



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECANICA AUTOMOTRIZ**

**TEMA:**

**“ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL CONJUNTO DE MOTOGENERADORES DEL  
VEHÍCULO HÍBRIDO TOYOTA PRIUS A”**

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

**AUTOR:**

**RICHARD JAVIER MERCHÁN CÓRDOVA**

**GUAYAQUIL – AGOSTO 2015**

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**CERTIFICADO**

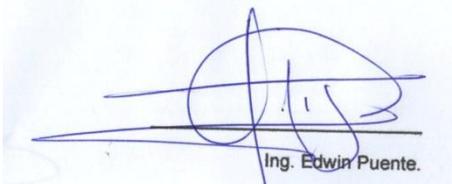
Ing. Edwin Puente Moromenacho

**CERTIFICA:**

Que el trabajo titulado **“ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL CONJUNTO DE MOTOGENERADORES DEL VEHÍCULO HÍBRIDO TOYOTA PRIUS A”** realizado por el estudiante **Richard Javier Merchán Córdova**, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple las normas estatutarias establecidas por la Universidad Internacional del Ecuador, en el Reglamento de Estudiantes.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, SI recomiendo su publicación. El mencionado trabajo consta de un empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat. Autoriza al señor Richard Javier Merchán Córdova, que lo entregue a biblioteca de la facultad en su calidad de cuestión de recursos y materiales bibliográficos.

Guayaquil, Agosto del 2015



Ing. Edwin Puente.

**DIRECTOR DE PROYECTO**

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Richard Javier Merchán Córdova**.

**DECLARO QUE:**

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

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría, apoyados 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



Richard Merchán Córdova

C.I. 0705500452

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Richard Javier Merchán Córdova**.

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

Guayaquil, Agosto del 2015



Richard Merchán Córdova

C.I. 0705500452

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por darme la fuerza, intelecto y capacidad de saber sobrellevar las adversidades que se presentaron durante mi periodo académico.

A mis padres Hernán Merchán Díaz y Marlene Córdova Córdova, así como también a mi hermana Julissa Merchán Córdova por ser ellos la pieza fundamental en mi vida, gracias a sus palabras de aliento, siendo ellas las bases de mi camino, tomándolas siempre como guía diaria para desenvolverme en el ámbito profesional.

A mi familia por ser quienes estuvieron presentes durante mi niñez y adolescencia, convirtiéndose en un apoyo incondicional.

Brindo una infinita gratitud a mis queridos maestros del Colegio Particular Mixto “Ciudad de Macará – Huaquillas”, los mismos que supieron encaminarme de la mejor manera. No obstante, agradezco a mis docentes/futuros colegas profesionales de la Universidad Internacional del Ecuador – Extensión Guayaquil, promotores que durante este corto periodo académico hicieron de mí un profesional digno de llevar en alto el nombre de mi Alma Máter.

## **DEDICATORIA**

Con mucho cariño dedico:

A mis padres

Este trabajo cual muestra de empeño, dedicación, esfuerzo para cumplir uno de mis objetivos propuestos, haciendo de mí un ser humano responsable y digno; capaz de enorgullecer a mi familia en los desafíos que se me presenten a lo largo de la vida.

## 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> .....	vii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xi
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	xiii
<b>RESUMEN</b> .....	xiv
<b>ABSTRACT</b> .....	xv
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	xvi
<b>CAPÍTULO I</b> .....	17
<b>PRELIMINARES: PLANTEAMIENTO Y OBJETIVOS</b> .....	17
1. Tema de investigación. ....	17
1.1. Planteamiento, formulación y sistematización del problema. ....	17
1.2. Objetivos de la investigación. ....	18
1.2.1. Objetivo general. ....	18
1.2.2. Objetivos específicos. ....	18
1.3. Justificación y delimitación de la investigación. ....	19
1.3.1. Justificación teórica. ....	19
1.3.2. Justificación metodológica. ....	19
1.3.3. Justificación práctica. ....	20

1.3.4. Delimitación temporal.....	20
1.3.5. Delimitación geográfica.....	20
1.3.6. Delimitación del contenido.....	21
1.4. Hipótesis de trabajo.....	21
1.4.1. Variables de hipótesis.....	21
1.4.2. Operacionalización de variables.....	22
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>23</b>
<b>MARCO TEÓRICO: ESTUDIO DE LOS MOTOGENERADORES DEL TOYOTA PRIUS.....</b>	<b>23</b>
2. Vehículo híbrido Toyota Prius.....	23
2.1. Historia y generalidades.....	24
2.1.1. ¿Cuál es el impacto del Toyota Prius hacia el planeta?.....	25
2.1.2. Ahorro en el consumo de combustible del Toyota Prius.....	26
2.2. Sistema del conjunto de Motores/generadores.....	26
2.3. Conjunto de motores/generadores del Toyota Prius.....	28
2.4. Aplicaciones varias del conjunto de Motores/generadores.....	31
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>32</b>
<b>ESTUDIO DEL CONJUNTO MOTORES/GENERADORES DEL VEHÍCULO HÍBRIDO TOYOTA PRIUS.....</b>	<b>32</b>
3. Motogeneradores del vehículo híbrido Toyota Prius 2010.....	32
3.1. Estructura.....	33
3.1.1. Sistema híbrido en serie.....	33
3.1.2. Sistema híbrido en paralelo.....	34
3.2. Características del MG2.....	39
3.3. Transeje híbrido.....	40
3.3.1. Unidad del transeje.....	41

3.3.2. Unidad de engranajes planetarios.....	42
3.3.3. Operación básica. ....	42
3.4. Sistema de enfriamiento (MG1, MG2 y para el inversor). ....	45
3.5. Diagrama del sistema.....	47
3.6. Motor de imán permanente. ....	48
3.7. Sensor de velocidad / separador.....	49
3.8. Cable de alimentación.....	50
3.9. Comprobaciones de los motores/generadores del Toyota Prius.....	51
3.9.1. Tipo de comprobaciones. ....	51
3.9.2. Descripción.....	51
3.9.3. Procedimientos.....	52
3.10. Parámetros del fabricante. ....	60
<b>CAPÍTULO IV.....</b>	<b>70</b>
<b>ANÁLISIS DEL CONJUNTO DE MOTOGENERADORES DEL PRIUS.....</b>	<b>70</b>
4. Elementos técnicos de pruebas. ....	70
4.1. Implementos de seguridad. ....	73
4.1.1. Medidas de precaución en el trabajo.....	73
4.1.2. Precaución en la inspección y mantenimiento de circuitos de alto voltaje.....	75
4.2. Análisis de parámetros resultantes. ....	79
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>81</b>
<b>DISEÑO DE LA PROPUESTA.....</b>	<b>81</b>
5. Toyota Prius Híbrido MODELo A 2010.....	81
5.1. Características del Prius. ....	82
5.2. Sistema del conjunto de los motogeneradores en el Toyota Prius 2010.....	85
<b>CAPÍTULO VI.....</b>	<b>87</b>

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	87
6.1. Conclusiones.....	87
6.2. Recomendaciones.....	89
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	91
<b>ANEXOS</b> .....	92
Mantenimiento para los motores eléctricos.....	92
Abreviaturas utilizadas en el proyecto.....	93
Guía de práctica para el estudiante.....	94

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Ubicación Geográfica UIDE – Extensión Guayaquil.....	20
Figura 2.1. Vehículo híbrido Toyota Prius. ....	23
Figura 2.2. Corte demostrativo del Transeje Híbrido y el MCI.....	28
Figura 2.3. Inversor de los MG. ....	31
Figura 3.1. Identificación de los motores/generadores. ....	32
Figura 3.2. Sistema Híbrido en Serie. ....	34
Figura 3.3. Sistema Híbrido en Paralelo.....	35
Figura 3.4. Descripción de los sistemas híbridos. ....	36
Figura 3.5. Funcionamiento de los Sistemas Híbridos. ....	36
Figura 3.6. Diagrama IPM. ....	38
Figura 3.7. Transeje híbrido. ....	40
Figura 3.8. Unidad de Transeje. ....	41
Figura 3.9. Unidad de engranajes. ....	42
Figura 3.10. Arranque del vehículo. ....	43
Figura 3.11. Conducción. ....	43
Figura 3.12. Motor a gasolina cargando la batería. ....	44
Figura 3.13. MG2 cargando la batería.....	44
Figura 3.14. Identificación de las ECU's principales del Toyota Híbrido. ....	45
Figura 3.15. Sistema de enfriamiento (MG1, MG2 y para el inversor). ....	46
Figura 3.16. Diagrama del Sistema. ....	47
Figura 3.17. Componentes del motor generador de imán permanente. ....	48
Figura 3.18. Sensor de velocidad / separador.....	49
Figura 3.19. Cable de alimentación.....	50

Figura 3.20. Medición de la presión del líquido de transeje.....	57
Figura 3.21. Tapón de la tapa de la bomba.....	58
Figura 3.22. Demostración de falla en la conexión con el vehículo.....	59
Figura 4.1. Toyota Prius A 2010.....	70
Figura 4.2. Cable Interfase.....	71
Figura 4.3. Conexión entre interfase / vehículo.....	71
Figura 4.4. Computadora DELL.....	72
Figura 4.5. Obteniendo datos del vehículo.....	72
Figura 4.6. Implementos de Seguridad.....	73
Figura 4.7. Toma de servicio.....	76
Figura 4.8. Comprobación de guantes incorrecta.....	77
Figura 4.9. Aislamiento de un cable de alta tensión.....	78
Figura 5.1. Toyota Prius 2010 – UIDE.....	85

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Variables de Hipótesis.....	21
Tabla 2.1. Descripción de los motores/generadores. ....	29
Tabla 3.1. Especificaciones del MG1. ....	33
Tabla 3.2. Especificaciones del MG2. ....	33
Tabla 3.3. Condiciones de funcionamiento del MCI y los MG. ....	37
Tabla 3.4. Especificaciones del sistema de enfriamiento del MG1 y MG2. ....	47
Tabla 3.5. Modo de inspección en la pantalla. ....	53
Tabla 3.6. Elementos de prueba. ....	54
Tabla 3.7. Medición de la presión del líquido de transeje.....	57
Tabla 3.8. Parámetros del fabricante del Toyota Prius 2010.....	60
Tabla 3.9. Parámetros del fabricante mediante prueba con el Techstream. ....	66
Tabla 4.1. Tipo de guantes aislantes según norma EN 60903. ....	77
Tabla 4.2. Parámetros del vehículo híbrido Toyota Prius 2010.....	79
Tabla 5.1. Características del Toyota Prius.....	82
Tabla 5.2. Descripción del motor de combustión interna (MCI).....	82
Tabla 5.3. Especificación de consumo de combustible. ....	82
Tabla 5.4. Especificaciones de dimensión y peso. ....	83
Tabla 5.5. Especificaciones del sistema eléctrico. ....	83
Tabla 5.6. Especificaciones de la batería híbrida. ....	83
Tabla 5.7. Especificaciones del motor eléctrico.....	84

## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo Analizar y verificar el conjunto de los motores/generadores del Toyota Prius A 2010, con la finalidad de dar paso al proceso de aprendizaje para los estudiantes de la Facultad de Ingeniería en Mecánica Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador – Extensión Guayaquil.

Se analiza las diferencias entre el funcionamiento del motor/generador MG1 y MG2, para lo cual se detalla que el MG1 trabaja durante el encendido del motor térmico como un motor de arranque y además como un generador para cargar la batería del vehículo híbrido. Sin embargo, el MG2 realiza el movimiento del vehículo a revoluciones bajas, como también cargando las baterías mediante el sistema de frenado.

Como conclusión, en el desarrollo de este trabajo realicé pruebas reales en el vehículo híbrido Toyota Prius 2010 a diferentes revoluciones con el fin de demostrar las condiciones de funcionamiento de los motores/generadores.

## **ABSTRACT**

This research aims to analyze and verify both of motors/generators from Toyota Prius A 2010, in order to give way to the learning process for students from the Automotive Mechanical Engineering Faculty of the (UIDE) International University of Ecuador, Guayaquil venue.

It is analyzing the differences between the operation of the motor/generator MG1 and MG2, so the MG1 works during the ignition of the thermic engine as a starter and also as a generator to charge the hybrid vehicle battery. By another hand, the MG2 moves the vehicle at low speeds, as well as charging the batteries through the braking system.

In conclusion, in this work I did real tests in the hybrid vehicle Toyota Prius A 2010 at different rpm in order to demonstrate the operating conditions of the motors/generators.

## INTRODUCCIÓN

Este proyecto es realizado considerando la escasa y no confiable información que existe acerca de la nueva tecnología de los motores/generadores de los vehículos híbridos en los medios de búsqueda, tales como la web y bibliotecas, colocando a los concesionarios como poseedores de los manuales de los automóviles, convirtiendo esto en un recurso no favorable para la investigación.

Considerando lo antes expuesto, este trabajo se realiza como guía alternativa de investigación para fines académicos y a la vez que sirva como base para promover otros estudios que se encuentren orientados al tema.

Dentro del análisis de los motores/generadores en el vehículo híbrido Toyota Prius A se destacan los parámetros como voltaje para su accionamiento, las revoluciones de los motores/generadores frente al motor de combustión interna, sistema de enfriamiento, así como también la temperatura de funcionamiento en diferentes condiciones.

# **CAPÍTULO I**

## **PRELIMINARES: PLANTEAMIENTO Y OBJETIVOS**

### **1. TEMA DE INVESTIGACIÓN.**

**“ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL CONJUNTO DE MOTOGENERADORES DEL VEHÍCULO HÍBRIDO TOYOTA PRIUS A”.**

#### **1.1. Planteamiento, formulación y sistematización del problema.**

Actualmente el Ecuador está dando apertura a nuevas tecnologías como fuentes de energía que contribuyan a la disminución de la contaminación ambiental y sobre todo la dependencia de combustibles fósiles, brindando como alternativa la obtención de vehículos que trabajen con una fuente de energía menos contaminante.

Este proyecto es realizado como guía alternativa de investigación para fines académicos al público en general y sobre todo para los estudiantes de la Facultad de Ingeniería en Mecánica Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador sobre el conjunto de los motores/generadores de Toyota Prius A y a la vez que sirva como base para promover otros estudios que se encuentren orientados al tema.

## **1.2. Objetivos de la investigación.**

### **1.2.1. Objetivo general.**

Realizar un estudio y análisis del conjunto motores/generadores del vehículo híbrido Toyota Prius A mediante una investigación junto con el manual del automóvil considerando la escasa información en el medio, mismo que servirá a su debido tiempo para fines académicos a la Universidad Internacional del Ecuador – Extensión Guayaquil.

### **1.2.2. Objetivos específicos.**

- a)** Analizar el funcionamiento de los motores/generadores del vehículo híbrido Toyota Prius a fin de brindar una información valedera.
- b)** Analizar las ventajas y desventajas para determinar mejoras.
- c)** Identificar las partes que componen al motor/generador del vehículo híbrido Toyota Prius.
- d)** Realizar pruebas y mediciones del componente y analizarlos con el manual del vehículo para verificación de parámetros.
- e)** Determinar el proceso de activación de los motores/generadores en el Toyota Prius.
- f)** Determinar los equipos de diagnóstico utilizados para las pruebas de los motores/generadores.
- g)** Verificar la complejidad del componente y la posibilidad en la que se pueda presentar un desperfecto.

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

#### **1.3.1. Justificación teórica.**

En la actualidad la tecnología va creciendo cada vez más de manera que lo que intenta lograr es brindar una mayor seguridad y confort para los usuarios, lo que hasta el momento ha resultado ser factible debido a la electrónica la cual tiene una elevada relatividad en los sistemas mecánicos, obteniendo con ello una mayor eficiencia.

El presente proyecto lo estoy realizando con la finalidad de que sirva como una fuente de indagación para la obtención de información sobre qué es un motor/generador, sus ventajas y desventajas, así como también el funcionamiento del mismo, considerando que estos componentes son altamente eficientes a la hora de alternar la corriente, compactos y de poco peso; todo este estudio llevado a cabo en el vehículo híbrido Toyota Prius A.

El estudio y análisis de esta investigación está basado en las fuentes bibliográficas, las cuales son un respaldo para el contenido expuesto, por ende la información será confiable y brindará fácil entendimiento al tema del proyecto.

#### **1.3.2. Justificación metodológica.**

Este trabajo es realizado mediante una investigación de campo por medio del formato que nos proporciona el fabricante del vehículo híbrido Toyota Prius A, mismo que nos servirá para analizar y estudiar el conjunto de motores/generadores.

### 1.3.3. Justificación práctica.

En el desarrollo del estudio espero obtener información que permita una introducción a los motores/generadores del Toyota Prius A de manera que sirva como base para comprender el funcionamiento correcto de los mismos.

### 1.3.4. Delimitación temporal.

La investigación se desarrollará durante el periodo comprendido del mes de Junio de 2015 al mes de Noviembre de 2015.

### 1.3.5. Delimitación geográfica.

El Estudio y Análisis del Conjunto Motogeneradores del Vehículo Híbrido Toyota Prius junto con la ponencia de este proyecto se llevará a cabo en las instalaciones de la Universidad Internacional del Ecuador ubicada en la parroquia Pedro Carbo en las calles Tomás Martínez 310 y Rocafuerte. Para mayor referencia ver el mapa de ubicación del sitio.



