



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**TEMA: DIAGNÓSTICO DEL INVERSOR (INVERSOR Y CONVERTOR)
DE UN VEHÍCULO HÍBRIDO**

AUTORES:

**JONATHAN DANIEL MORETA LLIQUIN
ANTHONY JESÚS VELASCO CARDENAS**

DIRECTOR:

ING. IGNACIO BAYARDO BENAVIDES CEVALLOS

Ibarra, 2023

CERTIFICADO

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

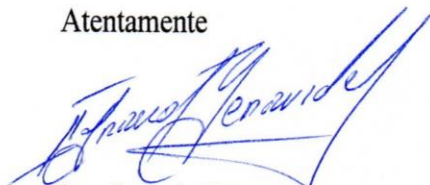
En mi calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas

CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es “DIAGNÓSTICO DEL INVERSOR (INVERSOR Y CONVERTOR) DE UN VEHÍCULO HÍBRIDO” presentado por los señores: Jonathan Daniel Moreta Lliquin y Anthony Jesús Velasco Cardenas con números de cédula 1753072402 y 0401674890, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, 27/11/2023

Atentamente



Ing. Ignacio Benavides

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
DATO N° 1			
CEDULA DE IDENTIDAD:	1753072402		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Moreta Lliquin Jonathan Daniel		
DIRECCIÓN:	Cayambe (Barrio Primero De Mayo Vía Santo Domingo)		
EMAIL:	jdmoretal@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	N/A	TELÉFONO MÓVIL:	0992755340
DATO N° 2			
CEDULA DE IDENTIDAD:	0401674890		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Velasco Cárdenas Anthony Jesús		
DIRECCIÓN:	Ibarra (Av.13 de abril y Imbabura)		
EMAIL:	ajvelascoc@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	N/A	TELÉFONO MÓVIL:	0986045150

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Diagnóstico Del Inversor (Inversor Y Conversor) De Un Vehículo Híbrido
AUTORES:	Jonathan Daniel Moreta Lliquin Anthony Jesús Velasco Cardenas
FECHA:	27/11/2023
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA	Ingeniería Automotriz
DIRECTOR ASESOR	Ing. Ignacio Benavides. MSc Ing. Ramiro Rosero. MSc

2. CONSTANCIAS

Los autores manifiestan que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de esta y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 27 días del mes de noviembre de 2023

AUTORES:



Jonathan Daniel Moreta Lliquin

1753072402



Velasco Cárdenas Antony Jesus

0401674890

DEDICATORIA

Con todo mi amor y gratitud, dedico este trabajo de grado a mis padres, fuente inagotable de inspiración y sabiduría. A mi querida hermana, cuya complicidad y apoyo han iluminado mis días. A cada miembro de mi familia, cuyo afecto y aliento han sido el pilar fundamental en mi camino hacia la realización personal. Gracias por sus consejos sabios y su inquebrantable apoyo; han sido mi guía en la senda del bien. Este logro es también suyo, y mi corazón rebosa de cariño al compartir con ustedes este capítulo de mi vida.

El presente trabajo de grado es dedicado a mis padres, hermanos y todas las personas de mi familia, quienes, con sus consejos y el apoyo brindado, han logrado guiarme, cada consejo, cada gesto de aliento, ha contribuido a forjar mi carácter y a guiarme hacia la senda del bien. La importancia de los valores familiares resuena en cada página de este trabajo, siendo ellos el cimiento sobre el cual he construido mi formación integral.

AGRADECIMIENTO

Es un privilegio extender nuestros más sinceros agradecimientos a la Universidad Técnica del Norte, bastión académico que ha sido testigo y facilitador de nuestra travesía formativa. Su compromiso con la excelencia educativa ha forjado en nosotros los pilares sólidos necesarios para enfrentar con éxito los desafíos profesionales que nos depara el futuro.

Aprovechamos esta oportunidad para expresar nuestra gratitud a los distinguidos docentes de la carrera de Ingeniería Automotriz. Cada uno de ustedes ha compartido de manera generosa sus vastos conocimientos y experiencias, moldeando nuestra comprensión y habilidades en el campo automotriz. Vuestra dedicación incansable y pasión por la enseñanza han sido fuentes invaluable de inspiración, guiándonos con sabiduría a lo largo de esta travesía académica.

Este logro no solo es el resultado de nuestro esfuerzo individual, sino también del apoyo invaluable de aquellos que nos han impartido conocimientos y orientación con generosidad. Agradecemos a cada profesor por su impacto positivo en nuestra formación, contribuyendo significativamente a nuestro crecimiento como futuros ingenieros automotrices.

Nos sentimos afortunados de haber sido guiados por maestros de la talla de ustedes, y reconocemos que nuestras metas académicas no habrían sido alcanzadas sin su dedicación y apoyo. Apreciamos profundamente su compromiso con la educación y su contribución al desarrollo de nuestras habilidades técnicas y profesionales. Este logro es tan suyo como nuestro, y nos enorgullece compartirlo con tan distinguido cuerpo docente.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN	XIV
ABSTRACT	XV
CAPÍTULO 1	1
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 SITUACIÓN ACTUAL.....	3
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.3 OBJETIVOS	4
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	4
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.4 ALCANCE	5
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	5
CAPÍTULO 2	7
2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	7
2.1 VEHÍCULOS HÍBRIDOS	7
2.1.1 ARQUITECTURAS GENERALES DE VEHÍCULOS HÍBRIDOS	7
2.2 COMPONENTES DEL VEHÍCULO HÍBRIDO.....	9
2.2.1 BATERÍA HÍBRIDA.....	9
2.2.2 LA ECU DEL HV.....	11
2.2.3 MOTOR/GENERADOR.....	12
2.2.4 MOTOR DE COMBUSTIÓN.....	14
2.2.5 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	15
2.2.6 INVERSOR	16
2.3 EL INVERSOR.....	16
2.3.1 PARTES INTERNAS Y EXTERNAS.....	18
2.3.1.1 Carcasa	18
2.3.1.2 Unidad de Control del Motor (MCU).....	19
2.3.1.3 Convertidor DC-DC de Baja Tensión (LDC).....	22
2.3.1.4 Unidad de Control Híbrido (HCU).....	23
2.3.1.5 Reactor.....	26
2.3.1.6 Transistores IGBT	28
2.3.1.7 Sistema de Refrigeración del Inversor	30
2.3.1.8 Pasta Térmica	32
2.3.2 PROCESOS DEL INVERSOR	33
CAPÍTULO 3	37

3 MATERIALES Y METODOLOGÍA.....	37
3.1 FLUJOGRAMA DEL DIAGNÓSTICO DEL INVERSOR	37
3.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL VEHÍCULO HÍBRIDO	39
3.3 EQUIPOS DE PROTECCIÓN	40
3.3.1 GUANTES.....	41
3.3.2 CALZADO DE SEGURIDAD.....	42
3.3.3 MANTA DE AISLAMIENTO.....	42
3.4 HERRAMIENTAS PARA EL DIAGNÓSTICO	43
3.4.1 ESCÁNER	43
3.4.2 MULTÍMETRO AUTOMOTRIZ.....	46
3.5 DIAGNÓSTICO DEL INVERSOR DEL VEHÍCULO HÍBRIDO	49
3.5.1 DIAGNÓSTICO DEL INVERSOR CON EL ESCÁNER	50
3.5.2 DIAGNÓSTICO DEL INVERSOR CON EL MULTÍMETRO (INNOVA 3340a) y (BOSCH FIX 7677).....	64
CAPÍTULO 4	72
4 RESULTADOS.....	72
4.1 PROCESOS DEL INVERSOR CON LOS MOTO GENERADORES.....	72
4.1.1 MODOS DE OPERACIÓN DEL VEHÍCULO HÍBRIDO	73
4.2 INSPECCIÓN VISUAL	75
4.2.1 INDICADORES DE ADVERTENCIA	77
4.3 DIAGNÓSTICO CON EL ESCÁNER.....	79
4.3.1 HSG (GENERADOR DE ARRANQUE HÍBRIDO).....	80
4.3.2 MOTOR DE ACCIONAMIENTO HÍBRIDO O MOTOR DE TRACCIÓN.....	86
4.3.3 BATERÍA HIBRIDA.....	91
4.3.4 LDC (CONVERTIDOR DC-DC DE BAJA TENSIÓN)	101
4.4 DIAGNÓSTICO CON EL MULTÍMETRO	112
4.4.1 COMPROBACIÓN DE LOS IGBTs CON EL MULTÍMETRO	112
4.4.2 MEDICIÓN DEL FUSIBLE DC CON EL MULTÍMETRO	121
4.4.3 MEDICIÓN DE CONTINUIDAD EN LOS MÓDULOS DEL INVERSOR CON EL MULTÍMETRO.....	122
CAPÍTULO 5	126
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	126
5.1 CONCLUSIONES.....	126
5.2 RECOMENDACIONES.....	127
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	129
ANEXOS	132
ANEXO I MOTOR HÍBRIDO	132
ANEXO II ESTRUCTURA METALICA DEL MOTOR	132

ANEXO III ESTRUCTURA DE LA BASE DE LA BATERÍA HIBRIDA	133
ANEXO IV ORDEN DEL CABLEADO	133
ANEXO V ESCAPE	134
ANEXO VI RADIADOR	134
ANEXO VII MAQUETA MOTOR HÍBRIDO	135
ANEXO VIII INVERSOR	136
ANEXO IX PALANCA DE CAMBIOS Y PEDALES.....	136
ANEXO X GUIA DE DIAGNÓSTICO	137

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Especificaciones de la batería híbrida.....	10
Tabla 2.2	Datos técnicos Motor/Generador	12
Tabla 2.3	Capacidad máxima de potencia del inversor (Motor-HSG).....	18
Tabla 2.4	Componentes del MCU.....	20
Tabla 2.5	Procesos que realiza la MCU del inversor.....	20
Tabla 2.6	Valores de trabajo del LDC.....	22
Tabla 2.7	Componentes relacionados con el convertidor de DC-DC de baja tensión.....	23
Tabla 2.8	Ubicación del HCU en el inversor	24
Tabla 2.9	Funciones que realiza la HCU en el inversor.....	24
Tabla 2.10	Funciones que cumple los transistores IGBT	30
Tabla 2.11	Elementos del sistema de refrigeración del inversor.....	31
Tabla 3.1	Ficha técnica Kia Optima HV	39
Tabla 3.2	Ficha técnica escáner	44
Tabla 3.3	Ficha técnica multímetro (INNOVA 3340 ^a).....	47
Tabla 3.4	Ficha técnica multímetro (Bosch FIX7677)	49
Tabla 3.5	Datos de los pines del HCU	50
Tabla 3.6	Datos de los pines del MCU	52
Tabla 3.7	Datos de los pines del LDC	54
Tabla 3.8	Datos de los pines del motor de accionamiento híbrido	55
Tabla 3.9	Datos de los pines del HSG (Generador de Arranque Híbrido).....	55
Tabla 4.1	Uso de la energía por fases en los motores generadores.....	73
Tabla 4.2	Modos de operación motor de accionamiento híbrido, HSG y MCI.....	74
Tabla 4.3	Indicadores de posibles fallos del inversor	78
Tabla 4.4	Códigos generados con desconexión LDC	106
Tabla 4.5	Códigos generados con desconexión MCU	107
Tabla 4.6	Códigos de falla al desconectar el conector del HCU.....	110
Tabla 4.7	Comprobación de los IGBT	114
Tabla 4.8	Comprobación de los IGBT en buen estado	115
Tabla 4.9	Especificaciones del fusible.....	121

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Configuración de conexión serie y paralelo de vehículos híbridos	8
Figura 2.2	Vehículo eléctrico híbrido en serie-paralelo con tracción trasera.	9
Figura 2.3	Configuración de módulos de la batería híbrida	10
Figura 2.4	Batería de alta tensión del vehículo híbrido.....	11
Figura 2.5	ECU del vehículo híbrido	11
Figura 2.6	HSG (Generador de arranque híbrido).....	13
Figura 2.7	Motor de accionamiento híbrido.....	14
Figura 2.8	Ciclo Atkinson - diagrama pV	15
Figura 2.9	Sistema de refrigeración	16
Figura 2.10	Modos de conversión de potencia.....	17
Figura 2.11	Inversor del vehículo híbrido	18
Figura 2.12	Carcasa	19
Figura 2.13	Placa del MCU.....	21
Figura 2.14	Placa del LDC	23
Figura 2.15	Placa del HCU.....	26
Figura 2.16	Reactor	27
Figura 2.17	Módulo IPM.....	28
Figura 2.18	Símbolo del circuito de un IGBT	29
Figura 2.19	Curva característica de un IGBT.....	29
Figura 2.20	Transistores IGBT	30
Figura 2.21	Pasta térmica	32
Figura 2.22	Diagrama del DC fusible.....	33
Figura 2.23	Diagrama del módulo MCU del inversor.....	35
Figura 2.24	Diagrama del módulo LDC del inversor.....	36
Figura 3.1	Estructura metodológica	38
Figura 3.2	Guantes dieléctricos	41
Figura 3.3	Guantes antiestáticos.....	42
Figura 3.4	Calzado de seguridad	42
Figura 3.5	Manta de aislamiento	43
Figura 3.6	Pantalla del escáner automotriz.....	44
Figura 3.7	Multímetro automotriz (INNOVA 3340 ^a)	47
Figura 3.8	Multímetro automotriz (Bosch FIX7677).....	48
Figura 3.9	Inspección del inversor	56
Figura 3.10	Desconexión del jumper.....	57
Figura 3.12	Desconexión del HCU	57
Figura 3.13	Desconexión del LDC.....	58
Figura 3.14	Desconexión del HSG.....	58
Figura 3.15	Producción de arcos en los conectores.....	59
Figura 3.16	Conexión del jumper.....	59

Figura 3.17 Configuración del escáner.....	61
Figura 3.18 Configuración del escáner selección manual o “VIN”	61
Figura 3.19 Obtención de DTC “VIN del vehículo”	62
Figura 3.20 Obtención de DTC mediante selección manual.....	62
Figura 3.21 Función de eliminación de códigos de error	63
Figura 3.22 Módulo IPM.....	64
Figura 3.23 Medición de voltaje en la entrada de la batería hibrida del inversor	65
Figura 3.24 Multímetro en función diodo	66
Figura 3.25 Puntos de medición del módulo IPM (IGBTs).....	67
Figura 3.26 Multímetro función continuidad (INNOVA 3340a).....	68
Figura 3.27 Fusible DC del inversor	69
Figura 3.28 Conexiones del MCU Y LDC	70
Figura 3.29 Conexión del HCU.....	70
Figura 3.30 Multímetro función continuidad (Bosch FIX 76677)	71
Figura 4.1 Configuración del funcionamiento del inversor con referencia en los moto generadores.....	72
Figura 4.2 Conexiones eléctricas del inversor.....	76
Figura 4.3 Inversor y sus partes.....	76
Figura 4.4 Fusibles, relés, conectores.....	77
Figura 4.5 Tablero del vehículo híbrido	77
Figura 4.6 Manual GDS	79
Figura 4.7 Fase de corriente del generador HSG (RMS (A)).....	82
Figura 4.8 Conector del HSG	83
Figura 4.9 Fase de corriente del generador HSG (Desconexión del HSG).....	84
Figura 4.10 Fase de corriente del motor de tracción (Desconexión del HSG).....	85
Figura 4.11 Fase de corriente del motor de tracción (RMS (A)).....	87
Figura 4.12 Conector del motor de accionamiento híbrido.....	88
Figura 4.13 Fase de corriente del motor de tracción (Desconexión del motor de tracción)...	89
Figura 4.14 Fase de corriente del generador HSG (Desconexión del motor de tracción).....	90
Figura 4.15 Conector de la batería hibrida	91
Figura 4.16 Estado de carga de la batería.....	92
Figura 4.17 Corriente CC del batería	94
Figura 4.18 Voltaje del condensador del convertidor	95
Figura 4.19 Corriente CC de la batería (Desconexión del motor de tracción).....	96
Figura 4.20 Corriente CC de la batería (Desconexión del motor de tracción “valor invaild”).....	97
Figura 4.21 Voltaje del condensador del convertidor (Desconexión del motor de tracción) ...	98
Figura 4.22 Corriente CC de la batería (Desconexión del HSG)	99
Figura 4.23 Voltaje del condensador del convertidor (Desconexión del HSG).....	100
Figura 4.24 Conector del LDC	101
Figura 4.25 LDC (Low Voltage DC/DC Converter)	103
Figura 4.26 LDC (Desconexión del motor de accionamiento híbrido).....	104
Figura 4.27 LDC (Desconexión del HSG)	105

Figura 4.28 Conector del MCU.....	107
Figura 4.29 Conector del HCU.....	110
Figura 4.30 Módulo IPM.....	117
Figura 4.31 Placa del módulo IPM.....	118
Figura 4.32 Averías causadas para el diagnóstico	118
Figura 4.33 Placa metálica de separación de los IGBT	119
Figura 4.34 Sensor IGBT explotado.....	119
Figura 4.35 Ubicación y medición del fusible	121
Figura 4.36 Cables del LDC.....	122
Figura 4.37 Comprobación del LDC	123
Figura 4.38 Conectores del módulo MCU	123
Figura 4.39 Comprobación del MCU	124
Figura 4.40 Cables del HCU	124
Figura 4.41 Comprobación del HCU.....	125

RESUMEN

El presente trabajo de titulación se enfocó en el diagnóstico del inversor de un vehículo híbrido; para lo cual fue necesario introducirse en el mundo del vehículo híbrido, sus partes principales, y profundizando el estudio en los componentes y funcionamiento del inversor. Con este proceso de aprendizaje a fondo del inversor, se procedió a desarrollar métodos de diagnóstico efectivos, que permitan encontrar fallos de manera adecuada en el dispositivo y sin correr riesgos para el personal técnico. Los métodos seleccionados se dividieron en dos enfoques claves, cada uno de los cuales arrojó información valiosa del buen estado y el funcionamiento del inversor.

En primer lugar, se procedió a realizar simulaciones, las cuales se realizaron mediante la desconexión controlada de ciertos elementos del inversor. El objetivo principal era identificar los códigos de falla que se generaban cuando se simula una interrupción en las conexiones debido a factores como la corrosión por óxido o manipulaciones incorrectas.

Las simulaciones revelaron la presencia de códigos de falla específicos que solo se activaban cuando el vehículo estaba en modo de mantenimiento, lo que proporciona un dato valioso para la detección de fallas en tiempo real.

En segundo lugar, se llevó a cabo un análisis más concreto enfocado en los módulos IPM (Módulos de Potencia Integrados). Estos módulos son elementos esenciales en la conversión de energía del inversor. La finalidad principal de este análisis es distinguir cuando un módulo IPM se encuentra en condiciones óptimas y cuándo presenta problemas. Dentro de este proceso de evaluación, se determinó que los transistores IGBT eran la parte más vulnerable por dañarse. Para medir el estado de estos transistores, se empleó un multímetro en modo de prueba de diodos. Este método permitió determinar si los transistores IGBT estaban en buen estado o si habían sufrido daños.

Después de realizar la investigación exhaustiva, se creó una guía integral y detallada. El propósito principal de esta guía es ofrecer una serie de pasos organizados y procedimientos claros, esta guía se convierte en una herramienta esencial que permite a técnicos e investigadores comprender y aplicar eficazmente los métodos de diagnóstico.

ABSTRACT

The present graduation project focused on diagnosing the inverter of a hybrid vehicle. This required delving into the world of hybrid vehicles, their main components, and delving deeply into the study of the inverter's components and operation. Through this comprehensive learning process about the inverter, effective diagnostic methods were developed to adequately detect faults in the device without posing risks to technical personnel. The selected methods were divided into two key approaches, each yielding valuable information about the inverter's good condition and operation.

Firstly, simulations were conducted by controlled disconnection of specific inverter elements. The primary objective was to identify fault codes generated when simulating interruptions in connections due to factors like oxide corrosion or improper handling. Simulations revealed specific fault codes that were triggered only when the vehicle was in maintenance mode, providing valuable data for real-time fault detection.

Secondly, a more focused analysis was carried out on the IPM modules (Integrated Power Modules). These modules are essential elements in the inverter's energy conversion. The main purpose of this analysis was to differentiate when an IPM module was in optimal condition and when it exhibited issues. Within this evaluation process, it was determined that IGBT transistors were the most vulnerable to damage. To assess the status of these transistors, a multimeter was used in diode test mode. This method enabled the determination of whether the IGBT transistors were in good condition or had incurred damage.

Following the thorough research, a comprehensive and detailed guide was created. The main purpose of this guide is to provide a series of organized steps and clear procedures, becoming an essential tool that enables technicians and researchers to understand and effectively apply diagnostic methods.

CAPÍTULO 1

1 INTRODUCCIÓN

En el transcurso del tiempo, los vehículos híbridos han experimentado una evolución significativa, lo que ha llevado a la mejora de sus parámetros de funcionamiento. Sin embargo, en sus inicios, se enfrentaron a un gran desafío: las baterías disponibles en ese momento eran obsoletas y carecían de la eficiencia necesaria para un rendimiento adecuado (Oroño, 2014).

En 1899, los hermanos belgas Henri-Nicolas Pieper desarrollaron un automóvil Voiturette que incorporaba tanto un motor de gasolina como un motor eléctrico. Estos motores se ubicaban debajo de los asientos del automóvil y generaban energía para las baterías, lo que permitía una mayor eficiencia y un rendimiento mejorado en pendientes y rectas (Teresa, 2017).

En 1900, Elektromobilohner-Porsche lanzó al mercado un vehículo de propulsión eléctrica llamado Híbrido-Lohner-Porsche-Semper-Vivus. Este automóvil fue el primer híbrido eléctrico en salir al mercado y presentaba un sistema que transfería energía a los motores eléctricos ubicados en las ruedas del vehículo (Costas, 2009).

En 1971, se comenzó a desarrollar un sistema de transmisión electromecánica, utilizando un motor de combustión interna de pequeño tamaño para que fuera más adecuado para su aplicación en vehículos (Costas, 2009)

En 1973, Volkswagen, una de las compañías más destacadas del sector, optó por la creación de un vehículo híbrido. Durante las pruebas, se logró un recorrido aproximado de 13 mil kilómetros. Este avance en Volkswagen permitió que los británicos H.J. Dowsing y L. Epstein presentaran ideas sobre la hibridación en paralelo, las cuales, muchos años después, se utilizarían en la propulsión de vehículos de gran tamaño (Dorsey, 2004).

En 1980, la compañía Briggs&Stratton, al observar los cambios suscitados en los vehículos híbridos, creó un vehículo híbrido equipado con un motor bicilíndrico de 16 caballos de vapor

(CV) que funcionaba con gasolina, y un motor eléctrico. Gracias a esta configuración, se obtuvo una potencia combinada de 26 caballos de vapor (Palacios, 2006).

En 1996, en Estados Unidos, se recomendó el uso de vehículos alternativos para reducir las emisiones contaminantes, lo que llevó a la predicción de un futuro con una proliferación de vehículos a gasolina y eléctricos

En ese mismo año, GENERAL MOTORS presentó prototipos que ofrecían menor contaminación, entre los cuales se encontraban los modelos eléctricos y a gasolina (Costas, 2009)

Con la aparición del vehículo Híbrido-Lohner-Porsche-Semper-Vivus, comenzaron a surgir nuevos modelos híbridos de otras compañías, las cuales se esforzaron en optimizar sus procesos y realizar ensayos en vehículos híbridos para posicionarse como los más atractivos del mercado (Juan, 2021),.

Gracias a los avances ocurridos a lo largo de los años, cada vez se necesitan nuevos sistemas capaces de detectar fallas y averías en los vehículos híbridos. Esto ha llevado a la realización de diversos análisis del inversor y sus procesos de funcionamiento, ya que este sistema es considerado el corazón del vehículo híbrido(Juan, 2021).

Cada vehículo híbrido tiene su propio sistema de funcionamiento. Este sistema está compuesto por elementos eléctricos y electrónicos que son controlados por la ECU para su correcto funcionamiento. La ECU se encarga de gestionar los procesos de funcionamiento según sea necesario(Suntaxi & Haro, 2010).

La función principal del inversor es convertir la corriente continua en corriente alterna y viceversa, con el objetivo de aumentar la energía de los motores HSG y MG2 (Fernández, 2009).Otra de las funciones es invertir la operación de los generadores eléctricos, los cuales actúan como generadores cuando se necesita cargar la batería, optimizando así su rendimiento a 12V.

El sistema de elevación de tensión es uno de los componentes más importantes del inversor, ya que consta de un reactor y un módulo IPM que contiene transistores IGBT. Este sistema controla la conmutación y el almacenamiento de energía en el reactor (Fernández, 2009).

Si el controlador del inversor no está diseñado correctamente, el inversor puede alcanzar su límite de corriente debido a eventos repentinos que no pueden soportar el voltaje del PCC (punto común de conexión). Esto se debe a que el inversor deja de funcionar como fuente de voltaje una vez que se alcanza el límite de corriente (Hathiyaldeniye et al., 2022) .

El inversor es el encargado de transformar un voltaje de corriente alterna a corriente continua para cargar la batería del vehículo, que normalmente es de 12V. La batería del vehículo tiene como tarea proporcionar energía a diversos componentes, como luces y ventiladores. Dada la importancia de este sistema inversor, se determina que está conectado a varios componentes que permiten un funcionamiento óptimo del vehículo (Andrés & Pinto, 2016.)

1.1 SITUACIÓN ACTUAL

En la actualidad, los inversores empleados en vehículos híbridos se diseñan con el objetivo de ser compactos, ligeros y altamente eficientes. Para lograr altas tasas de conversión y manejar corrientes elevadas, se emplean tecnologías de electrónica de potencia avanzadas, como los transistores de potencia IGBT (Transistores Bipolares de Puerta Aislada) y MOSFETs (Transistores de Efecto de Campo de Oxido Metálico)(ECVERDE, 2022).

Además, los inversores modernos incluyen sistemas de gestión térmica que garantizan un funcionamiento óptimo y previenen el sobrecalentamiento. Estos sistemas cuentan con sensores de temperatura, sistemas de refrigeración activa y estrategias de control inteligentes para mantener una temperatura adecuada en los componentes internos del inversor(ECVERDE, 2022).

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Un diagnóstico preciso del inversor resulta esencial para garantizar un óptimo funcionamiento del vehículo y prevenir posibles fallos, este proceso se enfrenta a diversos obstáculos. Uno de los desafíos radica en la complejidad del sistema inversor, el cual involucra la interacción de múltiples componentes electrónicos y sistemas de control.

Además, la carencia de herramientas de diagnóstico específicas para el inversor limita la capacidad de los técnicos y profesionales para identificar y solucionar de manera eficiente los problemas relacionados. Esto puede generar mayores dificultades en el mantenimiento y reparación de los inversores, ocasionando tiempos prolongados de inactividad y costos adicionales para los propietarios de vehículos híbridos.

Por ende, resulta crucial abordar estos desafíos y crear enfoques de diagnóstico del inversor en vehículos híbridos que sean altamente efectivos. En este contexto, el propósito principal de esta investigación es examinar y ofrecer propuestas que optimicen el proceso de diagnóstico del inversor, con el objetivo final de garantizar un rendimiento confiable y eficiente de los vehículos híbridos, y así aumentar al máximo la satisfacción de sus propietarios.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- Diagnosticar el inversor (inversor y convertidor) de un vehículo híbrido.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los componentes del inversor, mediante el manual de taller con el fin de comprender sus principios fundamentales y establecer las bases para el desarrollo de una guía de diagnóstico.

- Analizar los transistores IGBT a través del multímetro con el fin de obtener que tipos de averías pueden presentarse y comprender el funcionamiento en el inversor.
- Determinar el proceso mediante el cual el inversor aprovecha la energía de la batería HV para alimentar los motores eléctricos, y explorar cómo estos pueden cambiar su función y operar como generadores.
- Evaluar los posibles códigos de error que pueden surgir en el inversor con el escáner para identificar las fallas y establecer estrategias de solución.

1.4 ALCANCE

En el presente proyecto se pretende descubrir las fallas que pueden darse en el sistema inversor de un vehículo híbrido, tomando en cuenta todos los sistemas y su funcionamiento que se encuentran unidos a este componente; con los datos se puede determinar si se encuentra en óptimas condiciones el dispositivo.

Llegar a descubrir cómo trabaja el sistema y ver cómo actúa en los diferentes componentes de este, por otro lado, ver el comportamiento de cómo actúa el inversor al momento de transformar la energía alterna a energía continua y viceversa.

Mediante el uso de un escáner, se aborda la investigación, la cual se basa en determinar los códigos de falla que pueden presentarse con el paso del tiempo o la influencia de un buen cuidado del sistema al alargamiento de su vida útil.

1.5 JUSTIFICACIÓN

La investigación se fundamenta en la necesidad de incrementar y promover oportunidades de manera inclusiva en el ámbito automotriz. La razón principal es garantizar que todas las

personas que tienen acceso a la información resultante de este estudio puedan beneficiarse de una guía para diagnosticar el inversor del automóvil. Se aspira a llegar a todas las personas interesadas en comprender y abordar los aspectos relacionados con el inversor del vehículo (Plan Nacional de Desarrollo, 2021).

La igualdad de condiciones laborales se convierte en un punto central de este enfoque, ya que la investigación pretende nivelar el terreno de juego para quienes están involucrados en el diagnóstico y mantenimiento de vehículos. Al proporcionar una guía detallada y accesible, se busca eliminar barreras y brindar a todos, independientemente de su experiencia o formación previa, las herramientas necesarias para abordar eficazmente los desafíos asociados al inversor automotriz (Plan Nacional de Desarrollo, 2021).

Este estudio representa a la ciudadanía una fuente de información innovadora inclusiva, ya que muestra los factores que afectan al inversor, con esto se da a conocer los valores óptimos en los que este trabaja; de esta manera se evitan inconvenientes al momento de realizar un mantenimiento del vehículo (Plan Nacional de Desarrollo, 2021).

Se realiza este estudio para llegar a facilitar el diagnóstico de averías que se puede presentar en el inversor; con esto el mecánico encargado de realizar el diagnóstico podrá llegar con más facilidad a la falla que se esté presentando en el vehículo (Plan Nacional de Desarrollo, 2021).

En última instancia, la argumentación se apoya en la premisa de que la inclusividad y la igualdad de acceso a la información son esenciales para potenciar no solo el conocimiento general sobre el inversor del automóvil, sino también para mejorar las prácticas laborales en el sector, permitiendo que un amplio espectro de personas contribuya y se beneficie de los avances en este campo específico (Plan Nacional de Desarrollo, 2021).

CAPÍTULO 2

2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 VEHÍCULOS HÍBRIDOS

Un vehículo híbrido (HV) es un automóvil que fusiona dos sistemas de propulsión diferentes en una sola unidad. Incluye un motor de combustión interna similar al que se encuentra en los vehículos convencionales, además de un motor eléctrico o generador que puede mover el vehículo utilizando electricidad (Mi & Masrur, 2017, p. 11).

La batería y el combustible son la fuente principal del vehículo híbrido y se encuentran en armonía para ofrecer al conductor una mejor eficiencia del vehículo. Se debe considerar que, al poseer un motor eléctrico, la producción de gases contaminantes se reduce en gran medida porque este aprovecha la energía que se pierde al frenar o reducir la velocidad (Mi & Masrur, 2017, p. 11).

Lo especial de un vehículo híbrido es que puede cambiar entre estos dos sistemas de propulsión según las condiciones de conducción y la necesidad de energía.

2.1.1 ARQUITECTURAS GENERALES DE VEHÍCULOS HÍBRIDOS

El vehículo híbrido (HV) funciona con un motor a combustión y un motor eléctrico, según sea su sistema puede ser:

- Vehículo híbrido en Serie, (Liu, 2017) el motor, junto con un generador, impulsa este último para recargar las baterías y/o proporcionar energía eléctrica al motor eléctrico. A su vez, el motor eléctrico transmite todo el torque a las ruedas (p.4).
- Vehículo híbrido en Paralelo,(Liu, 2017) este puede ser impulsado por un motor de combustión interna, un motor eléctrico o ambos. El motor eléctrico actúa como

generador para recargar las baterías durante el frenado regenerativo o cuando el motor de combustión interna produce más potencia de la necesaria para mover el vehículo (p.4).

Hoy se observa que estos vehículos evolucionan y mejoran sus sistemas para lograr una mejor autonomía y conducción en carretera, para eso se crearon sistemas en serie, paralelos o combinados.

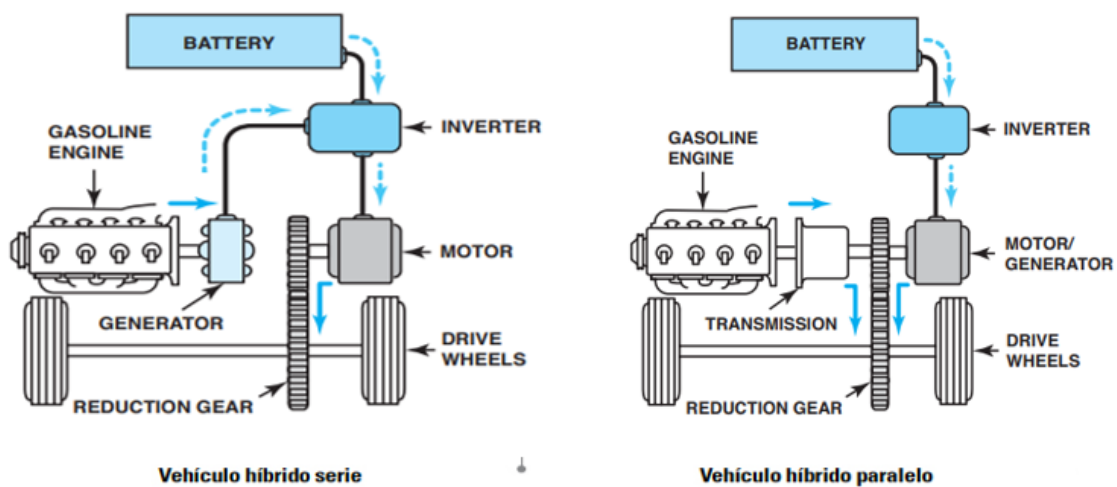


Figura 2.1 Configuración de conexión serie y paralelo de vehículos híbridos

(Halderman, 2011, pp. 37–38)

La figura 2.1 indica una comparación entre dos diseños distintos de sistemas de propulsión utilizados en vehículos híbridos, y los elementos de la imagen representan los componentes esenciales que presentan en ambas configuraciones.

La arquitectura serie-paralelo es una combinación de las dos mencionadas anteriormente. En este diseño, el vehículo cuenta con un motor eléctrico y un generador, además de un motor de combustión interna, y estos componentes están interconectados mediante un dispositivo como un conjunto de engranajes planetarios. Un esquema conceptual de este sistema híbrido serie-paralelo se muestra en la Figura 2.2. En este sistema, la potencia generada por el motor se divide y se transmite a las ruedas a través de dos vías: una en serie y otra en paralelo.

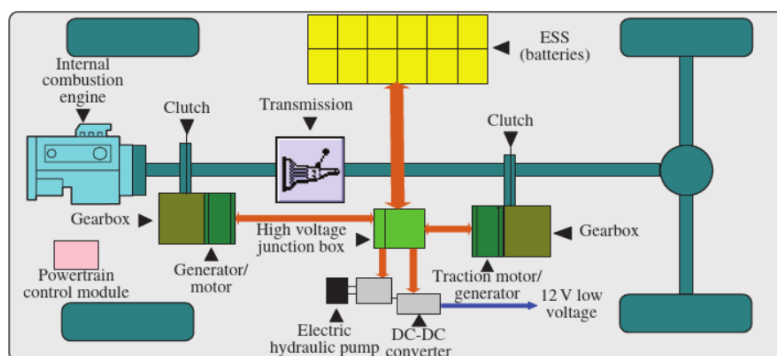


Figura 2.2 Vehículo eléctrico híbrido en serie-paralelo con tracción trasera.

(Liu, 2017, p. 6)

2.2 COMPONENTES DEL VEHÍCULO HÍBRIDO

Los elementos esenciales de un vehículo híbrido comprenden un motor de combustión interna, un motor eléctrico, una batería recargable, un inversor y un sistema de control que coordina la interacción entre estos componentes para incrementar la eficiencia y disminuir las emisiones.

2.2.1 BATERÍA HÍBRIDA

La tensión disponible en los packs de baterías de los automóviles híbridos puede variar dependiendo del sistema y el fabricante, con un rango que va desde 115 hasta 360 voltios. En su mayoría, estos conjuntos de baterías se componen de varias unidades pequeñas que se conectan entre sí para lograr el voltaje requerido (Erjavec & Thompson, 2019, p. 1106).

En el caso del Kia Optima (vehículo a usar en este trabajo) se usa baterías de iones-litio (Li-Ion), sus electrodos están fabricados a partir de un compuesto de carbono, especialmente grafeno, y un óxido metálico. Estas células se sumergen en una solución de sal de litio. Es esencial destacar que el sobrecalentamiento de estas células puede dar lugar a la generación de litio puro en su interior. Dado que el litio es altamente reactivo y puede causar explosiones en condiciones de alta temperatura, se incluyen componentes electrónicos de protección y/o fusibles en las células Li-Ion para evitar situaciones de polaridad inversa y sobrecargas. (Erjavec & Thompson, 2019, p. 1106).

