



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**TEMA:**

**“ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LA OPERACIÓN DEL INVERSOR DEL VEHÍCULO  
HÍBRIDO TOYOTA PRIUS A”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**AUTOR:**

**ANGEL VICENTE BARROS CALDERÓN**

**GUAYAQUIL – AGOSTO 2015**

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**CERTIFICADO**


Ing. Edwin Puente

**CERTIFICA:**

Que el trabajo titulado “ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LA OPERACIÓN DEL INVERSOR DEL VEHÍCULO HÍBRIDO TOYOTA PRIUS A” realizado por el estudiante: Angel Vicente Barros Calderón, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la Universidad Internacional del Ecuador, en el Reglamento de Estudiantes.

Debido a que constituye un trabajo cuyo contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, Si recomienda su publicación. El mencionado trabajo consta de UN empastado y UN disco compacto el cual contiene los archivos en formato digital. Autoriza al señor: Angel Barros, que lo entregue a biblioteca de la Facultad, en su calidad de custodia de recursos y materiales bibliográficos.

Guayaquil, Agosto del 2015



Ing. Edwin Puente M.  
DOCENTE DE CÁTEDRA

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo Angel Vicente Barros Calderón

DECLARO QUE:

La investigación de cátedra denominada: “ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LA OPERACIÓN DEL INVERSOR DEL VEHÍCULO HÍBRIDO TOYOTA PRIUS A” ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría, apoyado en la guía constante de mi docente.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico para la Facultad de Ingeniería en Mecánica Automotriz.

Guayaquil, Agosto del 2015



Angel Vicente Barros Calderón

C.I.: 0930553359

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**AUTORIZACIÓN**

Yo Angel Vicente Barros Calderón

Autorizo a la Universidad Internacional del Ecuador, la publicación en la biblioteca virtual de la Institución, de la investigación de cátedra: “ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LA OPERACIÓN DEL INVERSOR DEL VEHÍCULO HÍBRIDO TOYOTA PRIUS A”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Guayaquil, Agosto 2015



Angel Vicente Barros Calderón

C.I.: 0930553359

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a mis Padres por todas sus enseñanzas a través del tiempo que con su esfuerzo y dedicación han inculcado en mí la perseverancia y el deseo de continuar hacia adelante. A mis hermanos con quienes he compartido muchas experiencias y son mi apoyo en situaciones difíciles. A mis maestros de la Universidad quienes mantuvieron mi entusiasmo por la carrera.

A mi director de trabajo el Ing. Edwin Puente Moromenacho por sus conocimientos y experiencia lo cual me ha permitido terminar mis estudios con éxito.

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar este trabajo a mis Padres, quienes me apoyaron en momentos difíciles a lo largo de esta carrera. A mi familia quienes son mi apoyo. A mis amigos con quienes compartí largas horas de desvelo durante las jornadas de estudio y con quienes tuve la oportunidad de compartir proyectos, aprendí mucho de ellos.

A mis docentes, quienes fueron parte importante de mi formación profesional y siempre me alentaron a fijar nuevas metas.

A la Universidad Internacional del Ecuador extensión Guayaquil la cual me brindó la oportunidad de formarme como una persona íntegra y de bien.

## **ÍNDICE GENERAL**

<b>CERTIFICADO</b> .....	ii
<b>DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD</b> .....	iii
<b>AUTORIZACIÓN</b> .....	iv
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	v
<b>DEDICATORIA</b> .....	vi
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	vi
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	x
<b>ÍNDICE DE IMÁGENES</b> .....	x
<b>RESUMEN GENERAL</b> .....	xii
<b>SUMMARY</b> .....	xiii
<b>CAPÍTULO I</b> .....	1
<b>PRELIMINARES: PLANTEAMIENTO Y OBJETIVOS</b> .....	1
<b>1.INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1.1.Tema de investigación</b> .....	1
<b>1.2.Planteamiento, formulación y sistematización del problema</b> .....	1
<b>1.2.1.Planteamiento</b> .....	1
<b>1.2.2.Formulación</b> .....	2
<b>1.2.3.Sistematización del problema</b> .....	3
<b>1.3.Objetivos de la investigación</b> .....	3
<b>1.3.1.Objetivo general</b> .....	3
<b>1.3.2.Objetivos específicos</b> .....	4
<b>1.4.Justificación y delimitación de la investigación</b> .....	4
<b>1.4.1.Justificación teórica</b> .....	4
<b>1.4.2.Justificación metodológica</b> .....	4
<b>1.4.3.Justificación práctica</b> .....	5
<b>1.4.4.Justificación temporal</b> .....	5
<b>1.4.5.Justificación geográfica</b> .....	5
<b>CAPÍTULO II</b> .....	6
<b>MARCO TEÓRICO: ESTUDIO DEL SISTEMA INVERSOR DEL TOYOTA PRIUS A</b> .....	6
<b>2.TOYOTA PRIUS A: III GENERACIÓN</b> .....	6
<b>2.1.Reseña histórica</b> .....	6
<b>2.2.Funcionamiento</b> .....	10
<b>2.3.Componentes principales</b> .....	16

<b>2.4.Inversor de corriente del Toyota Prius Híbrido.....</b>	<b>18</b>
<b>2.5.Componentes principales.....</b>	<b>19</b>
<b>2.5.1.Batería de alta tensión.....</b>	<b>20</b>
<b>2.5.2.Condensadores del circuito inversor.....</b>	<b>22</b>
<b>2.5.3.Conjunto de resistencias.....</b>	<b>22</b>
<b>2.5.4.Convertidor de CC/CC.....</b>	<b>22</b>
<b>2.5.5.Elevador de tensión (booster).....</b>	<b>23</b>
<b>2.5.6.Inversor del A/C (aire acondicionado).....</b>	<b>25</b>
<b>2.5.7.Modulo Inversor del Toyota Prius.....</b>	<b>25</b>
<b>2.5.8.Módulo IPM (intelligent power module).....</b>	<b>26</b>
<b>2.5.9.Motor eléctrico.....</b>	<b>26</b>
<b>2.5.10.Transistores IGBT.....</b>	<b>27</b>
<b>2.6.Aplicaciones del inversor de corriente.....</b>	<b>28</b>
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>29</b>
<b>ANÁLISIS DE COMPONENTES Y PROCEDIMIENTOS: CONJUNTO INVERSOR.....</b>	<b>29</b>
<b>3.Desmontaje del inversor y estudio del inversor.....</b>	<b>29</b>
<b>3.1.Equipos y herramientas.....</b>	<b>29</b>
<b>3.1.1.Herramientas utilizadas en el análisis del Inversor.....</b>	<b>29</b>
<b>3.1.2.Equipos de diagnóstico para el estudio del inversor.....</b>	<b>30</b>
<b>3.2.Factores de seguridad durante la manipulación del conjunto inversor.....</b>	<b>31</b>
<b>3.2.1.Medidas de seguridad.....</b>	<b>31</b>
<b>3.2.2.Medidas de seguridad durante el servicio.....</b>	<b>32</b>
<b>3.3.Procedimiento de desmontaje.....</b>	<b>34</b>
<b>3.4.Comprobaciones.....</b>	<b>44</b>
<b>3.4.1.Comprobación de fugas en el sistema de refrigeración del inversor.....</b>	<b>44</b>
<b>3.4.2.Funcionamiento del arnés y su resistencia.....</b>	<b>44</b>
<b>3.4.3.Revisión del arnés y conector del suministro de energía.....</b>	<b>45</b>
<b>3.4.4.Revisión del cable del motor.....</b>	<b>46</b>
<b>3.4.5.Revisión de la conexión entre la computadora HV y el inversor.....</b>	<b>47</b>
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>48</b>
<b>DISEÑO DE LA PROPUESTA.....</b>	<b>48</b>



<b>4. Toyota Prius Modelo A 2010 Universidad Internacional del Ecuador Extensión Guayaquil.....</b>	<b>48</b>
4.1.Motor de combustión Interna:.....	48
4.2.Dimensiones y peso:.....	48
4.3.Combustible:.....	49
4.4.Sistema eléctrico.....	49
4.5.Sistema inversor del Toyota Prius modelo A 2010 UIDE Guayaquil.....	50
4.5.1.Reactor. ....	50
4.5.2.Módulo IPM (Integrated Power Module). ....	50
4.5.3.Operación IPM para la carga de batería de Alto Voltaje. ....	52
4.5.4.Condensadores del Inversor.....	54
4.5.5.Conjunto de resistencia Inversor.....	55
4.5.6.Generación de corriente alterna para el control de motores generadores.....	56
4.5.7.Convertidor DC – DC.....	60
4.7.Resultados obtenidos durante prueba de servicio.....	68
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>75</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....</b>	<b>75</b>
5.Conclusiones y recomendaciones.....	75
5.1.Conclusiones. ....	75
5.2.Recomendaciones. ....	77
<b>BIBLIOGRAFÍA. ....</b>	<b>78</b>
<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS. ....</b>	<b>79</b>
<b>ANEXOS. ....</b>	<b>82</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2. 1</b> Descripción vehicular .....	17
<b>Tabla 2. 2</b> Características del motor de combustión interna .....	17
<b>Tabla 2. 3</b> Descripción del motor eléctrico .....	18
<b>Tabla 3. 1</b> Condición de resistencia del terminal A59.....	45
<b>Tabla 3. 2</b> Revisión de señales abiertas.....	45
<b>Tabla 3. 3</b> Revisión en caso de cortocircuitos. ....	46
<b>Tabla 3. 4</b> Medición de los terminales del motor generador.....	47
<b>Tabla 3. 5</b> Valores resistivos del inversor y la ECU de la batería HV. ....	47
<b>Tabla 4. 1</b> Descripción del motor de combustión interna.....	48
<b>Tabla 4. 2</b> Dimensiones del vehículo.....	48
<b>Tabla 4. 3</b> Descripción del combustible recomendado.....	49
<b>Tabla 4. 4</b> Batería de alta tensión. ....	49
<b>Tabla 4. 5</b> Batería del sistema auxiliar.....	49
<b>Tabla 4. 6</b> Motor eléctrico.....	50

## ÍNDICE DE IMÁGENES

<b>Figura 1. 1</b> Ubicación geográfica de los talleres de la Facultad de ingeniería mecánica en Guayaquil.....	5
<b>Figura 2. 1</b> Toyota Prius primera generación.....	7
<b>Figura 2. 2</b> Toyota Prius segunda generación.....	8
<b>Figura 2. 3</b> Toyota Prius tercera generación.....	9
<b>Figura 2. 4</b> Grafica par y potencia en los vehículos híbridos.....	10
<b>Figura 2. 5</b> Esquema vehículos híbridos en serie.....	11
<b>Figura 2. 6</b> Configuración vehículos en paralelo.....	12
<b>Figura 2. 7</b> Señales de entrada del sistema híbrido.....	13
<b>Figura 2. 8</b> Puesta en marcha.....	14
<b>Figura 2. 9</b> Conducción normal.....	14
<b>Figura 2. 10</b> Aceleración fuerte.....	15
<b>Figura 2. 11</b> Funcionamiento en Stop .....	15
<b>Figura 2. 12</b> Funcionamiento en desaceleración.....	16
<b>Figura 2. 13</b> Componentes del sistema hibrido.....	19
<b>Figura 2. 14</b> Componentes del Inversor.....	20
<b>Figura 2. 15</b> Batería de Alta tensión.....	21
<b>Figura 2. 16</b> Ubicación de la batería de alta tensión.....	21
<b>Figura 2. 17</b> Convertidor de corriente de 201.6 V a 12 V CC.....	23
<b>Figura 2. 18</b> Configuración del elevador de Tensión.....	24
<b>Figura 2. 19</b> Configuración interna del inversor del sistema A/C.....	25

<b>Figura 2. 20</b> Modulo IPM.....	26
<b>Figura 2. 21</b> Transistor IGBT.....	27
<b>Figura 3. 1</b> Toyota Prius modelo A.....	29
<b>Figura 3. 2</b> Interface.....	30
<b>Figura 3. 3</b> Software TeachStream.....	31
<b>Figura 3. 4</b> Desmontaje de la cubierta posterior.....	34
<b>Figura 3. 5</b> Desmontaje de la bandeja de piso.....	35
<b>Figura 3. 6</b> Desmontaje del seguro de la toma de servicio.....	35
<b>Figura 3. 7</b> Extracción del tapón de refrigerante del inversor.....	36
<b>Figura 3. 8</b> Extracción de la cubierta del soporte del radiador.....	36
<b>Figura 3. 9</b> Extracción del soporte superior del inversor.....	37
<b>Figura 3. 10</b> Desconexión del cable principal del motor.....	37
<b>Figura 3. 11</b> Desmontaje de la abrazadera principal.....	38
<b>Figura 3. 12</b> Inspección de la tensión de los terminales.....	38
<b>Figura 3. 13</b> Desconexión del cable del bastidor.....	39
<b>Figura 3. 14</b> Desconexión del cable de alta tensión.....	39
<b>Figura 3. 15</b> Desconexión del cable N.2 del motor.....	40
<b>Figura 3. 16</b> Colocación del recubrimiento del inversor.....	40
<b>Figura 3. 17</b> Desconexión cable N.2 compartimiento del motor.....	41
<b>Figura 3. 18</b> Desconexión de la manguera de agua.....	41
<b>Figura 3. 19</b> Desconexión de las cañerías de refrigerante del inversor.....	42
<b>Figura 3. 20</b> Extracción del conjunto inversor y convertidor.....	42
<b>Figura 3. 21</b> Extracción del conjunto inversor y convertidor.....	43
<b>Figura 3. 22</b> Extracción del fusible de alta tensión.....	43
<b>Figura 3. 23</b> Comprobación de fugas en el sistema de refrigeración del inversor.....	44
<b>Figura 3. 24</b> Terminal A59.....	44
<b>Figura 3. 25</b> Conectores A59 y A21.....	45
<b>Figura 3. 26</b> Desconexión del cable del motor.....	46
<b>Figura 3. 27</b> Conector E2.....	46
<b>Figura 3. 28</b> Conexiones entre el inversor y el módulo de control de la batería HV.....	47
<b>Figura 4. 1</b> Reactor.....	50
<b>Figura 4. 2</b> Señales de control de inversor.....	52
<b>Figura 4. 3</b> Conjunto del puente rectificador.....	53
<b>Figura 4. 4</b> Conjunto del rectificador.....	53
<b>Figura 4. 5</b> Condensadores del sistema inversor.....	54
<b>Figura 4. 6</b> Diagrama del condensador del sistema inversor.....	55
<b>Figura 4. 7</b> Conjunto de resistencias.....	55
<b>Figura 4. 8</b> Diagrama del conjunto de resistencias.....	56
<b>Figura 4. 9</b> Generación de corriente alterna de los motores generadores.....	57
<b>Figura 4. 10</b> Fase de los moto generadores.....	57
<b>Figura 4. 11</b> Fases de los motores generadores.....	58
<b>Figura 4. 12</b> Sensor de medición de la corriente interna.....	59
<b>Figura 4. 13</b> Sensor de temperatura interna del Inversor.....	60
<b>Figura 4. 14</b> Batería del sistema auxiliar de 12 V.....	61
<b>Figura 4. 15</b> Circuito de carga para la batería auxiliar.....	62

<b>Figura 4. 16</b>	Transformación de corriente.....	62
<b>Figura 4. 17</b>	Generación de corriente alterna.....	63
<b>Figura 4. 18</b>	Transistores internos del circuito del inversor.....	64
<b>Figura 4. 19</b>	Generación de corriente alterna.....	64
<b>Figura 4. 20</b>	Paquetes de diodos del inversor.....	65
<b>Figura 4. 21</b>	Circuito interno de los diodos.....	66
<b>Figura 4. 22</b>	Vista física de la bobina del inversor.....	66
<b>Figura 4. 23</b>	Circuito del aire acondicionado.....	67
<b>Figura 4. 24</b>	Transistores IGBT.....	68
<b>Figura 4. 25</b>	Ingreso al sistema TeachStream.....	69
<b>Figura 4. 26</b>	Control Híbrido.....	69
<b>Figura 4. 27</b>	Datos duales del inversor.....	70
<b>Figura 4. 28</b>	Información del Motor y ECT.....	71
<b>Figura 4. 29</b>	Información del EMPS.....	72
<b>Figura 4. 30</b>	Sistema de control de la transmisión.....	72
<b>Figura 4. 31</b>	Sistema de aire acondicionado.....	73
<b>Figura 4. 32</b>	Información del sistema Airbag.....	73
<b>Figura 4. 33</b>	Información de la Carrocería principal.....	74

## RESUMEN GENERAL.

El presente trabajo tiene como objetivo el estudio y análisis del sistema inversor de corriente del vehículo Toyota Prius modelo A del año 2010, el cual es el encargado de gestionar el flujo de corriente a través de los diferentes sistemas del vehículo híbrido. Es un componente vital para el manejo de las tensiones eléctricas ya que la batería de alto voltaje solo puede almacenar una determinada cantidad de corriente la cual no le permitiría a los moto-generadores funcionar adecuadamente y como consecuencia el vehículo tendría bajas prestaciones durante su conducción.

El inversor de corriente emplea diferentes circuitos electrónicos en su interior que le permiten elevar las tensiones eléctricas provenientes de la batería de alto voltaje desde un valor de 201.6 V hasta los 500 V aproximadamente y el cual es suficiente para activar el movimiento de los moto-generadores. Cuenta además con varios conjuntos en su interior que le permiten suministrar diferentes tensiones para los demás sistemas del vehículo como por ejemplo: el sistema de aire acondicionado, el cual es eléctrico ya que no trabaja con poleas del motor; hasta el sistema de alimentación de la batería auxiliar de 12 V ya que el vehículo no cuenta con un alternador.

Realizaremos pruebas y describiremos procedimientos que les permitan a los estudiantes y a la ciudadanía comprender el funcionamiento de este componente vital del vehículo Toyota Prius.

Concluida las pruebas realizadas se determinó que el conjunto inversor está operando en completa normalidad y que su comunicación con el resto de sistema se encuentra en óptimas condiciones.

## **SUMMARY.**

This work aims to study and analyze inverter vehicle power system Toyota Prius model 2010, which is in charge of managing the flow of current through the various hybrid vehicle systems. Is vital to the management of component voltages and the high-voltage battery can only store a certain amount of current which will not allow the motor-generator function properly and would result in lower performance vehicle while driving.

The Inverter use different electronic circuits inside that allow it to raise the voltages from the high-voltage battery from a value of 201.6 V to 500 V approximately and which is sufficient to activate the movement of the motor-generator. It also has several sets inside that allow it to provide different voltages for other vehicle systems such as: air conditioning system, which is electric and does not work with pulleys of the engine; to the power system of the auxiliary battery 12 V as the vehicle does not have a generator.

We will describe tests and procedures that will allow students and the public understand how this vital component of the vehicle Toyota Prius.

Completed tests determined that the inverter group is operating completely normal and that his communication with the rest of system is in good condition.

# CAPÍTULO I

## PRELIMINARES: PLANTEAMIENTO Y OBJETIVOS.

En este capítulo hacemos un análisis general donde se presenta la justificación del porque es importante realizar un análisis del sistema inversor del vehículo híbrido Toyota Prius, los componentes involucrados en el funcionamiento, y el importante aporte que se realizaría a la sociedad automotriz en el Ecuador y a los estudiantes de la Universidad Internacional del Ecuador extensión Guayaquil especialmente a la facultad de Ingeniería en mecánica automotriz, la metodología que se siguió para su estudio.

### 1. INTRODUCCIÓN.

#### 1.1. Tema de investigación.

**“ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LA OPERACIÓN DEL INVERSOR DEL VEHÍCULO HÍBRIDO TOYOTA PRIUS A”**

#### 1.2. Planteamiento, formulación y sistematización del problema.

##### 1.2.1. Planteamiento.

El constante desarrollo de nuevas tecnologías que permitan a los seres humanos conseguir medios energéticos más eficientes y menos contaminantes para el medio ambiente involucra una amplia y extensa investigación en todos los campos de la industria con la finalidad de disminuir el impacto ambiental.

El sector automotriz es el campo en el cual se han desarrollado mayores cambios en relación al tiempo, desde la aparición de los primeros vehículos a partir de los años 1880 los cuales eran de combustión interna utilizando derivados

del petróleo hasta la nueva generación de vehículos híbridos a partir del año 2006. Se analizará los avances que ha desarrollado el área automotriz con la finalidad de mejorar la eficiencia vehicular sin descuidar el confort y como ha aplicado este conocimiento en el vehículo híbrido Toyota Prius A. Nos enfocaremos en la tecnología del vehículo que hace posible el flujo de corriente entre los distintos sistemas eléctricos y electrónicos.

Este proyecto se basa en el estudio del elemento que hace posible la regulación, elevación de la tensión y aprovechamiento de la energía entre los distintos sistemas del vehículo híbrido Toyota Prius A basándome en las líneas de investigación de la Universidad Internacional del Ecuador extensión Guayaquil en las cuales se expresa el cuidado con el medio ambiente, el desarrollo o investigación de energías alternas y la gestión del conocimiento en concordancia también con los objetivos del Plan Nacional del Buen Vivir los cuales expresan el fortalecimiento de las capacidades y potenciales de la ciudadanía a través de la investigación profunda y efectiva de nuevas tecnologías automotrices distribuidos a través de la Universidad Internacional del Ecuador y el objetivo de Impulsar el desarrollo de la Matriz productiva al cual nosotros cumpliremos a través de la transferencia abierta de la información tecnológica y funcionamiento del sistema inversor de corriente del vehículo híbrido Toyota Prius A el cual puede ser aplicado a grande, pequeña y media escala.

### **1.2.2. Formulación.**

¿Podremos a través del análisis investigativo determinar el funcionamiento del Inversor de Corriente y de los elementos internos que hacen posible el flujo de



corriente para el resto de sistemas eléctricos y electrónicos del vehículo híbrido Toyota Prius A así como la coordinación entre los sistemas de control y de comunicación a través simulaciones y prácticas dentro del laboratorio?