**Figura 1.1.** Ubicación Geográfica UIDE – Extensión Guayaquil.

**Fuente:** (Google Maps, 2015).

**Editado:** Richard Merchán Córdova.

### 1.3.6. Delimitación del contenido.

La investigación considera específicamente el Estudio y análisis del conjunto motores/generadores basado en el manual del vehículo híbrido Toyota Prius A y además considerando referencias adicionales de textos relacionados con los motores/generadores de los vehículos híbridos.

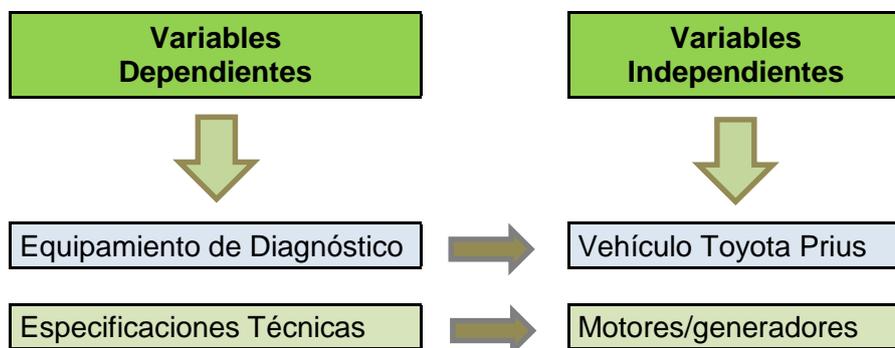
### 1.4. Hipótesis de trabajo.

La hipótesis de la investigación es: “La información obtenida durante las pruebas coincidirá con los datos proporcionados por el fabricante del Toyota Prius”.

#### 1.4.1. Variables de hipótesis.

- Variables dependientes: Equipos de diagnóstico y herramientas para el análisis de los motores/generadores, especificaciones técnicas.
- Variables independientes: El vehículo Toyota Prius y los motores/generadores.

Tabla 1.1. Variables de Hipótesis.



**Fuente:** Richard Merchán Córdova.

**Editado:** Richard Merchán Córdova.

#### **1.4.2. Operacionalización de variables.**

El equipamiento de diagnóstico descrito en las variables dependientes es necesario para obtener la información tanto del vehículo Prius como del motor/generador denominados variables independientes, así mismo como las especificaciones técnicas la cual nos brindará los datos reales del fabricante.

La mala utilización de los equipamientos de diagnóstico podría afectar al tener lecturas erróneas y por ende malas comparaciones con los datos del fabricante que alteren los resultados de la investigación.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO: ESTUDIO DE LOS MOTOGENERADORES DEL TOYOTA PRIUS

#### 2. VEHÍCULO HÍBRIDO TOYOTA PRIUS.

El vehículo Toyota Prius en la industria automotriz es uno de los automóviles más considerados e importantes con relación a vehículos híbridos. Este innovador vehículo tiene un gran realce en cuanto a la eficiencia del consumo de combustible, sin dejar a un lado la gran disminución en emisiones de CO<sub>2</sub> al medio ambiente, motivo por el cual estas son algunas de las características que lo han convertido en el vehículo híbrido más comprado del mundo.



**Figura 2.1.** Vehículo híbrido Toyota Prius.

**Fuente:** Taller de la Universidad Internacional del Ecuador – Extensión Guayaquil. (2015).

**Editado:** Richard Merchán Córdova.

El avance de la tecnología a nivel mundial permitió crear un vehículo que se adapte a las necesidades del medio ambiente y del hombre, el diseño del Prius va más allá de su elegante estructura, llegando a ser un automóvil inteligente, considerando su forma aerodinámica permite tener una excelente respuesta del motor y al mismo tiempo obtener un gran rendimiento con respecto al consumo de combustible, ya sea en carretera o ciudad.

Toyota desarrolla la tecnología para sus vehículos híbridos con un sistema compuesto por un motor de combustión interna, un motor eléctrico y una batería para el sistema híbrido que contribuye para el funcionamiento de este vehículo.

El Toyota Prius tiene una transmisión que permite optimizar el desempeño del vehículo y la eficiencia del consumo de combustible. El funcionamiento es muy particular ya que las marchas salen de un solo punto y regresan al mismo luego de haber sido colocada la marcha deseada. Una de las peculiaridades de este tipo de transmisión es el hecho que no se siente el paso de marcha a marcha, sensación normal en cualquier otro vehículo incluyendo los que poseen una transmisión automática convencional.

## **2.1. Historia y generalidades.**

El Toyota Prius es considerado como el primer automóvil híbrido que contó con un sistema en serie el cual fue lanzado en 1997 en Japón.

Durante la evolución en la historia del Prius, se han presentado tres generaciones hasta la actualidad:

- Primera Generación, es un modelo sedan cual fue lanzado a la venta en Japón desde 1997.
- Segunda Generación, en esta generación el vehículo muestra una estructura similar a la que circula actualmente considerando su aerodinámica y fue presentado en el 2003 y lanzado a la venta en el Ecuador en el 2005.
- Tercera Generación, es el tipo de vehículo que se muestra ahora en la actualidad el cual ha sido lanzado desde el 2009.

Vale destacar que mediante la evolución la tecnología se ha ido desarrollando con el fin de lograr y contribuir un aporte al medio ambiente con la reducción de consumo de combustible y emisiones de dióxido de carbono que afectan directamente a la ciudadanía en general.

### **2.1.1. ¿Cuál es el impacto del Toyota Prius hacia el planeta?**

© 2014 Red de concesionarios (CASABACA / IMPORTADORA TOMBAMBA / TOYOCOSTA), en *“catálogo del Toyota Prius”* menciona que: El Toyota Prius híbrido emite hasta un 60% menos gases contaminantes en comparación con vehículos convencionales. Es totalmente ecológico, empezando desde los materiales con los que está producido ya que éstos son biodegradables de alta resistencia. Tanto el sistema híbrido como estos elementos han ayudado a que el Toyota Prius sea un vehículo hasta un 150% más silencioso que un vehículo convencional.

Este vehículo fue diseñado con el principio de generar un vínculo directo entre el hombre, la naturaleza y la máquina. Cuenta con un modo de conducción eléctrico (Modo EV) el vehículo utiliza únicamente el motor eléctrico para su movimiento, al conducir de este modo no existe consumo de combustible, el nivel de ruido es 0 y las emisiones de gases contaminantes no existen.

### **2.1.2. Ahorro en el consumo de combustible del Toyota Prius.**

Este tipo de vehículo no necesita ser cargado por algún tipo de fuente de energía, ya que la batería del sistema híbrido se carga mediante un sistema de frenado regenerativo, el cual utiliza toda la energía cinética producida al momento del frenado. Para optimizar el consumo de combustible y de energía se cuenta con un modo de conducción conocido como Modo ECO, que al utilizarlo se siente que se reduce en un pequeño porcentaje el desempeño del vehículo pero se alcanza un alto ahorro de combustible y energía. Utilizar este tipo de conducción es la mejor opción para las congestiones dentro de la ciudad.

## **2.2. Sistema del conjunto de Motores/generadores.**

Una corriente eléctrica inducida en un conductor o alambre cuando se ponga en movimiento por un campo magnético es denominada inducción. Además es el soporte principal de la generación de poder. Los generadores industriales grandes son manejados por una fuerza externa como vapor o fuerza hidráulica (el agua). La energía real dentro de estas fuentes de entrada se convierte al girar con la fuerza que se usa para manejar las unidades del generador. Cabe recalcar que dentro de los generadores y motores híbridos, un generador también es un motor, y un motor también es un generador; es de ahí

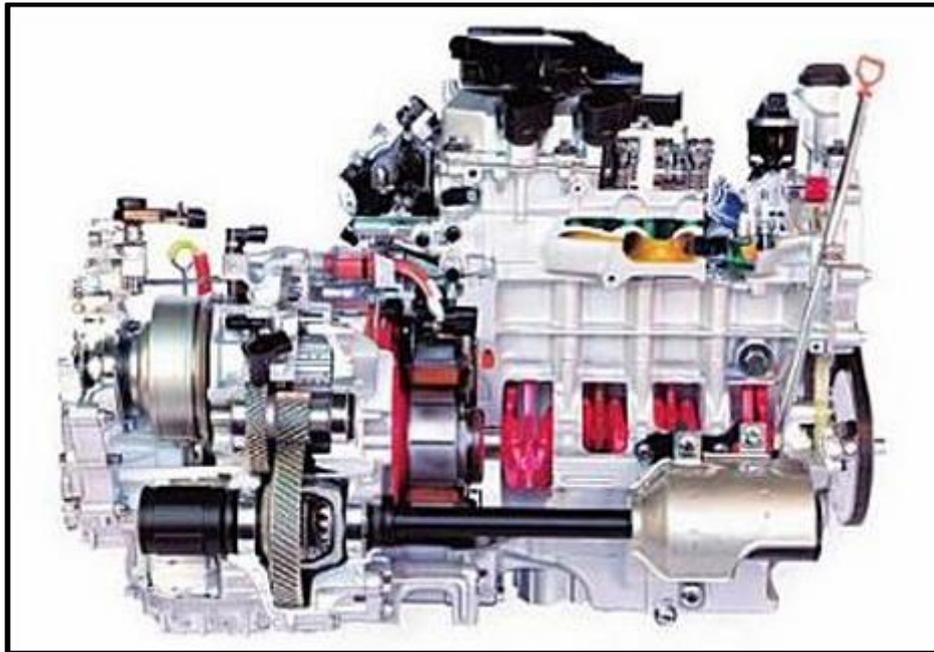
donde se forma el nombre de motores/generadores. Este concepto es muy importante siempre que se intente entender los elementos esenciales de funcionamiento del vehículo híbrido.

© 2006, 2010 por Mandy Concepción, en *“Sistemas híbridos avanzados. Vol. 1”* menciona que: En las aplicaciones industriales la parte interna de un motor o generador es el que realmente lleva los campos magnéticos. En el eje de motor eléctrico la parte que rota se llama la armadura y los rollos externos se llaman campo. La interacción entre el campo y la armadura es lo que hace el trabajo del componente entero y produce electricidad.

Un punto importante es que los motores eléctricos siempre tienen que usar un circuito eléctrico cambiante para operar adecuadamente. Es decir que todos los motores tienen que usar corriente alterna para operar. En el caso de un motor de corriente directa (DC) se usa un conmutador para cambiar la corriente directa. Este conmutador es una serie de barras de metal al final del eje. Al transferir la corriente eléctrica a través del carbono o cepillo por cada dos barras que se conectan a un bobinado de la armadura hace que funcione. Más aún eficaz que un motor de DC es el motor de CA. Los motores de corriente alterna (CA) todavía usan una armadura pero anulan el conmutador. Este también es una fuente general de problemas. A la CA se le conectan los rollos de la armadura del motor eléctrico al mundo externo a través de los anillos. Éste es el punto del contacto continuo a que el cepillo del carbono se conecta. El motor de CA usa corriente alterna cambiante del exterior al realizar su interacción magnética con los bobinados del campo.

### 2.3. Conjunto de motores/generadores del Toyota Prius.

Este vehículo cuenta con dos motores/generadores eléctricos. Son de similar construcción, pero de tamaño distinto. Los dos motores son sincrónicos trifásicos de imán permanente.



**Figura 2.2.** Corte demostrativo del Transeje Híbrido y el MCI en el Toyota Prius A.

**Fuente:** El vehículo eléctrico – Sociedad de Técnicos de Automoción. (2011). © De esta edición: Libbooks. Barcelona. SLL.

**Editado:** Richard Merchán Córdova.

Rotor (parte que hace girar al eje) no es más que un gran y potente imán, y no tiene conexiones eléctricas. El estator (parte que no se mueve y está unida al resto del coche) tiene tres bloques de bobinados. Cuando pasa la corriente en un sentido por uno de esos bloques, el rotor es atraído a una posición determinada, haciendo pasar la corriente de forma secuencial por cada bloque de bobinados, primero en un sentido y después en el otro, se puede mover el rotor de una posición a la siguiente y girar.

No obstante si el motor gira movido por una fuerza exterior, fluirá cierta corriente por cada uno de los bobinados, en secuencia, y se podrá utilizar para cargar la batería o alimentar el otro motor. Por tanto, el mismo dispositivo puede ser un motor o un generador, dependiendo de si se introduce corriente en los bobinados para atraer al imán del rotor o si se saca y es otra cosa lo que hace que gire el rotor.

**Tabla 2.1.** Descripción de los motores/generadores.

MOTOR/GENERADOR	DESCRIPCIÓN
MG1	Motor eléctrico MG1 carga la batería de alto voltaje y pone en marcha al motor térmico MT.
MG2	Motor eléctrico MG2 es el que arrastra el vehículo en todas las circunstancias, bien solo o bien cooperando con el MT, y hace la función de generador durante la frenada. Su alimentación es alterna trifásica. Transmite su par a la corona del tren epicicloidal, la cual es solidaria con el piñón de arrastre de la cadena.

**Fuente:** Toyota S.A., 2009.

**Editado:** Richard Merchán Córdova.

Cabe indicar que los motores/generadores eléctricos funcionan con corriente alterna trifásica y la batería del Prius produce corriente continua, por lo que es necesaria una electrónica que haga esa conversión; es por ello que cada MG tiene un "inversor" que realiza esta función.

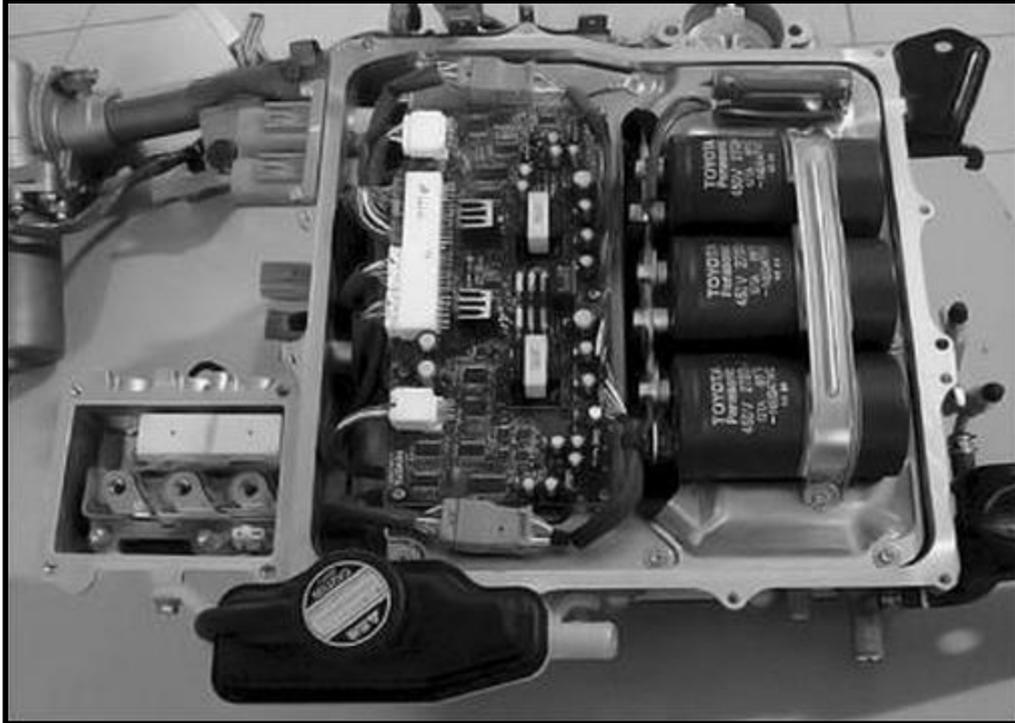
El motor/generador No. 1 del Toyota Prius se encarga de generar carga que se distribuye entre la batería y el motor/generador No. 2 y el motor/generador se encarga de alternar con el motor de combustión interna el movimiento del vehículo, en marcha hacia adelante y hacia atrás (Reversa), toda la gestión de

funcionamiento es controlada por la unidad de control del sistema híbrido ECU HV.

Una de las estrategias que posee el motor MG2 es la de funcionar como generador de corriente para restablecer carga a la batería. En el caso del MG2 solo lo realiza durante el frenado lo que se denomina como freno regenerativo, es decir cuando el vehículo comienza a bajar velocidad el motor/generador No. 2 toma la energía cinética de la disminución de velocidad y la transforma en energía eléctrica que luego mediante el sistema inversor va a la batería de alto voltaje HV.

Considerando lo antes expuesto, se crea una gran eficiencia al sistema debido a que esta energía que antes se perdía durante la fricción en las pastillas de freno, ahora es aprovechada como carga para la batería, de todas formas el vehículo cuenta con un sistema hidráulico de frenado que opera de forma paralela similar a cualquier vehículo con sistema ABS, solo que en este caso en particular también incorpora control electrónico de la presión de frenado EBD.

Para el arranque del motor de combustión interna existen varias estrategias que incorporan los motores/generadores, puesto que no se cuenta con un motor de arranque convencional, en estado detenido al arranque lo maneja el motor/generador No. 1 y el movimiento del vehículo se logra por una acción del MG1 y MG2, todos los movimientos del vehículo son posibles por la acción de un sistema de transmisión continua que incorpora un eficiente sistema de engranajes planetarios que relaciona el movimiento del vehículo con el motor de combustión interna y los motores/generadores MG1 y MG2.



**Figura 2.3.** Inversor de los MG.

**Fuente:** Sistemas híbridos avanzados Vol. 1, Mandy Concepción. (2010).

**Editado:** Richard Merchán Córdova.

#### **2.4. Aplicaciones varias del conjunto de Motores/generadores.**

- Los generadores son las dinamos y alternadores, para cargar las baterías hoy en día se suman los alternadores más rectificadores.
- En los motores son los sistemas de tracción y motores de encendido.
- Transformadores, en los sistemas de transporte y distribución, rectificadores de corriente y electrónica.