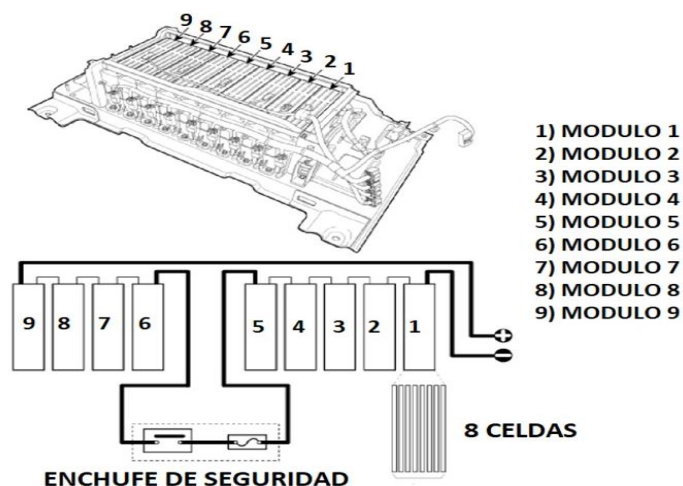


Figura 2.3 Configuración de módulos de la batería híbrida

(Manual KIA, 2015)

La Figura 2.3 ilustra la función y roles de la celda de la batería en un paquete de baterías de alto voltaje. Cada celda tiene un voltaje de 3,75V, y al conectar las 72 celdas en serie, se alcanza un voltaje total de 270V. La ECU BMS supervisa estas 72 celdas, además de 5 sensores de temperatura de la batería, un sensor de temperatura ambiente, un sensor de corriente para verificar la batería principal y un sensor de temperatura de la batería auxiliar.

Tabla 2.1 Especificaciones de la batería híbrida

Batería Híbrida	
Voltaje de funcionamiento del paquete de baterías	200~310 V
Para una celda de batería	2,75~4,3 V
Temperatura de funcionamiento	-30 °C (-22 °F) ~ 55 °C (131 °F)
Temperatura de almacenamiento	-40 °C (-40 °F) ~ 65 °C (149 °F)
Corriente de funcionamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Durante la carga (-) 200 A. • Durante la descarga (+) 200 A.

Fuente:(Manual KIA, 2015)

En la figura 2.4 se puede observar una batería de un vehículo híbrido, generalmente es una batería recargable de iones de litio, la cual puede suministrar la energía necesaria para alimentar

el motor eléctrico del vehículo por varios kilómetros antes de que el motor de combustión interna se active.



Figura 2.4 Batería de alta tensión del vehículo híbrido

2.2.2 LA ECU DEL HV

La Unidad de Control Electrónico conocida como ECU, es un componente esencial en el sistema de propulsión de un vehículo híbrido. Su principal función es supervisar y controlar de manera precisa y eficiente todas las operaciones relacionadas con el motor de combustión interna, el motor eléctrico, las baterías y otros sistemas relevantes. La ECU del vehículo híbrido recopila información y datos provenientes de diversos sensores ubicados en diferentes áreas del vehículo, tales como el acelerador, el freno, la temperatura del motor y el nivel de carga de las baterías, entre otros. Con estos datos, la ECU toma decisiones en tiempo real para optimizar el rendimiento, la eficiencia y las emisiones del vehículo (Hu et al., 2012, p. 322).



Figura 2.5 ECU del vehículo híbrido

2.2.3 MOTOR/GENERADOR

Los moto/generadores están divididos por diferentes tipos como motor/generador de inducción, motor/generador de imán permanente (PM), motor/generador de reluctancia conmutada, motor/generador de flujo axial pero el más usado son los motor/generador de imán permanente (PM).

El motor/generador de imán permanente (PM) es un tipo de motor que emplea imanes permanentes en lugar de un devanado de campo en el rotor para generar un campo magnético. Su diseño de estator es semejante al de un motor de inducción y se puede categorizar en dos tipos: bobinado distribuido y polo concentrado. El motor PM opera al modificar la corriente en las bobinas del estator para crear un campo magnético giratorio, lo que induce el movimiento del rotor y produce torque. La conmutación de la corriente se realiza de manera electrónica, y un sensor en el rotor contribuye a identificar la posición del eje. El sistema de control se encarga de la conmutación, basándose en la información proporcionada por los sensores para asegurar una operación eficiente (Hu et al., 2021, p. 195).

Tabla 2.2 Datos técnicos Motor/Generador

Elemento	Motor de accionamiento híbrido	Generador de arranque híbrido
Tipo	PMSM	PMSM
Función	(Motor Síncrono de Imán Permanente)	(Motor Síncrono de Imán Permanente)
Voltaje del sistema	Rueda de tracción, Generar	Arranque del motor, Generar
Salida máxima	270V	270V
Par máximo	30 kW a 1.46 krpm	8.5 kW a 1.912 krpm
Velocidad máxima	205 Nm a 01.4 krpm	43.2 Nm a 01.9 krpm
Sistema de enfriamiento	6000 rpm	15000 rpm

Capacidad de refrigerante	Aproximadamente 2.33 litros (0.60 galones estadounidenses, 2.46 cuartos estadounidenses, 2.05 cuartos imperiales).
---------------------------	--

Fuente:(Manual KIA, 2015)

En un vehículo híbrido se emplean dos categorías diferentes de motores eléctricos que tienen la capacidad de actuar tanto como generadores y motores propulsores.

Estos motores desempeñan roles específicos diseñados para mejorar la eficiencia en la forma en que el vehículo se mueve y cómo se maneja la energía. A continuación, se describen los dos motores principales:

2.2.3.1 Motor/Generador 1 o HSG (Generador de arranque híbrido)

En la figura 2.6 se presenta el motor generador 1 HSG, cuya función principal consiste en generar electricidad al accionar el motor de combustión interna.

Esta electricidad se utiliza para recargar la batería del automóvil, lo que contribuye a conservar la energía y mejorar la eficiencia del sistema. Además, ayuda a impulsar el funcionamiento del MG2. (Augeri, 2021, p. 22).



Figura 2.6 HSG (Generador de arranque híbrido)

2.2.3.2 Motor/Generador 2 o motor de accionamiento híbrido

El motor de accionamiento híbrido se encuentra directamente conectado al eje de las ruedas y su principal cometido es proporcionar potencia adicional al vehículo durante la aceleración y en situaciones en las que se requiere mayor fuerza. El motor de accionamiento híbrido también tiene la capacidad de actuar como generador cuando el vehículo reduce su velocidad o se desacelera, recuperando de este modo energía y almacenándola en la batería (Augeri, 2021, p. 22).

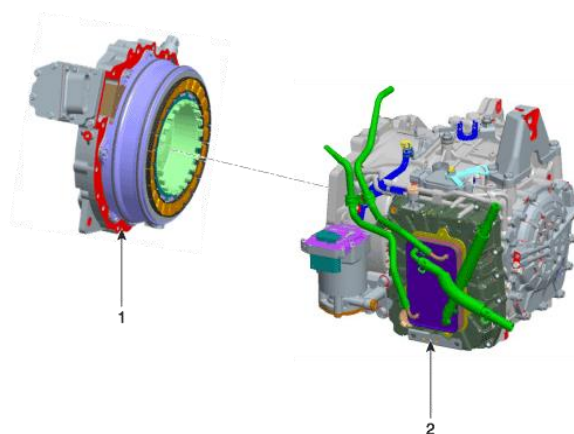


Figura 2.7 Motor de accionamiento híbrido

(Manual KIA, 2015)

Datos:

1. Conjunto del motor de accionamiento híbrido
2. Conjunto de transmisión automática

2.2.4 MOTOR DE COMBUSTIÓN

Un motor de combustión interna en un vehículo híbrido usa combustibles fósiles para generar energía mecánica y, a diferencia de los vehículos convencionales, trabaja junto a un motor eléctrico para propulsar el vehículo, optimizando la eficiencia y reduciendo las emisiones.

En la función de generación de energía, el motor de combustión interna en un vehículo híbrido actúa como un generador. Convierte la energía mecánica en electricidad, que se almacena en

una batería de alto voltaje. Esta electricidad generada se utiliza para alimentar el motor eléctrico del vehículo, que es responsable de propulsarlo en el "modo eléctrico". Esta operación es altamente eficiente, ya que el motor de combustión interna opera en su punto óptimo de rendimiento constante durante esta fase (J. D. Halderman & Martin, 2011, p. 34).

El Kia Optima Híbrido utiliza el motor de cuatro cilindros y 2,0 litros con ciclo Atkinson, así como el motor eléctrico que se encuentra en el Sonata Híbrido. El motor está enlazado a la transmisión automática de seis velocidades a través de un embrague húmedo. Este motor es capaz de generar una potencia de hasta 50 caballos de fuerza y un par de 151 libras-pie. La energía eléctrica es suministrada por una batería de iones de litio de 270 voltios refrigerada por aire. En su modo completamente eléctrico, el vehículo puede alcanzar una velocidad de aproximadamente 62 millas por hora. El Kia está clasificada en 39 millas por galón en conducción urbana y 42 millas por galón en carretera (Erjavec & Thompson, 2019, p. 1132).

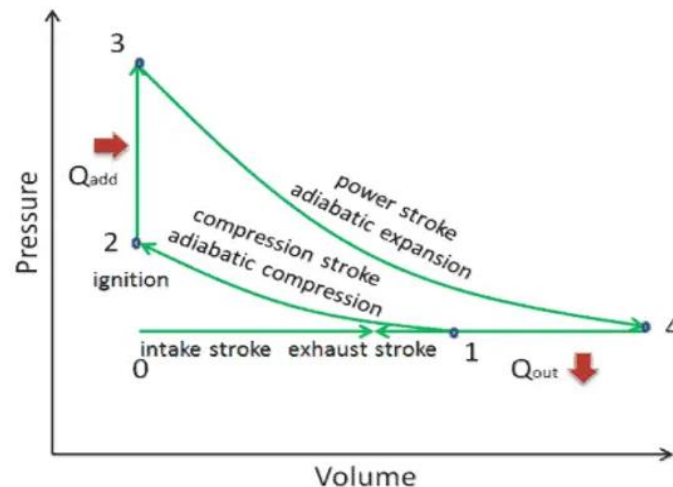


Figura 2.8 Ciclo Atkinson - diagrama pV

(Connor, 2020)

2.2.5 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

El sistema de refrigeración es esencial en un vehículo híbrido, su objetivo principal es disipar el calor generado durante el funcionamiento del motor de combustión interna, el motor eléctrico, el inversor y otros elementos relacionados (Erjavec & Thompson, 2019, p. 410).

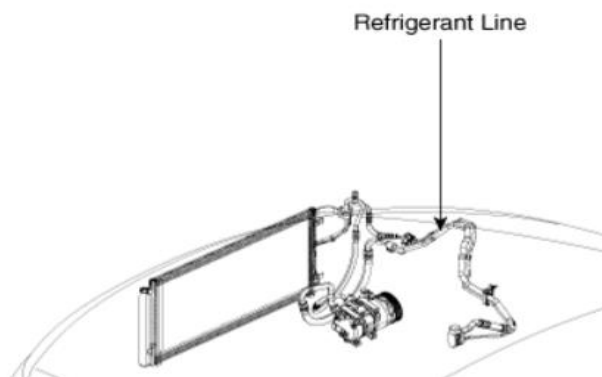


Figura 2.9 Sistema de refrigeración

(Manual KIA, 2015)

El sistema de refrigeración de un vehículo opera mediante un ciclo continuo de circulación del refrigerante, un líquido especializado encargado de regular la temperatura del motor y otros componentes. Este proceso comienza cuando el refrigerante absorbe el calor generado por el motor y otros elementos del sistema mientras fluye a través del radiador. Una vez que el refrigerante ha sido enfriado, se dirige de vuelta al motor y al sistema de refrigeración para repetir el ciclo (Erjavec & Thompson, 2019, p. 410).

2.2.6 INVERSOR

El inversor es un componente esencial en los vehículos híbridos, encargado de realizar la conversión entre corriente continua (DC) y corriente alterna (AC) de acuerdo con las necesidades del vehículo. A continuación, se profundiza más sobre el inversor, sus partes, funcionamiento y procesos.

2.3 EL INVERSOR

Para entender el inversor, primero se va a explicar sobre los convertidores de potencia; el convertidor es un módulo básico de los sistemas de electrónica de potencia, el cuál usa dispositivos semiconductores de potencia los cuáles se controlan mediante señales electrónicas. Dependiendo del flujo de potencia los convertidores pueden ser rectificadores o inversores. (Mohan et al., 2003).

En la Figura 2.10 se puede observar las formas del convertidor. El inversor es un convertidor encargado de transformar la corriente continua en corriente alterna y viceversa.

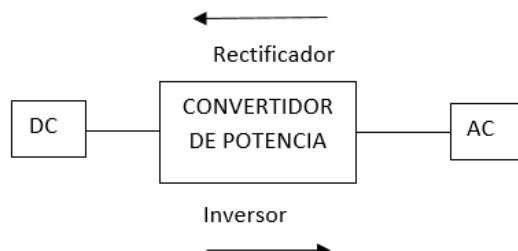


Figura 2.10 Modos de conversión de potencia
(Mohan et al., 2003)

El inversor es un dispositivo electrónico, que mediante la electrónica de potencia se encarga de procesar, controlar y transformar las magnitudes eléctricas como corriente y voltaje, de acuerdo a las necesidades del usuario (Mohan et al., 2003). El inversor en el vehículo híbrido funciona de la siguiente manera: cuando el vehículo híbrido está operando en modo eléctrico, la energía almacenada en la batería de alta tensión se suministra al inversor en forma de corriente continua (DC) el cual se encarga de convertir esta corriente continua en corriente alterna (AC) para alimentar el motor eléctrico y propulsar el vehículo. Esta conversión de corriente es necesaria debido a que los motores eléctricos generalmente requieren corriente alterna (Gilles, 2020, p. 1679).

Por otro lado, durante la regeneración de energía o cuando el motor de combustión interna se encuentra en funcionamiento, el inversor cumple una función crucial. En estas situaciones, el inversor recibe la corriente alterna (AC) generada por el motor o el sistema de recuperación de energía y la convierte en corriente continua (DC) para cargar la batería de alta tensión del vehículo híbrido (Liu, 2017, p. 20)

Este proceso de transformación del inversor en el vehículo eléctrico es controlado por la Unidad de Control Electrónico (ECU).

Tabla 2.3 Capacidad máxima de potencia del inversor (Motor-HSG)

Elemento	Descripción	
Inversor	Motor	Máximo 245A (Módulo de potencia 650V/400A)
Inversor	HSG	Máximo 125A (Módulo de potencia 650V/200A)

Fuente: (Manual KIA, 2015)

**Figura 2.11** Inversor del vehículo híbrido

2.3.1 PARTES INTERNAS Y EXTERNAS

El inversor del vehículo está compuesto por diversas partes cruciales que permiten su funcionamiento tanto en el aspecto interno como externo. Estas partes son fundamentales para el desplazamiento del vehículo.

2.3.1.1 Carcasa

El caparazón del inversor es una estructura externa diseñada específicamente para brindar protección mecánica, eléctrica y térmica al inversor. La finalidad de la carcasa, como se muestra en la figura 2.12, es resguardar los elementos del inversor de posibles daños ocasionados por condiciones ambientales desfavorables, tales como humedad, polvo, vibraciones, impactos y temperaturas extremas (Mi & Masrur, 2017, p. 319).



Figura 2.12 Carcasa

2.3.1.2 Unidad de Control del Motor (MCU)

En el sistema híbrido, la unidad de control del motor (MCU) desempeña un papel crucial al suministrar voltaje de corriente alterna tanto al motor de accionamiento como al generador de arranque híbrido (HSG). El motor impulsor genera el par necesario para impulsar el tren motriz, mientras que el HSG se encarga de iniciar el motor de gasolina.

El sensor de temperatura del motor impulsor se encuentra estratégicamente ubicado en este componente. La MCU ajusta el par del motor de accionamiento en función de la temperatura de este, optimizando así su rendimiento y eficiencia.

En caso de cualquier fallo o avería, la MCU asume la responsabilidad de salvaguardar la integridad y la seguridad del sistema en su totalidad. Monitoriza de manera continua las condiciones operativas, incluyendo la temperatura, la corriente y la tensión, para garantizar que se mantengan dentro de límites seguros.

Si detecta alguna anomalía o condición que sobrepase los parámetros establecidos, la MCU puede implementar medidas correctivas, como la limitación de potencia o la activación de mecanismos de protección. Estas acciones tienen como objetivo preservar los componentes del sistema y prevenir posibles daños significativos.

Tabla 2.4 Componentes del MCU

Componentes	
	<p>Dónde:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. (MCU) 2. Placa de control 3. Condensador (Máx. 600V) 4. Sensor de corriente [500A (Motor) 300A (HSG)] 5. Módulo de potencia 6. Disipador de calor 7. Barra de bus

Fuente:(Manual KIA, 2015)

La MCU del inversor es un componente electrónico esencial que juega un rol fundamental en el control y gestión del sistema de propulsión. Su principal función es supervisar y regular el flujo de energía entre la batería, y el motor eléctrico sus elementos son:

Tabla 2.5 Procesos que realiza la MCU del inversor

Elemento	Función
MCU (Motor Control Unit)	Suministra energía eléctrica de alto voltaje a dos motores principales (Motor de accionamiento híbrido y HSG), adaptándose a las condiciones de conducción y comunicándose con el HCU (Hybrid Control Unit) para optimizar su rendimiento. En situaciones específicas, los motores pueden actuar como alternadores y el inversor se convierte en un convertidor.
Placa de control	Supervisa y controla los motores (tracción y HSG) mediante una CPU. Además de sus funciones básicas, ofrece protección contra el sobrecalentamiento de los motores, inversor y módulo de potencia, previene la rotación inversa, detecta fallos y cuenta con un circuito de compensación de temperatura para el motor.
Condensador	Dispositivo de almacenamiento eléctrico auxiliar que acumula energía en condiciones normales y proporciona soporte en momentos de inestabilidad en el voltaje. Tiene una capacidad máxima

	de 600V o aproximadamente 600 μ F. Incluso tras retirar la batería de alto voltaje, este condensador ofrece respaldo, prolongando el suministro de energía durante hasta 2 minutos.
Sensor de corriente	Identifica y regula el flujo de electricidad hacia el motor, conectándose internamente al módulo de potencia. Existen sensores separados para el motor de accionamiento híbrido y el HSG.
Módulo de potencia	Convierte corriente continua en corriente alterna mediante conmutaciones de alta velocidad. Ofrece capacidades específicas para el motor de accionamiento híbrido (400A) y el HSG (200A).
Disipador de calor	Utilizado para enfriar el HPCU (Hybrid Power Control Unit), empleando un sistema de refrigeración por agua, y maximizar la eficiencia de enfriamiento a través de un disipador de calor de aluminio.
Barra de bus	Gestionar dos motores principales utilizando un módulo de potencia de alta capacidad que opera con un voltaje máximo de 650V, a pesar de que la batería de alto voltaje tiene una capacidad de aproximadamente 270V. Se compone de un transistor bipolar de puerta aislada (IGBT) de conmutación rápida y un circuito de diodos.

Fuente:(Manual KIA, 2015)

La MCU como se muestra en la figura 2.13 del inversor se encarga de controlar la operación para asegurar una entrega eficiente y segura de energía. Esto implica monitorear y ajustar los parámetros de funcionamiento, como la tensión, frecuencia y corriente, de acuerdo con las condiciones de conducción y las necesidades del conductor.

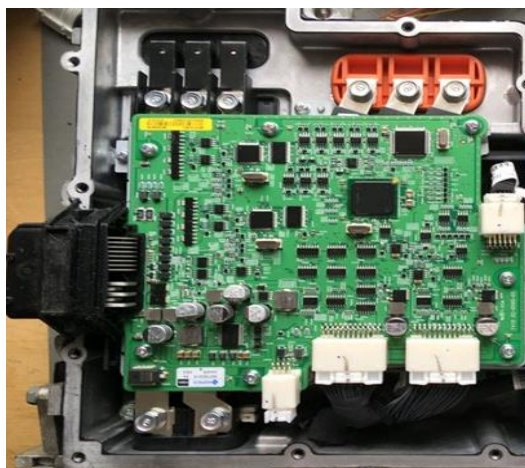


Figura 2.13 Placa del MCU

2.3.1.3 Convertidor DC-DC de Baja Tensión (LDC)

El módulo Low Voltage DC/DC Converter (LDC) desempeña un papel fundamental en el sistema de propulsión al facilitar la transferencia eficiente de energía entre dos sistemas de voltaje distintos. Su función principal es garantizar que los componentes eléctricos de baja tensión, como las luces y el sistema de entretenimiento, reciban una alimentación adecuada y estable, sin importar las fluctuaciones en la tensión de la batería principal (Hayes & Goodarzi, 2018, pp. 301–302).

El módulo LDC es un convertidor de potencia electrónica que toma una entrada de corriente continua de un voltaje alto con el fin de disminuir el voltaje de corriente continua para darle un funcionamiento previo a dichos componentes del vehículo.

Este proceso implica varios pasos:

- En primer lugar, el módulo recibe la corriente continua proveniente de la batería de alto voltaje.
- Luego, esta corriente continua de entrada se rectifica, convirtiéndola en una corriente continua pulsante mediante el uso de diodos rectificadores.
- A continuación, la corriente continua pulsante se somete a un proceso de filtrado para eliminar cualquier componente no deseado, como el rizado o las interferencias, obteniendo así una corriente continua más suave.

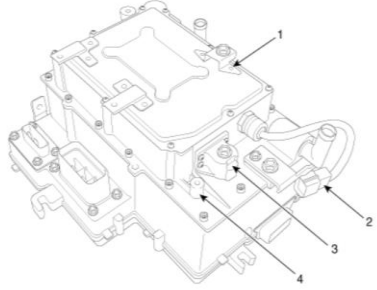
Tabla 2.6 Valores de trabajo del LDC

Elemento	Especificación
Voltaje de Entrada (V)	200 ~ 310
Corriente de Salida (V)	12.8 ~ 14.7
Potencia Nominal (kW)	1.8
Método de Refrigeración	Refrigerado por agua

Fuente: (Manual KIA, 2015)

EL módulo LDC incluye circuitos de regulación que mantienen el voltaje de salida constante, incluso ante condiciones de carga variables o cambios de tensión.

Tabla 2.7 Componentes relacionados con el convertidor de DC-DC de baja tensión

Componentes	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Convertidor de Corriente Continua de Baja Tensión (LDC). 2. Conector de Control del LDC. 3. Terminal de Salida de Energía (CC 12V). 4. Terminal de Conexión a Tierra.

Fuente: (Manual KIA, 2015)

En la placa LDC como se muestra en la Figura 2.14 de un inversor de vehículo híbrido, se pueden identificar varios componentes esenciales. Estos incluyen transistores de conmutación, diodos rectificadores, capacitores, inductores y circuitos de regulación.



Figura 2.14 Placa del LDC

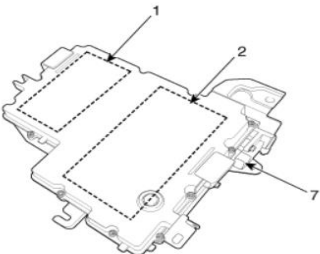
2.3.1.4 Unidad de Control Híbrido (HCU)

El HCU supervisa el estado tanto del motor eléctrico del vehículo como distribuye de manera óptima la energía de las dos fuentes de alimentación durante diferentes condiciones de

conducción. El HCU no solo es crucial para el rendimiento de conducción del vehículo, sino que también influye significativamente en la mejora de la eficiencia de combustible (Mi & Masrur, 2017, p. 267).

El estado de carga de la batería de alto voltaje debe ser controlado de manera óptima para lograr una distribución efectiva de potencia. Como resultado, todos los dispositivos de control que utilizan la batería de alto voltaje como fuente de energía (MCU, LDC y BMS ECU) están bajo el control del HCU. Además, el PCM también está bajo el mando del HCU y las condiciones de conducción del sistema híbrido se muestran a través del conjunto de instrumentos (Manual KIA, 2015).

Tabla 2.8 Ubicación del HCU en el inversor

Componentes	
	<p>Donde:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Unidad de Control Híbrido (HCU) 2. Inversor

Fuente:(Manual KIA, 2015)

El HCU (Hybrid Control Unit) realiza una serie de funciones específicas para que el inversor realiza su función:

Tabla 2.9 Funciones que realiza la HCU en el inversor

Función	Descripción
Encendido/Apagado del Sistema	Monitorea el estado de la batería de alto voltaje y las condiciones del vehículo al iniciar el motor. Puede apagar el sistema en caso de falla.
Determinación del Par de Demanda	Calcula las demandas de aceleración y desaceleración del conductor.

Control de Freno Regenerativo	Calcula el torque y capacidad de frenado regenerativo en coordinación con el sistema de frenos eléctricos y transmite la información al MCU.
Determinación del Modo EV/HEV	Selección de los modos de conducción: EV (Vehículo Eléctrico), HEV (Vehículo Eléctrico Híbrido) y modo de operación del motor.
Equilibrio de Estado de Carga de la Batería	Controla la cantidad de carga y descarga de la batería de alto voltaje para mantener un estado de SOC adecuado.
Control del Motor	Determina la velocidad y el par objetivo del motor en función de la carga y condiciones para optimizar la operación del motor.
Control de Encendido/Apagado del Motor	Controla el encendido y apagado del motor según las condiciones del sistema y puede iniciar el motor de diversas maneras.
Control del Embrague del Motor	Controla el embrague del motor, incluyendo el enganche, deslizamiento y liberación, determinando la presión hidráulica y corriente de funcionamiento.
Control del Sistema Auxiliar	Suministra energía eléctrica para las necesidades del vehículo y controla funciones adicionales, como el compresor eléctrico del aire acondicionado.
Control de Coordinación de Torque	Distribuye la potencia del motor eléctrico y de combustión interna para generar torque eficiente en diversas condiciones de conducción.
Control de Límites del Sistema	Controla los límites de recarga y descarga de la batería de alto voltaje y ajusta la salida del motor según sea necesario.
Control de Crucero	Realiza el control de crucero adaptado a un vehículo híbrido que utiliza dos fuentes de potencia al conducir.
FallSafe	Diagnostica problemas en el sistema híbrido y emite comandos para abordar las fallas.

Fuente:(Manual KIA, 2015)

Ten presente que la HCU ayuda al control de estabilidad del vehículo enviando una señal de reducción de par a la ECU del motor y a la MCU, y ordenando mantener la posición actual de la marcha al TCM, la HCU es un órgano esencial en el vehículo y si sufre algún tipo de inconveniente o falla puede ocasionar una mala operación del vehículo debido a que interactúa con varios elementos.

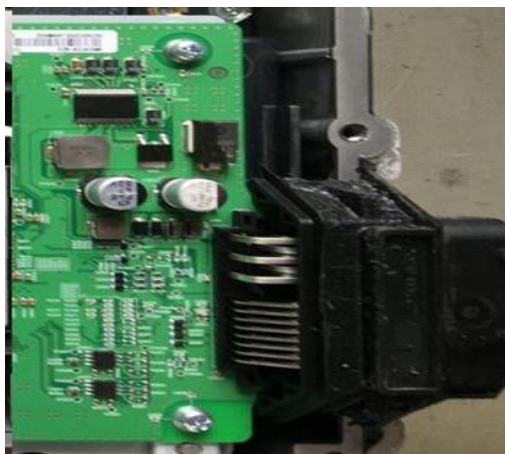


Figura 2.15 Placa del HCU

2.3.1.5 Reactor

Es una bobina que va en serie con el circuito, el cual tiene la función de regular y supervisar la transmisión de energía entre la batería de alto voltaje y el motor eléctrico del vehículo (Donado, 2021).

El reactor del inversor funciona como un filtro que contribuye a suavizar las variaciones de voltaje y corriente que se originan durante la conversión de energía en un vehículo híbrido.

Cuando el motor eléctrico necesita energía, el reactor del inversor actúa como un medio para transformar la corriente continua (DC) suministrada por la batería en corriente alterna (AC) que se usa para impulsar el motor. Así mismo, en situaciones en las que el vehículo está frenando o desacelerando, el motor eléctrico cumple la función de generador y transfiere energía a la batería a través del reactor del inversor (Andrés, 2018, p. 31) .

El reactor del inversor se muestra en la figura 2.16, desempeña un rol crucial en el sistema de electrónica de potencia. Su función principal consiste en controlar y regular la corriente eléctrica que fluye a través del circuito de conmutación del inversor.

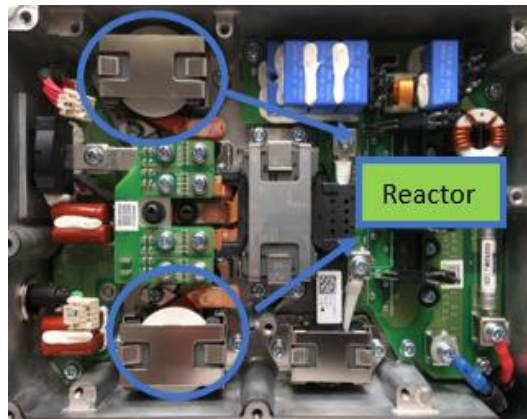


Figura 2.16 Reactor

2.3.1.6 Módulo IPM

Son módulos aislados creados para aplicaciones de administración de energía conmutada. Este módulo se conecta a la tierra y utiliza para ello transistores IGBT, que tienen series de funciones electrónicas que permiten encender a altas frecuencias y carga.

Este módulo posee diferentes tipos de funcionamientos los cuales son:

- El IPM controla la corriente y el voltaje para la propulsión.
- Invierte la corriente, crucial en vehículos híbridos donde el motor puede cargar la batería y propulsar el vehículo.
- Gestiona la temperatura para un funcionamiento seguro y eficiente, incorporando sistemas de enfriamiento y monitoreo.
- Ofrece protección contra sobrecargas y cortocircuitos, evitando daños en los componentes clave.
- Contribuye a la eficiencia del sistema al controlar la conversión y flujo de energía, reduciendo pérdidas y optimizando el rendimiento general.

El módulo IPM con respecto a la carga de la batería del vehículo híbrido, recibe la energía para convertirla y divide a los motores generadores 1 y 2, estos motores usan corriente alterna para ponerse en marcha, y esta corriente la genera el inversor y está la envía a la moto generadores (Angel Vicente, 2015, pp. 50–51).



Figura 2.17 Módulo IPM

2.3.1.6 Transistores IGBT

Para entender el funcionamiento del Transistor Bipolar de Puerta Aislada (IGBT), es necesario primero conocer el funcionamiento de otros dispositivos básicos como son el Transistor de Unión Bipolar (BJT) y el Transistor de Efecto de Campo de Metal – Óxido Semiconductor (MOSFET).

Estos dispositivos tienen como una de sus características, el encenderse o apagarse, esto lo realizan cuando se aplica una señal de control en sus terminales, es decir sirven como interruptores controlables. Los BJTs son dispositivos electrónicos controlados por corriente; mientras que los MOSFETs son dispositivos controlados por voltaje (Mohan et al., 2003).

Los IGBTs surgieron con el propósito de resolver el desafío de controlar la corriente de base en los transistores BJTs de potencia y de mejorar la capacidad de manejo de corriente, especialmente en lo que respecta a los MOSFET de potencia.

Estos componentes electrónicos de potencia aprovechan las ventajas de ambos BJTs y MOSFETs. Debido a sus características y especificaciones particulares, los IGBTs se emplean principalmente en aplicaciones relacionadas con vehículos eléctricos híbridos (Liu, 2017, p. 105).

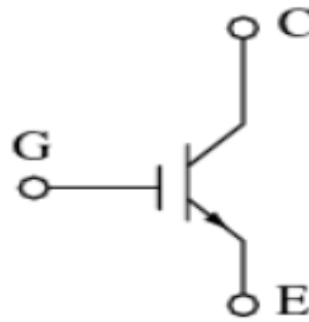


Figura 2.18 Símbolo del circuito de un IGBT

(Gilles, 2020, p. 1681)

La Figura 2.18 muestra el símbolo del circuito de un IGBT, en el que los tres terminales se llaman la compuerta (G), el colector (C) y el emisor (E), mientras que la Figura 2.19 indica la característica de corriente y voltaje del IGBT.

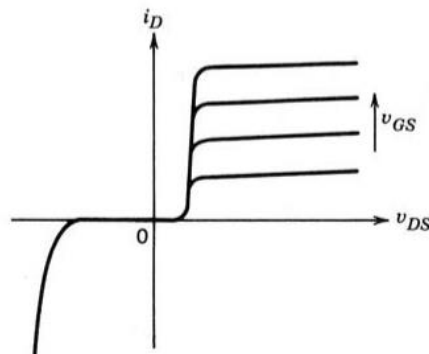


Figura 2.19 Curva característica de un IGBT.

(Liu, 2017, p. 106)

Un IGBT tiene una puerta de alta impedancia, como el MOSFET, por esta razón para entrar en su zona activa y conmutar, necesita solo una pequeña cantidad de energía; mientras que, al igual que los BJT, los IGBTs tiene un voltaje de estado activo pequeño, es decir con un V_{DS} pequeño y una corriente específica I_D ya llega a su saturación (Mohan et al., 2003). Los IGBTs presentan pérdidas más reducidas tanto durante la conmutación como en la conducción, comparten muchas de las características atractivas de los MOSFETs de potencia y operan con un circuito de control sumamente sencillo (Liu, 2017, p. 106).

Tabla 2.10 Funciones que cumple los transistores IGBT

Función	Descripción
Conmutación de alta potencia	Los transistores IGBT tienen la capacidad de manejar altas corrientes y tensiones, lo que los hace ideales para conmutar potencia en sistemas de propulsión híbridos.
Conversión de corriente continua a alterna	En vehículos híbridos, la batería de alta tensión proporciona corriente continua (CC), mientras que los motores eléctricos funcionan principalmente con corriente alterna (CA). Los transistores IGBT en el inversor convierten la CC en CA, garantizando un suministro adecuado de energía a los motores eléctricos.
Control de velocidad y torque	Los transistores IGBT son fundamentales para regular la velocidad y el torque de los motores eléctricos, permitiendo ajustar el rendimiento del vehículo.
Protección y seguridad	Los transistores IGBT son esenciales para la seguridad del sistema de propulsión de vehículos híbridos, ya que ofrecen protección contra sobrecorriente, sobretensión y temperaturas excesivas, garantizando el funcionamiento seguro del sistema.

Fuente:(Bai & Mi, 2011, p. 51)

En la Figura 2.20 se puede observar un transistor IGBT con un revestimiento de gel. Este recubrimiento de gel es una capa protectora que se aplica sobre el transistor para resguardarlo de condiciones ambientales adversas y prevenir daños externos.

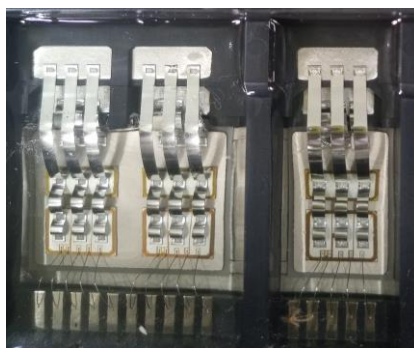


Figura 2.20 Transistores IGBT

2.3.1.7 Sistema de Refrigeración del Inversor

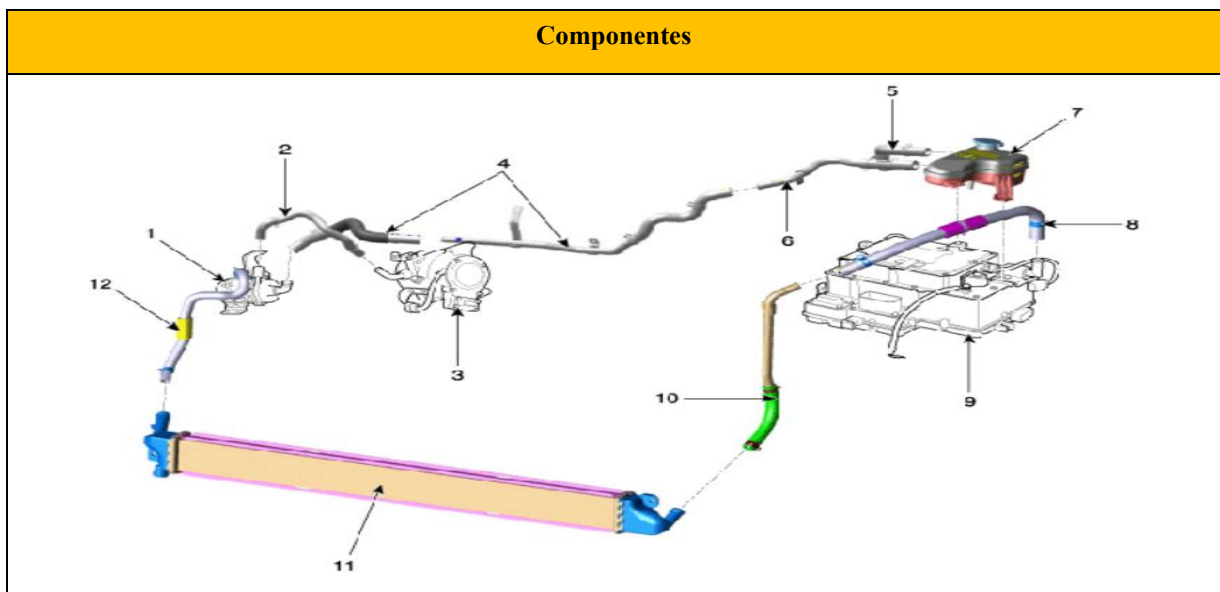
Dentro de la Unidad de Control de Potencia Híbrida (HPCU), el componente clave para gestionar el vehículo híbrido, se emplean diversos dispositivos semiconductores que

inevitablemente generan calor durante su funcionamiento. Estos dispositivos están directamente conectados a altos voltajes, lo que resulta en un nivel de calor superior al de los componentes eléctricos de un vehículo de motor de combustión interna. El sobrecalentamiento reduce la eficiencia de estos dispositivos de control, limitando así su correcto funcionamiento. (Manual KIA, 2015).

