



# ESPE

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS**  
**INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y**

**MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**TRABAJO DE TITULACIÓN, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL**

**TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**TEMA: “INVESTIGACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS PACKS DE  
BATERÍAS CILÍNDRICAS CEBA AL SER IMPLEMENTADOS EN EL  
SISTEMA DE ALTA TENSIÓN DEL VEHÍCULO TOYOTA PRIUS DE  
TERCERA GENERACIÓN”**

**AUTOR: RAMÍREZ NAVARRETE, DAVID ALFONSO**

**DIRECTOR: ING: ERAZO LAVERDE, WASHINGTON GERMÁN**

**LATACUNGA**

**2019**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el trabajo de titulación, ***“INVESTIGACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS PACKS DE BATERÍAS CILÍNDRICAS CEBA AL SER IMPLEMENTADOS EN EL SISTEMA DE ALTA TENSIÓN DEL VEHÍCULO TOYOTA PRIUS DE TERCERA GENERACIÓN”*** fue realizado por el señor, ***Ramírez Navarrete, David Alfonso*** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Firma:

Latacunga, 11 de Julio del 2019

Ing. Erazo Laverde, Washington Germán

C.C: 0501432637



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Ramírez Navarrete, David Alfonso** declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: ***“Investigación de la eficiencia de los packs de baterías cilíndricas ceba al ser implementados en el sistema de alta tensión del vehículo Toyota Prius de tercera generación”*** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz

Latacunga, 11 de Julio del 2019

---

Ramírez Navarrete, David Alfonso

C.C: 1724495336



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**AUTORIZACIÓN**

Yo, **Ramírez Navarrete, David Alfonso**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: ***“Investigación de la eficiencia de los packs de baterías cilíndricas ceba al ser implementados en el sistema de alta tensión del vehículo Toyota Prius de tercera generación”*** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 11 de Julio del 2019

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'David Alfonso Ramírez Navarrete', is written over a horizontal line.

Ramírez Navarrete, David Alfonso

C.C: 1724495336

## **DEDICATORIA**

Me gustaría dedicar este proyecto de investigación en primer lugar a Dios por darme la sabiduría, la paciencia y sobre todo la oportunidad de poder continuar con una educación de calidad en tan prestigiosa institución.

A mi papá Milton Ramírez y mi mamá Ligia Navarrete que fueron pilares en mi vida para continuar con este proyecto, gracias a su apoyo incondicional, motivación, perseverancia y constancia permitieron alcanzar con mucha alegría esta meta.

A mis hermanos Carlos Ramírez y María Fernanda Ramírez quienes a pesar de la distancia me acompañaron y siempre me brindaron su apoyo para nunca desfallecer en cada obstáculo que se presentaba.

A mi cuñada Andrea Duque y mi sobrino Josué Ramirez que con su inmenso cariño me ayudaron a comprender que me fui con un propósito a estudiar tan lejos y cada sacrificio valía la pena.

“He fallado una y otra vez en la vida, por eso he conseguido el éxito”

**David Alfonso Ramírez Navarrete.**

## **AGRADECIMIENTO**

Le doy gracias a mi Dios por ayudarme a superar cada reto que se me presentó en el camino, por darme las fuerzas para superar cada error cometido hasta el día de hoy.

Mis queridos padres Milton Ramírez y Ligia Navarrete quienes nunca perdieron la fe en mí a pesar de las dificultades que se presentaron y quienes fueron un verdadero ejemplo de lucha, perseverancia y constancia.

Le agradezco a la UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE EXTENSIÓN LATACUNGA por brindarme la oportunidad de estudiar con unos docentes de excelencia quienes ayudaron a formarme como un excelente profesional.

A mi director de tesis el Ingeniero German Erazo por su ayuda para el desarrollo de la presente investigación.

Al ingeniero José Quiroz por la facilidad que brindaba para utilizar los equipos de la universidad en el laboratorio de autotrónica.

También quiero agradecer a mis amigos quienes estuvieron brindándome su apoyo para alcanzar tan anhelado sueño.

Y por último y no menos importante quiero agradecer a una personita muy especial para mí Alexandra Cerezo por apoyarme incondicionalmente.

**David Alfonso Ramírez Navarrete.**

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>CARÁTULA</b>	
<b>CERTIFICACIÓN</b> .....	<b>i</b>
<b>AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD</b> .....	<b>ii</b>
<b>AUTORIZACIÓN</b> .....	<b>iii</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>iv</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS</b> .....	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>xii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>xv</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES</b> .....	<b>xviii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xix</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xx</b>

### CAPÍTULO I

#### GENERALIDADES

1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Planteamiento del problema .....	3
1.3. Descripción resumida del proyecto .....	4
1.4. Justificación e importancia .....	7
1.5. Objetivos .....	8
1.5.1. Objetivo general .....	8
1.5.2. Objetivos específicos .....	9
1.6. Metas.....	9
1.7. Hipótesis.....	10
1.8. Variables de investigación .....	10
1.8.1. Variable independiente .....	10
1.8.2. Variable dependiente .....	10
1.8.3. Operacionalización de las variables.....	11
1.9. Metodología.....	12

1.9.1.	Método Inductivo .....	12
1.9.2.	Método Deductivo.....	12
1.9.3.	Método Analítico .....	12
1.9.4.	Método Experimental.....	13
1.9.5.	Método comparativo .....	13
1.9.6.	Método de Observación directa .....	13
1.9.7.	Método de Matemización .....	13

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1.	Introducción a las baterías .....	15
2.2.	Clasificación de las baterías. ....	16
2.2.1.	Baterías primarias.....	16
2.2.2.	Baterías secundarias .....	17
a.	Baterías que funcionan en régimen estacionario. ....	17
b.	Baterías que funcionan bajo regímenes cíclicos de carga-descarga.....	18
2.2.3.	Baterías de alta tensión .....	18
2.2.4.	Parámetros que caracterizan a una batería. ....	19
2.2.5.	Comparación de tecnologías de baterías.....	21
a.	Características funcionales de las baterías de plomo-ácido (Pb-ácido).....	23
b.	Características funcionales de las baterías de níquel-cadmio (Ni-Cd).....	24
c.	Características funcionales de las baterías de níquel-hidruro metálico (Ni-MH).....	26
d.	Características funcionales de las baterías de litio (Li). ....	27
e.	Características funcionales de las baterías de la batería de polímero de litio (LiPo).....	28
f.	Características funcionales del Ion de Litio (con cátodo de LiCoO <sub>2</sub> ). ....	29
g.	Características funcionales del Ion de Litio (con cátodo de LiFePO <sub>4</sub> ) .....	29



2.2.6.	Efectos de calor .....	31
2.2.7.	Efectos de Calor Relacionados con la Corriente (Calor por efecto Joule). .....	31
2.2.8.	Calor total suministrado en el sistema .....	32
2.3.	Tipos de baterías de alta tensión .....	33
2.3.1.	Batería HV del TOYOTA PRIUS 2010 tercera generación .....	33
a.	Paquete de baterías HV.....	33
b.	Batería auxiliar.....	34
2.3.2.	Batería HV del TOYOTA YARIS .....	34
a.	Conjunto de la batería del HV .....	35
b.	Batería auxiliar.....	36
2.3.3.	Batería HV del TOYOTA CAMRY 2012 segunda generación .....	36
a.	Paquete de baterías HV.....	36
b.	Batería Auxiliar .....	37
2.3.4.	Batería HV del LEXUS GS 450h.....	38
a.	Conjunto de la batería del HV .....	38
b.	Batería auxiliar.....	39
2.3.5.	Batería HV del TOYOTA HIGHLANDER 2008 -2011 2G .....	39
a.	Conjunto de la batería de HV.....	39
b.	Batería auxiliar.....	41

### **CAPÍTULO III**

#### **IMPLEMENTACIÓN DE LAS CELDAS CILÍNDRICAS CEBA EN EL SISTEMA DE ALTA TENSIÓN DEL VEHÍCULO TOYOTA PRIUS DE TERCERA GENERACIÓN**

3.1.	Baterías cilíndricas .....	42
3.1.1.	Análisis de la batería de celdas cilíndricas de alto voltaje. ....	42
3.1.2.	Cálculo de la potencia de la batería de celdas cilíndricas. ....	43
3.1.3.	Proceso de medición del voltaje nominal de la batería de celdas cilíndricas por medio de un multímetro automotriz. ....	44
3.1.4.	Proceso de medición del voltaje nominal de la batería de celdas cilíndricas por medio de la interfaz techstream. ....	46

3.1.5.	Parámetros considerados para la batería de alta tensión de celdas cilíndricas. ....	48
3.2.	Proceso de armado de la batería de celdas cilíndricas. ....	52
3.2.1.	Desmantelamiento de la batería original .....	52
3.2.2.	Armado de la batería con las celdas cilíndricas .....	53

## **CAPÍTULO IV**

### **PROTOCOLO DE PRUEBAS**

4.1.	Protocolo de pruebas en el vehículo Toyota Prius 3G. ....	60
4.1.1.	Protocolo de pruebas de forma estática en el vehículo Toyota Prius 3G .....	60
a.	Prueba de estado de salud .....	60
4.2.	Protocolo de pruebas en ruta del vehículo Toyota Prius 3G .....	62
4.2.1.	Prueba de consumo de combustible .....	62
4.2.2.	Descripción del recorrido propuesto .....	63
4.2.3.	Pruebas para el análisis de los PIDs. ....	64
a.	Prueba con la interfaz Techstream Mini VCI J2534 .....	64
4.2.4.	Equipos de medición .....	66
a.	Interfaz Toyota Techstream .....	66
b.	Proceso de instalación del software Techstream .....	67
c.	Interfaz OBDLink SX EOBD.....	69

## **CAPÍTULO V**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS**

#### **REALIZADAS CON LA BATERÍA ORIGINAL Y LOS MÓDULOS**

#### **CILÍNDRICOS**

5.1.	Análisis de resultados del vehículo Toyota Prius 3G.....	71
5.1.1.	Análisis de resultados del vehículo en las pruebas estáticas. ....	71
5.1.2.	Análisis del estado de salud .....	71
a.	Interpretación de los resultados en la prueba estática para determinar el estado de salud de la batería original y la cilíndrica. ....	72
5.2.	Análisis de resultados del vehículo en las pruebas en ruta. ....	76

5.2.1.	Análisis de los voltajes obtenidos en cada bloque al inicio y al final de la ruta .....	77
a.	Interpretación de los voltajes al inicio de la prueba de ruta con la batería original y los módulos cilíndricos .....	78
b.	Interpretación de los voltajes al final de la prueba de ruta con la batería original y los módulos cilíndricos .....	79
5.2.2.	Análisis de las resistencias internas obtenidos en cada bloque al inicio y al final de la ruta .....	79
a.	Interpretación de las resistencias internas al inicio de la prueba de ruta con la batería original y los módulos cilíndricos. ....	81
b.	Interpretación de las resistencias internas al final de la prueba de ruta con la batería original y los módulos cilíndricos. ....	82
5.2.3.	Análisis de la temperatura obtenidos por cada sensor al inicio y al final de la ruta .....	82
a.	Interpretación de temperatura medida por los sensores al inicio de la prueba de ruta con la batería original y los módulos cilíndricos .....	83
b.	Interpretación de los sensores de temperatura internas al final de la prueba de ruta con la batería original y los módulos cilíndricos .....	84
5.2.4.	Análisis del consumo de combustible en la prueba en ruta .....	86
a.	Interpretación de los resultados del consumo de combustible con la batería original respecto a los módulos cilíndricos. ....	86
b.	Interpretación de la autonomía del vehículo híbrido.....	89
5.2.5.	Análisis de resultados de niveles de CO <sub>2</sub> (dióxido de carbono) que emitió el vehículo híbrido. ....	91
5.2.6.	Análisis de correlación de variables entre la temperatura y el consumo de combustible durante la prueba de ruta con la batería original.....	92
5.2.7.	Análisis de correlación de variables entre la temperatura y el consumo de combustible durante la prueba de ruta con la batería original.....	93

**CAPÍTULO VI****MARCO ADMINISTRATIVO**

6.1.	Recursos del proyecto de investigación.....	95
6.1.1.	Recursos económicos. ....	95
6.1.2.	Recursos tecnológicos.....	96
6.1.3.	Recursos humanos.....	96
CONCLUSIONES.....		97
RECOMENDACIONES .....		98
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....		99
ANEXOS .....		103

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	<i>Producción de CO<sub>2</sub> de los vehículos comercializados en el Ecuador.....</i>	<i>8</i>
<b>Tabla 2.</b>	<i>Variable independiente: Eficiencia de los packs de baterías cilíndricas ceba.....</i>	<i>11</i>
<b>Tabla 3.</b>	<i>Variable dependiente: Sistema de alta tensión del vehículo Toyota Prius de tercera generación.....</i>	<i>11</i>
<b>Tabla 4.</b>	<i>Metodología.....</i>	<i>14</i>
<b>Tabla 5.</b>	<i>Parámetros característicos de una batería y su definición.....</i>	<i>19</i>
<b>Tabla 6.</b>	<i>Tabla comparativa de las ventajas y desventajas de la batería de plomo ácido (Pb – ácido).....</i>	<i>24</i>
<b>Tabla 7.</b>	<i>Tabla comparativa de las ventajas ya desventajas de una batería de níquel cadmio (Ni-Cd).....</i>	<i>25</i>
<b>Tabla 8.</b>	<i>Tabla comparativa de las ventajas y desventajas de la batería de níquel hidruro metálico (Ni- Mh).....</i>	<i>26</i>
<b>Tabla 9.</b>	<i>Tabla comparativa de las ventajas y desventajas de la batería de litio (Li).....</i>	<i>27</i>
<b>Tabla 10.</b>	<i>Tabla comparativa de las ventajas y desventajas de las baterías de polímero de litio (Po- Li).....</i>	<i>28</i>
<b>Tabla 11.</b>	<i>Tabla comparativa de las ventajas y desventajas de una batería de lones de litio .....</i>	<i>29</i>
<b>Tabla 12.</b>	<i>Tabla comparativa de las ventajas y desventajas de una batería de ion Litio con cátodo LiFePO<sub>4</sub>.....</i>	<i>30</i>
<b>Tabla 13.</b>	<i>Comparación entre las diferentes tecnologías de baterías .....</i>	<i>30</i>
<b>Tabla 14.</b>	<i>Características de la batería de alto voltaje del Toyota pirus 3G .....</i>	<i>34</i>
<b>Tabla 15.</b>	<i>Características de la batería de alto voltaje del Toyota Yaris hibrido .....</i>	<i>35</i>
<b>Tabla 16.</b>	<i>Características de la batería de alto voltaje del Toyota Camry 2G.....</i>	<i>37</i>
<b>Tabla 17.</b>	<i>Características de la batería de alto voltaje del Lexus GS 450h. ....</i>	<i>38</i>
<b>Tabla 18.</b>	<i>Características de la batería de alta tensión del Toyota</i>	

	<i>Highlander 2008-2011 2G</i> .....	40
<b>Tabla 19.</b>	<i>Características de la batería cilíndrica CEBA</i> .....	42
<b>Tabla 20.</b>	<i>Valor de voltaje de cada celda cilíndrica</i> .....	45
<b>Tabla 21.</b>	<i>Voltaje por bloques obtenidos con la interfaz MINI-VCI J2534</i> .....	48
<b>Tabla 22.</b>	<i>Datos obtenidos del flujo de datos del módulo híbrido</i> .....	61
<b>Tabla 23.</b>	<i>Datos de voltaje y resistencia interna de la prueba en la batería de alto voltaje con la interfaz Techstream Mini VCI J2534 de forma estática</i> .....	61
<b>Tabla 24.</b>	<i>Datos de temperatura de la prueba en la batería de alto voltaje con la interfaz Techstream Mini VCI J2534</i> .....	61
<b>Tabla 25.</b>	<i>Datos obtenidos de la prueba de consumo de combustible en el display y con la interfaz</i> .....	64
<b>Tabla 26.</b>	<i>Datos de voltaje y resistencia interna de la prueba en la batería de alto voltaje con la interfaz Techstream Mini VCI J2534 en la ruta establecida</i> .....	65
<b>Tabla 27.</b>	<i>Datos de temperatura de la prueba en la batería de alta tensión con la interfaz Mini VCI J2534 en la ruta establecida</i> .....	65
<b>Tabla 28.</b>	<i>Estado de carga al encenderse el MCI y al apagarse en la batería original y la batería cilíndrica</i> . ....	72
<b>Tabla 29.</b>	<i>Voltaje de cada bloque de la batería original durante la prueba de ruta al inicio y al final con la interfaz Techstream</i> .....	77
<b>Tabla 30.</b>	<i>Voltaje de cada bloque de la batería con los módulos cilíndricos durante la prueba de ruta al inicio y al final con la interfaz Techstream</i> . ....	77
<b>Tabla 31.</b>	<i>Resistencia interna de cada bloque de la batería original durante la prueba de ruta al inicio y al final con la interfaz Techstream</i> .....	80
<b>Tabla 32.</b>	<i>Resistencia interna de cada bloque de la batería de celdas cilíndricas durante la prueba de ruta al inicio y al final con la interfaz Techstream</i> .....	80
<b>Tabla 33.</b>	<i>Temperatura de los sensores ubicados en tres bloques de la batería original durante la prueba de ruta al inicio y final con la interfaz Techstream</i> .....	83

<b>Tabla 34.</b>	<i>Temperatura de los sensores ubicados en tres bloques de la batería de celdas cilíndricas durante la prueba de ruta al inicio y al final con la interfaz Techstream .....</i>	<i>83</i>
<b>Tabla 35.</b>	<i>Tabla del consumo de combustible obtenido con la interfaz OBDLink SX EOBD y el display del vehículo híbrido. ....</i>	<i>86</i>
<b>Tabla 36.</b>	<i>Recursos económicos. ....</i>	<i>95</i>
<b>Tabla 37.</b>	<i>Recursos tecnológicos .....</i>	<i>96</i>
<b>Tabla 38.</b>	<i>Talento humano .....</i>	<i>96</i>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Árbol de problemas .....	4
<b>Figura 2.</b>	Baterías primarias Duracell .....	16
<b>Figura 3.</b>	Batería secundaria Samsung .....	17
<b>Figura 4.</b>	Batería de alta eficiencia para el Toyota Highlander.....	19
<b>Figura 5.</b>	Comparación de la densidad volumétrica y peso entre las diferentes tecnologías existentes en el mercado .....	23
<b>Figura 6.</b>	Características cualitativas de los principales tipos de baterías.....	23
<b>Figura 7.</b>	Bateria AGM de alto rendimiento S6 .....	24
<b>Figura 8.</b>	Batería Power Max Ni Cd .....	26
<b>Figura 9.</b>	HP P106 Note book battery.....	28
<b>Figura 10.</b>	Ciclo de carga / descarga de una batería de tracción ventilada. Plomo-ácido con placas positivas tubulares (Varta PzS), 500Ah. Valores de generación de calor referidos a 100Ah de capacidad nominal.....	32
<b>Figura 11.</b>	Medición de los voltajes de los bloques de celdas cilíndricas .....	45
<b>Figura 12.</b>	Estado de la interfaz MINI-VCI J2534.....	46
<b>Figura 13.</b>	Pantalla de inicio de la interfaz techstream.....	47
<b>Figura 14.</b>	Voltajes de los diferentes bloques de celdas cilíndricas de la batería de alta tensión por medio de la interfaz MINI-VCI J2534.....	47
<b>Figura 15.</b>	Medición del voltaje por bloques con la interfaz MINI-VCI J2534 .....	48
<b>Figura 16.</b>	Componentes del sistema de celdas cilíndricas CEBA.....	54
<b>Figura 17.</b>	Base de la batería original del vehículo híbrido Toyota Prius .....	54
<b>Figura 18.</b>	Orden de las celdas cilíndricas para poder colocar en la base original del vehículo híbrido .....	55
<b>Figura 19.</b>	Base original del Toyota Pirus de tercera generación.....	55
<b>Figura 20.</b>	Fijación de los módulos cilíndricos en la base de la batería original del Toyota Prius .....	56
<b>Figura 21.</b>	Conexión de los ramales positivo y negativo con el módulo híbrido .....	56



<b>Figura 22.</b>	Placas de la batería de celdas cilíndricas para establecer las conexiones entre módulos.....	57
<b>Figura 23.</b>	Conexiones del jumper o conector de servicio para la batería de módulos cilíndricos .....	57
<b>Figura 24.</b>	Sensores de temperatura de la batería original. ....	58
<b>Figura 25.</b>	Sensores de temperatura con su base para las baterías con módulos cilíndricos. ....	58
<b>Figura 26.</b>	Cubierta de protección para la conexión de los ramales positivos y negativos en la batería de módulos cilíndricos. ....	59
<b>Figura 27.</b>	Instalación de la batería de módulos cilíndricos en la parte posterior del vehículo híbrido.....	59
<b>Figura 28.</b>	Mapa de la ruta establecida – Redondel del intercambiador de Latacunga hasta la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo .....	63
<b>Figura 29.</b>	Pantalla de inicio del software techstream versión 12.20.024.....	66
<b>Figura 30.</b>	Requerimientos mínimos de operación para el Toyota Techstream .....	67
<b>Figura 31.</b>	Instalación del Techstream_setup_v12.20.024. exe .....	67
<b>Figura 32.</b>	Copia del archivo MainMenu.exe en la carpeta de instalación de Toyota Techstram.....	68
<b>Figura 33.</b>	Instalación del driver MINI VCI e identificación de la interfaz en la computadora.....	68
<b>Figura 34.</b>	Registro del programa con el código de activación.....	69
<b>Figura 35.</b>	Software OBDWiz .....	70
<b>Figura 36.</b>	Estado de salud en la prueba estática en la batería original como la cilíndrica.....	75
<b>Figura 37.</b>	Variación del estado de salud entre la batería original y la cilíndrica. ....	76
<b>Figura 38.</b>	Valor de los voltajes de cada bloque en la batería de alta tensión al comienzo de la prueba de ruta .....	78
<b>Figura 39.</b>	Valor de los voltajes de cada bloque en la batería de alta tensión al final de la prueba de ruta.....	79
<b>Figura 40.</b>	Valor de las resistencias internas en cada uno de los bloques	

	al comienzo de la prueba de ruta. ....	81
<b>Figura 41.</b>	Valor de la resistencia interna en cada uno de los bloques al final de la prueba de ruta .....	82
<b>Figura 42.</b>	Valor de la temperatura en cada uno de los bloques al comienzo de la prueba de ruta. ....	83
<b>Figura 43.</b>	Valor de la temperatura en cada uno de los bloques al final de la prueba de ruta. ....	84
<b>Figura 44.</b>	Comparación de la variación del estado de salud de la batería cilíndrica respecto a la original en la prueba estática con la de ruta .....	85
<b>Figura 45.</b>	Valores del consumo de combustible de la batería original con respecto a la cilíndrica. ....	88
<b>Figura 46.</b>	Ahorro de combustible al implementar el sistema de módulos cilíndricos .....	89
<b>Figura 47.</b>	Aumento de la autonomía del vehículo híbrido. ....	91
<b>Figura 48.</b>	Niveles de dióxido de carbono en el vehículo híbrido .....	92
<b>Figura 49.</b>	Correlación existente entre el consumo de combustible y la variación de temperatura en la batería original. ....	93
<b>Figura 50.</b>	Correlación entre el consumo de combustible y la variación de temperatura en la batería alterna.....	94