## CAPÍTULO III

### ESTUDIO DEL CONJUNTO MOTORES/GENERADORES DEL VEHÍCULO HÍBRIDO TOYOTA PRIUS

#### 3. MOTOGENERADORES DEL VEHÍCULO HÍBRIDO TOYOTA PRIUS 2010.

El sistema híbrido es un tipo de tren de potencia que emplea una combinación de fuerzas motrices, tales como un motor a gasolina y un motor eléctrico (MG2 – motor/generador No. 2). Estas fuerzas motrices son accionadas de acuerdo con las condiciones de marcha. Utiliza al máximo las fuerzas de cada una de las fuerzas motrices y complementa sus debilidades. Por lo tanto, puede alcanzar un rendimiento de alta respuesta y dinámico así como la gran reducción del consumo de combustible y de las emisiones de los gases de escape. Se divide en dos tipos de sistemas híbridos como en serie y paralelo.

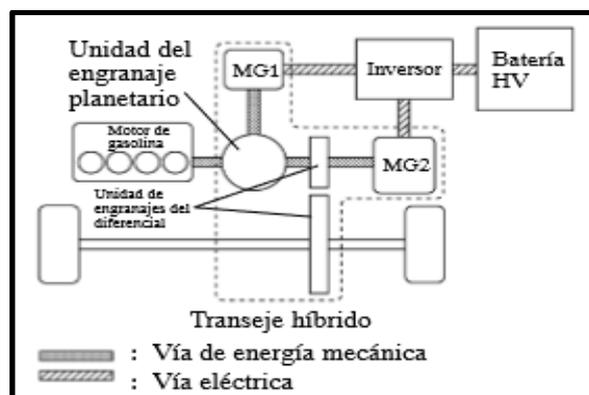


Figura 3.1. Identificación de los motores/generadores.

Fuente: Manual del Toyota Prius. (2010).

Editado: Richard Merchán Córdova.

**Tabla 3.1.** Especificaciones del MG1.

Elemento	Toyota Prius (MG1)
Tipo	Motor de imán permanente
Función	Generación, motor de arranque del motor de gasolina
Tensión máxima [V]	273,6 CA
Sistema de enfriamiento	Enfriado por agua

Fuente: Manual del Toyota Prius. (2010).

Editado: Richard Merchán Córdova.

**Tabla 3.2.** Especificaciones del MG2.

Elemento	Toyota Prius (MG2)
Tipo	Motor de imán permanente
Función	Generación, impulsión de las ruedas
Tensión máxima [V]	273,6 CA
Salida máxima Kw (CV)/rpm	33 (45) / 1040 - 5600
Par máximo N*m (Kgf*m)/rpm	350 (35,7) / 0 - 400
Sistema de enfriamiento	Enfriado por agua

Fuente: Manual del Toyota Prius. (2010).

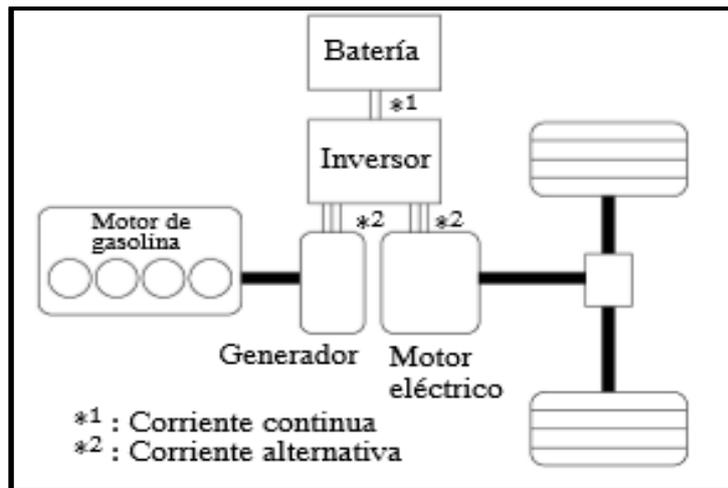
Editado: Richard Merchán Córdova.

### 3.1. Estructura.

#### 3.1.1. Sistema híbrido en serie.

Se define que el motor de gasolina funciona como un generador y la electricidad generada permite que el motor eléctrico impulse las ruedas, por ende este tipo de vehículo puede describirse como un automóvil eléctrico que está equipado con un generador impulsado por un motor de gasolina.

El motor se opera a una velocidad prácticamente constante en el margen más efectivo para cargar de forma eficiente la batería mientras el vehículo está en movimiento.



**Figura 3.2.** Sistema Híbrido en Serie.

**Fuente:** Manual del Toyota Prius. (2010).

**Editado:** Richard Merchán Córdova.

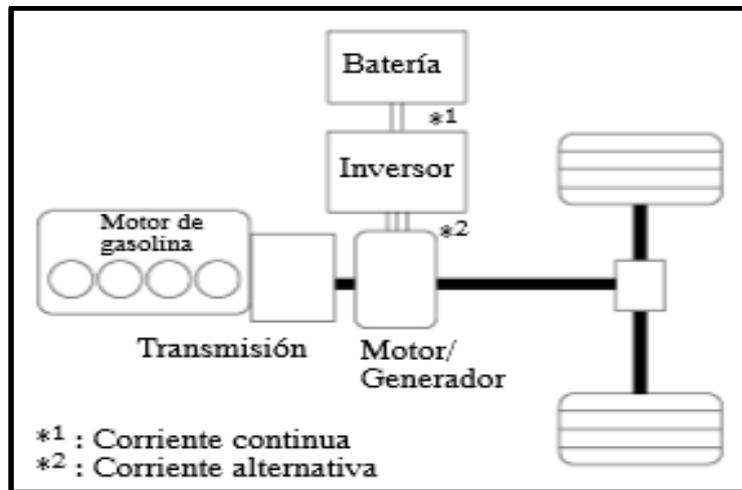
La ventaja que ofrece el sistema en serie frente al paralelo es que es un diseño mecánico simple. Este dispone de un motor térmico diseñado y optimizado para trabajar siempre en el mismo régimen de revoluciones.

Una de las desventajas de estos sistemas y de los vehículos híbridos es que la energía producida por el motor térmico atraviesa el generador eléctrico ocasionando muchas pérdidas debido a la transformación de energía mecánica a eléctrica y por ende toda la energía para la tracción pasa por el motor eléctrico.

### **3.1.2. Sistema híbrido en paralelo.**

Este sistema emplea el motor de gasolina y el motor eléctrico para impulsar directamente las ruedas y se llama sistema híbrido paralelo. En adición a la ayuda de la fuerza motriz del motor de gasolina, el motor eléctrico de este sistema también puede servir como generador para recargar la batería mientras el vehículo está en movimiento. Cabe indicar que este sistema evita las pérdidas

inherentes a la conversión de energía mecánica en eléctrica que se da en el sistema en serie.



**Figura 3.3.** Sistema Híbrido en Paralelo.

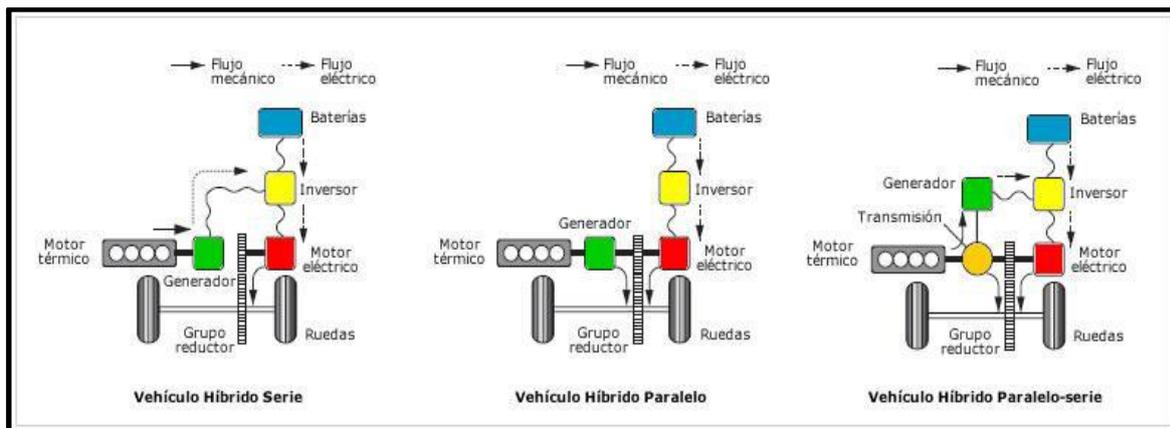
**Fuente:** Manual del Toyota Prius. (2010).

**Editado:** Richard Merchán Córdova.

En el sistema híbrido en paralelo podemos distinguir dos tipos de arquitecturas: los que aprovechan el motor eléctrico para funcionar como un generador o los que usan un generador independiente para cargar las baterías.

- Motor eléctrico como generador: se disminuye el número de componentes, pero puede disminuir el rendimiento.
- Con generador independiente: este sistema presenta como inconveniente la cantidad de componentes que posee, tales como: el conversor de corriente alterna a corriente continua, un generador y la transmisión entre el motor térmico y el generador por lo que será más pesado y caro. Sin embargo, su ventaja es que el generador está diseñado para funcionar sólo como generador y como conclusión será más eficiente que el motor funcionando como generador.

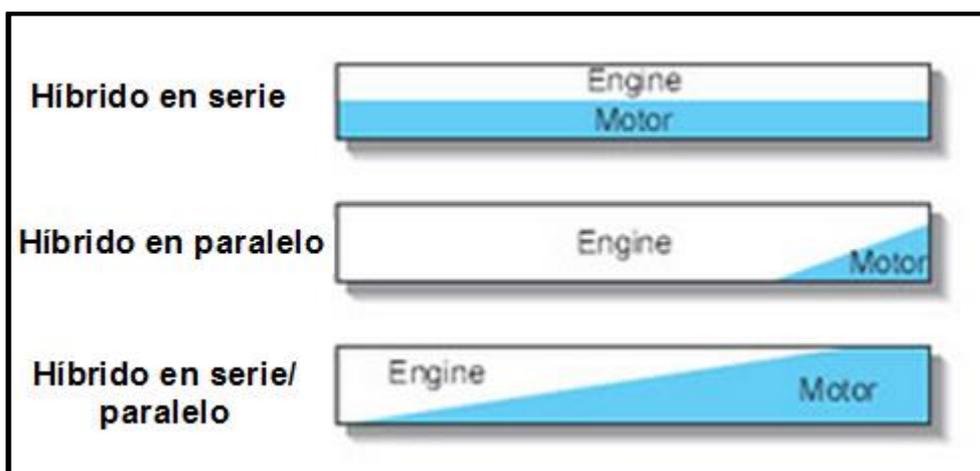
No obstante el vehículo híbrido en paralelo con generador independiente también es clasificado como vehículo híbrido 'paralelo-serie'. Este tipo de configuración enlaza las ventajas de ambos sistemas y es la utilizada por los fabricantes de automóviles híbridos y entre ellos está el Toyota Prius. (Toyota S.A.)



**Figura 3.4.** Descripción de los sistemas híbridos.

**Fuente:** Vehículos híbridos y eléctricos. MOTORES por Santiago Sanz.

**Editado:** Richard Merchán Córdova.



**Figura 3.5.** Funcionamiento de los Sistemas Híbridos.

**Fuente:** Vehículos híbridos y eléctricos. MOTORES por Santiago Sanz.

**Editado:** Richard Merchán Córdova.

En la **Figura 3.5** se identifica los tipos de funcionamiento de los sistemas híbridos tales como:

- *Sistema en serie:* en este tipo de sistema el funcionamiento del motor eléctrico y el MCI se reparten por igual al 50% con respecto al tiempo de trabajo.
- *Sistema en paralelo:* en este tipo de sistema el tiempo de funcionamiento del motor térmico es mucho mayor que el eléctrico.
- *Sistema paralelo-serie:* en este sistema el motor eléctrico tiene un mayor tiempo de funcionamiento.

**Tabla 3.3.** Condiciones de funcionamiento del MCI y los MG.

CONDICION	MG1	MG2	MCI	SMG1	SMG2	CP1	CN1
Vehic. Det. MCI marcha	GENERADOR	OFF	MOTOR	OFF	OFF	PLS	OFF
Vehic. Mov. MCI Off (electr.)	OFF	MOTOR	OFF	OFF	PLS	OFF	PLS
Vehic. Mov. Arranca MCI	MOTOR	MOTOR	MOTOR	PLS	PLS	OFF	PLS
Vehic. Mov, MCI Funcionando (No elect.)	GENERADOR	OFF	MOTOR	OFF	OFF	PLS	OFF
Vehic. Mov. Aceler. Suave	GENERADOR	MOTOR	MOTOR	OFF	PLS	PLS	OFF
Vehic. Aceleración fuerte	MOTOR	MOTOR	MOTOR	PLS	PLS	OFF	PLS
Freno regenerativo	MOTOR	GENERADOR	OFF	OFF	OFF	PLS	OFF

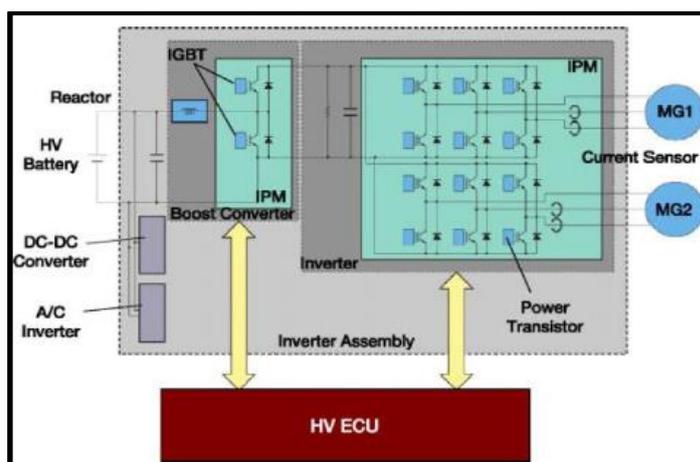
**Fuente:** Cise Electronics Corp. (2006).

**Editado:** Richard Merchán Córdova.

La **Tabla 3.3** indica las condiciones de operación del vehículo híbrido, cuando entran en operación el MG1 / MG2 y el motor de combustión interna

(MCI), al igual las señales SMG1 y SMG2 que comandan el módulo híbrido para este que envíe pulsos a los transistores de potencia IGBT de cada uno de los motores/generadores. Adicionalmente, se observa las señales CP1 y CN1 las mismas que actúan independientemente para hacer funcionar a los MG en modo: motor eléctrico o generador dependiendo de los requerimientos.

En el IPM (Intelligent Power Module o Modulo inteligente de poder) se encuentran ubicados los pines CP1 y CN1, los mismos que se encargan de manejar los pulsos para el funcionamiento de los transistores IGBT, y por ende de esta forma determina si hay pulso en CP1 lo cual indicaría que está funcionando el sistema como generador ya que el transistor haría el paso de corriente paralelo al diodo D1, pero si por el contrario el pulso está en el CN1, estaría alimentando la base del transistor IGBT 2 con lo que conseguiría cargar la bobina rectora y descargarla al quitar el pulso y como consecuencia estaría elevando el voltaje que llega a los IGBT que comandado sus pulsos convertirían el voltaje ya elevado en voltaje alterno trifásico.



**Figura 3.6.** Diagrama IPM.

**Fuente:** Cise Electronics Corp. (2006).

**Editado:** Richard Merchán Córdova.

### 3.2. Características del MG2.

*Par de entrada al sincronismo (Pull-In Torque):* Es el que desarrolla el funcionamiento asincrónico sobre el dámper a la velocidad que se da por la intersección de la característica mecánica del dámper y del par resistente a partir de la cual debe ser empujado al sincronismo.

*Par nominal de entrada al sincronismo (nominal Pull-In Torque):* Par que se desarrolla cuando opera al 95% de la velocidad de sincronismo. Este dato lo brinda el fabricante para fines comparativos.

*Par de salida de sincronismo (Pull out torque):* Es el máximo par sostenido que un motor sincrónico desarrolla a la velocidad de sincronismo en un minuto con valores nominales de la tensión la frecuencia y la corriente de excitación.

*Par nominal (Full-Load Torque):* Es el par desarrollado a la velocidad de sincronismo con valores nominales de corriente, la tensión, frecuencia y corriente de excitación.

*Par crítico (Breakdown Torque):* Máximo par que un motor sincrónico funcionando en un estado asincrónico sobre el dámper puede desarrollar sin que el rotor se desenganche del campo rotante. Esto ocurre en un punto de la característica mecánica donde la velocidad es menor que la de sincronismo y aún menor que la de plena carga.

*Par de bloqueo (Locked-Rotor Torque):* El par desarrollado con el rotor en reposo con valores nominales de la tensión, frecuencia y corriente de excitación.

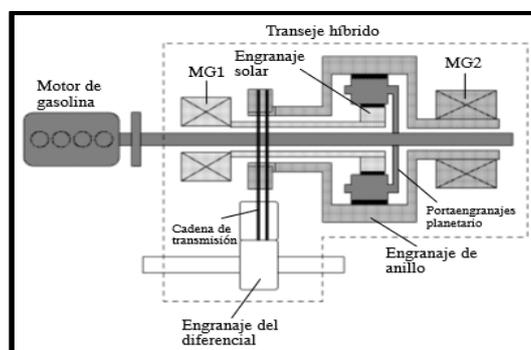
### 3.3. Transeje híbrido.