### **1.2.3. Sistematización del problema.**

¿Cuáles son los sistemas electrónicos involucrados en la transformación de corriente continua a corriente alterna de tres fases?

¿Cuáles son los factores involucradas en la protección y control del inversor durante su funcionamiento?

¿De qué forma el inversor aprovecha el funcionamiento mecánico del Motor Generador durante el freno para obtener energía eléctrica y poder cargar la batería principal del sistema?

¿Qué resultados obtendremos durante las pruebas de diagnósticos y simulaciones en el laboratorio?

## **1.3. Objetivos de la investigación.**

### **1.3.1. Objetivo general.**

Identificar la estructura de los sistemas electrónicos que hacen posible el flujo de corriente para todos los sistemas eléctricos y electrónicos de alta y de baja tensión del vehículo Toyota Prius A híbrido, así como analizar la gestión de control y comunicación realizada por la unidad de control del sistema híbrido ECU HV.

### **1.3.2. Objetivos específicos.**

- Conocer cuáles son los sistemas electrónicos que permiten la transformación de corriente continua a corriente alterna de tres fases.
- Analizar los sistemas de protección física y electrónica de este elemento que permiten su óptimo desempeño.
- Comprender el proceso electrónico de la transformación de energía generada por los Motores Generadores durante el proceso de frenado regenerativo para la carga de la batería de alta tensión.
- Realizar pruebas de diagnóstico, desempeño y análisis de funcionamiento del Inversor.
- Documentar la guía práctica del funcionamiento del inversor con fines pedagógicos e institucionales.

## **1.4. Justificación y delimitación de la investigación.**

### **1.4.1. Justificación teórica.**

Dada la poca información disponible en las bibliografías y medios escritos acerca del funcionamiento del Inversor del vehículo híbrido Prius A decido realizar un trabajo de carácter investigativos con procedimientos de medición prácticos y así poder determinar los parámetros de funcionamiento y determinar un procedimiento para realizar diagnósticos y averías de carácter pedagógico.

### **1.4.2. Justificación metodológica.**

Se realizara un estudio de carácter exploratorio utilizando referencias bibliográficas. Se realizó una búsqueda de información en manuales, libros y

revistas disponibles para el autor. También se procedió a realizar prácticas de funcionamiento e interpretación de datos durante la fase de pruebas.

#### **1.4.3. Justificación práctica.**

Documentar los resultados obtenidos durante las pruebas y prácticas realizadas en el laboratorio con el objetivo de realizar un manual de carácter pedagógico para futuros trabajos en clase o explicación del tema incluyendo diagramas eléctricos y análisis de resultados.

#### **1.4.4. Justificación temporal.**

Se realizara una sola investigación comprendida entre los meses de Junio a Noviembre del 2015 para recolectar la mayor cantidad de información en las pruebas y poder determinar los factores que influyen en el buen desempeño del elemento.

#### **1.4.5. Justificación geográfica.**

Sera realizada en la Provincia del Guayas, ciudad Guayaquil, parroquia Pedro Carbo en las calles Tomar Martínez 310 y Rocafuerte dentro de los talleres automotrices de la Universidad Internacional del Ecuador extensión Guayaquil.



**Figura 1. 1** Ubicación geográfica de los talleres de la Facultad de ingeniería mecánica en Guayaquil.

**Fuente:** <https://www.google.com.ec/maps/>

**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO: ESTUDIO DEL SISTEMA INVERSOR DEL TOYOTA PRIUS A.**

Todos debemos prepararnos para los vehículos del futuro, los llamados vehículos eléctricos y las nuevas tecnologías venideras. En la actualidad se está desarrollando la tecnología denominada “Híbrido”. El sistema híbrido incorpora dos tipos de propulsión para obtener el mismo objetivo: mantener el vehículo en marcha. Un sistema de propulsión eléctrico y otro convencional a gasolina pudiéndose conjugar las mejores ventajas de ambos en el vehículo. Esta tecnología se desarrolló debido a la inexistencia de sistemas de almacenamiento de energía adecuados que permitan una larga autonomía al vehículo, bajas emisiones contaminantes y que mantengan una potencia elevada, todo esto sin aumentar su peso y que el vehículo no sea voluminoso. Por esta razón se considera a los vehículos híbridos el paso intermedio entre los motores de combustión a una tecnología totalmente eléctrica.

## **2. TOYOTA PRIUS A: III GENERACIÓN.**

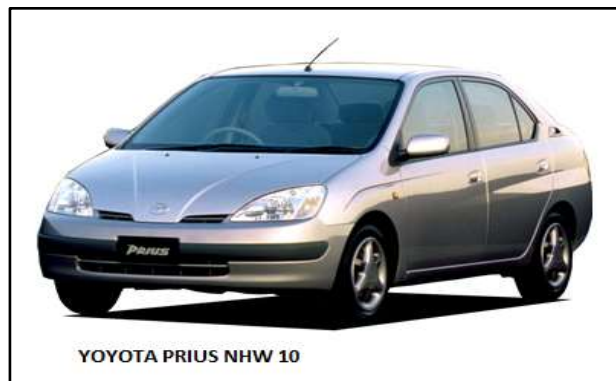
### **2.1. Reseña histórica.**

Actualmente es común hablar de vehículos híbridos en nuestro país, sin embargo, esta tecnología comenzó a desarrollarse a partir del año 1920 en distintos países pero debido a que era una tecnología cuya investigación requería grandes inversiones se decidió cancelar su desarrollo. Toyota se convirtió en la primera marca automotriz en poner la tecnología al servicio y al alcance de todo el mundo. Su vehículo insignia el Toyota Prius encabeza las ventas mundiales dejando en claro que es el vehículo híbrido más vendido.

La creación del Prius es el resultado del Proyecto G21 creado en el año 1993 el cual buscaba determinar cómo sería el coche del siglo XXI, Akihiro Wada vicepresidente ejecutivo de aquel entonces, hizo que todo el esfuerzo se enfocara en el aspecto tecnológico del primer prototipo.

En 1994 comenzó el diseño de un prototipo cuya base para el motor híbrido sería una patente de un motor TRW del año 1974 y a partir de la evolución de esta patente se logró conseguir los objetivos de un motor híbrido. En 1995 se presenta en el Salón Mundial del Automóvil celebrado en Tokio lo que sería el primer concepto del Toyota Prius, destinado al uso de las grandes mayorías, este vehículo se llamaba XW10. Posteriormente, durante su estudio análisis y pruebas, este concepto se dividiría en dos: NHW10 y NHW11 predecesores del actual Toyota Prius.

Dos años más tarde, en 1997 Toyota decide lanzar al mercado Japonés el Prius (Figura 2.1), convirtiéndolo así en el primer vehículo de pasajeros de producción híbrido del mundo. Este modelo incorporaba dos motores, un motor de gasolina con 1.5cc con 58 CV y un motor eléctrico de 44 CV. Uno de sus mayores logros fue conseguir un consumo promedio de 5.7 litros por cada 100km recorridos.



**Figura 2. 1** Toyota Prius primera generación.  
**Fuente:** Hybrid-Powered vehicles, Second Edition, John M. German.  
**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

La comercialización del Toyota Prius al mundo comenzó en el año 2000, esta expansión al mercado se acentuó en el modelo NHW11 cuya diferencia con el modelo NHW10 radicaba en el nivel de prestaciones, un motor que trabaja con el ciclo Atkinson, también se incorporó el aire acondicionado y el sistema de dirección asistida. Este modelo buscaba satisfacer a los clientes fuera de Japón, esta primera generación se extendería hasta el 2003.

La arquitectura de funcionamiento del vehículo denominada Toyota Hybrid System (THS) del sistema de propulsión marco un hito en la tecnología del momento y pronto empezaron a cosechar premios. Sus cifras de rendimiento incluían: un consumo de 5.1 litros por cada 100 km, emisiones de CO<sub>2</sub> de 120 g/km y aceleración de 0 a 100km/h en 13.5 segundos.

En el 2003 se presenta la segunda generación del Prius conocida como XW20 (Figura 2.2), con un tamaño más grande en relación a su primera versión, 150 mm más largo, con cinco puertas y un diseño que pronto se convertiría en la base del Toyota Prius actual.



**Figura 2. 2** Toyota Prius segunda generación.  
**Fuente:** Hybrid-Powered vehicles, Second Edition, John M. German.  
**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

Se empieza a mejorar la parte estética visible del vehículo y se empieza a hacer énfasis en la parte aerodinámica, empleando así métodos aerodinámicos descubiertos por el alemán Wunibald Kamm relacionados a que una “ligera caída del techo seguida de una estructura trasera truncada mejora el rendimiento aerodinámico.” Este nuevo modelo reduce los sistemas accionados por correas del motor, incluyendo así un sistema de aire acondicionado totalmente eléctrico y un sistema de dirección asistida eléctricamente. Esta generación incluye una batería de NiMH 201.6 V compuesta de 28 módulos de 7.2 V.

En enero del 2009 debutaba la tercera generación del Toyota Prius (Figura 2.3) durante la exhibición norteamericana del auto show, esta generación introdujo 1000 nuevas patentes en el área automotriz, se disminuyó su coeficiente aerodinámico situándose en el 0.25 en relación al 0.26 de la versión anterior. El vehículo estaba propulsado por un motor ciclo Atkinson de 1.8 litros y aportaba 98 CV y combinado con el motor eléctrico otorgaban una potencia total de 134 CV. El inversor se convierte en una parte fundamental para conseguir el objetivo de disminuir peso y dimensiones dentro del vehículo. El inversor convierte la electricidad almacenada en corriente alterna de 650 voltios para el motor.



**Figura 2. 3** Toyota Prius tercera generación.

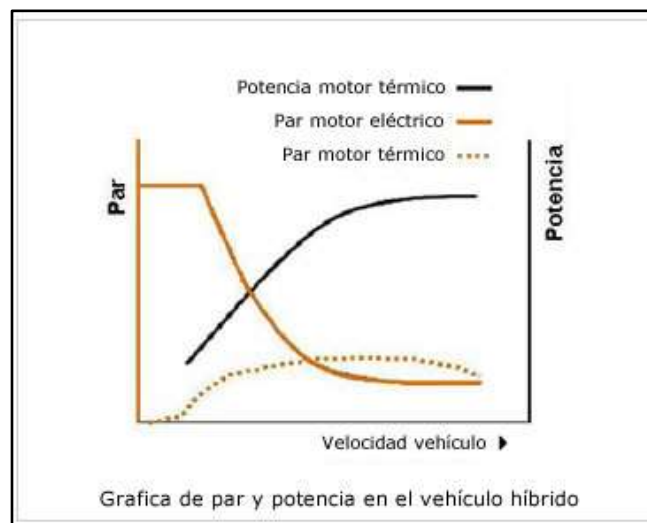
**Fuente:** Hybrid-Powered vehicles, Second Edition, John M. German.

**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

## 2.2. Funcionamiento.

Se conoce como vehículo híbrido a los automóviles que incorporan un motor eléctrico y un motor de combustión interna para realizar su desplazamiento. A diferencia de los vehículos eléctricos, los vehículos híbridos no necesitan conectarse a la toma de corriente para recargar sus baterías ya que cuentan con sistemas que aprovechan el giro de los ejes para generar corriente para sus baterías y alternan el funcionamiento del motor de combustión interna con la finalidad de mantener un límite de autonomía viable especificado por el fabricante. Se puede apreciar su curvatura de par y potencia en la figura 2.4.

El Toyota Prius híbrido incorpora un motor de gasolina de 1.8 litros con una potencia de 93 CV y un motor eléctrico con una potencia de 87 kW con lo cual los dos trabajan al mismo tiempo se logra una potencia total de 136 CV.



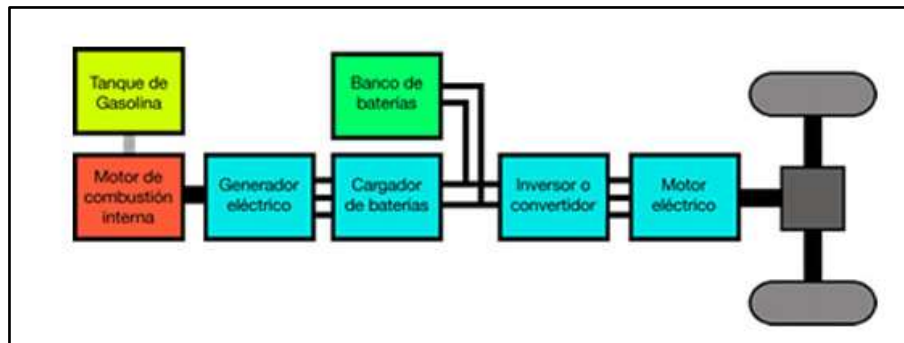
**Figura 2. 4** Grafica par y potencia en los vehículos híbridos.  
**Fuente:** Manual de la técnica del automóvil, 4. Edición Bosch.  
**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.



La configuración del funcionamiento del vehículo híbrido está ligada al sistema de propulsión que se desee ya que se puede trabajar en conjunto ambos sistemas o por separado.

- **Híbridos en serie.**

Esta configuración le permite al vehículo moverse con la potencia del motor eléctrico únicamente. El motor de combustión interna proporciona movimiento a un generador que carga las baterías del vehículo o según sea el caso suministra la potencia al motor eléctrico y reduce así la demanda de la batería. Figura 2.5.



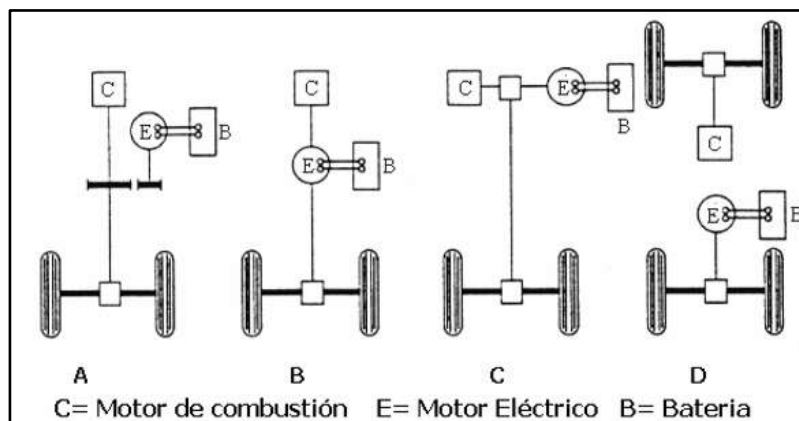
**Figura 2. 5** Esquema vehículos híbridos en serie  
**Fuente:** Manual de la técnica del automóvil, 4. Edición Bosch.  
**Editado por:** Angel V. Barros Calderón

- **Híbridos en paralelo.**

En este sistema el motor de combustión y el motor eléctrico están conectados al sistema motriz, pudiendo trabajar en forma conjunto o por separado, pudiéndose además suprimir el generador. Dentro de la configuración en paralelo tenemos cuatro posibilidades de conexión.

La más común es la combinación de pares empleando la disposición de dos ejes (caso A) como se aprecia en la figura 2.6. Otra configuración consiste en unir a un solo eje ambos motores (caso B) mediante un sumador de par, donde cada motor contribuya al par total del vehículo.

Otra posibilidad (caso C) es el sumador de velocidades el cual consiste en generar energía necesaria para el movimiento combinando la velocidad de rotación de ambos motores por medio de una caja diferencial donde ambos se conecten. Otra posibilidad es en la que no hay conexión mecánica entre ambos sistemas (caso D) y se considera una conexión paralela debido a que ambos motores pueden contribuir en paralelo la fuerza de tracción requerida.



**Figura 2. 6** Configuración vehículos en paralelo.

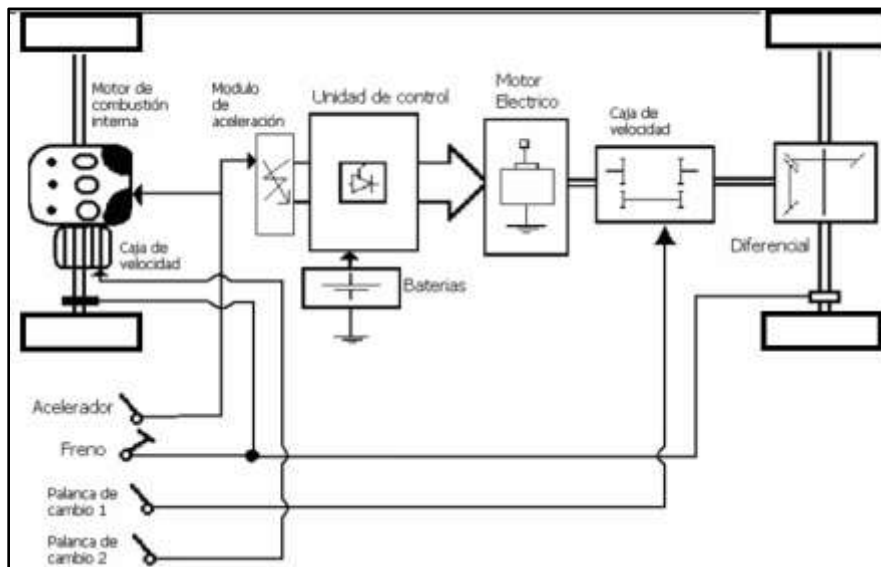
**Fuente:** Hybrid-Powered vehicles, Second Edition, John M. German.

**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

- **Híbridos enchufables.**

Este sistema posee la característica adicional de que se pueden cargar sus baterías usando una fuente casera de corriente. Este sistema está pensado para cargar las baterías mientras el coche este estacionado durante largos periodos de tiempo.

Los vehículos híbridos trabajan en dos etapas, la parte correspondiente al motor de combustión interna, la cual tiene como señales de entrada; el acelerador, el freno, la palanca de velocidades y la señal de encendido. Para la parte eléctrica se encuentra la unidad de control que gobierna la etapa de potencia a través de la batería que alimenta a los Motores eléctricos. El motor ya se dé corriente alterna o continua se conecta a una caja de velocidades y esta mueve el eje de transmisión que transmite el movimiento a las ruedas, las órdenes las envía el módulo de aceleración. Para la parte eléctrica se puede establecer otro funcionamiento, el cual consisten en colocar los motores eléctricos en cada rueda y la transmisión se realiza por control electrónico. Figura 2.7.



**Figura 2. 7** Señales de entrada del sistema híbrido.  
**Fuente:** Hybrid-Powered vehicles, Second Edition, John M. German.  
**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

- **Puesta en marcha:**

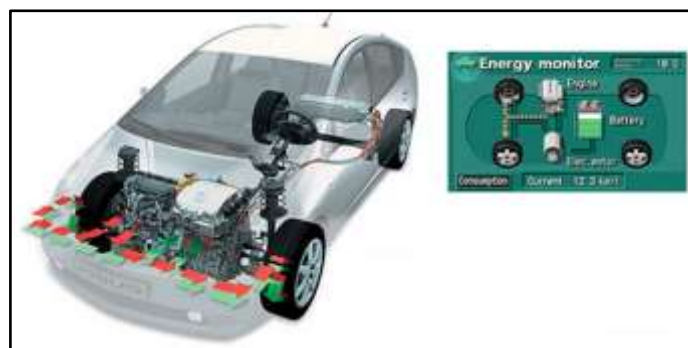
En esta etapa el vehículo emplea solo el motor eléctrico para su desplazamiento, los motores generadores toman la energía de la batería de alta tensión. Figura 2.8.



**Figura 2. 8** Puesta en marcha.  
**Fuente:** Manual técnico de Toyota.  
**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

- **Conducción normal:**

Cuando el vehículo alcanza una velocidad constante de desplazamiento empieza a emplear la fuerza del motor térmico el cual puede dividirse entre el generador y el motor eléctrico o se puede utilizar para mover mecánicamente al motor eléctrico. La corriente que generada por el generador puede ir a la batería o a los motores eléctricos. Figura 2.9.



**Figura 2. 9** Conducción normal.  
**Fuente:** Manual técnico de Toyota.  
**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

- **Aceleración fuerte:**

Cuando el conductor acelera el vehículo, ya sea para rebasar o subir una rampa, el motor eléctrico el cual esta alimentado por las baterías ayuda al motor térmico. Esto es solo posible mientras la carga de la batería no descienda hasta cierto límite. Figura 2.10.



**Figura 2. 10** Aceleración fuerte.  
**Fuente:** Manual técnico de Toyota.  
**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

- **Parada:**

Cuando el vehículo está completamente detenido, el motor de combustión interna para. Solo empieza a funcionar si es preciso alimentar la batería debido a que esta haya bajado su límite de carga. Figura 2.11.



**Figura 2. 11**Funcionamiento en Stop  
**Fuente:** Manual técnico de Toyota.  
**Editado por:** Angel V. Barros Calderón

- **Desaceleración:**

Si durante la conducción se deja de pisar el acelerador, el motor de combustión interna se detiene y el motor eléctrico se convierte en generador. De esa forma el consumo de combustible es nulo y a través del motor eléctrico funcionando como generador se genera tensión aprovechando la energía cinética de las ruedas, la energía generada se acumula en la batería de alta tensión. Figura 2.12.



**Figura 2. 12** Funcionamiento en desaceleración.

**Fuente:** Manual técnico de Toyota.

**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

### **2.3. Componentes principales.**

El diseño de estos vehículos está constituido considerando los siguientes parámetros. La carrocería debe ser liviana y de un material resistente como para soportar los impactos. El vehículo de tracción delantera y se acopla a los mecanismos de transmisión en la caja conectándose con el motor de combustión interna. El vehículo fue diseñado para poseer espacio suficiente para colocar el conjunto de baterías y los componentes eléctricos de control y tracción.