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1.</b>	Ecuación de la potencia eléctrica .....	43
<b>Ecuación 2.</b>	Ecuación de la potencia eléctrica total .....	44
<b>Ecuación 3.</b>	Voltaje total de la batería original. ....	49
<b>Ecuación 4.</b>	Ecuación de la variación del estado de carga entre la activación y desactivación del MCI.....	72
<b>Ecuación 5.</b>	Ecuación de la capacidad estimada de la batería.....	73
<b>Ecuación 6.</b>	Ecuación del estado de salud de una batería de alta tensión. ....	74
<b>Ecuación 7.</b>	Variación del estado de salud entre la batería original y la cilíndrica.....	75
<b>Ecuación 8.</b>	Ecuación para calcular el estado de salud en función de la temperatura para baterías de alta tensión .....	85

## RESUMEN

El siguiente trabajo de titulación se enfocó en el estudio de los parámetros característicos de identificación de la batería original del Toyota Prius respecto a una batería alterna. En primer lugar, se buscó baterías alternativas en el mercado internacional que cumplen con las especificaciones técnicas de la original tanto en el voltaje nominal que no debe ser menor a 14,4 voltios y que no supere el 20% de este valor por modulo, la capacidad de 6.5 Ah y el material con el cual está construida de Níquel Hidruro metálico. Se tomó información de fuentes confiables como tesis, artículos científicos manuales y fichas técnicas que ayudó a enfocar la investigación en la resistencia interna, voltajes, corrientes, temperatura, estado de carga y consumo de combustible al ser implementadas en el vehículo híbrido Toyota Prius de tercera generación. Mediante el manejo adecuado de la interfaz Toyota Techstream y OBDLink SX EOBD se recopiló la información necesaria ya mencionados de cada batería. Se estableció varios protocolos de pruebas en los cuales se puede observar de mejor manera las diferenciaciones de cada variable seleccionada para esta investigación, todas las pruebas se realizaron montando cada batería por separado en el vehículo híbrido, se optó por dos tipos de pruebas con el vehículo en movimiento y con el vehículo estático, de esta forma observar mejor los procesos de carga y descarga de ambas baterías sin involucrar regeneración de energía adicional con el freno regenerativo en la prueba estática y en condiciones normales de operación en el vehículo para determinar el rendimiento y eficiencia de cada batería.

### **PALABRAS CLAVES:**

- **BATERÍAS DE ALTO VOLTAJE**
- **VEHÍCULOS HÍBRIDOS**
- **TOYOTA PRIUS - RENDIMIENTO ENERGÉTICO**

## **ABSTRACT**

The following titration work focused on the study of the characteristic parameters of identification of the original Toyota Prius battery with respect to an alternate battery. First, alternative batteries were sought in the international market that meet the technical specifications of the original both in the nominal voltage that should not be less than 14.4 volts and not exceed 20% of this value per module, the capacity of 6.5 Ah and the material with which it is constructed of Nickel Metal Hydride. Information was taken from reliable sources such as theses, scientific papers and technical data sheets that helped focus research on internal resistance, voltages, currents, temperature, state of charge and fuel consumption when implemented in the third Toyota Prius hybrid vehicle generation. Through the proper operation of the Toyota Techstream interface and OBDLink SX EOBD, the necessary information already mentioned for each battery was collected. Several test protocols were established in which it is possible to better observe the differentiations of each variable selected for this investigation, all the tests were made by mounting each battery separately in the hybrid vehicle, two types of tests were chosen with the vehicle in motion and with the static vehicle, in this way to better observe the loading and unloading processes of both batteries without involving additional energy regeneration with the regenerative brake in the static test and under normal operating conditions in the vehicle to determine the performance and efficiency of each battery.

### **KEYWORDS:**

- **HIGH VOLTAGE BATTERY**
- **HYBRID VEHICLE**
- **ENERGY EFFICIENCY**

# **CAPÍTULO I**

## **GENERALIDADES**

### **MARCO METODOLÓGICO “INVESTIGACIÓN DE LA EFICIENCIA DE LOS PACKS DE BATERÍAS CILÍNDRICAS CEBA AL SER IMPLEMENTADOS EN EL SISTEMA DE ALTA TENSIÓN DEL VEHÍCULO TOYOTA PRIUS DE TERCERA GENERACIÓN”**

#### **1.1. Antecedentes**

Debido a los problemas de contaminación ambiental, se ha buscado reducir las emisiones de los vehículos que trabajan con combustibles fósiles, se comenzó a implementar en diferentes países estrategias tecnológicas de fuentes alternativas.

(Soto, Cantillo, & Arellana, 2014) Señalan que “Los combustibles fósiles que mayormente usan los vehículos generan externalidades negativas, entre la que se encuentra la contaminación atmosférica; el transporte es responsable del 26% de las emisiones globales de CO<sub>2</sub>”.

Por su parte (Salaet Fernández & Roca Jusmet, 2010) señalan que “En los últimos años se ha utilizado más petróleo, más carbón y más gas natural que nunca en la historia”.

(Franshitti, 2017) manifiesta que, a lo largo del siglo pasado, la temperatura media global en la superficie de la Tierra se incrementó principalmente a causa de las actividades humanas (antrópicas) que ha generado el incremento de emisiones de gases de invernadero como el CO<sub>2</sub>, contaminando el ambiente, provocando fuertes alteraciones climáticas que a su vez son las causas de varios desastres naturales.

A consecuencia de esta problemática, a través del “Acuerdo de París” adoptado en 2015 la comunidad internacional se ha comprometido a luchar contra el crecimiento de los gases de efecto invernadero (GEI), resultantes de energías fósiles y de la industria, para evitar una desregulación del clima y su impacto en la humanidad. Para lograr mejorar el ambiente y asegurar la continuidad del planeta, es necesario que la sociedad, las empresas, la industria, la agricultura y los transportes logren mayor eficiencia y eficacia energética; por ello la investigación de fuentes alternativas de combustible es una realidad que busca apoyar la conservación del medio ambiente.

“La contaminación del aire constituye en la actualidad uno de los principales problemas ambientales de las zonas urbanas en el mundo, tanto en los países desarrollados como en aquellos en vías de desarrollo”. (Ministerio del Ambiente, 2010, p. 1) Mientras que a nivel nacional señala el Ministerio del ambiente que, en los países de Latinoamérica, la principal fuente de contaminación atmosférica proviene de las fuentes móviles, en el Ecuador se demostró que la contaminación vehicular abarca entre el 75% al 85%” dando apertura a la investigación de energías alternativas de propulsión para los vehículos. (p. 57)

(Baldeon, et al., 2017) Argumenta que los vehículos públicos con más de 30 años de antigüedad producen 4000 kg de CO2 anualmente, los vehículos públicos más actuales producen 230 kg de CO2 anualmente, los vehículos híbridos públicos producen 186 kg de CO2 anualmente. Existen varios fabricantes que producen vehículos híbridos, entre ellos Toyota, su modelo Prius alcanza su pico máximo de venta con 1840 unidades vendidas.

(Anderson & Anderson, 2010) Los vehículos híbridos y eléctricos tienen una estrecha relación con las futuras innovaciones de la ingeniería, tratando de hacerlos ideales para las condiciones que se rigen en la sociedad.

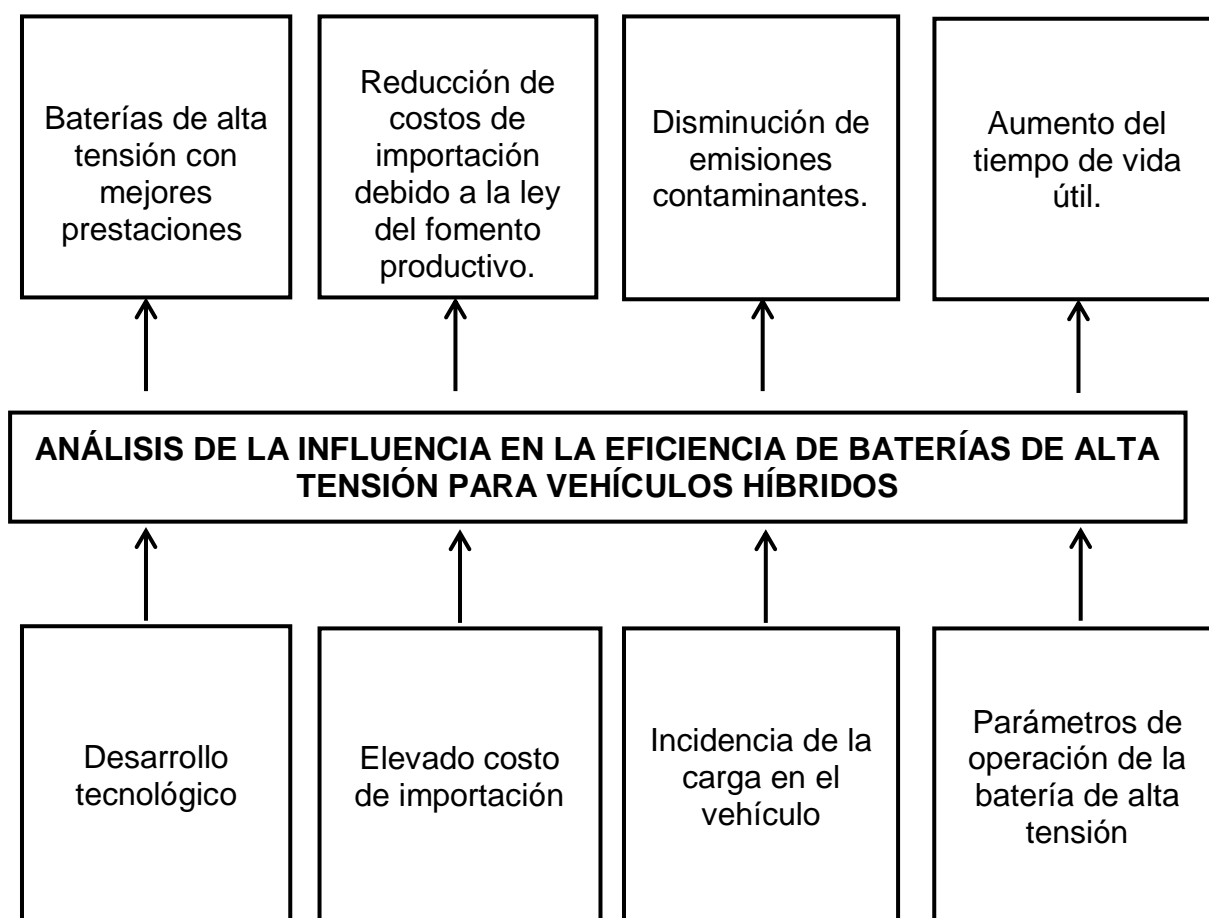
(Peña Ordoñez, 2011) Argumenta que “El desarrollo en los últimos años de nuevas aplicaciones, han proporcionado el surgimiento y desarrollo de nuevas tecnologías de baterías, cada vez más eficientes y fiables”.

## **1.2. Planteamiento del problema**

La investigación se centra en las nuevas tecnologías automotrices para salvaguardar el medio ambiente, el gobierno ecuatoriano tomo la iniciativa otorgando una ayuda tributaria del 0% al impuesto del valor agregado para vehículos híbridos y sus componentes, esta normativa en el país produjo una elevada cantidad de importaciones de este tipo de vehículos según señala el censo estadístico realizado por la AEADE en él 2016.



Al enfocarse en un campo automotor de vehículos eléctricos e híbridos se vio la necesidad de realizar la investigación de la aplicabilidad de baterías de alta tensión alternativas que mejoren las prestaciones en los vehículos híbridos y eléctricos debido a su desarrollo tecnológico, reduciendo de esta manera el consumo de combustible, niveles de emisiones, costo de importación y niveles de temperatura de operación.



**Figura 1.** Árbol de problemas

### 1.3. Descripción resumida del proyecto

El proyecto “Investigación de la eficiencia de los packs de baterías cilíndricas CEBA al ser implementados en el sistema de alto voltaje del vehículo Toyota Prius de

tercera generación” se consideraron varios aspectos para su desarrollo:

Información tomada de fuentes confiables como tesis, manuales, fichas técnicas, normas y publicaciones afines a la temática de la investigación.

Se tomó los parámetros característicos de la batería con celdas tradicionales como el voltaje, resistencia interna, temperatura, estado de carga y corrientes en tiempo real, con el vehículo detenido y con ayuda de la interfaz Mini VCI J2534 junto con el software Techstream.

Se delimitó el espacio de funcionamiento para las pruebas en movimiento del Toyota Prius de tercera generación.

Se tomó los parámetros característicos de la batería con celdas tradicionales como, voltaje, resistencia interna, temperatura, estado de carga y corrientes en tiempo real con el vehículo en movimiento a través de una ruta establecido de 103 km, con ayuda de la interfaz Mini VCI J2534 junto con el software Techstream.

Se obtuvo el consumo de combustible en MPG y litros/100 km con ayuda de la interfaz OBD Link SX junto con el software OBD Wiz y el display del Toyota Prius de tercera generación

Utilizando el manual de desmantelación del Toyota Prius 3G, se realizó el protocolo para retirar la batería de alta tensión y poder ensamblarla con las celdas

cilíndricas CEBA.

Se tomó los parámetros característicos de la batería con celdas cilíndricas como el voltaje, resistencia interna, temperatura, estado de carga y corrientes en tiempo real, con el vehículo detenido y con ayuda de la interfaz Mini VCI J2534 junto con el software Techstream.

Se tomó los parámetros característicos de la batería con celdas cilíndricas como, voltaje, resistencia interna, temperatura, estado de carga y corrientes en tiempo real con el vehículo en movimiento a través de una ruta establecido de 103 km, con ayuda del interfaz Mini VCI J2534 junto con el software Techstream.

Se obtuvo el consumo de combustible en MPG y litros/100 km con ayuda de la interfaz OBD Link SX junto con el software OBD Wiz y el display del Toyota Prius de tercera generación

Se tabularán los datos para generar un registro de las variaciones en los parámetros característicos tanto en la batería original como la que contiene las celdas cilíndricas.

Se analizaron de forma técnica y científica las variaciones observadas de la batería de celdas cilíndricas contra la batería original.

#### **1.4. Justificación e importancia**

Según (Camós, 2016) los vehículos híbridos que se comercializan entre las marcas Toyota y Lexus ya suman 9 millones y se proyectan a llegar a las 15 millones de ventas para el 2020, esto indica que la venta del vehículo híbrido se está manifestando rápidamente y por ello es de vital importancia que se esté a la par con los avances tecnológicos y sus tendencias mundiales.

Según la información recopilada por la Asociación de Empresas Automotrices (Baldeon, y otros, 2017) se manifiesta que “Existe una gran gama de vehículos cuyo sistema de propulsión está basado en motores eléctricos. Una de sus principales ventajas es su bajo consumo energético y el reducido impacto ambiental que provoca su uso.” haciendo que este tipo de vehículos sean los más ideales para las reducciones de emisiones contaminantes, lo cual se puede observar en la cantidad de emisiones producidas por los diferentes vehículos comercializados en el Ecuador.

Los datos tabulados por la Asociación de Empresas Automotrices (Baldeon, y otros, 2017) indican que: En Ecuador, el sector de transporte es el que presenta mayor consumo energético, alrededor del 40 % de la energía total consumida en el país, más del 50 % de los combustibles derivados de petróleo y genera un 30 % de las emisiones totales de CO<sub>2</sub>, que se producen por la combustión de los motores.

A lo largo de los últimos años, la evolución acontecida en la tecnología de los

vehículos; las soluciones para el medio ambiente en el ámbito de la movilidad se concretan en tres tecnologías básicas que buscan reducir las emisiones a la atmósfera del transporte terrestre. Vehículos Híbridos, Vehículos Eléctricos y Vehículos de hidrógeno

Debido al avance tecnológico, los proyectos de investigación son de vital importancia para mantenerse a la vanguardia con las innovaciones tecnológicas y así poder brindar nuevas formas de almacenar la energía mejorando sus prestaciones.

**Tabla 1.**

*Producción de CO<sub>2</sub> de los vehículos comercializados en el Ecuador*

TIPO DE VEHÍCULO	Mayor de 30 años (Kg CO <sub>2</sub> / año)	Actual (Kg CO <sub>2</sub> / año)	Híbrido (Kg CO <sub>2</sub> / año)	Eléctrico (Kg CO <sub>2</sub> / año)
Privado	2000	46	37	0
Servicio Publico	4000	230	186	0
Tributos al Ecuador	Arancel	35% - 40%	0% hasta 2000 CC	No paga Si ( SI FOB < 40.000)
	IVA	12%	No paga Si (PVP < 35.000)	No paga Si ( SI FOB < 35.000)
	ICE	5% - 35%	No paga Si (PVP < 35.000)	No paga Si ( SI FOB < 35.000)

Fuente: (Baldeon, y otros, 2017)

## 1.5. Objetivos

### 1.5.1. Objetivo general

- Investigar la eficiencia de los packs de la batería de celdas cilíndricas CEBA al ser implementado en el sistema de alta tensión de Toyota Prius de tercera generación.

### 1.5.2. Objetivos específicos

- Buscar información de fuentes confiables como tesis, manuales, fichas técnicas, normas y publicaciones afines a la temática de la investigación.
- Implementar protocolos para las pruebas con el vehículo detenido y en movimiento.
- Analizar los flujos de datos relevantes obtenidos a través de la visualización de los PIDS con la interfaz Mini VCI J2534 y el software Techstream.
- Analizar el consumo de combustible obtenido a través de la visualización de la interfaz OBD Link SX junto con el software OBD Wiz y el display del Toyota Prius de tercera generación
- Analizar el estado de salud de ambas baterías en función de la corriente de carga, el SOC en el cual se activa el MCI, el SOC de desactivación del MCI y el tiempo utilizado en este proceso con el vehículo detenido.
- Analizar el estado de salud de ambas baterías en función de la temperatura y la resistencia interna con el vehículo en movimiento
- Realizar gráficas comparativas entre los diferentes parámetros característicos de las baterías de alta tensión para identificar la correlación existente con las diferentes variables y el consumo de combustible.

### 1.6. Metas

- Analizar el flujo de datos del módulo híbrido del Toyota Prius de tercera generación para identificar las variaciones existentes en los PIDs de la batería

original contra la alterna

- Analizar la reducción de consumo de combustible y niveles de dióxido de carbono al instalar la batería de módulos cilíndricos en el vehículo híbrido.

### **1.7. Hipótesis**

¿El uso de baterías alternas de alta tensión de forma cilíndrica permitirá obtener un óptimo rendimiento del vehículo híbrido durante su estado de operación?

### **1.8. Variables de investigación**

#### **1.8.1. Variable independiente**

Eficiencia de los packs de baterías cilíndricas Ceba

#### **1.8.2. Variable dependiente**

Sistema de alta tensión del vehículo Toyota Prius de tercera generación

### 1.8.3. Operacionalización de las variables

- **Variable independiente**

**Tabla 2.**

*Variable independiente: Eficiencia de los packs de baterías cilíndricas Ceba*

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Es la capacidad de la batería de consumir igual o menor energía y producir el mismo trabajo prolongando su estabilidad y cumpliendo con el tiempo de trabajo para el cual fue diseñado	Tecnológica	Impedancia de salida	ohm	Medición y experimentación	Protocolo de pruebas y ecuaciones
	Pre factibilidad	Costo	\$	Matematización	Protocolo de pruebas y ecuaciones
	Tecnológica	Estado de salud	%	Medición y Experimentación	Protocolo de pruebas y ecuaciones
	Contaminación	CO2	%	Medición	Protocolo de pruebas
	Contaminación	Consumo específico de combustible	MPG KPG	Medición	Protocolo de pruebas y ecuaciones

- **Variable dependiente**

**Tabla 3.**

*Variable dependiente: Sistema de alta tensión del vehículo Toyota Prius de tercera generación*

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Conjunto de características del vehículo híbrido en condiciones normales de funcionamiento	Tecnológica	SOC	%	Experimentación y medición	Protocolo de pruebas y ecuaciones
	Tecnológica	DSOC	A	Medición	Protocolo de pruebas y ecuaciones
	Tecnológica	Energía	A/h	Medición	Protocolo de

CONTINÚA →



	almacenada				pruebas y ecuaciones
	Tecnológica	ACC	V	Medición	Protocolo de pruebas
	Tecnológica	Temperatura	F	Medición	Protocolo de pruebas

## 1.9. Metodología

### 1.9.1. Método Inductivo

Se observó el comportamiento de los parámetros característicos de cada batería, se los clasificó y después se analizó de forma comparativa cada una de estas variables y de esta manera investigar la factibilidad de la implementación de un mercado de baterías alternas para los vehículos híbridos.