Mientras que este sistema combina y opera con eficiencia los dos tipos de fuerzas motrices, la del motor de gasolina y del MG2, de acuerdo con las condiciones de circulación del vehículo, la fuerza motriz básica la proporciona el motor de gasolina.

La fuerza motriz del motor de gasolina se divide en dos áreas: la fuerza motriz aplicada a las ruedas por la unidad de engranajes planetarios del transeje híbrido, y la fuerza motriz para operar el MG1 como un generador.

El transeje híbrido, que contiene el MG1, MG2 y una unidad de engranajes planetarios, emplea estas unidades para conseguir una marcha suave y posible gracias a los cambios graduales.

Cabe indicar que el motor de gasolina, MG1 y MG2 están mecánicamente unidos mediante la unidad de engranajes planetarios, además el MG2 y el engranaje del diferencial "para la ruedas motrices" están unidos mediante una cadena de transmisión y engranajes.



**Figura 3.7.** Transeje híbrido.

**Fuente:** Manual del Toyota Prius. (2010).

**Editado:** Richard Merchán Córdova.

### 3.3.1. Unidad del transeje.

- La unidad del transeje consiste principalmente del amortiguador del transeje, MG1 y MG2, unidad de engranajes planetarios y de una unidad de reducción (que contiene una cadena silenciosa, contra engranajes de impulsión, engranaje de piñón de impulso final y engranaje de anillo de impulsión final).
- La unidad de engranajes planetarios, MG1, MG2, amortiguador del transeje y rueda dentada de impulsión de la cadena están situados coaxialmente y la fuerza motriz se transmite desde la rueda dentada de impulsión de la cadena a la unidad de reducción mediante una cadena silenciosa.

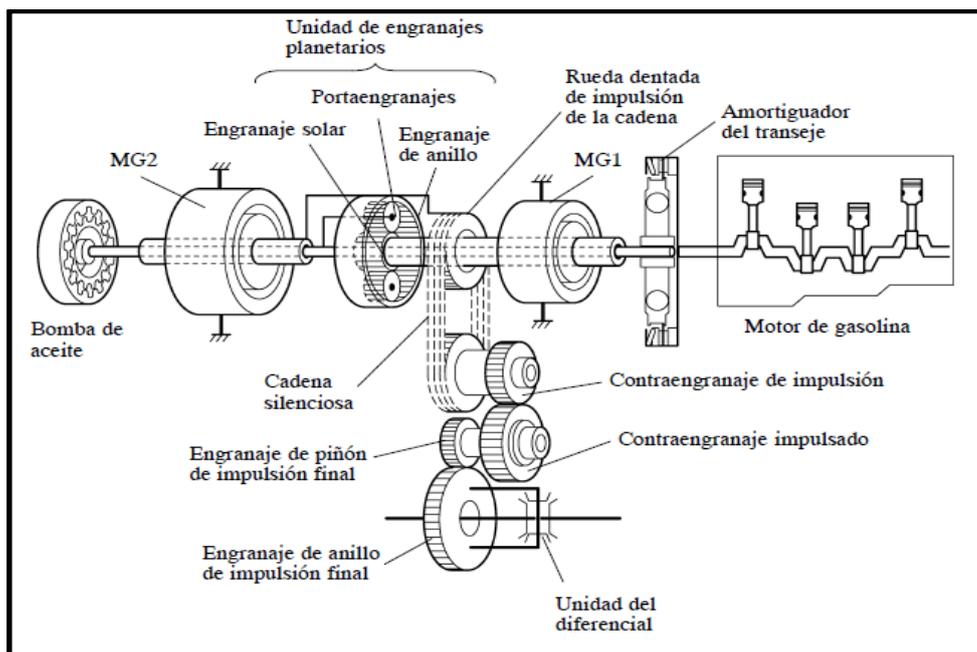


Figura 3.8. Unidad de Transeje.

Fuente: Manual del Toyota Prius. (2010).

Editado: Richard Merchán Córdova.

### 3.3.2. Unidad de engranajes planetarios.

- La salida de potencia del motor que se transmite mediante la unidad de engranajes planetarios se divide en la fuerza motriz dirigida a las ruedas motrices y la fuerza motriz para que el MG1 genere electricidad.
- Como parte de la unidad de engranajes planetarios, el engranaje solar está conectado al MG1, el engranaje de anillo está conectado al MG2 y el porta engranajes está conectado al eje de salida del motor, por ende la fuerza motriz se transmite a través de la cadena al contra engranaje de impulsión.

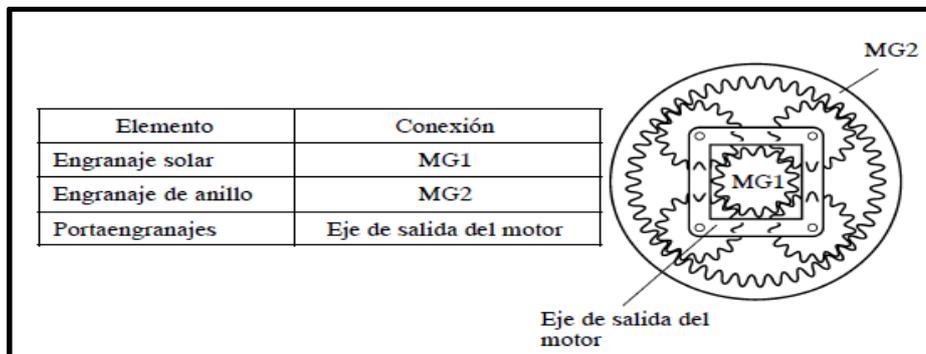


Figura 3.9. Unidad de engranajes.

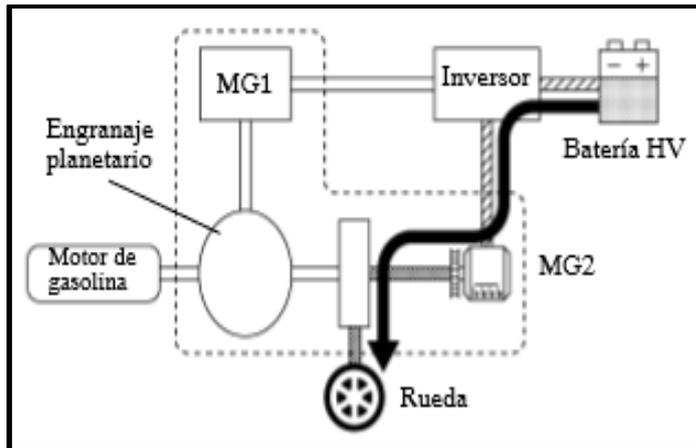
Fuente: Manual del Toyota Prius. (2010).

Editado: Richard Merchán Córdova.

### 3.3.3. Operación básica.

Este sistema controla los modos siguientes para conseguir las operaciones más eficientes para adaptarlas a las condiciones de marcha:

- a) El suministro de energía eléctrica desde la batería HV y MG2 proporciona fuerza para impulsar las ruedas.

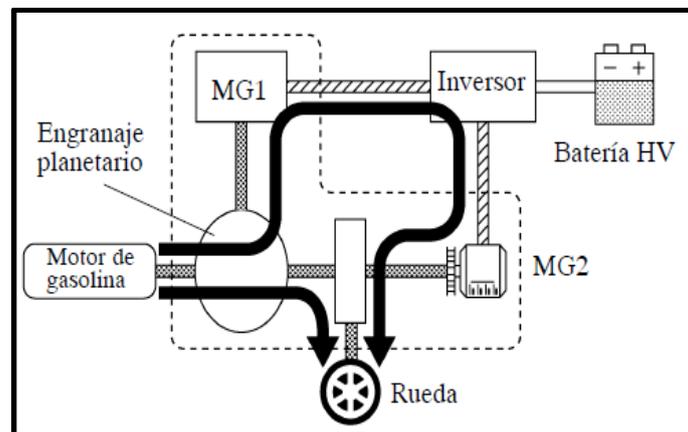


**Figura 3.10.** Arranque del vehículo.

**Fuente:** Manual del Toyota Prius. (2010).

**Editado:** Richard Merchán Córdova.

- b)** Mientras el motor de gasolina impulsa las ruedas a través de los engranajes planetarios, el MG1 gira mediante el motor de gasolina a través de los engranajes planetarios para suministrar la electricidad generada al MG2.

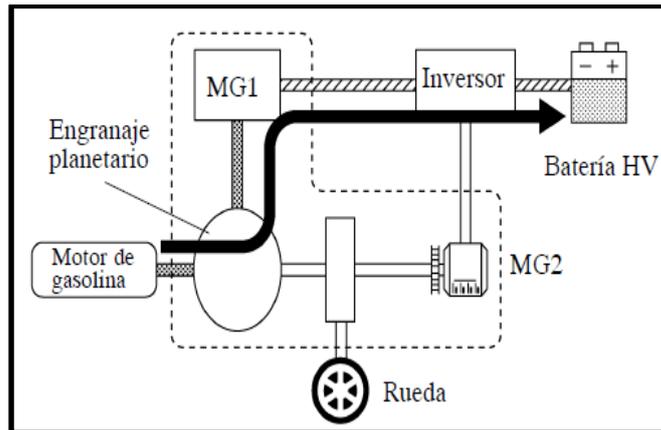


**Figura 3.11.** Conducción.

**Fuente:** Manual del Toyota Prius. (2010).

**Editado:** Richard Merchán Córdova.

- c)** El motor de gasolina hace girar al MG1 mediante los engranajes planetarios para cargar las baterías.

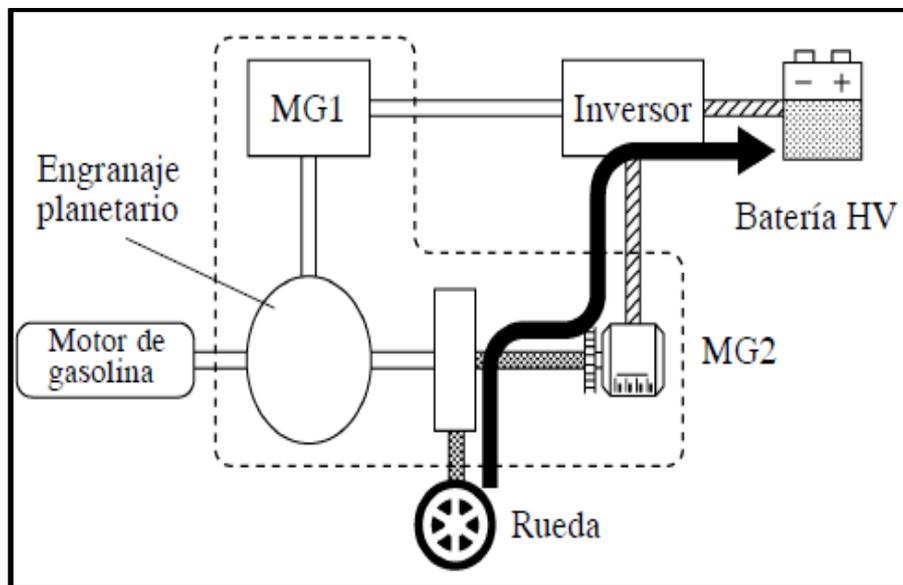


**Figura 3.12.** Motor a gasolina cargando la batería.

**Fuente:** Manual del Toyota Prius. (2010).

**Editado:** Richard Merchán Córdova.

- d) Cuando el vehículo se desacelera, la energía cinética de las ruedas se recupera y se convierte a energía eléctrica, y se emplea para recargar la batería HV mediante el MG2.



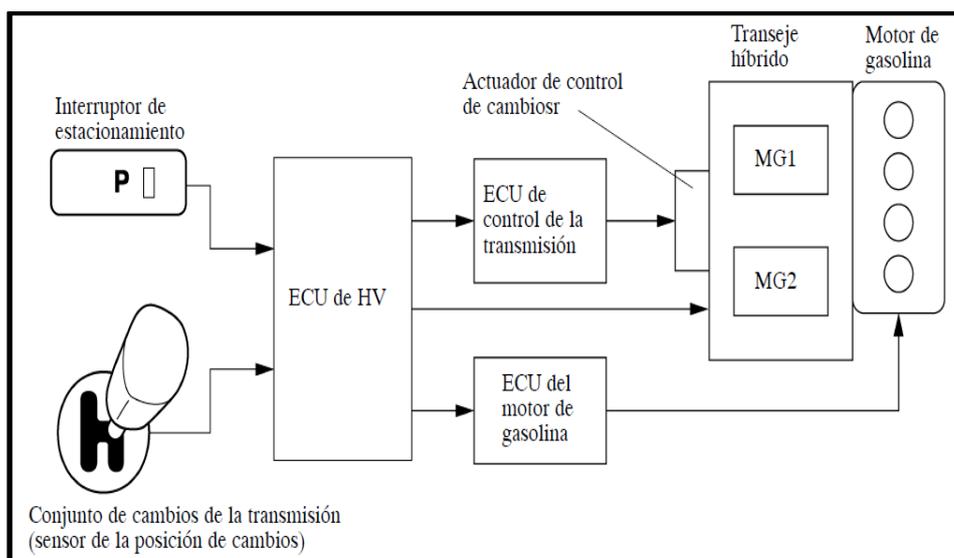
**Figura 3.13.** MG2 cargando la batería.

**Fuente:** Manual del Toyota Prius. (2010).

**Editado:** Richard Merchán Córdova.

- La ECU HV cambia entre los modos descritos {(1), (2), (3), (1), + (2) + (3), o (4)} de acuerdo con las condiciones de la marcha. Sin embargo, cuando el SOC (Stage of charge – estado de carga) de la batería HV es bajo, la batería HV se carga mediante el motor de gasolina que hace girar al MG1.

Como resultado, se consigue mayor economía del combustible en comparación con los vehículos de motor de gasolina convencionales, a un nivel reducido de emisiones de gases de escape. Además, este tipo de tren de impulsión ha eliminado los impedimentos asociados con los vehículos eléctricos, tales como el margen corto de marcha o su dependencia en unidades de recarga exteriores.



**Figura 3.14.** Identificación de las ECU's principales del Toyota Híbrido.

**Fuente:** Manual del Toyota Prius. (2010).

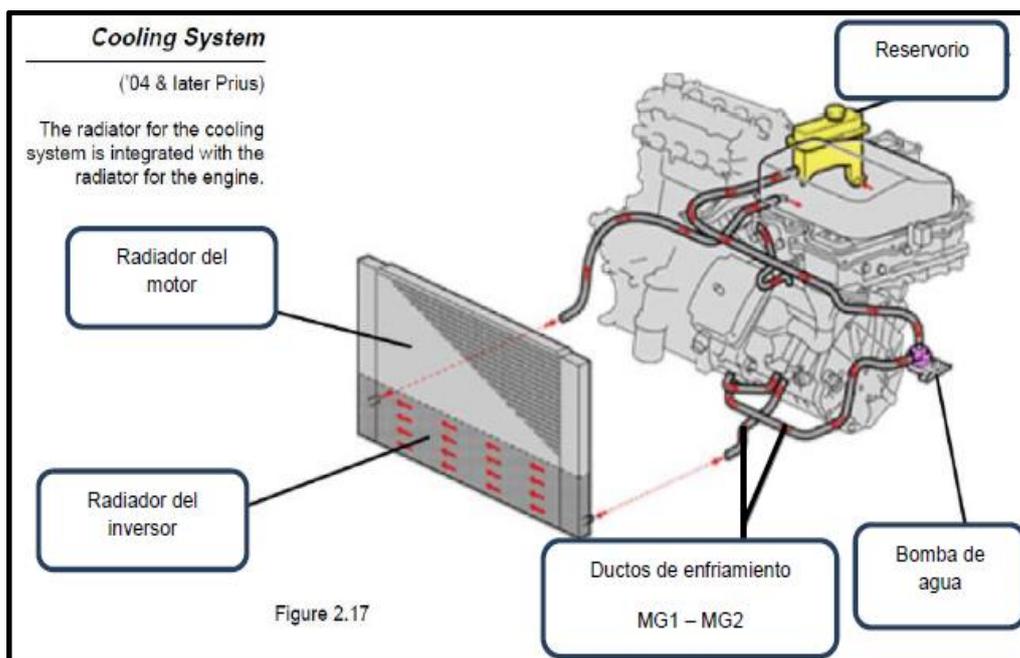
**Editado:** Richard Merchán Córdova.

### 3.4. Sistema de enfriamiento (MG1, MG2 y para el inversor).

Se ha adoptado un sistema de enfriamiento a través de una bomba de agua para el inversor, MG1 y MG2. Cabe destacar que está separado del sistema

de enfriamiento del motor. Este sistema de enfriamiento se activa cuando se conmuta el estado de la alimentación a encendido (IG).

El radiador para el sistema de enfriamiento está integrado con el radiador para el motor de gasolina. Consecuentemente, se ha simplificado el radiador y se ha optimizado el espacio que ocupa.



**Figura 3.15.** Sistema de enfriamiento (MG1, MG2 y para el inversor).

**Fuente:** Manual del Toyota Prius. (2010).

**Editado:** Richard Merchán Córdova.

Este sistema de enfriamiento está provisto por un tanque de almacenamiento del refrigerante caliente (Coolant Heat Storage Tank) el cual está en capacidad de almacenar el líquido caliente por 3 días. Por medio de este sistema se realiza un rápido calentamiento de la maquina (MCI Motor de Combustión Interna) precalentando la cabeza de cilindros para cuando el MCI arranque, de tal manera que lo haga desde un rango mayor de temperatura

reduciendo así el esfuerzo del arranque en frío y reduciendo también de esta forma la producción de emisiones al medio ambiente.