**Tabla 2. 1** Descripción vehicular.

Motor de gasolina	Motor de aleación de aluminio de 1.8 litros y 98 cv (73 kW).
Motores eléctricos	Motor de imanes permanentes de 80 cv (60 kW).
Transmisión	Solo automática (transeje variable continuo con control eléctrico).
Batería de HV	Batería sellada de iones de litio de 346 voltios.
Peso en vacío	3.62 libras / 1.525 kg
Depósito de combustible	10.6 galones/40 litros (Estados Unidos) 11.9 galones/45.0 litros (Europa)
Material del bastidor	Una pieza de acero
Material de la carrocería	Paneles de acero excepto en el capo y en la puerta del maletero que son de aluminio
Número de plazas	5 de serie
Suspensión delantera	MacPherson con barra estabilizadora
Suspensión posterior	Barra de torsión
Frenos delanteros/traseros	Discos ventilados 15"/ Discos ventilados 15"
Tipo de neumáticos	195/65R15
Largo mm	44460
Ancho mm	1745
Alto mm	1480
Peso kg.	1805

**Fuente:** Manual técnico de Toyota.  
**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

**Tabla 2. 2** Características del motor de combustión interna.

Mecanismo valvular	16 válvulas, DOCH, 4 cilindros en línea VVT-i dual
Diámetro y carera mm	80.5 x 88.3
Desplazamiento cm <sup>3</sup>	1800
Relación de compresión	13.0:1
Potencia máxima Hp/rpm	98 / 5200
Par motor – torque máximo Nm/rpm	142 / 4000

**Fuente:** Manual técnico de Toyota.  
**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

**Tabla 2. 3** Descripción del motor eléctrico.

Potencia máxima Kw	87
Par motor – torque máximo Nm	207
Batería Hibrida	Níquel metal Hidruro
Voltaje nominal V	206.1
Capacidad Amp. Hr.	6.5 (3)

**Fuente:** Manual técnico de Toyota.  
**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

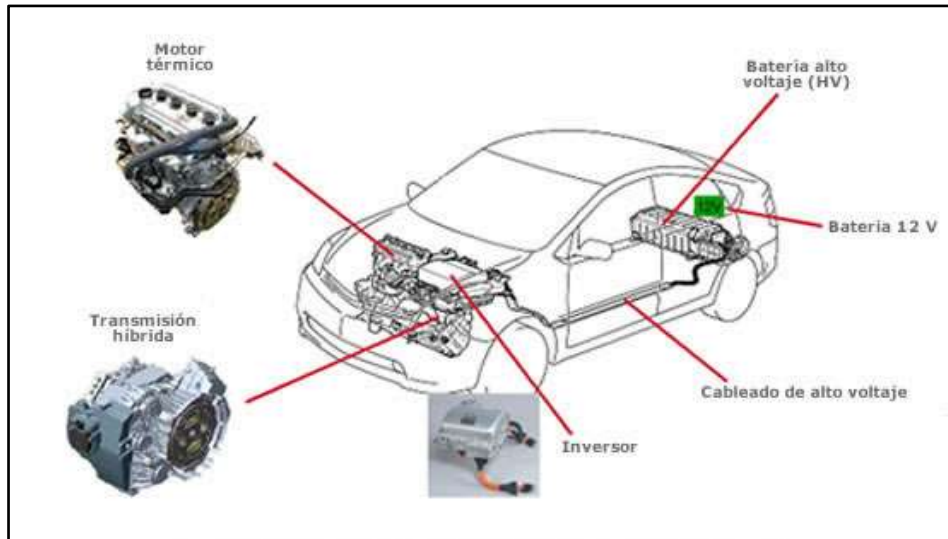
#### **2.4. Inversor de corriente del Toyota Prius Híbrido.**

El inversor administra el flujo de corriente entre la batería de alto voltaje y los motores eléctricos MG1 y MG2, además tiene un convertidor integrado que envía parte de la corriente al sistema de batería convencional de 12 V.

El inversor se encarga de convertir los 201.6 voltios de la batería principal en 201.6 voltios de corriente alterna y luego los eleva hasta alcanzar una tensión de 500 voltios para alimentar los motores eléctricos. Dentro de las funciones adicionales, este componente se encarga de alimentar el motor generador para el sistema de aire acondicionado y para el sistema convencional de 12 voltios. El circuito interno del inversor se encuentra dividido en dos partes: una encargada de manejar el funcionamiento de los Motores Generadores y la otra maneja el motor del Aire Acondicionado y el conversor DC-DC para la batería de accesorios de 12V. La primera parte contiene una fuente elevadora de tensión que trabaja a partir de los 220 V aproximadamente hasta conseguir una tensión de 500 V aproximadamente y la segunda opera con una tensión de 220 V.



Junto con el MG1 (motor generador 1) y el MG2 (motor generador 2), el inversor es enfriado por el radiador exclusivo que está separado del sistema convencional de enfriamiento del vehículo. En caso de una colisión del vehículo, el disyuntor del circuito instalado en el inversor, detecta una señal de colisión para detener el funcionamiento del sistema. En la figura 2.13.



**Figura 2. 13** Componentes del sistema híbrido.

**Fuente:** Manual técnico de Toyota.

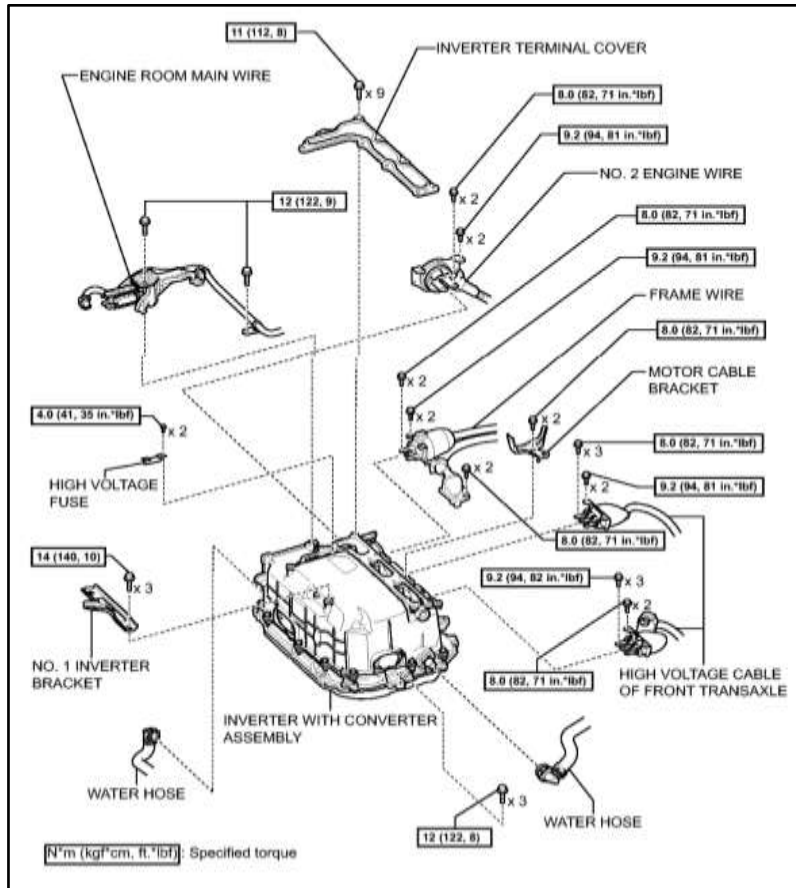
**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

## 2.5. Componentes principales.

Los componentes que analizaremos son aquellos que están relacionados con el inversor, y aquellos elementos que están contenidos dentro del inversor. Con esta investigación podremos describir las partes internas y su funcionamiento. En la figura 2. 14 podemos observar una descripción de cada componente dentro del inversor.

Muchos de los componentes que estudiaremos están destinados al manejo de tensiones elevadas y operan bajo el control de la Unidad de Control Híbrida, la cual

gobierna las funciones del Inversor y es capaz de generar los DTC en caso de alguna falla.

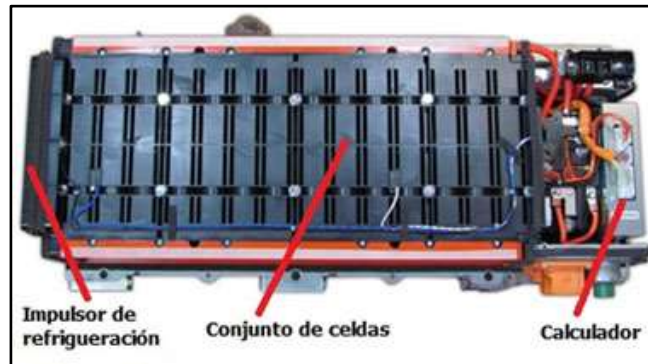


**Figura 2. 14** Componentes del Inversor.  
**Fuente:** Manual del fabricante Toyota.  
**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

### 2.5.1. Batería de alta tensión.

Para el funcionamiento del vehículo híbrido es necesario que en momentos los motores-generadores sean accionados empleando la energía almacenada, esta carga se encuentra en la batería de alta tensión, la cual en carga nominal posee un mínimo de 201.6 V. Todo paquete suministra tensión en conjunto al inversor, este recibe la carga en condiciones específicas como accionamiento de MG1 o mediante MG2 en el denominado freno regenerativo.

La batería de alta tensión es de Níquel e Hidruro metálico, esta batería solo se recarga con el generador, al que impulsa el motor térmico cuando el vehículo requiera cargar las baterías o mayor potencia. No posee ningún otro tipo de conexión a otro sistema de carga. En la figura 2.15 se puede apreciar la estructura de la batería.

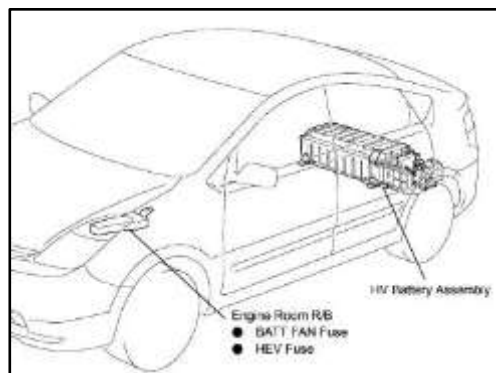


**Figura 2. 15** Batería de Alta tensión.

**Fuente:** Cise electronics.

**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

Para seguridad del vehículo y procedimiento de reparación y diagnósticos en los talleres el circuito interno de la batería está dividido en dos a través del Jumper de seguridad, si este dispositivo se encuentra abierto el circuito de tensión no llega al inversor y el vehículo no se moverá. En la Figura 2.16 se aprecia la ubicación de la batería de alta tensión.



**Figura 2. 16** Ubicación de la batería de alta tensión.

**Fuente:** Manual técnico de Toyota.

**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

### **2.5.2. Condensadores del circuito inversor.**

En la etapa de potencia, recarga de batería de alta tensión o manipulación de MG1 y MG2, están involucrados los condensadores, estos se encuentran dispuestos en un paquete estable y de un manejo importante de potencia y disipación.

### **2.5.3. Conjunto de resistencias.**

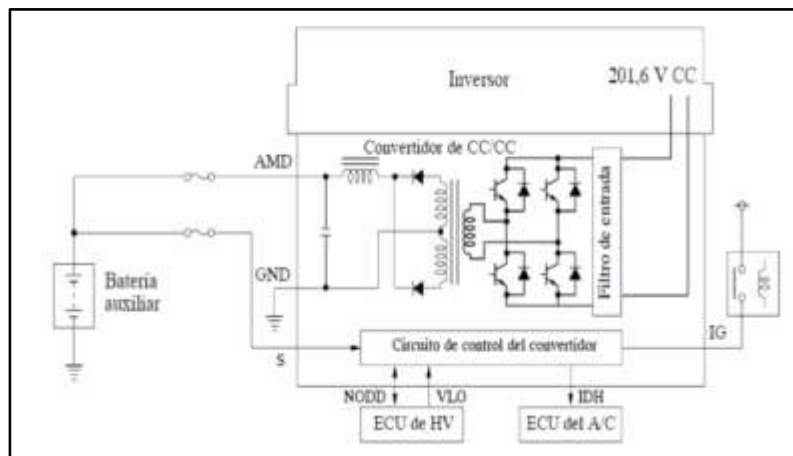
Este conjunto de resistencias forma parte del circuito RC, su implementación es muy importante, puesto que sin ellas el circuito podría permanecer cargado después de una condición OFF del vehículo y esto provocaría riesgos en otros sistemas.

### **2.5.4. Convertidor de CC/CC.**

La fuente de alimentación para los elementos auxiliares del vehículo, como el sistema de luces, las ECU y los accesorios, están basados en un sistema de 12 V de corriente continua (CC). Puesto que la batería principal del sistema híbrido emite una tensión nominal de 201.6 V de corriente continua (CC) el convertidor se emplea para transformarla a 12 V CC para recargar la batería auxiliar. El convertidor está ubicado en la parte inferior del inversor. En la Figura 2.17 se puede apreciar la configuración electrónica de este módulo.

Los convertidores emplean dos clases de topología: modulación de ancho de pulso (PWM – pulse width modulation) con frecuencia fija y conmutación a corriente cero (ZCS – zero current switching) cuasi resonante con frecuencia variable. Un aspecto fundamental entre los sistemas de frecuencia fija y variable

es el ruido generado por el interruptor. La conmutación del PWM genera más ruido que la conmutación suave del ZCS.



**Figura 2. 17** Convertidor de corriente de 201.6 V a 12 V CC.  
**Fuente:** Angel V. Barros Calderón.

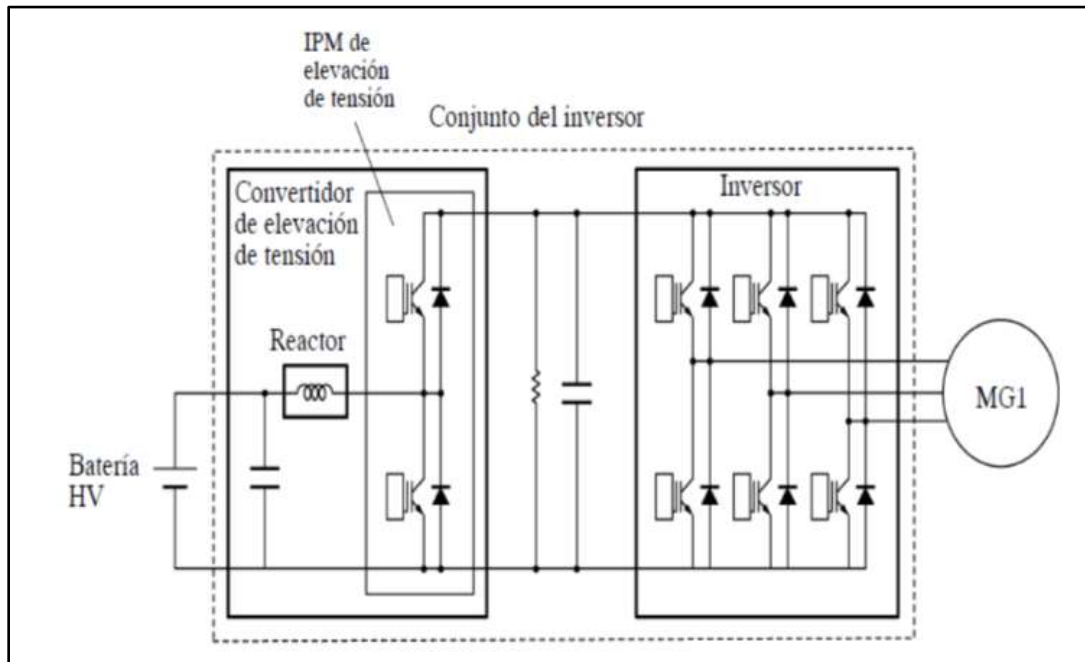
### 2.5.5. Elevador de tensión (booster).

Está compuesto por un reactor y un módulo denominado IPM (Integrated Power Mode – módulo de alimentación integrado) dentro del cual se encuentran dos transistores IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor – transistor bipolar de compuerta aislada) los cuales efectúan el control de conmutación, el reactor almacena la energía. Empleando ambos elementos el convertidor eleva la tensión. Dentro de las funciones específicas de este componente se encuentran:

- Permitir el paso de tensión hacia la batería de alta tensión en el momento en que los moto-generador trabajen como generadores durante el frenado regenerativo.
- Crear con el reactor una fuente switch que eleve la tensión y mantenga el control de los moto-generadores.

El módulo IPM (Integrated Power Module – módulo de alimentación integrado) y el reactor son elementos importantes para elevar la tensión. La tensión generada de 500 V a la salida del módulo cuenta con un circuito RC (resistencia condensador) encargado de estabilizar y descargar el condensador cuando las baterías se encuentran desconectadas. Se puede apreciar la configuración en la Figura 2.18.

Cuando MG1 y MG2 (moto-generadores) actúan como generadores, el inversor convierte la corriente alterna (fluctúa entre 201 a 500 V) generada por uno de ellos a corriente continua, en esta situación el convertidor de elevación de tensión la reduce a 201.6 V y se envía a la batería de alta tensión.



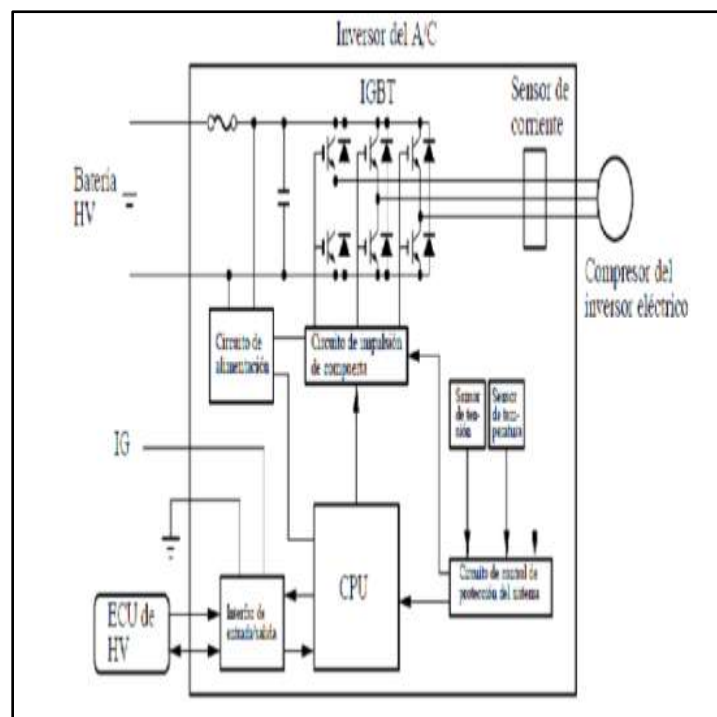
**Figura 2. 18** Configuración del elevador de Tensión.

**Fuente:** Cise electronics.

**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

### 2.5.6. Inversor del A/C (aire acondicionado).

Dentro del conjunto del inversor se ha incluido un inversor exclusivo para el sistema de A/C que suministra la energía necesaria para impulsar el compresor eléctrico del sistema. Este inversor convierte la tensión de la batería de alto voltaje 201.6 V CC a 201.6 V CA necesarios para la operación del compresor del sistema A/C. Se puede apreciar esta configuración en la figura 2.19.



**Figura 2. 19** Configuración interna del inversor del sistema A/C.

**Fuente:** Cise Electronics.

**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

### 2.5.7. Modulo Inversor del Toyota Prius.

Este componente es parte fundamental del Toyota Prius híbrido. Está formado por una gran cantidad de elementos electrónicos y eléctricos a pesar de ello toda la gestión de funcionamiento es controlado por la Unidad de Control del

Sistema híbrido ECU HV. Este módulo se encarga de controlar al inversor y generar cualquier tipo de diagnóstico y códigos de averías (DTC).

### **2.5.8. Módulo IPM (intelligent power module).**

Este módulo genera la conmutación a masa del reactor, utiliza transistores con tecnología IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor – transistor bipolar de compuerta aislada) los cuales cuentan con características eléctricas que le permiten conmutar a altas frecuencias y cargas elevadas. Este módulo completa la salida de poder y sirve como protección lógica del circuito. Figura 2.20



**Figura 2. 20** Modulo IPM.  
**Fuente:** Manual técnico de Toyota.  
**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

### **2.5.9. Motor eléctrico.**

Este componente es fabricado por Toyota. Es un motor síncrono de imanes permanentes de neodimio. Funciona a 500 V y puede dar 50 kW entre 1.200 y 1.540 rpm. Posee un par máximo de 400 Nm en 1.200 rpm y pesa un promedio de 140 kg.

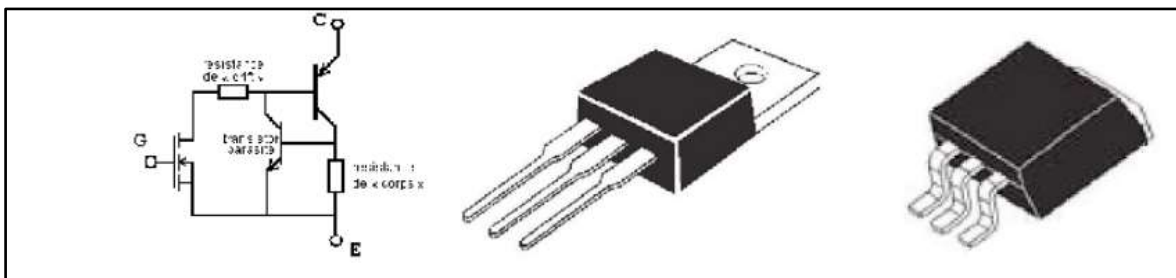


### 2.5.10. Transistores IGBT.

Son componentes empleados para conmutar altas corrientes, aprovechan las ventajas de transistor MOSFET y un transistor BJT bipolar. En el caso de la excitación del transistor se utiliza una compuerta aislada tipo MOSFET con la cual se controla la conmutación por voltaje y no por corriente llevando esto mucha eficiencia a la llave electrónica.