### 1.9.2. Método Deductivo

Dado que la investigación se enfoca en analizar los parámetros característicos de identificación (voltaje, estado de vida, SOC, amperaje, temperatura), estos se interpretaron para determinar el estado de la batería y su eficiencia energética.

### 1.9.3. Método Analítico

En la investigación se aplicó este método ya que permite analizar de forma individual cada uno de los parámetros característicos (voltaje, estado de vida, SOC, amperaje, temperatura) de la batería de alta tensión para Toyota Prius de tercera generación y emitir un criterio tanto científico como técnico para comprender la

relación que existe entre cada variable a profundidad.

#### **1.9.4. Método Experimental.**

Se realizó pruebas con el vehículo en movimiento y de forma estática para poder analizar la variación de los parámetros característicos de identificación de cada una de las baterías de alta tensión para el vehículo híbrido.

#### **1.9.5. Método comparativo**

Se utilizó este método para realizar un estudio comparativo de los parámetros característicos de cada una de las baterías de alta tensión del vehículo híbrido y establecer las variaciones existentes basándose en la toma de muestras en el método experimental.

#### **1.9.6. Método de Observación directa**

Se utilizó este método para determinar el comportamiento de cada batería frente a las condiciones establecidas en los protocolos para las pruebas.

#### **1.9.7. Método de Matematización**

A través de este método se calculó el estado de salud de la batería y se realiza el análisis estadístico descriptivo e inferencial para determinar la correlación del

consumo de combustible, la resistencia interna y temperatura.

**Tabla 4.**

*Metodología*

<b>Metodología</b>	<b>Descripción</b>	<b>Equipo</b>	<b>Laboratorio</b>
Inductivo	Se observó el comportamiento de los parámetros característicos de cada batería, se los clasificó y después se analizó de forma comparativa cada una de estas variables y de esta manera investigar la factibilidad de la implementación de un mercado de baterías alternas para los vehículos híbridos.	Toyota Prius Baterías de alta tensión Interfaz Mini VCI J2534 Interfaz OBD Link SX	Laboratorio de autotrónica
Deductivo.	Dado que la investigación se enfoca en analizar los parámetros característicos de identificación (voltaje, estado de vida, SOC, amperaje, temperatura), estos se interpretaron para determinar el estado de la batería y su eficiencia energética.	Toyota Prius Baterías de alta tensión Interfaz Mini VCI J2534	Laboratorio de autotrónica
Analítico	En la investigación se aplicó este método ya que permite analizar de forma individual cada uno de los parámetros característicos (voltaje, estado de vida, SOC, amperaje, temperatura) de la batería de alta tensión para Toyota Prius de tercera generación y emitir un criterio tanto científico como técnico para comprender la relación que existe entre cada variable a profundidad.	Toyota Prius Baterías de alta tensión Interfaz Mini VCI J2534	Laboratorio de autotrónica
Experimental.	Se realizó pruebas con el vehículo en movimiento y de forma estática para poder analizar la variación de los parámetros característicos de identificación de cada una de las baterías de alta tensión para el vehículo híbrido.	Toyota Prius Baterías de alta tensión Interfaz Mini VCI J2534	Laboratorio de autotrónica
Comparativo	Se utilizó este método para realizar un estudio comparativo de los parámetros característicos de cada una de las baterías de alta tensión del vehículo híbrido y establecer las variaciones existentes basándose en la toma de muestras en el método experimental.	Toyota Prius Baterías de alta tensión Interfaz Mini VCI J2534	Laboratorio de autotrónica
Método de observación directa	Se utilizó este método para determinar el comportamiento de cada batería frente a las condiciones establecidas en los protocolos para las pruebas.	Toyota Prius Baterías de alta tensión Interfaz Mini VCI J2534	Laboratorio de autotrónica
Matematización	A través de este método se calculó el estado de salud de la batería y se realiza el análisis estadístico descriptivo e inferencial para determinar la correlación del consumo de combustible, la resistencia interna y temperatura.	Laptop HP Calculadora	Laboratorio de autotrónica

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Introducción a las baterías**

(Viera Pérez, 2003) Señala que la electricidad es la forma de energía más utilizada en nuestros días, gracias a la facilidad con la cual se transforma en otros tipos de energía, como mecánica, química o térmica.

El principal suministro de energía se lo realiza a través de una red eléctrica. Sin embargo, se han presentado muchas ocasiones en las que se necesita utilizar la energía eléctrica sin disponer de un suministro.

El principal problema de la energía eléctrica radica en su conflicto al momento de su almacenamiento. Las baterías son una de las pocas fuentes fiables para poder almacenar la energía eléctrica convirtiendo la energía química almacenada en su interior a pesar de no disponer de un suministro.

El desarrollo en los últimos años de nuevas aplicaciones (vehículos eléctricos, sistemas fotovoltaicos, sistemas de alimentación ininterrumpida, etc.) han propiciado el surgimiento y desarrollo de nuevas tecnologías de baterías, cada vez más eficientes y fiables. Algunas de las tecnologías más utilizadas son las baterías de plomo-ácido (Pb-ácido), níquel-cadmio (Ni-Cd), níquel hidruro

metálico (Ni-MH) y el más reciente litio-ion (Li-ion) ya que existen innumerables combinaciones químicas que se pueden usar al momento del almacenamiento de energía eléctrica en forma química. (p. 3-4).

## 2.2. Clasificación de las baterías.

(Viera Pérez, 2003) Argumenta que “existen varias formas de clasificar las baterías, según su diseño, sus características de funcionamiento, campo de aplicación, etc. El campo más importante y parte de la investigación es la clasificación según su forma de ser recargadas”, clasificándolas en:

..

### 2.2.1. Baterías primarias

Según (Viera Pérez, 2003) las baterías primarias son aquellas que no se las puede volver a recargar una vez descargadas, cuando una batería primara se agota, directamente se debe sustituir por otra. El campo de aplicación abarca esencialmente dentro potencias bajas y de dimensión pequeña.



**Figura 2.** Baterías primarias Duracell

### 2.2.2. Baterías secundarias

Según (Viera Pérez, 2003) las baterías secundarias son: aquellas que pueden ser recargadas una vez que han sido descargadas. Las baterías secundarias se comercializan en un extenso margen de capacidades, desde las más bajas (miliamperios-hora) hasta capacidades medias y altas (decenas o centenas de amperios-hora), adquiriendo cada día un amplio campo de aplicación para estos acumuladores recargables.



**Figura 3.** Batería secundaria Samsung

(Masserant & Stuart, 1997) Afirma que “las baterías secundarias de media y gran capacidad tienen un amplio campo de aplicaciones, siendo lo más común las baterías de arranque en vehículos de combustión (baterías SLI Starting Lighting an Ignition)”.

#### **a. Baterías que funcionan en régimen estacionario.**

(Pérez, 2008) afirma que: “la carga se la realiza desde una fuente primaria de energía (generalmente la red eléctrica) y la descarga se da de forma ocasional.

Para mantener la batería enteramente cargada durante los periodos de inactividad se aplica un régimen de carga continuo (carga de mantenimiento).”

#### **b. Baterías que funcionan bajo regímenes cíclicos de carga-descarga**

(Viera Pérez, 2003) Menciona que las baterías de bajo régimen de carga y descarga la carga se la realiza desde una fuente primaria de energía (generalmente la red eléctrica) y al descargarse estas pueden volver a cargarse. Dentro de las aplicaciones se encuentran la mayoría de los sistemas de tracción eléctrica. Una importante diferencia con una batería diseñada para funcionar bajo un régimen continuo de ciclos de carga-descarga y otra diseñada para funcionar en régimen estacionario, es la capacidad que tiene la primera para asemejar un número elevado de ciclos. La vida útil de una batería diseñada en regímenes cíclicos se expresa “número de ciclos de carga-descarga” y las de régimen estacionario se expresa en años vida.

#### **2.2.3. Baterías de alta tensión**

(Contreras Valenzuela, 2018) Menciona que una batería es un conjunto de células, en cada una de las cuales tiene lugar una reacción química reversible en la que se produce un intercambio de iones y electrones entre sus dos polos. En la “dirección de descarga”, se produce una corriente eléctrica que es capaz de mover el motor eléctrico que impulsa el coche, mientras que en la “dirección de recarga” iones y electrones vuelven a su situación original a partir de un aporte

de energía externo. Las baterías esencialmente almacenan energía eléctrica.

Características generales de una batería. (p. 25)

Para el desarrollo de la presente investigación se vio necesario poder identificar los distintos parámetros e índices que definen a un acumulador electroquímico o batería



**Figura 4.** Batería de alta eficiencia para el Toyota Highlander

#### 2.2.4. Parámetros que caracterizan a una batería.

Todas las baterías tienen características propias que las hacen diferentes de las demás, a continuación, en la tabla 5 se presenta las principales.

**Tabla 5.**

*Parámetros característicos de una batería y su definición*

Parámetro	Definición
<b>Celda</b>	Es el elemento más pequeño que conforma una batería, puede ser asociada en serie o paralelo con otras para poder obtener valores y corrientes según las necesidades del sistema al que se lo vaya a implementar.
<b>Estado de carga (SOC)%</b>	Expresión que indica el estado de carga de la batería de forma porcentual, respecto al cien por ciento de la capacidad cuando la batería está completamente cargada.
<b>Profundidad de descarga</b>	Correlación entre la capacidad en amperios-hora (Ah) entregada por una batería durante su descarga y la capacidad nominal de la misma. DOD (Depth of Discharge).

CONTINÚA →



<b>Parámetro</b>	<b>Definición</b>
<b>Tensión en vacío (E<sub>0</sub>)</b>	La medida de la tensión que tiene la batería entre sus terminales y este depende de la naturaleza química que se utilice
<b>Tensión en circuito cerrado (E)</b>	Tensión que surge entre los terminales de una batería cuando está conectado a una carga. La tensión medida en este estado es inversamente proporcional a la corriente de descarga
<b>Resistencia interna</b>	Se define como un concepto que ayuda a modelar las consecuencias eléctricas de las más complejas reacciones químicas en el interior del acumulador. Para poder medir la resistencia interna se lo realiza con los datos del voltaje y la corriente debido a que no se puede medir directamente este valor. La resistencia interna varía con los años de uso de la batería, la gran mayoría de baterías comerciales tienen una resistencia que va en el orden de 1 ohm
<b>Capacidad</b>	Es la cantidad medida en amperios hora (Ah), que puede aceptar una batería al ser conectada una carga. El valor de la capacidad de una batería (C), se calcula como la integral de la corriente a lo largo de un determinado periodo de tiempo
<b>Capacidad nominal</b>	Capacidad que puede entregar una batería en su estado de plena carga hasta alcanzar una tensión en descarga, a una temperatura fija y utilizando una tasa de descarga específica
<b>Capacidad real</b>	Capacidad que puede entregar una batería desde un estado de plena carga y en diferentes condiciones de funcionamiento a las establecidas para precisar la capacidad nominal, exceptuando la tensión al final del proceso de descarga. La capacidad real puede ser mayor o menor que la capacidad nominal, esto depende de la tasa de descarga que se utilice y de la temperatura ambiente alrededor de la batería.
<b>Capacidad retenida</b>	Capacidad que conserva la batería después de un largo periodo de inactividad o reposo
<b>Máxima corriente de descarga continua</b>	La corriente máxima que puede ser utilizada para un proceso de descarga de forma continua, este valor viene dado por el fabricante para evitar daños o reducción en la capacidad de la batería
<b>Máxima corriente en intervalos</b>	Máxima corriente que una batería soporta al ser descargada en intervalos de tiempo (en torno a 10 ms), tolerancia que viene dado por el fabricante para evitar daños y pérdida de sus prestaciones. La máxima corriente por intervalos suele ser más elevada que la máxima corriente continua
<b>Índice C</b>	el coulomb es la magnitud física que se definió como la cantidad de electricidad. Es la razón de carga o descarga expresada en amperios hora y con frecuencia se utilizan múltiplos y submúltiplos la definir la magnitud de la corriente en los procesos de carga o descarga
<b>Autodescarga</b>	Perdida de la capacidad de una batería, este fenómeno se produce por un circuito abierto. Generalmente, la autodescarga se expresa en términos de porcentaje de pérdida de capacidad con respecto a la capacidad nominal en el período de un mes
<b>Sobrecarga</b>	Proceso que se da lugar cuando se continúa cargado una batería a pesar de haber perdido la eficiencia en las reacciones electroquímicas en la carga
<b>Densidad de energía</b>	potencia que puede entregar una batería por unidad de volumen (Wh/l)
<b>Densidad de potencia</b>	Potencia que puede entregar una batería por unidad de volumen (W/l)
<b>Energía específica</b>	Energía que puede almacenar una batería por unidad de peso (Wh/Kg)
<b>Potencia específica</b>	Potencia que puede entregar una batería por unidad de peso (W/Kg)
<b>Vida útil</b>	Tiempo que la batería puede mantener sus prestaciones por encima de unos límites mínimos predeterminados. Definido como el número de veces que la batería puede ser recargada, para poder restaurar sus prestaciones de fábrica
<b>Eficacia (%)</b>	Es la fracción de energía eléctrica que devuelve la batería, en función a la

CONTINUÍA →

Parámetro	Definición
	energía que se ha utilizado para cargarla. Cuanto mayor sea su porcentaje mayor será su rendimiento. También es importante que una batería mantenga su eficacia en relación a su capacidad de almacenamiento
<b>Tiempo de recarga normal (h)</b>	Tiempo necesario para recargar completamente una batería.
<b>Tiempo de recarga rápido</b>	Tiempos necesarios para recargar una batería a la mitad o al 99% de su capacidad
<b>Curvas de carga y descarga</b>	Gráfica utilizada para describir el funcionamiento y prestaciones de una batería.
<b>Tensión por celda</b>	Es de los parámetros más importantes al momento de analizar una batería, el tener celdas con un voltaje más elevado permitirá conseguir voltajes más elevados por batería.
<b>Temperatura</b>	La energía almacenada en acumuladores electroquímicos se ve afectada con la temperatura, incidiendo su proceso de extracción. En altas temperaturas suele tener una mayor capacidad que a bajas temperaturas, sin embargo, no es conveniente elevar la temperatura ya que incitará una disminución en la vida útil del acumulador.
<b>Descargas anormales</b>	Son aquellas que se separa al menos un 10% de la normal teórica estimada en su curva de descarga (subjetiva de cada fabricante)

**Fuente:** (Peña Ordoñez, 2011, págs. 17-21)

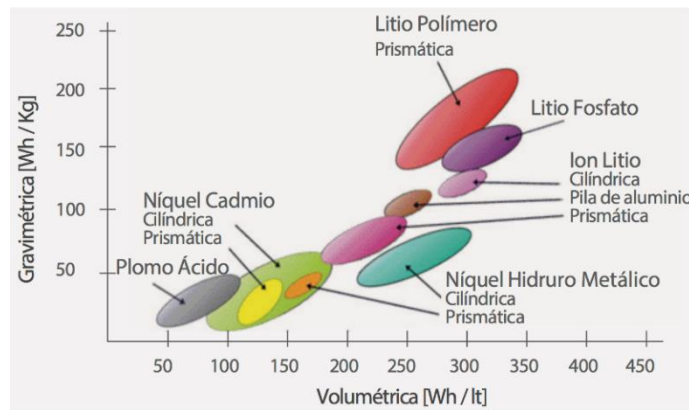
Otro parámetro importante para conocer el estado de una batería es el efecto memoria al cual (Barbón Núñez, 2018) afirma que se conoce como efecto memoria al cambio de los componentes de las baterías con la edad. Provoca una reducción en su capacidad, debido a procesos de carga y descarga inadecuados. Las baterías podrían ser capaz de recordar el nivel de descargar en situaciones anteriores provocando que durante un uso continuo se descargue hasta ese nivel. La celda genera una estructura cristalina que debilita los electrodos y aumenta su resistencia interna.

### 2.2.5. Comparación de tecnologías de baterías

(Viera Pérez, 2003) Actualmente existen una gran variedad de tecnologías para la fabricación de baterías, se han realizado investigaciones con el fin de abarcar altos estándares de funcionamiento. Estos estándares definen las prestaciones

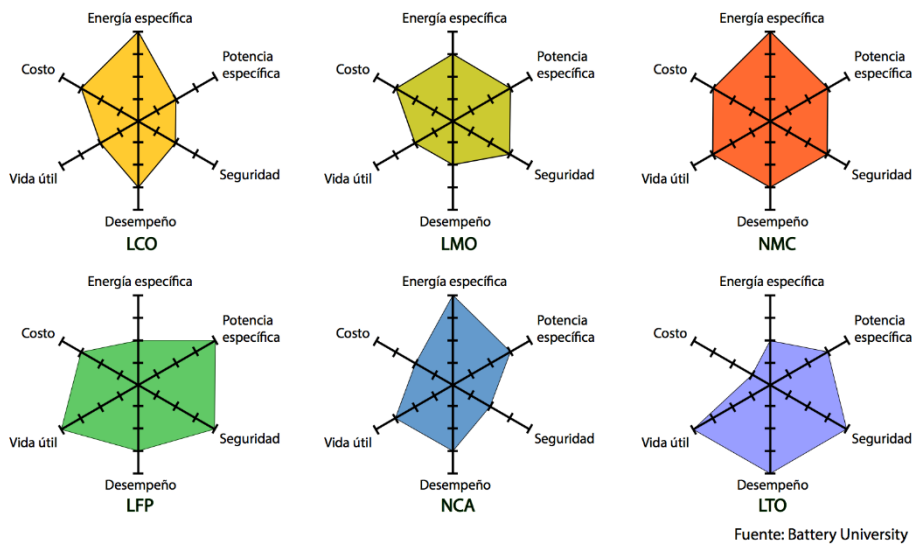
de cada uno de los diversos acumuladores electroquímicos para poder ampliar su campo de aplicabilidad en sistemas cíclicos. Dentro de las características destacadas tenemos las siguientes:

- Alta densidad de energía y alta energía específica para lograr sistemas de dimensiones más reducidas y de menor peso.
- Alta potencia específica y alta densidad potencia para asegurar picos de corrientes altos durante la descarga.
- Alta eficiencia energética para lograr un uso económico de la energía suministrada por la fuente primaria.
- Baja razón de autodescarga para minimizar las pérdidas de energía durante los períodos de inactividad.
- Posibilidad de carga rápida para disminuir los tiempos de espera durante la recarga.
- Larga vida útil para compensar los costes iniciales.
- Independencia de las condiciones ambientales que permitan buen comportamiento ante variaciones climáticas extremas.
- Diseño robusto preparado para resistir abusos tanto eléctricos (sobrecargas o sobredescargas) como mecánicos (vibraciones, golpes, etc.).
- Diseño respetuoso con el medio ambiente, libre de elementos tóxicos contaminantes.
- Bajo mantenimiento para reducir costes.
- Bajo coste para propiciar una mejor aceptación del consumidor". (p. 20-21)



**Figura 5.** Comparación de la densidad volumétrica y peso entre las diferentes tecnologías existentes en el mercado

Fuente: (Soto Sepúlveda, 2017)



**Figura 6.** Características cualitativas de los principales tipos de baterías

Fuente: (Soto Sepúlveda, 2017)

**a. Características funcionales de las baterías de plomo-ácido (Pb-ácido).**

Las baterías de plomo ácido son las más comunes en el mercado automotor dentro de sus principales usos se tienen el dar arranque al vehículo cuando el MCI se encuentra pagado.

**Tabla 6.**

*Tabla comparativa de las ventajas y desventajas de la batería de plomo ácido (Pb – ácido)*

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Tecnología totalmente establecida.	Elevado peso debido a la utilización de plomo como material activo.
Alta tensión por celda (2 V/celda) lo que permite obtener baterías de mayor tensión con un número menor de celdas conectadas en serie.	Baja energía específica menor a un 30-50 Wh/kg. Se usa para cubrir las necesidades de arranque, iluminación e ignición, ya que no son lo suficientemente grandes como para mover un vehículo.
Excelente capacidad para suministrar picos de corriente altos durante la descarga.	Corta vida cíclica (500 ó 600 ciclos de carga-descarga).
Su tasa de autodescarga mensual es de las más bajas, aproximadamente un 5%.	No aceptan carga rápida, por lo que se necesitan largos períodos de tiempo para la recarga.
Alta eficiencia, por encima del 80 por ciento.	Baja resistencia ante sobrecargas y descargas accidentales.
Facilidad de reciclado.	Se ven afectadas seriamente por la corrosión de sus electrodos.

**Fuente:** (Peña Ordoñez, 2011, pág. 23)



**Figura 7.** Batería AGM de alto rendimiento S6

**Fuente:** (Bosch Auto Parts, 2015)

## **b. Características funcionales de las baterías de níquel-cadmio (Ni-Cd).**

(Peña Ordoñez, 2011) Estas baterías contienen un cátodo de hidróxido de níquel, un ánodo de cadmio y un electrolito de hidróxido de potasio. Tiene una densidad energética de 50 Wh/Kg por lo que es considerada como una batería de capacidad media. Admite sobrecargas, pero no las almacena.

En la cercanía al estado de plena carga, produce un aumento repentino de la tensión de la batería, provocada por aumento de su resistencia interna.