**Tabla 3.4.** Especificaciones del sistema de enfriamiento del MG1 y MG2.

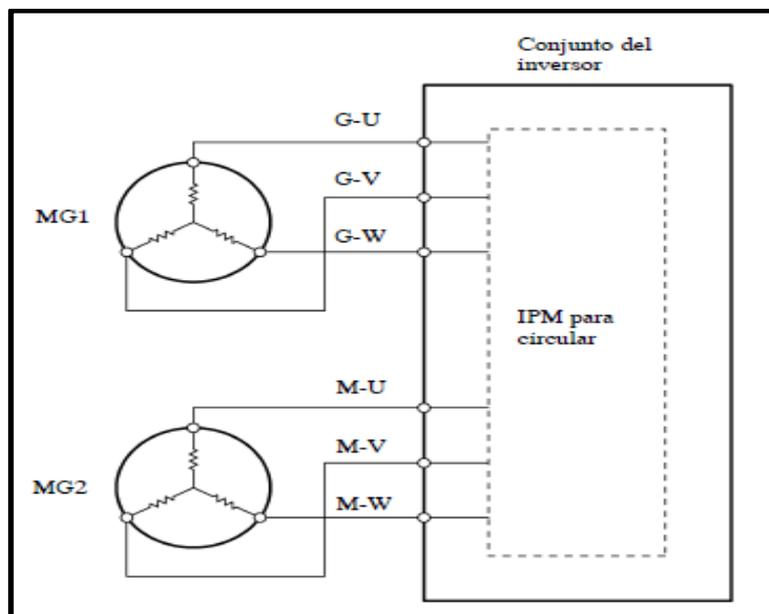
Bomba de agua	Volumen de descarga	l/min	10 o más (65 °C)
Refrigerante	Capacidad	litros	2,7
	Tipo	Refrigerante de súper larga duración genuino de Toyota (SLLC - Super Long Life Coolant / Refrigerante de super larga duración) o equivalente	
	Color	Rosa	
	Intervalos de mantenimiento	Primera Vez	160,000 km
Después		Cada 80,000 Km*	

**Nota:** \*Se aplica sólo cuando se emplea SLLC (color rosa). Si se emplea LLC (color rojo), los intervalos de mantenimiento serán de 40,000 Km o 24 meses, lo que primero acontezca.

**Fuente:** Manual del Toyota Prius. (2010).

**Editado:** Richard Merchán Córdova.

### 3.5. Diagrama del sistema.



**Figura 3.16.** Diagrama del Sistema.

**Fuente:** Manual del Toyota Prius. (2010).

**Editado:** Richard Merchán Córdova.

### 3.6. Motor de imán permanente.

Cuando la corriente alterna trifásica pasa a través de los devanados trifásicos de la bobina del estator, se crea un campo magnético giratorio en el motor eléctrico, controlando este campo magnético giratorio de acuerdo a la posición y velocidad de giro del rotor, los imanes permanentes que se encuentran en el rotor son atraídos por el campo magnético de la rotación, generando par.

El par generado es para todos los propósitos prácticos proporcional a la cantidad de corriente y la velocidad de rotación es controlada por la frecuencia de la corriente alterna.

Además, un alto nivel de par, hasta las velocidades altas, puede generarse de forma eficiente controlando de la forma adecuada el campo magnético de rotación y los ángulos de los imanes de rotor.

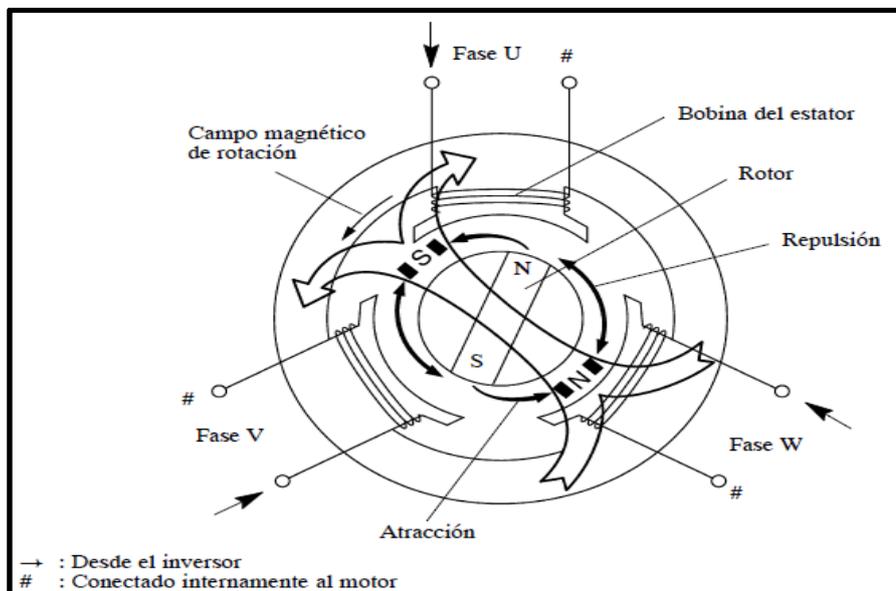


Figura 3.17. Componentes del motor generador de imán permanente.

Fuente: Manual del Toyota Prius. (2010).

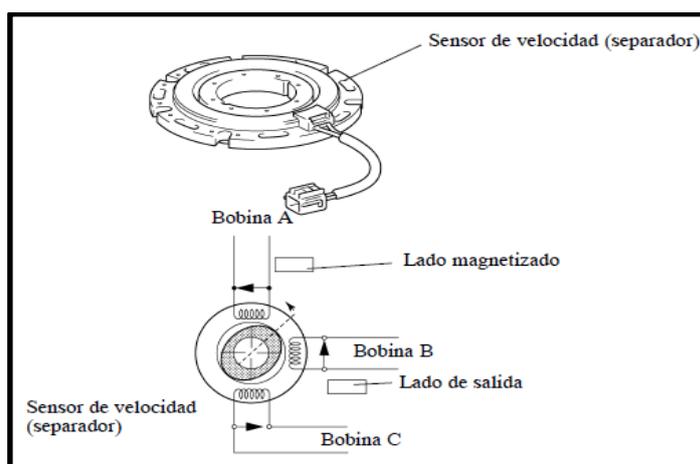
Editado: Richard Merchán Córdova.

### 3.7. Sensor de velocidad / separador.

Este tipo de sensor es compacto y altamente fiable que detecta con precisión del polo magnético, indispensable para asegurar el control eficiente del MG1 y MG2.

Vale destacar que el estator del sensor contiene tres bobinas; las bobinas de salida B y C están alternadas eléctricamente en 90 grados. Puesto que el rotor es oval, la distancia del huelgo entre el estator y el rotor varía con la rotación del rotor, por ende mediante el paso de la corriente alterna a la bobina A, la salida que corresponde a la posición del rotor del sensor es generada por la bobina B y C. La posición absoluta puede detectarse debido a la diferencia entre estas salidas.

Dentro de lo que se destaca, la cantidad de variación de la posición dentro de un tiempo predeterminado es calculada por la ECU de HV, permitiendo usar este sensor como un sensor de rpm.



**Figura 3.18.** Sensor de velocidad / separador.

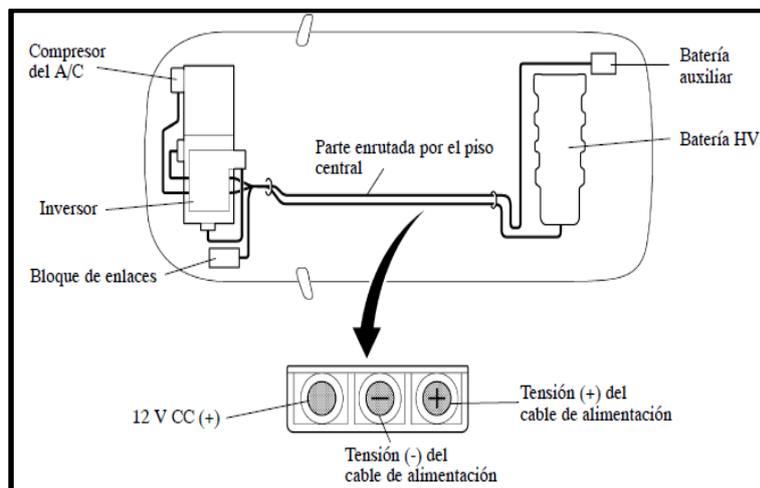
**Fuente:** Manual del Toyota Prius. (2010).

**Editado:** Richard Merchán Córdova.

### 3.8. Cable de alimentación.

Este tipo de cable es de alta tensión y alto amperaje que conecta la batería HV con el inversor, el inversor con el MG1 y MG2, y el inversor con el compresor del A/C. Empezando por el conector en la parte frontal izquierda de la batería HV situada en el portaequipajes, el cable de alimentación pasa por debajo del asiento trasero a través del panel del piso a lo largo del refuerzo inferior del piso y se conecta al inversor en el compartimento del motor. Se emplea un cable apantallado como cable de alimentación para reducir las interferencias electromagnéticas. Las conexiones de 12V DC (+) de la batería auxiliar también siguen la misma ruta.

Para las aplicaciones de identificación, los mazos de cables de alta tensión y los conectores tienen códigos de color naranja para distinguirlos de los cables de baja tensión normales.



**Figura 3.19.** Cable de alimentación.

**Fuente:** Manual del Toyota Prius. (2010).

**Editado:** Richard Merchán Córdova.

### **3.9. Comprobaciones del conjunto de los motores/generadores del Toyota Prius.**

#### **3.9.1. Tipo de comprobaciones.**

- a) Comprobación de problemas de intermitencia.
- b) Comprobación de la presión del líquido del transaje.
- c) Comprobación de los parámetros de funcionamiento de los motores/generadores por medio del Techstream.

#### **3.9.2. Descripción.**

- a) Para la prueba de simulación, reproduce las condiciones de manejo que estaban presentes cuando ocurrió el problema. Estas condiciones deberían basarse en los comentarios del cliente y del marco de datos que se registran con el DTC, tal como el ángulo de abertura del pedal del acelerador, SOC (stage of charge – estado de carga), la temperatura del refrigerante del motor, rpm del motor, y las rpm del MG1/MG2 y torque.
- b) La comprobación de presión del líquido de transaje se realiza con distintos pasos a seguir a fin de evitar errores en este tipo de comprobación y por ende tener información correcta.
- c) Considerando la tecnología del vehículo netamente electrónico se considera que una de las mejores pruebas es conectarse al módulo del vehículo por medio de la interface y del programa de Toyota 'Techstream', en el cual se podrá verificar y validar datos y condiciones reales del funcionamiento de los motores/generadores.

### 3.9.3. Procedimientos.

a) Pasos para la comprobación de intermitencia.

1. Chequee los conectores y terminales.
2. Mueva los cables y el conector.
3. Caliente o enfríe las partes sospechosas.

b) **AVISO: Realice la prueba con una temperatura del líquido del transeje normal de funcionamiento de 50 a 80°C (122 a 176°F).**

1. Levante el vehículo.
2. Quite el tapón de la tapa de la bomba del líquido y la junta tórica.
3. Coloque un manómetro de presión del aceite con el adaptador.
4. Active el modo de inspección del motor (**descripción del modo de inspección**).

**AVISO:** si se está utilizando el vehículo en el modo de inspección, como para la prueba del velocímetro, el DTC puede emitirse. Por tanto, si el indicador de advertencia se enciende tras cancelar el modo de inspección, compruebe los DTC con la ayuda del intelligent tester y borre los DTC.

**SUGERENCIA:** si el motor está caliente y la batería cargada, el motor del vehículo se detendrá después de que el vehículo se pare. Por tanto, si el motor debe estar continuamente en marcha incluso después de que el vehículo se detenga, como por ejemplo para la comprobación del ajuste del encendido, cambie el modo de inspección.

**c) Se ha realizado el control y el propósito del modo de inspección.**

**Tabla 3.5.** Modo de inspección en la pantalla.

<b>Modo de inspección (pantalla)</b>	<b>Función del sistema</b>	<b>Control</b>
Modo de Mantenimiento (2WD para medir gases de escape)	* Inspección del ajuste del encendido, etc. cuando se realiza el mantenimiento del motor, la prueba de emisiones de los gases de escape durante el régimen de ralentí (CO, HC)  * Pruebas con en tester del velocímetro, dinamómetro de chasis de dos ruedas, etc.	* Mantine el motor a ralentí cuando se selecciona la posición de estacionamiento (P).  * Deshabilita el control del motor trasero.  * Cancela el control de la tracción
Modo de Certificación (2WD para cortar TRC)	Pruebas con un tester de velocímetro, dinamómetro de chasis de dos ruedas, etc.	* Deshabilita el control del motor posterior  * Cancela el control de la tracción.

**Fuente:** Manual del Toyota Prius. (2010).

**Editado:** Richard Merchán Córdova.

**d) Estado del vehículo.**

1. Antes de activar el modo de inspección, apague el aire acondicionado, ponga en marcha el motor con la posición de estacionamiento (P) seleccionada y compruebe si el motor se detiene transcurridos unos segundos después de arrancar (comprobación de calentamiento del motor).

**Tabla 3.6.** Elementos de prueba.

Elemento de prueba	Modo de inspección	Posición de la palanca de cambios
1. Prueba de recorrido en línea recta de vehículo (inspección de deslizamiento lateral)	Modo de mantenimiento o modo normal	D
2. Prueba de la fuerza de frenado	Modo de mantenimiento	N
3. Prueba del velocímetro	Modo de mantenimiento	D
4. Prueba de los gases de escape (al ralentí)	Modo de mantenimiento	P
5. Prueba de los faros	Modo de mantenimiento o modo normal	P

**Fuente:** Manual del Toyota Prius. (2010).

**Editado:** Richard Merchán Córdova.

2. Active el modo de inspección e inspeccione el vehículo. La posición de la palanca de cambios en cada prueba es la siguiente:
3. Reinicie inmediatamente el modo de inspección al acabar la inspección. **AVISO:** si se conduce el vehículo sin reiniciar el modo de inspección, se puede dañar el transeje.

#### **e) Indicaciones especiales para la prueba del velocímetro.**

**PRECAUCIÓN:** asegúrese de realizar la prueba en el modo de inspección.

**AVISO:** no utilice el dinamómetro de chasis para realizar un arranque rápido o una aceleración / desaceleración rápida sin haber establecido primero la carga adecuada en el vehículo. Si no se coloca la carga adecuada, se puede dañar el transeje.

- Pise el pedal del acelerador lentamente y acelere gradualmente. Realice la medición.
- Después de medir, utilice el freno para desacelerar gradualmente.

**f) Indicaciones especiales para utilizar el dinamómetro del chasis.**

- Establezca siempre la carga adecuada antes de empezar la prueba.

**AVISO:** la aceleración o desaceleración repentina del vehículo en un dinamómetro de chasis con una carga mínima puede dañar el transeje.

**g) Activación del modo de mantenimiento (sin utilizar el intelligent tester): Realice los siguientes pasos de 1 al 4 en 60 segundos.**

1. Encienda el interruptor de encendido (IG).
2. Pise a fondo dos veces el pedal del acelerador con la posición de estacionamiento (P) seleccionada.
3. Pise a fondo dos veces el pedal del acelerador con la posición del punto muerto (N) seleccionada.
4. Pise a fondo dos veces el pedal del acelerador con la posición de estacionamiento (P) seleccionada.
5. Compruebe si se muestra 'MAINTENANCE MODE' en la pantalla de información múltiple.
6. Arranque el motor activando el interruptor de encendido (READY) mientras pida el pedal de freno.

**h) Activación de modo de mantenimiento (con el intelligent tester).**

1. Conecte el intelligent tester al DLC3.
2. Encienda el interruptor de encendido (IG).
3. Encienda el intelligent tester.
4. Acceda a los menús: Power Train / HV / Utility / Inspection mode.

5. Compruebe si se muestra 'MAINTENANCE MODE' en la pantalla de información múltiple.
6. Arranque del motor activando el interruptor de encendido (READY) mientras pisa el pedal del freno.

**i) Desactive el modo de inspección.**

1. Coloque el interruptor de encendido en la posición OFF. El sistema HV se apaga simultáneamente.

**SUGERENCIAS:** el régimen de ralentí en el modo de inspección es aproximadamente de 1000 rpm. El régimen del motor aumenta hasta 1500 rpm si se pisa hasta la mitad de su recorrido el pedal del acelerador con la posición de estacionamiento (P) seleccionada. Si se pisa el pedal del acelerador más de la mitad de su recorrido o a fondo, el régimen del motor aumenta hasta aproximadamente 2500 rpm.