En el caso de la llave electrónica se utiliza un transistor bipolar puede obtener conmutación sin el valor de resistencia descrito en los transistores MOSFET, este valor de resistencia presentaría un aumento en la caída de tensión a medida que la corriente aumenta, mientras que empleando un bipolar la caída de tensión es constante independiente de cuenta corriente está siendo conmutada.

Como se trata de una activación por medio de MOSFET la excitación se tendrá en la base, y como se emplea un bipolar en la llave electrónica ahí se tendrá colector para la fuente y emisor para el circuito a conmuta. Figura 2.21



**Figura 2. 21** Transistor IGBT.  
**Fuente:** Manual técnico de Toyota.  
**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

## **2.6. Aplicaciones del inversor de corriente.**

Actualmente existen múltiples aplicaciones para los convertidores de corriente DC/AC. Se emplean desde controladores de motores de corriente alterna, hasta electrodomésticos.

Otra aplicación importante de los inversores, es la recuperación de energía rotórica donde se aprovecha el giro de un rotor para almacenar la energía que se pierde por el rozamiento o disipada en calor.

Los inversores son ampliamente usados en el campo de electrodomésticos en donde se emplean sistemas eléctricos y electrónicos para desempeñar funciones domésticas conectadas a una fuente de alimentación alterna de 120 V.

En la industria los inversores son empleados para generar corriente directa a partir de fuentes de corriente alterna. Se emplea en la conversión de la energía generada por paneles solares fotovoltaicos. Su uso se ha extendido hacia convertidores de energía continua en energía alterna, tomando la fuente de energía de las baterías y transformándolas en corriente trifásicas.

En el campo de la electrónica se emplean inversores de corriente como sistemas de protección para computadoras, televisores o incluso en equipos médicos, en algunos casos los equipos tienen la función de elevación de tensión.

## CAPÍTULO III

### ANÁLISIS DE COMPONENTES Y PROCEDIMIENTOS: CONJUNTO INVERSOR.

Este capítulo presenta la manera como se realizó la investigación, su tipo y su enfoque, de igual manera los elementos estudiados, así como los instrumentos que se emplearon para analizar los componentes del conjunto Inversor y la forma en que operan en el vehículo. Para tener una noción más clara sobre el tema de investigación se da una breve introducción sobre las normas de seguridad y las herramientas y equipos de diagnóstico que fueron necesarios para la elaboración de este capítulo y que son necesarios si se desea realizar una práctica en el Inversor de corriente del Toyota Prius Modelo A.

### 3. Desmontaje del inversor y estudio del inversor.

#### 3.1. Equipos y herramientas.

##### 3.1.1. Herramientas utilizadas en el análisis del Inversor.

- **Vehículo Toyota Prius híbrido modelo A**

Se utilizó el vehículo híbrido Toyota Prius modelo A del año 2010 el cual pertenece a la Universidad Internacional del Ecuador extensión Guayaquil y se encuentra disponible en sus talleres, esta herramienta permitió que se puedan realizar los estudios adecuadamente.



**Figura 3. 1** Toyota Prius modelo A.  
**Fuente:** Angel V. Barros Calderón.

- **Interface TIS (Technical Interface System)**

Este cable permitió establecer una conexión directa a la información del vehículo la cual fue procesada por el software Teachstream. Este cable se conecta al vehículo a través de un conector OBD y a la computadora mediante un puerto USB.



**Figura 3. 2** Interface.

Fuente: Angel V. Barros Calderón.

- **Laptop Personal marca: DELL**

La computadora personal tiene instalado el software Teachstream, el cual nos permite acceder a la información de la computadora del vehículo y poder leer los parámetros de funcionamiento.

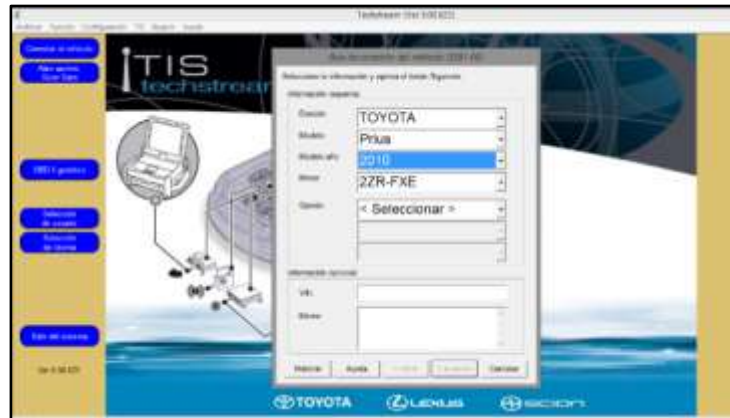
### **3.1.2. Equipos de diagnóstico para el estudio del inversor.**

- **Software TeachStream**

El software TeachStream permite diagnosticar todos los sistemas de motores, ABS, airbags, transmisión, etc. Realiza un diagnóstico vía CAN más rápido que los equipos convencionales. Dentro de las características que este equipo nos brinda constan:

- Lectura de datos del vehículo.

- Lectura de códigos de falla.
- Activación de solenoides, relays y realizar pruebas activas en el vehículo.
- Reprogramación de ECUs
- Memoria de datos para verificación de problemas.



**Figura 3. 3** Software TeachStream.  
**Fuente:** Angel V. Barros Calderón.

### **3.2. Factores de seguridad durante la manipulación del conjunto inversor.**

#### **3.2.1. Medidas de seguridad.**

- Se debe comprender que todo trabajo a realizar en el vehículo debe estar acompañado del respectivo equipo de seguridad adecuado. Es importante saber que cualquier trabajo o comprobación en el sistema inversor involucra componentes eléctricos y electrónicos los cuales están sometidos a tensiones de corriente.
- Como primer plano de seguridad se debe manipular la batería de alta tensión del sistema híbrido ya que el inversor es un componente que trabaja directamente con este sistema, para ello el uso de guantes aislantes es un factor de seguridad

importante. Durante este procedimiento se recomienda aislar los terminales de la batería para evitar que se produzca un cortocircuito.

- El inversor es un sistema sometido a altas tensiones de corriente por ello posee su propio sistema de refrigeración, durante la extracción del líquido refrigerante se debe utilizar gafas protectoras para evitar que el líquido entre en contacto con los ojos. No se debe manipular el refrigerante en espacios cuya ventilación es limitada.
- No se debe manipular el inversor con el vehículo encendido.
- No se debe sobrecargar el sistema con refrigerante ya que el conjunto inversor y la batería expulsan gases volátiles contenidos en sus componentes y existe el riesgo de una inflamación del líquido.
- No vuelva a utilizar el refrigerante drenado porque puede contener objetos extraños.
- Recoja el refrigerante de drenaje y mida su volumen para establecer un nivel de referencia. Cuando añada refrigerante, asegúrese de que la cantidad supere el nivel especificado.

### **3.2.2. Medidas de seguridad durante el servicio**

- Se debe emplear guantes de seguridad en todo momento, estos guantes deberán ser aislantes para evitar cualquier descarga eléctrica contenida en los componentes del sistema.

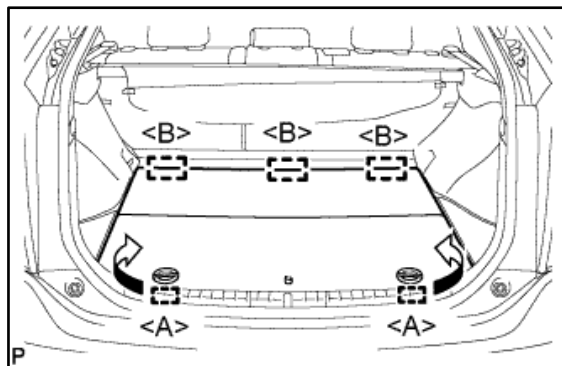
- Se debe extraer el seguro de la toma de servicio antes de comenzar cualquier inspección debido a que el sistema inversor requiere la desconexión del sistema de alimentación de corriente de la batería de alta tensión.
- Guárdese el enganche de la toma de servicio extraído en el bolsillo para evitar que otros técnicos la vuelvan a conectar accidentalmente mientras realiza las labores de mantenimiento del vehículo.
- Todos los cables de alta tensión son de color naranja.
- No toque los conectores ni los terminales de alta tensión durante los 10 minutos posteriores a la extracción del enganche de la toma de servicio.
- Para evitar lesiones y quemaduras, no extraiga el tapón del depósito auxiliar mientras el refrigerante del inversor está todavía caliente.
- Aísle los terminales extraídos con cinta aislante.
- Cubra el orificio en el que estaba conectado el cable con cinta adhesiva o un producto equivalente (de un tipo que no deje residuos) para evitar que penetren partículas extrañas.
- Debido a que el conjunto del inversor con convertidor es muy pesado, se necesitan 2 personas para extraerlo. Al hacerlo, procure no dañar las piezas que lo rodean.
- Para evitar que se produzcan daños, no sujete el conjunto del inversor con convertidor por los conectores.
- Para evitar que se produzcan daños debido a la electricidad estática, no toque los terminales de los conectores desconectados.

- Evite que entre agua o partículas extrañas en el conjunto del inversor con convertidor.
- Asegúrese de levantar la cubierta del terminal del inversor, ya que hay un conector conectado a la parte inferior de la cubierta.
- Utilice una llave dinamométrica para apretar los pernos.
- Antes de conectar la toma de servicio, asegúrese de que no queda ninguna pieza ni ninguna herramienta en la zona y que los terminales de alta tensión están bien conectados.
- Si desconecta el cable, cuando vuelva a conectarlo, algunos sistemas deben ser reinicializados.
- Si conduce el vehículo con aire en el sistema de refrigeración del inversor, podrían producirse fallos y emitirse los siguientes DTC.

### 3.3. Procedimiento de desmontaje.

#### 3.3.1. Extracción de la cubierta posterior de la batería.

Se debe extraer las bandejas del piso trasero. Se debe desenganchar las dos guías (A) y las tres guías (B) como se muestra en la figura 3.4.



**Figura 3. 4** Desmontaje de la cubierta posterior.

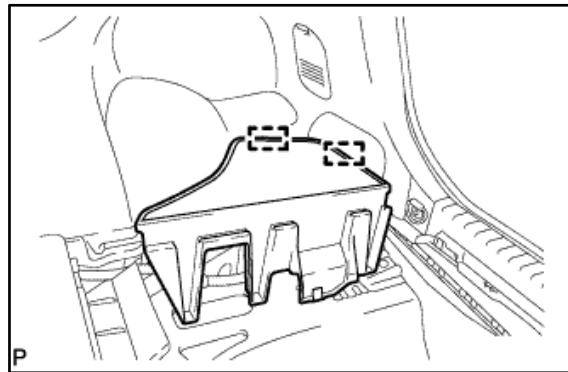
**Fuente:** Manual técnico Toyota.

**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.



### 3.3.2. Extracción de la bandeja de piso posterior.

Se debe extraer la caja trasera de la cubierta del piso, posterior a ello se procede a extraer la bandeja de piso trasera; para ello es necesario desenganchar las dos guías. Figura 3.5.



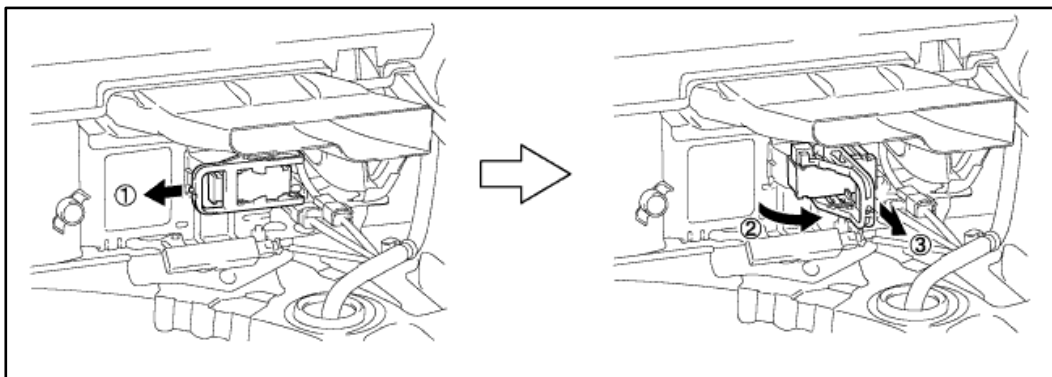
**Figura 3. 5** Desmontaje de la bandeja de piso.

**Fuente:** Manual técnico Toyota.

**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

### 3.3.3. Extracción del manipulador de la toma de servicio.

Se debe utilizar guantes aislantes; posee un enganche el cual debe ser deslizado hacia arriba como se muestra en la figura 3.6.



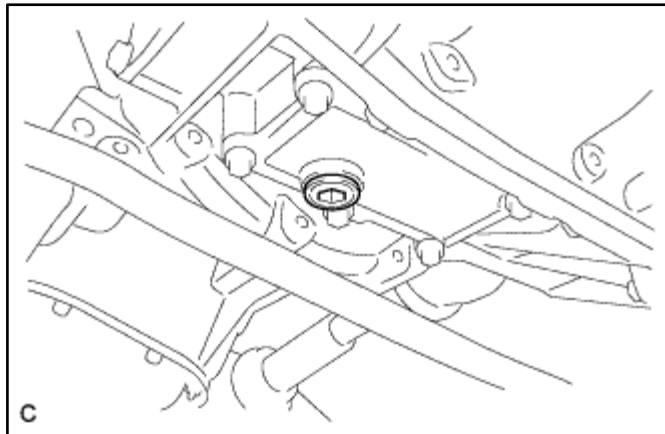
**Figura 3. 6** Desmontaje del seguro de la toma de servicio.

**Fuente:** Manual técnico de Toyota.

**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

### 3.3.4. Extracción del tapo de refrigerante del inversor.

Se requiere a continuación extraer los protectores inferiores del motor y purgar el refrigerante del inversor. Se emplea una llave hexagonal (10 mm). Par de apriete 39 N\*m. Figura 3.7.



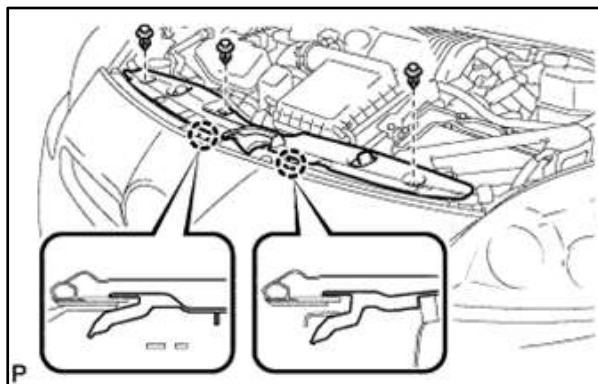
**Figura 3. 7** Extracción del tapón de refrigerante del inversor.

**Fuente:** Manual técnico de Toyota.

**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

### 3.3.5. Extracción de la cubierta de apertura del soporte del radiador.

Este proceso es importante para tener acceso al motor, se debe quitar tres clips de sujeción y desenganchar dos garras para retirar la cubierta de soporte del radiador. Figura 3.8.



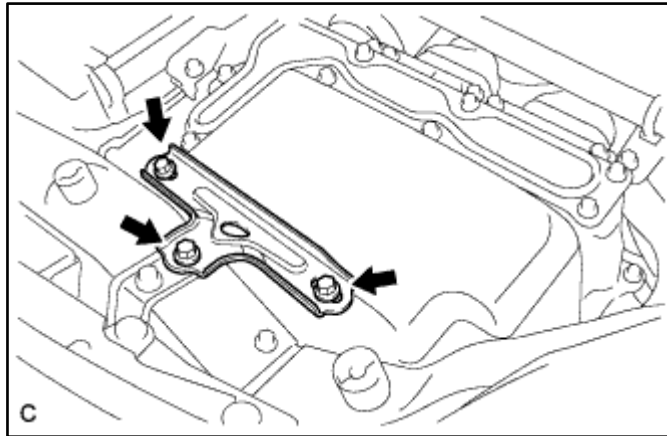
**Figura 3. 8** Extracción de la cubierta del soporte del radiador.

**Fuente:** Manual técnico de Toyota.

**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

### 3.3.6. Extracción del soporte del inversor.

Se procede a continuación a retirar el soporte del inversor, la misma cuenta con tres pernos que aseguran su sujeción. Figura 3.9.



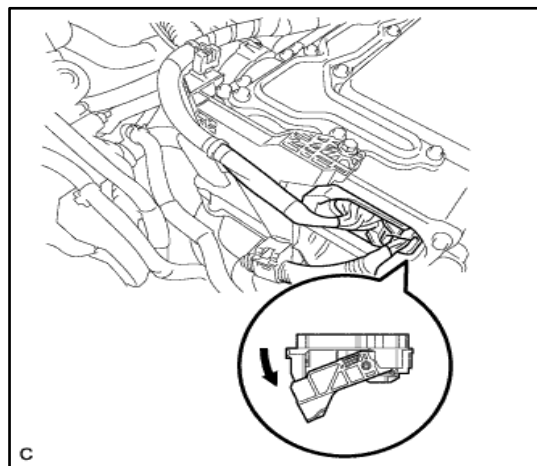
**Figura 3. 9** Extracción del soporte superior del inversor.

**Fuente:** Manual técnico de Toyota.

**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

### 3.3.7. Desconexión del cable principal del motor.

Se debe desconectar el cable principal del compartimiento del motor. Para ello se debe levantar la palanca de bloqueo y desconectar el conector del inversor con el convertidor. Figura 3.10.

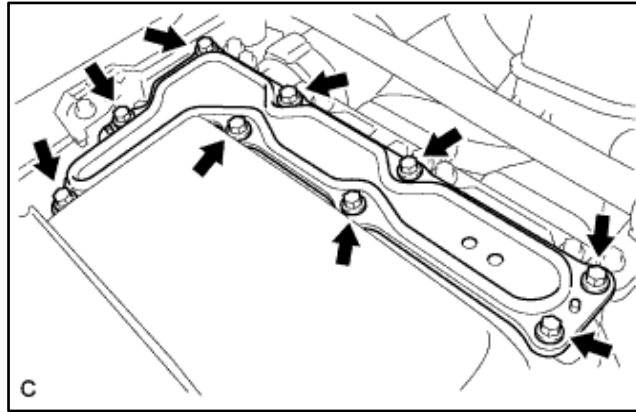


**Figura 3. 10** Desconexión del cable principal del motor.

**Fuente:** Manual técnico de Toyota.

**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

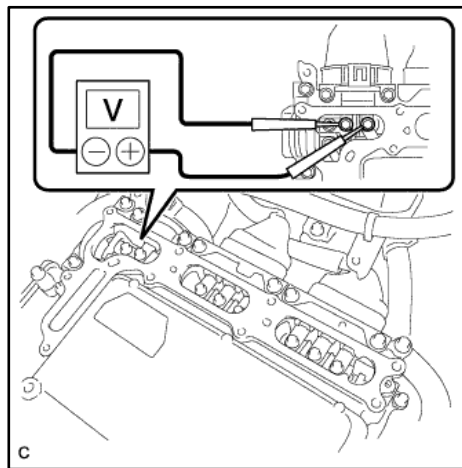
Extraer el perno, abrazadera y el clip. Desconectamos el cable principal del compartimento del motor. Figura 3.11.



**Figura 3. 11** Desmontaje de la abrazadera principal.  
**Fuente:** Manual técnico de Toyota4.  
**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

### 3.3.8. Inspección de la tensión del terminal.

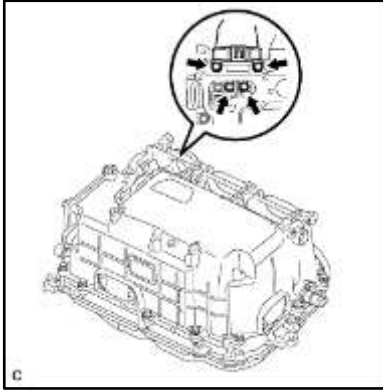
Para este procedimiento es necesario utilizar guantes aislantes. Se debe utilizar un voltímetro y medir la tensión entre los terminales de los dos conectores de fase. La tensión estándar debe ser 0 V. Se debe emplear un margen de medida en el voltímetro de 750 V de CC. Figura 3.12.



**Figura 3. 12** Inspección de la tensión de los terminales.  
**Fuente:** Manual técnico de Toyota.  
**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

### 3.3.9. Desconexión del cable del bastidor.

Se debe extraer cuatro pernos y desconectar el cable del bastidor, cables de alta tensión de la batería híbrida, del conjunto del inversor-conversor. Figura 3.13.



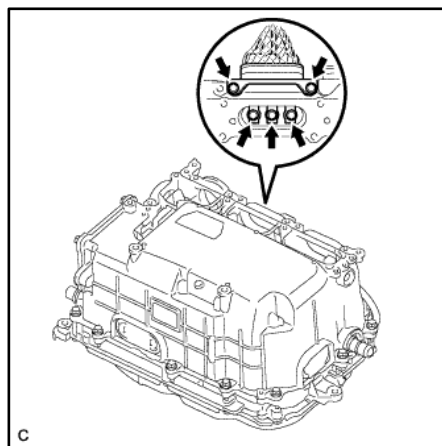
**Figura 3. 13** Desconexión del cable del bastidor.

**Fuente:** Manual técnico de Toyota.

**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

### 3.3.10. Desconexión del cable de alta tensión del transeje delantero.

Para este proceso se recomienda aislar los terminales extraídos con cinta aislante. Se debe extraer los cinco pernos y desconectar los cables de alta tensión del generador (MG1) del conjunto del inversor con convertidor. Luego de esto, se requiere retirar la cubierta del mazo de cables y soltar el cable. Figura 3.14.