Para lograrlo, el vehículo híbrido cuenta con una línea de enfriamiento adicional para el agua, complementaria a la ya existente para el motor. Se ha incorporado una bomba de agua eléctrica para el flujo del refrigerante, la cual es controlada directamente por la MCU. Esta línea de enfriamiento extra también contribuye a mantener una temperatura óptima en el Generador de Arranque Híbrido (HSG). Dado que opera de manera independiente a la línea de enfriamiento del motor, se requiere un depósito de refrigerante separado, el cual se ubica en las cercanías de la HPCU. (Manual KIA, 2015).

La Bomba de Agua Electrónica (EWP) transporta el refrigerante desde el radiador hacia la Unidad de Control de Energía Híbrida (HPCU) y el Generador de Arranque Híbrido (HSG). Al activarse la EWP, el refrigerante circula a través del HSG, el radiador, la HPCU, el tanque de reserva, para luego retornar a través de la EWP.

Tabla 2.11 Elementos del sistema de refrigeración del inversor



<p>Dónde:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Bomba de Agua Eléctrica (EWP) 2. Manguera de Salida de la BAE 3. Generador de Arranque Híbrido (HSG) 4. Conjunto de Manguera y Tubería de Entrada de la BAE 5. Manguera de Entrada del Depósito 6. Conjunto de Manguera y Tubería de Salida del Depósito 	<ol style="list-style-type: none"> 7. Depósito 8. Manguera Inferior del Radiador del Inversor 9. Unidad de Control de Potencia Híbrida (HPCU) 10. Conjunto de Manguera y Tubería Inferior del Radiador del Inversor 11. Radiador del Inversor 12. Manguera Superior del Radiador del Inversor.
--	--

Fuente:(Manual KIA, 2015)

2.3.1.8 Pasta Térmica

La pasta térmica utilizada en el inversor es un material altamente conductor de calor que se aplica entre los componentes electrónicos y el disipador de calor del inversor.

Su principal función es mejorar la transferencia de calor y optimizar la disipación térmica. Al aplicar una fina capa de pasta térmica entre ambas superficies, se llenan los espacios y las irregularidades, optimizando así la disipación del calor generado. La falta de una eficiente disipación de calor puede causar un aumento de la temperatura en áreas concretas, lo que podría generar daños en partes críticas y sensibles del sistema. (Rodríguez, 2018).



Figura 2.21 Pasta térmica

2.3.1.9 DC Fusible

El propósito fundamental del fusible DC es salvaguardar tanto el inversor como otros elementos del sistema, incluyendo la batería de alto voltaje, de los posibles perjuicios derivados de corrientes eléctricas excesivas. En caso de que ocurra una sobrecarga o un cortocircuito que exceda la capacidad nominal del fusible, este se fundirá o desconectará automáticamente, deteniendo el flujo de corriente eléctrica y previniendo daños graves en el sistema (Yueqing, 2016).

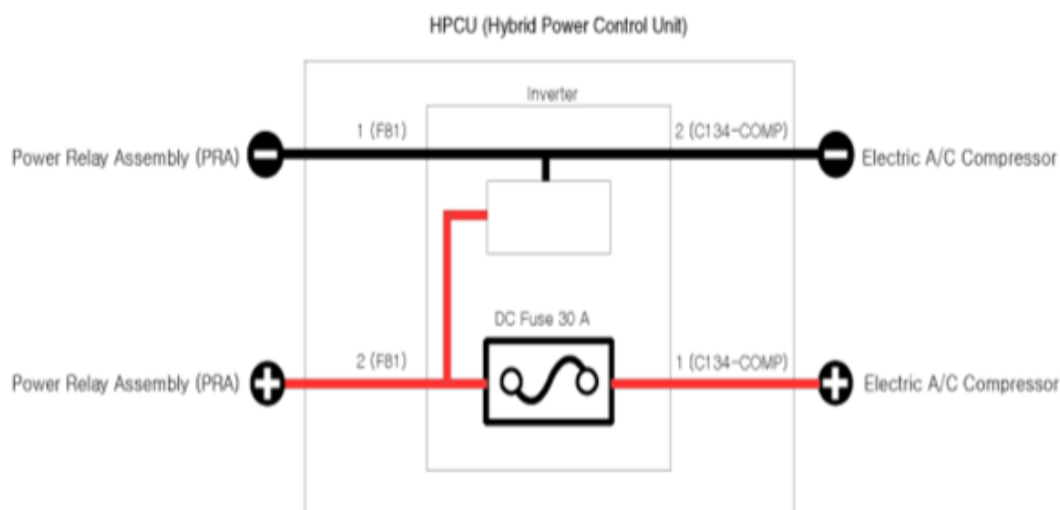


Figura 2.22 Diagrama del DC fusible
(Manual KIA, 2015)

2.3.2 PROCESOS DEL INVERSOR

El inversor juega un papel crucial en la conversión y gestión eficiente de energía en sistemas eléctricos. La energía se introduce en el inversor mediante un conector, pudiendo provenir tanto de una batería estándar de 12V como de otras fuentes de alimentación. Además, el inversor está equipado con entradas trifásicas diseñadas específicamente para conectar motores generadores, lo que amplía su utilidad en diversas aplicaciones industriales y automotrices. Sus funciones esenciales se despliegan a través de dos procesos de conversión: la función convertora booster, que eleva la energía de la batería de 270V a un impresionante rango de 600-650V, y la función

conversora lower o back, que reduce la tensión de 270V a un nivel seguro de 14.3V. Además de estas capacidades, el inversor también opera como un inversor convirtiendo corriente alterna en continua y viceversa, lo que es fundamental para las operaciones de generación y motorización en numerosos contextos industriales.

En términos de seguridad, el inversor está diseñado con precauciones meticulosas. Posee una tapa de seguridad que, si se encuentra suelta, activa la ECU, una Unidad de Control Electrónico, que emite alertas. Esto es especialmente crucial dado que la batería del sistema opera a una impresionante tensión de 270V y contiene condensadores capaces de almacenar un voltaje peligroso.

Además, el inversor-conversor está equipado con un sistema de seguridad integrado que, en caso de un accidente automovilístico, detecta señales a través del sensor disyuntor. Esta detección activa la computadora del sistema, que a su vez procede a detener el sistema por completo, garantizando así la seguridad tanto de los ocupantes del vehículo como del entorno circundante.

Estas características combinadas hacen del inversor un componente central en sistemas eléctricos que requieren tanto eficiencia energética como medidas de seguridad avanzadas.

Freno regenerativo: El sistema llega a funcionar cuando el vehículo baja la velocidad del automóvil ya sea utilizando el motor térmico o el pedal del freno cuando el sistema entra en funcionamiento el motor eléctrico ya no proporciona movimiento, este llega a funcionar como un generador de energía. El proceso que realiza es de transformar la energía cinética del movimiento para así transformarla en energía eléctrica que servirá para cargar la batería (Guevara, 2014, p. 21).

En la Figura 2.23 se representa el módulo MCU, cuya función principal es convertir la corriente continua en corriente alterna y viceversa. La corriente alterna generada se utiliza principalmente para alimentar los motores trifásicos, el sistema de aire acondicionado, la bomba de agua eléctrica y sensores relacionados con los motores trifásicos. Además, cuando los motores

trifásicos operan como generadores, el módulo MCU transforma la corriente alterna resultante en corriente continua, utilizada para cargar la batería de ion litio.

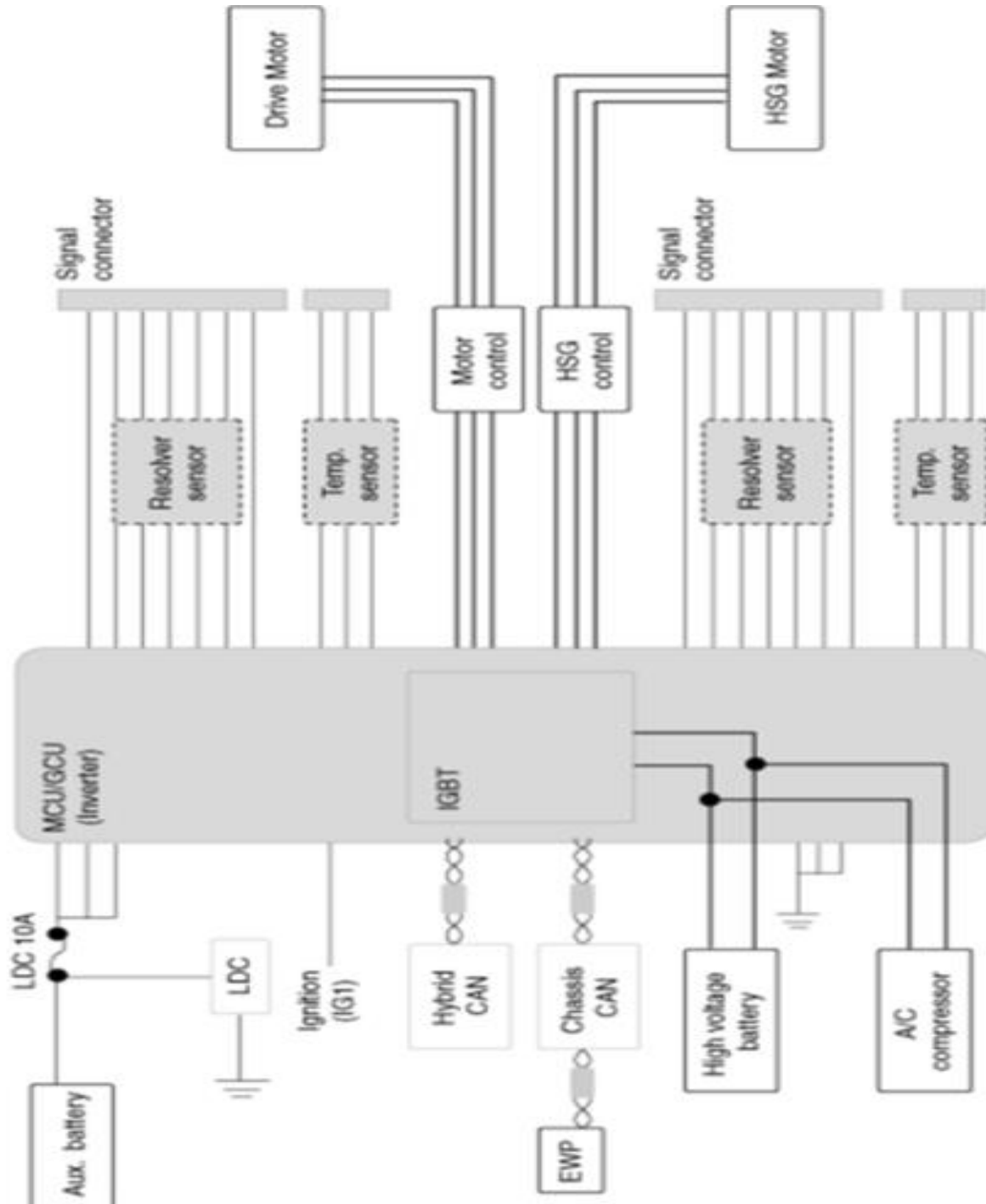


Figura 2.23 Diagrama del módulo MCU del inversor

(Manual KIA, 2015)

En la Figura 2.24 se muestra el módulo LDC, responsable de convertir la corriente continua en corriente continua. Esta conversión tiene lugar para cargar la batería auxiliar de 12v del vehículo híbrido. A través de este diagrama, se detalla la conexión que el módulo LDC tiene con otros componentes relevantes.

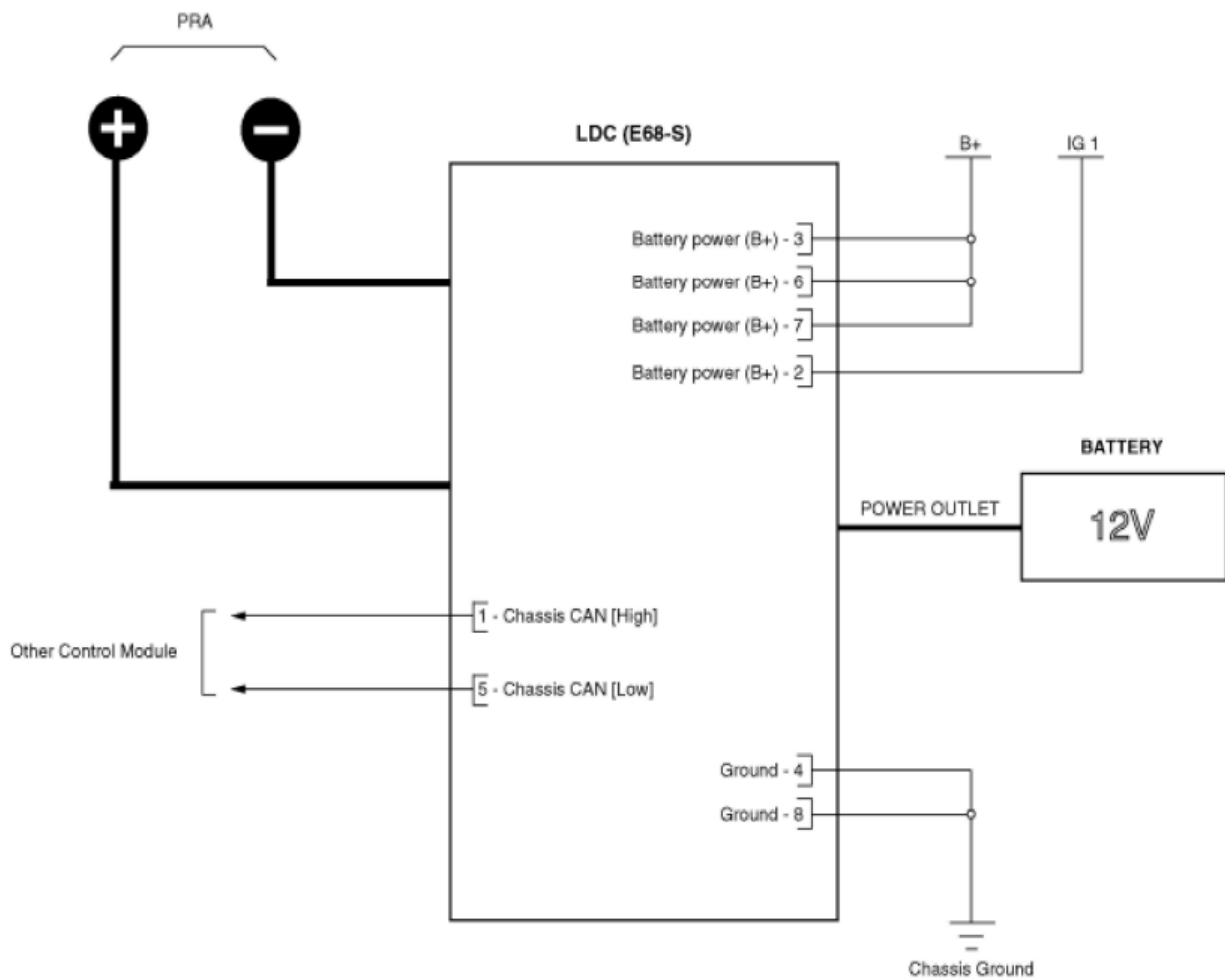


Figura 2.24 Diagrama del módulo LDC del inversor

(Manual KIA, 2015)

CAPÍTULO 3

3 MATERIALES Y METODOLOGÍA

En este capítulo se desarrolla la metodología aplicada para el diagnóstico del inversor. Se explica detalladamente los materiales usados para el diagnóstico y cómo se usan, se indican las precauciones que se debe tener en cuenta. También se muestra la metodología planteada para realizar el análisis del inversor y comprobar su funcionamiento.

3.1 FLUJOGRAMA DEL DIAGNÓSTICO DEL INVERSOR

En el campo de la ingeniería automotriz, el diagnóstico preciso de los componentes esenciales se ha vuelto fundamental para garantizar el rendimiento óptimo y la seguridad de los vehículos híbridos. Entre los elementos cruciales se encuentra el inversor, un dispositivo electrónico encargado de gestionar la energía entre el motor eléctrico y el sistema de batería. Un análisis detenido y un diagnóstico preciso del inversor son esenciales para mantener el funcionamiento eficiente del vehículo híbrido.

En este contexto, la presente tesis se enfoca en un diagnóstico exhaustivo del inversor de un vehículo híbrido, abordando sus especificaciones técnicas, su funcionamiento interno y los factores externos que pueden influir en su rendimiento. A lo largo de este estudio, se llevará a cabo un análisis meticuloso de los datos provenientes de pruebas de rendimiento entre otros más.

Con el objetivo de proporcionar una visión clara y comprensible de este proceso de investigación, se presenta el siguiente flujograma detallado. Este diagrama visual dirigirá a los lectores a través de las etapas clave de nuestro estudio, desde la recopilación y análisis de datos. A través de este flujograma, se busca ilustrar de manera efectiva el método sistemático y riguroso utilizado en el diagnóstico del inversor, ofreciendo así una perspectiva completa y detallada sobre este proceso.

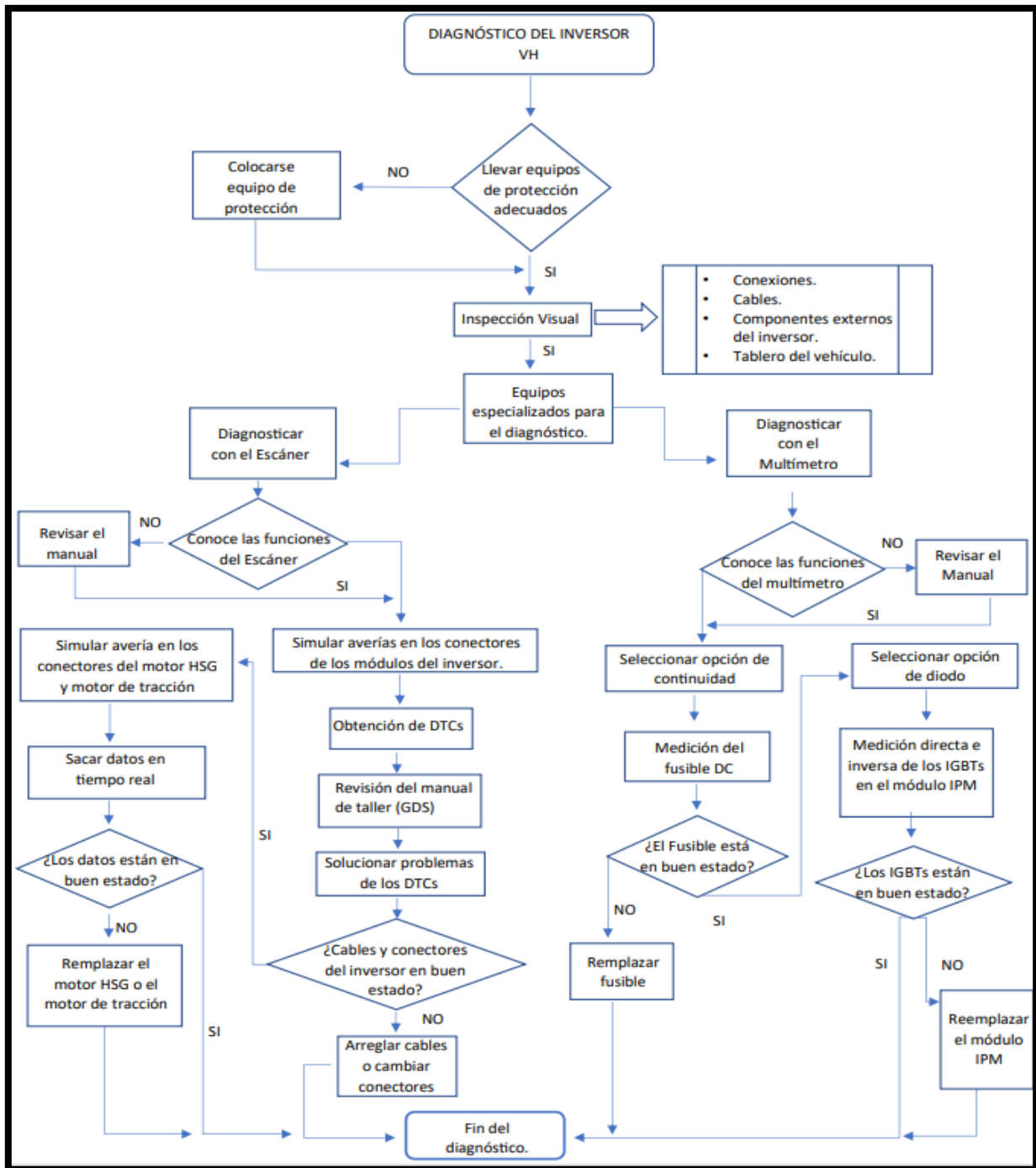


Figura 3.1 Estructura metodológica

La Figura 3.1 muestra la metodología de referencia que ha servido como punto de partida para la elaboración del capítulo 3. En esta representación gráfica se exponen los pasos que se sugiere seguir para el diagnóstico del inversor de un vehículo híbrido.

3.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL VEHÍCULO HÍBRIDO

Para la realización de este trabajo se va a usar el inversor del vehículo híbrido Kia Optima HV 2015, por lo que a continuación, en la Tabla 2.1 se muestra la ficha técnica de dicho vehículo, la cual servirá para tomar datos necesarios para el análisis a realizar.

Tabla 3.1 Ficha técnica Kia Optima HV

Kia Optima Híbrido 2015	
Dimensiones	
Largo total(mm)	4.855
Ancho total (mm)	1.860
Alto total(mm)	1.475
Distancia entre ejes(mm)	2.805
Mínima distancia al suelo(mm)	135
Motor	
Cantidad de cilindros	Cuatro cilindros en línea
Válvulas	DOHC 16 válvulas
Cilindrada(cc)	1.999
Consumo km/l (Ciudad, Carretera, Mixto)	18,9/22,7/21,3
Sistema de combustible	Inyección directa de gasolina (GDI)
Motor Híbrido (Gasolina + Eléctrico)	
Potencia total del sistema híbrido(hp/rpm)	192/6.000
Torque total del sistema híbrido (kg-m/rpm)	37,4/1.770
Motor gasolina	
Potencia (hp/rpm)	154/6.000
Torque (kg-m/rpm)	19.3/5.000
Motor eléctrico	

Motor eléctrico	Motor eléctrico de imán permanente
Potencia (kw/rpm)	38(50,9 Hp) /1,770-2,000
Torque (kg.m/rpm)	20,8/0-1,770
Batería sistema híbrido	
Tipo de batería	Batería de polímero de ion litio
Voltaje(V)	270
Potencia Combinada(kW)	56 kW
Energía (kWh)	1,76
Peso(kg)	41,30
Transmisión	
Automática de 6 velocidades	•
Suspensión	
Delantera	McPherson
Trasera	Multi-link
Dirección	
Asistida eléctricamente	
Neumáticos	
215/55 R17	

Fuente: (Kia, 2015).

3.3 EQUIPOS DE PROTECCIÓN

Para el diagnóstico y revisión del inversor de un vehículo híbrido, se debe considerar que tiene componentes eléctricos, los cuales, si no se manejan con precaución, pueden generar riesgos eléctricos. Por esto es fundamental utilizar equipos de protección personal adecuados, antes de equipar los equipos de seguridad se recomienda quitar objetos personales como cadenas, reloj, anillos, manillas con el fin de garantizar la seguridad del técnico y prevenir cualquier accidente.

3.3.1 GUANTES

Es crucial seleccionar guantes de protección que garanticen la seguridad en entornos híbridos, donde se manejan tanto componentes eléctricos como mecánicos estos ayudaran a salvaguardar la vida de la persona.

3.3.1.1 Guantes Aislantes

Estos guantes dieléctricos son esenciales para proteger las manos del técnico contra descargas eléctricas. Cumplen con las normas de seguridad y proporcionan aislamiento eléctrico. Cuando se realizan inspecciones o trabajos en los componentes de alto voltaje, es necesario utilizar equipos que cuenten con un rendimiento de aislamiento como se muestra en la imagen 2.2 son guantes clase 1 de 7500V AC 11250 DC (Pérez, 2023).



Figura 3.2 Guantes dieléctricos

3.3.1.2 Guantes Antiestáticos

Los guantes antiestáticos son herramientas diseñadas para evitar la acumulación y liberación de electricidad estática en entornos donde esta puede perjudicar componentes electrónicos delicados. Estos guantes se elaboran con materiales que controlan la electricidad estática, impidiendo su acumulación en el cuerpo. Normalmente, están confeccionados con materiales

conductores o combinaciones de fibras sintéticas y naturales que posibilitan la liberación segura de la electricidad estática.



Figura 3.3 Guantes antiestáticos

3.3.2 CALZADO DE SEGURIDAD

El calzado dieléctrico y punteras reforzadas son importantes por dos razones: la primera evita que el cuerpo humano haga tierra con el suelo y se produzcan descargas eléctricas, y la segunda evita posibles lesiones en los pies que se puedan dar por objetos pesados.



Figura 3.4 Calzado de seguridad

3.3.3 MANTA DE AISLAMIENTO

La manta de seguridad es un aislante colocado sobre la superficie de trabajo. Esta es una herramienta crucial para el aislamiento eléctrico durante las pruebas y diagnósticos de los sistemas eléctricos del inversor. Fabricada con materiales aislantes, evita la conducción de

electricidad, protegiendo a los técnicos y al equipo de posibles descargas eléctricas durante el proceso de diagnóstico.



Figura 3.5 Manta de aislamiento

3.4 HERRAMIENTAS PARA EL DIAGNÓSTICO

Las herramientas de diagnóstico son dispositivos especializados empleados en diversos campos, como el automotriz, para examinar y resolver problemas en sistemas mecánicos, eléctricos, electrónicos y computarizados de vehículos u otros equipos. Estas herramientas permiten a los profesionales identificar códigos de falla, medir parámetros, obtener datos en tiempo real, realizar pruebas y análisis de componentes, brindando información valiosa que facilita el diagnóstico y solución precisa y eficiente de las averías o mal funciones en los sistemas evaluados.

3.4.1 ESCÁNER

Es un instrumento electrónico que sirve como herramienta de diagnóstico; en este trabajo se usa para analizar la información de los componentes eléctricos del vehículo, leer los códigos de error almacenados en el sistema de diagnóstico del vehículo y proporcionar información detallada sobre el rendimiento y las condiciones de los diversos componentes del vehículo. El error se muestra mediante un lenguaje de códigos, facilitando al usuario encontrar donde se encuentra la falla, ya que los componentes cuentan con sensores, donde le transmite al

instrumento y poder corregir; si no se puede solucionar el daño a través de algún código, se puede decir que es un daño mecánico del vehículo (Cordaez, 2021).



Figura 3.6 Pantalla del escáner automatriz

El escáner funciona a través de un conector OBD2, se tienen diferentes tipos de escáner como es:

- Escáner específico para dichas marcas, ayuda a realizar un diagnóstico más exacto y poder reprogramar dicho funcionamiento de los sensores, comprobar valores en tiempo real.
- Escáner multimarca, es el más utilizado en los talleres ya que este es compatible con diferentes marcas de vehículos.

Tabla 3.2 Ficha técnica escáner

Especificaciones	
Sistema operativo	Android™ 4.4.2 KitKat OS
Procesador	Procesador Cortex-A9 (1,5GHz)
Memoria	1GB RAM DDR3/ 32GB ROM
Pantalla	Pantalla táctil capacitiva LCD de 7 pulgadas con resolución 1024x600

Conectividad	<ul style="list-style-type: none"> • Mini USB 2.0. • USB 2.0. • Wi-Fi. • Tarjeta Micro SD (soporta hasta 32GB).
Batería	Batería de litio-polímero de 3.7V/5000 mAh, aproximación de 4,5 horas de uso continuo
Entrada y salida de audio	<ul style="list-style-type: none"> • Micrófono • Altavoces duales • Conector para auriculares estéreo/ estándar de 4 Bandas de 3.5mm
Consumo de energía	500mA (LCD encendida con brillo por defecto, Wifi encendida) a 3.7V
Temperatura de funcionamiento	-10 a 60°C (14 a 140°F)
Temperatura de almacenamiento	-20 a 70°C (-4 a 158°F)
Protección	Carcasa de plástico resistencia con funda protectora de goma.
Dimensiones	237.8mm (9.4”) x 148.6mm (5.9”) x35.5mm (1.4”)
Peso neto	788g (2.42lb)
Sistema	
Lee y borra código de falla para todos los siguientes a bordo: motor, transmisión, frenos, bolsas, IMM, alarma, crucero, tablero, A/C, y calefacción, Ctro mensajes, asientos, luces, navegación, audio, telemedia, confort, tracción, dirección, TPMS, estabilidad, suspensión, y muchos más.	
Tecnología AutoVin para identificación automática e instantánea de la marca, modelo y año del vehículo.	
Escanea automáticamente todos los sistemas aborados	
Muestra datos en vivo, en formatos texto, gráficos y analógico, para simplificar la revisión de parámetros.	
Comunican con todos los módulos electrónicos, controladores de carrocería, chasis, tren motriz y redes.	
Admite todos los protocolos OBD2 y 10 modos de prueba incluyendo Freeze Frame, Enhanced Mode 6, información del vehículo, preparación I/M, monitores a bordo y pruebas de componentes.	
Gráfica, graba y reproduce datos en vivo	

Fuente: (Autel, 2020)

3.4.2 MULTÍMETRO AUTOMOTRIZ

El multímetro automotriz es una variante especializada del multímetro convencional, adaptado para atender las particularidades de los sistemas eléctricos y electrónicos que se encuentran en los automóviles. Su propósito principal es verificar y analizar de forma precisa los componentes eléctricos en los vehículos, permitiendo a técnicos y mecánicos automotrices identificar y solucionar problemas eléctricos con eficiencia en el campo de la automoción (Díaz, 2023)

Es importante seleccionar un multímetro que cumpla con los siguientes criterios:

- **Rango de Medición de Alto Voltaje:** Debe poseer una escala de medición que abarque los voltajes presentes en el sistema de alto voltaje de un vehículo híbrido, los cuales a menudo superan los 200V.
- **Categoría de Seguridad Eléctrica:** Debe contar, como mínimo, con una clasificación de Categoría III o IV en términos de seguridad eléctrica, conforme a los estándares internacionales de seguridad eléctrica.
- **Funciones de Seguridad Adicionales:** Algunos multímetros de alto voltaje están equipados con características de seguridad adicionales, como protección contra sobrecargas y fusibles de alta energía.
- **Puntas de Prueba Especiales:** Es probable que necesites puntas de prueba especiales diseñadas para manipular voltajes de alto nivel de forma segura.
- **Certificaciones y Cumplimiento Normativo:** Es importante verificar que el multímetro cumple con las regulaciones y normativas de seguridad eléctrica tanto locales como internacionales.

3.4.2.1 Multímetro Automotriz (INNOVA 3340^a)

El multímetro INNOVA 3340^a es una herramienta eléctrica versátil que se utiliza para medir voltajes, corrientes y resistencias en circuitos eléctricos. Con su capacidad para realizar diversas

pruebas, es fundamental para diagnosticar y solucionar problemas en aparatos electrónicos y sistemas eléctricos.



Figura 3.7 Multímetro automotriz (INNOVA 3340^a)

En la tabla 3.3 se puede observar las especificaciones que poseen el multímetro innova 3340^a, con estas especificaciones obtendrá información crucial y con ella se puede determinar si el multímetro es apto para el trabajo a realizar.

Tabla 3.3 Ficha técnica multímetro (INNOVA 3340^a)

Especificaciones
Pantalla LCD de 3 3/4 dígitos (con máximo de lectura de 400)
Control de rango: Selección automática
Indicación automática de negativo (-) y polaridad
Ajustes automáticos de cero
Indicador de exceso de rango (excepto la función 15 A) Aparece “OL” en la pantalla el LCD.
Indicador de batería agotada: Presenta el símbolo de batería en la pantalla LCD (+, -)
Apagado automático (después de 10 minutos de inactividad)
Contaminación Grado 2
Medición de circuito categoría II

Ambiente de funcionamiento: Temperatura 0°C a 40°C (-32° a 104°F), Humedad – menos del 80% de humedad relativa (sin condensación), Altitud- hasta 6562 pies (2000 metros).
Ambiente de almacenamiento: Temperatura -20° a 60°C (-4° a 140°F), Humedad – menor que el 90% de humedad relativa (sin condensación).
Fusible: 315 mA/250 V 5x20 mm (Radio Shack, GMA/217 serie #270-1046).
Dimensiones: Altura: 5.50 pulg. (139 mm). / Anchura: 3.50 pulg. (32 mm). / Profundidad: 1.25 pulg (32 mm).
Peso (con baterías): aproximadamente 6.3 onzas (180 g).

Fuente: (Innova, 2007)

3.4.2.2 Multímetro Automotriz (Bosch FIX7677)

El Bosch FIX7677 está equipado con varias capacidades que lo hacen ideal para el trabajo en automóviles. Suele incluir funciones de medición estándar, como voltaje, corriente, resistencia, continuidad y pruebas de diodos. Además, puede ofrecer mediciones más avanzadas, como pruebas específicas para sistemas automotrices, como mediciones de señales PWM (Modulación de Ancho de Pulso), pruebas de sistemas de encendido, sistemas de carga de batería, sensores de temperatura y otros componentes automotrices.



Figura 3.8 Multímetro automotriz (Bosch FIX7677)

En la tabla 3.4, se observa las características esenciales que nos permitirán determinar si el multímetro es adecuado para diagnosticar el inversor.

Tabla 3.4 Ficha técnica multímetro (Bosch FIX7677)

Especificaciones	
Marca	Bosch
Modelo	FIX7677
Tipo	Multitester
Ancho (Cm)	8.5 cm
Profundidad (Cm)	3.5 cm
Alto (Cm)	17 cm
Características	Realiza pruebas de arranque y carga, sistemas de encendido y suministro de combustible. Cables de prueba con detección automática de polaridad inversa. Ajuste automático de cero. Protección contra sobrecarga en todos los rangos. Mide voltaje AC/DC, corriente DC y resistencia. Pruebas de diodos y baterías. Pruebas de fusibles, interruptores, solenoides y relés. La pantalla LCD retroiluminada es fácil de leer de día o de noche. Auto polaridad inversa. Ajuste automático de cero. Protección de sobrecarga. Indicador de batería baja. Tono audible. Apagado automático. Control de diodos. Función de tacómetro. Función de continuidad.
Tipo de Panel	Digital
Advertencia de uso	Mantener fuera del alcance de los niños.
Tipo de uso	Profesional
Uso	Para distintas mediciones eléctricas.
Recomendaciones de uso	Leer manual de instrucciones antes de usar
Incluye	2 cables de medición codificados por color, 2 pinzas de cocodrilo y manual de uso.

Fuente: (Bosch, 2019)

3.5 DIAGNÓSTICO DEL INVERSOR DEL VEHÍCULO HÍBRIDO

Antes de realizar cualquier intervención en el inversor de un vehículo híbrido, es esencial comprender que este dispositivo opera con voltajes sumamente elevados. En consecuencia, se vuelve absolutamente necesario implementar medidas de seguridad rigurosas y utilizar el equipo de protección adecuado. Esto se debe a que la exposición o el contacto directo con voltajes tan

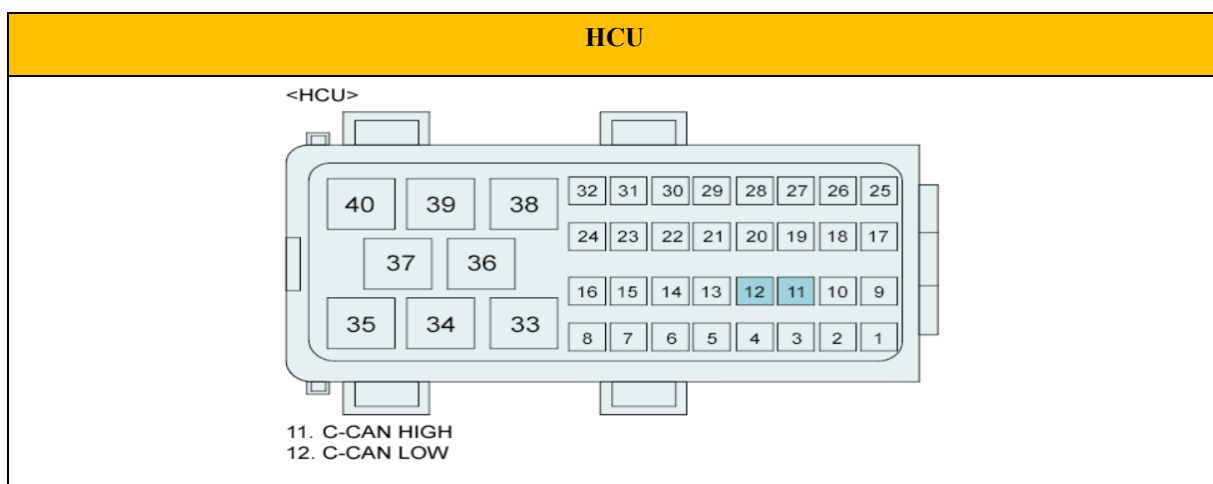
altos representan un peligro extremo, con el potencial de ser fatal si no se cumplen de manera estricta los protocolos de seguridad establecidos.

3.5.1 DIAGNÓSTICO DEL INVERSOR CON EL ESCÁNER

Para el diagnóstico mediante el escáner se deben realizar los siguientes pasos para obtener datos concluyentes:

1. Antes de proceder con el diagnóstico, se debe conocer cada implemento y conectores que tiene el inversor con sus elementos externos, para eso se procederá a la revisión del manual de taller del vehículo híbrido. De dicho manual servirá para conocer el funcionamiento del inversor y además se identificará las señales que transmite cada cable de los diferentes conectores, para así llegar a determinar los códigos de falla que se pueden llegar a dar dependiendo de las señales y la comunicación que en cada uno de estos ocurre. Los conectores investigados a detalle en el manual, su funcionamiento y sus pines son los siguientes:
 - El **HCU** supervisa el estado tanto del motor eléctrico del vehículo como distribuye de manera óptima la energía de las dos fuentes de alimentación durante diferentes condiciones de conducción.