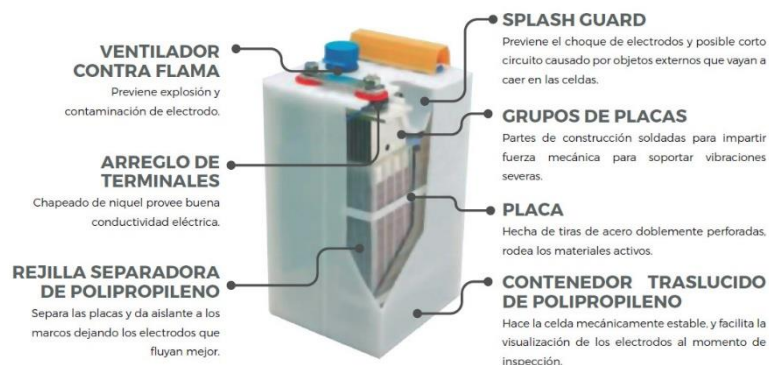
Las características funcionales de las baterías de níquel cadmio se pueden interpretar considerando las ventajas y desventajas que presenta esta tecnología.

### Tabla 7.

*Tabla comparativa de las ventajas ya desventajas de una batería de níquel cadmio (Ni-Cd)*

Ventajas	Desventajas
Tecnología muy establecida.	Precio elevado, en comparación con las baterías de plomo-ácido (por encima de los 300 /kWh).
Buen comportamiento en un amplio margen de temperaturas (-40 ° C ÷ 60 ° C).	Dentro de los componentes utilizados en la fabricación de estas baterías se encuentra el cadmio, elemento altamente contaminante y que obliga a aumentar la eficiencia en el reciclado de estas baterías, una vez que quedan fuera de servicio. En la actualidad existen técnicas para el reciclado total de este tipo de baterías y los esfuerzos encaminados en este sentido están apoyados de forma conjunta por los gobiernos y los grandes fabricantes de baterías.
Admiten sobrecargas, se pueden seguir cargando cuando ya no admiten más carga, aunque no la almacenan.	Actualmente ya no se fabrican en muchos de los países desarrollados.
Vida cíclica larga (superior a los 1.500 ciclos, de dos a tres veces lo alcanzado por la tecnología de plomo-ácido).	Autodescarga de un 10% mensual.
Gran robustez ante abusos eléctricos y mecánicos.	La tensión nominal es de 1,2 V/celda, un valor bastante bajo por celda, lo que requiere la conexión en serie de un mayor número de celdas para alcanzar una determinada tensión.
Gran fiabilidad, no fallan de forma repentina como las baterías de plomo-ácido.	Efecto memoria muy alto.
Sufren envejecimiento prematuro con el calor.	

**Fuente:** (Peña Ordoñez, 2011, págs. 25-26)



**Figura 8.** Batería Power Max Ni Cd

Fuente: (K-Tronix S.A. de C.V., 2018)

### c. Características funcionales de las baterías de níquel-hidruro metálico (Ni-MH).

(Peña Ordoñez, 2011) Este tipo de baterías tienen un rendimiento parejo a las de níquel cadmio, su principal diferencia se enfoca en sus electrodos, en la batería de Ni-MH utiliza un ánodo de hidróxido de níquel y un cátodo de aleación de hidruro metálico, aumentando así su capacidad, disminuyendo de peso y reduciendo el efecto memoria.

Tiene características eléctricas similares a la tecnología de níquel cadmio. Maneja una tensión nominal por celda de 1,2 voltios y las curvas de carga y descarga son bastante parecidas.

#### Tabla 8.

*Tabla comparativa de las ventajas y desventajas de la batería de níquel hidruro metálico (Ni- Mh)*

Ventajas	Desventajas
Una mayor densidad energética y mayor energía específica, que el NiCd.	Alta razón de autodescarga, entre un 15 a un 20% por mes.
Tecnología libre de cadmio (menos contaminante).	Menor fiabilidad que las baterías Ni-Cd

CONTINÚA →

Ventajas	Desventajas
Pueden ser cargadas con un cargador convencional.	No soportan fuertes descargas.
Seguras.	Voltaje bajo de 1,2V por celda.
Fácil manejo comparado con la tecnología del litio	Vida media de aproximadamente 300-500 ciclos de carga (en función del fabricante)
	Tiempos de carga superiores al Ni-Cd.

Fuente: (Peña Ordoñez, 2011, págs. 26-27)

#### d. Características funcionales de las baterías de litio (Li).

(Peña Ordoñez, 2011) La densidad energética de la familia del litio es aproximadamente más del doble que en las baterías de níquel cadmio. El voltaje de cada una de las celdas de litio fluctúa entre 3.3 a 3.7 voltios, no requieren de mantenimiento, no tiene efecto memoria y no es necesario hacer un reciclado luego de realizar varios procesos de carga y descarga. La ratio de descarga es menos de la mitad en comparación con las demás.

Es necesario un circuito que limite el voltaje máximo de carga y el voltaje mínimo en descarga, maneja un factor de carga de 1C a 2C.

#### Tabla 9.

*Tabla comparativa de las ventajas y desventajas de la batería de litio (Li)*

Ventajas	Desventajas
Alta densidad de energía.	Requiere un circuito de seguridad para mantener los límites de voltaje máximo y mínimo por celda.
Alta energía específica.	Almacenar en lugar frío al 40% de su carga.
Alta capacidad de descarga en algunos tipos de baterías de litio.	Baja capacidad de descarga en las baterías de iones de litio.
No necesitan de mantenimiento.	Limitaciones en su transporte aéreo.
Sin efecto memoria.	Precio superior a otras baterías
Bajo efecto de autodescarga.	

Fuente: (Peña Ordoñez, 2011, págs. 28-30)





**Figura 9.** HP P106 Note book battery.

### e. Características funcionales de las baterías de la batería de polímero de litio (LiPo).

(Peña Ordoñez, 2011) Se diferencia del resto de batería por el electrolito que utiliza para el intercambio energético. El polímero sólido ofrece ventajas durante su proceso de fabricación, sin embargo, este material presenta una baja conductividad eléctrica debido a su alta resistencia, afectando así a su capacidad energética además de aumentar la temperatura hasta los 60 grados, para solucionar el problema de la temperatura se añadió gel al electrolito.

**Tabla 10.**

*Tabla comparativa de las ventajas y desventajas de las baterías de polímero de litio (Po- Li)*

Ventajas	Desventajas
Pueden reducirse hasta grosores de 1 milímetro.	Requiere un circuito de seguridad para mantener los límites de voltaje.
Pueden empaquetarse de múltiples formas.	Almacenar en lugar frío al 40% de su carga.
Alta densidad de energía.	Limitaciones en su transporte (compañías aéreas).
Poco peso.	Tecnología en desarrollo.
No necesitan mantenimiento.	Pueden explotar si se perfora.
Sin efecto memoria.	
Bajo porcentaje de autodescarga.	

**Fuente:** (Peña Ordoñez, 2011, págs. 30-31)

#### f. Características funcionales del Ion de Litio (con cátodo de LiCoO<sub>2</sub>).

(Peña Ordoñez, 2011) Estas baterías poseen la mayor densidad energética y energía específica, tasas de descarga más bajas, por este motivo se puede encontrar en la mayoría de aparatos eléctricos que no exijan bruscas descargas de corriente.

**Tabla 11.**

*Tabla comparativa de las ventajas y desventajas de una batería de Iones de litio*

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Batería con la mayor densidad energética del mercado.	Problemas de equalización y necesidad de circuitos electrónicos adicionales.
Batería con la mayor energía específica del mercado.	Las altas temperaturas son bastante perjudiciales para su ciclo de vida.
Alta tensión por celda 3.6-3.7v	Sufren el efecto de pasivación.
No posee efecto memoria.	Capacidad de descarga muy pequeña
Tasas de autodescarga inferior al 10%.	
No está fabricada con productos tóxicos	

**Fuente:** (Peña Ordoñez, 2011, págs. 32-33)

#### g. Características funcionales del Ion de Litio (con cátodo de LiFePO<sub>4</sub>)

(Peña Ordoñez, 2011) Son baterías que varían en la composición química de su catodo y se conoce con las siglas LIFE.

El fosfato de hierro litio, tiene un costo relativamente bajo, no es toxico, tiene alta abundancia de hierro, buena estabilidad térmica, buenas características de seguridad y rendimiento térmico. La ventaja sobre las baterías de ion litio radica en su excelente estabilidad química y térmica.

El ánodo de fosfato de hierro litio posee una mayor vida útil y tiene una mayor capacidad de descarga.

**Tabla 12.**

*Tabla comparativa de las ventajas y desventajas de una batería de ion Litio con cátodo LiFePO4.*

Ventajas	Desventajas
Alta tensión en circuito abierto, 3,3v	Problemas de ecualización y necesidad de circuitos electrónicos adicionales (menor tendencia al desequilibrio que el polímero de litio).
LiFePO4 es un cátodo de material intrínsecamente más seguro que LiCoO2.	La densidad energética en una batería LiFePO4, es sensiblemente inferior su antecesora el ion de litio cátodo de LiCoO2, aproximadamente en un 14%.
No posee efecto memoria.	Sufren el efecto de pasivación.
No está fabricada con productos tóxicos.	
Es la batería perteneciente a la familia del litio que mejor tolera las altas temperaturas.	
Supera los 2000 ciclos de vida.	
Vida superior a los 10 años.	
Tiempo de carga entre 15- 30 minutos.	
Buena capacidad para soporta sobrecarga	
Buena energía específica y densidad energética.	
Buena potencia específica.	

**Fuente:** (Peña Ordoñez, 2011, págs. 33-34)

**Tabla 13.**

*Comparación entre las diferentes tecnologías de baterías*

Tecnología	Pb-ácido	Ni-Cd	Ni-MH	Li-ion	LiFe	Li-PO
<b>Parámetros</b>						
<b>Voltaje (V/Celda)</b>	2v	1,2v	1,2v	3,6/3,7v	3,3v	3,7v
<b>Autodescarga (%/mes)</b>	3%-20%	10%	30%	8%	-	5%
<b>Descarga en continua</b>	x	10c	8c	1c	26c	20-45c
<b>Descarga por picos</b>	x	x	x	x	52c	30-90c
<b>Mantenimiento</b>	Bueno	Malo	Regular	Fácil	Bueno	Fácil
<b>Ciclos de vida</b>	500-800	1500-2000	300-500	400-1200	2000	>1000
<b>Densidad energética [Wh/l]</b>	60-75	50-150	140-300	250-360	220	300
<b>Energía específica [Wh/Kg]</b>	30-40	40-60	30-80	100-250	90-110	130-200
<b>Potencia específica [W/Kg]</b>	180	150	250-1000	250-340	3000	7100
<b>Corriente carga rápida [C]</b>	0,4	1-2	1	1	4	1-2
<b>Eficiencia. Carg/Desca</b>	50%-92%	70%-90%	66%	80%-90%	x	99,80%
<b>Tolerancias a sobrecarga</b>	x	M. Buena	Media	M. Mala	Mala	M. Mala
<b>Robustez a impactos</b>	Buena	M. Buena	Buena	M. Mala	Media	M. Mala
<b>Altas temperaturas</b>	Media	M. Buena	Media	M. Mala	Mala	M. Mala
<b>Problemas de ecualización</b>	No	No	No	Si	Si	Si
<b>Seguridad</b>	M. Buena	M. Buena	M. Buena	M. Buena	M. Buena	Buena
<b>Formato</b>	x	Cilíndrico	Cilíndrico	Prisma	Pris/Cilín	Prisma

**Fuente:** (Peña Ordoñez, 2011)

### 2.2.6. Efectos de calor

(Kiehne, 2003) Manifiesta que las reacciones electroquímicas, al igual que las reacciones químicas, siempre están relacionadas con los efectos del calor, determinados por el efecto del calor reversible (positivo o negativo). Cuando la corriente fluye a través de la celda, el calor adicional es generado por las resistencias óhmicas en los electrodos y el electrolito, pero también por los efectos de polarización, que en conjunto causan un "calentamiento de Joule".

### 2.2.7. Efectos de Calor Relacionados con la Corriente (Calor por efecto Joule).

(Kiehne, 2003) Menciona que el flujo de corriente a través de cualquier objeto conductor genera calor proporcional a la caída de voltaje causada por la corriente interpretada por la siguiente formula:

$$\frac{dQ_{joule}}{dt} = \Delta U * i$$

Con Qj: calor generado (efecto Joule) (J); t: tiempo (s); DU: caída de tensión causada por la corriente (V); i: corriente (A). Este calor se llama efecto Joule; Siempre significa pérdida de energía.

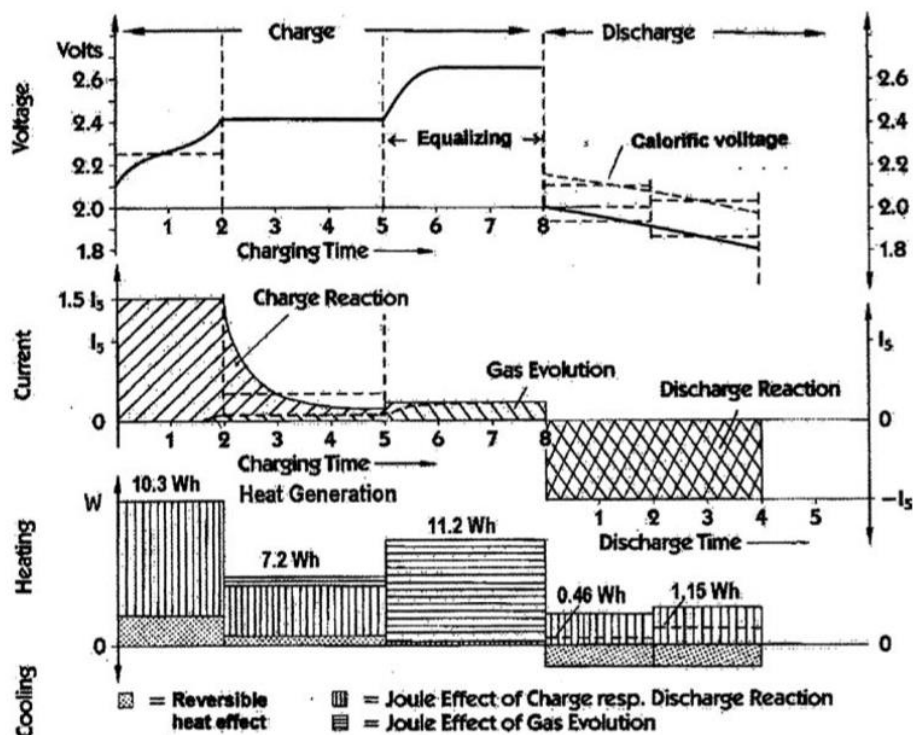
En una celda electroquímica, la caída de voltaje causada por la corriente se representa por la diferencia entre el voltaje de la celda bajo el flujo de corriente (U) y el voltaje de la celda de circuito abierto (U<sub>o</sub>).

$$Q_{joule} = \int_0^t \{(U - U^o) * i\} dt / Wh$$

### 2.2.8. Calor total suministrado en el sistema

Para obtener el calor suministrado durante el proceso de carga y descarga (Kiehne, 2003) afirma que “La suma del efecto Joule y el efecto de calor reversible da el calor total generado en la celda o la batería.

$$Q_{total} = Q_{joule} + Q_{rev} / Wh$$



**Figura 10.** Ciclo de carga / descarga de una batería de tracción ventilada. Plomo-ácido con placas positivas tubulares (Varta PzS), 500Ah. Valores de generación de calor referidos a 100Ah de capacidad nominal.

Fuente: (Kiehne, 2003)

## **2.3. Tipos de baterías de alta tensión**

### **2.3.1. Batería HV del TOYOTA PRIUS 2010 tercera generación**

(Toyota Motor Corporation, 2009) El Prius tiene un paquete de baterías para vehículo híbrido (HV) de alto voltaje que contiene módulos sellados de baterías de hidruro metálico de níquel (NiMH).

#### **a. Paquete de baterías HV**

- El paquete de baterías HV está alojado en una caja metálica y está montado con rigidez al travesaño del cárter del piso del área de carga, atrás del asiento trasero. La caja metálica está aislada del alto voltaje y oculta bajo la alfombra en el área de la cabina.
- El paquete de baterías HV consiste de 28 módulos de baterías de NiMH de bajo voltaje (7.2 voltios) conectados en serie para producir aproximadamente 201.6 voltios. Cada módulo de baterías de NiMH tiene diseños antiderrames y está en una caja hermética.
- El electrolito que se usa en el módulo de baterías de NiMH es una mezcla alcalina de potasio e hidróxido de sodio. El electrolito se absorbe en las placas de las celdas de la batería y normalmente no tendrá fugas, incluso en caso de una colisión
- En el caso improbable de que el paquete de baterías se sobrecargue, los módulos expulsarán los gases directamente al exterior del vehículo a través de

una manguera de ventilación.” (p. 9)

**Tabla 14.**

*Características de la batería de alto voltaje del Toyota prius 3G*

<b>PAQUETE DE BATERÍAS DE ALTA TENSIÓN</b>	
Voltaje del paquete de baterías	201.6 V
Voltaje total de la batería más el 20 % de carga	241.9 V
Número de módulos de baterías de NiMH en el paquete	28
Voltaje del módulo de baterías de NiMH	7.2 V
Dimensiones del módulo de baterías de NiMH	285 x 19.6 x 117.8 mm (11.2 x 0.8 x 4.6 pulg.)
Peso del módulo de NiMH	1.04 kg (2.3 lb.)
Dimensiones del paquete de baterías de NiMH	297 x 590 x 10.7 mm (11.7 x 23.2 x 0.42 pulg.)
Peso del paquete de baterías de NiMH	41 kg (90 lb.)
Voltaje de cada mini celda	1,2 V
Número de mini celdas	6

**Fuente:** (Toyota Motor Corporation, 2009)

#### **b. Batería auxiliar**

- (Toyota Motor Corporation, 2009) El Prius también posee una batería de ácido de plomo de 12 voltios. Esta batería auxiliar de 12 voltios alimenta el sistema eléctrico del vehículo similar al de un vehículo convencional. Como en otros vehículos convencionales, la batería auxiliar está conectada al chasis de metal del vehículo.
- La batería auxiliar está ubicada en el área de carga. Está oculta bajo una cubierta de tela del lado del pasajero en el alojamiento del panel del cuarto trasero. (p. 10)

#### **2.3.2. Batería HV del TOYOTA YARIS**

(Toyota Motor Corporation, 2012) El Yaris híbrido dispone de un conjunto de

batería del vehículo híbrido (HV) de alta tensión que contiene módulos de baterías de níquel-hidruro metálico (NiMH) sellados.

#### a. Conjunto de la batería del HV

- El conjunto de la batería del HV se encuentra en una caja metálica firmemente acoplada bajo el asiento trasero. La caja metálica está aislada de la alta tensión.
- El conjunto de la batería del HV está formado por 20 módulos de baterías de NiMH de baja tensión (7,2 voltios) conectados en serie para producir aproximadamente 144 voltios. Cada módulo de batería de NiMH es estanco y está sellado en una caja.
- El electrolito utilizado en los módulos de baterías de NiMH es una mezcla alcalina de hidróxido de sodio y potasio. El electrolito es absorbido por las placas de las celdas de la batería y es muy poco probable que se produzcan fugas, incluso en caso de colisión”. (p. 9)

**Tabla 15.**

*Características de la batería de alto voltaje del Toyota Yaris híbrido*

<b>PAQUETE DE BATERÍAS DE ALTA TENSIÓN</b>	
Voltaje del paquete de baterías	144 V
Número de módulos de baterías de NiMH en el paquete	20
Voltaje del módulo de baterías de NiMH	7.2 V
Dimensiones del módulo de baterías de NiMH	118 x 20 x 285 mm (5 x 1 x 11 pulg.)
Peso del módulo de NiMH	1.04 kg (2.3 lb.)
Dimensiones del conjunto de baterías de NiMH	860 x 319 x 235 mm (34 x 13 x 9 pulg.)
Peso del conjunto de baterías de NiMH	31 kg (68 lb.)

**Fuente:** (Toyota Motor Corporation, 2012)



## **b. Batería auxiliar**

- (Toyota Motor Corporation, 2012) El Prius también posee una batería de ácido de plomo de 12 voltios. Esta batería auxiliar de 12 voltios alimenta el sistema eléctrico del vehículo similar al de un vehículo convencional. Como en otros vehículos convencionales, la batería auxiliar está conectada al chasis de metal del vehículo.
- La batería auxiliar está ubicada en el área de carga. Está oculta bajo una cubierta de tela del lado del pasajero en el alojamiento del panel del cuarto trasero. (p. 10).

### **2.3.3. Batería HV del TOYOTA CAMRY 2012 segunda generación**

(Toyota Motor Corporation, 2011) El Camry híbrido cuenta con una batería de vehículo híbrido de alto voltaje (HV) que contiene módulos de batería de hidruro metálico de níquel (NiMH) sellados.

#### **a. Paquete de baterías HV**

- La batería HV está encerrada en una caja de metal y está rígidamente montada en el travesaño del respaldo del piso del maletero detrás del asiento trasero. La caja metálica está aislada del alto voltaje y oculta por cubiertas de tela en el maletero.
- La batería HV consta de 34 módulos de batería NiMH de bajo voltaje (7.2

voltios) conectados en serie para producir aproximadamente 244.8 voltios. Cada módulo de batería NiMH no se puede derramar y está sellado en una caja metálica.