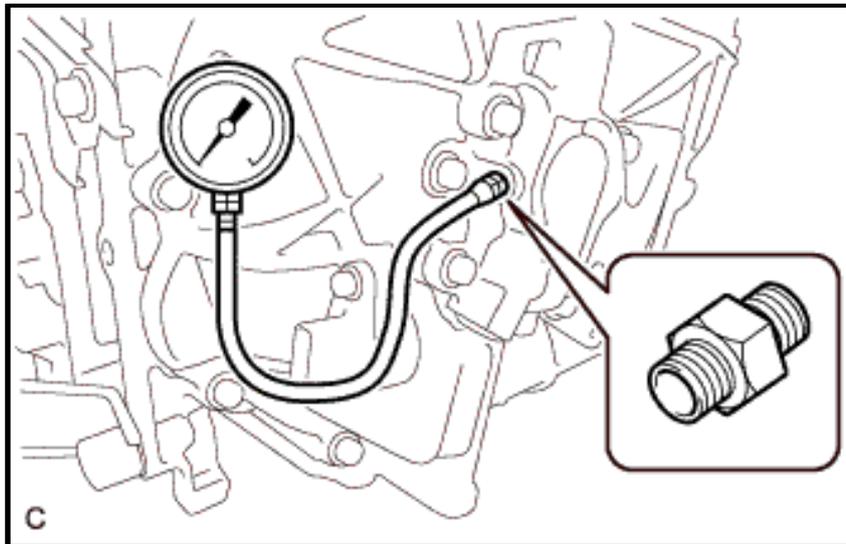
**AVISO:**

\*\* Si se emite un DTC durante el modo de inspección, la luz de advertencia principal y el mensaje de advertencia se encienden en la pantalla de información múltiple.

\*\* Si la luz de advertencia principal y el mensaje de advertencia se encienden durante el modo de inspección, desactive el modo de inspección y compruebe del DTC.

\*\* Si se conduce el vehículo sin desactivar el modo de inspección, se puede dañar el transeje.

2. Mida la presión del líquido del transeje. *‘Cancele el modo de inspección inmediatamente después de finalizar la comprobación de la presión del líquido del transeje’*



**Figura 3.20.** Medición de la presión del líquido de transeje.

**Fuente:** Manual del Toyota Prius. (2010).

**Editado:** Richard Merchán Córdova.

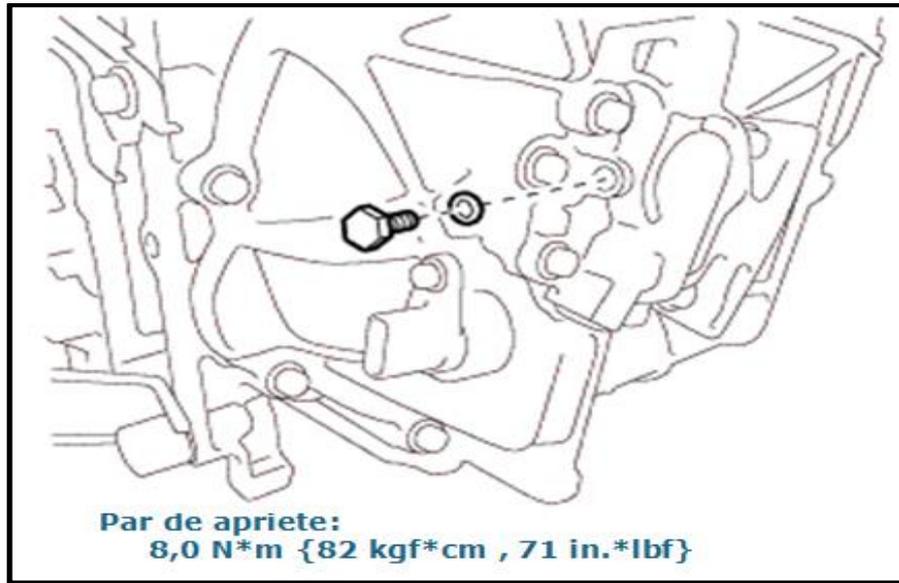
**Tabla 3.7.** Medición de la presión del líquido de transeje.

Estándar	
Régimen del motor	Presión del líquido del transeje
1000 rpm	3,0 kPa (0,03 kgf/cm <sup>2</sup> , 0,4 psi.) o más

**Fuente:** Manual del Toyota Prius. (2010).

**Editado:** Richard Merchán Córdova.

3. Instale una junta tórica nueva y el tapón de la tapa de la bomba.



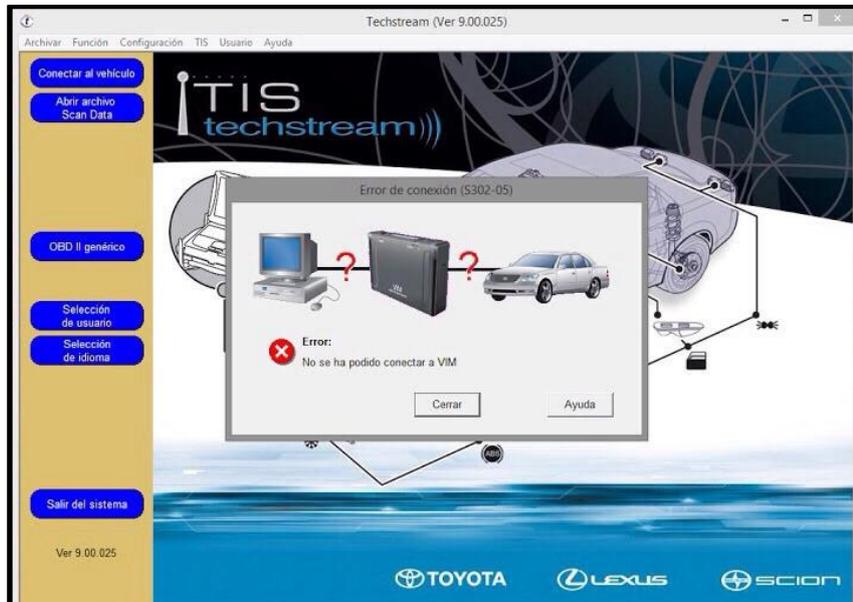
**Figura 3.21.** Tapón de la tapa de la bomba.

**Fuente:** Manual del Toyota Prius. (2010).

**Editado:** Richard Merchán Córdova.

- a) Conecte el cable interfase de la laptop hacia el socket de comunicación del vehículo.
  1. Si aparece el signo de interrogación '?' entre la laptop y el modulo; verifique la conexión con el puerto USB.
  2. Si aparece el signo de interrogación entre el modulo y el conector del vehículo, verifique si el cable interfase está conectado de la manera correcta.
  3. Ingrese al programa Techstream con los datos reales del vehículo a fin de evitar obtener lecturas erróneas (asegúrese de escoger de manera correcta el tipo, modelo y año del vehículo).

4. Cuando se escoja la opción a utilizar, asegúrese que cuando ingrese no haya realizado modificación debido a que esto podría generar la presencia de códigos de error y falla.



**Figura 3.22.** Demostración de falla en la conexión con el vehículo.

**Fuente:** Techstream (Toyota Híbrido Prius A 2010).

**Editado:** Richard Merchán Córdova.

### 3.10. Parámetros del fabricante.

Tabla 3.8. Parámetros del fabricante del Toyota Prius 2010.

Tester Display	Measurement Item/Range	Normal Condition	Diagnostic Note
Temperatura de refrigerante de motor	Temperatura del refrigerante del motor Min.: -40°F (-40°C), Max.: 419°F (215°C)	Arranque en frío→Totalmente caliente  Se eleva gradualmente:  Después de caliente: 176 to 212°F (80 to 100°C)	-
Revoluciones del motor	Velocidad del motor Min.: 0 r/min, Max.: 16383.75 r/min	Durante el ralentí y después de que el motor se caliente y el modo de inspección:  Aproximadamente 900 rpm  Durante la conducción a una velocidad constante:  No hay fluctuaciones significativas.	-
Velocidad del vehículo	Velocidad del vehículo Min.: 0 mph (0 km/h), Max.: 158 mph (255 km/h)	Vehículo parado: 0 mph (0 km/h)  Durante la conducción a una velocidad constante:  No hay fluctuaciones significativas.	-

( + B) - batería auxiliar	Voltaje de la batería auxiliar Min.: 0 V, Max.: 65.535 V	Constant: Batería auxiliar voltaje +/-3 V	Batería auxiliar
Temperatura ambiente	Temperatura ambiente Min.: -40°F (-40°C), Max.: 419°F (215°C)	Interruptor de encendido (IG):Igualel que el aire ambiente	Sensor de temperatura ambiente
Revoluciones del motor (MG2)	Revouciones del MG2 Min.: -32768 r/min, Max.: 32767 r/min	Durante la conducción: varía en función a las condiciones de operación de vehículo.	* Montaje del transeje del vehículo híbrido  * Inversor con el conjunto del convertidor
Torque del motor (MG2)	Torque del MG2 Min.: -4096 Nm, Max.: 4095.875 Nm	Durante la conducción: varía en función a las condiciones de operación de vehículo.	*Control de gestión de energía ECU  * Montaje del transeje del vehículo híbrido  * Inversor con el conjunto del convertidor
Valor de ejecución del torque (MG2)	Valor de ejecución de torque del MG2 Min.: -4096 Nm, Max.: 4095.875 Nm	Después de la aceleración a plena carga con el switch de encendido (READY) y el motor parado:  Menos que +/- 20% de torque del MG2.	*Control de gestión de energía ECU  * Montaje del transeje del vehículo híbrido  * Inversor con el conjunto del convertidor

Revoluciones del generador (MG1)	Revoluciones del MG1 Min.: -32768 r/min, Max.: 32767 r/min	Durante la carga o descarga: varía en función a las condiciones de operación de vehículo.	* Montaje del transeje del vehículo híbrido  * Inversor con el conjunto del convertidor
Torque del generador (MG1)	Torque del MG1 Min.: -4096 Nm, Max.: 4095.875 Nm	Durante la carga o descarga: varía en función a las condiciones de operación de vehículo.	*Control de gestión de energía ECU  * Montaje del transeje del vehículo híbrido  * Inversor con el conjunto del convertidor
Valor de ejecución del torque (MG1)	Valor de ejecución del torque del MG1 Min.: -4096 Nm, Max.: 4095.875 Nm	Un segundo despues del encendido automático del motor con la selección de (P) (Condición antes de encender el motor: Interruptor de encendido (READY), motor parado, Alta velocidad del aire acondicionado y las luces encendidas)  Menos que +/- 20% de torque del MG1.	*Control de gestión de energía ECU  * Montaje del transeje del vehículo híbrido  * Inversor con el conjunto del convertidor

<p>Temperatura del inversor del generador (MG1)</p>	<p>Temperatura del inversor del generador Min.: 59°F (15°C), Max.: 302°F (150°C)</p>	<p>*Vehículo dejado un1 día a una temperatura de 77°F (25°C): 59°F (15°C) to 95°F (35°C)  *Durante la conducción la temperatura ambiente de 77°F (25°C): 59°F (15°C) to 230°F (110°C)</p>	<p>Inversor con el conjunto del convertidor</p>
<p>Temperatura del (Inversor / MG2)</p>	<p>Temperatura del inversor del motor Min.: 59°F (15°C), Max.: 302°F (150°C)</p>	<p>* Vehículo dejado un1 día a una temperatura de 77°F (25°C): 59°F (15°C) to 95°F (35°C)  *Durante la conducción la temperatura ambiente de 77°F (25°C): 59°F (15°C) to 230°F (110°C)</p>	<p>Inversor con el conjunto del convertidor</p>
<p>Temperatura del motor No. 2</p>	<p>Temperatura del MG1 Min.: -40°F (-40°C), Max.: 419°F (215°C)</p>	<p>* Vehículo dejado un1 día a una temperatura de 77°F (25°C): 77°F (25°C)  *Durante la conducción la temperatura ambiente de 77°F (25°C): 77°F (25°C) to 212°F (100°C)</p>	<p>GMT terminal</p>

Temperatura del motor No. 1	Temperatura del MG2 Min.: -40°F (-40°C), Max.: 419°F (215°C)	* Vehículo dejado un1 día a una temperatura de 77°F (25°C): 77°F (25°C)  *Durante la conducción la temperatura ambiente de 77°F (25°C): 77°F (25°C) to 194°F (90°C)	MMT terminal
Temperatura del sistema de enfriamiento del inversor	Temperatura de refrigeración del inversor Min.: -58°F (-50°C), Max.: 230°F (110°C)	Arranque en frío→Totalmente caliente  Se eleva gradualmente:  Operación normal del sistema:  Controlado a 149°F (65°C) o menos	*Inverter with converter assembly  *Water pump with motor assembly  *Cooling fan system  *Inverter cooling system  *IGCT No.3 fuse
Temperatura del inversor del generador (MG1) aftr IG-ON	Temperatura del inversor del generador un poco después de activar interruptor de encendido (IG) Min.: 59°F (15°C), Max.: 302°F (150°C)	-	-
Temperatura del inversor del generador (MG2) aftr IG-ON	Temperatura del motor después de activar el interruptor de encendido (IG) Min.: 59°F (15°C), Max.: 302°F (150°C)	-	-

Temperatura del inversor del motor (MG2) aftr IG-ON	Temperatura del MG2 después de activar el interruptor de encendido (IG) Min.: -40°F (-40°C), Max.: 419°F (215°C)	-	-
Temp. max. del inversor del motor/generador (MG1)	Máxima temperatura del inversor del generador Min.: 59°F (15°C), Max.: 302°F (150°C)	-	-
Temp. max. del inversor del motor/generador (MG2)	Máxima temperatura del inverdor del motor MG2. Min.: 59°F (15°C), Max.: 302°F (150°C)	-	-
Temperatura máxima del motor (MG2)	Temperatura máxima del MG2. Min.: -40°F (-40°C), Max.: 419°F (215°C)	-	-
Estado del MG1	MG1 gate status ON or OFF	Apagado del inversor del generador:  ON	* Control de gestión de energía ECU  * Inversor con el conjunto del convertidor
Estado del MG2	MG2 gate status ON or OFF	Apagado del inversor del generador:  ON	* Control de gestión de energía ECU  * Inversor con el conjunto del convertidor

Fuente: Manual del Toyota Prius. (2010).

Editado: Richard Merchán Córdova.

**Tabla 3.9.** Parámetros del fabricante mediante prueba con el Techstream.

<b>CONTROL HÍBRIDO</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>rpm</b>	<b>Valores</b>	<b>Unidad</b>
		<b>0</b>	
Engine Coolant Temp		190	F
Engine Revolution		2496	rpm
Vehicle Spd		0	MPH
Engine Run Time		3721	s
B+		14.19	V
Ambient Temperature		82	F
DTC Clear Run Distance		14	mile
MAP		-10	psi (gauge)
Atmosphere Pressure		-0	psi (gauge)
Motor(MG2) Revolution		0	rpm
Motor(MG2) Torq		5.87	Nm
M(MG2) Trq Exec Val		5.62	Nm
Generator(MG1) Rev		9214	rpm
Generator(MG1) Torq		0.00	Nm
G(MG1) Trq Exec Val		1.50	Nm
Regenerative Brake Torq		0.0	Nm
Rqst Regen Brake Torq		0.0	Nm
Inverter Temp-(MG1)		117	F
Inverter Temp-(MG2)		115	F
Motor Temp No2		156	F
Motor Temp No1		109	F
Accelerator Degree		53.5	%
Request Power		0	W
Target Engine Rev		2478	rpm
State of Charge (All Bat)		51.3	%
Master Cylinder Ctrl Trq		0.0	Nm
Power Resource VB		227	V
Power Resource IB		13.24	A
VL-Voltage before Boosting		226	V
VH-Voltage after Boosting		501	V
Boost Ratio		54.5	%
Drive Condition ID		3	
Crank Position		-7	deg (CA)

A/C Consumption Pw r	500	W
Short Wave Highest Val	4.98	V
Num of Current Code	0	
Calculate Load	39.6	%
Throttle Position	19.6	%
DCDC Cnv Tar Pulse Duty	59.6	%
Inverter Coolant Water Temperature	118	F
Cooling Fan 0	35.5	%
Inverter W/P Revolution	3500	rpm
Prohibit DC/DC conv sig	OFF	
EV Request	OFF	
Gradient of Road Surface	0.2	
Permit Start by Immobiliser	Norml	m/s <sup>2</sup>
Immobiliser Communication	ON	
Starter Sw itch	OFF	
SOC after IG-ON	53	%
Inv-Temp (MG1) Max	151	F
Inv-Temp (MG2) Max	120	F
Mtr-Temp (MG2) Max	109	F
Converter Temp Max	136	F
Status of Charge Max	58.5	%
Status of Charge Min	29.5	%
Stop Light Sw itch	OFF	
Inter Lock Sw itch	OFF	
Back Up Lamp Relay	OFF	
ECO Mode	OFF	
Shift Pos Status (T/M Ctrl)	P	
Shift P Permission Signal	ON	
DC/DC Cnv Temp (Upper)	126	F
DC/DC Cnv Temp (Low er)	129	F
Mtr-Temp (MG1) Max	156	F
P Request (T/M Ctrl)	ON	
(Inverter) W/P Run Control Duty	62.50	%
Engine Stop Request	NO	
Engine Idling Request	NO	
Main Batt Charging Rqst	NO	
Aircon Request	NO	
Engine Warming Up Rqst	NO	

SMRP Status	OFF	
SMRB Status	ON	
SMRG Status	ON	
MG1 Gate Status	OFF	
MG2 Gate Status	OFF	
Converter Gate Status	OFF	
Auxiliary Battery Low -Last Operation	0	
Auxiliary Battery Low -Last Trip	0	
MG2 Temperature High-Last Operation	0	
MG2 Temperature High-Last Trip	0	
MG1 Temperature High-Last Operation	0	
MG1 Temperature High-Last Trip	0	
MG2(Motor) Inverter Temperature High-Last Op	0	
MG2(Motor) Inverter Temperature High-Last Trip	0	
MG1(Generator) Inverter Temperature High-Last Op	0	
MG1(Generator) Inverter Temp High-Last Trip	0	
Main Battery Low Voltage - Last Operation	0	
Main Battery Low Voltage- Last Trip	0	
Coolant Heating- Last Operation	0	
Coolant Heating-Last Trip	0	
Converter Heating- Last Operation	0	
Converter Heating-Last Trip	0	
Batt Pack Current Val	10.22	A
Inhaling Air Temp	82.4	F

VMF Fan Motor Voltage1	1 1.5	V
Auxiliary Battery Vol	14.08	V
Charge Control Value	-25.0	KW
Discharge Control Value	21.0	KW
Cooling Fan Mode1	1	
Temp of Batt TB1	98.8	F
Temp of Batt TB2	99.1	F
Temp of Batt TB3	94.5	F
Battery Block Vol -V01	16.26	V
Battery Block Vol -V02	16.21	V
Battery Block Vol -V03	16.23	V
Battery Block Vol -V04	16.23	V
Battery Block Vol -V05	16.25	V
Battery Block Vol -V06	16.21	V
Battery Block Vol -V07	16.14	V
Battery Block Vol -V08	16.16	V
Battery Block Vol -V09	16.28	V
Battery Block Vol -V10	16.26	V
Battery Block Vol -V11	16.18	V
Battery Block Vol -V12	16.18	V
Battery Block Vol -V13	16.18	V
Battery Block Vol -V14	16.18	V
Battery Low Time	0	
DC Inhibit Time	0	
Hot Temperature Time	0	

**Fuente:** Techstream (Toyota Híbrido Prius 2010).

**Editado:** Richard Merchán Córdova.

Los parámetros expuestos en la **Tabla 3.9** son datos reales obtenidos del Vehículo Híbrido Toyota Prius 2010 ubicado en la Universidad Internacional del Ecuador - Extensión Guayaquil.