Tabla 3.5 Datos de los pines del HCU



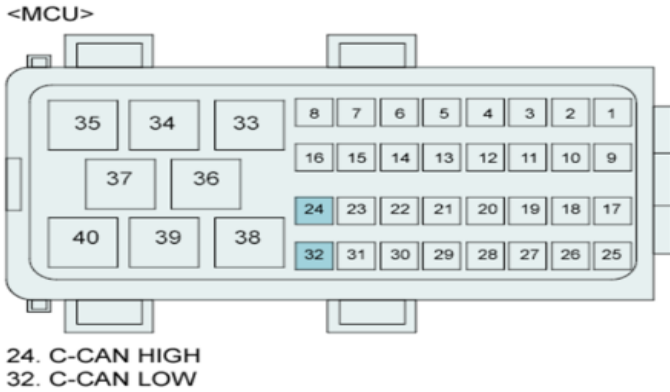
Pin	Descripción	Conectado
6	Entrada de señal del interruptor de freno 1	Interruptor de freno (Normalmente Abierto)
9	Energía del sensor (+5V)	Sensor de Presión del Embrague (CPS)
11	Entrada de señal CAN de chasis [Alta]	Otros módulos de control
12	Entrada de señal CAN de chasis [Baja]	Otros módulos de control
14	Entrada de señal del interruptor de freno 2	Interruptor de freno (Normalmente Cerrado)
17	Entrada de señal del Sensor de Presión del Embrague (CPS)	Sensor de Presión del Embrague (CPS)
19	Entrada de señal CAN híbrida [Alta]	Otros módulos de control
20	Entrada de señal CAN híbrida [Baja]	Otros módulos de control
25	Tierra del sensor	Sensor de Presión del Embrague (CPS)
30	Alimentación de batería (B+)	Interruptor de Encendido (ST)
33	Alimentación de batería (B+)	Interruptor de encendido (IG1)
34, 35	Alimentación de batería (B+)	Batería
38,39,40	Tierra del HCU	Tierra a chasis

Fuente: (Manual KIA, 2015)

- El **MCU** proporciona energía eléctrica de alto voltaje a dos motores principales (Motor de accionamiento híbrido y HSG). Su funcionamiento se adapta a las condiciones de conducción, comunicándose con dispositivos de control como el HCU, optimizando así los dos motores según las circunstancias.

En la tabla 3.6, se detallan y especifican los valores que se pueden registrar en cada uno de los pines del MCU. Esta tabla ofrece una visión detallada y específica de las lecturas que se pueden esperar en cada uno de los pines individuales del MCU.

Tabla 3.6 Datos de los pines del MCU

MCU		
 <p style="text-align: center;">24. C-CAN HIGH 32. C-CAN LOW</p>		
Pin	Descripción	Conexión
1	Entrada de señal del sensor de temperatura del motor	Sensor de temperatura del motor
2	Blindaje del sensor	Sensor de temperatura del motor
3	Salida (+) del resolver del motor	Sensor de resolver del motor
4	Entrada de señal del sensor de resolver del motor (S1)	Sensor de resolver del motor
5	Entrada de señal del sensor de resolver del motor (S2)	Sensor de resolver del motor
8	H-CAN [Alta]	CAN híbrido y monitoreo
9	Conexión a tierra del sensor	Sensor de temperatura del motor
10	Blindaje del sensor	Sensor de resolver del motor
11	Salida (-) del resolver del motor	Sensor de resolver del motor
12	Entrada de señal del sensor de resolver del motor (S3)	Sensor de resolver del motor
13	Entrada de señal del sensor de resolver del motor (S4)	Sensor de resolver del motor

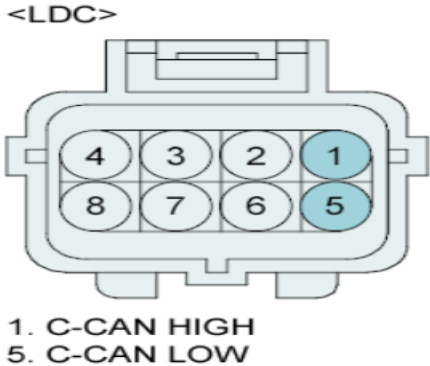
16	H-CAN [Baja]	CAN híbrido y monitoreo
17	Entrada de señal del sensor de temperatura del HSG	Sensor de temperatura del HSG
18	Blindaje del sensor	Sensor de temperatura del HSG
19	Salida (+) del resolver del motor HSG	Sensor de resolver del HSG
20	Entrada de señal del sensor de resolver del HSG (S1)	Sensor de resolver del HSG
21	Entrada de señal del sensor de resolver del HSG (S2)	Sensor de resolver del HSG
24	C-CAN [Alta]	CAN del chasis
25	Conexión a tierra del sensor	Sensor de temperatura del HSG
26	Blindaje del sensor	Sensor de resolver del HSG
27	Salida (-) del resolver del motor HSG	Sensor de resolver del HSG
28	Entrada de señal del sensor de resolver del HSG (S3)	Sensor de resolver del HSG
29	Entrada de señal del sensor de resolver del HSG (S4)	Sensor de resolver del HSG
32	C-CAN [Baja]	CAN del chasis
33	Alimentación de la batería (B+)	Batería
34	Alimentación de la batería (B+)	Interruptor de encendido
35, 37, 40	Conexión a tierra de alimentación	Tierra del chasis
36, 38	Alimentación de la batería (B+)	Batería

Fuente: (Manual KIA, 2015)

- El LDC es el convertidor de corriente continua a corriente continua de bajo voltaje está integrado en el HPCU. Carga la batería auxiliar como sustituto del generador

al convertir el alto voltaje (CC 270V) de la batería de alto voltaje en bajo voltaje (CC 12V).

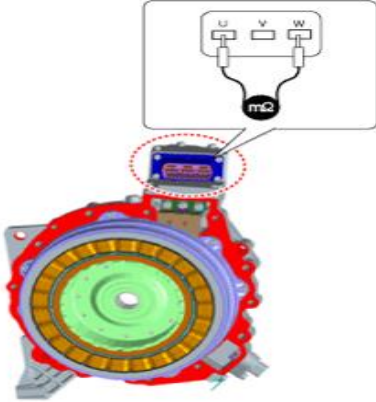
Tabla 3.7 Datos de los pines del LDC

LDC		
 <p style="text-align: center;"><LDC></p> <p style="text-align: center;">1. C-CAN HIGH 5. C-CAN LOW</p>		
Pin	Descripción	Conectado
1	Chasis CAN (High)	Módulo de Control Adicional
2	Energía de la batería (B+)	IG 1
3	Energía de la batería (B+)	B+
4	Tierra	Chasis tierra
5	Chasis CAN (low)	Módulo de Control Adicional
6, 7	Energía de la batería (B+)	B+
8	Tierra	Chasis Tierra

Fuente: (Manual KIA, 2015)

- Motor de accionamiento híbrido** se conecta directamente a las ruedas y brinda asistencia eléctrica, especialmente en el arranque y a bajas velocidades, y puede operar como generador durante la desaceleración o el frenado para recuperar energía mediante el proceso de freno regenerativo esta funciona utilizando la energía cinética para la generación de energía.

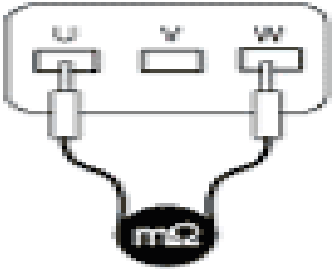
Tabla 3.8 Datos de los pines del motor de accionamiento híbrido

Motor de accionamiento híbrido			
			
Dato	Área de inspección	Especificación	Observaciones
Resistencia de fase a fase	Pines U - V	38.7 - 42.7 mΩ	Desviación en la resistencia de fase a fase a temperatura ambiente (20°C): 5%
	Pines V - W		
	Pines W - U		

Fuente: (Manual KIA, 2015)

- **HSG** es un componente que se conecta al motor de combustión interna y puede actuar como generador para cargar la batería o como motor auxiliar para la aceleración.

Tabla 3.9 Datos de los pines del HSG (Generador de Arranque Híbrido)

HSG (Generador de Arranque Híbrido)


Dato	Área de inspección		Especificación	Observaciones
Resistencia de fase a fase	Potencia (Línea a Línea)	U-V	Promedio $\pm 5\%$ m Ω	En 10Arms
		V-W		En [(20~30°C) 68~86 °F]
		W-U		

Fuente: (Manual KIA, 2015)

- Después de conocer a detalle cada conector y componentes del inversor, mediante el uso del manual, se puede dar inicio al trabajo experimental. Primero se realiza una inspección visual de los conectores y cables del inversor, teniendo en cuenta que el vehículo debe estar apagado y el técnico que va a realizar el diagnóstico debe contar con el equipo de seguridad indicado en el numeral 3.3. Dicha inspección ayudará a encontrar si existen cables rotos, corroídos o conectores con una mala conexión. Se revisará esto debido a que el vehículo con el tiempo y la manipulación puede sufrir daños.



Figura 3.9 Inspección del inversor

- Una vez determinado que no existe avería en ningún conector, se procede a la realización del diagnóstico mediante la desconexión de elementos; este diagnóstico se basa en la producción de DTC y en la toma de datos al quitar varios conectores que están vinculados con el inversor. Antes de proceder con la desconexión, se debe asegurar que dichos elementos no estén energizados, por lo que primero se desconecta la batería

auxiliar y luego el Jumper de la batería híbrida (Figura 3.11). La desconexión del jumper se realiza para que la batería híbrida no transmita energía al inversor, y evitar posibles accidentes. Para que el sistema se descargue se debe esperar por lo menos cinco minutos, transcurrido este tiempo ya se podrá manipular dichos conectores.



Figura 3.10 Desconexión del jumper

4. Es importante conocer qué tipo de vincha usa cada uno de los conectores, para evitar dañar o romper algún elemento. En las figuras que se muestran a continuación, se puede ver cómo realizar la desconexión de cada conector. En la figura 3.12 se observa el conector del HCU y cómo se debe retirar, este conector tiene una similitud con el conector del MCU el cual se desconecta de igual manera.

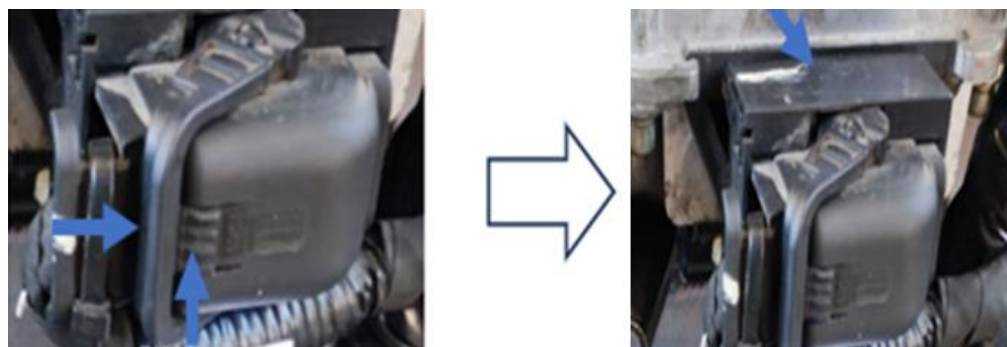


Figura 3.11 Desconexión del HCU

En la figura 3.13 se puede observar la desconexión del modulo LDC del inversor y como se debe retirar para evitar cualquier riesgo o averia que puede surgir al realizar dicha desconexion.

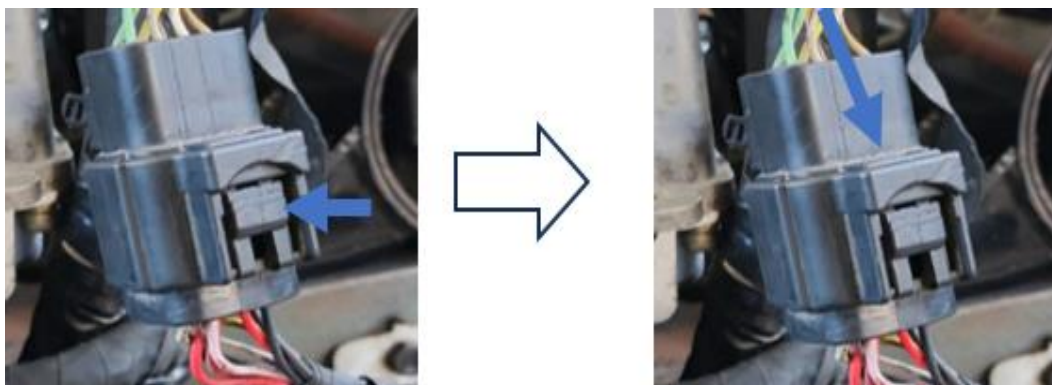


Figura 3.12 Desconexión del LDC

La Figura 3.14 muestra cómo desconectar el conector del HSG, evidenciando que el proceso es similar al desconectar el conector del motor de accionamiento híbrido. Esta representación visual detalla el procedimiento para desconectar el conector del HSG, destacando la similitud en el método empleado con el del motor de accionamiento híbrido.

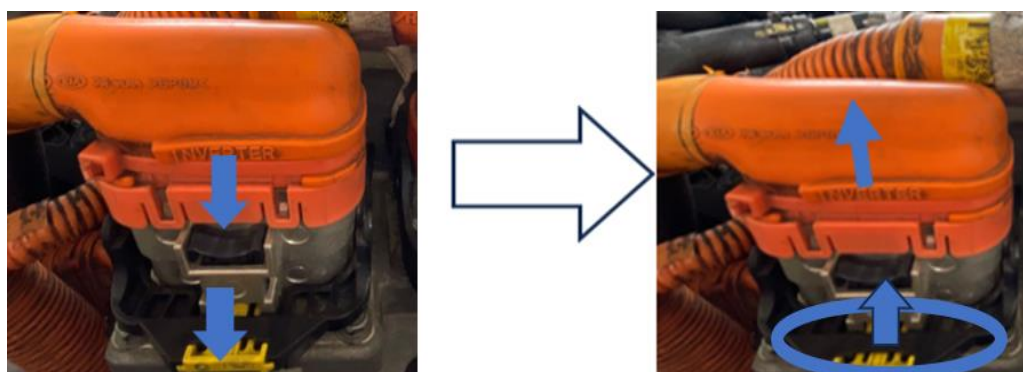


Figura 3.13 Desconexión del HSG

5. Se procederá a desconectar uno a uno cada conector, para así realizar el diagnóstico con el escáner determinando qué códigos de falla y valores podemos obtener. Al desconectar

un elemento, se debe tener la precaución de separarlos, ya que al juntarse o acercarse demasiado se puede producir un arco y causar una avería muy severa en el inversor.

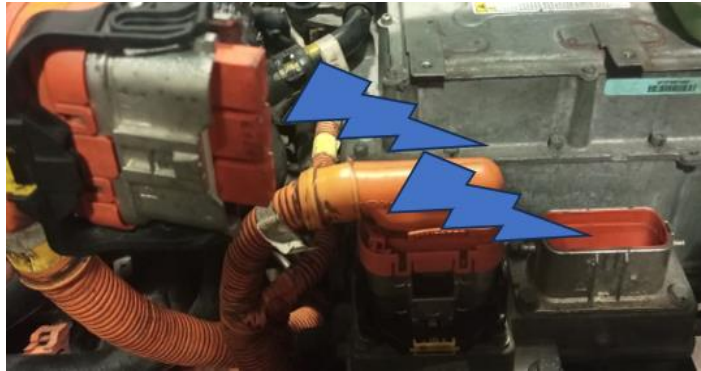


Figura 3.14 Producción de arcos en los conectores

6. El paso 6 indica que, luego de desconectar el componente en proceso de diagnóstico, se restablece la conexión del jumper de la batería híbrida. Después, se vuelve a conectar la batería de 12V y se repite el paso 4 del procedimiento. Esta secuencia garantiza la restauración de las conexiones de las baterías y permite repetir el análisis mencionado en el paso 4. Esto se hace para verificar cualquier cambio o efecto tras la desconexión y reconexión de los sistemas de batería del vehículo híbrido.



Figura 3.15 Conexión del jumper

7. Después, se procederá a la conexión del escáner al vehículo; tomar en cuenta que para cada medición se debe entrar en modo de mantenimiento del vehículo híbrido. Esto se realizará con el objetivo de que el motor de combustión también esté operando, causando

que este arroje códigos de fallas que puedan surgir al desconectar un implemento del inversor.

A continuación, se presentan los pasos detallados para activar el modo de mantenimiento del vehículo híbrido:

- Verificar que el vehículo se encuentre en la posición de Parking (estacionado).
 - Luego, se realiza dos pulsaciones en el botón de encendido para que el vehículo se encuentre y contacto. Es importante tener en cuenta que en este paso no se debe tocar ni el pedal del freno ni el acelerador.
 - Después de haber pulsado el botón de encendido dos veces, proceder a pisar el acelerador dos veces seguidas.
 - A continuación, pisar el pedal del freno y colocar la palanca de cambios en la posición de Neutro.
 - Luego, se debe volver pisar el acelerador dos veces más.
 - Se regresa a pisar el freno y colocar la palanca de cambios nuevamente en la posición de aparcamiento.
 - Al pisar el acelerador dos veces, se observa en el panel de instrumentos que el modo de mantenimiento ha sido activado.
 - Por último, se debe pisar el freno y presionar el botón de encendido para encender el motor.
8. Una vez seleccionado el modo de mantenimiento, se llevará a cabo la configuración del escáner para la medición de códigos de falla y valores que puedan surgir al desconectar un componente. Para iniciar este proceso de medición de códigos de falla y obtención de datos, existen dos métodos disponibles: el primero implica ingresar el código "Vin" del vehículo, mientras que el segundo método consiste en introducir la información manualmente.



Figura 3.16 Configuración del escáner

La figura 3.17 muestra la configuración inicial necesaria antes de iniciar la búsqueda de códigos de diagnóstico (DTC, por sus siglas en inglés). En ella, se muestra que se debe seleccionar el icono de diagnóstico después de elegir la marca específica.

9. Esta etapa inicial de configuración es fundamental para adecuar y preparar el equipo o software de diagnóstico antes de iniciar la búsqueda de posibles códigos de falla y obtención de valores en el sistema del vehículo. Esta preparación inicial garantiza que el equipo esté listo para identificar y registrar cualquier problema o código de error que pueda estar presente en el sistema electrónico o mecánico del vehículo.

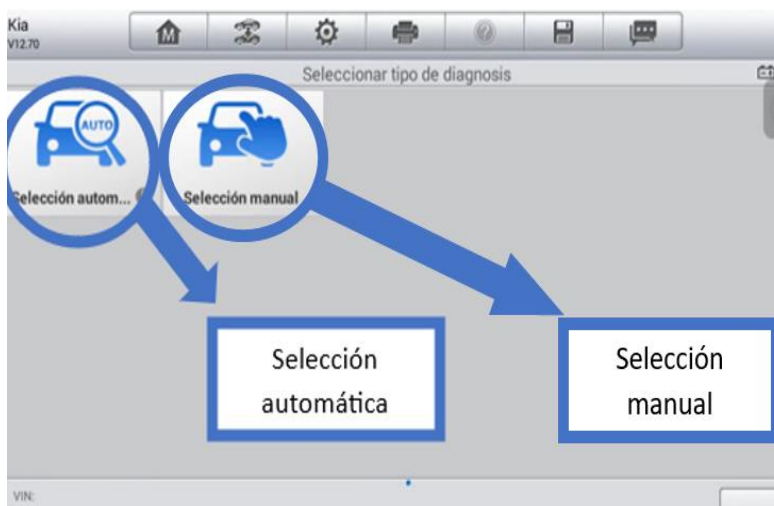


Figura 3.17 Configuración del escáner selección manual o “VIN”

- Cuando se entra con el “VIN” del vehículo el escáner realiza una investigación o una búsqueda en dónde se señalará el año, marca del vehículo y todos los datos que necesite.

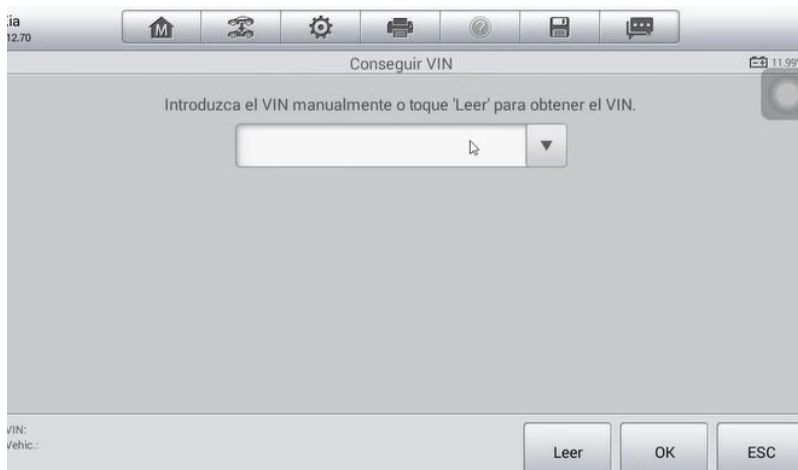


Figura 3.18 Obtención de DTC “VIN del vehículo”

En la figura 3.19 se observa el código VIN (Número de Identificación del Vehículo) consta de 17 caracteres alfanuméricos únicos que proporcionan información sobre el vehículo

- Cuando se entra manualmente en cambio se debe escoger cada dato del vehículo para poder realizar el diagnóstico.



Figura 3.19 Obtención de DTC mediante selección manual

En la figura 3.20 se selecciona dependiendo de qué manera se quiere entrar en el diagnóstico del vehículo híbrido.

10. El mismo procedimiento se deberá realizar por cada desconexión que se realice en el inversor. Se debe tomar en cuenta que al medir códigos de falla se deberán borrar cada vez que se realice una nueva medición para llegar a la determinación de que los códigos de falla que se obtiene son los que se consiguió al desconectar dicho elemento.



Figura 3.20 Función de eliminación de códigos de error

En la figura 3.21 se puede llegar a apreciar la opción de borrado rápido la ayudará a obtener datos de mejor calidad, debido a que algunos códigos de error se quedan grabados en el sistema del vehículo.

11. Al obtener los códigos de falla, es posible identificar en qué componente del vehículo híbrido se produce el fallo. Esta información nos permite determinar la causa subyacente del inconveniente y comprender cómo los datos obtenidos se relacionan con la desconexión de este. Estos detalles ofrecen nueva y precisa información que puede ser fundamental para un diagnóstico claro y preciso, facilitando la identificación y solución del problema.

3.5.2 DIAGNÓSTICO DEL INVERSOR CON EL MULTÍMETRO (INNOVA 3340a) y (BOSCH FIX 7677)

Para el diagnóstico del inversor con un multímetro se obtuvo módulos IPM de un inversor ya desmantelado y también se realizó una investigación profunda para determinar qué elementos son más propensos a quemarse; con eso se determinó que un fusible del inversor es el más propenso a llegar a dañarse, por eso se procedió a la creación de un método para sustituir y verificar si el fusible y el módulo IPM se encuentra en buen estado.

Se procedió a ocupar el módulo IPM ya desmantelado de un inversor, para no manipular el inversor del Kia optima, debido a que el inversor posee tarjetas y módulos de control que podrían llegar a ser afectados al momento del desarme. Por esta razón no se recomienda desarmar el inversor a menos que surja un inconveniente con este; caso contrario, si el inversor no presenta novedades se recomienda no desarmarlo.

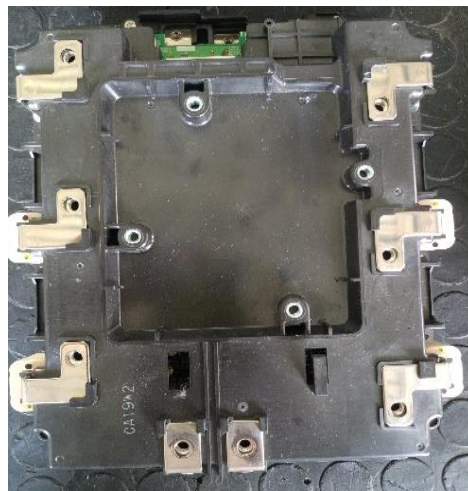


Figura 3.21 Módulo IPM

Si el inversor del Kia optima híbrido sufre una avería interna, se procederá a desarmar; no obstante, antes de proceder con el desmantelamiento del inversor, con la debida precaución se debe realizar una medición para determinar si el inversor está almacenando alto voltaje. Para eso se procederá a realizar la medición tomando en cuenta que se deben ocupar los guantes

dieléctricos debido a la manipulación de altos voltajes que podrían estar acumulados en el inversor.

Para eso se realizará una medición entre los terminales positivo y negativo del terminal del inversor que va conectada a la batería de alta tensión.

- Si al medir voltajes en los terminales se encuentra un voltaje menos de 30 V el circuito de alto voltaje está apagado correctamente.
- Pero si se encuentra más de 30 V en los terminales, ocurre un fallo en el sistema de alto voltaje.

Si el valor arrojado es más de 30V antes de proceder a realizar cualquier verificación se debe verificar los códigos de diagnósticos de DTC, nunca se debe tocar el sistema de alto voltaje.

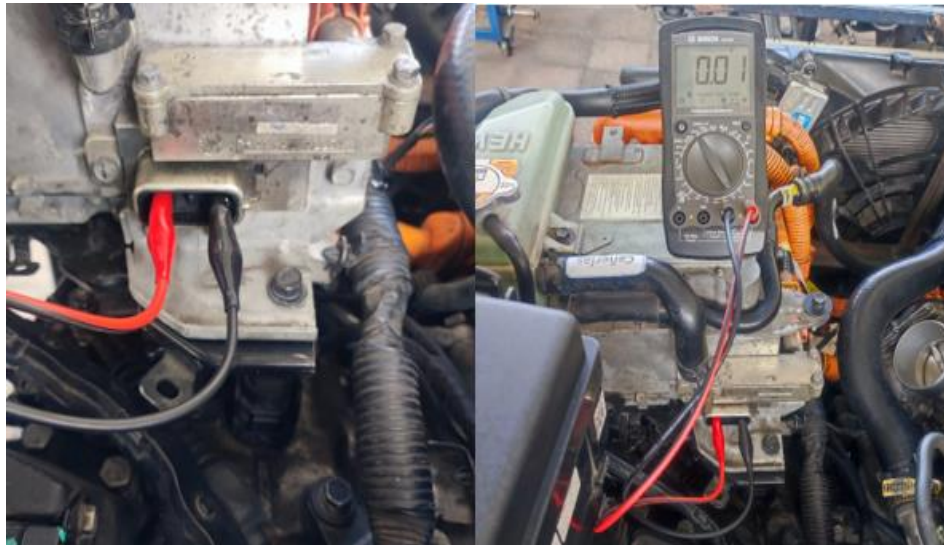


Figura 3.22 Medición de voltaje en la entrada de la batería híbrida del inversor

Si el inversor cuenta con un voltaje menos de 30V, se procederá con el desarme. Para esto el inversor será sacado de su posición para llevarlos a una mesa de trabajo, en la cual previamente se colocó una manta dieléctrica.

3.5.2.1 Diagnóstico de los IGBT mediante el multímetro automotriz (INNOVA 3340a)

Para la comprobación de los IGBT se debe seguir los siguientes pasos:

1. Antes de proceder con el diagnóstico, es necesario entender el funcionamiento del módulo IPM, reconociendo su configuración y la distribución de los IGBT dentro del módulo.
2. Previo a iniciar cualquier diagnóstico, el técnico debe estar con los implementos de seguridad adecuados, para evitar accidentes, en este caso se procederá a ocupar los guantes antiestáticos y los zapatos dielectricos.
3. Como siguiente paso, se configura el multímetro en el modo de medición de diodos y contar con los cables de pruebas para la realización de las mediciones. La configuración de modo de diodo suele estar con su símbolo correspondiente.



Figura 3.23 Multímetro en función diodo

4. A continuación, se colocará el cable rojo al terminal positivo y el cable negro al terminal común (negativo). Con el IPM aislado y sin alimentación, colocar las puntas de prueba en los terminales de los IGBT que se desea evaluar.

- Para la determinación de IGBT es en buen estado la mayoría de los multímetros mostrarán un valor de voltaje directo al medir diodos en una dirección y mostrarán "1" o "OL" en la otra dirección (polarización inversa). Si se encuentra valores significativamente distintos o "OL" en ambas direcciones para un IGBT, podría ser un indicio de que el IGBT está defectuoso.

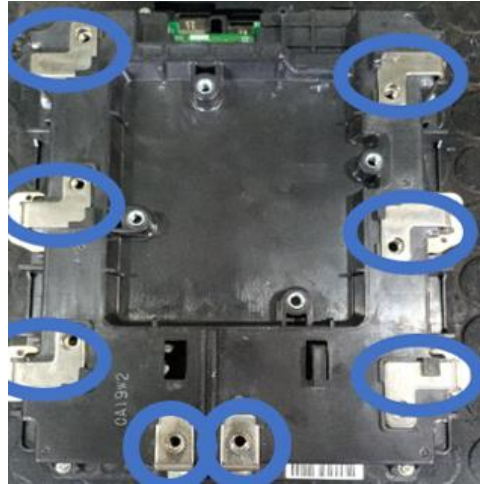


Figura 3.24 Puntos de medición del módulo IPM (IGBTs)

En la figura 3.25 se puede observar cada punto donde se deberá realizar las mediciones se debe tener en cuenta que el módulo IPM se debe dividir en dos conjuntos para poder medir una para el lado derecho y una para el lado izquierdo con eso se podrá obtener los diferentes datos y descubrir si los IGBTs están en buen estado.

3.5.2.2 Diagnóstico del fusible DC del inversor (INNOVA 3340a)

Para verificar el fusible DC del inversor de un vehículo híbrido con un multímetro, se debe seguir los siguientes pasos:

- Antes de proceder con el diagnóstico del fusible DC se debe conocer cómo funciona y cuál es su función principal para poder determinar las causas de su avería.

2. Después se procederá con el diagnóstico del fusible DC para eso se debe ocupar los implementos adecuados para prevenir alguna avería más grande de la que se quiere verificar en este caso se llegará a ocupar los guantes antiestáticos para evitar cualquier corriente antiestática que pueda crear nuestro cuerpo y zapatos punta de cero para prevenir cualquier accidente.
3. Por consiguiente, se debe configurar el multímetro en la función de continuidad, representada por el símbolo de un diodo o una onda.



Figura 3.25 Multímetro función continuidad (INNOVA 3340a)

4. Se debe localizar la ubicación específica del fusible de corriente continua (DC) en el sistema del inversor. Para hacerlo, se puede recurrir al manual de servicio del vehículo, donde se proporciona información detallada sobre la disposición y ubicación precisa de este fusible dentro del sistema.
5. Consultar este manual facilitará la localización exacta del fusible DC, lo que permitirá proceder con su inspección, verificación o reemplazo según sea necesario durante el proceso de diagnóstico o mantenimiento del inversor del vehículo.

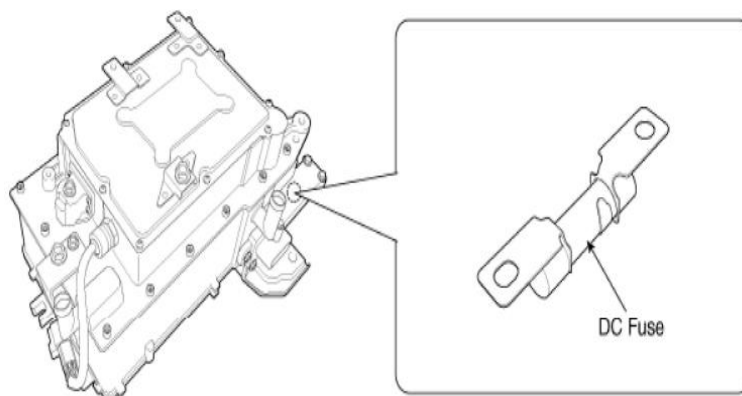


Figura 3.26 Fusible DC del inversor

(Kia, 2015)

6. Colocar las puntas del multímetro en los terminales del fusible DC. Si el fusible está en buen estado, el multímetro debería mostrar una lectura de continuidad, lo que indica que el fusible está íntegro y la corriente eléctrica puede fluir a través de él.
7. Si el multímetro no muestra continuidad, esto señala que el fusible está fundido y necesita ser sustituido.

3.5.2.3 Diagnóstico de los módulos LDC, MCU, HCU del inversor con el multímetro (Bosch FIX 76677)

Verificación mediante la revisión de cables de los diferentes módulos que posee un inversor utilizando un multímetro Bosch FIX 7677.

1. Para proceder con este diagnóstico, se van a tomar los mismos pasos 1 2 y 3 del numeral 3.5.1.
2. Después se debe observar las diferentes conexiones de los módulos debido a que pueden estar sujetos a cortaduras corrosión o por si han sufrido alguna desconexión de algún tipo.



Figura 3.27 Conexiones del MCU Y LDC

En la figura 3.28 y 3.29 se puede observar los diferentes tipos de conexiones de los módulos que posee el inversor.

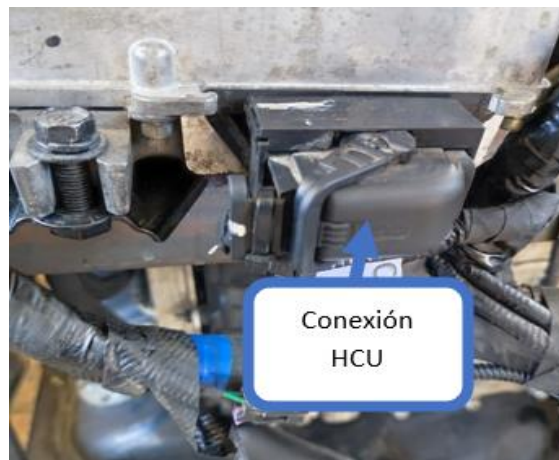


Figura 3.28 Conexión del HCU

3. Ya realizada una inspección de los diferentes módulos, se procederá a revisar los cables y retirar la protección del cable (taipe) para determinar si algún conector o cable ha sido cortado, oxidado o no está realizando una buena conexión.
4. A continuación, se procederá a la realizar la prueba de continuidad mediante el multímetro, para determinar si algún cable ha sido cortado.



Figura 3.29 Multímetro función continuidad (Bosch FIX 76677)

5. Para cada cable que conecta un módulo del inversor, verificar la continuidad utilizando la función de continuidad del multímetro. Colocar las sondas del multímetro en los extremos del cable y verifica si hay una conexión eléctrica continua. Si no hay continuidad, puede indicar un cable defectuoso.
6. Si se encuentra cables defectuosos o lecturas fuera de los rangos aceptables, proceder con la reparación o reemplazo de los componentes afectados.

CAPÍTULO 4

4 RESULTADOS

En este capítulo se describe los resultados obtenidos aplicando la metodología propuesta, los pasos que se deben seguir para el diagnóstico del inversor. Es importante recalcar que, para el desarrollo del diagnóstico, el personal utilizó todos los implementos de seguridad mencionados en el capítulo anterior. También se realiza el análisis de los resultados obtenidos.

4.1 PROCESOS DEL INVERSOR CON LOS MOTO GENERADORES

Con el análisis realizado se comprende de mejor manera cómo funciona el sistema, se llegó a determinar que el inversor juega un papel fundamental en el control y regulación de la energía en diferentes fases de funcionamiento principalmente de los moto generadores en el vehículo híbrido.

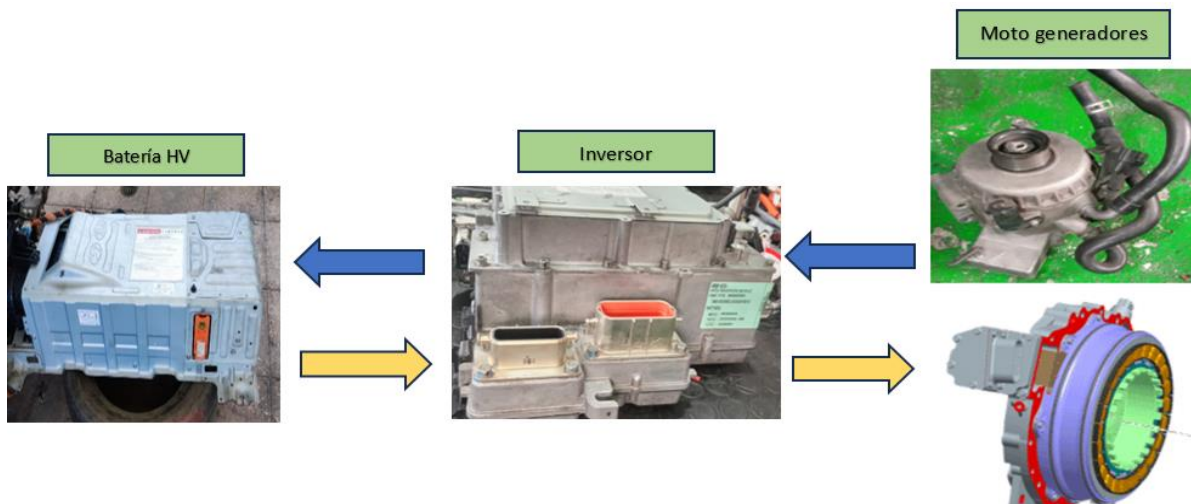


Figura 4.1 Configuración del funcionamiento del inversor con referencia en los moto generadores

En la Tabla 4.1 se explica como el inversor aprovecha la energía de la batería HV para alimentar los motores eléctricos, y como cambian de función a generadores.