- El electrolito usado en el módulo de batería de NiMH es una mezcla alcalina de potasio e hidróxido de sodio. El electrolito se absorbe en las placas de la celda de la batería y normalmente no se filtrará, incluso en una colisión. (p.11)

**Tabla 16.**

*Características de la batería de alto voltaje del Toyota Camry 2G*

PAQUETE DE BATERÍAS DE ALTA TENSIÓN	
Voltaje del paquete de baterías	244.8 V
Número de módulos de baterías de NiMH en el paquete	34
Voltaje del módulo de baterías de NiMH	7.2 V
Dimensiones del módulo de baterías de NiMH	11 x 0.8 x 4.6 in (285 x 19.6 x 117.8 mm)
Peso del módulo de NiMH	2.3 lbs (1.04 kg)
Dimensiones del conjunto de baterías de NiMH	32 x 17.5 x 12.8 in (817 x 445 x 325 mm)
Peso del conjunto de baterías de NiMH	102.5 lbs (46.5 kg)

**Fuente:** (Toyota Motor Corporation, 2011)

## **b. Batería Auxiliar**

- (Toyota Motor Corporation, 2011) El Camry híbrido contiene una batería auxiliar de plomo de 12 voltios. La batería auxiliar de 12 voltios alimenta el sistema eléctrico del vehículo similar a un vehículo convencional. Al igual que con los vehículos convencionales, el terminal negativo de la batería auxiliar está conectado a tierra al chasis metálico del vehículo.
- La batería auxiliar está ubicada en el maletero. Está oculto por una cubierta de tela en el lado del pasajero en el pozo del panel del cuarto trasero. (p. 13)

### 2.3.4. Batería HV del LEXUS GS 450h

(Toyota Motor Corporation, 2012) El GS450h dispone de un conjunto de batería del vehículo híbrido (HV) de alta tensión que contiene módulos de baterías de níquel-hidruro metálico (NiMH) sellados.

#### a. Conjunto de la batería del HV

- El conjunto de la batería del HV se encuentra en una caja metálica fijada en la zona del maletero, detrás del asiento trasero. La caja metálica está aislada de la alta tensión y oculta en el maletero por cubiertas de tela.
- El conjunto de la batería del HV está formado por 40 módulos de baterías de NiMH de baja tensión (7,2 voltios) conectados en serie para producir aproximadamente 288 voltios. Cada módulo de batería de NiMH es estanco y está sellado en una caja metálica.
- El electrolito utilizado en los módulos de baterías de NiMH es una mezcla alcalina de hidróxido de sodio y potasio. El electrolito es absorbido por las placas de las celdas de la batería y es muy poco probable que se produzcan fugas, incluso en caso de colisión. (p. 9)

**Tabla 17.**

*Características de la batería de alto voltaje del Lexus GS 450h.*

PAQUETE DE BATERÍAS DE ALTA TENSIÓN	
Voltaje del paquete de baterías	288 V
Número de módulos de baterías de NiMH en el paquete	40
Voltaje del módulo de baterías de NiMH	7.2 V
Dimensiones del módulo de baterías de NiMH	10,9 x 0,8 x 4,2 pulgadas (276 x 20 x 106 mm)

CONTINÚA →

<b>PAQUETE DE BATERÍAS DE ALTA TENSIÓN</b>	
Peso del módulo de NiMH	2,3 libras (1,0 kg)
Dimensiones del conjunto de baterías de NiMH	37 x 14,5 x 15,3 pulgadas (940 x 370 x 390 mm)
Peso del conjunto de baterías de NiMH	140 libras (63 kg)

**Fuente:** (Toyota Motor Corporation, 2012)

### **b. Batería auxiliar**

- (Toyota Motor Corporation, 2012) El GS450h dispone de una batería de plomo y ácido sellada de 12 voltios. De una forma similar a un vehículo convencional, esta batería auxiliar de 12 voltios suministra energía al sistema eléctrico del vehículo. Igual que en otros vehículos convencionales, el terminal negativo de la batería auxiliar está conectado a masa en el chasis metálico del vehículo.
- La batería auxiliar está ubicada en el espacio del maletero. Está oculta en un hueco del panel lateral trasero del lado izquierdo por una cubierta de tela. (p. 10)

### **2.3.5. Batería HV del TOYOTA HIGHLANDER 2008 -2011 2G**

(Toyota Motor Corporation, 2010) El híbrido Highlander presenta un vehículo híbrido de alto voltaje (HV) paquete de baterías que contiene una batería sellada de hidruro de metal de níquel (NiMH) módulos.

#### **a. Conjunto de la batería de HV**

- La batería HV está encerrada en una caja metálica y está montada rígidamente

en el miembro transversal de la parte inferior de la cabina del piso debajo del asiento trasero de la segunda fila. La caja metálica está aislada de la alta tensión y oculta por una alfombra en el área de la cabina.

- El conjunto de la batería del HV está formado por 40 módulos de baterías de NiMH de baja tensión (7,2 voltios) conectados en serie para producir aproximadamente 288 voltios. Cada módulo de batería de NiMH es estanco y está sellado en una caja metálica.
- El electrolito utilizado en los módulos de baterías de NiMH es una mezcla alcalina de hidróxido de sodio y potasio. El electrolito es absorbido por las placas de las celdas de la batería y es muy poco probable que se produzcan fugas, incluso en caso de colisión
- En el caso poco probable de que la batería esté sobrecargada, los módulos ventilan los gases directamente fuera del vehículo a través de una manguera de ventilación. (p. 14)

### Tabla 18.

#### *Características de la batería de alta tensión del Toyota Highlander 2008-2011 2G*

<b>PAQUETE DE BATERÍAS DE ALTA TENSIÓN</b>	
Voltaje del paquete de baterías	288 V
Número de módulos de baterías de NiMH en el paquete	30
Voltaje del módulo de baterías de NiMH	9.6 V
Dimensiones del módulo de baterías de NiMH	1 x 15 x 3.3 pulgadas (18.5 x 382 x 86 mm)
Peso del módulo de NiMH	3,3 libras (1,5 kg)
Dimensiones del conjunto de baterías de NiMH	25 x 43 x 7 pulgadas (630 x 1080 x 180 mm)
Peso del conjunto de baterías de NiMH	152.1 libras (69 kg)

**Fuente:** (Toyota Motor Corporation, 2010)

**b. Batería auxiliar**

(Toyota Motor Corporation, 2010) El Highlander híbrido dispone de una batería de plomo y ácido sellada de 12 voltios. De una forma similar a un vehículo convencional, esta batería auxiliar de 12 voltios suministra energía al sistema eléctrico del vehículo. Igual que en otros vehículos convencionales, el terminal negativo de la batería auxiliar está conectado a masa en el chasis metálico del vehículo.

Para los modelos 2008-2010, la batería auxiliar se encuentra en el compartimiento del motor.

Para el modelo 2011 la batería auxiliar está localizada en el área de carga. Está cubierta por un cobertor en el lado del conductor del vehículo. (p. 15)

## CAPÍTULO III

# IMPLEMENTACIÓN DE LAS CELDAS CILÍNDRICAS CEBA EN EL SISTEMA DE ALTA TENSIÓN DEL VEHÍCULO TOYOTA PRIUS DE TERCERA GENERACIÓN

En este capítulo se presenta el procedimiento de armado de las celdas cilíndricas para implementar en el sistema de alta tensión del Prius 3G, cálculos para analizar el estado de la batería e implementación de protocolos para las pruebas de ruta y con el vehículo detenido.

### 3.1. Baterías cilíndricas

#### 3.1.1. Análisis de la batería de celdas cilíndricas de alto voltaje.

Esta batería es fabricada con las mismas características de corriente y voltaje que las celdas tradicionales como se puede observar en la tabla 19.

**Tabla 19.**

*Características de la batería cilíndrica CEBA*

PAQUETE DE BATERÍAS DE ALTA TENSIÓN	
Voltaje del paquete de baterías	201.6 V
Voltaje total de la batería más el 20 % de carga	241.9 V
Número de módulos cilíndricos de baterías de NiMH	14
Voltaje del módulo cilíndrico de baterías de NiMH	14.4 V
Capacidad	6.5 Ah
Dimensiones del módulo cilíndrico de baterías de NiMH	250 x 35 x 105 mm (9.84 x 1.37 x 4.06 in)
Peso del módulo cilíndrico de NiMH	2.10 kg (4.62 lb.)
Peso del paquete de baterías de NiMH	30 kg (13.6 lb.)

CONTINÚA →

PAQUETE DE BATERÍAS DE ALTA TENSIÓN	
Voltaje de cada cilindro.	4.8 V
Voltaje de cada pila	1,2 V
Número de pilas	4

### 3.1.2. Cálculo de la potencia de la batería de celdas cilíndricas.

Una vez conocidos los valores de voltaje, numero de módulos cilíndricos y capacidad de la batería se procede a utilizar la siguiente ecuación para obtener la potencia de la batería.

$$Po\ ind\ cil = VnCil * CapB$$

**Ecuación 1.** Ecuación de la potencia eléctrica

**Fuente:** (Moreno & Naranjo, 2017)

Donde:

*Po ind* = Potencia individual de la bateria cilindrica [W]

*VnCil* = Voltaje nominal de cada celda cilindrica [Voltios]

*Cap B* = Capacidad de la bateria [Ah]

Así:

$$Po\ ind\ cil = VnCil * Cap\ B$$

$$Po\ ind\ cil = 14.4 * 6.5$$

$$Po\ ind\ cil = 93.6\ W$$

$$Po\ ind\ cil = 0.0936\ KW$$

$$Pot\ cil = Po\ ind\ cil * ncil$$



**Ecuación 2.** Ecuación de la potencia eléctrica total

Fuente: (Moreno &amp; Naranjo, 2017)

Donde:

$Pot\ cil = Potencia\ total\ de\ la\ bateria\ cilindrica\ [KW]$

$Po\ ind\ cil = Potencia\ individual\ de\ cada\ celda\ cilindrica\ [KW]$

$ncil = numero\ de\ modulos\ cilindricos$

Así:

$$Pot\ cil = Po\ ind\ cil * ncil$$

$$Pot\ cil = 0.0936 * 14$$

$$Pot\ cil = 1.3104\ KW$$

### **3.1.3. Proceso de medición del voltaje nominal de la batería de celdas cilíndricas por medio de un multímetro automotriz.**

Para poder instalar la batería de celdas cilíndricas en el sistema de alta tensión del Toyota Prius 3G primero se debe tener en cuenta las condiciones en las que se encuentra, por este motivo se debe medir el voltaje nominal de cada celda cilíndrica por medio de un multímetro automotriz.

Para poder medir el voltaje es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones:

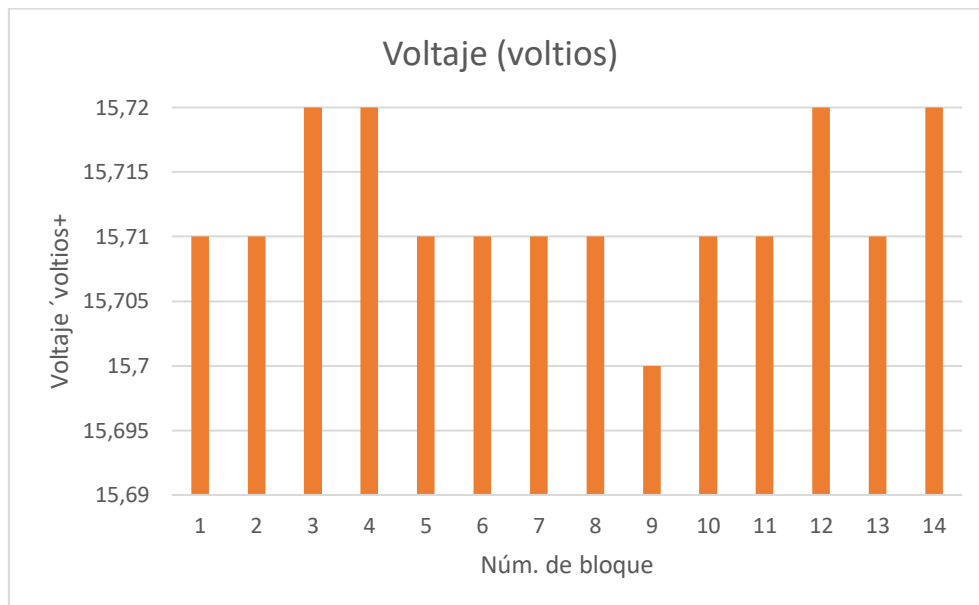
- Trabajar con equipos de seguridad adecuado para equipos de alta tensión

- Colocar el multímetro de forma correcta para medir el voltaje

**Tabla 20.**

*Valor de voltaje de cada celda cilíndrica*

VOLTAJE DE LA BATERÍA DE CELDAS CILÍNDRICAS			
# Celda Cil	Voltaje (voltios)	# Celda Cil	Voltaje (voltios)
1	15,71	8	15,71
2	15,71	9	15,7
3	15,72	10	15,71
4	15,72	11	15,71
5	15,71	12	15,72
6	15,71	13	15,71
7	15,71	14	15,72



**Figura 11.** Medición de los voltajes de los bloques de celdas cilíndricas

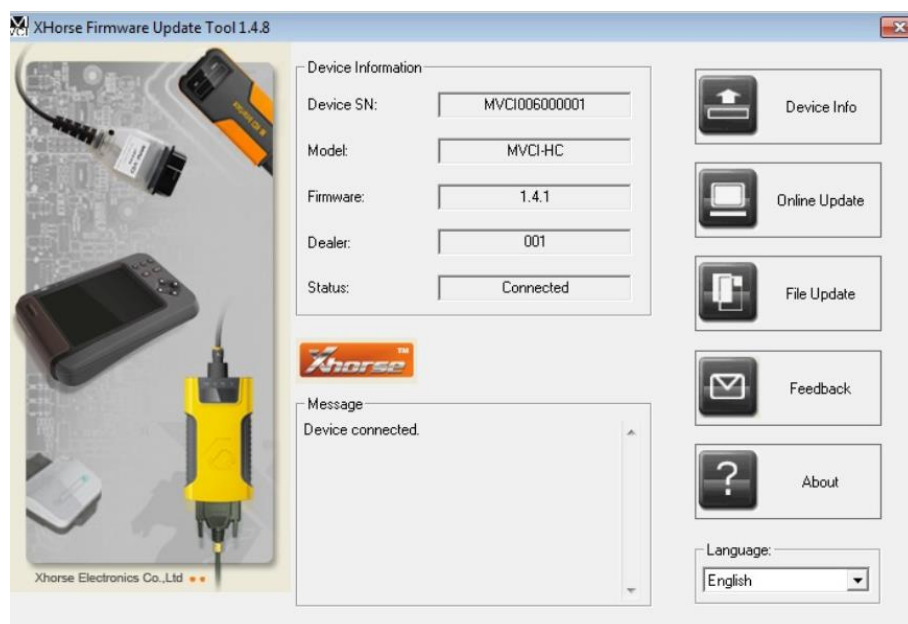
En la figura 10 se puede observar que el valor de los voltajes medidos en cada celda cilíndrica no se encuentra por debajo del voltaje nominal 14.4 voltios ni por encima del 20% de tolerancia aceptado, indicando así el óptimo estado de la batería para implementarse en el sistema de alta tensión.

### 3.1.4. Proceso de medición del voltaje nominal de la batería de celdas cilíndricas por medio de la interfaz techstream.

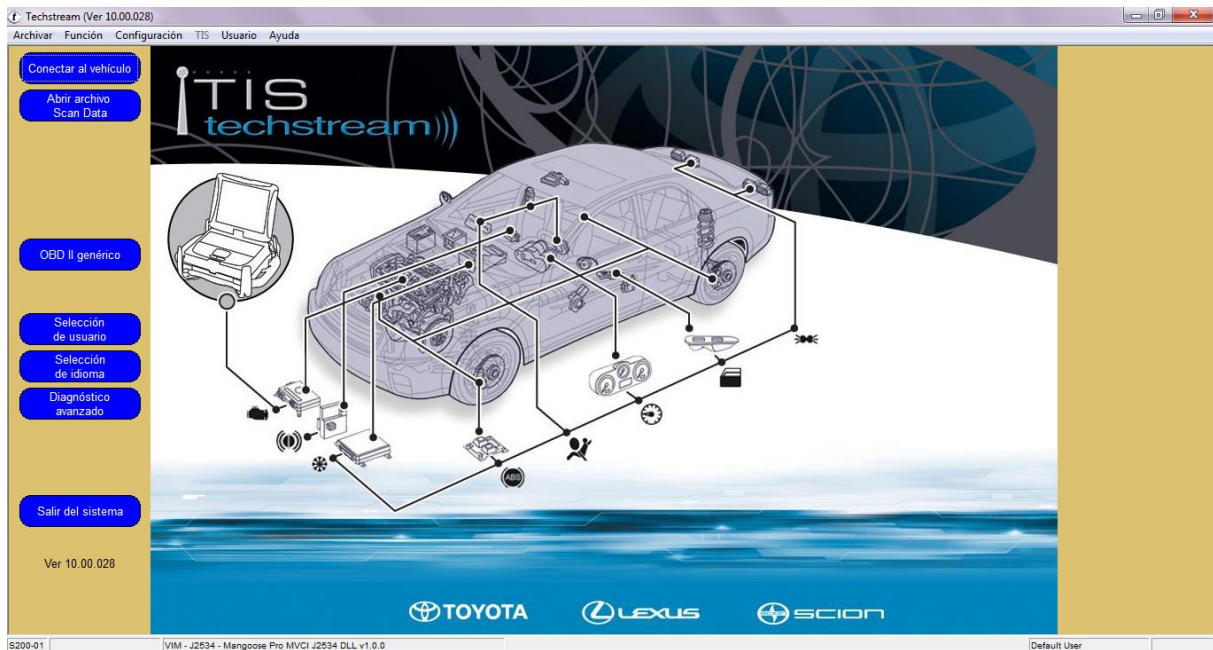
La interfaz techstream es una herramienta que permitirá observar el voltaje existente en cada uno de los 14 bloques en tiempo real al ser conectado al Toyota Prius 3G.

Para utilizar la interfaz se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- El vehículo debe estar en contacto o encendido.
- Conectar al puerto USB de una computadora con Windows 7 de 64 bits la interfaz MINI-VCI J2534 para poder observar en el flujo de datos, los valores de cada bloque de la batería de alta tensión.



**Figura 12.** Estado de la interfaz MINI-VCI J2534



**Figura 13.** Pantalla de inicio de la interfaz techstream

- Observar el voltaje de cada bloque de la batería de alta tensión este no debe ser inferior a los 14.4 voltios y sobrepasar el 20% de tolerancia.

The screenshot shows the Techstream software interface displaying a detailed table of battery parameters for a 2010 Prius ZZR-FXE. The table is organized into two columns of parameters, each with 'Parametro', 'Valor', and 'Unidad' headers. The left column includes parameters like State of Charge, Power Resource, Delta SOC, and individual battery block voltages (V01-V14). The right column includes internal resistance values (R01-R14). The status bar at the bottom indicates 'S300-01 | Control híbrido | 717 ms | Default User | DLC 3'.

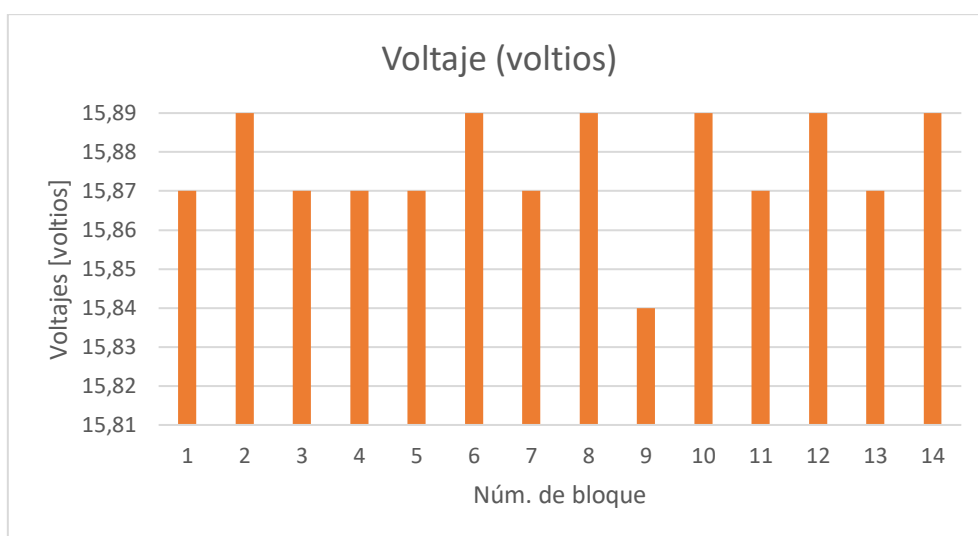
Parametro	Valor	Unidad	Parametro	Valor	Unidad
State of Charge (All Bat)	53.3	%	Internal Resistance R03	0.019	ohm
Power Resource VB	223.0	V	Internal Resistance R04	0.019	ohm
Power Resource IB	1.17	A	Internal Resistance R05	0.019	ohm
Delta SOC	0.0	%	Internal Resistance R06	0.019	ohm
Temp of Batt TB1	86.2	F	Internal Resistance R07	0.019	ohm
Temp of Batt TB2	85.6	F	Internal Resistance R08	0.019	ohm
Temp of Batt TB3	85.1	F	Internal Resistance R09	0.019	ohm
Battery Block Num	14		Internal Resistance R10	0.019	ohm
Batt Block Minimum Vol	15.84	V	Internal Resistance R11	0.019	ohm
Minimum Batt Block No	9		Internal Resistance R12	0.019	ohm
Batt Block Max Vol	15.89	V	Internal Resistance R13	0.019	ohm
Max Battery Block No	2		Internal Resistance R14	0.019	ohm
Battery Block Vol -V01	15.87	V			
Battery Block Vol -V02	15.89	V			
Battery Block Vol -V03	15.87	V			
Battery Block Vol -V04	15.87	V			
Battery Block Vol -V05	15.87	V			
Battery Block Vol -V06	15.89	V			
Battery Block Vol -V07	15.87	V			
Battery Block Vol -V08	15.89	V			
Battery Block Vol -V09	15.84	V			
Battery Block Vol -V10	15.89	V			
Battery Block Vol -V11	15.87	V			
Battery Block Vol -V12	15.89	V			
Battery Block Vol -V13	15.87	V			
Battery Block Vol -V14	15.89	V			
Internal Resistance R01	0.019	ohm			
Internal Resistance R02	0.019	ohm			

**Figura 14.** Voltajes de los diferentes bloques de celdas cilíndricas de la batería de alta tensión por medio de la interfaz MINI-VC1 J2534.