Se realizó esta prueba a las 2496 rpm con el fin de mostrar el comportamiento de cada uno de los componentes que conforman el Control Híbrido, en especial los motores/generadores, donde se verifican los parámetros como torque, temperatura, revoluciones de estos componentes y de los que contribuyen para el funcionamiento de los mismos.

## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS DEL CONJUNTO DE MOTOGENERADORES DEL PRIUS

#### 4. ELEMENTOS TÉCNICOS DE PRUEBAS.

- **Vehículo Toyota Prius modelo A 2010 UIDE GYE.**

En la **Figura 4.1** se presenta el vehículo híbrido Toyota Prius 2010, el cual es la herramienta principal para realizar las prácticas dentro del taller de la Universidad Internacional del Ecuador Extensión Guayaquil.



**Figura 4.1.** Toyota Prius A 2010.

**Fuente:** Richard Merchán Córdova.

**Editado:** Richard Merchán Córdova.

- **Cable interfase.**

En la **Figura 4.2** se muestra el cable interfase, cual sirve para realizar la conexión con el vehículo y por ende poder verificar y obtener los datos necesarios

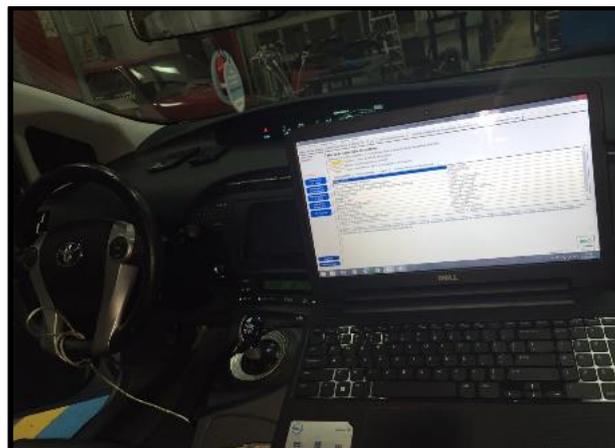
para el desarrollo de este proyecto y en la **Figura 4.3** se indica la conexión del cable interfase con el vehículo.



**Figura 4.2.** Cable Interfase.

**Fuente:** Richard Merchán Córdova.

**Editado:** Richard Merchán Córdova.



**Figura 4.3.** Conexión entre interfase / vehículo.

**Fuente:** Richard Merchán Córdova.

**Editado:** Richard Merchán Córdova.

- **Computadora DELL.**

En la **Figura 4.4** se muestra la computadora DELL la cual cuenta con el programa Techstream, mismo que por medio de la conexión con el cable interfase

se puede realizar la comunicación con el vehículo para obtener información como rpm del motor, temperaturas y códigos de falla que se generan en el automóvil.



**Figura 4.4.** Computadora DELL.

**Fuente:** Richard Merchán Córdova.

**Editado:** Richard Merchán Córdova.

- **Comprobación de datos obtenidos.**

La **Figura 4.5** representa la constancia de las pruebas realizadas en el vehículo híbrido Toyota Prius A año 2010.



**Figura 4.5.** Obteniendo datos del vehículo.

**Fuente:** Richard Merchán Córdova.

**Editado:** Richard Merchán Córdova.

## 4.1. Implementos de seguridad.

### 4.1.1. Medidas de precaución en el trabajo.

#### a) Ropa de seguridad.

- Además de la ropa corriente del técnico, debe usarse según lo requiera la situación, zapatos de seguridad (botas de cuero aisladoras de corriente y de puntas de acero), guantes adecuados, protección para la cabeza, gafas protectoras, tapones para los oídos protección para el rostro, etc. (Toyota S.A.)

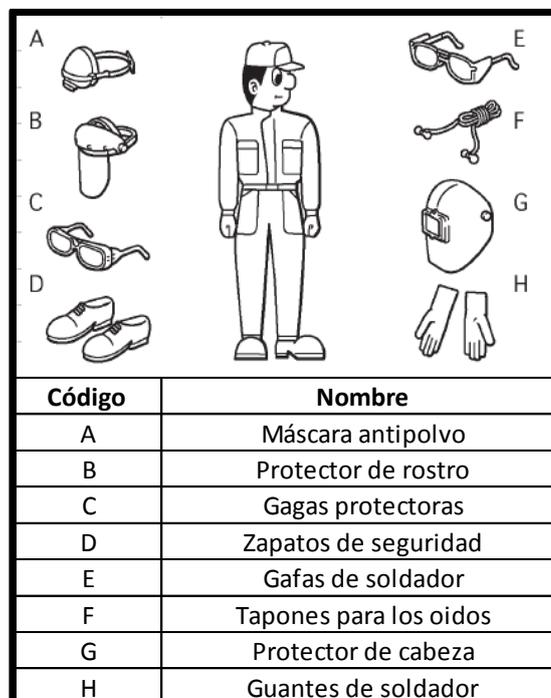


Figura 4.6. Implementos de Seguridad.

Fuente: Manual del Toyota Prius. (2010).

Editado: Richard Merchán Córdova.

#### b) Seguridad.

1. En caso de trabajar dos o más personas, asegúrese de comprobar los elementos de seguridad de los demás.

2. Si trabaja con el motor en marcha, el taller debe estar ventilado para que puedan salir los gases de escape.
3. Se trabaja con altas temperaturas, presión elevada, piezas giratorias, móviles o vibratorias, debe utilizar el equipo de seguridad adecuado y tomar precauciones adicionales para que nadie resulte dañado.
4. Cuando eleve el vehículo con un gato, asegúrese que el apoyo de los puntos especificados se realiza sobre un soporte seguro.
5. Cuando eleve el vehículo, utilice el equipo de seguridad adecuado.

**c) Preparación de herramientas y del medidor.**

- Antes de iniciar con el trabajo, prepare una plataforma para las herramientas, las SST, el medidor, aceite, trapos y las piezas de recambio.

**d) Operaciones de extracción e instalación, montaje y desmontaje.**

1. Ejecute el diagnóstico cuando haya determinado los procedimientos que debe seguir y haya delimitado el problema.
2. Antes de desmontar las piezas, compruebe el estado general del conjunto y si está deformado o dañado.
3. Si el montaje resulta complejo, tome notas. Ej, anote número total de conexiones eléctricas, perno o mangueras extraídas. Dibuje marcas de correspondencia para garantizar que vuelve a mostrar componentes en su posición original. Marque las mangueras y sus puntos de acoplamiento, si es necesario.

4. Limpie y lave las piezas desmontadas si es necesario y acóplelas después de un control minucioso.

**e) Piezas en desmontaje.**

1. Coloque las piezas extraídas en otra caja para que no se mezclen con las nuevas o las contaminen.
2. El en caso de partes no reutilizables como empaquetaduras, juntas tóricas y tuercas e fijación, sustituyéndolas por otras nuevas según las instrucciones de este manual
3. Guarde las piezas que haya extraído para que las vea el cliente, si lo desea.

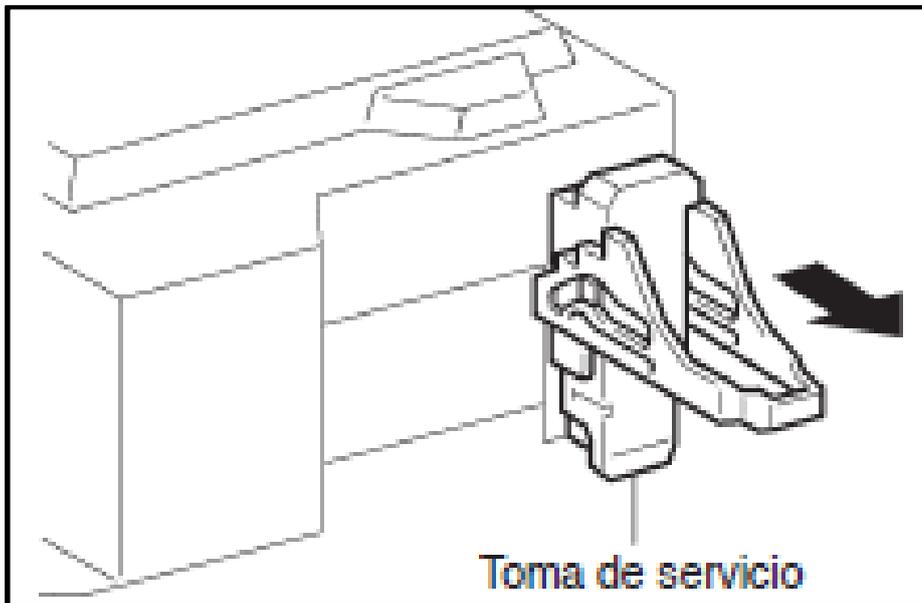
**4.1.2. Precaución en la inspección y mantenimiento de circuitos de alto voltaje.**

- a) Se debe revisar la información antes de la inspección y servicio del sistema de alta tensión.
- b) Todos los conectores del mazo de cables de alta tensión tienen color naranja. La batería de AT y otros componentes de alta tensión incluyen etiquetas de advertencia con las palabras 'Alta Tensión'. No toque en un descuido los cables y componentes.
- c) Antes de realizar la inspección o acción de servicio en el sistema de alta tensión, asegúrese de que sigue todas las medidas de seguridad, tales como el uso de guantes aislantes y de desconectar la toma de servicio para evitar la electrocución. Guarde la toma de servicio en el bolsillo

para evitar que otros técnicos la vuelvan a instalar mientras que realiza la operación de servicio en el vehículo.

- d) Tras extraer la toma de servicio, espere unos 5 minutos antes de tocar los conectores o terminales de alta tensión.

**OBSERVACIÓN:** se necesitan unos 5 min para descargar el condensador de alta tensión del inversor.

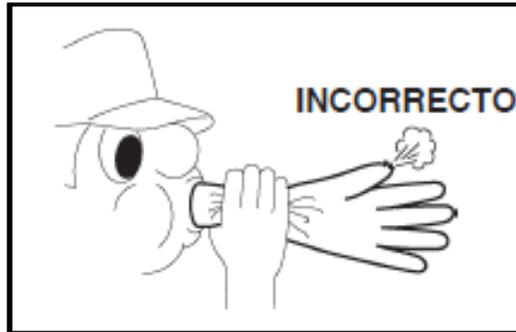


**Figura 4.7.** Toma de servicio.

**Fuente:** Manual del Toyota Prius. (2010).

**Editado:** Richard Merchán Córdova.

- e) Asegúrese de instalar la toma de servicio antes de arrancar el sistema híbrido. Si arranca el sistema híbrido con la toma de servicio extraída puede dañar el vehículo.
- f) Antes de utilizar los guantes aislantes, compruebe que no estén agrietados, rotos o dañados. No utilice guantes aislantes húmedos.



**Figura 4.8.** Comprobación de guantes incorrecta.

**Fuente:** Manual del Toyota Prius. (2010).

**Editado:** Richard Merchán Córdova.

- La normativa de los guantes a utilizar cuando se trabaja con Tensiones (Voltios) es la EN 60903, de lo cual se obtiene el siguiente cuadro que detalla el tipo de guante considerando el nivel de tensión:

**Tabla 4.1.** Tipo de guantes aislantes según norma EN 60903.

Guantes aislantes para trabajos en Tensión			
Clase:	Tensión máx. de utilización (v)	Tensión de prueba (v)	Tensión de resistencia (v)
0	500	2.500	5.000
00	1.000	5.000	10.000
1	7.500	10.000	20.000
2	17.000	20.000	30.000
3	26.500	30.000	40.000
4	36.000	40.000	50.000

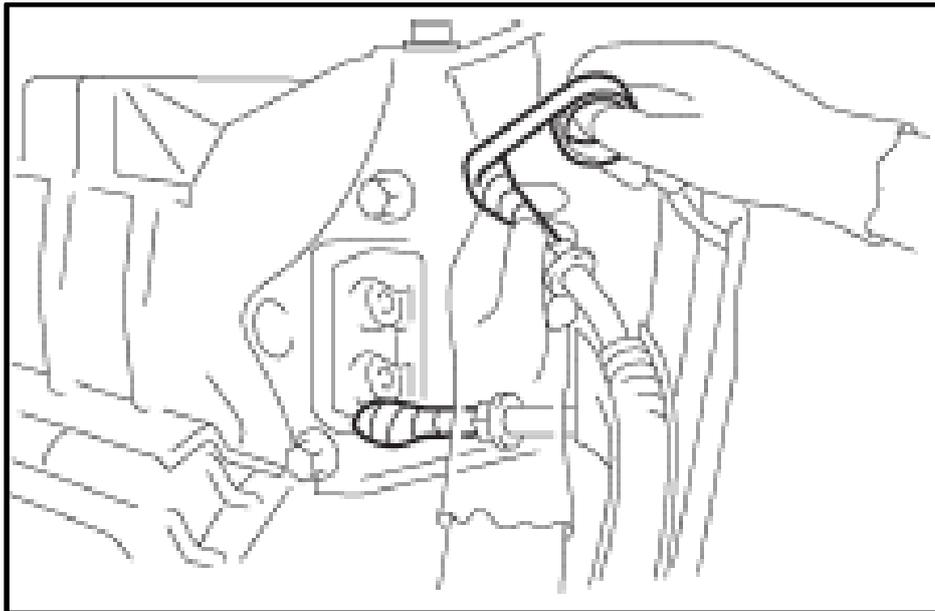


**Fuente:** Normativa de elementos aislantes.

**Editado:** Richard Merchán Córdova.

- g)** Cuando realice operaciones de servicio en el vehículo no lleve objetos metálicos como lápices de metal o reglas que puedan caer accidentalmente y provocar un cortocircuito.

- h) Antes de toca un terminal expuesto de alta tensión, utilice guantes aislantes y emplee un comprobador eléctrico para asegurarse de que el terminal no está cargado con electricidad (aproximadamente 0 V).
- i) Tras desconectar o dejar expuesto un conector o terminal de alta tensión, aíslelo de inmediato con cinta aislante.



**Figura 4.9.** Aislamiento de un cable de alta tensión.

**Fuente:** Manual del Toyota Prius. (2010).

**Editado:** Richard Merchán Córdova.

- j) El tornillo de los terminales de alta tensión debe apretarse firmemente al par especificado. Se puede provocar un fallo debido a un par de apriete tanto insuficiente como excesivo.
- k) Utilice la señal ***'PRECAUCIÓN, ALTA TENSIÓN, NO TOCAR DURANTE EL FUNCIONAMIENTO'*** para alertar a los demás ingenieros que se realiza una inspección / reparación en el sistema de alta tensión.
- l) No coloque la batería boca abajo mientras la extrae y la instala.

m) Después de realizar la operación de servicio en el sistema de alta tensión y antes de volver a instalar la toma de servicio, verifique que no ha dejado ninguna pieza ni herramienta en el interior, que los tornillos del terminal de alta tensión están firmemente apretados y que los conectores están debidamente conectados.