Tabla 4.1 Uso de la energía por fases en los motores generadores

<p style="text-align: center;">Modo de propulsión</p>	<p>Se determina que, durante la fase de propulsión, el inversor cumple la función de tomar la energía almacenada en la batería de alta tensión y convertirla en corriente alterna para alimentar al motor de accionamiento híbrido. Motor de accionamiento híbrido, es responsable de impulsar el vehículo y proporcionar la potencia necesaria para la conducción eléctrica. En esta fase, el inversor controla el flujo de energía desde la batería hacia motor de accionamiento híbrido, permitiendo una conducción suave y eficiente.</p>
<p style="text-align: center;">Modo Generación/Regeneración</p>	<p>Cuando el vehículo se desacelera o frena, motor de accionamiento híbrido actúa como un generador y produce corriente alterna. En esta fase, el inversor desempeña un papel clave al transformar la corriente alterna generada por motor de accionamiento híbrido en corriente continua. De esta manera, la energía cinética generada durante el frenado se recupera y se almacena en la batería de alta tensión. Esta regeneración de energía permite aumentar la eficiencia del vehículo y reducir el consumo de combustible.</p>
<p style="text-align: center;">Modo Asistencia de Arranque y Potencia</p>	<p>HSG puede ser utilizado para proporcionar asistencia de arranque y aumentar la potencia del motor de combustión interna durante la aceleración. El inversor tiene la responsabilidad de regular la energía suministrada a HSG para cumplir con estas funciones adicionales. Al controlar la cantidad de energía entregada a HSG, el inversor asegura un arranque suave y una asistencia óptima durante la aceleración, mejorando así el rendimiento general del vehículo.</p>

4.1.1 MODOS DE OPERACIÓN DEL VEHÍCULO HÍBRIDO

A lo largo de este proyecto, se ha identificado la presencia de distintos modos de operación en un vehículo híbrido, los cuales están documentados en la Tabla 4.2. En dicha tabla se describen en detalle cada modo de operación y la interacción entre los siguientes elementos: motores de accionamiento híbrido, HSG y MCI.

Tabla 4.2 Modos de operación motor de accionamiento híbrido, HSG y MCI

Variables	HSG	Motor de accionamiento híbrido	MCI (motor de combustión interna)
<ul style="list-style-type: none"> • Vehículo Detenido • Batería Cargada • Vehículo Ready 	Totalmente apagado	Está totalmente apagado	Está totalmente apagado
<ul style="list-style-type: none"> • Vehículo Detenido • MCI Encendido • Batería Cargada • Vehículo Ready 	Funciona como motor para encender al motor de combustión interna	Está totalmente apagado	El motor este encendido, pero no brinda ninguna energía para cargar o moverse por que se prende por estar muy frio.
<ul style="list-style-type: none"> • Vehículo Detenido • MCI encendido • Batería descargada • Vehículo Ready 	Funciona como generador para cargar las baterías	Está totalmente apagado	MCI está funcionando para mover el HSG y para que este cargue a las baterías
<ul style="list-style-type: none"> • Vehículo movimiento • 100% Eléctrico 	Está totalmente apagado	Funciona como motor	Está totalmente apagado
<ul style="list-style-type: none"> • Vehículo movimiento • Batería a media carga 	Funciona como generador	Funciona como motor	Funciona como motor
<ul style="list-style-type: none"> • Vehículo en movimiento • Potencia Alta 	Funciona como generador	Funciona como motor	Funciona como motor
<ul style="list-style-type: none"> • Vehículo en movimiento • Máxima potencia 	Funciona como motor	Funciona como motor	Funciona como motor

<ul style="list-style-type: none"> • Vehículo en movimiento • Reversa • Batería cargada 	Está totalmente apagado	Funciona como motor	Está totalmente apagado
<ul style="list-style-type: none"> • Vehículo en movimiento • Reversa • Batería descargada 	Funciona como generador	Funciona como motor	Funciona como motor
<ul style="list-style-type: none"> • Vehículo en movimiento • Reversa Pendiente • Batería descargada 	Funciona como motor por solo un momento y luego pasa a ser generador	Funciona como motor	Funciona como motor
<ul style="list-style-type: none"> • Freno regenerativo • Batería descargada 	Está totalmente apagado	Funciona como generador	Está totalmente apagado

4.2 INSPECCIÓN VISUAL

Se realizó la inspección visual ya que es de vital importancia antes de iniciar el proceso de diagnóstico del inversor en el vehículo híbrido. Implica la evaluación física del inversor y sus elementos para detectar posibles irregularidades, daños visibles, conexiones flojas o cualquier otra problemática evidente.

A continuación, se detallan algunos de los pasos que se realizó en la inspección visual:

- Se llevó a cabo una verificación minuciosa de todas las conexiones eléctricas que están conectadas al inversor como medida preventiva. Se analizaron detalladamente estas conexiones en busca de posibles signos de corrosión, conexiones flojas o cables dañados. Esta inspección se realizó para evitar contactos innecesarios que podrían generar anomalías o interferencias no deseadas en el sistema.

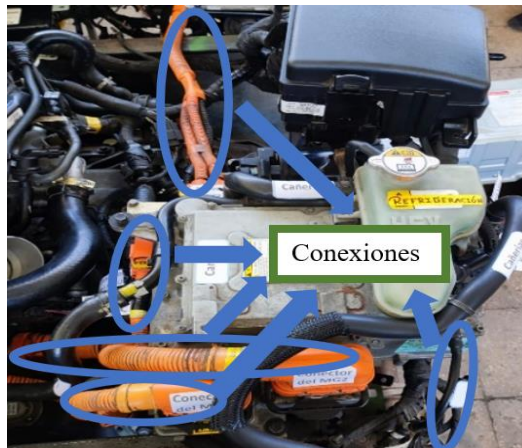


Figura 4.2 Conexiones eléctricas del inversor

- Se inspeccionó los cables: Se examinó el conjunto de cables que conecta el inversor con otros componentes del sistema híbrido. Se verificó que no existan daños como cables pelados, cortes o un desgaste excesivo.

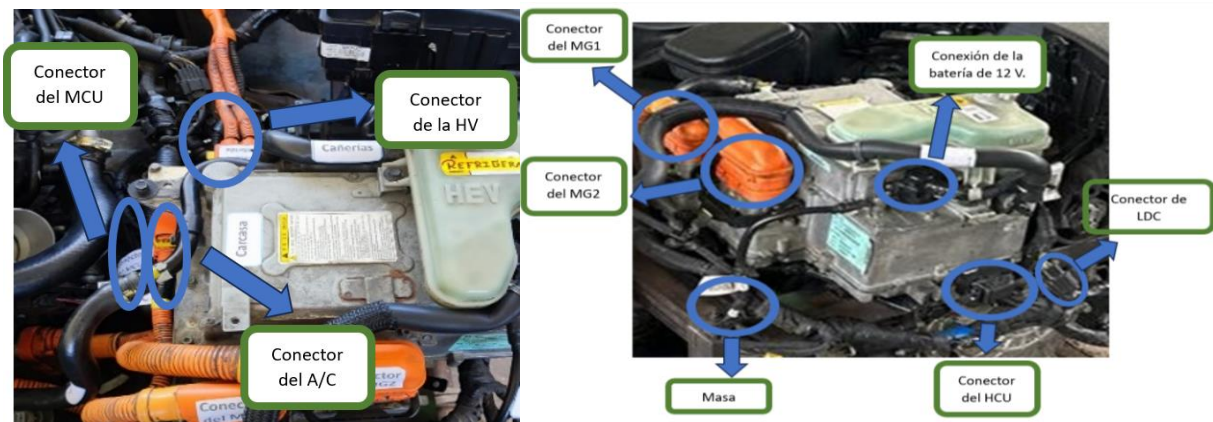


Figura 4.3 Inversor y sus partes

- Se revisó los componentes externos: Al revisar estos elementos externos, se buscaba garantizar que estuvieran funcionando adecuadamente y no presentaran ninguna anomalía visible, como fisuras, quemaduras, conexiones sueltas o cualquier otra señal de deterioro que pudiera afectar el desempeño del inversor. Este proceso de inspección se llevó a cabo para asegurar la integridad y correcto funcionamiento de los componentes externos del inversor.



Figura 4.4 Fusibles, relés, conectores

- Se verificó que no existan daños físicos, como abolladuras, grietas, quemaduras u otros signos de desgaste o impacto.

4.2.1 INDICADORES DE ADVERTENCIA




Al realizar el diagnóstico, se procedió a la verificación de los indicadores de advertencia del vehículo para llegar a determinar que módulos pueden estar fallando con estos datos se podrá buscar directamente en el módulo que ocurra el imperfecto.




Figura 4.5 Tablero del vehículo híbrido

En la figura 4.5 se puede encontrar diversas luces que nos indicaran fallos que pueden ocurrir, cada una de las luces hace referencia a un daño específico en el vehículo; como se puede observar en la tabla 4.3 se puede encontrar la descripción de cada indicador con referencia al inversor.

Tabla 4.3 Indicadores de posibles fallos del inversor

Elemento	Descripción	Módulo de Control Relacionado
1. Lámpara MIL (Malfunction Indicator Lamp): Indicador de Falla. 	<ul style="list-style-type: none"> Lámpara ENCENDIDA: Falla en el Sistema de Gestión del Motor (EMS). 	ECM
2. Lámpara de Servicio: Indicador de Servicio. 	<ul style="list-style-type: none"> Lámpara ENCENDIDA: Falla en el sistema relacionado con híbridos. 	HCU, MCU, BMS ECU, LDC, TDC, OPU
3. Lámpara READY: Indicador de Listo. 	<ul style="list-style-type: none"> Después de encender la llave de arranque: <ul style="list-style-type: none"> Lámpara ENCENDIDA: El vehículo híbrido (HEV) está en condiciones normales y está listo para conducir (el motor puede o no arrancar). Lámpara APAGADA: El vehículo híbrido (HEV) no está listo para conducir. Durante la conducción: <ul style="list-style-type: none"> Lámpara INTERMITENTE: El vehículo híbrido (HEV) está en condiciones defectuosas (el HEV está en modo de operación limitado). Lámpara APAGADA: El vehículo no está listo para conducir. 	HCU

<p>4. Lámpara EV MODE: Indicador de Modo EV (vehículo eléctrico).</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Lámpara ENCENDIDA: Modo EV (solo motor eléctrico). • Lámpara APAGADA: Modo HEV (motor en funcionamiento). 	<p>HCU</p>
---	--	------------

Fuente:(Manual KIA, 2015)

4.3 DIAGNÓSTICO CON EL ESCÁNER

Antes de comenzar el diagnóstico del vehículo utilizando un escáner, es esencial tener un conocimiento adecuado de los distintos tipos de códigos de falla que el sistema puede generar. Para lograr esto, es necesario contar con el manual de taller correspondiente al vehículo. El manual de taller proporciona información exhaustiva acerca del sistema de diagnóstico a bordo del vehículo y los códigos de falla asociados. El manual se lo consigue específicamente para cada vehículo con un costo adicional que va a depender de la marca, por esta razón los manuales en general los tienen en talleres que pueden costearlos. Para este trabajo se usó el manual digital GDS, en la Figura 4.6 se puede observar parte de la interfaz del manual.

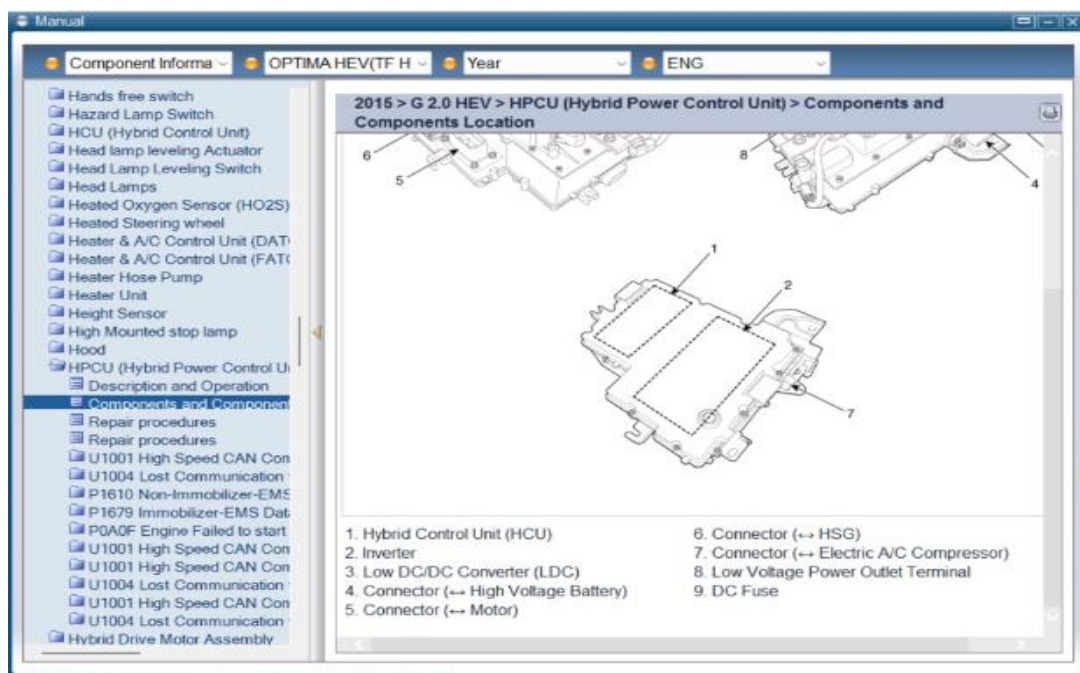


Figura 4.6 Manual GDS

Estos códigos son combinaciones alfanuméricas que se generan cuando se detecta alguna anomalía en los componentes o sistemas del vehículo. Cada código de falla está diseñado para identificar una situación específica, brindando al técnico una referencia clara acerca de qué aspecto del vehículo requiere atención.

Con este conocimiento previo, se pudo utilizar el escáner de diagnóstico de manera efectiva. Al conectar el escáner al puerto de diagnóstico del vehículo, se puede acceder a los códigos de falla almacenados en la unidad de control electrónica. Estos códigos se mostrarán en la pantalla del escáner, lo que nos permitirá identificar el área problemática y dirigir nuestros esfuerzos de diagnóstico y reparación de manera más precisa.

Cabe tomar en cuenta que, se debe ingresar al modo de mantenimiento para poder obtener todos los datos que ocurren, debido a que en el modo de mantenimiento se seleccionan componentes o sistemas específicos del vehículo para activarlos de forma segura y controlada. Esto permite simular situaciones particulares de funcionamiento. Al poner el vehículo en marcha con estos sistemas activados, es posible detectar problemas en tiempo real y obtener datos en vivo mientras el vehículo opera bajo condiciones simuladas de falla.

4.3.1 HSG (GENERADOR DE ARRANQUE HÍBRIDO)

Al diagnosticar y revisar los valores en tiempos de real del MCU se pudo llegar a obtener valores en los que opera el HSG y el motor de accionamiento híbrido.

El valor RMS de la corriente del generador (HSG) representa la magnitud real de la corriente eléctrica que atraviesa el generador, siendo un indicador esencial para evaluar tanto la eficiencia como la estabilidad del generador eléctrico.

4.3.1.1 Datos en tiempo real

Los datos en tiempo real del HSG ofrecen información detallada sobre su contribución al consumo o generación de energía eléctrica. Estos datos son esenciales para analizar la eficiencia

y el rendimiento del sistema híbrido. La relación entre las RMS y las RPM en el generador de arranque híbrido se estudia para comprender el impacto de la corriente eléctrica en la velocidad de rotación de este componente vital.

Al examinar esta conexión, se busca comprender cómo la corriente suministrada influye en la capacidad del generador para generar torque y, por consiguiente, afectar su velocidad de rotación. Un incremento en la corriente RMS puede potenciar la fuerza generada por el generador, lo que se traduce en un aumento de las RPM. Esta comprensión resulta fundamental para ajustar apropiadamente la corriente suministrada al generador, ya que esta acción incide en su desempeño, eficiencia y capacidad para arrancar el vehículo.

“Drive”: Se observó que al mantenerse en la marcha "Drive" sin aplicar aceleración, se pueden obtener datos más influyentes para el estudio, lo que permite una comprensión más completa de los parámetros en los que opera el motor HSG. El dato obtenido es la fase de corriente del motor HSG. Con esta información, debemos considerar dos escenarios: uno cuando el motor HSG está inactivo y otro cuando posee RPM para activar el motor de combustión.

La Figura 4.7 exhibe las RPM y las RMS asociadas al funcionamiento del motor HSG. Estos datos varían en dos escenarios diferentes:

En el primer escenario, sin activar el motor, se registran 0 RPM y RMS de 3 amperios. En el segundo, al activar el HSG para iniciar el motor de combustión, las RPM se mantienen cambiantes, con RMS de 40 a 45 amperios. Estos valores reflejan la energía y las revoluciones requeridas para mantener el proceso de generación de energía a través del motor de combustión.

Es esencial considerar que al activar el motor HSG, se observa un consumo de 47 a 46 amperios. Esto sugiere que, para iniciar el motor de combustión y romper el estado inicial en el que se encuentra, se requiere una mayor potencia. Esta necesidad de fuerza inicial muestra que, al principio, para arrancar el motor de combustión, se demanda una mayor potencia.

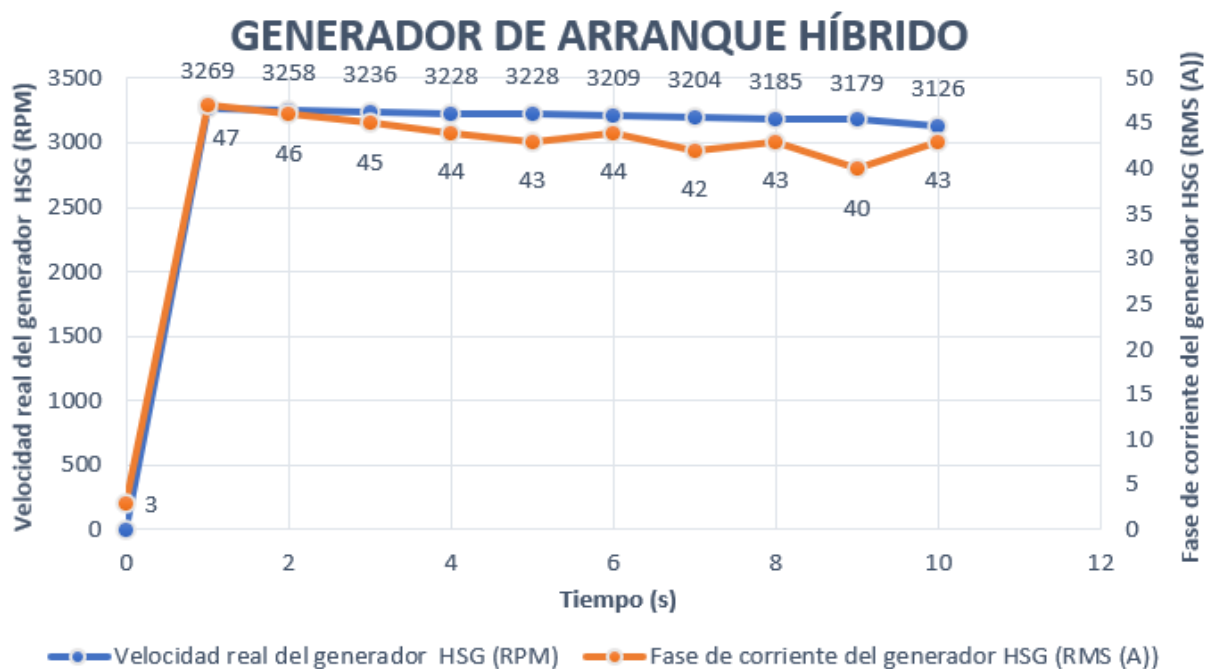


Figura 4.7 Fase de corriente del generador HSG (RMS (A))

Al accionarse el motor de combustión el motor HSG se convierte en un generador de energía para cargar la batería híbrida, manteniendo así el proceso de carga y suministro de energía con el fin de mantener los niveles adecuados para un funcionamiento normal.

4.3.1.2 Desconexión del HSG

Al desconectar el HSG, es crucial tener en cuenta que este sistema opera con voltajes elevados que representan un riesgo de muerte para la persona que lo manipula. En la Figura 4.8 se puede observar físicamente el conector HSG.

Para realizar la desconexión del HSG se debe seguir los pasos detallados en la metodología del trabajo de grado propuesto aquí se detalla tanto los procesos de seguridad como la correcta forma en la que se deben desconectar los elementos para evitar cualquier tipo de peligro.

Es esencial mantener una distancia segura de los cables para evitar la formación de un puente entre los cables.

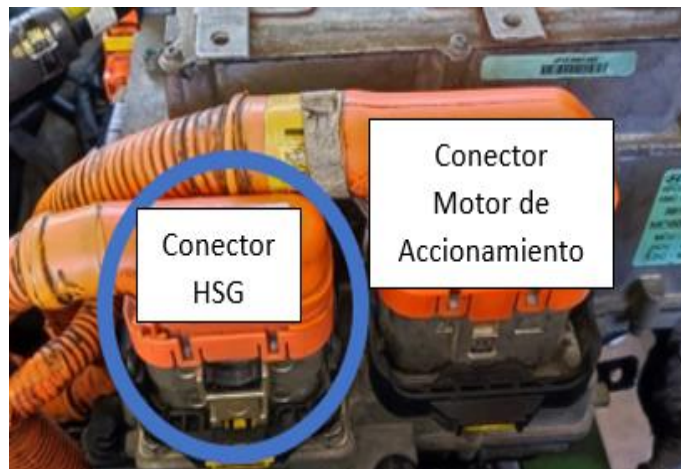


Figura 4.8 Conector del HSG

Procedemos a desconectar el componente con el propósito de identificar posibles fallas críticas en el motor HSG. Esta acción nos permite observar fluctuaciones, obteniendo datos sobre su estado en caso de presentar una falla catastrófica.

Las mediciones se efectuaron en la marcha "drive" usando los mismos parámetros de la obtención de datos para que los datos resultantes sean precisos y correctos.

En la figura 4.9 podemos observar que cuando se desconecta el motor HSG, las RPM disminuyen hasta quedar completamente en 0, pero el consumo de corriente se mantiene constante en 3 amperios, sin cambios en el motor generador HSG.

La Figura 4.9 muestra una lectura constante de 3 A en la fase de corriente del HSG. Esta estabilidad en el consumo de 3 amperios no es un fenómeno ocasional, ya que se observa el mismo comportamiento en condiciones normales de funcionamiento antes de la activación del motor de combustión.

Esto sugiere que la Unidad de Control del Motor (MCU) limita intencionalmente la corriente suministrada al motor de combustión, manteniendo una operación estándar previa a la activación del motor HSG para encender el motor de combustión. Los 3 amperios que tenemos de consumo constante se refieren a la alimentación que la MCU suministra para activar:

- La bomba de agua eléctrica.
- El sensor de posición del HSG.
- El sensor de temperatura del HSG.
- Entre otros elementos.

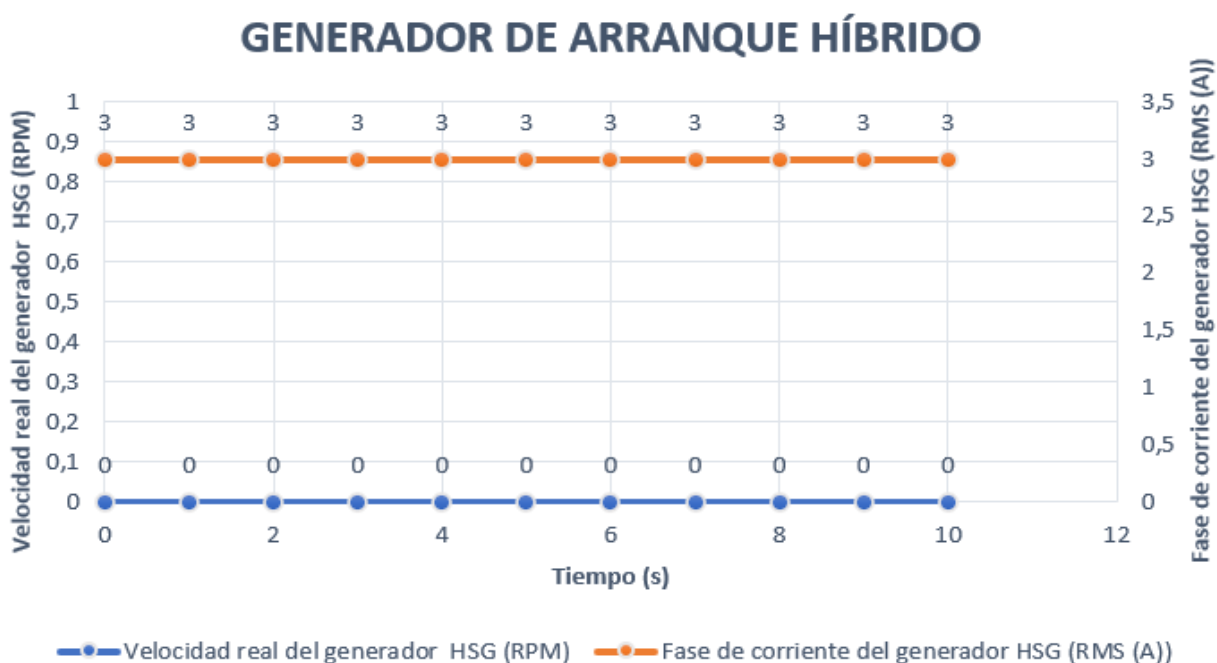


Figura 4.9 Fase de corriente del generador HSG (Desconexión del HSG)

Para obtener datos más precisos, se optó por registrar los valores de funcionamiento del motor de accionamiento híbrido, sin la presencia del motor HSG, el cual es fundamental para la generación de energía.

Comportamiento del motor de accionamiento híbrido o motor de tracción: Para la determinación de que los demás componentes estén trabajando correctamente se realizó una medición en el motor de accionamiento híbrido con el objetivo de demostrar cómo se comporta el motor de accionamiento híbrido al momento que no posee el motor HSG. La toma de datos en el motor de accionamiento híbrido se le realizó en la marcha drive debido a que esta es la que posee un consumo más elevado brindándonos unos datos más influyentes en el proceso de diagnóstico.

En la figura 4.10 se observa que al no poseer el motor HSG, el motor de accionamiento híbrido no puede llegar a las RPM de trabajo normal, el cambio que se puede llegar a determinar es el consumo que tiene debido a que varía desde 2.7, 2.8, 2.9 de amperios.

La variación de 0,1 amperios se debe al consumo del sensor de posición del motor de accionamiento híbrido, que varía mientras busca la posición del estator y rotor del motor. Esta fluctuación se produce al intentar activar el motor.

El valor óptimo de funcionamiento, que debería ser de 2,8 amperios, se debe a que la MCU alimenta varios elementos esenciales, entre los que se incluyen:

- La bomba de agua eléctrica.
- El sensor de posición del motor de accionamiento híbrido.
- El sensor de temperatura del motor de accionamiento híbrido.
- Entre otros elementos.

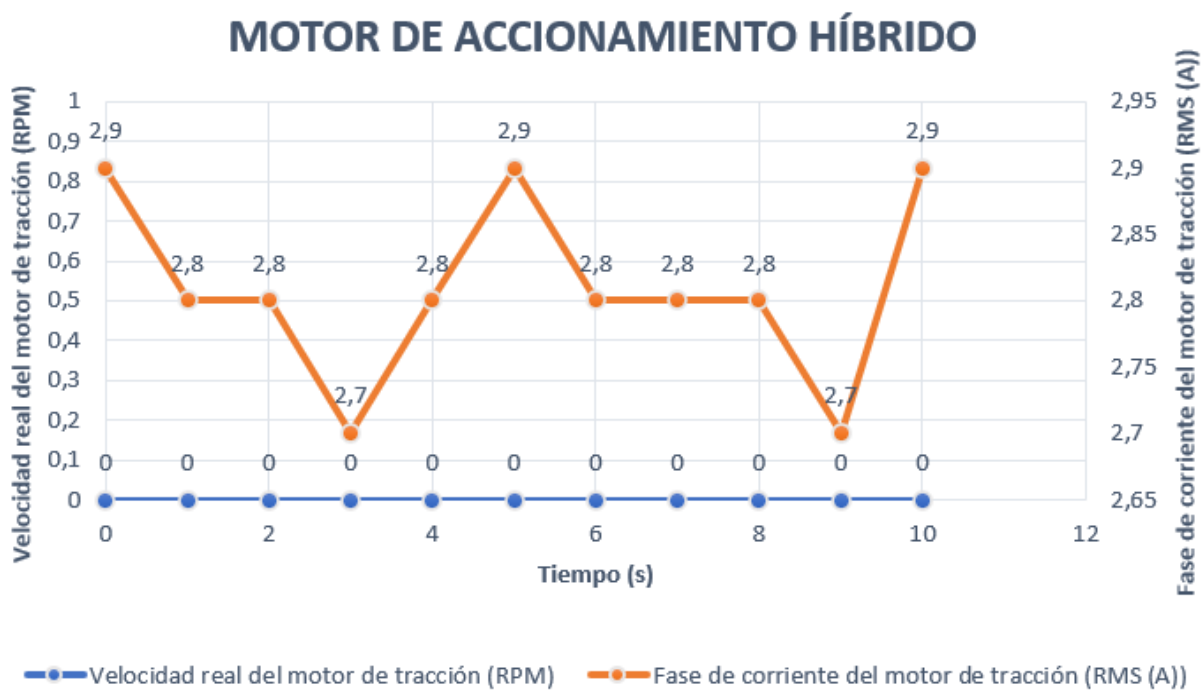


Figura 4.10 Fase de corriente del motor de tracción (Desconexión del HSG)

El motor de accionamiento híbrido no llega a las RPM de trabajo debido a que no se posee el motor HSG el cual es el encargado del proceso de generación de energía este proceso se realiza cuando el motor HSG acciona el motor de combustión.

4.3.2 MOTOR DE ACCIONAMIENTO HÍBRIDO O MOTOR DE TRACCIÓN

El valor RMS de la corriente en el motor de accionamiento híbrido o de tracción es una forma de medir la intensidad eléctrica que pasa por ese motor durante un tiempo específico.

La medida del valor RMS de la corriente que atraviesa el motor es esencial para entender y gestionar su desempeño, pues guarda una estrecha relación con la potencia suministrada y, en consecuencia, con la capacidad de impulsar el vehículo. Este dato resulta fundamental para evaluar la eficacia y la carga operativa del motor de tracción, asegurando un funcionamiento seguro y efectivo del vehículo híbrido.

4.3.2.1 Datos en tiempo real

El consumo en tiempo real del motor de accionamiento híbrido en un vehículo híbrido se refiere a la cantidad de energía eléctrica que el motor utiliza para propulsar el vehículo en un momento específico durante su funcionamiento. Estos datos se presentan en tiempo real y proporcionan una visión detallada de cómo el motor de accionamiento híbrido está utilizando la energía almacenada en la batería para generar movimiento.

La comparación entre las RPM y el valor RMS de la corriente que alimenta al motor de tracción tiene como propósito comprender la influencia de la electricidad en la velocidad del motor. En muchos sistemas, la cantidad de corriente suministrada está directamente vinculada a la capacidad del motor para generar fuerza o torque. Cuando la corriente RMS aumenta, el motor puede producir más fuerza para vencer la resistencia y alcanzar mayores revoluciones por minuto (RPM). Esta relación es crucial para ajustar la corriente suministrada al motor, ya que afecta su desempeño, eficiencia y habilidad para ejecutar tareas específicas bajo distintas cargas.

“Drive”: Los datos obtenidos sin aceleración son relevantes debido a que incluso si no se acciona el pedal del acelerador hay una fluctuación de RPM Y RMS.

En la figura 4.11, se observa una fluctuación en las RPM y las RMS, las cuales no se mantienen constantes. Este patrón se mantiene incluso cuando se activa el motor HSG para encender el motor de combustión. Durante este proceso, el motor de accionamiento híbrido no experimenta variaciones en sus valores de RMS o RPM, siempre se mantiene con la misma fluctuación desde que se selecciona la marcha drive.

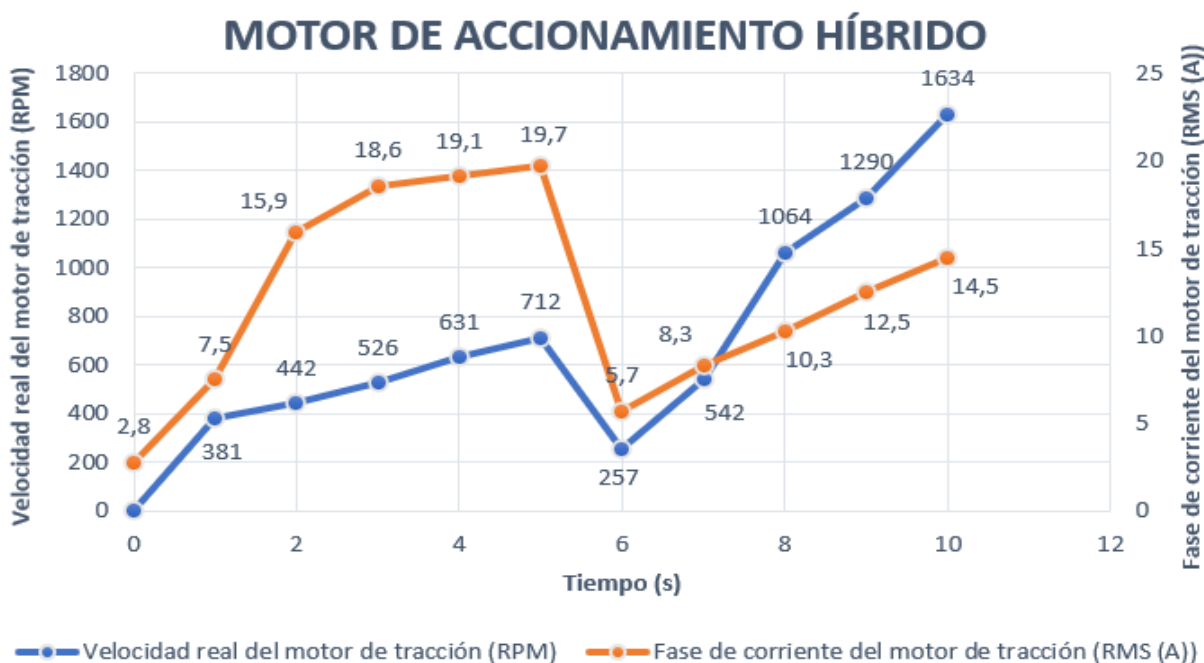


Figura 4.11 Fase de corriente del motor de tracción (RMS (A))

Las revoluciones por minuto (RPM) y la fase de corriente (RMS) en el motor de accionamiento híbrido varían debido a que el sistema híbrido de un automóvil gestiona de manera activa la potencia y el funcionamiento del motor de accionamiento híbrido.

Esta gestión se realiza para equilibrar la carga, la eficiencia energética y los estándares de rendimiento del vehículo.

Cuando la demanda de energía es baja, el sistema ajusta la potencia del motor de accionamiento híbrido para evitar la pérdida innecesaria de energía y mantener una operación eficiente, lo que resulta en fluctuaciones continuas en los valores mencionados.

En situaciones de alta demanda de energía, aquí hacemos referencia cuando se acelere, esta variará en función de la fuerza necesaria para mover el vehículo. Cuando el vehículo está detenido, se requiere más energía para iniciar el movimiento, lo que genera más fluctuaciones.

Además, la aceleración dependerá del conductor, al igual que el enfrentarse a cuestas o diferentes tipos de terreno, lo que también influirá en estas fluctuaciones.

4.3.2.2 Desconexión del motor de accionamiento híbrido o motor de tracción

El conector del motor de accionamiento híbrido se lo puede observar físicamente en la Figura 4.12, es importante tener en cuenta que el motor de accionamiento híbrido es responsable de proporcionar el impulso necesario al vehículo, el vehículo híbrido no podrá avanzar al no tenerlo. Antes de proceder a la desconexión sigue los pasos propuestos en la metodología para evitar cualquier accidente provocado por la mala praxis. Los datos que se procederán a obtener son obtenidos en la marcha drive siguiendo el mismo patrón para una toma de datos correcta la cual nos ayudara a determinar el comportamiento que está teniendo el motor de tracción.

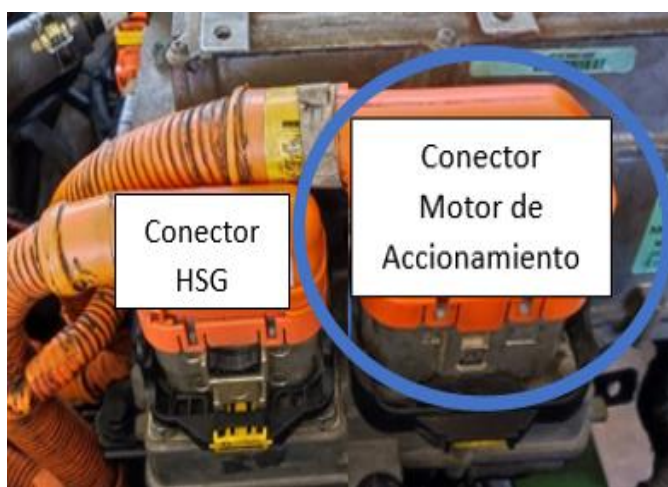


Figura 4.12 Conector del motor de accionamiento híbrido

En la Figura 4.13, se observa un valor constante de 2.8 A de fase de corriente del motor de tracción. Este valor elevado sugiere la posibilidad de que no sea resultado de una desconexión. Por ello, se procedió a recopilar datos en diferentes marchas para entender mejor por qué se mantiene tan alto. Durante estas mediciones, se descubrió que incluso en la marcha neutro se mantenía el valor de 2.8 A. Esto llevó a la conclusión de que la Unidad de Control del Motor (MCU) envía un voltaje de 2.8 A para alimentar otros sistemas auxiliares que son esenciales para el accionamiento del motor de accionamiento híbrido como lo son:

- La bomba de agua eléctrica.
- El sensor de posición del motor de accionamiento híbrido.
- El sensor de temperatura del motor de accionamiento híbrido.
- Entre otros elementos.