**Tabla 21.**

*Voltaje por bloques obtenidos con la interfaz MINI-VCI J2534*

VOLTAJE DE LA BATERÍA DE CELDAS CILÍNDRICAS			
# Celda Cil	Voltaje (voltios)	# Celda Cil	Voltaje (voltios)
1	15,87	8	15,89
2	18,89	9	15,84
3	15,87	10	15,89
4	15,87	11	15,87
5	15,87	12	15,89
6	15,89	13	15,87
7	15,87	14	15,89



**Figura 15.** Medición del voltaje por bloques con la interfaz MINI-VCI J2534

En la figura 13 se puede observar que el voltaje de cada bloque de las celdas cilíndricas se encuentra por encima de los 14.4 voltios y por debajo del 20% de tolerancia, indicando de esta manera que la batería se encuentra en óptimas condiciones para ser implementada en el sistema de alta tensión del Toyota Prius 3G.

### 3.1.5. Parámetros considerados para la batería de alta tensión de celdas cilíndricas.

Para la implementación de una batería de celdas cilíndricas en el sistema de alta

tensión del Toyota Prius 3G es necesario que esta tenga características similares a la original para evitar problemas de funcionamiento como códigos de error.

Se debe considerar el voltaje nominal de la batería original de 201.6 voltios por bloque y su tolerancia de un 20% de carga adicional dando un total de 241.9 voltios.

A continuación, se realiza los cálculos pertinentes para la caracterización de la batería de celdas cilíndricas

$$Vt = ncil * VnCil$$

**Ecuación 3.** Voltaje total de la batería original.

**Fuente:** (Moreno & Naranjo, 2017)

Donde:

$Vt =$  Voltaje total [voltios]

$ncil =$  Número de modulos cilindricos

$VnCil =$  Voltaje nominal de cada celda cilindrica [voltios]

Así:

$$Vt = ncil * VnCil$$

$$ncil = \frac{Vt}{VnCil}$$

$$ncil = \frac{201,6}{14,4}$$

$$cil = 14$$

$$V_{nt} = n_{cil} * V_{nCil}$$

Donde:

$V_{nt}$  = Voltaje nominal total [voltios]

$n_{cil}$  = Número de modulos cilindricos

$V_{nCil}$  = Voltaje nominal de cada celda cilindrica [voltios]

Así:

$$V_{nt} = n_{cil} * V_{nCil}$$

$$V_{nt} = 14 * 14,4$$

$$V_{nt} = 201.6 V$$

$$V_c = \frac{V_{nCil}}{n_{cilm}}$$

Donde:

$V_c$  = Voltaje de cada cilindro

$V_{nCil}$  = Voltaje nominal de cada celda cilindrica

$n_{cilm}$  = Número de cilindros por cada modulo cilinrico

Así:

$$V_c = \frac{V_{nCil}}{n_{cilm}}$$

$$V_c = \frac{14.4}{3}$$

$$V_c = 4,8 V$$

$$V_p = \frac{V_c}{n_p}$$

Donde:

$V_p =$  Voltaje de cada pila

$V_c =$  Voltaje de cada cilindro

$n_p =$  Número de pilas

Así:

$$V_p = \frac{V_c}{n_p}$$

$$V_p = \frac{4,8}{4}$$

$$V_p = 1,2 V$$

Luego de haber calculado el voltaje nominal total y el número de módulos cilíndricos que debe tener la batería para instalarse en el sistema de alta tensión del Toyota Prius que consta de 14 unidades, cada una contiene 3 cilindros y cada cilindro 4 pilas de 1,2 voltios, de esta manera se comparó con el voltaje de la batería original necesario para la implementación en el sistema de alta tensión. Para obtener el voltaje máximo de la batería de celdas cilíndricas se toma en cuenta una tolerancia del 20% de carga adicional.

$$V_{max} = V_{nt} + (0,2 * V_{nt})$$

Donde:



$V_{max} = \text{Voltaje maximo}$

$V_{nt} = \text{Voltaje nominal total}$

Así

$$V_{max} = V_{nt} + (0,2 * V_{nt})$$

$$V_{max} = 201,6 + (0,2 * 201,6)$$

$$V_{max} = 241,9 V$$

### **3.2. Proceso de armado de la batería de celdas cilíndricas.**

Una vez verificado que las condiciones de la batería son óptimas para el equipamiento en el Toyota Prius 3G, se toma el siguiente protocolo para su instalación.

#### **3.2.1. Desmantelamiento de la batería original**

- Antes de empezar con el proceso de instalación es recomendable utilizar la indumentaria de seguridad adecuada (guantes aislantes, guantes de goma, gafas protectoras y calzado de seguridad) para evitar algún accidente.
- Verificar que el vehículo este apagado el vehículo observando que el indicador del tablero "READY" se encuentre apagado.
- Retirar la llave del vehículo y esperar 5 minutos antes de empezar con el desmontaje de la batería de alta tensión.
- Después desconectar el terminal negativo de la batería auxiliar de 12 voltios.
- Deslizar la manija de conector de servicio, después retirarla y aplicar cinta

aislante para evitar contacto con otras líneas del sistema eléctrico.

- Remover el ducto de la ventilación para la batería de alta tensión
- Desconectar los 2 cables que energizan al inversor y se encuentran en el marco del vehículo.
- Remover el ensamble de la batería de alta tensión, desconectando los conectores y las abrazaderas del sistema principal.
- Desconectar la manguera de ventilación alojado en el panel del piso
- Remover los 4 pernos que sujetan la batería al chasis en la parte posterior y después retirarla.

### **3.2.2. Armado de la batería con las celdas cilíndricas**

Una vez seguido el protocolo para retirar la batería original del Toyota Prius 3G, se procede a cambiar la batería con los módulos cilíndricos siguiendo el procedimiento mencionado a continuación:

- Identificar los componentes que se utilizaran para la batería con módulos cilíndricos.



**Figura 16.** Componentes del sistema de celdas cilíndricas CEBA

- Preparar la base de la batería original colocando el soporte en la base.



**Figura 17.** Base de la batería original del vehículo híbrido Toyota Prius

- Organizar los módulos de la batería en la base de acuerdo a los números de serie de los módulos.



**Figura 18.** Orden de las celdas cilíndricas para poder colocar en la base original del vehículo híbrido

- Preparar la base que va sujeta a la parte posterior del vehículo híbrido.



**Figura 19.** Base original del Toyota Prius de tercera generación

- Fijar los pernos inferiores y apretar los pernos de la base.



**Figura 20.** Fijación de los módulos cilíndricos en la base de la batería original del Toyota Prius

- Instalar las conexiones del ramal de cables positivo y negativo teniendo el cuenta las direcciones de las conexiones.



**Figura 21.** Conexión de los ramales positivo y negativo con el módulo híbrido

- Instalar la placa de la cubierta de los módulos.



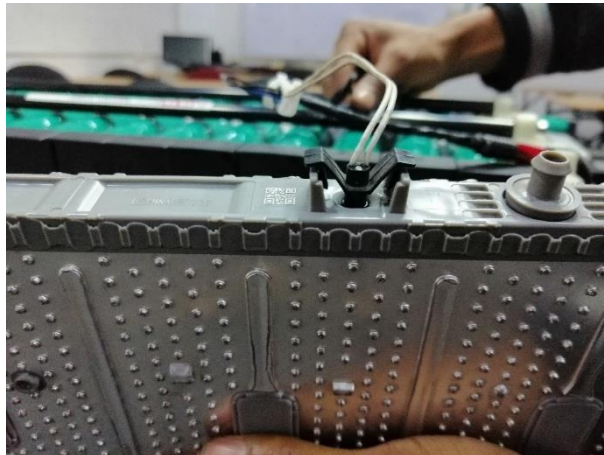
**Figura 22.** Placas de la batería de celdas cilíndricas para establecer las conexiones entre módulos

- Realizar las conexiones de la parte positiva como negativa del jumper o conector de servicio.



**Figura 23.** Conexiones del jumper o conector de servicio para la batería de módulos cilíndricos

- Retirar los sensores de la batería antigua



**Figura 24.** Sensores de temperatura de la batería original.

- Colocar los sensores de temperatura con la base para los módulos cilíndricos



**Figura 25.** Sensores de temperatura con su base para las baterías con módulos cilíndricos.

- Colocar la cubierta en las conexiones del ramal positivo y negativo de la batería de alta tensión.



**Figura 26.** Cubierta de protección para la conexión de los ramales positivos y negativos en la batería de módulos cilíndricos.

- Colocar la batería de alta tensión en la parte posterior del vehículo como vino originalmente.



**Figura 27.** Instalación de la batería de módulos cilíndricos en la parte posterior del vehículo híbrido

- Conecte los cables principales ánodo y cátodo correctamente, instale la manija del conector de servicio original después de verificar su estado.



## **CAPÍTULO IV**

### **PROTOCOLO DE PRUEBAS**

#### **4.1. Protocolo de pruebas en el vehículo Toyota Prius 3G.**

##### **4.1.1. Protocolo de pruebas de forma estática en el vehículo Toyota Prius 3G**

###### **a. Prueba de estado de salud**

Para conocer el estado de la batería de alta eficiencia del Toyota Prius es necesario utilizar la interfaz Teachstream Mini VCI J2534 para visualizar en el flujo de datos del módulo híbrido.

Para realizar la prueba se debe seguir el siguiente procedimiento:

- Encender el vehículo y verificar que se encuentre en condiciones favorables para la prueba.
- Identificar el puerto OBD II para acoplar la interfaz Teachstream Mini VCI J2534.
- Seleccionar el módulo híbrido y el flujo de datos.
- Seleccionar en el flujo de datos el valor del estado de carga (SOC%), la corriente de carga y descarga, la temperatura y la resistencia interna.
- Encender varios consumidores hasta visualizar una corriente de descarga fija.

- Tomar la lectura del estado de carga (SOC%) y el tiempo desde el momento que se apaga el MCI hasta que se vuelve a encender.
- Los ítems mencionados anteriormente se deben realizara para las pruebas con la batería original y la de celdas cilíndricas.

**Tabla 22.**

*Datos obtenidos del flujo de datos del módulo híbrido*

Condición	%SOC Arranque	%SOC Stop	DSOC [A]	Tiempo
Batería original				
Batería de celdas cilíndricas				

**Tabla 23.**

*Datos de voltaje y resistencia interna de la prueba en la batería de alto voltaje con la interfaz Techstream Mini VCI J2534 de forma estática.*

NÚM DE MODULO	RESISNT. INTERNA [ohm]		VOLTAJES [voltios]	
	%SOC STOP	%SOC ARRANQUE	%SOC STOP	%SOC ARRANQUE
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				

**Tabla 24.**

*Datos de temperatura de la prueba en la batería de alto voltaje con la interfaz Techstream Mini VCI J2534*

NÚM DE MODULO	TEMPERATURA	
	%SOC STOP	%SOC ARRANQUE
TB1		
TB2		
TB3		

## **4.2. Protocolo de pruebas en ruta del vehículo Toyota Prius 3G**

### **4.2.1. Prueba de consumo de combustible**

Para realizar esta prueba se utiliza la interfaz OBDLink SX EOBD y el software OBDWIZ para observar en tiempo real el consumo de combustible.

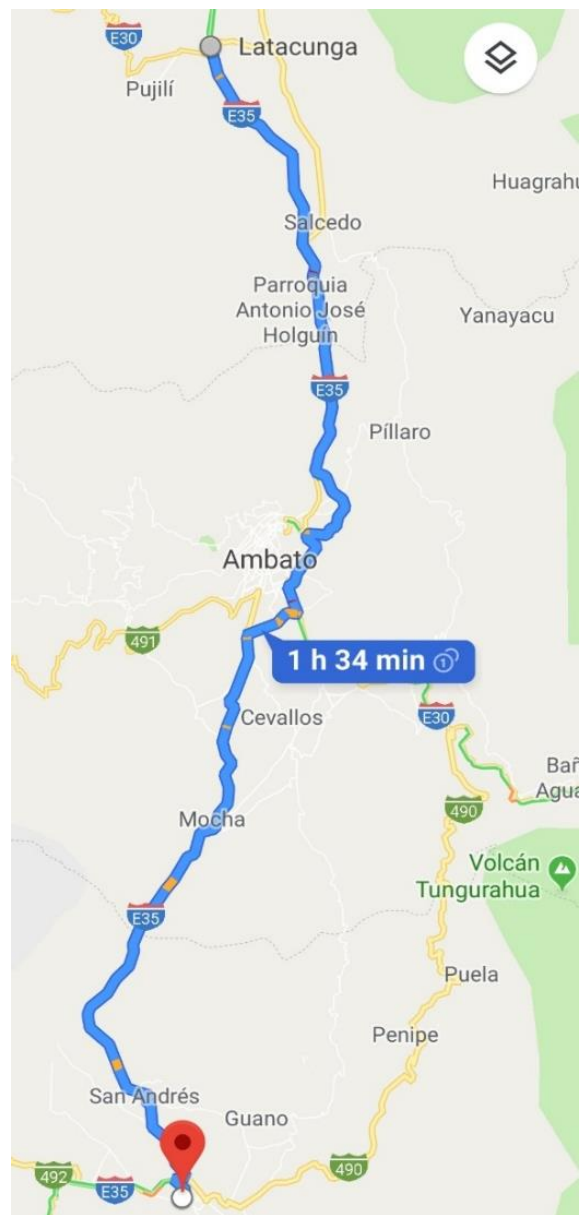
El display del vehículo híbrido que genera datos de consumo en litros/100Km.

Para realizar la prueba es necesario seguir pasos mencionados a continuación:

- Encender el vehículo y verificar que se encuentre en condiciones favorables para la prueba.
- Observar que se encuentre en óptimas condiciones el medidor de combustible del vehículo
- Asegurarse de que el display del consumo de combustible y recorrido del vehículo esté funcionando.
- Identificar el puerto OBD II y acoplar la interfaz OBDLink SX EOBD para visualizar el consumo de combustible.
- Los ítems mencionados anteriormente se deben realizar con la batería original y con la de celdas cilíndricas.
- Comenzar el recorrido propuesto para generar un consumo de combustible en carretera.

#### 4.2.2. Descripción del recorrido propuesto

El recorrido seleccionado para esta prueba consta de una distancia de 102 kilómetros que van desde el redondel del intercambiador de Latacunga hasta la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo con una duración de 1h34 min.



**Figura 28.** Mapa de la ruta establecida – Redondel del intercambiador de Latacunga hasta la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

**Tabla 25.**

*Datos obtenidos de la prueba de consumo de combustible en el display y con la interfaz*

Condición	Consumo display [l]	Distancia [Km]	Consumo interfaz OBDLink SX EOBD [gl]	Tiempo [minutos]
Batería original		102		
Batería cilíndrica		102		

#### **4.2.3. Pruebas para el análisis de los PIDs.**

Para la prueba en las baterías tanto originales como cilíndricas se las realizo con la ayuda de la interfaz Techstream Mini VCI J2534 para observar los voltajes nominales de 7.2 voltios en cada celda original y los 14.4 voltios en cada módulo cilíndrico junto con el 20% de tolerancia aceptada por el fabricante con voltaje de 241.9 voltios.

##### **a. Prueba con la interfaz Techstream Mini VCI J2534**

Para realizar esta prueba se utiliza la interfaz Mini VCI J2534 y el software Techstream para observar en el flujo de datos el valor del voltaje por bloques, voltaje total de la batería, resistencia interna y temperatura en tiempo real

Para realizar la prueba es necesario seguir pasos mencionados a continuación:

- Encender el vehículo y verificar que se encuentre en condiciones favorables para la prueba.

- Identificar el puerto OBD II y acoplar la interfaz Mini VCI J2534 para visualizar el valor del voltaje por bloques, voltaje total de la batería, resistencia interna y temperatura en tiempo real.

**Tabla 26.**

*Datos de voltaje y resistencia interna de la prueba en la batería de alto voltaje con la interfaz Techstream Mini VCI J2534 en la ruta establecida*

NÚM DE MODULO	RESISNT. INTERNA [ohm]		VOLTAJES [voltios]	
	Inicio	Final	Inicio	Final
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				

**Tabla 27.**

*Datos de temperatura de la prueba en la batería de alta tensión con la interfaz Mini VCI J2534 en la ruta establecida.*

NÚM DE MODULO	TEMPERATURA	
	Inicio	Final
TB1		
TB2		
TB3		

- Observar el estado de carga en el cual se encuentra la batería (%SOC)
- Mirar la tasa de descarga de la batera en amperios (DSOC)
- Los ítems mencionados anteriormente se deben realizar con la batería original y con la de celdas cilíndricas.
- Comenzar el recorrido propuesto tomar el tiempo de activación del MCI y

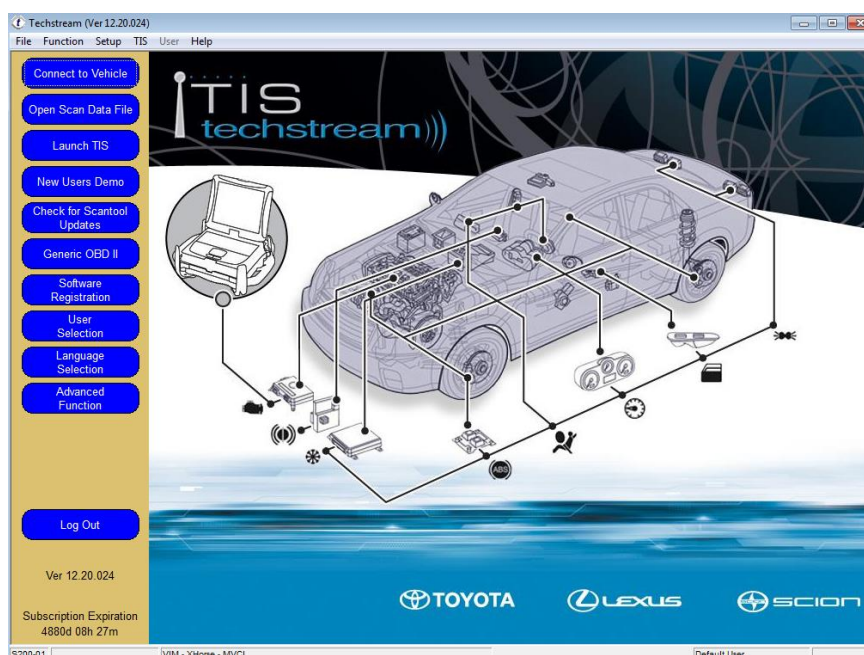
consumo energético de la batería.

#### 4.2.4. Equipos de medición

##### a. Interfaz Toyota Techstream

(Moreno & Naranjo, 2017) Manifiesta que el escáner Techstream es un instrumento destinado a analizar los valores y el funcionamiento del vehículo de marca Toyota Lexus y Scion con el cual se puede verificar el valor de los voltajes de las baterías de los autos híbridos además de DTCs y diferentes datos en tiempo real.

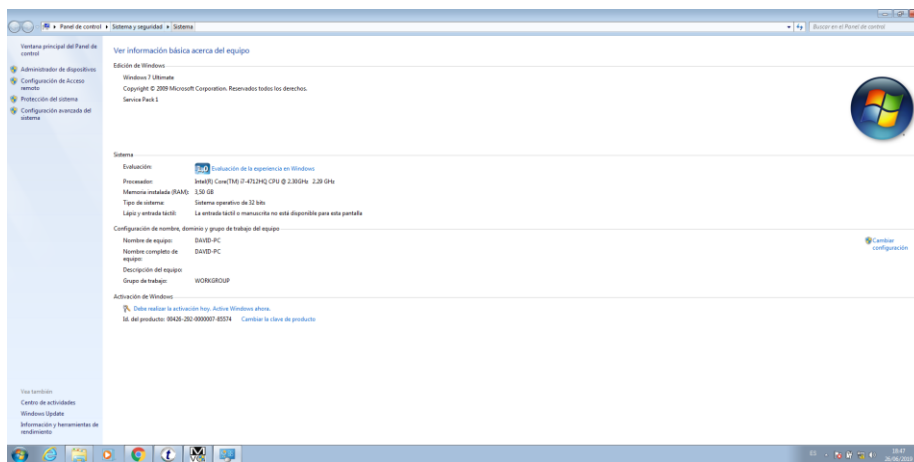
El Toyota Techstream Lite, permite diagnosticar todos los sistemas de motores, ABS, airbag, transmisión, etc., realiza un diagnóstico vía CAN 50 veces más rápido que los equipos convencionales. (p. 128)



**Figura 29.** Pantalla de inicio del software techstream versión 12.20.024

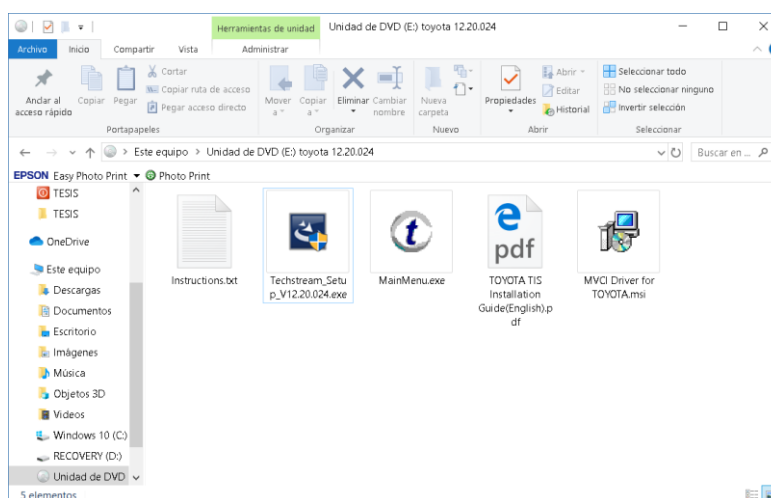
## b. Proceso de instalación del software Techstream

Instalar del software Techstream teniendo en cuenta los requerimientos del sistema operativo, debe ser Windows 7 de 64 bits y como mínimo 3 GB en memoria RAM



**Figura 30.** Requerimientos mínimos de operación para el Toyota Techstream

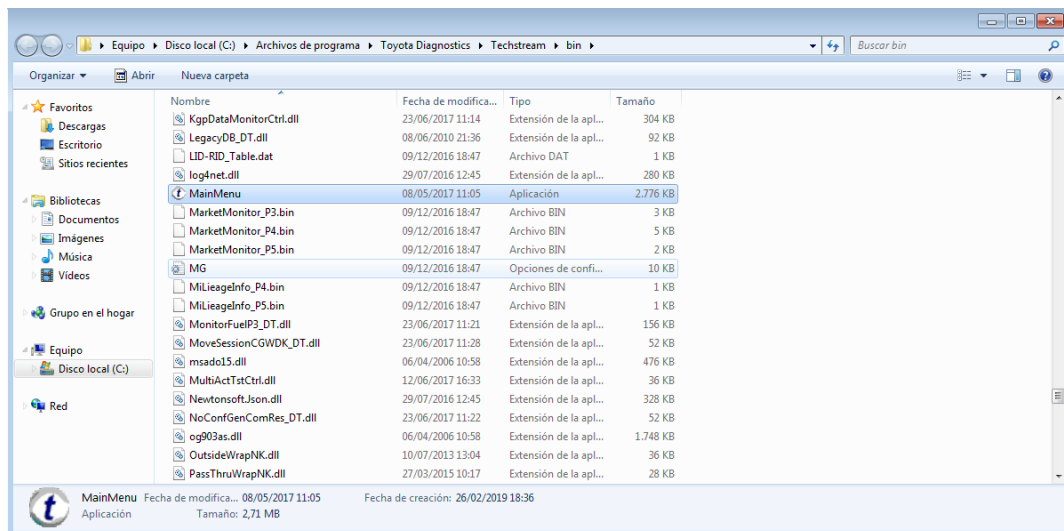
Instalar el software Techstream 12.20.024 aceptando las condiciones y sitio de instalación del programa.