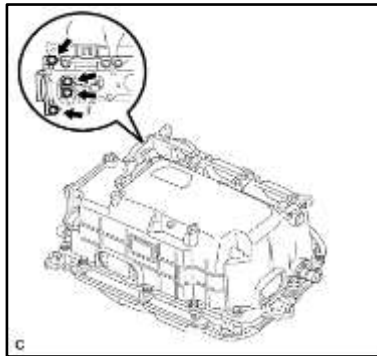
**Figura 3. 14** Desconexión del cable de alta tensión.

**Fuente:** Manual técnico de Toyota.

**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

### 3.3.11. Desconexión del cable N. 2 del motor.

Se debe extraer los cuatro pernos y desconectar el cable del motor n. 2, cables de alta tensión del aire acondicionado, del conjunto inversor con convertidor. Figura 3.15.



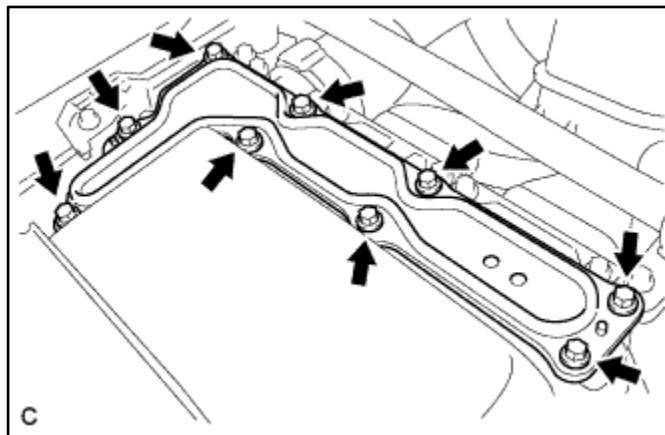
**Figura 3. 15** Desconexión del cable N.2 del motor.

**Fuente:** Manual técnico Toyota.

**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

### 3.3.12. Colocación del recubrimiento del terminal del inversor.

Se debe instalar provisionalmente la cubierta del terminal del inversor, con los nueve pernos para evitar que puedan introducirse agua o partículas extrañas en el componente. Figura 3.16.



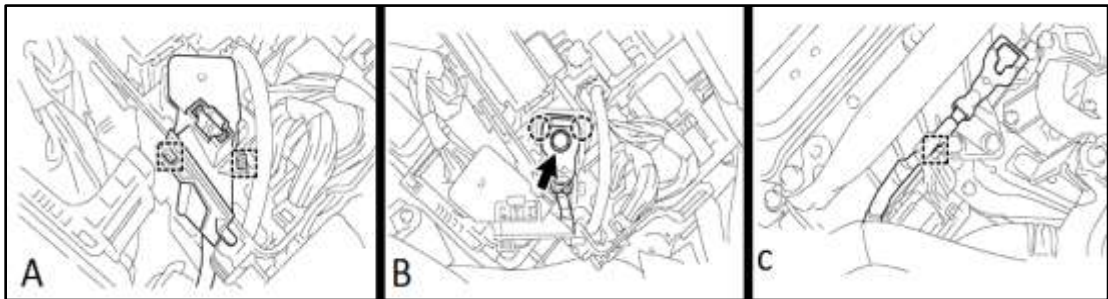
**Figura 3. 16** Colocación del recubrimiento del inversor.

**Fuente:** Manual técnico de Toyota.

**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

### 3.3.13. Desconexión del cable N. 2 del compartimiento del motor.

Se debe extraer la cubierta del bloque de relés. Soltar las dos abrazaderas y extraer la cubierta del bloque de relés N. 1 (A). Extraer el perno del cable N. 2 del compartimiento del motor (B). Soltar las dos garras y desconectar el cable del compartimiento del motor n. 2. Al finalizar se debe conectar el cable n. 2 al protector (C). Figura 3.17



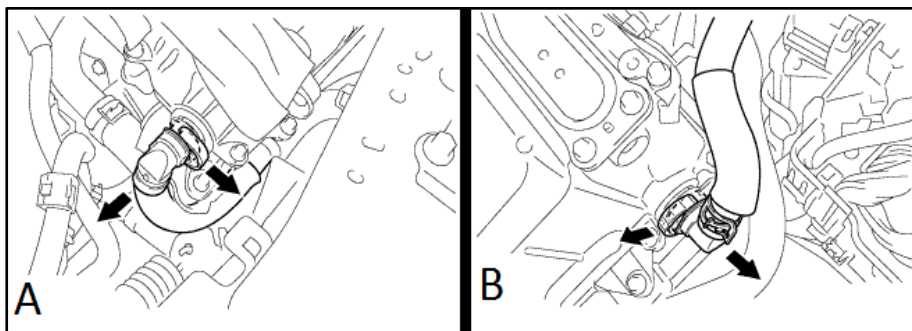
**Figura 3. 17** Desconexión cable N.2 compartimiento del motor.

**Fuente:** Manual técnico Toyota.

**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

### 3.3.14. Desconexión de la manguera de agua.

Se debe liberar el retén y desconectar la manguera de agua del conjunto inversor con convertidor (A). Liberar el retén y desconectar la manguera de agua del conjunto inversor con convertidor (B). Figura 3.18.

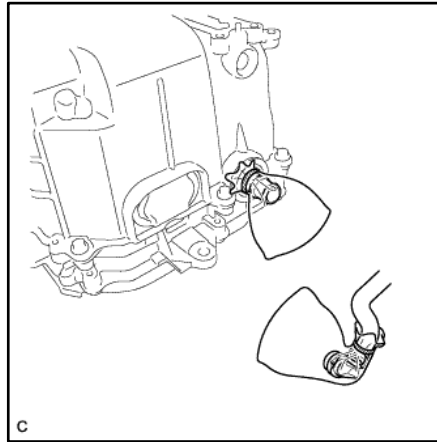


**Figura 3. 18** Desconexión de la manguera de agua.

**Fuente:** Manual técnico de Toyota.

**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

Se debe desconectar la manguera del refrigerante del conjunto inversor con convertidor. Se debe colocar sello en la tubería y en la manguera desconectada o cubrir con una bolsa de plástico para que no se adhieran partículas extrañas a la unión o al interior del conector y evitar así que se derrame refrigerante. Figura 3.19.



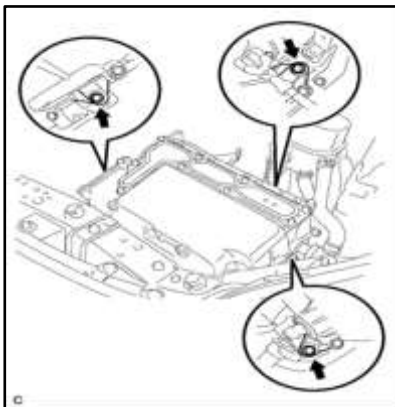
**Figura 3. 19** Desconexión de las cañerías de refrigerante del inversor.

**Fuente:** Manual técnico de Toyota.

**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

### 3.3.15. Extrae el conjunto del inversor con el conjunto del convertidor.

Extraer los tres pernos y el conjunto de inversor con convertidor. Se debe considerar no tocar los conectores para evitar daños por eléctrica estática. Figura 3.20.



**Figura 3. 20** Extracción del conjunto inversor y convertidor.

**Fuente:** Manual técnico de Toyota.

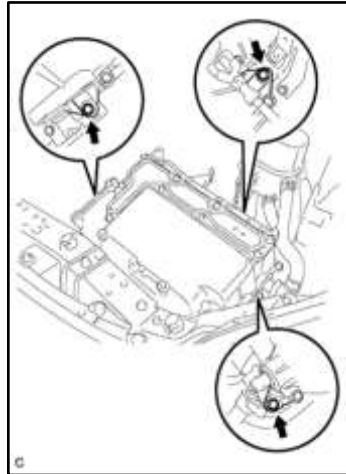
**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.



### 3.3.16. Extracción del soporte del cable del motor.

Se debe quitar los dos pernos para poder retirar el soporte del cable del motor.

Figura 3.21



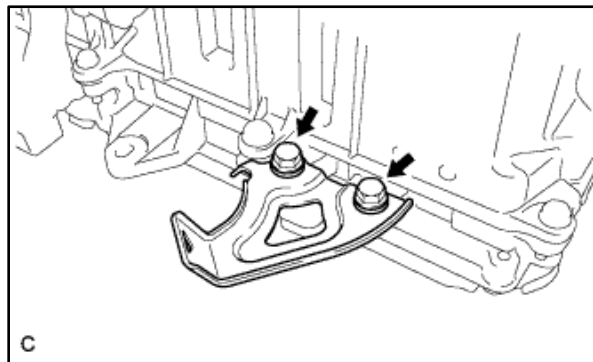
**Figura 3. 21** Extracción del conjunto inversor y convertidor.

**Fuente:** Manual técnico de Toyota.

**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

### 3.3.17. Extracción del fusible de alta tensión.

Este procedimiento debe ser realizado solo cuando sea necesario sustituir el fusible de alta tensión. Para este procedimiento se debe retirar los nueve pernos de la cubierta del terminal del inversor (A). Extraer los dos pernos y el fusible de alta tensión del conjunto inversor con convertidor (B). Figura 3.22.



**Figura 3. 22** Extracción del fusible de alta tensión.

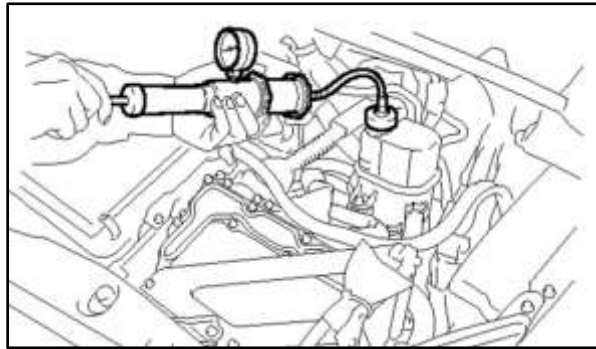
**Fuente:** Manual técnico de Toyota.

**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

### 3.4. Comprobaciones.

#### 3.4.1. Comprobación de fugas en el sistema de refrigeración del inversor.

Se debe instalar el comprobador de estanqueidad del sistema. Luego se debe alcanzar una presión de 122 kPa (1.2 kg/cm<sup>2</sup>, 17.7 psi) y verifica que la presión se mantenga. Figura 3.20



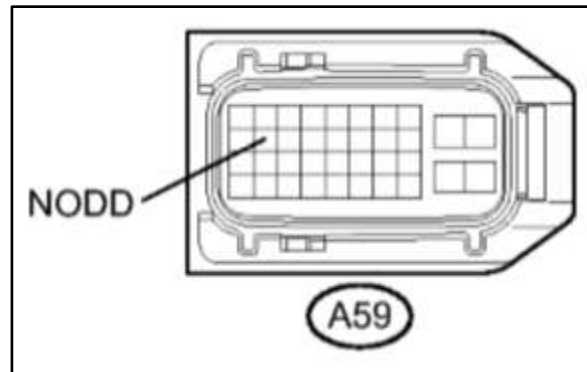
**Figura 3. 23** Comprobación de fugas en el sistema de refrigeración del inversor.

**Fuente:** Manual técnico de Toyota.

**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

#### 3.4.2. Funcionamiento del arnés y su resistencia.

Se debe desconectar el socket A59 del conjunto inversor. Figura 3.24. Se debe medir su resistencia y debe estar dentro de los parámetros descritos en la tabla 3.1. En caso de que esta



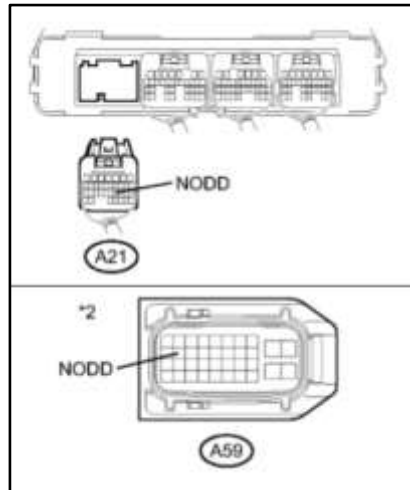
**Figura 3. 24** Terminal A59.

**Fuente:** Manual técnico Toyota.

**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

### 3.4.3. Revisión del arnés y conector del suministro de energía.

Se requiere desconectar el conector A59 del inversor y el conector A21 del suministro de energía de la ECU HV. Figura 3.25.



**Figura 3. 25** Conectores A59 y A21.

**Fuente:** Manual técnico Toyota.

**Editad por:** Angel V. Barros Calderón.

**Tabla 3. 1** Condición de resistencia del terminal A59.

Terminal	Condición del switch	Condición específica
A57-12 (NODD) Masa a carrocería	Switch de encendido apagado	120 a 140 Kohm

**Fuente:** Manual técnico de Toyota.

**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

Resistencia estándar (Caso de señales abiertas) Tabla 3.2

**Tabla 3. 2** Revisión de señales abiertas.

Terminales	Condición del switch	Condición específica
A21-21 A59-12	Switch de encendido apagado	Debajo de 1 ohm

**Fuente:** Manual Técnico de Toyota.

**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

Resistencia estándar (Revisión de cortocircuitos) Tabla 3.3

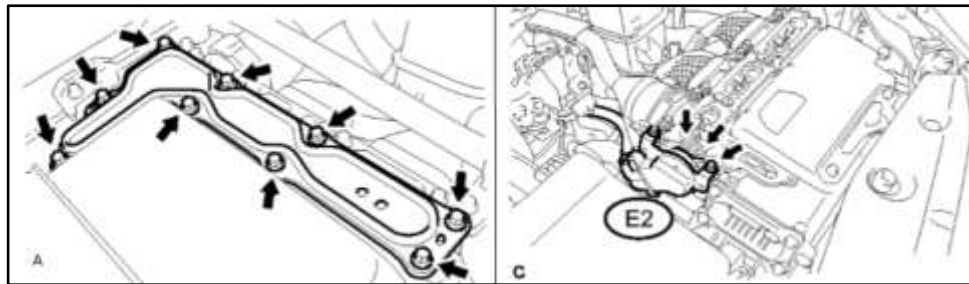
**Tabla 3. 3** Revisión en caso de cortocircuitos.

Terminales	Condición del switch	Condición específica
A21-21	Switch de encendido apagado	10 Kohm o superior
A59-12		

**Fuente:** Manual Técnico de Toyota.  
**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

**3.4.4. Revisión del cable del motor.**

Es necesario desmontar el cobertor superior del inversor. Figura 3.26 (A) y luego desconectar el terminal E2.

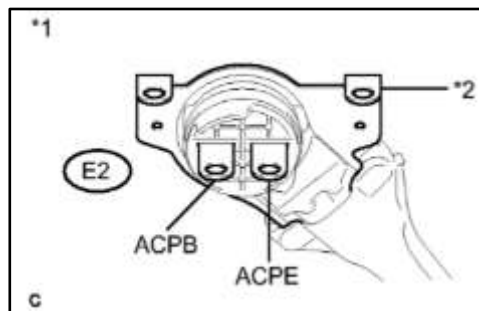


**Figura 3. 26** Desconexión del cable del motor.

**Fuente:** Manual técnico de Toyota.  
**Editado por:** Angel V. Barros calderón.

Luego de esto se debe identificar el conector E2 y sus terminales, de las cuales \*1 significa la señal para el arnés del aire acondicionado y \*2 Cabe a masa.

Figura 3.27.



**Figura 3. 27** Conector E2.

**Fuente:** Manual técnico Toyota.  
**Editado por:** Angel V. Barros calderón.

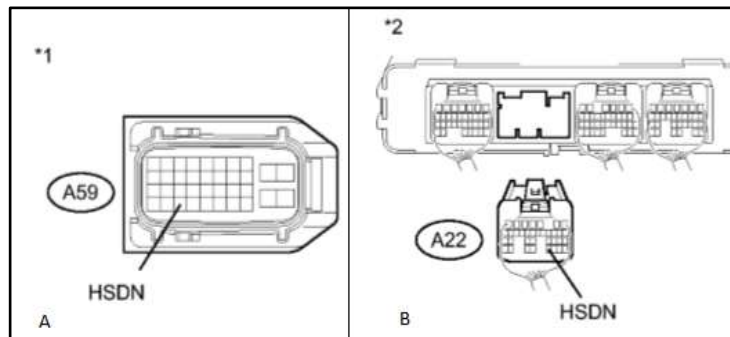
**Tabla 3. 4** Medición de los terminales del motor generador

Terminales	Condición del switch	Condición específica
E2 - 1 ACPB	Switch de encendido	10 Kohm o superior
E2 – 2 ACPE	apagado	

**Fuente:** Manual técnico de Toyota  
**Editado por:** Angel V. Barros Calderón

### 3.4.5. Revisión de la conexión entre la computadora HV y el inversor.

Para este procedimiento se requiere revisar el conector A59 en el inversor (A), el conector A22 de la unidad de control de la batería B) Figura 3.28, de alta tensión y medir sus resistencias. Los valores de referencia están expresados en la tabla 3.5.



**Figura 3. 28** Conexiones entre el inversor y el módulo de control de la batería HV.

**Fuente:** Manual de Toyota.  
**Editado por:** Angel V. Barros calderón.

**Tabla 3. 5** Valores resistivos del inversor y la ECU de la batería HV.

Terminales	Condición del switch	Condición específica
A22-31	Switch de encendido	10 Kohm o superior
A59-31	apagado	

**Fuente:** Manual de Toyota  
**Editado por:** Angel V. Barros calderón

## CAPÍTULO IV

### DISEÑO DE LA PROPUESTA.

En este capítulo exponemos los resultados encontrados durante el estudio y análisis de la operación del Inversor del vehículo Toyota Prius Modelo A, describimos el componente que estudiamos, las herramientas que usamos y los equipos que nos permitieron realizar esta investigación. Expondremos los parámetros encontrados durante la prueba activa del vehículo y los parámetros resultantes del conjunto inversor; analizaremos todos los elementos con los cuales está relacionado este componente del Toyota Prius Híbrido modelo A disponible en los talleres de la Universidad Internacional del Ecuador extensión Guayaquil.

#### 4. Toyota Prius Modelo A 2010 Universidad Internacional del Ecuador Extensión Guayaquil.

##### 4.1. Motor de combustión Interna:

Tabla 4. 1 Descripción del motor de combustión interna.

<b>Modelo</b>	2ZR-FXE
<b>Tipo</b>	4 cilindros en línea, 4 ciclos, gasolina
<b>Calibre y carrera</b>	80,5 x 88,3 mm (3,17 x 3,48 pulg.)
<b>Cilindrada</b>	179 cm <sup>3</sup> (109,7 pulg <sup>3</sup> )

**Fuente:** Manual del fabricante Toyota  
**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

##### 4.2. Dimensiones y peso:

Tabla 4. 2 Dimensiones del vehículo.

<b>Longitud total</b>	4460 mm (175,6 pulg.)
<b>Anchura total</b>	1745 mm (68,7 pulg.)
<b>Altura total</b>	1510 mm (59,4 pulg.)
<b>Masa bruta del vehículo</b>	1805 kg (3979 lb.)

**Fuente:** Manual del fabricante Toyota.  
**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

### 4.3. Combustible:

**Tabla 4. 3** Descripción del combustible recomendado.

<b>Tipo de combustible</b>	Solo gasolina sin plomo
<b>Numero de octanaje Research</b>	95 o mayor
<b>Capacidad del depósito de combustible</b>	45 L (11,9 gal., 9,9 gal. Ing)

**Fuente:** Manual del fabricante Toyota.  
**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

### 4.4. Sistema eléctrico.

- **Batería de alta tensión:**

**Tabla 4. 4** Batería de alta tensión.

<b>Tipo</b>	Batería de níquel-hidruro metálico
<b>Tensión</b>	7,2 V / módulo
<b>Capacidad</b>	6,5 Ah (3HR)
<b>Cantidad</b>	28 módulos
<b>Tensión total</b>	201,6 V

**Fuente:** Manual del fabricante Toyota.  
**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

- **Batería del sistema auxiliar 12 V:**

**Tabla 4. 5** Batería del sistema auxiliar.

<b>Batería de 12 voltios Tensión abierta a 20 °C (68 °F)</b>	12,6 - 12,8 V Totalmente cargada 12,2 - 12,4 V Media carga 11,5 - 11,9 V Descargada (La tensión se mide 20 minutos después de haber desconectado el sistema híbrido y todas las luces)
<b>Amperaje de carga</b>	5 A máx.