Este valor es menor al valor de consumo del motor HSG debido a que el sensor de posición del motor de accionamiento híbrido consume menos que el sensor de posición del HSG provocando esta variación.

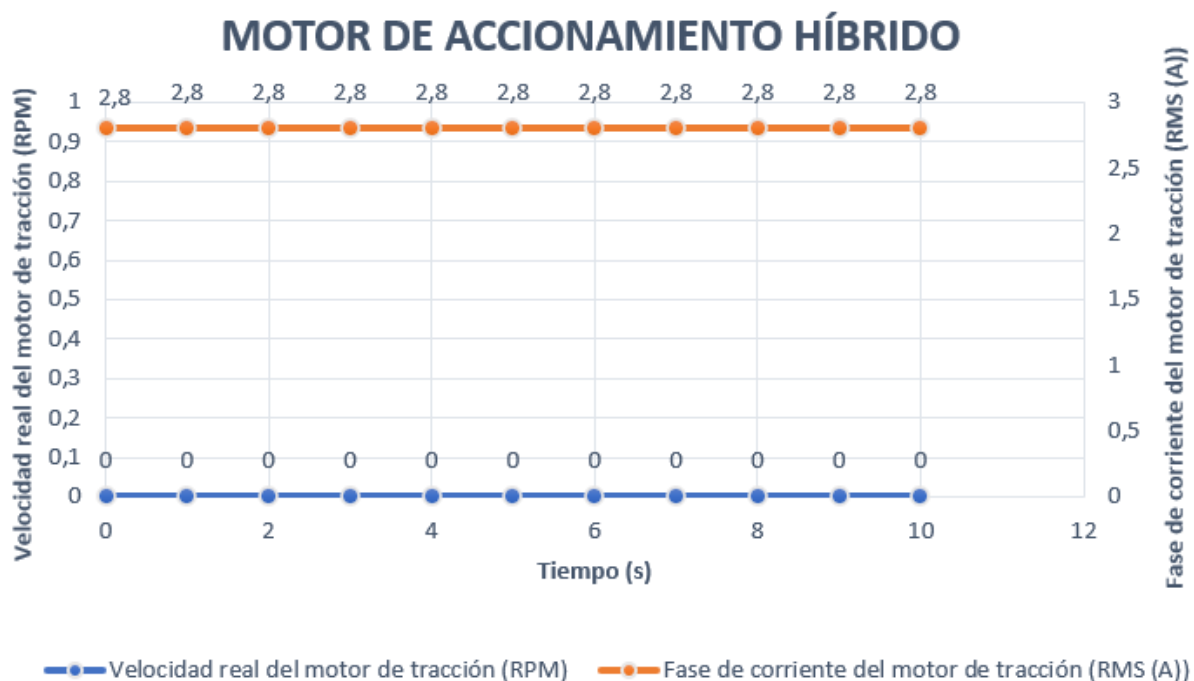


Figura 4.13 Fase de corriente del motor de tracción (Desconexión del motor de tracción)

Para comprender de mejor manera porque se mantiene en estos valores de trabajo se procedió a tomar datos del HSG para ver cómo afecta su funcionamiento.

Comportamiento del motor HSG: Para obtener como está funcionando el motor HSG se procedió a la toma de datos con los mismos parámetros del estudio para poder obtener datos más concluyentes.

En la figura 4.14 se evidencia que al no estar presente el motor de tracción y operar solo con el motor HSG, las RPM intentan mantenerse en un estado normal. Cuando está inactivo, permanece en 0 RPM con un consumo de 3 A. Sin embargo, al activar el motor de combustión, las RPM se mantienen en niveles normales hasta que decaen, pero el consumo se mantiene en 3 A debido a la ausencia del motor de tracción, que es el principal consumidor de energía.

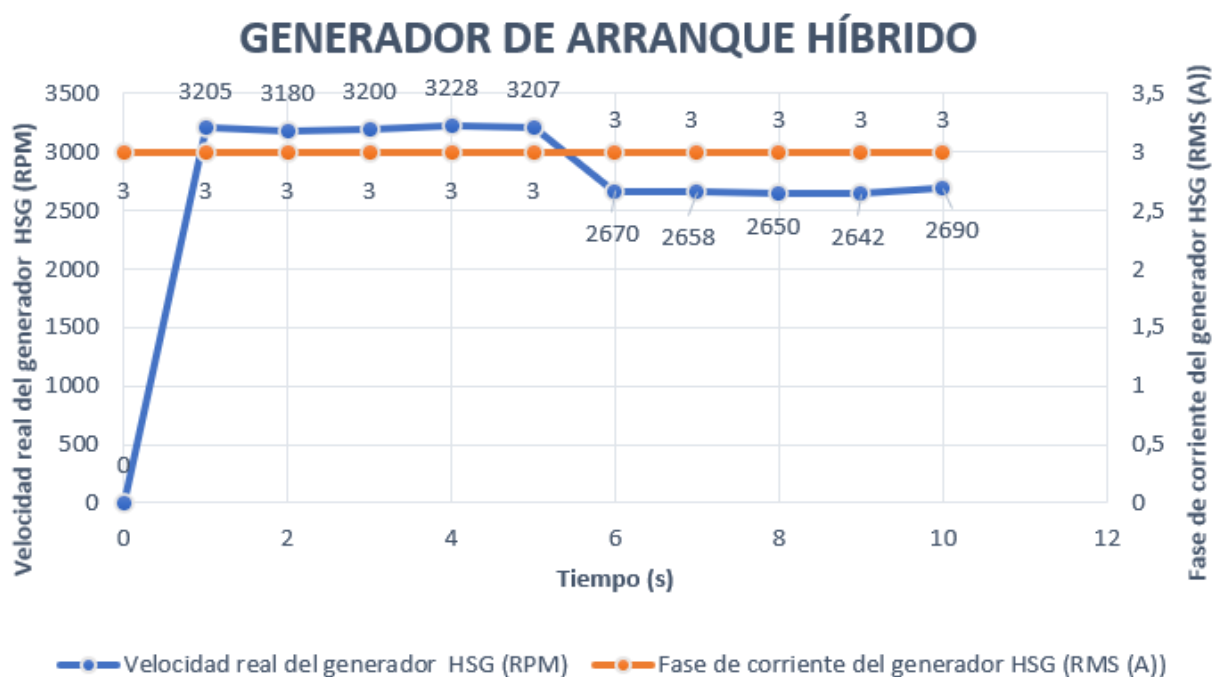


Figura 4.14 Fase de corriente del generador HSG (Desconexión del motor de tracción)

La falta del motor de tracción interrumpe el proceso normal de generación de energía. Como resultado, el sistema entra en un modo de seguridad o limitación debido a la ausencia del soporte

del motor principal. Esto provoca un arranque irregular y una reducción en la demanda de corriente como medida de protección para salvaguardar el sistema y evitar posibles daños.

4.3.3 BATERÍA HÍBRIDA

La carga de la batería en un vehículo híbrido se logra mediante métodos integrados en su funcionamiento como lo son:

- Frenado regenerativo: Durante la desaceleración o frenado, el motor eléctrico opera como generador, convirtiendo la energía cinética del vehículo en electricidad.
- Motor de combustión: Cuando el motor de combustión produce más energía de la necesaria para propulsar el vehículo, este excedente se utiliza para cargar la batería.
- Función específica del motor eléctrico como generador: En ciertos escenarios de operación, el motor eléctrico puede actuar exclusivamente como generador para recargar la batería.

La Figura 4.15 ilustra el conector que establece la conexión directa entre la batería híbrida y el inversor. Para recopilar información detallada y realizar un diagnóstico preciso del conector de la batería, es crucial identificar los valores operativos clave. Esto se logra mediante el acceso al módulo BMS, responsable del monitoreo y control de la batería híbrida.



Figura 4.15 Conector de la batería híbrida

SOC de la batería: se refiere al nivel actual de energía almacenada en una batería en comparación con su capacidad máxima, el SOC indica cuánta energía queda en la batería en un momento dado.

El nivel de carga de la batería, conocido como SOC, es crucial para determinar cuándo activar el motor de combustión y recargar la batería de alta tensión en el vehículo Kia Optima híbrido. Para activar el motor de combustión el SOC es de 38% y una vez que la carga está completa, el SOC se detiene en el 42% apagando el motor de combustión. Es relevante mencionar que, al utilizar el freno regenerativo, el estado de carga puede alcanzar hasta un 80%, lo que contribuye a optimizar la carga de la batería durante la conducción.

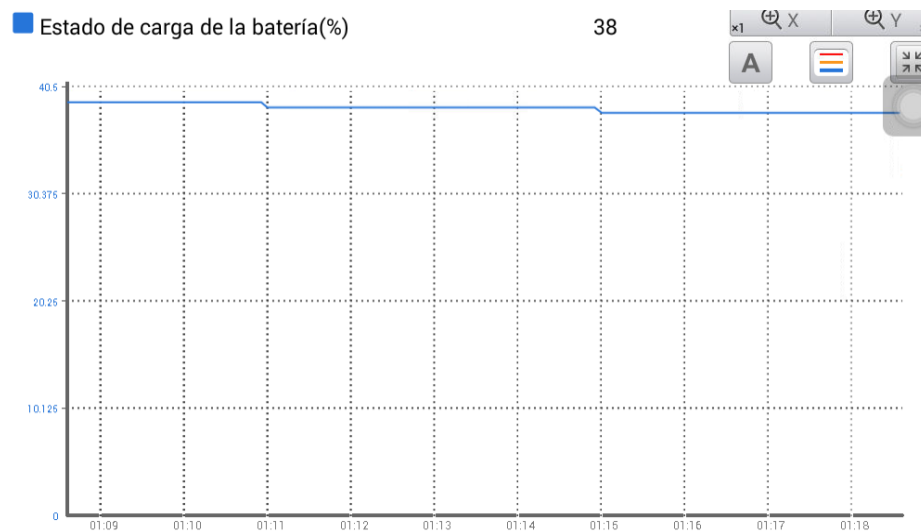


Figura 4.16 Estado de carga de la batería

4.3.3.1 Datos en tiempo real

Los datos en tiempo real de la batería híbrida proporcionan detalles instantáneos y precisos sobre el estado y desempeño de la batería en un vehículo híbrido. Estos datos engloban la carga actual, el nivel de energía almacenada, la temperatura y otros parámetros relevantes de la batería. Estos son esenciales para supervisar la salud de la batería, evaluar su capacidad actual y hacer proyecciones sobre su vida útil.

Corriente CC de la batería: Se refiere a la cantidad de corriente continua (en amperios) que fluye desde la batería hacia el inversor en un momento específico. Esta medida indica la cantidad de energía eléctrica que la batería está suministrando al inversor para alimentar los motores eléctricos del vehículo y otros sistemas.

La conexión entre la Corriente Continua (CC) procedente de la batería híbrida y las RPM del motor de accionamiento híbrido y el generador de arranque híbrido es esencial para comprender el impacto de la energía eléctrica en el funcionamiento de estos componentes clave.

La corriente CC proveniente de la batería desempeña un papel fundamental en la alimentación y control de los motores/generadores en el vehículo híbrido. Al comparar esta corriente con las RPM de estos elementos, buscamos entender cómo la cantidad de energía suministrada desde la batería afecta la velocidad de rotación de los motores/generadores.

“Drive”: Al realizar el estudio en las mismas condiciones se observa que se mantiene un consumo de 5.7 hasta 21 amperios este consumo es normal debido a que el motor de accionamiento híbrido este activo fluctuando las RPM y las RMS.

En la figura 4.17, se observa que los amperios muestran valores negativos, indicando el inicio del proceso de generación de energía. La gráfica revela la activación del motor HSG para poner en marcha el motor de combustión. Como resultado, el motor HSG opera como un generador, encargado de cargar la batería en este proceso.

Estos datos nos ayudan a entender el proceso de suministro y carga de la batería híbrida. Al analizarlos, se observa un aumento gradual de las RMS negativas junto con las RPM del motor HSG. Este aumento se debe a que se necesita más potencia para activar el motor de combustión, el cual está inicialmente detenido. Por esto, el valor de la corriente no crece de inmediato, ya que primero se activa el motor de combustión hasta que se transforma en generador.

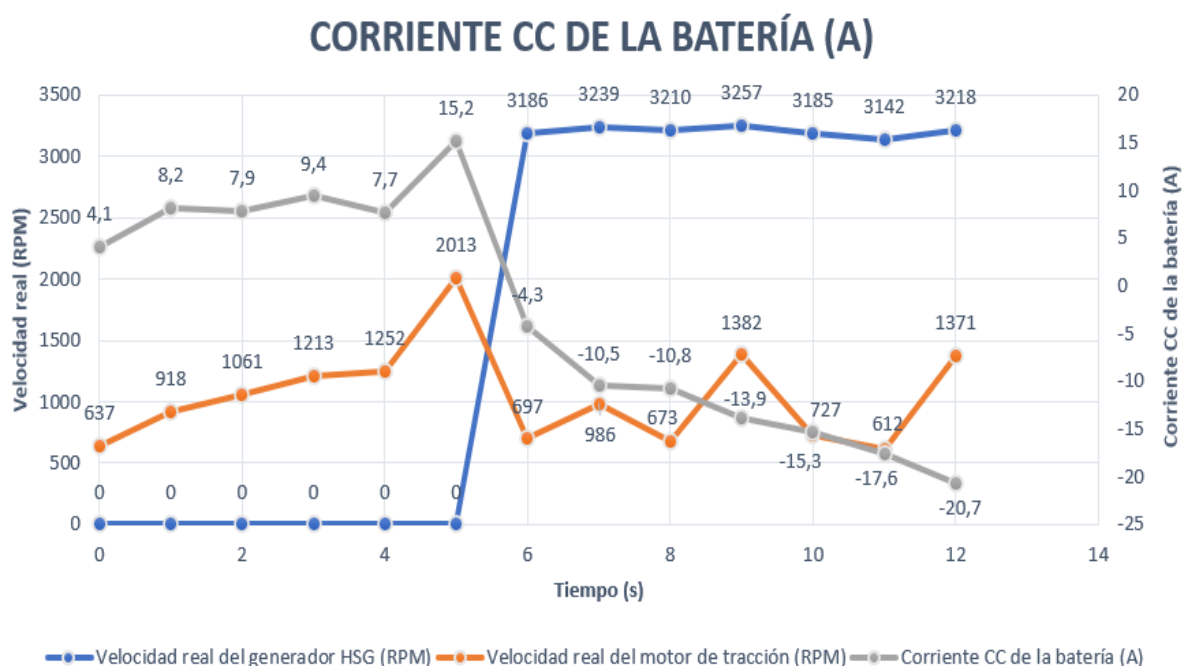


Figura 4.17 Corriente CC del batería

Voltaje del condensador del convertidor: El voltaje del condensador del convertidor denota la medida eléctrica en voltios (V) presente en el condensador de un sistema eléctrico de un vehículo híbrido. Este valor es vital para el funcionamiento óptimo del sistema.

Se investiga la relación entre el voltaje del condensador del convertidor y las RPM del motor de accionamiento y el generador de arranque en vehículos híbridos para comprender su influencia en la velocidad de rotación. El voltaje del condensador desempeña un papel crucial en la alimentación y regulación de estos componentes. Al comparar dicho voltaje con las RPM de los motores y generadores, se busca comprender cómo la cantidad de energía eléctrica suministrada afecta la velocidad de rotación de estos elementos fundamentales.

“Drive”: En la posición 'Drive', se recopilan datos según los parámetros establecidos en el estudio. El propósito es obtener valores precisos que muestren cómo el voltaje del condensador del convertidor se relaciona con las RPM del motor de accionamiento híbrido y el motor HSG, brindando una ilustración clara de estas variaciones.

En la figura 4.18, se aprecia el voltaje del condensador del convertidor y las RPM de ambos motores generadores. El motor de tracción siempre estará en funcionamiento al estar en la marcha drive, lo que implica un consumo constante, y este consumo aumentará conforme se soliciten mayores demandas de energía.

Al activarse el motor de combustión, notamos que el único componente que experimenta cambios es el motor HSG; en contraste, el motor de accionamiento híbrido permanece constante. Al activarse el motor HSG, requiere más corriente para su funcionamiento, lo que se refleja en la gráfica como una caída en el voltaje en el momento de su activación.

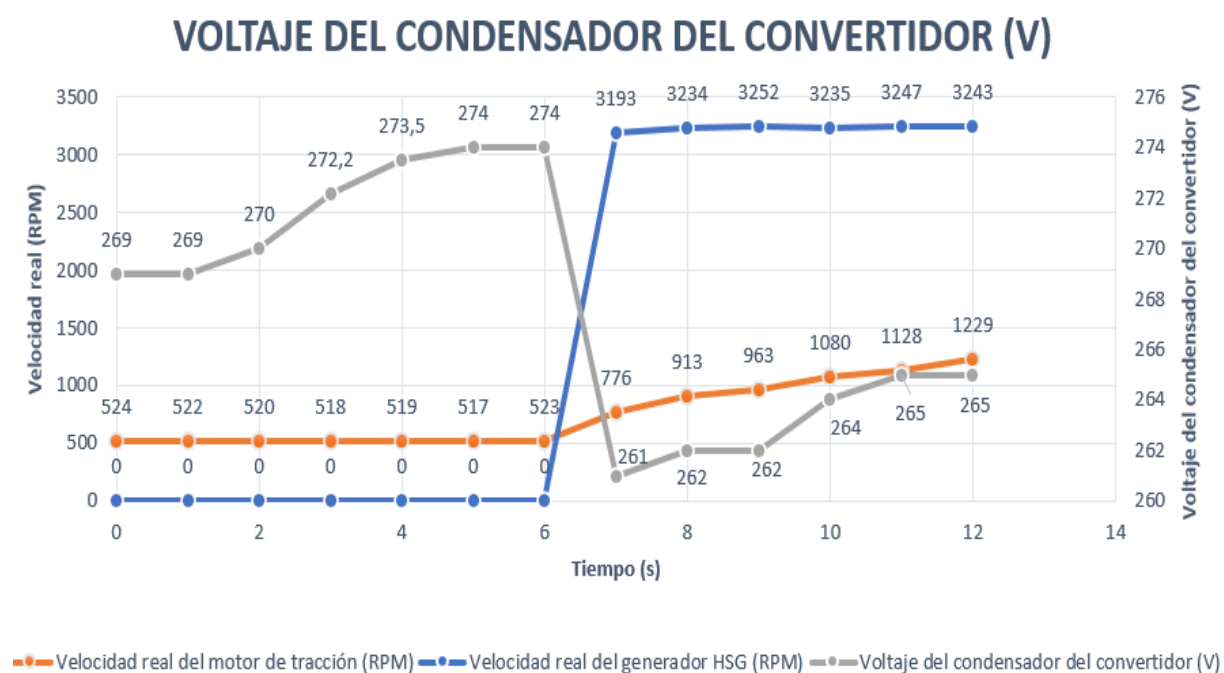


Figura 4.18 Voltaje del condensador del convertidor

Al analizar la gráfica, podemos apreciar el comportamiento del voltaje del condensador del convertidor al iniciar el motor de combustión para generar energía.

Este proceso se inicia mediante la activación del motor HSG, lo que nos permite comprender cómo el voltaje varía en este contexto específico.

4.3.3.2 Desconexión del motor de accionamiento híbrido o motor de tracción

Corriente CC de la batería (A) en “Drive”: Al efectuar la desconexión, se notó una notable fluctuación en los datos. Este fenómeno nos proporciona una oportunidad para determinar los diferentes fenómenos que se desencadenan al llevar a cabo la desconexión.

En la figura 4.19, se identificó que, al intentar cargar la batería con el motor de combustión, la ausencia de un consumo continuo por parte del motor de accionamiento híbrido provocó fluctuaciones irregulares en la carga de la batería en diferentes momentos. Además, se observó que el motor HSG intentó operar normalmente para activar el motor de combustión. Sin embargo, al no ser necesario mantenerlo encendido para iniciar el proceso de generación de energía, las RPM del motor HSG empezaron a disminuir.

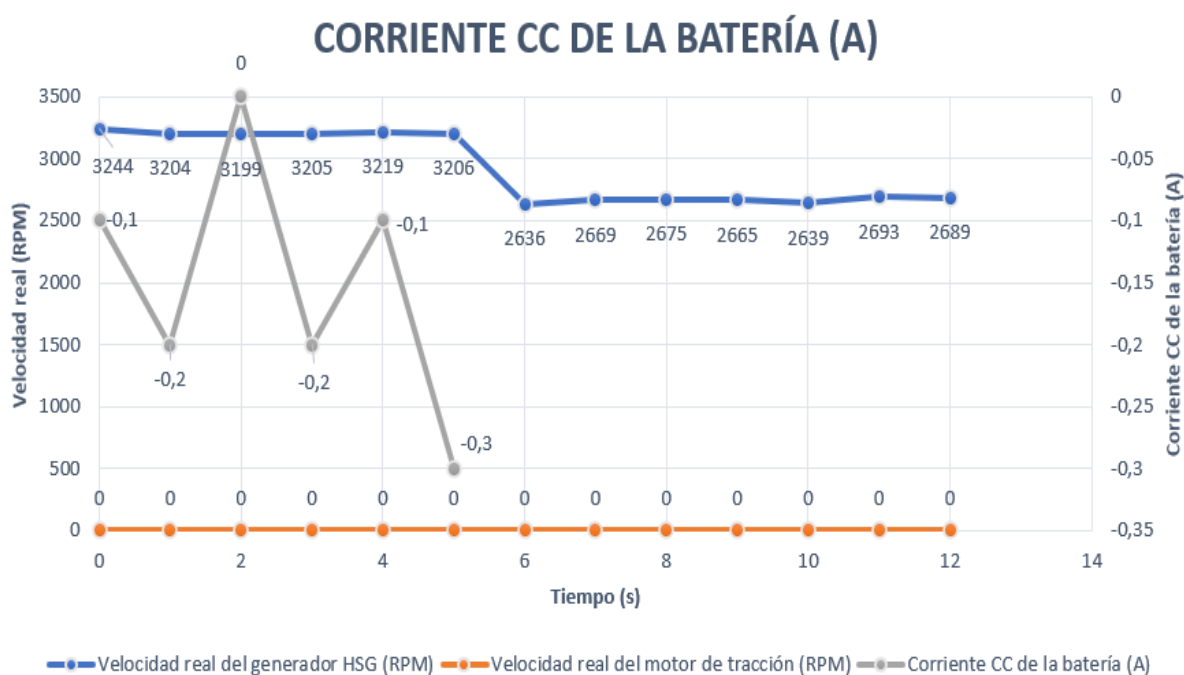


Figura 4.19 Corriente CC de la batería (Desconexión del motor de tracción)

En la figura 4.20, se observa que el motor HSG intenta cargar la batería híbrida. Sin embargo, al no ser necesaria dicha carga, las RPM del motor HSG comienzan a disminuir, lo que indica

la generación de una corriente inválida en el sistema. Esto ocurre porque no se está suministrando ni consumiendo ninguna corriente.

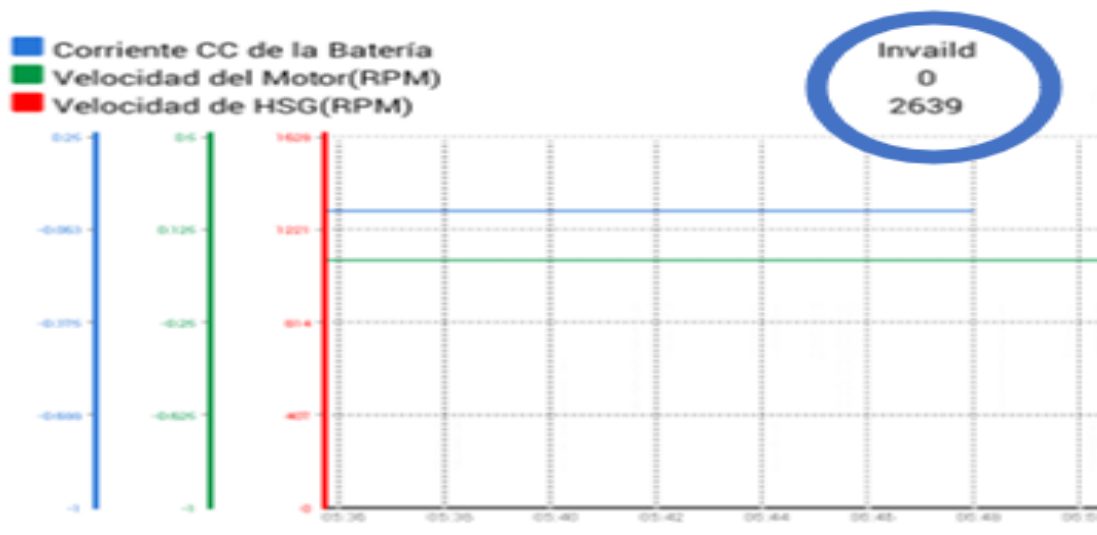


Figura 4.20 Corriente CC de la batería (Desconexión del motor de tracción “valor invaild”)

Voltaje del condensador del convertidor en “Drive”: Al no poseer el motor de accionamiento híbrido el motor HSG se mantuvo prendido intentando cargar la batería para mantenerse en un porcentaje óptimo para seguir en funcionamiento.

En la figura 4.21, se nota cómo las revoluciones disminuyen mientras el voltaje almacenado en el condensador del convertidor comienza a ser consumido. El cambio en el voltaje del condensador del convertidor, al reducirse de 98 a 81 V después de desconectar el motor de tracción, se atribuye a la alteración en la carga eléctrica del sistema. Al desconectar el motor de tracción, la demanda de energía eléctrica en el sistema disminuye. El convertidor, al no necesitar suministrar energía al motor de tracción, reduce la cantidad de energía que transforma o regula, lo que resultara en una disminución del voltaje en el condensador.

Este descenso en el voltaje del condensador es consecuencia de la disminución en la carga o requerimiento eléctrico del sistema tras la desconexión del motor de tracción. El voltaje del condensador empieza a disminuir cuando se pierde el motor de tracción, ya que no requiere el

mismo voltaje para operar ambos motores eléctricos. Al no contar con el motor de tracción, el sistema intenta continuar su funcionamiento habitual. En la figura 4.21, se aprecia que el voltaje desciende hasta los 81 voltios porque aún está presente el motor HSG y este necesita seguir consumiendo para mantenerse operando.

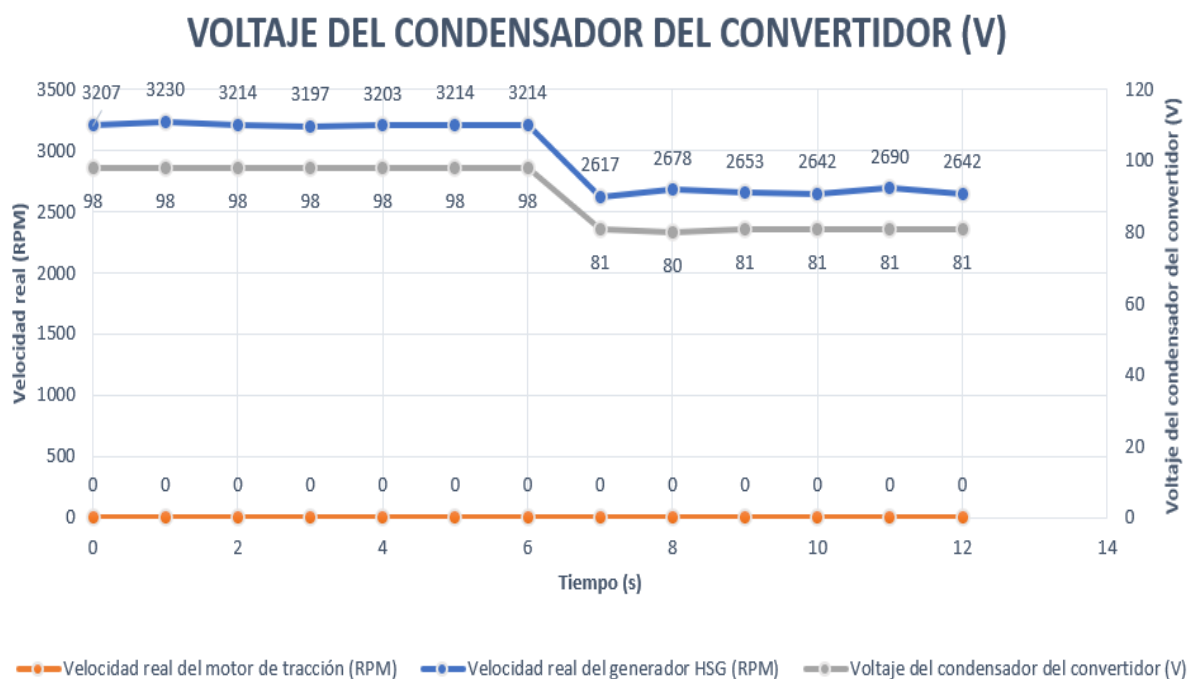


Figura 4.21 Voltaje del condensador del convertidor (Desconexión del motor de tracción)

4.3.3.3 Desconexión del HSG

Corriente CC de la batería (A) en marcha “Drive”: Cuando la MCU no detectó la presencia del motor HSG, intentó activar ambos motores. El HSG se encarga de iniciar el motor de combustión para cargar la batería, por lo que, sin este componente, la carga de la batería disminuiría rápidamente.

Además, trató de activar el motor de accionamiento híbrido al estar en la marcha "drive", ya que este funciona constantemente con RPM y RMS específicas asociadas a dicha marcha. Sin embargo, al no tener el motor HSG para cargar la batería, la MCU no permitió la activación del motor de accionamiento híbrido debido al consumo significativo que implicaría mantenerlo

activo y para proteger el sistema se activa un bloqueo que no permite la activación del motor de tracción.

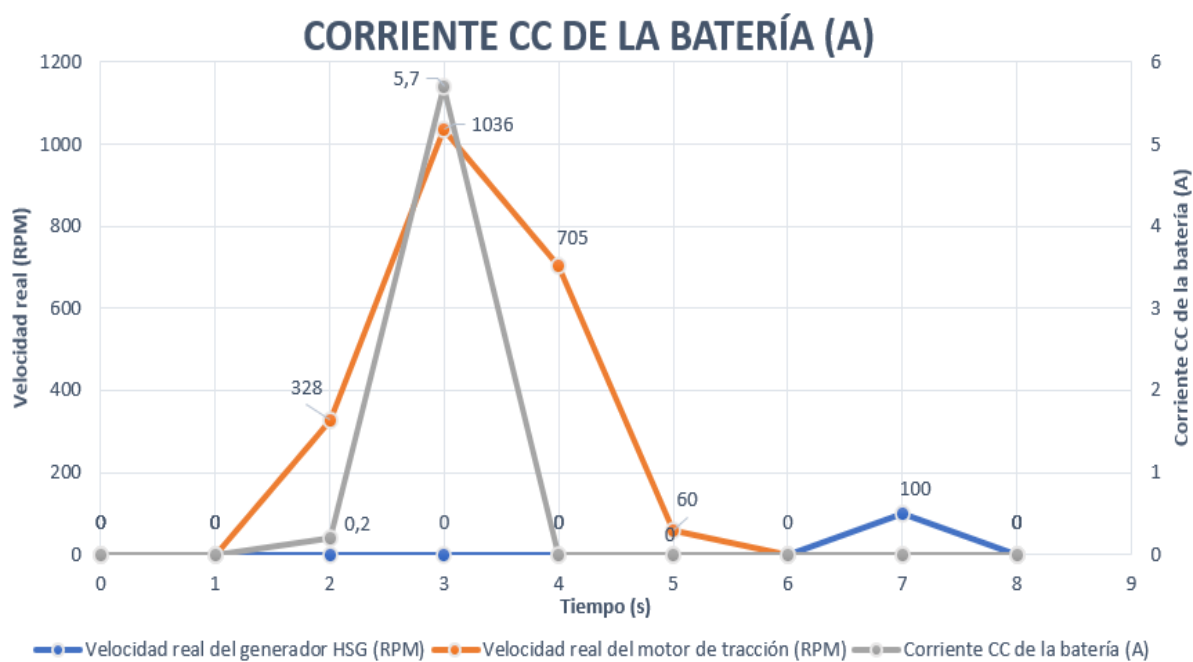


Figura 4.22 Corriente CC de la batería (Desconexión del HSG)

Voltaje del condensador del convertidor en marcha “Drive”: Cuando no hay el motor HSG, el condensador disminuirá rápidamente su carga hasta quedar completamente descargado. Esto ocurre porque, si el inversor no necesita energía, dejará de suministrarla al condensador.

El cambio en el voltaje del condensador después de desconectar el motor HSG y el motor de accionamiento híbrido puede variar debido a las diferencias en la carga eléctrica y el funcionamiento de estos motores en el sistema híbrido. Cada motor tiene una función específica y una demanda eléctrica particular en el sistema. Al desconectar el Motor HSG, existe una caída en el voltaje del condensador debido a la reducción abrupta de la carga eléctrica relacionada con la operación de ese motor. Sin embargo, en el caso del motor de accionamiento híbrido, la caída del voltaje puede ser diferente debido a su rol y demanda eléctrica distintos en comparación con el motor de tracción.

Factores como la capacidad de los motores para absorber o consumir energía, así como la manera en que el sistema de control del vehículo gestiona la energía cuando los motores están desconectados, pueden influir en las diferencias observadas en la caída del voltaje del condensador entre las desconexiones de motor HSG y motor de accionamiento híbrido. Cada motor impacta de manera única en la carga y distribución de energía en el sistema híbrido.

En la figura 4.23, se observa cómo el voltaje del condensador del convertidor disminuye gradualmente hasta estabilizarse en 6 voltios. Esto se hace para mantener operativos diferentes sistemas, como los diversos módulos de control del inversor.

Además, se nota que ambos motores eléctricos se encuentran inactivos, ya que la MCU, al detectar la ausencia del motor HSG, evita que funcione el motor de tracción. Esto resulta en una reducción de los niveles de funcionamiento óptimo, manteniéndose únicamente para suministrar energía a los demás controladores.

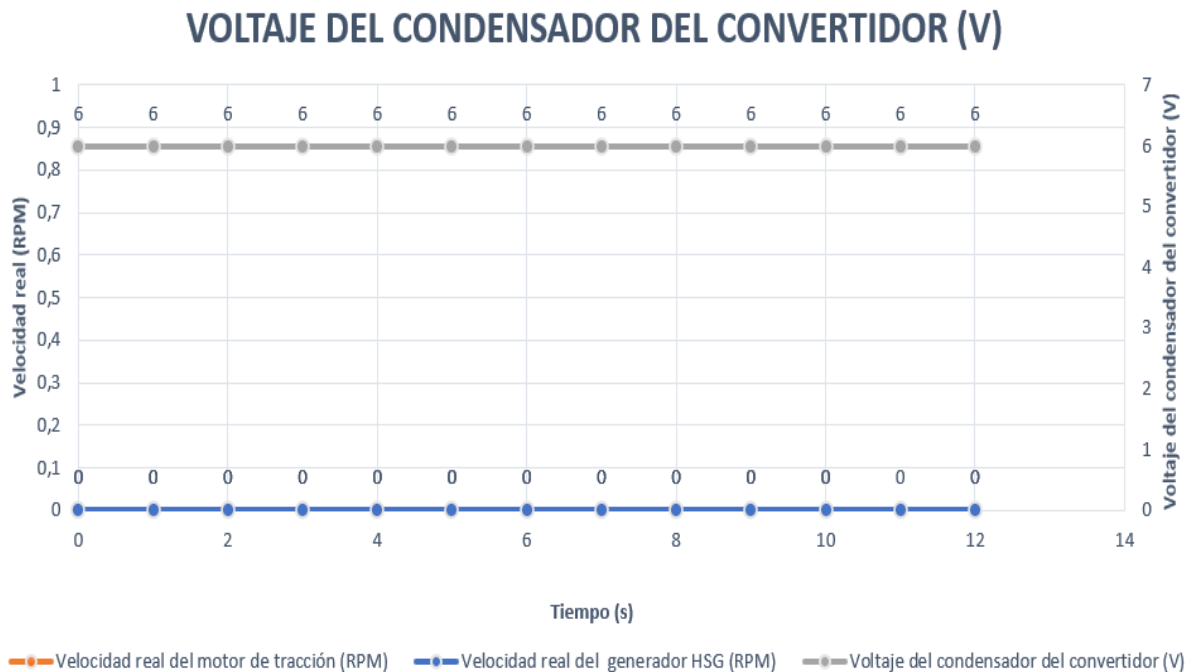


Figura 4.23 Voltaje del condensador del convertidor (Desconexión del HSG)

4.3.4 LDC (CONVERTIDOR DC-DC DE BAJA TENSION)

Su función es transformar la alta tensión de la batería principal, que se utiliza para alimentar sistemas eléctricos convencionales del vehículo, como luces, radio, aire acondicionado y otros componentes electrónicos de baja potencia.

En la figura 4.24 se observó el conector del LDC el cual es el encargado de comandar el proceso para bajar la tensión ocupando la energía de la batería híbrida.



Figura 4.24 Conector del LDC

Se procede a obtener los datos en tiempo real del LDC para determinar cuando está funcionando correctamente el conector y cuando está funcionando incorrectamente. Las siguientes mediciones se obtienen en estado normal del vehículo, los datos se pueden conseguir al buscar la información del módulo LDC en tiempo real, esto indicará cómo está transformando el voltaje de la batería híbrida.