**Figura 31.** Instalación del Techstream\_setup\_v12.20.024. exe

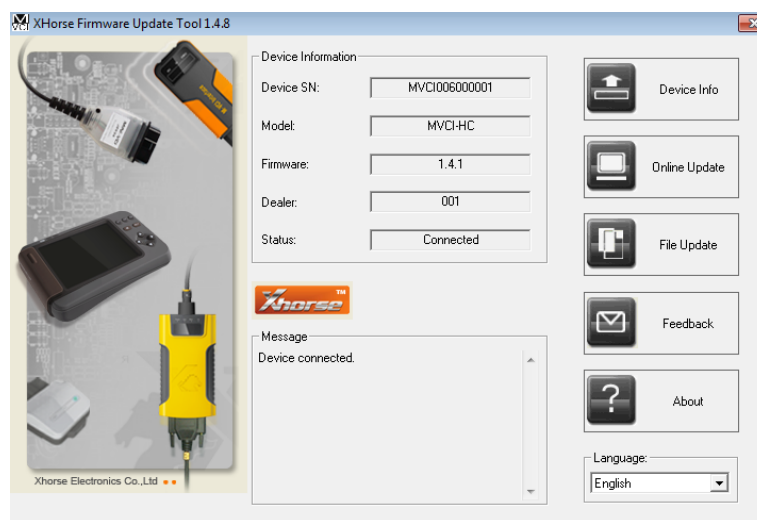


Copiar el archivo MainMenu.exe en la capte donde se instala el Techstream para poder ejecutar el programa de forma completa.



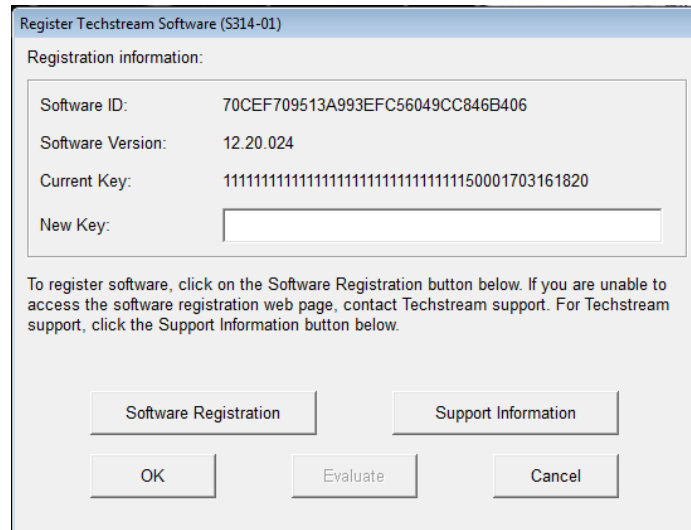
**Figura 32.** Copia del archivo MainMenu.exe en la carpeta de instalación de Toyota Techstram

Instalar MVCI driver, este controlador permitirá identificar a la interfaz en el puerto USB de la computadora, y comprobar que se encuentre conectado.



**Figura 33.** Instalación del driver MINI VCI e identificación de la interfaz en la computadora

Registrar la licencia del programa.



Register Techstream Software (S314-01)

Registration information:

Software ID:	70CEF709513A993EFC56049CC846B406
Software Version:	12.20.024
Current Key:	11111111111111111111111111111111111150001703161820
New Key:	<input type="text"/>

To register software, click on the Software Registration button below. If you are unable to access the software registration web page, contact Techstream support. For Techstream support, click the Support Information button below.

Software Registration      Support Information

OK      Evaluate      Cancel

**Figura 34.** Registro del programa con el código de activación.

### c. Interfaz OBDLink SX EOBD

Es un software automotriz el cual puede diagnosticar problemas sobre problemas en el motor y sus diferentes sensores de forma rápida y eficaz. Puede recopilar información de los parámetros característicos de identificación en tiempo real, apagar la luz MIL e identificar DTC.

Tiene sus propias pantallas personalizadas y amigables con el usuario, en las cuales se puede observar el consumo de combustible de forma clara y en MPG.



**Figura 35.** Software OBDWiz

## **CAPÍTULO V**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS CON LA BATERÍA ORIGINAL Y LOS MÓDULOS CILÍNDRICOS**

En este capítulo se analizará los PID s que se recopilaron durante la evaluación de los diferentes protocolos establecidos para las pruebas tanto estáticos como de ruta, con el fin de comparar cada uno de ellos cuando se trabaja con la batería original y con los módulos cilíndricos.

#### **5.1. Análisis de resultados del vehículo Toyota Prius 3G**

##### **5.1.1. Análisis de resultados del vehículo en las pruebas estáticas.**

Se realizó estas pruebas para identificar en qué estado en el que se encuentran las baterías del vehículo híbrido e interpretar los valores de los PIDs registrados con la interfaz MINI VCI J2534 y el software Techstream.

##### **5.1.2. Análisis del estado de salud**

Esta prueba consistió en analizar el tiempo que transcurre desde el estado de carga en el cual se prende el MCI hasta el estado de carga en el cual se apaga el MCI y deja de cargar a la batería de alta tensión del vehículo híbrido, este procedimiento

se lo realiza con el Toyota Techstream.

**Tabla 28.**

*Estado de carga al encenderse el MCI y al apagarse en la batería original y la batería cilíndrica.*

Condición	%SOC Arranque	%SOC Stop	DSOC [A]	Tiempo [min]
Batería original	38,4	50,9	1,74	23,58
Batería de celdas cilíndricas	38,6	50,8	1,74	24,25

**a. Interpretación de los resultados en la prueba estática para determinar el estado de salud de la batería original y la cilíndrica.**

Una vez conocidos los estados de carga entre la activación, desactivación del MCI, la corriente de descarga, la capacidad de la batería y el tiempo empleado en este proceso, se utilizó la siguiente ecuación para calcular el estado de salud para cada batería.

$$Delt.SOC = SOC\ Stop - SOC\ Arranque$$

**Ecuación 4.** Ecuación de la variación del estado de carga entre la activación y desactivación del MCI

Donde:

*SOC Stop = estado de carga cuando el MCI se detiene [%]*

*SOC arranque = estado de carga cuando el MCI se enciende [%]*

Así para la batería original:

$$Delt.SOC = 50,9 - 38,4$$

$$Delt. SOC = 12,50$$

Así para batería cilíndrica:

$$Delt. SOC = 50,8 - 38,7$$

$$Delt. SOC = 12,20$$

Utilizado la siguiente ecuación obtenemos la capacidad estimada:

$$Ce = \frac{I * T * 100}{60 * Delt. SOC}$$

**Ecuación 5.** Ecuación de la capacidad estimada de la batería

Donde:

$Ce$  = Capacidad estimada de la batería [Ah]

$I$  = corriente de descarga (DSOC) [amperios]

$T$  = tiempo [minutos]

$Delt. SOC$  = Variación del estado de carga de la batería. [%]

Así para la batería original:

$$Ce = \frac{1,74 * 23,58 * 100}{60 * 12,50}$$

$$Ce = 5,47 [Ah]$$

Así para la batería cilíndrica:

$$Ce = \frac{1,74 * 24,25 * 100}{60 * 12,20}$$

$$Ce = 5,76 [Ah]$$

Para calcular el estado de salud utilizamos la siguiente ecuación

$$SOH = \frac{Ce * 100}{Cr}$$

**Ecuación 6.** Ecuación del estado de salud de una batería de alta tensión.

Donde:

$SOH = \text{estados de salud. [\%]}$

$Ce = \text{Capacidad estimada. [Ah]}$

$Cr = \text{Capacidad real. [Ah]}$

Así para la batería original

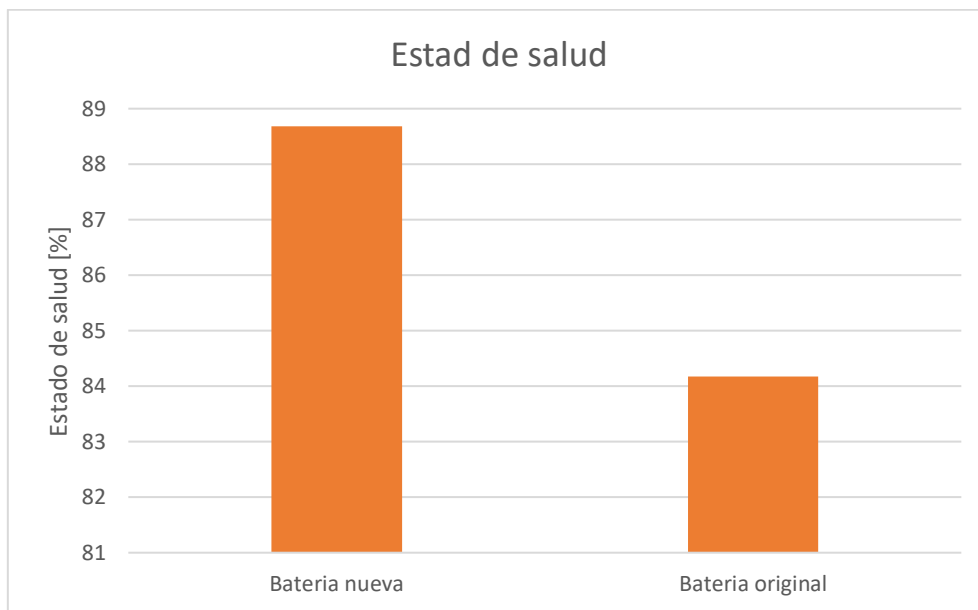
$$SOH = \frac{5,47 * 100}{6,5}$$

$$SOH = 84,17 [\%]$$

Así para la batería cilíndrica.

$$SOH = \frac{5,76 * 100}{6,5}$$

$$SOH = 88,68 [\%]$$



**Figura 36.** Estado de salud en la prueba estática en la batería original como la cilíndrica.

Para calcular la variación del estado de salud entre la batería original y la batería cilíndrica se utilizó la siguiente fórmula:

$$\Delta SOH = SOH_{cil} - SOH$$

**Ecuación 7.** Variación del estado de salud entre la batería original y la cilíndrica

Donde:

$\Delta SOH$  = Variación del estado de salud

$SOH_{cil}$  = Estado de salud de la batería cilíndrica

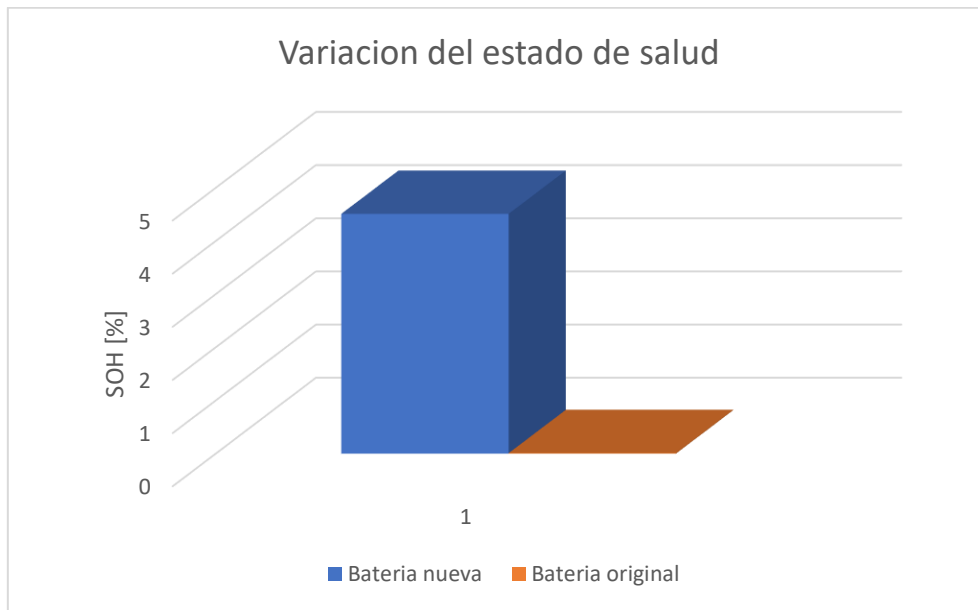
$SOH$  = estado de salud de la batería original

Así:

$$\Delta SOH = 88,68 - 84,17$$

$$\Delta SOH = 4,51 \text{ [%]}$$





**Figura 37.** Variación del estado de salud entre la batería original y la cilíndrica.

Como se puede observar en la figura 37 en estado de salud de la batería cilíndrica es mejor en comparación a la batería original en un 4,51% obteniendo con ello un mejor rendimiento al momento de entregar la energía de la batería al sistema de alta tensión.

## 5.2. Análisis de resultados del vehículo en las pruebas en ruta.

A continuación, se describe las pruebas realizadas durante la ruta establecida bajo las condiciones estándar y con los módulos cilíndricos por medio de la recopilación de los PID s con la interfaz mini VCI j2534 y su software Techstream y a interfaz OBD Link SX EOBD junto con el display del vehículo para observar en tiempo real el consumo de combustible.

### 5.2.1. Análisis de los voltajes obtenidos en cada bloque al inicio y al final de la ruta

Se identificó los valores de los voltajes obtenidos en cada uno de los 14 bloques de la batería de alta tensión, los cuales fueron obtenidos a través de la interfaz Mini VCI j2534 Techstream, como indica la tabla 24 y 25.

**Tabla 29.**

*Voltaje de cada bloque de la batería original durante la prueba de ruta al inicio y al final con la interfaz Techstream.*

NÚM DE MODULO	VOLTAJES [voltios]	
	Inicio	Final
1	15,77	18,09
2	15,79	15,11
3	15,85	16,14
4	15,80	16,11
5	15,84	16,09
6	15,87	16,11
7	15,82	18,11
8	15,82	16,14
9	15,77	16,09
10	15,74	16,11
11	15,77	16,14
12	15,75	16,11
13	15,72	18,09
14	15,70	16,11

**Tabla 30.**

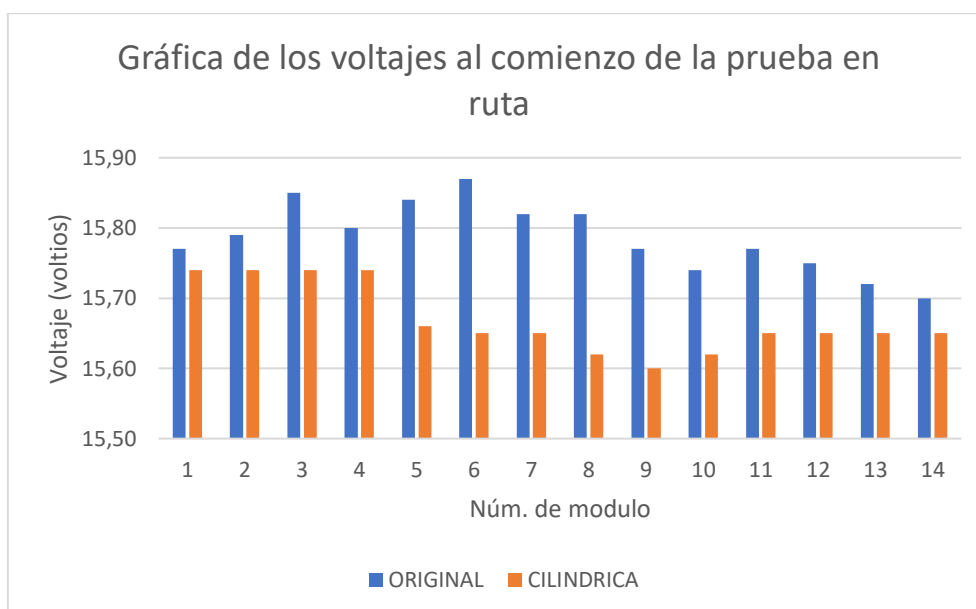
*Voltaje de cada bloque de la batería con los módulos cilíndricos durante la prueba de ruta al inicio y al final con la interfaz Techstream.*

NÚM DE MODULO	VOLTAJES [voltios]	
	Inicio	Final
1	15,74	16,01
2	15,74	16,04
3	15,74	16,01
4	15,74	15,96
5	15,66	16,02
6	15,65	16,01
7	15,65	16,01
8	16,62	15,99
9	15,60	16,04

CONTINÚA →

NÚM DE MODULO	VOLTAJES [voltios]	
	Inicio	Final
10	15,62	16,04
11	15,65	16,01
12	15,65	15,99
13	15,65	16,04
14	15,65	16,04

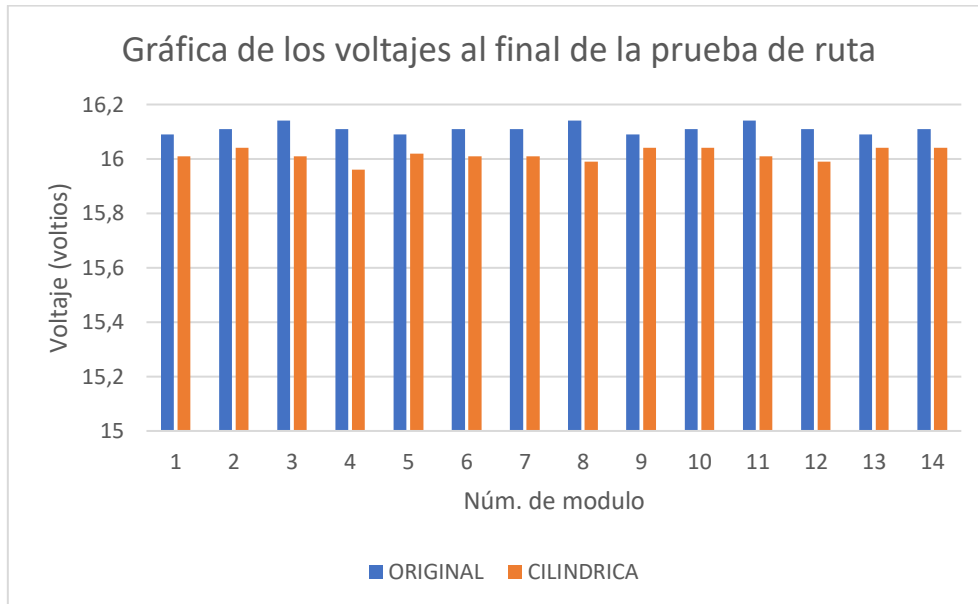
**a. Interpretación de los voltajes al inicio de la prueba de ruta con la batería original y los módulos cilíndricos**



**Figura 38.** Valor de los voltajes de cada bloque en la batería de alta tensión al comienzo de la prueba de ruta

En la figura 38 se puede observar que el valor de los voltajes medidos en la batería original y la cilíndrica no se encuentra por debajo del voltaje nominal 14.4 voltios ni por encima del 20% de tolerancia aceptado, indicando así el óptimo estado para empezar la prueba de ruta.

**b. Interpretación de los voltajes al final de la prueba de ruta con la batería original y los módulos cilíndricos**



**Figura 39.** Valor de los voltajes de cada bloque en la batería de alta tensión al final de la prueba de ruta

En la figura 39 se puede observar como el voltaje en la batería original es mayor respecto a la cilíndrica debido a la resistencia interna que maneja cada una la cual se relaciona con la potencia de salida.