#### 4.2. Análisis de parámetros resultantes.

**Tabla 4.2.** Parámetros del vehículo híbrido Toyota Prius 2010.

CONTROL HÍBRIDO						
Parámetros	rpm	Valores				Unidad
		0	992	1120	2496	
Temperatura del refrigerante del motor		194	190	140	192	°F
Temperatura ambiente		82	82	82	82	°F
Torque del motor (MG2)		0	-14,38	-14,75	5,87	Nm
Valor de ejecución del torque M(MG2)		0	-14,5	-14,38	5,87	Nm
Revoluciones del generator (MG1)		0	3680	4140	9069	rpm
Torque del generator (MG1)		0	-14,63	-15	0	Nm
Valor de ejecución del torque G(MG1)		0	-12,13	-12,5	0,62	Nm
Temperatura del inversor (MG1)		113	111	127	113	°F
Temperatura del inversor (MG2)		113	109	102	113	°F
Temperatura del motor No2		133	113	97	138	°F
Temperatura del motor No1		93	90	88	97	°F
Estado de carga (All Bat)		54,1	38,8	44,3	50,5	%
Max. Temperatura del inversor (MG1)		147	129	127	147	°F
Max. Temperatura del inversor (MG2)		117	111	102	117	°F
Max. Temperatura del motor (MG2)		93	90	88	97	°F
Estado de carga máxima		58,5	58,5	58,5	58,5	%
Estado de carga mínima		29,5	32,5	34,5	29,5	%
Max. Temperatura del motor (MG1)		133	113	97	138	°F

**Fuente:** Techstream (Toyota Híbrido Prius 2010).

**Editado:** Richard Merchán Córdova.

Los datos mostrados en el **Tabla 4.2** es una obtención de los parámetros del vehículo híbrido Toyota Prius. Esta tabla contiene información basada netamente en los motores/generadores y los componentes que contribuyen para el funcionamiento de los mismos. Se consideró la realización de pruebas en

diferentes condiciones de las rpm del motor para verificar la variación en el funcionamiento tanto del MG1 como el MG2.

Considerando lo antes expuesto se toma como primer análisis la referencia del torque del generador (MG1) describiendo que a 992 rpm genera -14.63 Nm y a 1120 rpm genera -15 Nm lo que comparado con los parámetros del fabricante indica que el rango de funcionamiento en torque para el generador de MG1 en mínimo es -4096 Nm y máximo 4095.875 Nm lo que da como conclusión que se encuentra dentro de los datos proporcionados por el fabricante, mencionado en la **Tabla 3.8.**

Adicionalmente, realizando el análisis de la revolución del generador (MG1), identificamos que con respecto a la rpm del motor las revoluciones del generador son mayores, puesto que a 992 – 1120 – 2496 rpm el generador emite 3680 – 4140 – 9069 rpm, lo que comparado con los parámetros del fabricante indica que el rango de funcionamiento de la revolución del generador (MG1) en mínimo es -32768 rpm y máximo 32767 rpm lo que da como conclusión que se encuentra dentro de los datos proporcionados por el fabricante, mencionado en la **Tabla 3.8.**

## CAPÍTULO V

### DISEÑO DE LA PROPUESTA

#### 5. TOYOTA PRIUS HÍBRIDO MODELO A 2010.

Luego de haber realizado el estudio del funcionamiento de los motores/generadores en los capítulos iniciales, se procedió a realizar las pruebas para verificar los parámetros de funcionamiento en el vehículo híbrido Toyota Prius 2010 ubicado en la Universidad Internacional del Ecuador – Extensión Guayaquil, el cual presenta 96854 km de recorrido, me permitió proponer el **“ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL CONJUNTO DE MOTOGENERADORES DEL VEHÍCULO HÍBRIDO TOYOTA PRIUS A”**, con el fin de utilizar esta información como guía alternativa de investigación para fines académicos al público en general y sobre todo para los estudiantes de la Facultad de Ingeniería en Mecánica Automotriz de la UIDE.

- El motor eléctrico MG1 carga la batería de alto voltaje y pone en marcha al motor térmico MT.
- El motor eléctrico MG2 es el que arrastra el vehículo en todas las circunstancias, bien solo o bien cooperando con el MT y hace la función de generador durante el tiempo de frenado del vehículo.

## 5.1. Características del Prius.

Tabla 5.1. Características del Toyota Prius.

Características del Vehículo	
Marca	Toyota
Modelo	Prius Híbrido (AA)
Año	2010
Origen	Japón
Cilindraje	1800 cc
Colora	Plateado
Km	96854 kilómetros
Fecha de compra	30/11/2010

Fuente: Toyota Prius 2010 ubicado en el Taller de la Universidad Internacional del Ecuador.

Editado: Richard Merchán Córdova.

### ➤ Motor de combustión Interna.

Tabla 5.2. Descripción del motor de combustión interna (MCI).

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

Fuente: Manual del Toyota Prius. (2010).

Editado: Richard Merchán Córdova.

### ➤ Combustible.

Tabla 5.3. Especificación de consumo de combustible.

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

Fuente: Manual del Toyota Prius. (2010).

Editado: Richard Merchán Córdova.

➤ **Dimensiones y peso.**

**Tabla 5.4.** Especificaciones de dimensión y peso.

<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 Toyota Prius. (2010).

**Editado:** Richard Merchán Córdova.

➤ **Sistema eléctrico.**

**Tabla 5.5.** Especificaciones del sistema eléctrico.

<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 Toyota Prius. (2010).

**Editado:** Richard Merchán Córdova.

➤ **Batería híbrida.**

**Tabla 5.6.** Especificaciones de la batería híbrida.

<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 Toyota Prius. (2010).

**Editado:** Richard Merchán Córdova.

➤ **Motor eléctrico.**

**Tabla 5.7.** Especificaciones del 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 Toyota Prius. (2010).

**Editado:** Richard Merchán Córdova.

Este innovador vehículo cuenta con sistemas de seguridad activa y pasiva que cumplen con los estándares de seguridad más altos. Este sistema se encuentra desarrollado de forma muy detallada, de tal manera que tiene sistemas que permiten garantizar la seguridad de los ocupantes que se encuentren en el habitáculo del automóvil. El Prius está equipado con sistema de frenos ABS que son capaces de responder a un frenado brusco permitiendo maniobrar y esquivar de forma acertada a fin de evitar accidentes.

La tecnología con la que cuenta este vehículo da una experiencia totalmente única desde el momento en el que se ingresa al auto. Tanto así que no es necesario presionar el botón de desbloqueo ya que por medio de los sensores tan sólo basta con acercarse al vehículo y tener la llave en cualquier parte del cuerpo 'sistema alcanza hasta un metro de distancia', de manera que al tocar la manilla de la puerta esta se desbloquee de forma automática.

Para la ignición únicamente hay que presionar el freno y el botón 'POWER'.

Presionar una vez se queda en la posición de accesorios y dos veces encendemos el motor.



**Figura 5.1.** Toyota Prius 2010 – UIDE.

**Fuente:** Richard Merchán Córdova.

**Editado:** Richard Merchán Córdova.

Es muy importante destacar que el Toyota Prius no necesita ser cargado por ningún tipo de fuente de energía ya que la batería se recarga mediante un sistema de frenado regenerativo, el cual utiliza toda la energía cinética producida al momento del frenado por medio del MG2 y cuando se encuentra el Parking 'P' trabaja el motor de combustión interna en conjunto con el MG1 para cargar la batería del sistema híbrido.

## **5.2. Sistema del conjunto de los motogeneradores en el Toyota Prius 2010.**

El vehículo híbrido Toyota Prius cuenta con dos motores/generadores, denominado motor generador N<sup>o</sup> 1 (MG1) y motor generador N<sup>o</sup> 2 (MG2), los cuales son de gran importancia para el funcionamiento del sistema híbrido del Prius.

5. Motor generador N<sup>o</sup> 1 (MG1) funciona como un motor de arranque necesario para el encendido del vehículo. Cuando el automóvil está en posición parking 'P' el MTI en conjunto con el MG1 cargan la batería cada vez y cuando la misma lo requiera.
6. Motor Generador N<sup>o</sup> 2 (MG2) es el encargado de transmitir el movimiento del vehículo a bajas revoluciones y carga la batería del sistema híbrido durante el proceso de frenado, de tal modo que utiliza la energía cinética que se produce cuando se suelta el pedal del acelerador o cuando se presiona el pedal del freno.

Como se explica en los capítulos iniciales este tipo de tecnología en los sistemas híbridos funciona como motores y generadores.

En el Taller de la Universidad Internacional del Ecuador – Extensión Guayaquil, se realizó la prueba al vehículo híbrido Toyota Prius a diferentes condiciones de las revoluciones del motor a fin de verificar los parámetros de funcionamiento de los motores/generadores donde pudimos determinar a medida que las rpm aumentan el MG1 a un punto determinado actúa como generador junto con el motor de combustión interna para cargar a la batería, así como también las revolución, temperaturas y torque del MG1 y de los componentes que contribuyen para el funcionamiento de los motores/generadores.

## CAPÍTULO VI

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1. Conclusiones.

- Se analizó que los motores/generadores funcionan en dos condiciones: MG1 trabaja como motor de arranque para el encendido del vehículo y por medio del motor de combustión interna se encarga de cargar la batería cuando se encuentra de parada en la posición 'P'. MG2 es el encargado del movimiento del vehículo a revoluciones bajas y aceleración ligera y además durante el frenado funciona como generador de carga para la batería, también denominado freno regenerativo.
- Se determinó que la ventaja primordial del MG1 y MG2 es que tienen dos funciones cada uno lo cual contribuye a mantener la batería en sus óptimas condiciones de funcionamiento. Sin embargo, estos componentes son un poco pesados, lo cual hace que el vehículo sea de mayor tonelaje en relación con los vehículos convencionales. Cabe indicar que con la evolución del Toyota Prius convencional al Prius C, los motores/generadores han tenido mejoras reduciendo su peso y por ende aumentando la potencia máxima del motor (MG2).
- Se determinó que los motores/generadores están compuestos por un bobinado y un rotor, los cuales ejercen todo el trabajo para el funcionamiento de cada uno de los mismos.

- Se verificó mediante la obtención de los parámetros del vehículo híbrido Toyota Prius 2010 el comportamiento de los motores/generadores y de los componentes que contribuyen al funcionamiento de los mismos, constatando la variación de las condiciones de trabajo a distintas revoluciones del motor.
- Se analizó que el funcionamiento del MG1 y MG2 está basado en la posición en la que se encuentre el vehículo, es decir ya sea cuando lo vayamos a encender, cuando estemos en marcha o cuando estemos estacionados en modo 'P'.
- Se verificó que para la obtención de los parámetros del sistema analizado es necesario utilizar el cable interfase, cual permite la conexión con el vehículo, una laptop, la misma que cuenta con el programa Techstream original para el Prius y por supuesto el Toyota Híbrido Prius de donde se descargó los parámetros de funcionamiento.
- Se consideró que los motores/generadores casi no presentan daños considerables, claro está que esto se logra siempre y cuando se realice las medidas preventivas para conservar estos componentes y los que contribuyen para el funcionamiento de los mismos, así como también revisar el sistema de enfriamiento del MG1 y MG2 para evitar recalentamientos que deterioren los bobinados de los motores eléctricos.

## 6.2. Recomendaciones.

- Proporcionar por medio de los concesionarios Toyota en el Ecuador información sobre las características y parámetros de funcionamiento de cada uno de los sistemas que componen al vehículo híbrido Toyota Prius con el fin de facilitar el acceso a información confiable y valedera para fines educativos.
- Al conectar el cable interfase al vehículo, primero es necesario leer el manual de uso, el cual lo brinda el programa techstream a fin de evitar que por una mala conexión se generen códigos de error y falla.
- Realizar las recomendaciones de mantenimiento que el Manual del Fabricante del Toyota Prius sugiere a fin de alargar la vida útil de los motores/generadores y los demás sistemas que componen al Prius.
- Antes de verificar los parámetros del MG1 y MG2 en el vehículo, se sugiere revisar la información dada por el fabricante a fin de constatar el estado de los motores/generadores durante la prueba en el taller frente a los datos dados por el fabricante y por ende obtener un estudio favorable.
- Para la manipulación de los componentes eléctricos tales como los motores/generadores, se recomienda utilizar los elementos aisladores de corriente con la finalidad de salvaguardar la vida de la persona.
- Para la verificación del funcionamiento de los motores/generadores se recomienda revisar los datos proporcionados por el fabricante con el fin de comparar parámetros reales y determinar si se encuentran dentro de lo mencionado por fábrica.
- Un punto muy importante a considerar es mantener el sistema de enfriamiento siempre en las condiciones normales de funcionamiento para

evitar incrementos de temperatura en los componentes móviles que ocasionen daños estructurales y problemas de rendimiento del vehículo.

## BIBLIOGRAFIA

- Bosch, R. (2005). *MANUAL TECNICA DEL AUTOMOVIL*. Alemania: 4ta edición.
- Sistemas híbridos avanzados (Vol 1) © 2006, 2010 por Mandy Concepción.
- Datos técnicos del automóvil. © Manual del vehículo híbrido Toyota Prius A año 2010.
- Vehículos híbridos y eléctricos. MOTORES © Santiago Sanz. Edición: Javier Ablanque. Editorial: Editex, S.A. ISBN. eBook. 978-84-9003-172-8. Depósito legal: M-10584-2011.
- Curso moderno de máquinas eléctricas rotativas – Máquinas sincrónicas y motores C.A. (Tomo IV). Manuel Cortes Cherta. Copyright © Editores Técnicos Asociados, S.A. (1994) / *Reimpresión: Octubre de 2014*.
- Curso moderno de máquinas eléctricas rotativas – La máquina eléctrica en general (Tomo I). Manuel Cortes Cherta. Impresión en septiembre de 2006. Copyright © Editores Técnicos Asociados, S.A. (1994).
- El vehículo eléctrico. Desafíos tecnológicos, infraestructura y oportunidades de negocio. Sociedad de Técnicos de Automoción. (2011). Supervisión: Rafael Eoronat (Presidente STA) y Maite García (Directora de STA). © De esta edición: Libbooks. Barcelona. SLL.
- Fundamentos de control de motores eléctricos en la industria. © EDITORIAL LIMUSA, S.A. de C.V. GRUPO NORIEGA EDITORES BALDERAS 95, MÉXICO D.F.

## ANEXOS

### Mantenimiento para los motores eléctricos.

Tarea de Mantenimiento	Frecuencia
Reengrase de Rodamientos	En motores de aparatos electrónicos no es necesario. En motores de hasta 50 HP, cada 1000 a 2000 horas de servicio. En motores mayores a 50 HP, cada 500 a 100 horas de servicio.
Auscultación de los rodamientos	En motores de aparatos electrodomésticos cada 500 horas de servicio. En los demás motores, cada vez que se realiza el reengrase.
Revisión de los cojinetes a fricción	Mensualmente verificar pérdidas de aceite y temperatura de cojinetes. Cada 6 o 10 meses, el estado del aceite. Anualmente medir el huelgo y observar las superficies de fricción.
Vibraciones	Ocasionalmente, cuando se realice otra tarea de mantenimiento con el motor en marcha.
Fijación del motor y alineación	Ocasionalmente, cuando se realice otra tarea de mantenimiento con el motor parado.
Características de la corriente consumida	Ocasionalmente, cuando se realice otra tarea de mantenimiento con el motor en marcha.
Tensión de red y carga del motor	Ocasionalmente, cuando se realice otra tarea de mantenimiento con el motor en marcha.
Arranque	Ocasionalmente, cuando se realice otra tarea de mantenimiento con el motor en marcha.
Elementos de protección	Anualmente.
Conexionado y puesto a tierra	Ocasionalmente, cuando se realice otra tarea de mantenimiento con el motor parado.
Estado de aislamiento	Anualmente.
Limpieza	En función del medio ambiente (semanalmente / anualmente).
Revisión de rotor	Cuando por alguna causa se abra el motor.
Revisión de otros elementos del motor	Cuando por alguna causa se abra el motor.
Medición de la resistencia de los bobinados	Sólo cuando en las tareas de mantenimiento se han abierto las conexiones.
Prueba de rigidez dieléctrica	Sólo cuando se entienda imprescindible.

**Fuente:** Manual del Toyota Prius.

**Editado:** Richard Merchán Córdova.

### Abreviaturas utilizadas en el proyecto.

Abreviaturas utilizadas en el proyecto	
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
Modo EV	Modo Vehículo Eléctrico
MG1	Motor generador No. 1
MG2	Motor generador No. 2
Motor DC	Motor de corriente continua
Motor CA	Motor de corriente alterna
MT	Motor térmico
MCI	Motor de combustión interna
ECU HV	ECU del vehículo híbrido
EBD	Control electrónico de la presión de frenado (Electronic Brake Distribution)
IGBT	transistor bipolar de puerta aislada (Insulated Gate Bipolar Transistor)
SOC	Estado de carga (Stage of Charge)
IG	Interruptor de encendido
DTC	Código de Diagnóstico de Fallas (Diagnostic Trouble Code)
Batería AT	Batería de alta tensión
IPM	Modulo inteligente de poder (Intelligent Power Module)

**Fuente:** Manual del Toyota Prius.

**Editado:** Richard Merchán Córdova.

## Guía de práctica para el estudiante.

Guía No. 1	
Pruebas en el conjunto de los motogeneradores.	
Fecha:	
Estudiante:	Asignatura:
Docente:	Calificación:
Tema:	Verificación de parámetros de funcionamiento del MG1 / MG2.
Tipo de práctica:	Enlace a los datos del vehículo híbrido Toyota Prius.
Modalidad:	Grupal.
Herramientas a utilizar:	Laptop, cable interfase, vehículo híbrido.
ACTIVIDADES / PROCEDIMIENTOS A REALIZAR	
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Investigar los parámetros de funcionamiento de los MG dados por el fabricante.</li><li>2. Verificar los componentes que intervienen para el funcionamiento de los MG.</li><li>3. Investigar los procedimientos adecuados para realizar la conexión al vehículo híbrido.</li><li>4. Analizar los parámetros dados por el fabricante en relación con los obtenidos en el vehículo.</li></ol>	

**Fuente:** Richard Merchán Córdova.

**Editado:** Richard Merchán Córdova.