- El "voltaje de salida" se refiere al nivel de voltaje eléctrico que se entrega desde una fuente de energía o dispositivo a una carga externa. El voltaje de salida es una medida importante ya que determina la diferencia de potencial eléctrico que se aplica a la carga. Se mide en voltios (V).

- Voltaje de entrada se refiere a la energía que es ministrada por la batería híbrida inversor el módulo LDC monitorea la energía que entra de la batería híbrida para sí transformarla en energía de baja tensión para cargar la batería auxiliar.

4.3.4.1 Datos en tiempo real del LDC

Los datos en tiempo real del LDC en un vehículo híbrido ofrecen información instantánea y detallada sobre el funcionamiento del convertidor de corriente continua a corriente continua.

La relación entre el voltaje de entrada y salida del LDC y las RPM del motor HSG y motor de accionamiento híbrido se exploran para comprender cómo la velocidad de rotación de estos motores/generadores afectan las variaciones en el voltaje.

El voltaje de entrada al LDC y su relación con el voltaje de salida reflejan la eficiencia y el rendimiento de la conversión de energía eléctrica. Al comparar estas mediciones con las RPM de los motores/generadores, buscamos entender cómo los motores generadores afectan a los cambios en el voltaje de entrada y salida.

“Drive”: Se procedió a la toma de datos manteniéndose sin aplicar una aceleración siguiendo el proceso normal de accionamiento del motor de combustión y así ver cómo afecta a el módulo LDC.

En la figura 4.25, se ilustra el proceso de conversión de corriente continua a corriente continua. En la primera sección, se muestra el comportamiento en ausencia de aceleración. En este escenario, se busca mantener un voltaje de salida de 14.3V, con un voltaje de entrada oscilando entre 260 y 262 voltios. Este valor experimenta variaciones al poner en marcha el motor de combustión, dando inicio al proceso de generación de energía para la carga de la batería híbrida.

Como se muestra en la figura 4.25, al activarse el motor de combustión, el voltaje de entrada comienza a aumentar. También se observa un pico de caída en el voltaje de salida debido a la

mayor demanda de energía durante el arranque del motor de combustión, lo que interrumpe el suministro del mismo voltaje de salida.

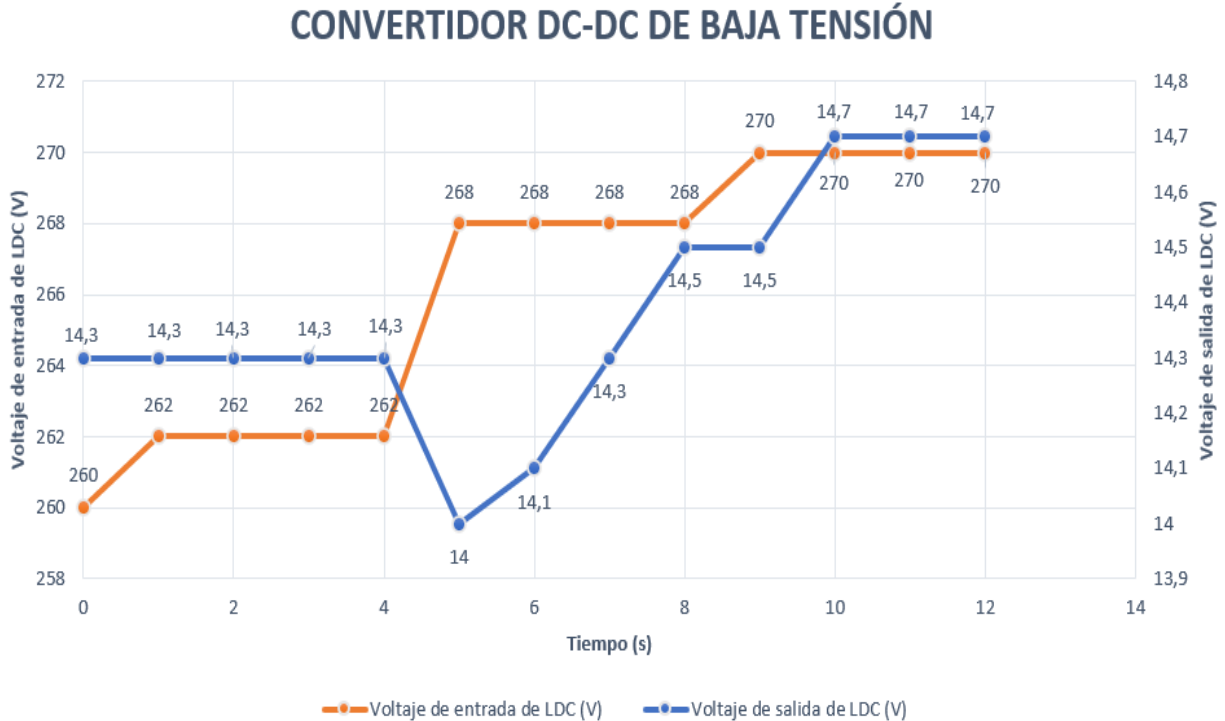


Figura 4.25 LDC (Low Voltage DC/DC Converter)

No obstante, este voltaje presenta variaciones, pero una vez que el proceso de generación de energía está en funcionamiento, se inicia un proceso de regulación. En este punto, el sistema comienza a estabilizar el voltaje, y va suministrando una salida de voltaje mayor en comparación con los niveles iniciales.

4.3.4.2 Desconexión del motor de accionamiento híbrido o motor de tracción

Al realizar la desconexión del motor de accionamiento híbrido se determina que los valores del módulo LDC comienzan a decaer debido a que no existe un consumo, la MCU no manda a comandar el accionamiento del HSG cuál es el encargado de accionar el motor de combustión qué es el encargado a su vez de la generación de energía.

En la figura 4.26, se nota que el voltaje de entrada se mantiene alrededor de 98 a 100 voltios. Este voltaje es esencial para mantener en funcionamiento el proceso de activación del motor HSG. Cabe destacar que, al detectar la MCU la ausencia del motor de accionamiento híbrido para la generación de energía y con esto el voltaje de salida comienza a disminuir, descargando así la batería auxiliar.

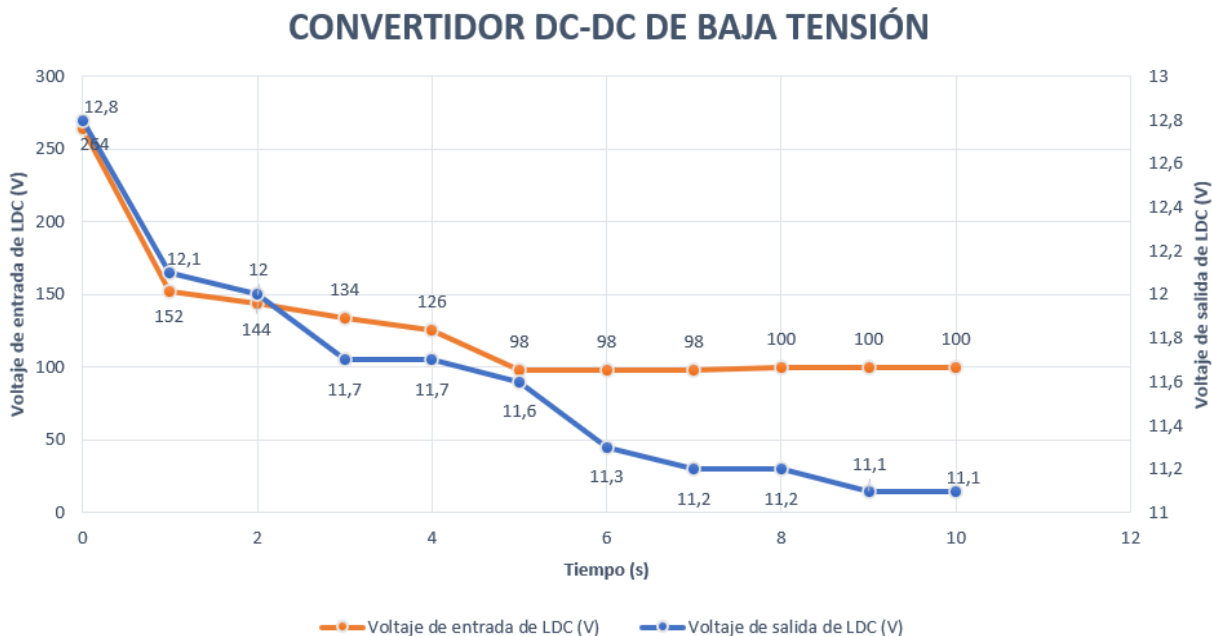


Figura 4.26 LDC (Desconexión del motor de accionamiento híbrido)

Se nota que los valores del voltaje de entrada permanecen constantes después de experimentar una caída. Esto ocurre debido a la ausencia de consumo por parte del motor de accionamiento híbrido; la MCU intenta regular el voltaje al no estar presente el motor de accionamiento híbrido.

4.3.4.3 Desconexión del HSG

Al realizar la desconexión del HSG se puede obtener que los valores del módulo LDC caen más rápidamente que al no contar con el motor de accionamiento híbrido debido a que el HSG es el encargado de la generación de energía en el vehículo híbrido.

En la figura 4.27, se observa cómo el voltaje de entrada comienza a disminuir hasta alcanzar los 4V. Esto se debe a la ausencia del motor HSG, encargado de activar el motor de combustión para cargar la batería híbrida. El sistema, como medida de precaución, interrumpe el suministro de energía para evitar afectar algún componente. Esta disminución en el voltaje de salida tiene el mismo propósito, ya que, sin una fuente de alimentación, el proceso normal de generación y consumo de energía para la conducción del vehículo no puede continuar.

En la figura 4.27, se observa cómo el voltaje de entrada va disminuyendo hasta estabilizarse en un nivel suficiente para alimentar cualquier componente necesario, como módulos, sensores, actuadores, entre otros.

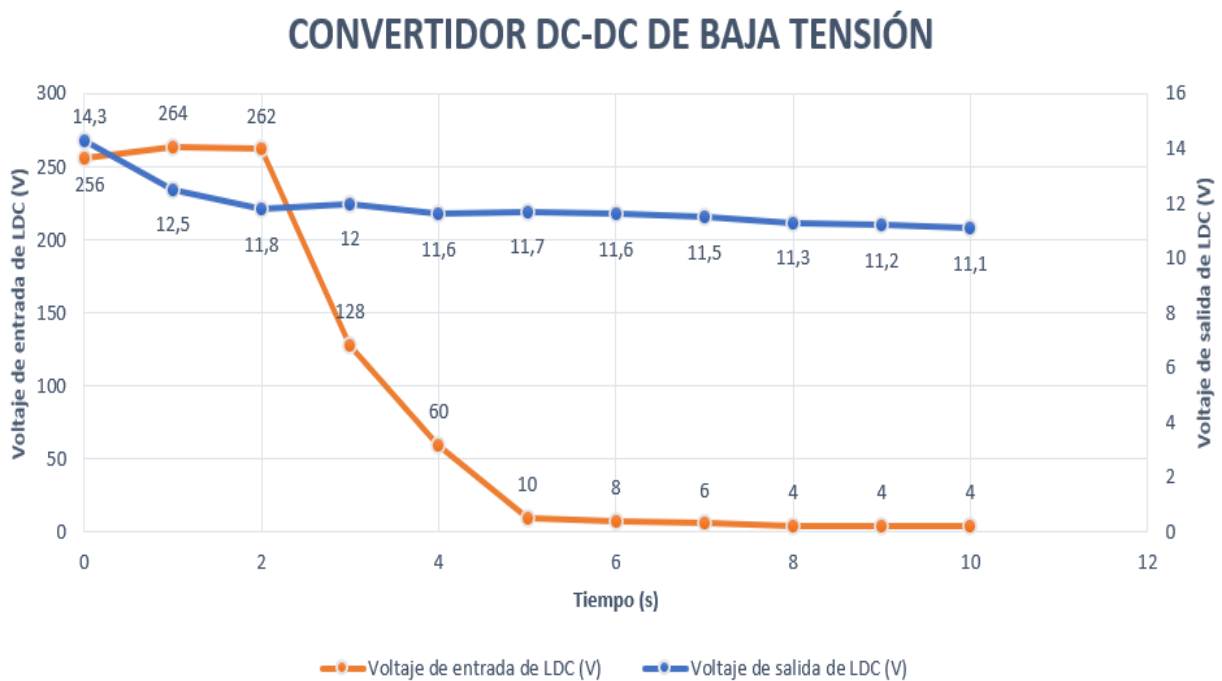


Figura 4.27 LDC (Desconexión del HSG)

4.3.4.4 Desconexión del LDC

Al desconectar el LDC se produce una falta de comunicación con el módulo, debido a que este módulo envía señales a la HCU la cual es encargada de mandar todas las señas del inversor a la ECU principal del vehículo y está comunicándose a su vez se comunica con el escáner.

Los códigos que se generan al desconectar el LDC estos son los siguientes:

Tabla 4.4 Códigos generados con desconexión LDC

AAF	
Códigos	Causas
<p>P0562: Señala un "Voltaje del Sistema Bajo". Esto indica que el módulo de control del motor ha detectado un voltaje menor de lo esperado, indicando un posible problema eléctrico en el vehículo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Una batería descargada o defectuosa puede ser el resultado de un módulo dañado o con un funcionamiento inadecuado. • Regulador de voltaje defectuoso: El regulador de voltaje se encarga de mantener la carga adecuada de la batería • Problemas en el sistema híbrido: Fallas en el sistema híbrido del vehículo pueden influir en la generación y distribución de energía, causando un voltaje inadecuado en el sistema.
<p>Solución:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar cables y conexiones: Examinar cuidadosamente en busca de daños o conexiones sueltas que puedan causar pérdida de voltaje. • Evaluar el regulador de voltaje: Verificar su correcto funcionamiento, ya que es vital para mantener la carga adecuada en la batería. 	
<p>U0298: Se relaciona con la falta de comunicación en la red con la (LDC).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Problemas de conexión: conexiones oxidadas, percutidas, o cortadas. • Un fallo interno en la (LDC) podría estar afectando su capacidad para establecer una comunicación adecuada con el actuador AAF. • Problemas en la red de comunicación. • Fusibles Quemados: Revisión del fusible encargado del módulo MCU y el módulo LDC encargados de las diferentes transformaciones de energía.
<p>Solución:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inspección Visual: Examinar detalladamente las conexiones y cableado entre la (LDC) y el actuador AAF. • Reinicio del Sistema: En ocasiones, desconectar la batería por unos minutos y luego volver a conectarla puede restaurar la comunicación y solucionar problemas temporales. • Verificar fusibles. 	

4.3.4.5 MCU (Motor Control Unit)

Al desconectar el cable de la MCU, es crucial tomar precauciones y seguir medidas de seguridad adecuadas debido a que los cables de la MCU son componentes electrónicos sensibles y delicados. Si se manipulan incorrectamente, pueden causar diversos riesgos y problemas en el sistema eléctrico del vehículo.



Figura 4.28 Conector del MCU

4.3.5 Desconexión del MCU

Al desconectar el conector de la MCU se puede conseguir solo códigos de error debido que, al ingresar en el diagnóstico mediante los módulos de control del escáner, se obtiene un mensaje que ha sufrido una pérdida de comunicación debido a que este sistema está desconectado.

Al desconectar el MCU generaron los siguientes códigos:

Tabla 4.5 Códigos generados con desconexión MCU

ENG	
Códigos	Causas
U0110: Establece el código de diagnóstico U0110 si no se ha	<ul style="list-style-type: none"> Cableado defectuoso o conexiones sueltas.

recibido ningún mensaje a través de la señal CAN durante un período de tiempo de 0.5 a 2.0 segundos.	<ul style="list-style-type: none"> • Posible fallo en el módulo de control del MCU: Si está dañado, puede resultar en pérdida de comunicación.
<p>Solución:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificar estado del cableado y conexiones: Inspeccionar visualmente el cableado y conexiones del módulo de control del inversor para asegurar que estén en buen estado y correctamente conectados. • Revisar otros módulos y sensores: Comprobar si hay códigos de diagnóstico o problemas detectados en módulos o sensores relacionados con el sistema híbrido. 	
A/T	
Códigos	Causas
<p>U0110: El código de diagnóstico se genera si el módulo de control del vehículo (PCM/TCM) no recibe señales de la Unidad de Control del Motor (MCU) a través de la línea de comunicación CAN.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Posible apertura o cortocircuito en el arnés de comunicación CAN. • Conexiones Eléctricas: Conexiones sueltas, corroídas o dañadas entre el módulo de control de la transmisión (TCM). • Fallas en Módulos de Control: Problemas internos en los módulos de control del vehículo que afectan la comunicación con el TCM. • Problemas de Comunicación: Interrupciones en la comunicación entre el TCM y otros módulos debido a interferencias electromagnéticas.
<p>Solución:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realizar una revisión minuciosa y reparar las conexiones defectuosas. Asegurarse de que los cables estén bien conectados y en buen estado. • Evaluar el estado de los módulos y reemplazar aquellos que presenten defectos. • Realizar análisis electrónicos avanzados para identificar y resolver los problemas de comunicación. 	
AAF	
Códigos	Causas
<p>U0110: El código U0110 se activa en el sistema AAF cuando el módulo de control AAF no recibe señal de la (MCU).</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Abierto o corto en la línea de comunicación CAN • MCU defectuosa.
<p>Solución:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificar Conexiones y Cables: Inspeccionar todas las conexiones eléctricas y cables entre el módulo de control AAF y la Unidad de Control del Motor (MCU). 	

<ul style="list-style-type: none"> Revisar sensores y actuadores. 	
MCU	
Códigos	Causas
U0122: La MCU activa el código si no hay comunicación por medio segundo a través de la señal CAN.	<ul style="list-style-type: none"> Mala conexión Problema en la MCU: La propia Unidad de Control del Motor (MCU) podría tener un problema interno que afecte su capacidad para comunicarse correctamente a través del bus CAN.
Solución: <ul style="list-style-type: none"> Averías eléctricas por mala conexión, interferencias y daños. Revisar conectores: evita fallos por daño o corrosión. La manipulación incorrecta de sistemas de alto voltaje en vehículos híbridos puede causar graves accidentes eléctricos 	
U0129: El código indica un problema de comunicación entre el MCU y el HCU en un vehículo híbrido.	<ul style="list-style-type: none"> Conexiones sueltas o corroídas entre MCU y HCU pueden interrumpir la transferencia de datos, causando pérdida de comunicación. Problemas en el cableado, como cortocircuitos o cables dañados, pueden afectar la señal de comunicación entre módulos. Fallo en alguno de los módulos del MCU o HCU puede causar la activación del código de error.
Solución: <ul style="list-style-type: none"> Verificar y reparar conexiones: Asegurarse de que los conectores entre MCU y HCU estén bien ajustados y libres de corrosión. Inspeccionar el cableado: Buscar cortocircuitos, cables rotos o desgastados. Diagnosticar módulos: Si el código persiste, diagnosticar MCU y HCU en busca de posibles fallos. 	

4.3.6 Hybrid Control Unit (HCU)

Esta unidad controla y gestiona el sistema híbrido del vehículo, asegurando la interacción adecuada entre el motor de combustión interna, el motor eléctrico y la batería. El HCU es responsable de optimizar el rendimiento del vehículo para maximizar la eficiencia del combustible y minimizar las emisiones.

En la figura 4.29 se puede observar el colector del HCU el cuál es el encargado de recibir la información del motor de combustible, los motores generadores, el aire acondicionado para el correcto funcionamiento del inversor.



Figura 4.29 Conector del HCU

4.3.6.1 Desconexión del HCU

El desconectar el módulo HCU intentar diagnosticar mediante el módulo el escáner nos dio una fuente de información la cual es que ha perdido comunicación con el HCU debido a que ya no recibe ningún tipo de información con el cual pueda seguir su funcionamiento óptimo.

Se generó los códigos de falla:

Tabla 4.6 Códigos de falla al desconectar el conector del HCU

ENG	
Códigos	Causas
<p>U0293: Se refiere a la “Comunicación perdida con el módulo de control del tren de potencia híbrido (C-CAN)”.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Problemas eléctricos. • Problemas de conexión: Si los conectores o cables que enlazan los módulos están sueltos, corroídos o dañados. • Falla en el módulo de control del tren de potencia híbrido

<p>Solución:</p> <ul style="list-style-type: none"> Realiza una inspección visual de los conectores y cables asociados al módulo de control del tren de potencia híbrido. Verifica los fusibles relacionados con el sistema híbrido. 	
<p>U1004: Se denomina “Comunicación perdida con el módulo de control del tren de potencia híbrido (H-CAN)”.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Problemas eléctricos: Interrupciones en el suministro de energía o cortocircuitos que afectan la comunicación entre los módulos del vehículo a través de la red H-CAN. Problemas de conexión. Falla del módulo de control del tren de potencia híbrido.
<p>Solución:</p> <ul style="list-style-type: none"> Verificar conexiones: Realiza una inspección visual de los conectores y cables relacionados con el módulo de control del tren de potencia híbrido y la red H-CAN Comprobar fusibles: Verifica los fusibles asociados al sistema híbrido y reemplaza aquellos que estén quemados. 	
A/T	
Códigos	Causas
<p>U0293: Se establece cuando la PCM/TCM detecta que no se recibe ningún mensaje relacionado con el HCU.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Circuito de comunicación CAN abierto o en cortocircuito. PCM/TCM.
<p>Solución:</p> <ul style="list-style-type: none"> Revisar el cableado en busca de posibles daños, cortocircuitos o conexiones sueltas. Asegurarse de que todas las conexiones eléctricas estén bien conectadas y sin corrosión. 	
HCU	
Códigos	Causas
<p>U0122: La HCU establece el DTC U0122 si no se ha recibido ningún mensaje durante 0,5s a través de la señal CAN.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Las conexiones eléctricas. Defecto en el HCU. Problemas en el bus de comunicación. Fusibles quemados.
<p>Solución:</p> <ul style="list-style-type: none"> Verificar y limpiar conexiones eléctricas. 	

- Inspeccionar y reemplazar fusibles quemados.
- Realizar un diagnóstico por escaneo para identificar posibles problemas adicionales.

4.4 DIAGNÓSTICO CON EL MULTÍMETRO

Después de un análisis exhaustivo y de realizar las consultas necesarias, se ha decidido no realizar el desmontaje del inversor; esto debido al alto riesgo que se tiene de dañar el dispositivo electrónico. Se debe tener en cuenta que los dispositivos de electrónica de potencia son dispositivos costosos y muy delicados. Con este antecedente, se procedió a buscar componentes que pudieran ser utilizados para realizar los diagnósticos. Mediante esta búsqueda, se logró identificar módulos IPM en condiciones operativas óptimas y también en condiciones deficientes. Posteriormente, se ve la necesidad de diagnosticar los módulos IPM presentes en los inversores del modelo Highlander. Estos módulos IPM son particularmente similares al inversor que se utiliza en el vehículo Kia Optima.

Se optó a la realización de un diagnóstico al fusible DC del inversor, debido a que este es el encargado de defender contra sobrevoltaje, sobrecarga eléctrica, fallas en la batería, fallas en componentes eléctricos.

También se realizaron diferentes mediciones en los módulos que posee el inversor para la obtención de datos más claros y detallados que nos ayuden a identificar fallas posibles y como se podría llegar a solucionar cada una de estas.

4.4.1 COMPROBACIÓN DE LOS IGBTs CON EL MULTÍMETRO

Cuando los IGBTs del inversor del vehículo híbrido están en buen estado, se puede esperar ciertos valores o comportamientos al medir con un multímetro.

Cuando los IGBTs del inversor del vehículo híbrido están en buen estado, se puede esperar ciertos valores o comportamientos al medir con un multímetro. Para la comprobación de los

IGBTs se realizó la medición de diodos con esta se podrá determinar que IGBT ha sufrido una explosión.

Un diodo es un componente semiconductor que permite el flujo de corriente en una dirección específica. Al probar un diodo que forma parte de un circuito con otros elementos electrónicos, es esencial aislarlo desconectando al menos un lado del circuito antes de realizar la prueba.

Un diodo en buen estado evidenciará una baja caída de voltaje en su unión (0,5-0,8 voltios para un diodo de silicio o cerca de 0,3 V para un diodo de germanio) cuando se conecten los cables en la polaridad adecuada. Asimismo, mostrará una alta resistencia (o un circuito abierto) cuando se invierta la polaridad al conectar los cables.


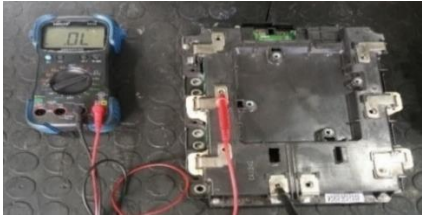

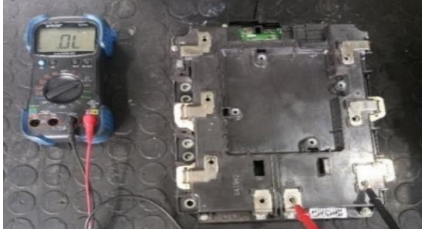
- **Medición en Dirección Directa:** Si el multímetro muestra una lectura de "OL" en ambas direcciones, el diodo podría estar en cortocircuito o dañado. Esto significa que permite el flujo de corriente en ambas direcciones, lo cual no es normal para un diodo en buen estado.
- **Medición en Dirección Inversa:** Si el multímetro muestra una caída de voltaje en la dirección inversa, el diodo podría estar en cortocircuito en esa dirección, lo que también es una señal de daño.

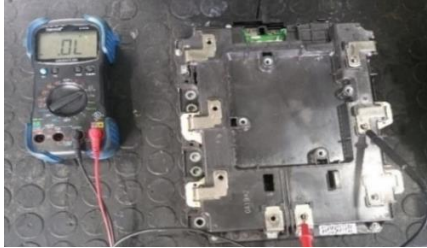
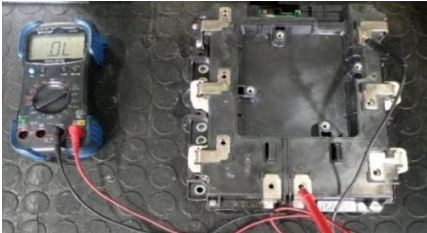
4.4.1.1 Diodos abiertos/ Medición en dirección inversa

Invertir las puntas de prueba del multímetro; es decir, conectar la punta de prueba positiva (roja) al cátodo (terminal negativo) del diodo y la punta de prueba negativa (negra) al ánodo (terminal positivo) del diodo.

En el modo de medición de diodos, si el diodo se encuentra en circuito abierto (funcionando correctamente), se observa una lectura de "OL" (circuito abierto) en la pantalla del multímetro. Esto indica que el diodo no permite el flujo de corriente en esta dirección.

Tabla 4.7 Comprobación de los IGBT


Diodos abiertos	0L
	0L (IGBT 1)
	0L (IGBT 2)
	0L (IGBT 3)
	0L (IGBT 4)

	0L (IGBT 5)
	0L (IGBT 6)

4.4.1.2 Diodos cerrados /Medición en Dirección Directa

Coloca la punta de prueba positiva (roja) del multímetro en el ánodo (terminal positivo) del diodo. Conecta la punta de prueba negativa (negra) del multímetro al cátodo (terminal negativo) del diodo. En el modo de medición de diodos, si el diodo se encuentra en cortocircuito (funcionando correctamente), observarás una caída de voltaje típica en la pantalla del multímetro.

Tabla 4.8 Comprobación de los IGBT en buen estado

Diodos cerrados	0.3 / 0.4 (V)
	0.378 V (IGBT 1)

	0.346 V (IGBT 2)
	0.341 V (IGBT 3)
	0.330 V (IGBT 4)
	0.335 V (IGBT 5)
	0L (IGBT 6) este valor indica que el IGBT está dañado

Durante la comprobación de los IGBT, se detectó que uno de ellos presentaba una interrupción en el flujo de corriente, lo que indicaba que estaba en mal estado o había experimentado algún tipo de fallo. Al desmontar el módulo IPM (Intelligent Power Module) del inversor en un vehículo híbrido, se encontró que el IGBT 6 había experimentado una explosión. Esta situación indica un fallo grave en el sistema y puede ser resultado de condiciones anormales de funcionamiento, como altas corrientes o sobretensiones. La explosión de los IGBT es un problema serio que requiere una evaluación y reemplazo adecuados para restaurar la funcionalidad y la seguridad del inversor.

Con las pruebas realizadas se puede determinar si ha sufrido una explosión, pero cabe recalcar que al encontrarse explotado este IGBT no se puede llegar a sustituir debido a que los IGBT se encuentran debajo del módulo IPM el cual no se puede desarmar.

Para comprender porque no se puede desmantelar se procedió a desarmar a la fuerza el módulo IPM:

1. Desmantelar los pernos que sujetan la carcasa exterior del módulo IPM al desmantelar dicha carcaza se observara la tarjeta del módulo IPM esta placa desempeña un rol esencial en el sistema de impulsión de un automóvil híbrido, ya que aloja los elementos electrónicos indispensables para supervisar y dirigir la energía que circula entre la batería y el motor eléctrico.

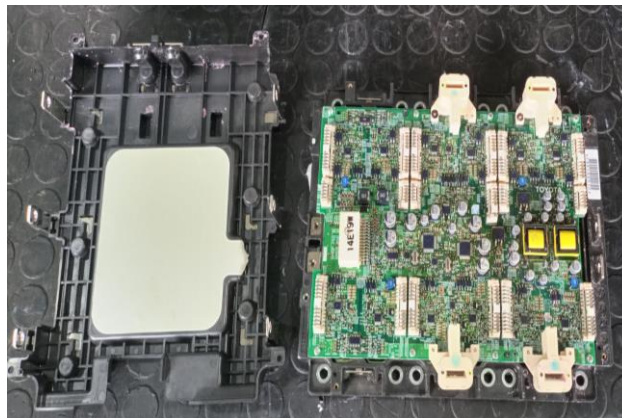


Figura 4.30 Módulo IPM

2. Para retirar la placa del módulo IPM, cortar con moladora los pines que se conectan con los IGBT solo de manera didáctica para observar la explosión que puede ocurrir.



Figura 4.31 Placa del módulo IPM

3. Al cortar con la moladora algunos elementos sufrieron cortes debido a la extracción forzosa de la placa, este proceso solo es didáctico y no se aconseja para una reparación.



Figura 4.32 Averías causadas para el diagnóstico

4. Al retirar la placa, se encontró un recubrimiento que se encontraba por encima de los IGBT este recubrimiento separa la placa de los IGBTs.



Figura 4.33 Placa metálica de separación de los IGBT

5. Al retirar dicho recubrimiento se encontró uno de los 6 IGBT explotado, como se observa en la siguiente figura.



Figura 4.34 Sensor IGBT explotado

En relación con el "gel" que cubre los IGBTs, es un compuesto que combina propiedades dieléctricas y conductivas en términos térmicos. Este compuesto se emplea con el propósito de optimizar la conducción del calor y su dispersión en el módulo IPM.

También este gel es una medida de protección que posee el módulo IPM debido a que la explosión de los IGBTs es demasiado grande lo que puede provocar un incendio, si no tuviera

el gel protector este minimiza su expansión al surgir la explosión, recordar que el módulo IPM maneja grandes voltajes.

4.4.1.3 Causas de la explosión de los IGBT

Los IGBT (Transistor Bipolar de Puerta Aislada) pueden experimentar fallas y explotar dentro de un inversor de vehículo híbrido debido a diversos motivos:

- **Sobrecarga eléctrica:** Si estos dispositivos se ven sometidos a corrientes o voltajes que superan sus límites de funcionamiento, es probable que se calienten excesivamente y terminen explotando.
- **Sobretensión:** Picos de voltaje inesperados que exceden los valores tolerables para los IGBT pueden dañarlos y desencadenar su falla catastrófica.
- **Problemas de enfriamiento:** Si los IGBT no reciben una refrigeración adecuada, su temperatura interna podría elevarse peligrosamente, lo que eventualmente podría llevar a su ruptura.
- **Defectos en el diseño o fabricación:** Errores en el diseño, materiales de baja calidad o fallos durante el proceso de fabricación.

4.4.1.4 Solución: mantenimiento preventivo

Para asegurar el buen cuidado de los IGBT del inversor de un vehículo híbrido, es esencial seguir algunas pautas y precauciones. A continuación, se presentan algunas recomendaciones:

- **Mantener un sistema de refrigeración adecuado:** Verificar que el sistema de enfriamiento del inversor esté funcionando correctamente.

- Evitar condiciones extremas de temperatura: Procurar no exponer el inversor a temperaturas extremadamente altas o bajas.
- Evitar corrientes excesivas y cortocircuitos: Verificar que el sistema eléctrico del vehículo esté dimensionado correctamente y evitar situaciones de alta demanda de potencia que puedan exceder las capacidades de los IGBT.

4.4.2 MEDICIÓN DEL FUSIBLE DC CON EL MULTÍMETRO

Si el fusible está fundido, desconecta la energía del sistema híbrido y reemplaza el fusible por uno del mismo amperaje y tipo para eso se procederá a medir con el multímetro en la función continuidad.

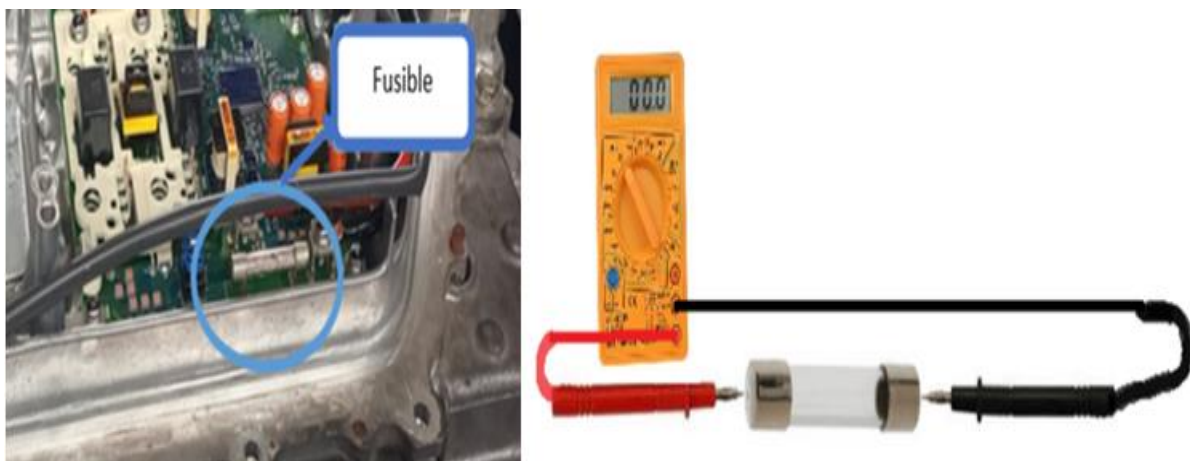


Figura 4.35 Ubicación y medición del fusible

En caso de que el fusible como se muestra en la figura 4.35 se encuentre quemado se procederá a reemplazarlo por otro de igual amperaje y tipo.

Tabla 4.9 Especificaciones del fusible

Ítem	Especificaciones
Corriente nominal (A)	30

Fuente: (Manual KIA, 2015)

4.4.3 MEDICIÓN DE CONTINUIDAD EN LOS MÓDULOS DEL INVERSOR CON EL MULTÍMETRO

Se han examinado las conexiones de los módulos del inversor con el objetivo de identificar posibles cortes o pérdidas de comunicación que puedan surgir en este componente. Este análisis detallado se ha llevado a cabo para detectar cualquier interrupción en la conexión entre los módulos, lo cual es esencial para asegurar un funcionamiento adecuado del inversor. Este proceso se llegó a determinar debido a los códigos de error que nos estaban dando en la desconexión de los diferentes implementos de conexión del inversor cuando se estaba diagnosticado mediante el escáner.

4.4.3.1 Módulo LDC

Para la solución de los códigos creados por la desconexión del LDC se sugiere realizar una inspección visual de los cables y los conectores para eso se deberá retirar toda la cinta y se deberá deslizar una inspección de cada cable y en qué dirección están



Figura 4.36 Cables del LDC

Después de determinado la ubicación de cada cable se deberá realizar una medición de continuidad para verificar si los cables fueron cortados en alguna parte o si fueron sujetos a una oxidación.



Figura 4.37 Comprobación del LDC

4.4.3.2 Módulo MCU

Al revisar los códigos de falla se puede determinar que se debe realizar una comprobación de los cables para determinar si alguno de estos posee alguna avería.



Figura 4.38 Conectores del módulo MCU

Para eso se realizará la comprobación de continuidad para revisar si los cables fueron cortados, rotos o si han sufrido alguna corrupción que impidan el paso de señal causando los códigos de falla.



Figura 4.39 Comprobación del MCU

4.4.3.3 Módulo HCU

Para solucionar la desconexión o pérdida de comunicación con el HCU según los códigos de error obtenidos se debe revisar el cableado que contiene o que están conectados con el módulo HCU dividido a que éste recibe las señales y al perder una total comunicación se debe realizar primeramente lo que es el conector debido a que puede estar sufriendo de algún imperfecto.



Figura 4.40 Cables del HCU

Para la comprobación del cable HCU medir continuidad por eso se debe seguir cada cable determinar dónde se dirige para poder ver con el multímetro y así determinar si el cable este sulfatado, cortado o si ha sufrido un desperfecto.