**Fuente:** Manual del fabricante Toyota.  
**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

- **Motor eléctrico:**

**Tabla 4. 6** Motor eléctrico.

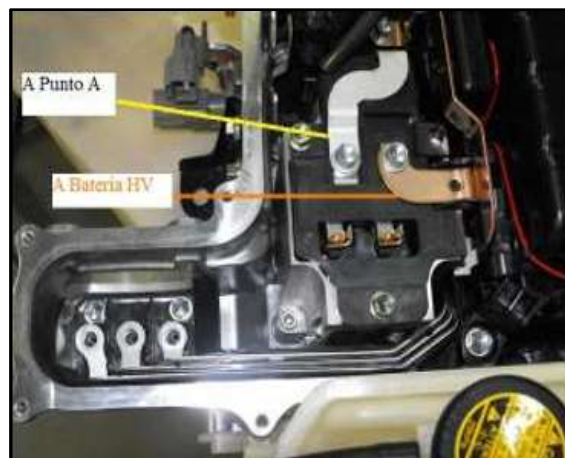
<b>Tipo</b>	Motor de imán permanente
<b>Potencia máxima</b>	60 Kw
<b>Par máximo</b>	207 N*m (21,1 kgf*m, 153 lbf*pie)

**Fuente:** Manual del fabricante Toyota.  
**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

#### **4.5. Sistema inversor del Toyota Prius modelo A 2010 UIDE Guayaquil.**

##### **4.5.1. Reactor.**

El reactor es una bobina que se encuentra en serie con el resto de circuitos, sus conexiones se realizan con tornillos, no deben existir resistencias ni caídas de tensión. Figura 4.1



**Figura 4. 1** Reactor.

**Fuente:** Cise electronics.

**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

##### **4.5.2. Módulo IPM (Integrated Power Module).**

Los IPM son módulos aislados, diseñados para aplicaciones de manejo de poder conmutado, operan en altas frecuencias, alrededor de 20 KHZ. Contiene

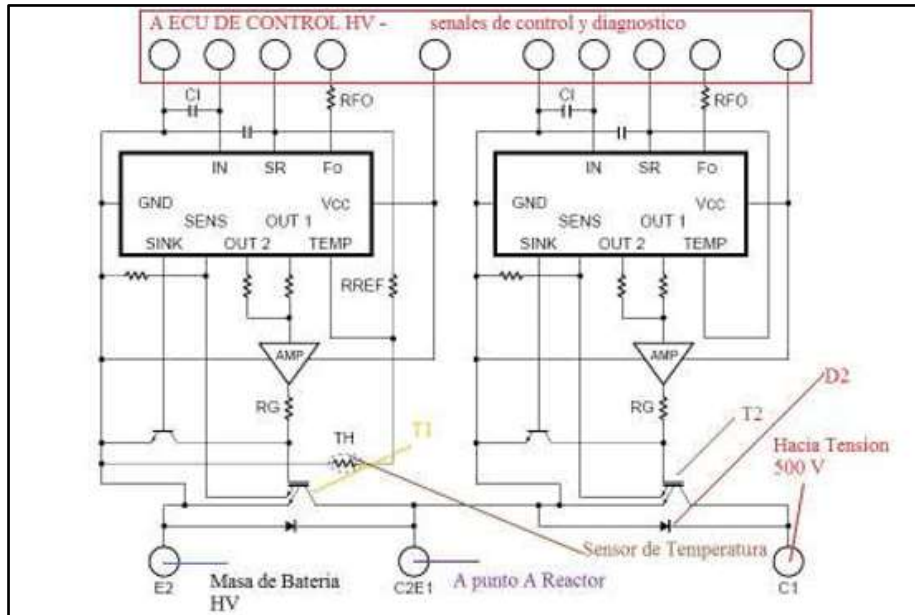


circuitos de control y sensores para una operación segura. Contiene dos diodos de Poder (free-wheel). La denominación hace referencia hacia el voltaje y amperaje que manejen, las denominaciones varían entre fabricantes.

Internamente los estos componentes se encargan de las conmutaciones. Se puede dividir para su estudio en dos partes: aquella que permite la elevación de la tensión a 500 V aprox. y la que trabaja con el transistor 2 el cual en el momento de trabajo como fuente se encuentra apagado, pero en momentos se enciende para permitir el paso de la carga de los Moto-Generadores hacia la batería.

Como se observa en la figura 4.2 se aprecia la estructura interna del IPM, cuanta con las salidas E2 las cuales son masa de la batería de alto voltaje. Por otro lado, se aprecia C2E1 la cual es usada para el control del Reactor (bobina), en esta salida se puede apreciar la actuación del transistor T1. Se aprecia que existe un sensor de temperatura.

En la segunda parte del IPM se encuentra el Transistor T2 el cual presenta su salida en el Borne C1, en ese punto se encuentra colocado el voltaje de alta después del diodo D2, allí se encuentra la tensión estabilizadora para el uso de los motores de tres fases.



**Figura 4. 2** Señales de control de inversor.

**Fuente:** Cise electronics.

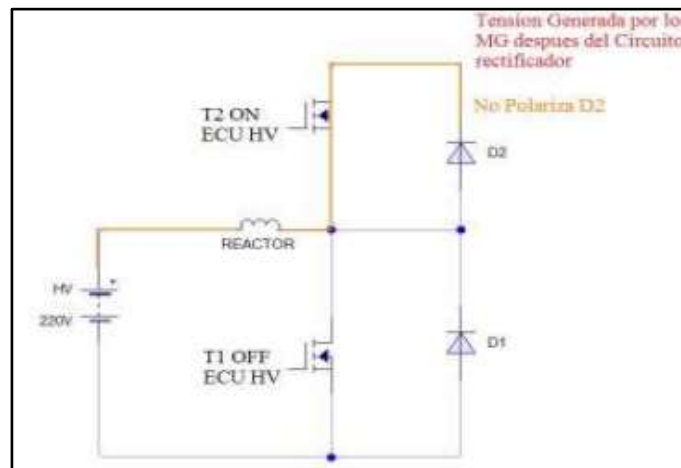
**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

#### 4.5.3. Operación IPM para la carga de batería de Alto Voltaje.

Esta operación se emplea cuando el sistema necesite recibir energía, cada una de las fases de los Motores-Generadores opera con corriente alterna, la cual es generada por el inversor, pero existen momentos en que los Motores pasan a funcionar como Generadores aprovechando el movimiento del vehículo, por ejemplo durante el frenado regenerativo. Esta energía que se produce es de corriente alterna y debe ingresar a la batería de Alto Voltaje como corriente directa, para ello es necesario que pase a través del conjunto inversor.

Como primera fase la corriente Alterna debe ser transformada a corriente Directa, para cumplir este objetivo se emplea un puente rectificador, conformado por el conjunto de Diodos. Figura 4.3 Una vez que pasa por este circuito se tiene una salida Positiva y Negativa de corriente directa, que también se estabiliza por el paquete de condensadores.

La tensión generada debe ser mayor a la tensión de la Batería de alto voltaje, cuando esta tensión llega al IPM no puede pasar debido a que el diodo 2 no está correctamente polarizado. En este momento la ECU del sistema híbrido deja de operar a T1, quien controla al Reactor, y permite la activación de T2 creando así un paso para la tensión que se encuentra en el Punto 3 y es el producto de la generación de corriente de los Motores Generadores.



**Figura 4. 3** Conjunto del puente rectificador.  
**Fuente:** Angel V. Barros Calderón.

El conjunto de diodos se encuentra en el mismo cuerpo con los transistores de potencia que conmutan los motores generadores. Figura 4.4.



**Figura 4. 4** Conjunto del rectificador.  
**Fuente:** Cise electronics.  
**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

#### 4.5.4. Condensadores del Inversor.

Se encuentran dispuestos en un paquete sellado muy estable. Estos componentes están involucrados en la etapa de elevación de la potencia, manipulación de los Motores Generadores, y recarga de las baterías de Alta Tensión. Son un elemento importante para el manejo de potencia y disipación.

Figura 4.5.

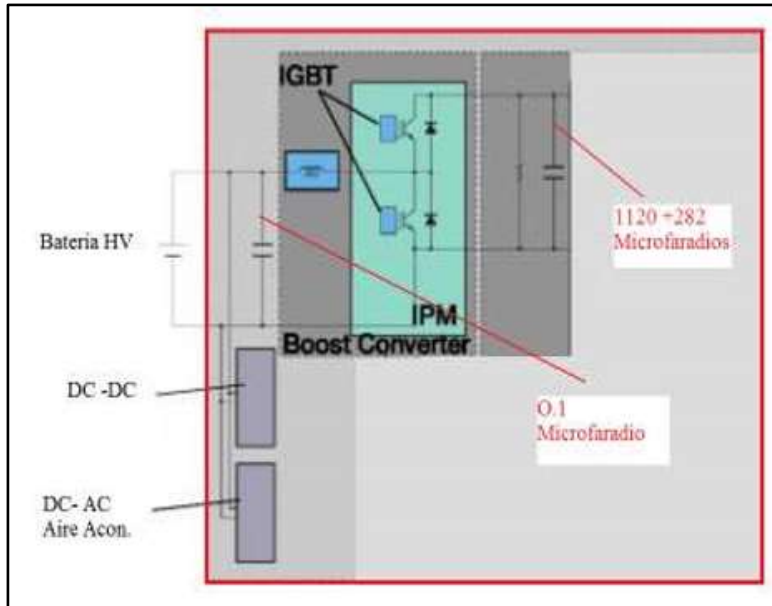


**Figura 4. 5** Condensadores del sistema inversor.

**Fuente:** Cise electronics.

**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

Los valores de los condensadores se encuentran estipulados en la etiqueta del mismo, para los condensadores que se encuentran entre la batería de alta tensión y el módulo IPM un valor de 0.1 Microfaradios, para los condensadores que se encuentran después del Booster y antes del circuito inversor de los motores generadores, cabe mencionar que es una sumatoria de dos condensadores en el mismo paquete, un valor de 1120 Microfaradios y otro de 282 Microfaradios. Figura 4.6.



**Figura 4. 6** Diagrama del condensador del sistema inversor.

**Fuente:** Cise electronics.

**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

#### 4.5.5. Conjunto de resistencia Inversor.

Esto conjunto de resistencia forma parte de circuito RC (resistencia condensador) su utilización es muy importante ya que de no existir los capacitores permanecerían mucho tiempo cargados luego de una condición OFF del vehículo, esto podría provocar danos al sistema. Figura 4.7.

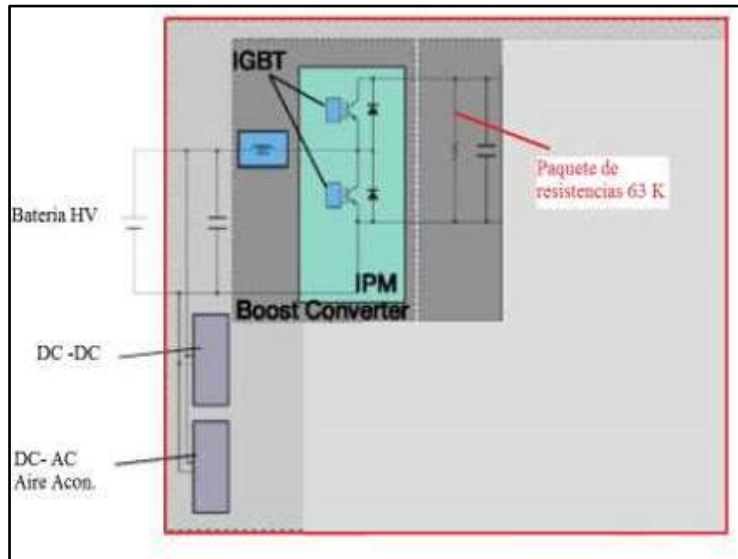


**Figura 4. 7** Conjunto de resistencias.

**Fuente:** Cise electronics.

**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

Este paquete de resistencias se encuentra en un circuito paralelo que le permite disipar más el calor y su valor es de 63 Kohm aproximadamente. Figura 4.8.



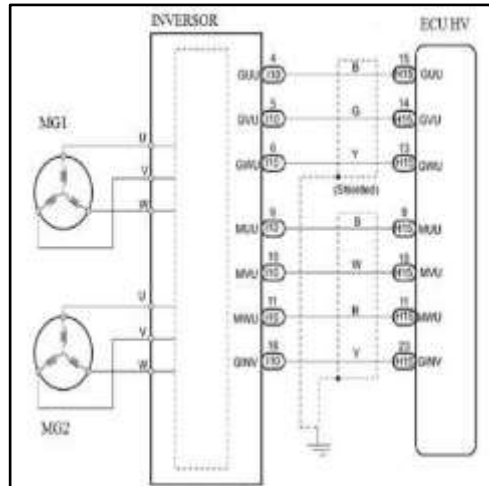
**Figura 4. 8** Diagrama del conjunto de resistencias.

**Fuente:** Cise electronics.

**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

#### 4.5.6. Generación de corriente alterna para el control de motores generadores.

DJFN Los motores generadores son motores trifásicos de corriente alterna, la conexión de cada uno de ellos es de tipo estrella, en relación a la rotación del motor sus movimientos se encuentran desfasados a 120 grados. Figura 4.9.



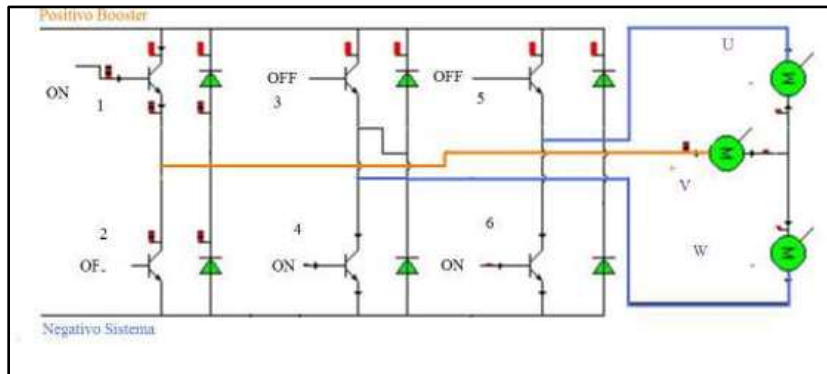
**Figura 4. 9** Generación de corriente alterna de los motores generadores.

**Fuente:** Cise electronics.

**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

Se puede apreciar en el grafico las tres fases U, V, W en cada una de ellas debe existir un flujo de corriente que cambie de sentido con relación al tiempo, la operación de generar la corriente alterna y desfazarla en el momento correcto la gestiona la ECU HV pero la potencia de este mecanismo está dada por el Inversor utilizando los transistores IGBT. Figura 4.9.

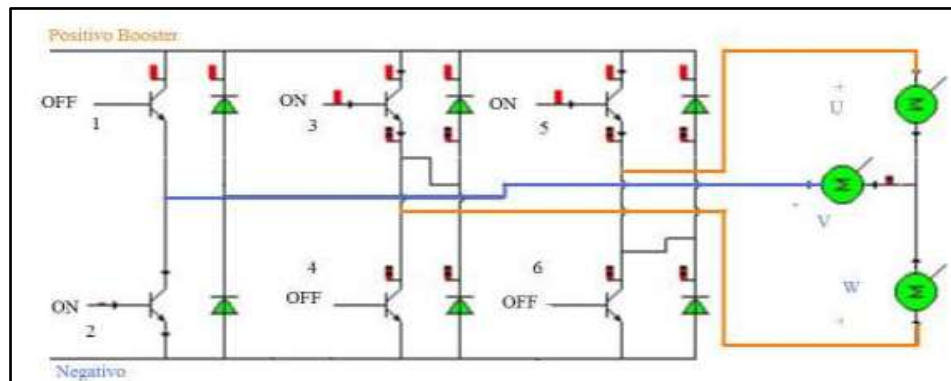
Se va a utilizar un motor DC (como bobina) para representar el arreglo de la Estrella de motor de tres fases. Si se observa la figura 4.10 se puede apreciar el conjunto de los transistores y la conexión de cada fase del motor.



**Figura 4. 10** Fase de los moto generadores.

**Fuente:** Angel V. Barros Calderón.

Para explicar el funcionamiento de los transistores IGBT, se tiene activos los transistores 1, 4, 6 de esta forma al activarse el N. 1 conmuta positivo que tomar por el colector y lo lleva directo a la fase V. Al mismo tiempo se observa que al activar el transistor N. 4 se conmuta negativo a la fase W, al estar activado el transistor N. 6 se coloca negativo en la fase U, si se quiere invertir la corriente sobre los Motores es necesario activar los transistores 2, 3, 5 y de esta forma al activarse el transistor N. 2 conmuta negativo a la fase V, la tensión negativa la toma por el emisor y lo conmuta a través del colector. Figura 4.11.



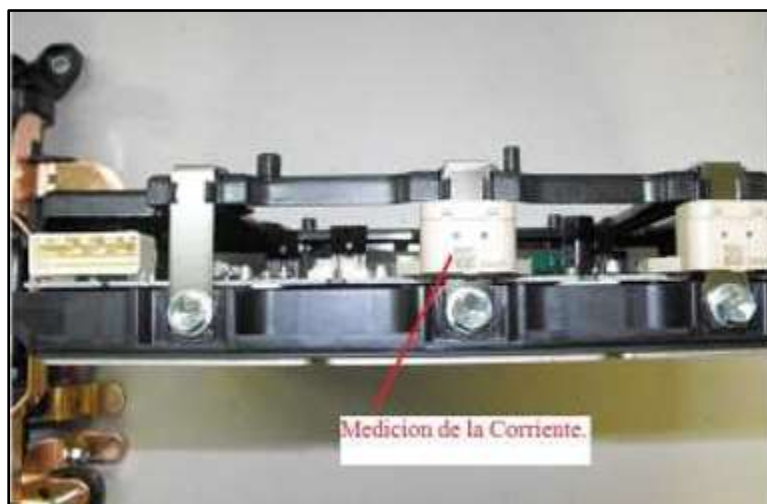
**Figura 4. 11** Fases de los motores generadores  
**Fuente:** Angel V. Barros Calderón

Al activarse el transistor N. 3 se aporta positivo a la fase V, el positivo lo tomar por el colector y lo transfiere a la fase a través del emisor, en el momento que se activa el transistor N. 5 este conmuta positivo para la fase U, este lo toma por el colector y lo pasara a la fase a través del emisor. Las líneas rojas en la gráfica representan positivo y las azules negativo. Figura 4.11.



Como se puede apreciar en los dos grupos de activaciones se logran invertir las polaridades sobre las bobinas, al invertir las polaridades, realmente se realiza la inversión en la corriente que circula por las mismas con lo que se consigue una corriente alterna, la frecuencia de operación será la frecuencia a la cual se activen los transistores y las características en la secuencia de la activación es la que permite el desfase a 120 grados en los motores.

Toda esta operación la realiza el módulo HV pero la potencia del sistema la maneja el inversor con los transistores IGBT. Existen varios parámetros que el módulo HV verifica, por ejemplo la temperatura de los motores o el inversor y la corriente que toman los mismos, estos datos se pueden apreciar en el scanner, pero el sistema incorpora novedosos mecanismos en su interior que permiten evaluar estos parámetros. En el interior del inversor se aloja un sensor encargado de medir la corriente interna de los circuitos. Figura 4.12

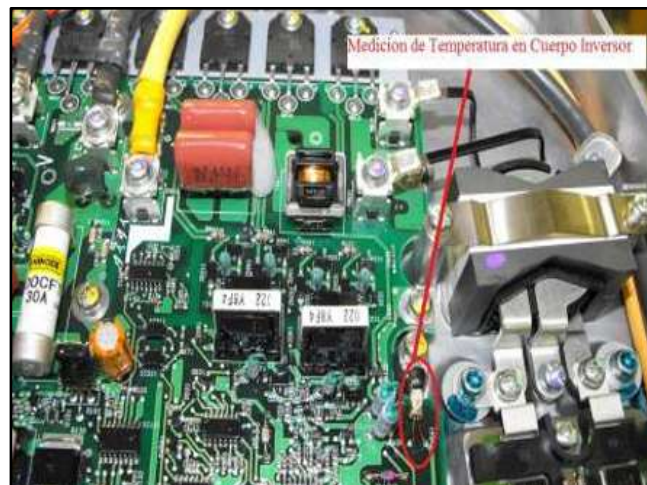


**Figura 4. 12** Sensor de medición de la corriente interna.

**Fuente:** Cise electronics.

**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

Como complemento al sensor de corriente el sistema HV puede evaluar la temperatura Interna del circuito del Inversor o los Motores, para ello se puede apreciar uno de estos sensores. De existir un daño en alguno de ellos podría generar un malfuncionamiento generando un DTC hasta el punto que se active el protocolo de emergencia y deshabilite el sistema e inhiba el movimiento del vehículo. Figura 4.13



**Figura 4. 13** Sensor de temperatura interna del Inversor.

**Fuente:** Cise electronics.

**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

#### **4.5.7. Convertidor DC – DC.**

Durante la concepción de este modelo híbrido se tenía muy claro que el motor de combustión interna no iba a trabajar todo el tiempo, por ello colocar un Alternador sería una carga innecesaria para el vehículo. Sin embargo aún existía la necesidad de suplir de energía el sistema general de 12 V, por esta razón dentro del conjunto inversor existe un circuito que es capaz de tomar la tensión de batería de alto voltaje y reducirla hasta la tensión de 12 V DC. Esta reducción se logra a través del inversor, pero debe ser capaz de manejar alto amperaje.

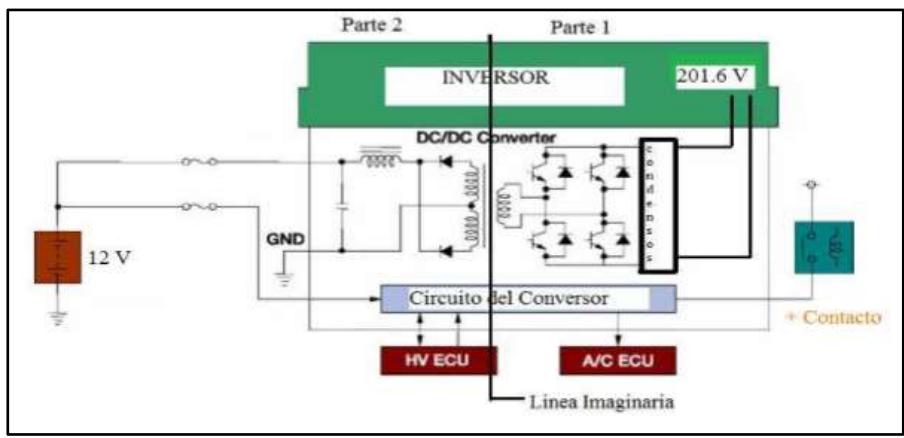
De esta forma el convertor DC – DC es capaz de colocar este amperaje en una batería de 12 V similar a la de cualquier vehículo, pero un aspecto importante es que la batería de 12 V nunca colocar algún tipo de carga a la batería de Alta tensión.

