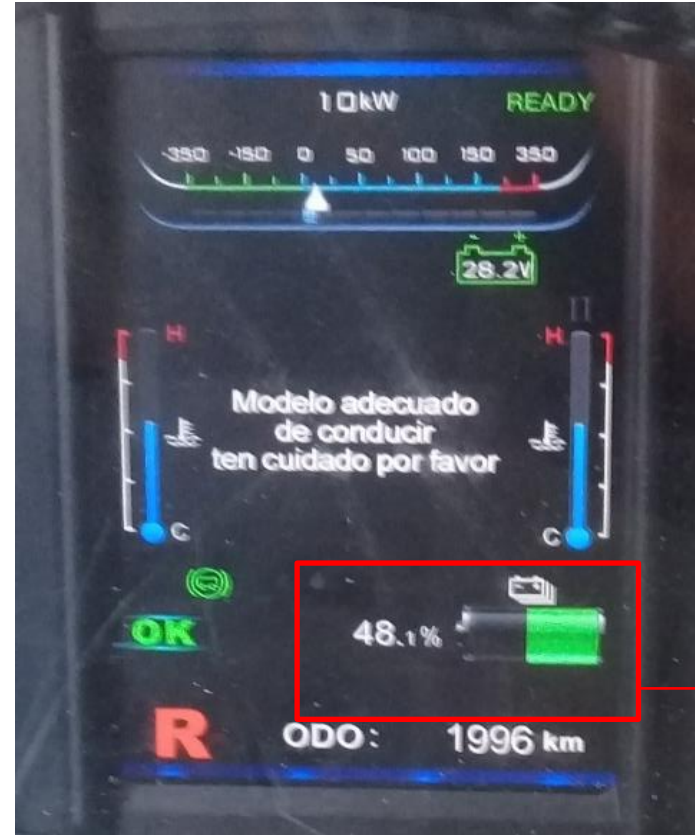


Voltaje total del pack 1 vs Corriente del pack 1





INDICADOR DE CARGA SOC



Indicador del estado de
carga





DETERMINACIÓN DE LA AUTONOMÍA

CORRELACIÓN DE VARIABLES

	Tiempo	Velocidad	Distancia	Posición del acelerador	SOC
Velocidad	0.746				
Distancia	0.952	0.743			
Posición del acelerador	0.728	0.955	0.721		
SOC	-0.996	-0.748	-0.944	-0.726	
Autonomía	-0.989	-0.773	-0.950	-0.743	0.993





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

FLUJO DE DATOS

Variables independientes					Variable dependiente
x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	Autonomía(km)
Tiempo (s)	Velocidad (km/h)	Distancia (km)	Posición del acelerador (%)	SOC (%)	
10	0,7	0,00	0	97,9	293,9
11	0,7	0,00	0	97,9	293,9
12	0,7	0,00	0	97,9	293,9
13	0,7	0,00	0	97,9	293,9
14	0,7	0,00	0	97,9	293,9
15	0,7	0,00	0	97,9	293,9
16	0,7	0,00	0	97,9	293,9
17	0,7	0,00	0	97,9	293,9
18	0,7	0,00	0	97,9	293,9
19	0,7	0,00	0	97,9	293,9
20	0,7	0,00	0	97,8	293,6
21	0,7	0,00	0	97,8	293,6
22	0,7	0,00	0	97,8	293,6
23	0,7	0,00	0	97,8	293,6
24	0,7	0,00	0	97,8	293,6
25	0,7	0,00	0	97,8	293,6
26	0,7	0,00	0	97,8	293,6
27	0,7	0,00	0	97,8	293,6
28	0,7	0,00	0	97,8	293,6
29	0,7	0,00	0	97,8	293,6
30	0,8	0,00	0	97,8	293,6
31	1,1	0,00	16	97,8	293,6
32	1,4	0,00	17	97,8	293,6
33	2,2	0,00	29	97,8	293,6
34	2,5	0,00	29	97,8	293,6
35	2,5	0,00	29	97,8	293,6
36	2,5	0,00	34	97,7	293,4





$$\text{Autonomía teórica} = \left(\frac{\text{SOC}(\%) * \text{Autonomía vacío}}{100} \right)$$

$$\text{Autonomía teórica} = 294 \text{ km}$$

Variables independientes	Variables influyentes
x_1	Tiempo del recorrido (s)
x_2	Velocidad (km/h)
x_3	Distancia recorrida (km)
x_4	Aceleración (%)
x_5	SOC(%)

Termino	Valor T	Valor p	FIV
Tiempo (s)	1.34	0.182	148.91
Velocidad(km/h)	-3.97	0	12.87
Distancia (km)	-4.12	0	11.45
Profundidad del acelerador (%)	2.16	0.032	11.88
SOC(%)	10.82	0.182	127.90

$$\text{AUTONOMÍA REAL} = 0,2 + 0,00247 x_1 - 0,00649 x_2 - 0,3130x_3 + 0,001823x_4 + 3,000 x_5$$

$$\text{AUTONOMÍA REAL} = 294.2 \text{ km}$$



CONCLUSIONES

Se diagnosticó electrónicamente por medio del escáner automotriz VDS2000 los sistemas para la propulsión del bus BYD modelo K9G, su funcionamiento en tiempo real monitoreado en ruta y su correlación entre módulos controladores.

Se recopiló información de estudios relacionados al análisis de vehículos eléctricos y adicional se realizó el estudio de la conexión interna de los componentes del sistema motriz.

Se analizó todo el flujo de datos obtenidos en las pruebas en ruta monitoreadas definiendo cada uno de los factores que inciden directamente en el consumo de energía que proporciona el conjunto de batería para con estos factores determinar su autonomía.





CONCLUSIONES

Se definió las variables independientes que influyen directamente en la determinación de la autonomía del vehículo eléctrico mediante la ecuación de regresión lineal, estas son: tiempo del recorrido, velocidad, distancia, aceleración y el SOC, en menor incidencia tenemos el grado de inclinación que tiene el circuito.

Se investigó los parámetros y datos de funcionamiento del inversor y motores eléctricos del vehículo concluyendo que tanto motores como baterías cumplen con las exigencias del circuito tanto en torque, potencia y almacenamiento de energía ya que en el circuito por la velocidad máxima permitida y la capacidad de carga del bus al final del día existe un remanente de batería superior al 30%.

Se Obtuvieron los parámetros de carga y descarga del conjunto batería de alta tensión mediante la utilización del VDS2000 para posteriormente utilizar dichos datos en la determinación de la autonomía del vehículo mediante la ecuación.





ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Si una persona no tiene sueños, no tiene razón de vivir, soñar es necesario aún cuando el sueño va más allá de la realidad, para mi soñar es uno de los principios de la vida.

Ayrton Senna