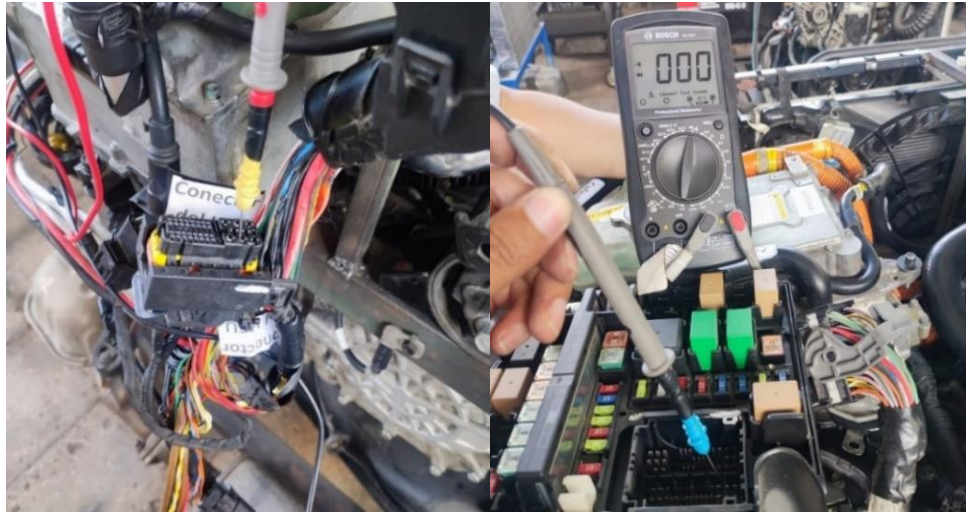


Figura 4.41 Comprobación del HCU

CAPÍTULO 5

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Los datos revelan una secuencia crucial en el proceso de generación de energía del motor de combustión. En el primer escenario, sin activar el motor, se registra un estado estático con 0 RPM y una corriente RMS de 3 amperios. Al iniciar el motor de combustión mediante el motor HSG, las RPM oscilan entre 3120 a 3269 con un consumo entre 40 y 45 amperios. Estos valores reflejan la energía y las revoluciones necesarias para sostener la generación de energía a través del motor de combustión. Es importante notar que al activar el motor HSG, se presenta un pico de consumo entre 47 y 46 amperios. Esto evidencia la necesidad de una potencia considerable para arrancar el motor de combustión y superar su estado inicial. Esta demanda inicial subraya la importancia de una fuerza significativa al iniciar el motor de combustión.
- Durante el diagnóstico de los moto-generadores, que son alimentados por un inversor con una considerable fuente de energía, se observó que su rendimiento estaba estrechamente ligado al consumo energético, especialmente influenciado por el comportamiento del conductor al acelerar. Se realizó un análisis de la energía suministrada por el inversor a estos motores durante la aceleración, encontrando que el motor HSG consumía 125 amperios en su capacidad máxima, mientras que el motor de accionamiento alcanza los 245 amperios en su capacidad máxima. Se llevaron a cabo pruebas al desconectar los motores generadores, revelando que, en estado inactivo, el motor HSG consume 3 amperios y el motor de accionamiento, 2.8 amperios, debido a los diferentes sensores que posee cada motor y la bomba eléctrica. Estos hallazgos sugieren que la Unidad de Control del Motor (MCU), al percibir la falta de los motores trifásicos, activa modos de corrección para mantenerlos inactivos.

- Al realizar el diagnóstico se observaron diferentes códigos de error generados por el inversor cuando se encuentra en modo de diagnóstico, en comparación con su estado normal, resalta la importancia crítica de habilitar el modo de diagnóstico. Esto sugiere que el inversor cuenta con una funcionalidad específica de diagnóstico que no solo es capaz de detectar problemas, sino que también proporciona información adicional y altamente detallada sobre el estado del dispositivo.
- Este estudio completo y detallado sobre el diagnóstico de los IGBTs en el inversor ha proporcionado información crucial sobre su funcionamiento. Se ha confirmado que cuando los IGBTs se muestran como 'OL' en el multímetro, están en estado abierto, mientras que valores de 0,3V a 0,4V indican que están cerrados y operando correctamente. La detección de 'OL' en el multímetro, cuando los IGBTs deberían estar cerrados, indica que se encuentra en mal estado los dispositivos.

5.2 RECOMENDACIONES

- La clave para asegurar el rendimiento óptimo y la confiabilidad del motor HSG y el motor de accionamiento híbrido es la aplicación de programas de mantenimiento regulares y preventivos. Estas medidas no solo aseguran su funcionamiento dentro de los rangos ideales de revoluciones y activación del motor de combustión, sino que también permiten un monitoreo constante del consumo eléctrico para detectar anomalías y prevenir posibles fallos. Al integrar inspecciones programadas, pruebas de carga y un seguimiento detallado del desgaste del bobinado, se garantiza la eficiencia a largo plazo de estos motores, prolongando su vida útil y consolidando la confiabilidad de los sistemas en los que operan.
- Al llevar a cabo el diagnóstico del inversor y los IGBT, es de vital importancia utilizar correctamente los equipos de diagnóstico, como el escáner y el multímetro. Estos instrumentos proporcionan información crucial sobre el funcionamiento y estado de los

componentes eléctricos. Al utilizarlos de manera adecuada, se podrá obtener una evaluación precisa de posibles fallas o problemas en el inversor y los IGBT.

- Se tomó la decisión de no desmontar el inversor del Kia Optima Híbrido considerando que, la presencia de corriente estática en el cuerpo humano representa un riesgo significativo al manipular componentes electrónicos delicados como el inversor. Si se abre el inversor de forma incorrecta, esto puede dar lugar a averías graves en la PCM, el convertidor DC/DC y otros elementos, lo que podría tener consecuencias de mal funcionamiento del vehículo. Por esta razón, no se aconseja abrir el inversor cuando su funcionamiento es adecuado y no se requiere un mantenimiento.
- El inversor del Kia Optima Híbrido es altamente sensible al agua. Incluso una pequeña gota de agua puede causar un cortocircuito en todo el sistema híbrido, lo que podría ocasionar daños importantes y costosos. Por lo tanto, lavar el motor y el inversor con máquinas de presión de agua no es recomendable.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Andrés, C., & Pinto, M. (n.d.). *HOJA DE CALIFICACION DEL TRABAJO DE TITULACION*.
- Angel Vicente. (2015). *ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LA OPERACIÓN DEL INVERSOR DEL VEHÍCULO HÍBRIDO TOYOTA PRIUS A*.
- Armando Donado. (2021). *Auto Híbrido y Sistema Inversor*. <https://autosoporte.com/auto-hibrido-y-sistema-inversor/>
- Autel. (2020). *Safety Information*.
- Bai, H., & Mi, C. (2011). *Transients of Modern Power Electronics*. John Wiley & Sons, Incorporated. <http://ebookcentral.proquest.com/lib/utn/detail.action?docID=697594>
- Bosch. (2019). *PROFESSIONAL MULTIMETER FIX 7677*.
- Christian Andrés. (2018). *MAQUETA DEL SISTEMA Y FUNCIONAMIENTO DE UN INVERSOR EN VEHÍCULOS HÍBRIDOS*. <https://repositorio.usfq.edu.ec/jspui/bitstream/23000/7237/1/137746.pdf>
- Cordaez. (2021, December 20). *EL FUNCIONAMIENTO E IMPORTANCIA DE UN SCANNER AUTOMOTRIZ*.
- Costas. (2009). *Historia del coche híbrido: la tecnología se perfecciona*. <https://www.motorpasion.com/coches-hibridos-alternativos/historia-del-coche-hibrido-la-tecnologia-se-perfecciona>
- Dorsey. (2004). *MAQUETA DEL SISTEMA Y FUNCIONAMIENTO DE UN INVERSOR EN VEHÍCULOS HÍBRIDOS*.
- ECVERDE. (2022, June 9). *Cómo funcionan los inversores y convertidores en los vehículos híbridos y eléctricos*. <https://economiecircularverde.com/como-funcionan-los-inversores-y-los-convertidores/>
- Edgar Díaz Bustillo. (2023). *Multímetro automotriz: qué es y cómo utilizarlo*.
- Erjavec, J., & Thompson, R. (Rob D.). (2019). *Automotive technology: a systems approach*.
- Fernández. (2009). *Trabajo de titulación presentado como requisito para la obtención de Licenciado en Electromecánica Automotriz*.
- Fernando Augeri. (2021). *Introducción al funcionamiento y diagnóstico de vehículos híbridos*. <https://idoc.pub/documents/introduccion-al-funcionamiento-y-diagnostico-de-vehiculos-hibridos-j3novzvvgvxd>
- Gilles, T. (2020). *Automotive Service_ Inspection, Maintenance, Repair Book-Cengage Learning*.
- Halderman, J. (2011). *Hybrid and alternative fuel vehicles*. Pearson Education/Prentice Hall.

- Halderman, J. D., & Martin, T. (2011). *Hybrid and alternative fuel vehicles*. Pearson Education/Prentice Hall.
- Hathiyaldeniye, T., Annakkage, U. D., Pahalawaththa, N., & Karawita, C. (2022). A Comparison of Inverter Control Modes for Maintaining Voltage Stability During System Contingencies. *IEEE Open Access Journal of Power and Energy*, 9, 55–65.
<https://doi.org/10.1109/OAJPE.2022.3140658>
- Hayes, J. G., & Goodarzi, G. A. (2018). *Electric Powertrain : Energy Systems, Power Electronics and Drives for Hybrid, Electric and Fuel Cell Vehicles*. John Wiley & Sons, Incorporated.
<http://ebookcentral.proquest.com/lib/utn/detail.action?docID=5148928>
- Hu, H., Baseley, S., & Smaling, R. (2012). *Advanced Hybrid Powertrains for Commercial Vehicles*. SAE International. <http://ebookcentral.proquest.com/lib/utn/detail.action?docID=5341896>
- Hu, H., Baseley, S., & Song, X. (2021). *Advanced Hybrid Powertrains for Commercial Vehicles*. SAE International. <http://ebookcentral.proquest.com/lib/utn/detail.action?docID=28983822>
- Innova. (2007). *Innova Automotive Tools Owner Manual*. www.equus.com
- Javier Rodríguez. (2018, July 1). *Pasta Térmica: Qué es, tipos y cómo aplicarla*.
<https://www.geeknetic.es/Guia/1483/Pasta-Termica-Que-es-tipos-y-como-aplicarla.html>
- Juan Luis. (2021). *Un inventor genial y mucho plomo: el origen de los coches híbridos*.
<https://motor.elpais.com/actualidad/el-proceso-inverso-de-la-invencion-y-redescubrimiento-del-coche-hibrido/>
- Kia. (2015a). *Ficha-Técnica-Nuevo-Optima-Híbrido*.
- Kia. (2015b). *GDS*.
- Liu, W. (2017). *Hybrid Electric Vehicle System Modeling and Control*. John Wiley & Sons, Incorporated. <http://ebookcentral.proquest.com/lib/utn/detail.action?docID=4791459>
- Manual KIA. (2015). *GDS*.
- Mi, C., & Masrur, M. A. (2017a). *Hybrid Electric Vehicles : Principles and Applications with Practical Perspectives*. John Wiley & Sons, Incorporated.
<http://ebookcentral.proquest.com/lib/utn/detail.action?docID=5046840>
- Mohan, N., Undeland, T. M., & Robbins, W. P. (2003). *Electrónica de potencia. Convertidores, aplicaciones y diseño*. www.FreeLibros.me
- Nick Connor. (2020, January 11). *Qué es el ciclo Atkinson – Motor Atkinson – Definición*.
<https://www.thermal-engineering.org/es/que-es-el-ciclo-atkinson-motor-atkinson-definicion/>
- Oroño. (2014). *Hacia un transporte automotor racional y eficiente: Autos Híbridos y Eléctricos Automotriz* [UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ].
<https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/sites/ministerio-industria->

energia-mineria/files/documentos/publicaciones/01%20-%20Transporte%20racional%20y%20eficiente_0.pdf

PALACIOS. (2006). *MAQUETA DEL SISTEMA Y FUNCIONAMIENTO DE UN INVERSOR EN VEHÍCULOS HÍBRIDOS*.

Plan Nacional de Desarrollo. (2021). *Toda una Vida*.

Raúl Guevara. (2014). *FRENO REGENERATIVO EN AUTOMÓVILES PARA USO HÍBRIDO*.
https://www.academia.edu/15477825/Freno_Regenerativo

Silvia Pérez. (2023, June 12). *Guantes Dieléctricos: Características, Clases y Usos*. Guantes Dieléctricos. <https://www.prolaboral.com/es/blog/descubre-los-guantes-dielectricos-todo-sobre-sus-caracteristicas-clases-y-usos.html#:~:text=Clase%2000%3A%20Guantes%20con%20un,exposici%C3%B3n%20de%20hasta%20500%20voltios>

Suntaxi Victor, & Haro Andrés. (2010). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DIDÁCTICO DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN DE UN VEHÍCULO HÍBRIDO*.
<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/2868>

Teresa Donateo. (2017). *Hybrid Electric Vehicles*.

Yueqing. (2016, November 5). *Eléctrico de Feeo te dice la diferencia entre fusibles DC y fusibles CA*. <https://es.pv-feeo.com/news/feeo-electric-tells-you-the-difference-between-2540602.html>

ANEXOS

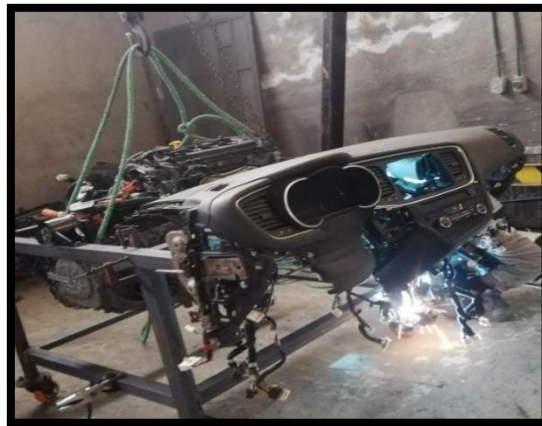
ANEXO I MOTOR HÍBRIDO

Para la realización de la maqueta del vehículo híbrido se procedió a alzar al motor para poder montarlo en una estructura metálica que sea capaz de soportar su peso.



ANEXO II ESTRUCTURA METALICA DEL MOTOR

Se procedió a soldar las uniones de la maqueta para reforzarla para que sea capaz de soportar el peso del motor y los elementos que le complementan.



ANEXO III ESTRUCTURA DE LA BASE DE LA BATERÍA HÍBRIDA

Se instala la base para poder colocar la batería híbrida la cual será fundamental para el accionamiento del vehículo.



ANEXO IV ORDEN DEL CABLEADO

Se examinará cada cable del vehículo para determinar la posición y la ruta de cada uno para poder mandarlos sin que exista un corte o sufran una quemadura al momento que el vehículo entre en funcionamiento.



ANEXO V ESCAPE

Se procedió a cortar el tubo de escape para colocarlo de mejor manera en la maqueta y se creó una estructura para fijar el tubo de escape para que no sea propenso a vibraciones.



ANEXO VI RADIADOR

Para colocar el radiador se tomó la dirección de las mangueras para su ubicación en la maqueta debido a que la distancia de estas no es muy grande.



ANEXO VII MAQUETA MOTOR HÍBRIDO

Ya realizada la maqueta del vehículo Kia Optima Híbrido se realizó las pruebas respectivas para el proceso de toma de datos y diagnóstico de sus elementos.



ANEXO VIII INVERSOR

Inversor que fue realizado el diagnóstico



ANEXO IX PALANCA DE CAMBIOS Y PEDALES

Palanca de cambios y pedales que se utilizó para entrar a modo de mantenimiento y realizar el respectivo diagnóstico.

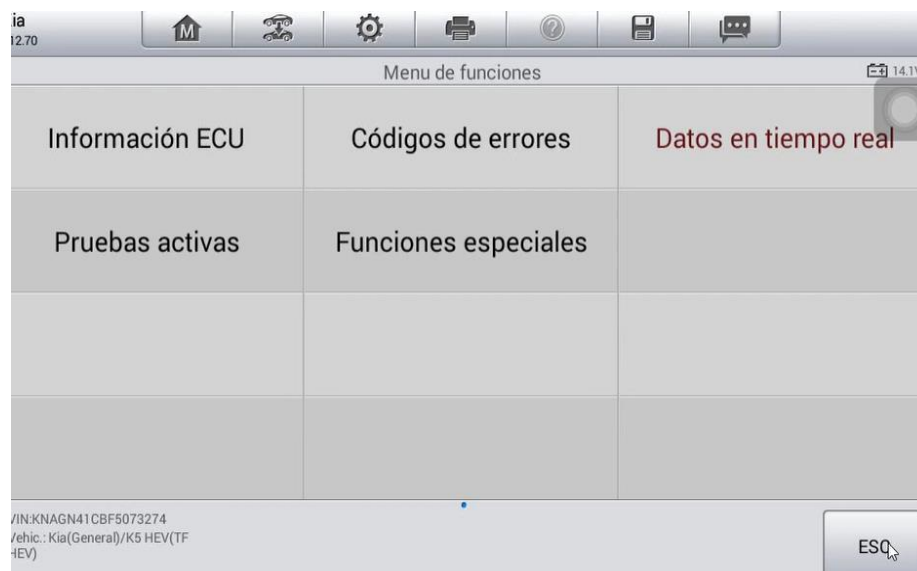


ANEXO X GUIA DE DIAGNÓSTICO

Evaluación del comportamiento del inversor mediante desconexión selectiva de componentes.

Al realizar la desconexión de dichos implementos se puede obtener varios datos primero se consiguió datos de tiempo real para poder determinar cuándo estoy en excelentes condiciones el inversor.

Al provocar las diferentes fallas se puede obtener valores cuando ocurren dichas averías, se obtuvo los valores en los que trabajan los motores generadores, también se puede observar cuando algún módulo de control pierde comunicación y los códigos de falla que pueden llegar a surgir al momento de realizar una evaluación de los diferentes componentes.



Anexo 5 figura 1 Menú de función del scanner

En el anexo 5 figura 1 se observa el menú de funciones para entrar a la selección de datos en tiempo real.



Anexo 5 figura 2 Unidad de control del scanner

En el anexo 5 figura 2 se observa la unidad de control y cada módulo que posee el vehículo dependiendo de los datos que se quiera obtener se entrara en el módulo con eso se pudo observar si el módulo está trabajando correctamente debido a que si no trabaja correctamente se pudo observar una imagen de pérdida de comunicación.



Anexo 5 figura 3 Auto scanner

En el anexo 5 figura 3 se observa la función de códigos de falla con esta se llegó a obtener las fallas que se están dando en cada módulo con esta información se pudo localizar la avería para poder solucionarlo.

Para el proceso de desconexión de los elementos para verificar las gráficas que nos está dando sean correctas se debe realizar un proceso. Antes de la manipulación del inversor o sus conectores se debe usar el equipo de protección adecuados para preservar la vida debido a que el vehículo híbrido posee altos voltajes que son peligrosos el contacto. Para eso se procedió a ocupar los siguientes implementos:

Para la manipulación de elementos que trabajan con altos voltajes se procedió a ocupar guantes y calzado dieléctricos, con el objetivo de prevenir una descarga.



Anexo 5 figura 4 Equipos de protección guantes y calzado dieléctricos

Para manipulación de elementos que trabajan con bajos voltajes se procedió a ocupar guantes antiestáticos debido a que la energía estática producida por nuestro cuerpo puede llegar a afectar con los módulos de control del inversor.



Anexo 5 figura 5 Guates antiestáticos

Después de equipado con el equipo de protección se debe retirar el jumper de la batería híbrida y la batería de 12 voltios para este proceso se recomienda ocupar los guantes antiestáticos para así proteger el sistema de la corriente estática.



Anexo 5 figura 6 Desconexión del jumper

Se recomienda esperar mínimo de 5 minutos para proceder con la desconexión de los elementos debido a que el sistema se demora tiempo en descargarse.

Antes de proceder con la desconexión se debe tener en cuenta cómo se debe desenganchar cada seguro debido a que si se llega a dañar podría realizarse una mala conexión provocando una

avería mucho mayor. Para desconectar los cables de alta tensión, como se observa en el anexo 5 figura 5 se ocupa la protección necesaria para evitar inconvenientes hasta incluso la muerte debido a que éstos trabajan con alta tensión.



Anexo 5 figura 7 Conectores de cables de alta tención

Para desconexión del LDC, MCU, HCU se recomienda ocupar guantes y zapatos antiestáticos, debido a que estos módulos son sensibles a corriente estática producida por nuestro cuerpo.



Anexo 5 figura 8 Conectores del LDC, MCU, HCU

Dependiendo del elemento que se quiere analizar se desconectará después se deberá alejar el cable para que no exista un puente y produzca fallas eléctricas al momento de que estar encendiendo el vehículo.

Después se conecta el jumper y la batería de 12 voltios para proceder con el diagnóstico del inversor.



Anexo 5 figura 9 Conexión del jumper

En las figuras 7 y 8 se observa cómo se conectan tanto el jumper y la batería de 12V para poder obtener los códigos de falla que nos pueden estar dando.

Se procederá con la medición de los datos en tiempo real, se realizará la revisión de pérdida de comunicaciones de los diferentes módulos y se obtendrán los códigos de fallas que pueden surgir al momento de la desconexión con estos códigos de falla se pudo localizar más rápidamente la fuente del problema.

HSG	
Datos	
RPM	RMS (A)
0	3
Motor de combustión	
RPM	RMS (A)
3269	47
3258	46

3236	45
3228	44
3209	43
3204	42
3179	41
3126	40

MOTOR DE ACCIONAMIENTO HÍBRIDO	
Datos	
RPM	RMS (A)
381	7.5
442	15.9
526	18.6
631	19.1
712	19.7
257	5.7
542	8.3
1064	10.3
1290	12.5
1634	14.5
Motor de combustión	

RPM	RMS (A)
558	4.6
570	6.1
649	8.5
741	10.8
673	7.6
694	9.3
816	11.4
1273	11.8
1303	8.9

Voltaje de DC de la batería		
Datos		
V	Motor de accionamiento híbrido “RMS(A)”	Motor HSG “RMS(A)”
250	9.8	3
254	2.8	3
254	8.3	3
254	9.6	3
258	8.6	3

Motor de combustión		
V	Motor de accionamiento híbrido “RMS(A)”	Motor HSG “RMS(A)”
268	2.8	43
268	2.9	41
270	4,9	46
266	8.3	46
266	13.9	43
268	7.8	43
268	7.6	40
268	12	40

Corriente CC de la batería		
Datos		
A	Velocidad del motor de accionamiento híbrido (RPM)	Velocidad del HSG (RPM)
4.1	637	0
6	603	0
8.2	918	0
5.9	991	0
7.9	1061	0

8.2	1203	0
9.4	1213	0
7.7	1252	0
13.1	1699	0
15.2	2013	0
16.9	2181	0
Motor de combustión		
A	Velocidad del motor de accionamiento híbrido (RPM)	Velocidad del HSG (RPM)
-4.3	697	3186
-9.3	816	3197
-9.8	1786	3285
-10.5	986	3239
-10.8	673	3210
-11.8	1071	3199
-13.9	1382	3257
-15.3	727	3185
-17.6	612	3142
-20.7	1371	3218

Tensión CC de batería		
Datos		
V	Velocidad del motor de accionamiento híbrido (RPM)	Velocidad de HSG (rpm)
269.7	519	0
269.7	517	0
269.6	515	0
269.6	522	0
269.5	516	0
269.5	521	0
268.6	517	0
267.3	518	0
Motor de combustión		
V	Velocidad del motor de accionamiento híbrido (RPM)	Velocidad del HSG (rpm)
275.3	463	3225
270	730	3182
275	831	3196
275.8	509	3192
275.7	417	3203

276	651	3219
276.5	531	3223
275.9	606	3212

Voltaje del condensador del convertidor		
Datos		
Voltaje	Velocidad del motor de accionamiento híbrido (RPM)	Velocidad de HSG (RPM)
270	524	0
270	522	0
270	520	0
269	518	0
269	519	0
269	517	0
270	523	0
272.2	608	0
273.5	669	0
274	730	0
Motor de combustión		
Voltaje	Velocidad del motor de accionamiento híbrido (RPM)	Velocidad de HSG (RPM)

262	729	3149
261	776	3193
261°	913	3234
262	963	3252
262	1080	3235
262	1128	3247
262	1229	3243
264	1269	3244
265	791	3185
265	607	3197

Datos en tiempo real del LDC		
Datos		
Voltaje de salida de LDC(V)	Corriente de salida de LDC(A)	Voltaje de entrada de LDC(V)
14.3	50	260
14.3	48	262
14.3	47	262
14.3	45	262
14.3	39	262

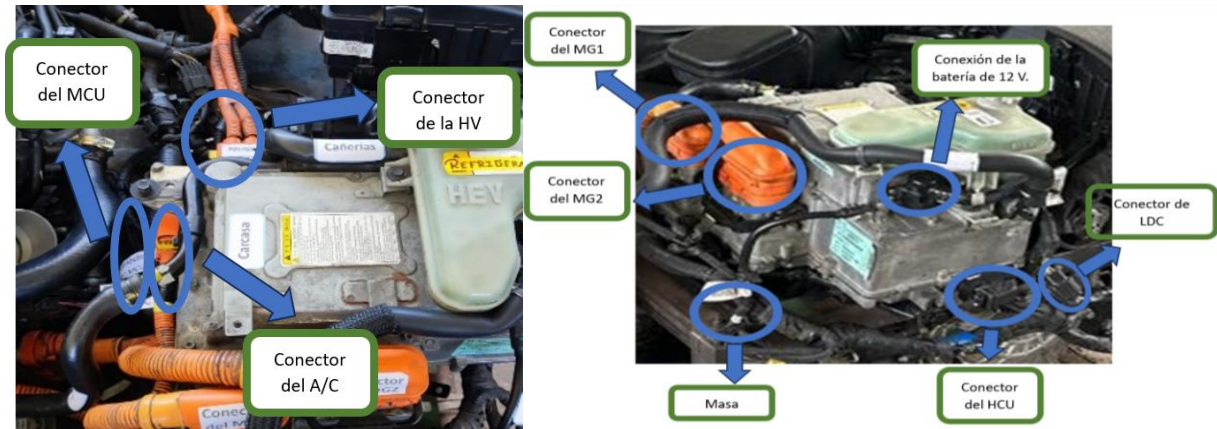
Motor de combustión		
Voltaje de salida de LDC(V)	Corriente de salida de LDC(A)	Voltaje de entrada de LDC(V)
14	91	268
14.1	78	268
14.3	94	268
14.5	93	268
14.5	64	270
14.7	72	270
14.7	86	270

Códigos de Error
LDC
U0129: El código indica un problema de comunicación entre el MCU y el HCU en un vehículo híbrido.
U0122: La HCU establece el DTC U0122 si no se ha recibido ningún mensaje durante 0,5s a través de la señal CAN.
P1A6F: Señala un problema con el Battery Management System (BMS), encargado de supervisar y gestionar la batería de alta tensión para un rendimiento óptimo del sistema de propulsión híbrido.
P0562: Señala un "Voltaje del Sistema Bajo". Esto indica que el módulo de control del motor ha detectado un voltaje menor de lo esperado, indicando un posible problema eléctrico en el vehículo.
U0298: Se relaciona con la falta de comunicación en la red con la (LDC).
MCU
(ENG) U0110: Establece el código de diagnóstico U0110 si no se ha recibido ningún mensaje a través de la señal CAN durante un período de tiempo de 0.5 a 2.0 segundos.

(A/T) U0110: El código de diagnóstico se genera si el módulo de control del vehículo (PCM/TCM) no recibe señales de la Unidad de Control del Motor (MCU) a través de la línea de comunicación CAN.
(AAF) U0110: El código U0110 se activa en el sistema AAF cuando el módulo de control AAF no recibe señal de la (MCU).
HCU
U0293: Se refiere a la "Comunicación perdida con el módulo de control del tren de potencia híbrido (C-CAN)".
U1004: Se denomina "Comunicación perdida con el módulo de control del tren de potencia híbrido (H-CAN)".
U0293: Se establece cuando la PCM/TCM detecta que no se recibe ningún mensaje relacionado con el HCU a través de la línea de comunicación CAN.
U1004: Indica una pérdida de comunicación con el módulo de control de la transmisión en un vehículo híbrido.

PROCESOS PARA DESARMAR EL INVERSOR

Antes de proceder con el desarme se deberá realizar una inspección visual debido a que con el tiempo podría llegar a afectarse los cables o conectores llegando a estar sulfatados o oxidados provocando una mala conexión provocando una falla en el sistema.



Anexo 5 figura 12 Conectores del inversor

Antes de proceder a desarmar el inversor se debe ocupar el equipo de seguridad el cual nos ayudará a prevenir algún peligro debido a que se estará manipulando un sistema de alta tensión. Los equipos para utilizar son: zapatos dieléctricos, manta dieléctrica, guantes dieléctricos, guantes antiestática.



Anexo 5 figura 13 Equipo de protección para desarmar el inversor

- En el Paso 1, es necesario desconectar el jumper de la batería de alta tensión, tal como se muestra en el Anexo 5, Figura 6, con el fin de prevenir posibles descargas de alto voltaje. Además, se procede a desconectar la batería auxiliar, como se indica en el Anexo 5, Figura 7. Esto se realiza dado que el LDC opera con la batería de 12 voltios, siendo responsable de su carga. Para llevar a cabo este proceso, es esencial utilizar zapatos dieléctricos y guantes antiestáticos para garantizar la seguridad durante la manipulación de estos componentes.
- En el Paso 2, se lleva a cabo la desconexión de los conectores de alta tensión, que incluyen los conectores del generador de arranque híbrido, el motor de accionamiento híbrido, el conector del compresor eléctrico y la conexión de la batería híbrida. Para realizar esta tarea, es crucial utilizar guantes dieléctricos y zapatos con punta de seguridad, garantizando así la protección necesaria durante la manipulación de estos componentes eléctricos de alto voltaje.



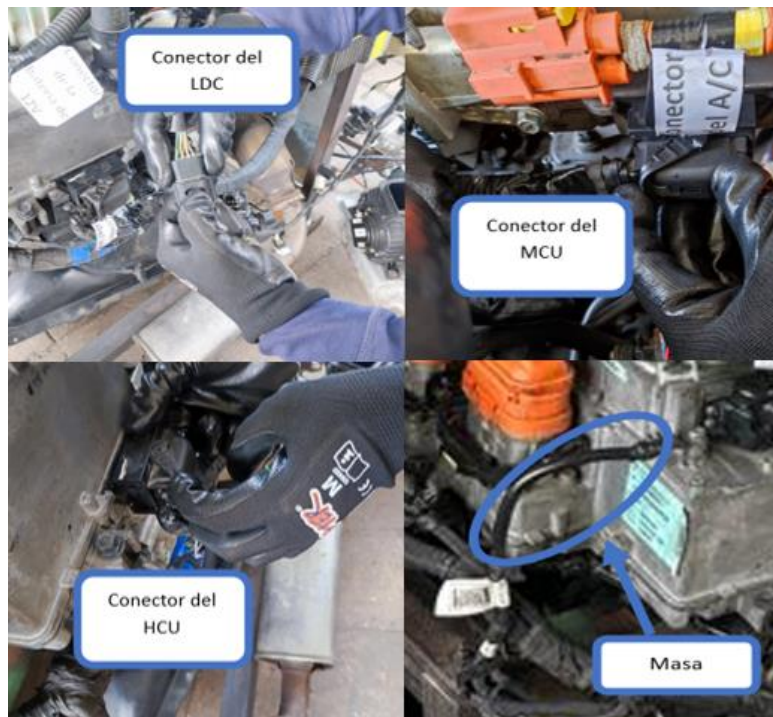
Anexo 5 figura 14 Conectores de los moto generadores

En el Anexo 5, las Figuras 14 y 15 muestran el proceso de desconexión. Sin embargo, es crucial considerar que cada uno de estos conductores cuenta con distintos tipos de seguros que podrían dañarse si no se manejan con el cuidado adecuado. Por lo tanto, es necesario tener el conocimiento necesario para desconectarlos correctamente y evitar cualquier daño involuntario.



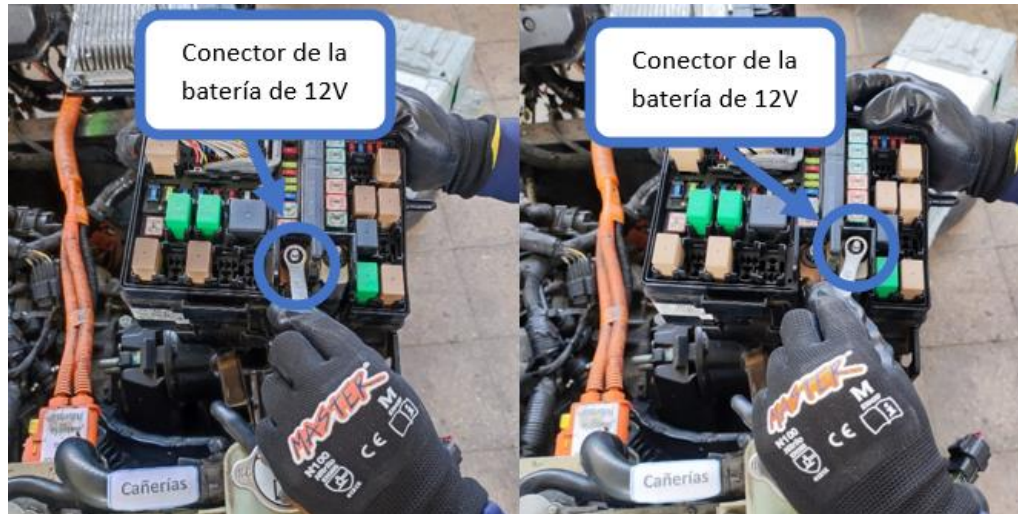
Anexo 5 figura 15 Conectores de la batería híbrida y A/C

- Paso 3 desconectar el conector del HCU, conector del MCU, conector del LDC, conexión de masa, conexiones de la batería de 12 voltios, y se procederá a retirar las mangueras del refrigerante para este proceso se ocuparán los guantes antiestáticos y los zapatos dielectricos.



Anexo 5 figura 16 Conectores de baja tensión del inversor

En el anexo 5 figura 17 se observa cómo se debe retirar los conectores de la batería de 12 voltios se debe usar unas llaves 10 para poder retirar ambos conectores.



Anexo 5 figura 17 Conector de la batería de 12V desde la caja de fusibles

- En el Paso 4, después de desconectar todos los conectores, se procederá a medir el conector del inversor de la batería híbrida. Esta medición tiene como objetivo verificar que el inversor no retiene energía. Manipularlo antes de esta medición podría causar un accidente grave. Por tanto, se recomienda encarecidamente no desarmarlo sin haber realizado primero la medición de voltaje en los dos pines correspondientes. El voltaje no debe exceder los 30 voltios. Es esencial utilizar guantes eléctricos y calzado dieléctrico como medidas de seguridad



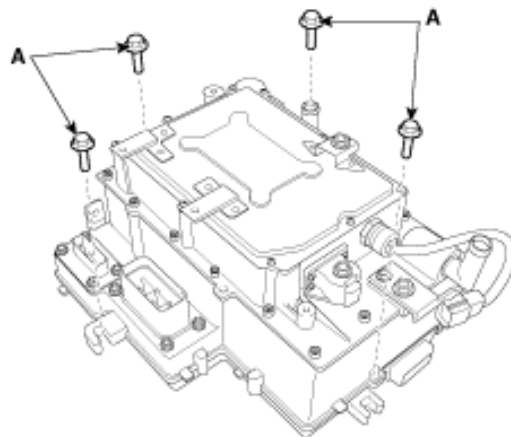
Figura 5 figura 18 Conector de la batería híbrida en el inversor

En el anexo 5 figura 18 se puede observar la utilización de los guantes dieléctricos al realizar la medición en los pines de conexión de la batería híbrida estos se ocupan debido a que el inversor puede haber almacenado energía y una mala manipulación de estos pines puede llegar a ser catastrófico.



Anexo 5 figura 19 verificación de voltaje en el inversor

- Paso 5 se desmontará de sus pernos los cuales ofrecen estabilidad al inversor ya retirados de su soporte el inversor se deberá colocar encima de la manta dieléctrica para evitar que los componentes se lleguen a dañar.



Anexo 5 figura 20 Ubicación de los pernos del inversor

- Paso 6 se debe tomar en cuenta que cada módulo que posee el inversor es demasiado delicado debido a que la corriente estática que posee nuestro cuerpo puede llegar a afectar su sistema incluso puede llegar a dañar el módulo para eso se recomienda no desarmarlo si no es necesario debido a que el inversor puede llegar a dañarse.

Si se procede con el desmantelamiento del inversor se debe tener en cuenta que se debe ocupar los guantes antiestáticos los zapatos dielectricos y la manta dieléctrica para evitar cualquier contacto interno en el inversor cada componente retirado se deberá colocar con cuidado en una mesa de trabajo. Sí es necesariamente necesario se procederá con el desarrollo para eso se debe concluir que posee dos sistemas que son muy frecuentes en dañarse estos son el módulo IPM y el fusible DC.



Anexo 5 figura 21 Modulo IPM Y fusible DC

En el módulo IPM se puede llegar a medir los IGBT si están en buen estado o si sufrieron alguna explosión para algo tipo de pico de energía.

Antes de proceder con la medición del módulo y IPM se recomienda la revisión del fusible de CC debido a que el fusible es el encargado de intervenir como primera línea de defensa ante un pico alto de energía por ende es el primero en quemarse.

Módulo IMP (En buen estado)			
Diodos abiertos	1L o 0L	Diodos cerrados	0.3 / 0.4

(IGBT 1)	0L	(IGBT 1)	0.378
(IGBT 2)	0L	(IGBT 2)	0.346
(IGBT 3)	0L	(IGBT 3)	0.341
(IGBT 4)	0L	(IGBT 4)	0.330
(IGBT 5)	0L	(IGBT 5)	0.335
(IGBT 6)	0L	(IGBT 6)	0.343

Fusible DC (En buen estado)	
Amperios	30
Continuidad	Con continuidad