A medida que existan consumos importantes en el vehículo, se comenzara a descargar la batería de 12 V y en este momento la de 220 V empezara a suplir esta deficiencia, pero si la batería de alta tensión se descarga de un 30% a un 25% es necesario que el motor de combustión interna se encienda y empiece a cargar la batería de alta tensión. Cabe mencionar que el motor de combustión interna no se enciende utilizando la batería de 12 V. Figura 4.14.



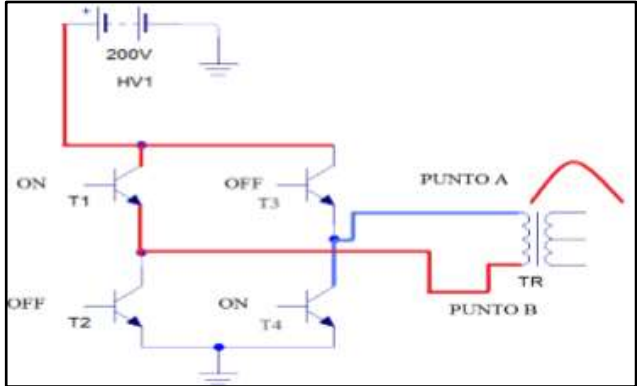
**Figura 4. 14** Batería del sistema auxiliar de 12 V.  
**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

La batería de 12 V está ubicada en la parte posterior derecha del vehículo. Dentro del inversor existe un circuito diseñado el cual realiza la función de reducción de la tensión, siempre tomando la tensión de la batería de Alto Voltaje. Figura 4.15.



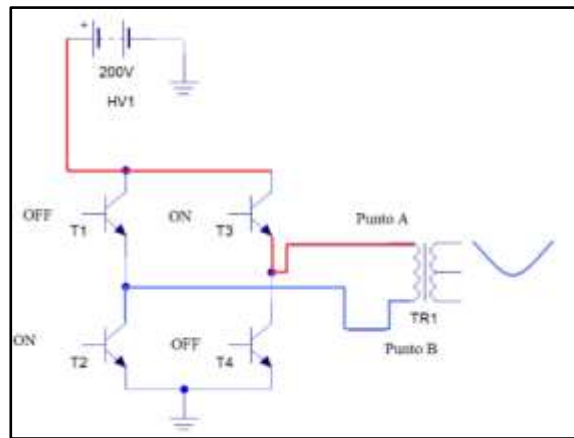
**Figura 4. 15** Circuito de carga para la batería auxiliar.  
**Fuente:** Cise electronics.  
**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

Para analizar este circuito se trazó una línea imaginaria como se muestra en la figura 4.15, se divide en dos partes: en la primera parte existe un conjunto de transistores de potencia MOSFET que comandan alternando la corriente para la bobina parte 1 (transformador). Con este efecto se induce corriente alterna a la parte 1. La bobina de la parte 1 tiene un punto medio que va a masa y dos diodos en los extremos que funcionan como rectificadores de onda completa, al entrar la corriente alterna a la parte 2 la onda generada es negativa. La rectificación se completa con un filtrado realizado por la inductancia en serie y el condensador de filtrado. Figura 4.16.



**Figura 4. 16** Transformación de corriente.  
**Fuente:** Angel V. Barros Calderón.

Se puede observar que al activarse T1, este transistor (Mosfet) colocara la tensión positiva a la bobina en el punto B, esto lo realiza tomando el positivo por Drain y pasándolo a través de Source, en el Punto A de la bobina se tiene masa que fue colocada por el transistor T4, el cual toma masa por Source y la pasa a través de Drain, en esta condición la bobina se carga en un sentido como lo muestra la media Onda de color rojo, en ese momento los dos transistores no intervienen en la operación T2 y T3 los cuales permanecen OFF. Figura 4.17

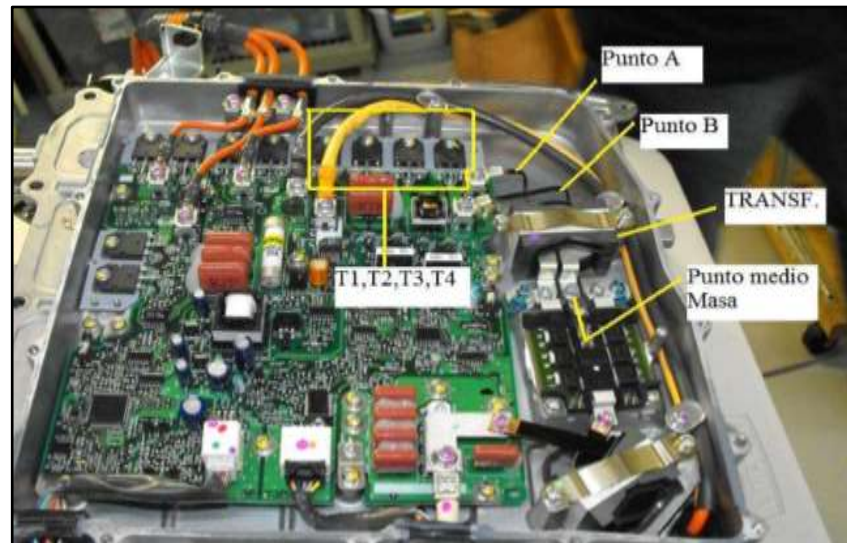


**Figura 4. 17** Generación de corriente alterna.  
**Fuente:** Angel V. Barros calderón.

Para generar la correspondiente alterna, el módulo de control híbrido (HV) debe activar los otros dos transistores T2 y T3 y desactivar los que anteriormente estaba ON de esta forma consigue invertir la polaridad sobre la bobina del transformador, controlando la frecuencia logra manipular la salida de tensión.

Se puede observar que T2 y T3 están activados por la unidad de control híbrido HV, T2 conmutara masa, la cual tiene en source permanente, esta ira al punto B de la bobina y T3 al ser activado por la unidad de control híbrido conmutara positivo al punto A de la bobina, esta señal se toma por Drain y lo pasa

al punto A, a través de source, invirtiendo de esta forma la polaridad con respecto al evento anterior. A medida que exista más frecuencia con la serie de activaciones en los Gates de los transistores se aumenta la frecuencia de campo magnética que pasara a la parte 2 del circuito. Figura 4.18

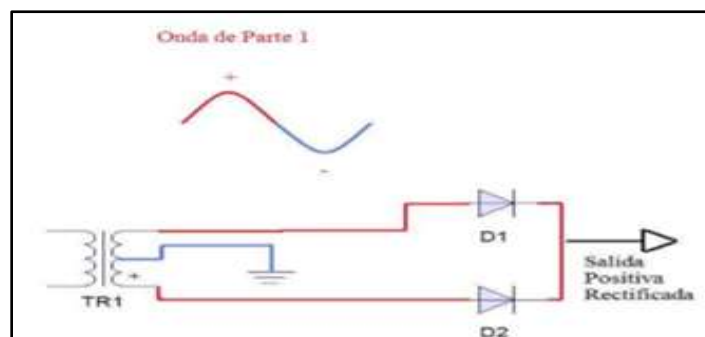


**Figura 4. 18** Transistores internos del circuito del inversor.

**Fuente:** Cise electronics.

**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

En la segunda parte del circuito la corriente alterna que se obtiene de la parte 1 es inducida a un bobinado y rectificada por los diodos. La operación eléctrica de estos componentes está basada en la capacidad de los elementos dentro del mismo. Figura 4.19



**Figura 4. 19** Generación de corriente alterna.

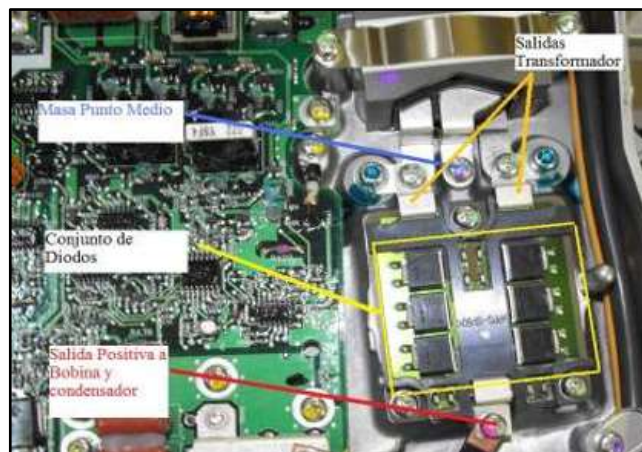
**Fuente:** Cise electronics.

**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.



La onda proveniente de la parte 1 posee un componente positivo y uno negativo, al ser inducido por el transformador, existe una relación de espiras que reduce la tensión, pero sigue siendo alterna, es en ese momento cuando la parte negativa toma el camino a masa y la positiva pasara a través del paquete de diodos, polarizando los mismos.

Aunque la gráfica muestra un solo diodos, el paquete está formado por 12 Diodos agrupados en dos partes, cada sección contiene seis de ellos. En la figura inferior se muestra el detalle del conjunto.

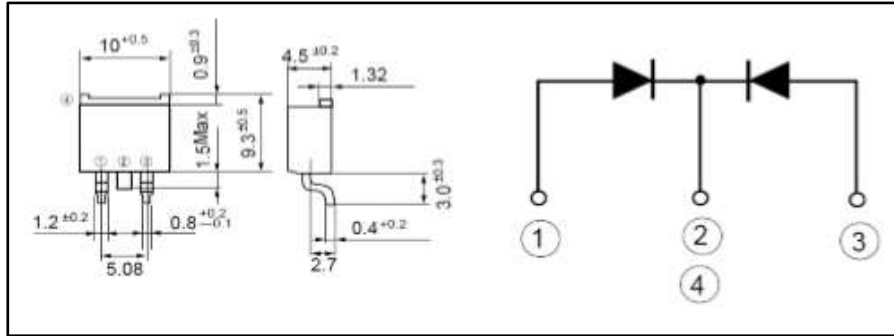


**Figura 4. 20** Paquetes de diodos del inversor.

**Fuente:** Cise electronics.

**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

En la Figura 4.20 se puede apreciar una placa sobre la cual están colocados seis diodos, pero cada placa contiene en su interior dos diodos en un encapsulado de montaje superficial. La capacidad de los diodos es de 200 V (inversa) y de 20 A (directa), de esa forma la corriente de salida a bobina queda distribuida entre estos diodos para una mejor capacidad de conducción. Este tipo de diodos tienen aplicaciones de Potencia en etapas de rectificación. Figura 4.21.

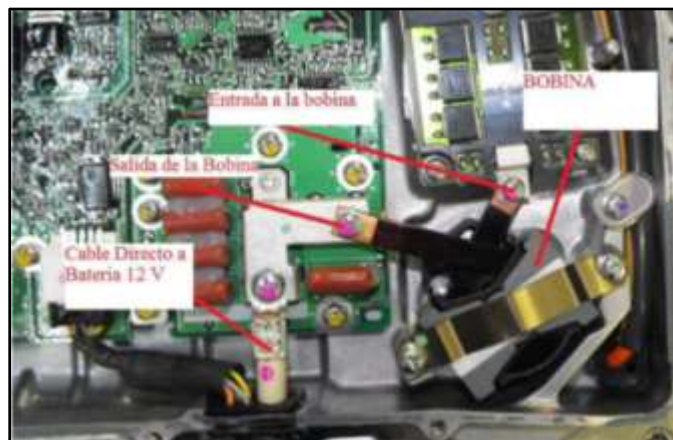


**Figura 4. 21** Circuito interno de los diodos.

**Fuente:** Cise electronics.

**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

En la figura 4.22 se puede observar una bobina en serie, este elemento tiene una potencia muy importante, se puede apreciar la capacidad física que presenta, cualquier conexión en mal estado podría generar un punto resistivo fatal.



**Figura 4. 22** Vista física de la bobina del inversor.

**Fuente:** Cise electronics.

**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

#### 4.6. Circuito inversor para el sistema de aire acondicionado.

Debido a la operación del motor de combustión interna en el vehículo híbrido, existen momento en que el vehículo está en marcha pero el motor detenido. Por este motivo el funcionamiento del aire acondicionado tuvo que ser mejorado ya que en las primeras versiones del Prius el motor de combustión

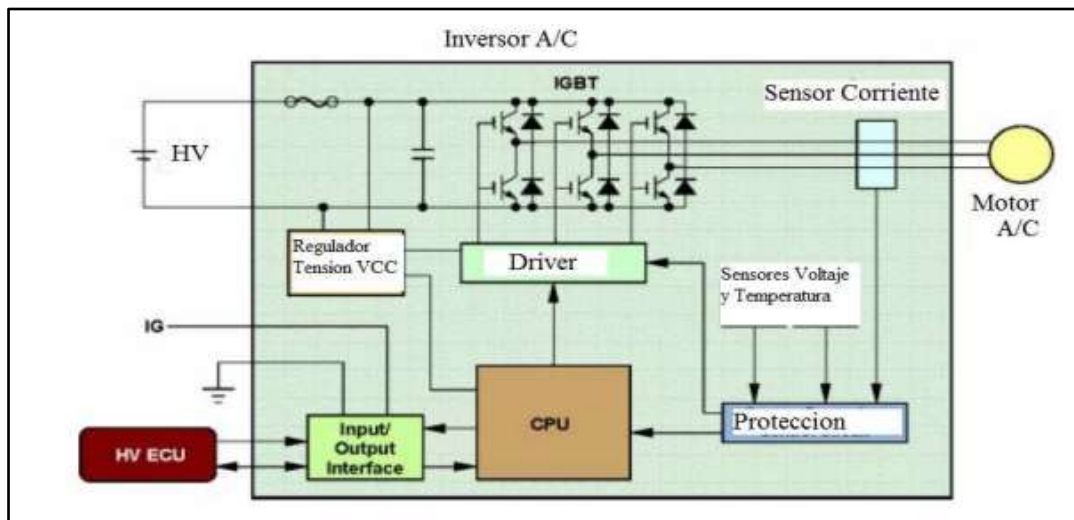


interna se mantenía encendido mientras el aire acondicionado no haya sido apagado.

Para solucionar este inconveniente se usa un motor trifásico que es manejado a frecuencia variable para las diferentes condiciones de enfriamiento. Este sistema le permite al aire acondicionado funcionar independientemente si el motor de combustión interna esta encendido o apagado.

Para la operación de este motor, se utiliza un sistema inversor similar al utilizado para la operación de los Motores Generadores MG; pero en este caso se no requiere de una etapa de recarga ni un módulo IPM. Debido a que este sistema trabaja con la tensión de la batería de 220 V.

El sistema de control está dispuesto por la ECU del sistema híbrido y para su operación el sistema evalúa parámetros importantes como la tensión, la corriente y la temperatura. Se emplean transistores IGBT para la etapa de potencia. Figura 4.23.

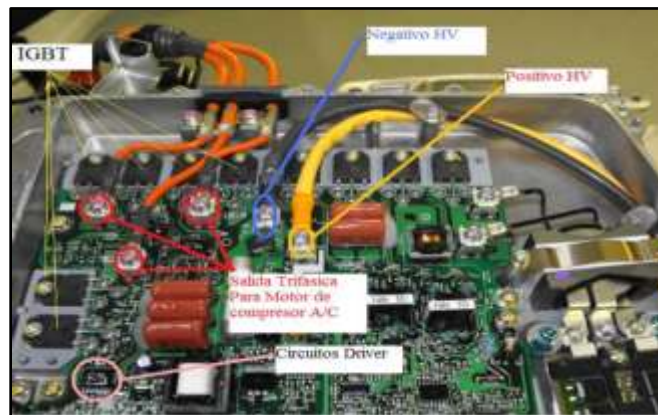


**Figura 4. 23** Circuito del aire acondicionado.

**Fuente:** Cise electronics.

**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

Para operar los IGBT utiliza un integrado Driver y para poder operar requiere un regulador especial de tensión VCC (voltaje alimentación electrónica) este módulo no solo se dedica a la Potencia; procesa datos y requiere una comunicación permanente con la ECU del sistema híbrido. Emplea una interface que maneja la tensión de la batería de 12 V y la tensión de la batería de 206 V. Ambos sistemas no manejan los mismos niveles de tensión y no guardan relación con ninguna masa en común. Figura 4.24.



**Figura 4. 24** Transistores IGBT.

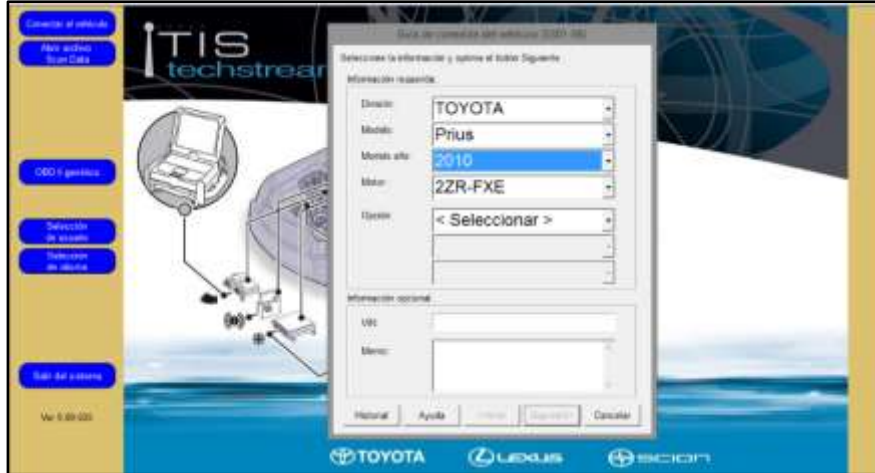
**Fuente:** Cise electronics.

**Editado por:** Angel V. Barros Calderón.

#### **4.7. Resultados obtenidos durante prueba de servicio.**

Se realizó esta prueba en los talleres del centro de la Universidad Internacional del Ecuador extensión Guayaquil, para esta investigación se utilizó el software TeachStream el cual nos permitió acceder a la información del vehículo. Figura 4.25. El inversor es un componente que se encuentra contenido en el sistema de control híbrido de la computadora, la cual gobierna las operaciones del mismo y puede así manipular las tensiones que pasan a través de los diferentes componentes.

En este software es importante introducir los datos de búsqueda para que la comunicación que se efectúa sea la más apropiada ya que los parámetros varían dependiendo del año y modelo.



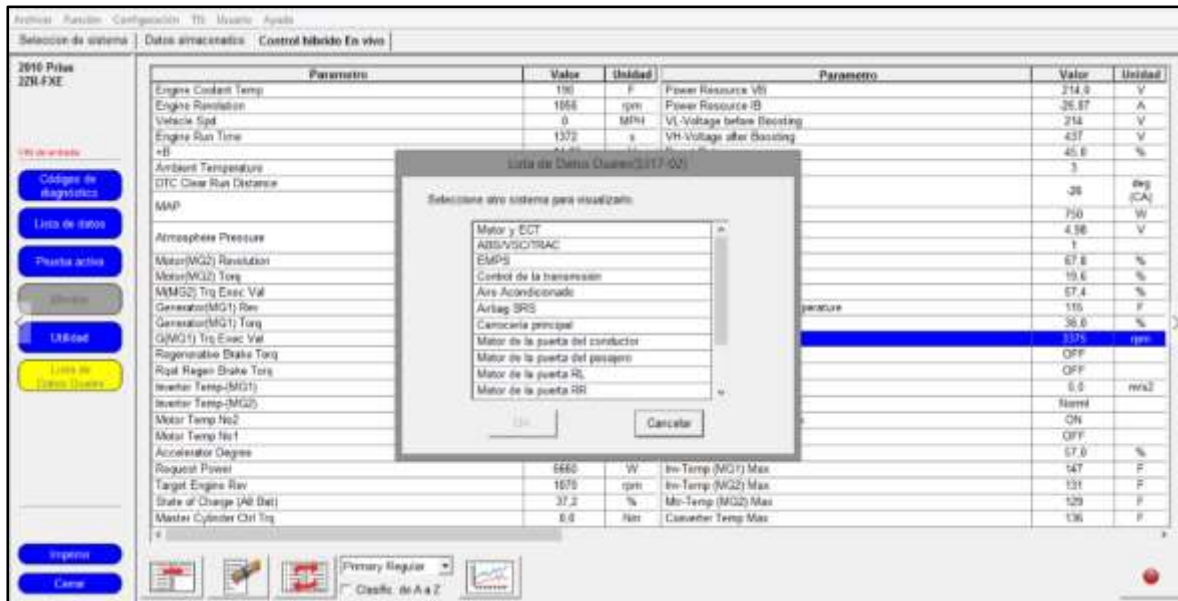
**Figura 4. 25** Ingreso al sistema TeachStream.  
**Fuente:** Angel V. Barros Calderón.

Para el sistema de control híbrido, la supervisión de los componentes eléctricos y electrónicos es fundamental ya que por las tensiones que manejan son elementos que están sometidos a temperaturas variables. Un cambio muy brusco en su temperatura puede variar su capacidad resistiva y por ende afectar al resto de componentes. Figura 4.26.

Parameter	Value	Status	Parameter	Value	Status
Engine Coolant Temp	191	F	Power Reserve VB	157.3	V
Engine Revolution	2112	rpm	Power Reserve ID	13.21	A
Vehicle Spd	0	km/h	V1 Voltage before Boosting	330	V
Engine Run Time	389	s	V1 Voltage after Boosting	483	V
48	51.85	V	Boost Ratio	55.5	%
Ambient Temperature	82	F	Drive Condition ID	3	
DTC Clear Run Distance	0	mi	Crash Position	48	deg
MAT	0	percentage	A/C Consumption Per	336	W
Atmosphere Pressure	0	atmosphere	Shift Wake Highest Val	4.98	V
Motor(MG1) Revolution	0	rpm	Rate of Current Gate	0	%
Motor(MG2) Torq	-5.07	Nm	Calculus Lead	75.0	%
Motor(MG2) Torq Error Val	-0.09	Nm	Thruster Position	17.0	%
Generator(MG1) Torq	8819	rpm	DCDC On Tar Pulse Duty	57.3	%
Generator(MG2) Torq	-5.00	rpm	Internal Cooling Water Temperature	113	F
GM/GM1 Torq Error Val	-0.96	Nm	Cooling Fan ID	35.0	%
Regenerative Brake Torq	0.3	Nm	Temperature of Inverter	50.0	rpm
Road Regen Brake Torq	0.8	Nm	Frictional DCDC error sig	OFF	
Inverter Temp(MG1)	111	F	EV Request	OFF	
Inverter Temp(MG2)	103	F	Gradient of Road Surface	0.0	mm/s
Motor Temp Inlet	142	F	Parent Start by Inverter	Normal	
Motor Temp No1	126	F	Inverter Communication	OK	
Accelerator Degree	37.3	%	Water Switch	OFF	
Request Power	6	W	DOC after IG-On	57.8	%
Target Engine Run	1800	rpm	In-Temp (MG2) Min	147	F
State of Charge (SOB) Bat	43.9	%	In-Temp (MG2) Max	131	F
Motor Cylinder (Cyl Torq)	-3.8	Nm	Motor Temp (MG2) Max	129	F
			Conversion Temp Min	116	F

**Figura 4. 26** Control Híbrido.  
**Fuente:** Angel V. Barros Calderón.

El inversor es un componente cuyo funcionamiento esta intrínsecamente relacionado con diferentes sistemas y por ello la computadora del sistema híbrido analiza el estado de los diferentes sistemas para poder emitir un criterio de las necesidades energéticas del vehículo, así mismo se encarga de aprovechar el frenado regenerativo y almacenar la energía generada a las baterías de alta tensión. Esta información se clasifica como datos Duales, es decir la manera en como el inversor interactúa con otros elementos esta información llega a la ECU HV para poder administrar el flujo de corriente.



**Figura 4. 27** Datos duales del inversor  
**Fuente:** Angel V. Barros Calderón

A continuación explicaremos la interpretación de los datos duales y la manera en que estos se relacionan con el funcionamiento del inversor.

- **Motor y ECT.**

Esta información se utiliza para informar el estado del vehículo, si esta encendido o pagado; aquí además se puede interpretar el estado en el que se encuentra el motor de combustión interna y sus respectivos sensores. En caso de que el motor de combustión este encendido, la ECU HV puede interpretar dos situaciones importantes: la primera es que el motor esta encendido para cargar la batería del sistema híbrido; la segunda es que el vehículo este en marcha con el motor de combustión interna y necesita mayor potencia, para ese caso la ECU HV podría destinar un mayor flujo de corriente hacia los motores generadores supliendo así la necesidad de potencia del usuario. Figura 4.28.

Lista de Datos Duros					
Control Hybrid					
Parametro	Valor	Unidad	Parametro	Valor	Unidad
Engine Coolant Temp	192	F	Motor(MG2) Revolution	0	rpm
Engine Revolution	1056	rpm	Motor(MG2) Torq	-16.25	Nm
Vehicle Spd	0	MPH	M(MG2) Trq Exec Val	-15.75	Nm
Engine Run Time	106.7	s	Generator(MG1) Rev	3840	rpm
HiB	14.12	V	Generator(MG1) Torq	-16.50	Nm
Ambient Temperature	82	F	G(MG1) Trq Exec Val	-14.25	Nm
DTC Clear Run Distance	0	mi	Regenerative Brake Torq	0.0	Nm
MAP	-5	psi(gaug)	Rptd Regen Brake Torq	0.0	Nm
Atmosphere Pressure	-0	psi(gaug)	Inverter Temp-(MG1)	145	F
			Inverter Temp-(MG2)	117	F
			Motor Temp No2	145	F
Motor y ECT					
Parametro	Valor	Unidad	Parametro	Valor	Unidad
Vehicle Speed	0	MPH	Initial Engine Coolant Temp	141.1	F
Engine Speed	1070	rpm	Initial Intake Air Temp	133.2	F
Calculate Load	63.1	%	Battery Voltage	14.179	V
Vehicle Load	32.1	%	Throttle Sensor Volt %	19.2	%
MAP	6.15	psi(gaug)	Thrott Sensor R2 Volt %	51.3	%
Atmosphere Pressure	-1	psi(gaug)	Throttle Idle Position	OFF	
MAP	18	psi	Throttle Regain Position	0.567	V
Coolant Temp	192	F	Throttle Sensor Position	1.9	%
Intake Air	131	F	Throttle Position No 1	0.957	V
Engine Run Time	1060	s	Throttle Position No 2	2.558	V
			Throttle Position Command	0.957	V

**Figura 4. 28** Información del Motor y ECT  
Fuente: Angel V. Barros Calderón

- **EMPS (Sistema de dirección eléctrica)**

Este sistema es empleado para determinar el estado de carga de la batería auxiliar y sus requerimientos energéticos, de esta manera la ECU HV puede

empezar la conmutación a través del inversor de la corriente de 201.6 V a 12 V.

Figura 4.29.

Lista de Datos Diales						
Control Albedo						
Parametro	Valor	Unidad	Parametro	Valor	Unidad	
Engine Coolant Temp	194	F	Motor(MG2) Revolution	3	rpm	
Engine Revolution	0	rpm	Motor(MG2) Torq	0.00	Nm	
Vehicle Spd	0	MPH	M(MG2) Trq Exec Val	0.00	Nm	
Engine Run Time	1936	s	Generator(MG1) Rev	0	rpm	
HiB	14.12	V	Generator(MG1) Torq	0.00	Nm	
Ambient Temperature	82	F	G(MG1) Trq Exec Val	0.00	Nm	
DTC Clear Run Distance	0	mile	Regenerative Brake Torq	0.0	Nm	
MAP	-0	psi(gaug #)	Rptd Regen Brake Torq	0.0	Nm	
Atmosphere Pressure	-0	psi(gaug #)	Inverter Temp-(MG1)	113	F	
			Inverter Temp-(MG2)	113	F	
			Motor Temp No2	154	F	
EMPS						
Parametro	Valor	Unidad	Parametro	Valor	Unidad	
Meter Vehicle Velocity	0.0	MPH	PIQ2 Voltage	14.259	V	
Motor Actual Current	-0.12	A	Motor Voltage	27.048	V	
Command Value Current	0.00	A	Motor Terminal Volt(U)	13.671	V	
Steering Angle Velocity	0	deg/s	Motor Terminal Volt(V)	13.720	V	
Thermistor Temperature	57.9	F	Motor Terminal Volt(W)	13.622	V	
PIG Power Supply	14.3219	V	Torque Sensor 1 Output	2.4570	V	
IG Power Supply	14.2234	V	Torque Sensor 2 Output	2.5155	V	
Steering Angle Sens Sig	NG(1)		TRQ1 Zero Point Value	2.4570	V	
Steering Wheel Torque	0.02	Nm	TRQ2 Zero Point Value	2.5155	V	
Motor Rotation Angle	314.204	deg	IG ON/OFF Times	0	times	
Command Val Current 2	-0.11	A	Motor Overheat Record	Unrec		

Figura 4. 29 Información del EMPS.  
Fuente: Angel V. Barros Calderón.

- Control de la transmisión

Esta información le permite conocer a la ECU HV la situación del vehículo, si se encuentra en movimiento o está detenido, en caso de que el motor de combustión interna se encuentre funcionando o apagado. Figura 4.30

Lista de Datos Diales						
Control Albedo						
Parametro	Valor	Unidad	Parametro	Valor	Unidad	
Engine Coolant Temp	188	F	Motor(MG2) Revolution	1	rpm	
Engine Revolution	0	rpm	Motor(MG2) Torq	0.00	Nm	
Vehicle Spd	0	MPH	M(MG2) Trq Exec Val	0.00	Nm	
Engine Run Time	2020	s	Generator(MG1) Rev	0	rpm	
HiB	14.68	V	Generator(MG1) Torq	0.00	Nm	
Ambient Temperature	82	F	G(MG1) Trq Exec Val	0.00	Nm	
DTC Clear Run Distance	0	mile	Regenerative Brake Torq	0.0	Nm	
MAP	-0	psi(gaug #)	Rptd Regen Brake Torq	0.0	Nm	
Atmosphere Pressure	-0	psi(gaug #)	Inverter Temp-(MG1)	111	F	
			Inverter Temp-(MG2)	111	F	
			Motor Temp No2	154	F	
Control de la transmisión						
Parametro	Valor	Unidad	Parametro	Valor	Unidad	
Shift Pos Display (P)	ON		# of Trq Cnts after Learn	232		
Shift Pos Display (Rst P)	OFF		Main Relay to Motor Drive	ON		
Master Coulter Display	Reset		U Phase Cnt-Carry Status	OFF		
PRN Indicator Mode	ON		V Phase Cnt-Carry Status	OFF		
U Phase Voltage Value	14.37	V	W Phase Cnt-Carry Status	OFF		
V Phase Voltage Value	14.68	V	U Phase Voltage Status	ON		
W Phase Voltage Value	14.53	V	V Phase Voltage Status	ON		
Battery Voltage Value	14.21	V	W Phase Voltage Status	ON		
IG+HiB Voltage Value	14.86	V	Battery Voltage Status	ON		
Enable of Learn Lock Pos	OK		IG+HiB Phase Vol Status	ON		
Enable of Learn Unlock Post	OK		ACC Condition Signal	ON		

Figura 4. 30 Sistema de control de la transmisión.  
Fuente: Angel V. Barros Calderón.





- Carrocería principal

Esta información se considera para la demanda energética de la batería auxiliar de la batería de 12 V. Figura 3.33.

Lista de Datos Dudosos					
Control Motor					
Parametro	Valor	Unidad	Parametro	Valor	Unidad
Engine Coolant Temp	192	F	Motor(MG2) Revolution	-2	rpm
Engine Revolution	0	rpm	Motor(MG2) Torq	0.00	Nm
Vehicle Spd	0	MPH	M(MG2) Trq Exec Val	0.00	Nm
Engine Run Time	3687	s	Generator(MG1) Rev	-1	rpm
+B	14.12	V	Generator(MG1) Torq	0.00	Nm
Ambient Temperature	82	F	G(MG1) Trq Exec Val	0.00	Nm
DTC Clear Run Distance	0	mile	Regenerative Brake Torq	0.0	Nm
MAP	-8	psi(gaug)	Rptd Regen Brake Torq	0.0	Nm
Atmosphere Pressure	-8	psi(gaug)	Inverter Temp-(MG1)	109	F
			Inverter Temp-(MG2)	109	F
			Motor Temp No2	156	F
Carrocería principal					
Parametro	Valor	Unidad	Parametro	Valor	Unidad
ACC SW	ON		FR Door Courtesy	ON	
IG SW	ON		FL Door Lock Pos	UNLOCK	
Parking Brake SW	OFF		FL Door Courtesy	OFF	
RR Door Courtesy SW	OFF		Back Door Open Handle SW	OFF	
RL Door Courtesy SW	OFF		RR Door Lock Pos SW	ON	
Back Door Courtesy SW	OFF		RL Door Lock Pos SW	ON	
Back Door Open	Permit		Dimmer SW	OFF	
D Seat Buckle SW	OFF		Passing Light SW	OFF	
Door Key SW Lock	OFF		Rear Fog Light SW	OFF	
Door Key SW Unlock	OFF		Front Fog Light SW	ON	
FR Door Lock Pos	UNLOCK		Auto Light SW	OFF	

**Figura 4. 33** Información de la Carrocería principal.  
Fuente: Angel V. Barros Calderón.



## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

#### 5. Conclusiones y recomendaciones.

##### 5.1. Conclusiones.

- Se investigo acerca de la historia del vehículo híbrido Toyota Prius y todas sus generaciones, se profundizaron los conocimientos acerca del sistema de funcionamiento del Toyota híbrido y de los sistemas que permiten la transformación de corriente continua a corriente alterna de tres fases tales como: El conjunto inversor, los transistores IGBT, y las tecnología de los transistores MOSFET.
- Se analizaron los sistemas de protección física y electrónica del conjunto inversor, tales como la toma de servicio en la batería, la cual interrumpe el paso de corriente hacia el inversor mientras se realizan pruebas; las configuraciones de los transistores, los cuales impiden el paso de la corriente en los circuitos internos. Los diferentes sensores internos del Inversor que le permiten a la ECU HV monitorear su temperatura interna. El sistema de refrigeración que mantiene al conjunto en una temperatura estable.
- Se realizó el proceso de desmontaje del conjunto inversor paso a paso y con recomendaciones de seguridad y se analizó cada componente para determinar cuál era su función.

- Se analizó el proceso electrónico y eléctrico de generación de corriente mientras los MG se encuentran en modo Generadores, y como esta corriente alterna fluye a través del inversor, el cual en su interior tiene un circuito destinado a la rectificación y transformación de corriente, y sea entregada a la batería de alta tensión en forma de corriente continua.
- Se realizaron pruebas de diagnóstico con el software Teachstream y la computadora personal determinándose el desempeño del conjunto inversor. Posterior a las pruebas, se procedió al análisis de la información determinándose que el conjunto inversor se encuentra en óptimas condiciones de funcionamiento y su comunicación con la ECU HV y demás sistemas es el adecuado. Al momento de la investigación se comprobó que el conjunto inversor no presenta ningún código de avería.

## **5.2. Recomendaciones.**

- Se recomienda que antes de realizar una práctica en el sistema inversor se use el adecuado equipo de protección para evitar accidentes tales como: descargas eléctricas o exposición de los ojos y piel ante el fluido refrigerante.
- Se recomienda instruir a los estudiantes de la Universidad Internacional del Ecuador extensión Guayaquil el funcionamiento del sistema inversor del Toyota Prius A y de todos sus componentes.
- Se recomienda manipular los elementos eléctricos y electrónicos con mucho cuidado debido a que mantienen corrientes almacenadas.
- Se recomienda, socializar el correcto uso de los softwares que permiten a las personas acceder a la información del vehículo para así aportar más a la comprensión de sus sistemas y que sirva como refuerzo pedagógico para los estudiantes de la Universidad Internacional del Ecuador extensión Guayaquil.
- Se recomienda a los estudiantes realizar pruebas y mediciones al sistema inversor del vehículo Toyota Prius A y de sus componentes.

## BIBLIOGRAFÍA.

- PÉREZ, Miguel Angel; Sistemas auxiliares del motor; Editorial Paraninfo, 2011.
- BOSCH; Los sensores del automóvil de Bosch; 1 edición 2012.
- Haynes Taller Chilton 2001 hasta 2012 - Manual de taller Servicio Reparación Toyota Prius.
- Asociación Española de Profesionales de Automoción (ASEPA) 2da Edición (2012) – Vehículos Híbridos y eléctricos
- Grupo Editorial CEAC, ceac del automóvil, editorial ceac S.A., Barcelona – España 2003
- M. Arias Paz, manual del automóvil, 55 edición, editorial CIE. Dossat S.A. Madrid España, 2004
- LEIVA ZEA, F. (1996). Investigación Científica. Quito: Ministerio de Educación Ecuador. 3. Toyota Prius, 2001-2008 (Manual de Reparaciones de Automóviles Haynes)

## GLOSARIO DE TÉRMINOS.

**ACTUADOR:** Recibe las señales del computador del vehículo, se denomina actuador a aquellos elementos que pueden provocar efectos sobre ciertos procesos automatizados.

**BOBINA.-** Un inductor o bobina es un componente pasivo de un circuito eléctrico que, debido al fenómeno de la autoinducción, almacena energía en forma de campo magnético.

**CAN-BUS.-** Can-Bus es un protocolo de comunicación en serie desarrollado por Bosch para el intercambio de información entre unidades de control electrónicas del automóvil. Can significa Controller Area Network (Red de área de control).

**DIS.-** Tipo de Encendido electrónico, que consta de sensores de posición del cigüeñal, unidad de control electrónico, bobina doble, sensor de temperatura del circuito de agua motor y sonda de temperatura de aire.

**ECM.-** Es una unidad de control electrónico que administra varios aspectos de la operación del motor.

**EFEECTO HALL.-** El efecto Hall consiste en la aparición de un campo eléctrico en un conductor cuando es atravesado por un campo magnético. A este campo eléctrico se le llama campo Hall.

**ETCS-i.-** Acelerador electrónico con control inteligente; consiste en un cuerpo de aceleración totalmente electrónico, el cual administra la entrada de aire al motor de manera inteligente, optimizando en todo momento el rendimiento de combustible y aumentando la respuesta del motor.

**HV ECU.-**Unidad de control del sistema Híbrido.- Es el centro de la operación híbrida, tiene el control total de la operación, comunica con todos los módulos importantes del sistema Híbrido, y controla de forma directa la electrónica del inversor.

**IAT.-** (Intake Air Temperature)El sensor IAT detecta la temperatura del aire entrante, se utiliza para la detección de la temperatura ambiente en un arranque en frío y la temperatura del aire de admisión mientras el motor calienta el aire entrante.

**INVERSOR.-** La función de un inversor es cambiar un voltaje de entrada de corriente continua a un voltaje simétrico de salida de corriente alterna, con la magnitud y frecuencia deseada por el usuario o el diseñador.

**MAF.** (Mass air flow)El sensor MAF está diseñado para medir el flujo de aire que ingresa al motor, este dato viaja hasta el ECM por medio de un cable el cual envía una señal de voltaje que cambia de acuerdo al flujo.

**MAP.-**(manifoldabsolutepressure)El sensor MAP es un sensor que mide la presión absoluta en el colector de admisión.Este sensor se encarga de informar a la ECU el estado de carga del motor y con esta información, la computadora se encarga de ajustar el avance del encendido y el enriquecimiento de la mezcla de combustible.

**MG1.-** Moto Generador 1, es el encargado de arrancar el motor de combustión, mover el vehículo, cargar la batería de alta tensión.

**MG2.-** Moto Generador 2, es el encargado de mover el vehículo, cargar la batería de alta tensión.

**PCV.-** Válvula (Ventilación Positiva del Carter) Esta válvula es la encargada de absorber los gases que se forman en el cárter.

**RESISTOR.-** Se denomina resistor al componente electrónico diseñado para introducir una resistencia eléctrica determinada entre dos puntos de un circuito.

**SENSOR.-** Dispositivo que recibe o responde estímulos como la luz, la temperatura, el nivel de radiación, presión, etc., usualmente envía una señal a un observador o a un instrumento de medición o de control.

**SOLENOIDE.-** Un actuador electromagnético que se compone de una bobina eléctrica.

**TPS.-** (throttle position sensor) El sensor de posición del acelerador (TPS) es un sensor utilizado para controlar la posición del acelerador.

**VSV.** La válvula VSV se utiliza para inhibir la operación de la Válvula EGR durante condiciones donde podría afectar de forma adversa el desempeño del motor.

**VVT-i.-** Tiempo de apertura de válvulas de admisión variable con inteligencia. Consiste en un mecanismo que permite adelantar o atrasar la apertura y cierre de las válvulas de admisión.

## ANEXOS.

### Guía para prácticas en el taller

GUÍA #1	
<b>Pruebas en el conjunto inversor</b>	
Fecha.....	
Estudiante.....Curso.....	
Docente.....Calificación.....	
<b>Tema:</b>	<b>Inspección externa del conjunto inversor</b>
<b>Objetivos:</b>	<b>Reconocer los componentes externos del conjunto inversor</b>
<b>Tipo de Actividad:</b>	<b>Práctica y análisis</b>
<b>Modalidad</b>	<b>Grupal</b>
<b>Equipo a Utilizar</b>	<b>Multímetro, Osciloscopio digital automotriz, equipo de seguridad.</b>
<b>DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES A REALIZAR</b>	
<b>ACTIVIDADES:</b>	
1.- Investigar las funciones de los instrumentos de medición utilizados.	
2.- Investigar sobre conceptos de voltaje, resistencia, corriente y frecuencia.	
3.- Reconocer el procedimiento de desconexión de la batería de alto voltaje.	
5.- Analizar las conexiones alrededor del inversor.	

**Recomendación:** realizar las prácticas en compañía de un docente de la Universidad y siempre con el equipo aislante adecuado.



### **Aspectos a considerar durante la práctica:**

- Inspeccionar el nivel de refrigerante en el depósito de refrigerante del inversor.
- Verificar el voltaje que recibe el inversor de la batería de alta tensión.
- Verificar el voltaje que envía el inversor a la batería de alta tensión mientras se aprovecha la energía producida por el frenado regenerativo.
- Inspeccionar que no hay un aumento resistivo por parte de los sockets del sistema de inversor.
- Verificar que el conjunto inversor funcione cuando se necesita mayor potencia en los moto-generadores.
- Inspeccionar que los componentes del conjunto inversor se encuentren en buenas condiciones y no exista componentes con fugas o sockets desconectados.
- Realizar pruebas de funcionamiento cada 8 meses a los componentes del conjunto inversor.

**Plan de mantenimiento por horas:**

Cada 50 horas					Operación a Ejecutar
Cada 500 horas					
Cada 1000 horas			Cada 2000 horas		
Cada 3000 horas					
					Inspección visual de los componentes.
					Controlar nivel de refrigerante.
					Controlar la presión en el sistema de refrigeración.
					Revisar y ajustar componentes.
					Controlar los parámetros de funcionamiento.
					Controlar cables y conexiones en buen estado.
					Revisar la existencia de códigos de averías (DTC)
					Comprobar resistencia en sockets.
					Limpiar o reemplazar sockets.
					Efectuar revisión interna de componentes.

**Aspectos considerados en este plan de mantenimiento:** Se consideró que el plan de mantenimiento por Kilometraje no era el adecuado para el vehículo Toyota Prius Híbrido modelo A del año 2010 ubicado en los talleres de la Universidad Internacional del Ecuador extensión Guayaquil debido a que es un vehículo de fines pedagógicos y pasará la mayor parte del tiempo sin mucha demanda de conducción; sin embargo los componentes podrían sufrir desgaste por el tiempo de uso en servicio durante demostraciones pedagógicas.