**5.2.2. Análisis de las resistencias internas obtenidos en cada bloque al inicio y al final de la ruta**

Se identificó los valores de las resistencias internas obtenidos en cada uno de los 14 bloques de la batería de alta tensión, los cuales fueron obtenidos a través de la interfaz Mini VCI j2534 Techstream, como indica la tabla 26 y 27

**Tabla 31.**

*Resistencia interna de cada bloque de la batería original durante la prueba de ruta al inicio y al final con la interfaz Techstream*

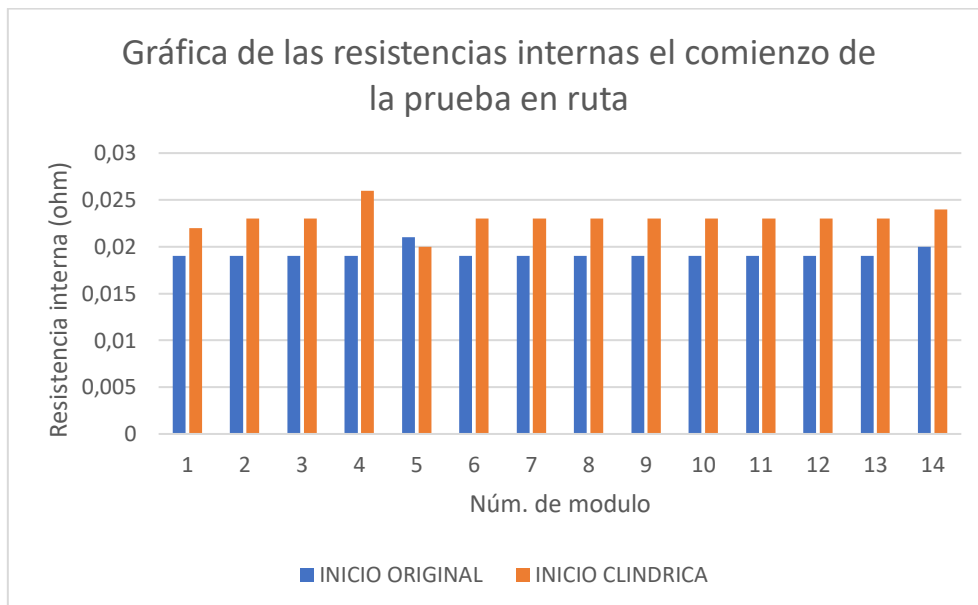
NÚM DE MODULO	RESISNT. INTERNA [ohm]	
	Inicio	Final
1	0,019	0,023
2	0,019	0,022
3	0,019	0,022
4	0,019	0,022
5	0,021	0,024
6	0,019	0,022
7	0,019	0,022
8	0,019	0,022
9	0,019	0,022
10	0,019	0,022
11	0,019	0,022
12	0,019	0,022
13	0,019	0,022
14	0,02	0,023

**Tabla 32.**

*Resistencia interna de cada bloque de la batería de celdas cilíndricas durante la prueba de ruta al inicio y al final con la interfaz Techstream*

NÚM DE MODULO	RESISNT. INTERNA [ohm]	
	Inicio	Final
1	0,022	0,025
2	0,023	0,026
3	0,023	0,027
4	0,026	0,032
5	0,020	0,024
6	0,023	0,027
7	0,023	0,026
8	0,023	0,027
9	0,023	0,025
10	0,023	0,027
11	0,023	0,026
12	0,023	0,027
13	0,023	0,027
14	0,024	0,028

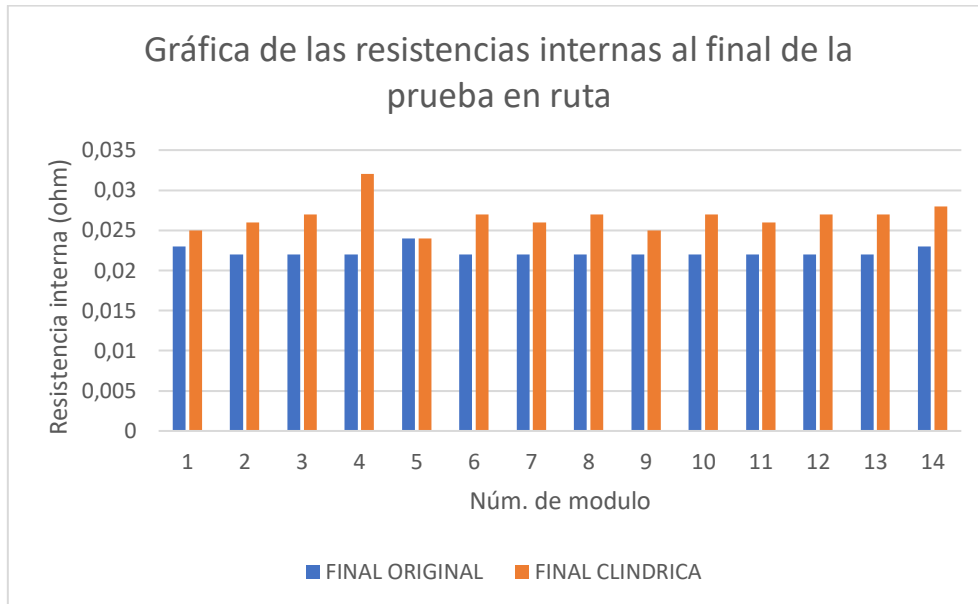
**a. Interpretación de las resistencias internas al inicio de la prueba de ruta con la batería original y los módulos cilíndricos.**



**Figura 40.** Valor de las resistencias internas en cada uno de los bloques al comienzo de la prueba de ruta.

En la figura 39 se puede observar que la resistencia interna de la batería original es menor en comparación a la batería de celdas cilíndricas, esta característica es propia de cada batería y van aumentando su valor en función del tiempo y el uso.

**b. Interpretación de las resistencias internas al final de la prueba de ruta con la batería original y los módulos cilíndricos.**



**Figura 41.** Valor de la resistencia interna en cada uno de los bloques al final de la prueba de ruta

En la figura 40 se observa que la resistencia interna de la batería de celdas cilíndricas sigue siendo mayor en comparación a la original, lo cual afectaría a la potencia de salida debido a la caída de tensión por una resistencia mayor.

**5.2.3. Análisis de la temperatura obtenidos por cada sensor al inicio y al final de la ruta**

Se identificó los valores de los tres sensores de temperatura distribuidos uniformemente, el primer sensor TB1 señala la temperatura en el bloque del 1 al 5, el segundo sensor TB2 señala la temperatura en el bloque del 6 al 10 y el ultimo sensor TB3 en el bloque del 10 al 14, los cuales fueron obtenidos a través de la interfaz Mini

VCI j2534 Techstream, como indica la tabla 26 y 27

**Tabla 33.**

*Temperatura de los sensores ubicados en tres bloques de la batería original durante la prueba de ruta al inicio y final con la interfaz Techstream*

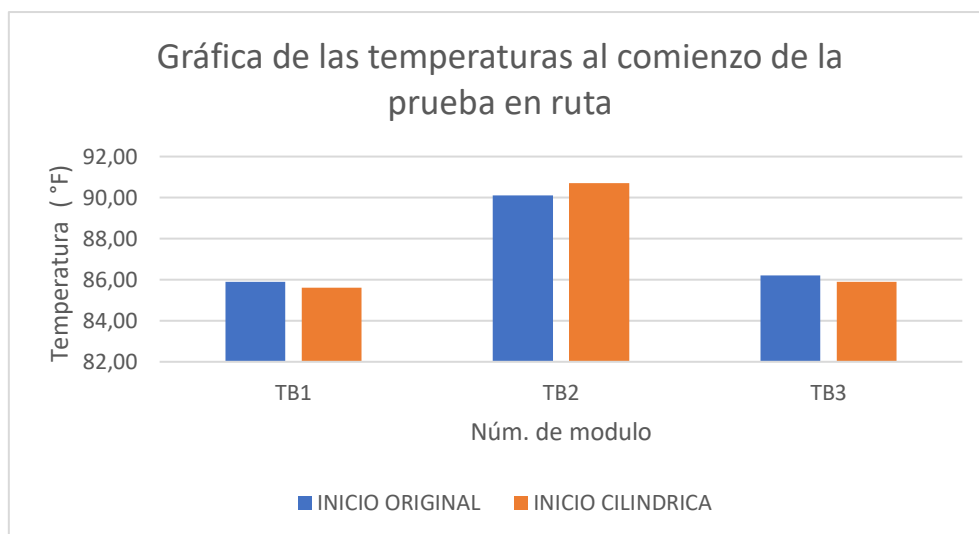
NÚM DE MODULO	TEMPERATURA	
	Inicio	Final
TB1	85,90	115,70
TB2	90,10	123,80
TB3	86,20	111,70

**Tabla 34.**

*Temperatura de los sensores ubicados en tres bloques de la batería de celdas cilíndricas durante la prueba de ruta al inicio y al final con la interfaz Techstream*

NÚM DE MODULO	TEMPERATURA	
	Inicio	Final
TB1	85,60	112,70
TB2	90,70	115,30
TB3	85,10	108,00

**a. Interpretación de temperatura medida por los sensores al inicio de la prueba de ruta con la batería original y los módulos cilíndricos**

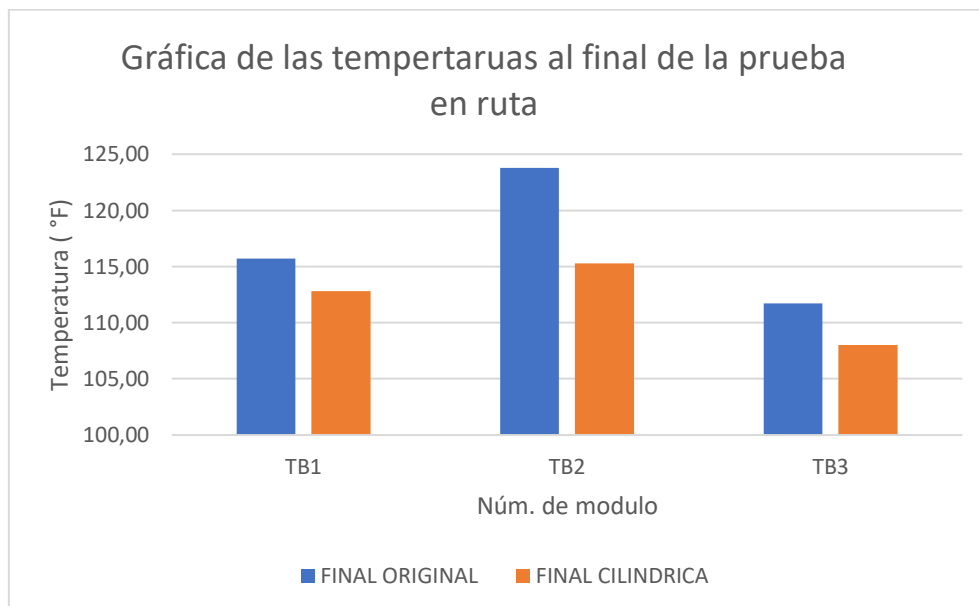


**Figura 42.** Valor de la temperatura en cada uno de los bloques al comienzo de la prueba de ruta.



En la figura 41 se observa que al comienzo de la prueba de ruta las baterías de celdas cilíndricas tienen menor temperatura en los sensores TB1 y TB3, y es mayor en el TB2 debido a que existen emisiones de calor en ambos bloques evitando así una disipación adecuada para el bloque de la mitad.

**b. Interpretación de los sensores de temperatura internas al final de la prueba de ruta con la batería original y los módulos cilíndricos**



**Figura 43.** Valor de la temperatura en cada uno de los bloques al final de la prueba de ruta.

En la figura 42 se puede observar que la temperatura del TB2 es más elevada en ambas baterías ya que tiene menos espacio para la transferencia de calor con el medio ambiente y la disipación del mismo por efecto de la refrigeración del ventilador.

Para analizar la variación en el estado de salud de la batería original respecto a la de módulos cilíndricos en función de la temperatura se utilizó la siguiente ecuación:

$$\%SOH = \left( \frac{\text{Prom. T. Bateria cilind.} * 100}{\text{Prom. T. HN}} \right)$$

**Ecuación 8.** Ecuación para calcular el estado de salud en función de la temperatura para baterías de alta tensión

**Fuente:** (Moreno & Naranjo, 2017)

Donde:

$\%SOH$  = Porcentaje de estado de salud

$\text{Prom. T. Bateria. cilind}$  = Promedio de temperatura de la batería cilíndrica [F]

$\text{Prom. T. HN}$  = Promedio de la temperatura de Níquel Hidruro metálico

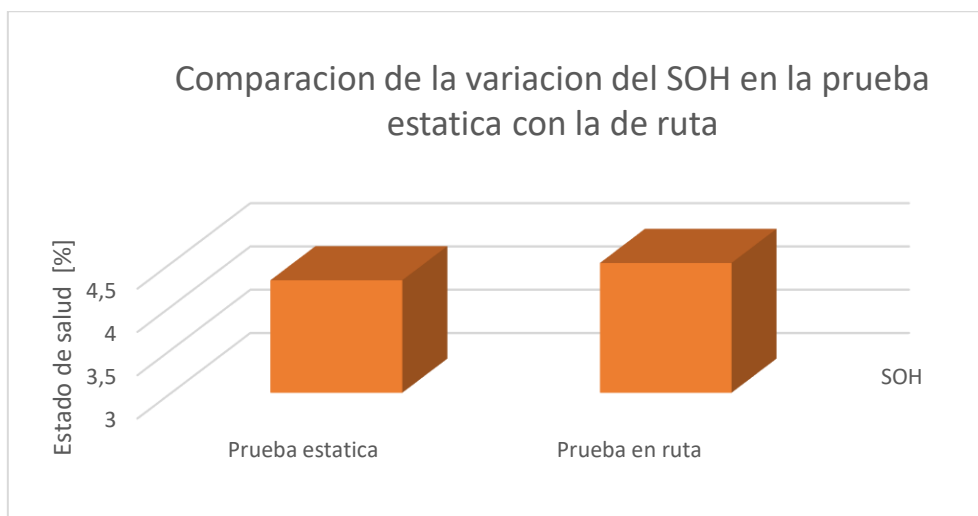
Así:

$$\%SOH = \left( \frac{112,03 * 100}{117,07} \right)$$

$$\%SOH = 95,70$$

$$\%SOH = 100 - 95,7$$

$$\%SOH = 4,3\%$$



**Figura 44.** Comparación de la variación del estado de salud de la batería cilíndrica respecto a la original en la prueba estática con la de ruta

En la figura 44 se puede observar que la variación del estado de salud en la batería original respecto a la cilíndrica en la prueba estática es de 4,51% mientras que en la prueba de ruta llegó a 4,3% corroborando esta variación con ambas pruebas.

#### 5.2.4. Análisis del consumo de combustible en la prueba en ruta

Se analizó el consumo de combustible obtenido con la interfaz OBD Link SX EOBD en MPG y el display de vehículo híbrido en litros/100 km para poder tener de fuentes de información para un análisis de resultados del consumo en la ruta Latacunga-Riobamba con la batería original y los módulos cilíndricos.

##### Tabla 35.

*Tabla del consumo de combustible obtenido con la interfaz OBDLink SX EOBD y el display del vehículo híbrido.*

Condición	Consumo display [l/100km]	Distancia [Km]	Consumo interfaz OBDLink SX EOBD [galones]	Tiempo [minutos]
Batería original	5,8	102	1,58	1:35
Batería cilíndrica	5.0	102	1,36	1:35

##### a. Interpretación de los resultados del consumo de combustible con la batería original respecto a los módulos cilíndricos.

Se observó que el consumo de combustible del display de la batería original es de 6,19 litros/100 km en 102 km en un tiempo de 1h 35 minutos, con estos datos obtenidos se estableció una relación entre el consumo de combustible de la batería original y la de módulos cilíndricos.

Se utilizó la siguiente ecuación para obtener el consumo de combustible al final de la prueba de ruta.

$$\text{Cons. Com.} = \text{Med. Dis} * \text{Dist}$$

Donde:

*Cons. Com* = Consumo de combustible al concluir la prueba [litros]

*Med. Dis* = Medicion del display  $\left[ \frac{l}{100km} \right]$

*Dist* = Distancia recorrida durante la prueba.

Así para la batería original:

$$\text{Cons. Com.} = \text{Med. Dis} * \text{Dist}$$

$$\text{Cons. Com} = \frac{5,8 * 102}{100}$$

$$\text{Cons. Com} = 5,91 \text{ [litros]}$$

Así para la batería cilíndrica

$$\text{Cons. Com.} = \text{Med. Dis} * \text{Dist}$$

$$\text{Cons. Com} = \frac{5,0 * 102}{100}$$

$$\text{Cons. Com} = 5,1 \text{ [litros]}$$

Una vez obtenido el consumo en litros con la siguiente ecuación transformamos a galones:

$$\text{Cons. G} = 0,264172 * \text{Cons. Com}$$

Así para la batería original:

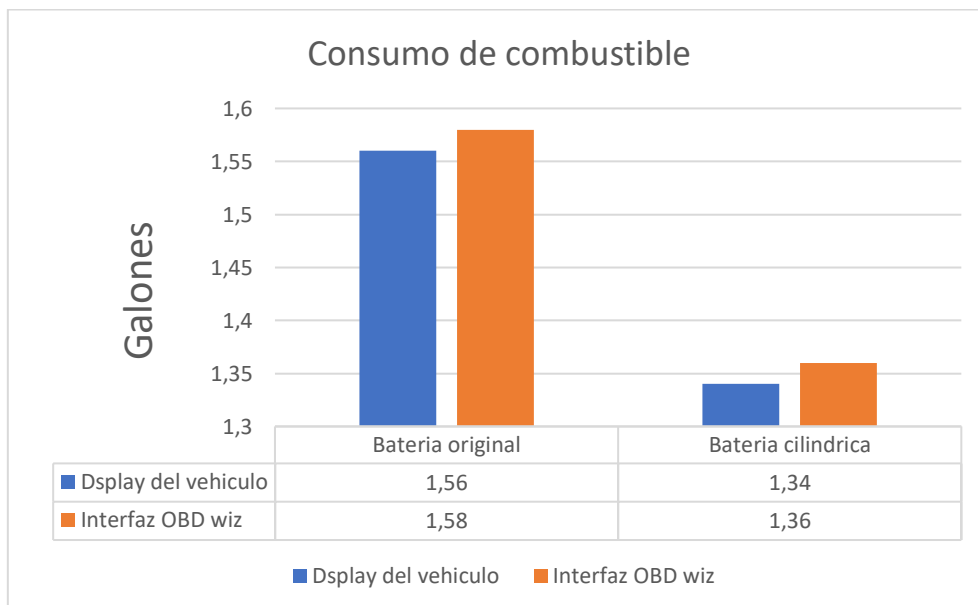
$$\text{Cons. } G = 0,264172 * 5,91$$

$$\text{Cons. } G = 1,56 \text{ [galones]}$$

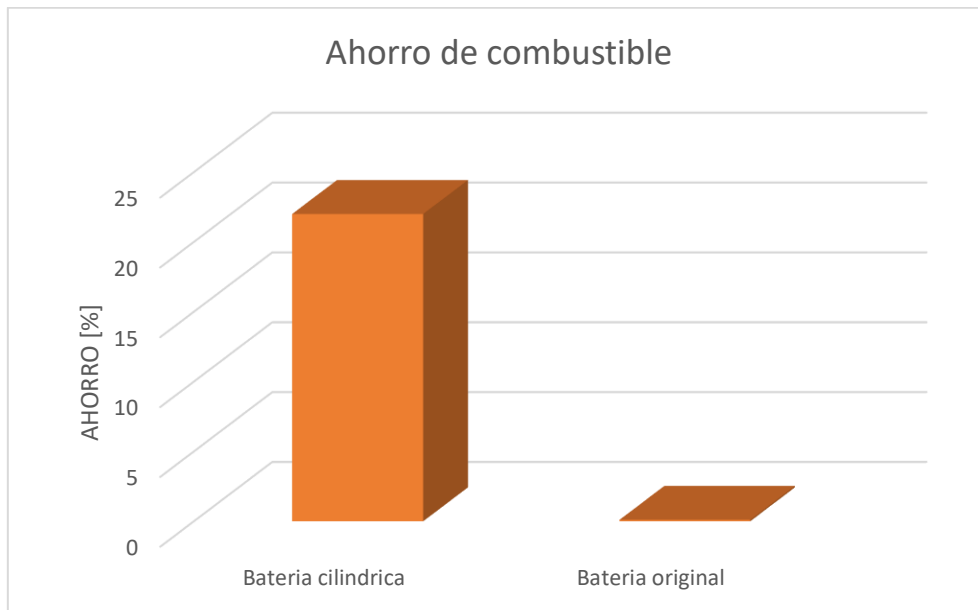
Así para la batería cilíndrica:

$$\text{Cons. } G = 0,264172 * 5,00$$

$$\text{Cons. } G = 1,34 \text{ [galones]}$$



**Figura 45.** Valores del consumo de combustible de la batería original con respecto a la cilíndrica.



**Figura 46.** Ahorro de combustible al implementar el sistema de módulos cilíndricos

En el gráfico 45 se observa que el ahorro de combustible es de un 14% lo que garantiza una disminución de emisiones durante la ruta establecida.

#### **b. Interpretación de la autonomía del vehículo híbrido.**

Para poder obtener la distancia recorrida en función del combustible utilizado se obtiene con la siguiente ecuación:

$$Dist. G = \frac{Dist}{Cons. G}$$

Donde:

$$Dist. G = \text{Distancia recorrida por cada galon consumido} \left[ \frac{km}{gal} \right]$$

Así para la batería original:

$$Dist.G = \frac{102}{1.56}$$

$$Dist.G = 65.38 \left[ \frac{Km}{gal} \right]$$

Así para la batería cilíndrica:

$$Dist.G = \frac{102}{1.34}$$

$$Dist.G = 76.11 \left[ \frac{Km}{gal} \right]$$

Una vez obtenido la distancia recorrida por cada galón consumido utilizamos la siguiente ecuación para calcular su autonomía.

$$Auto.V = Dist.G * Cons.G$$

Donde:

$$Auto.V = Autonomia dle vehiculo [ km]$$

Así para la batería original:

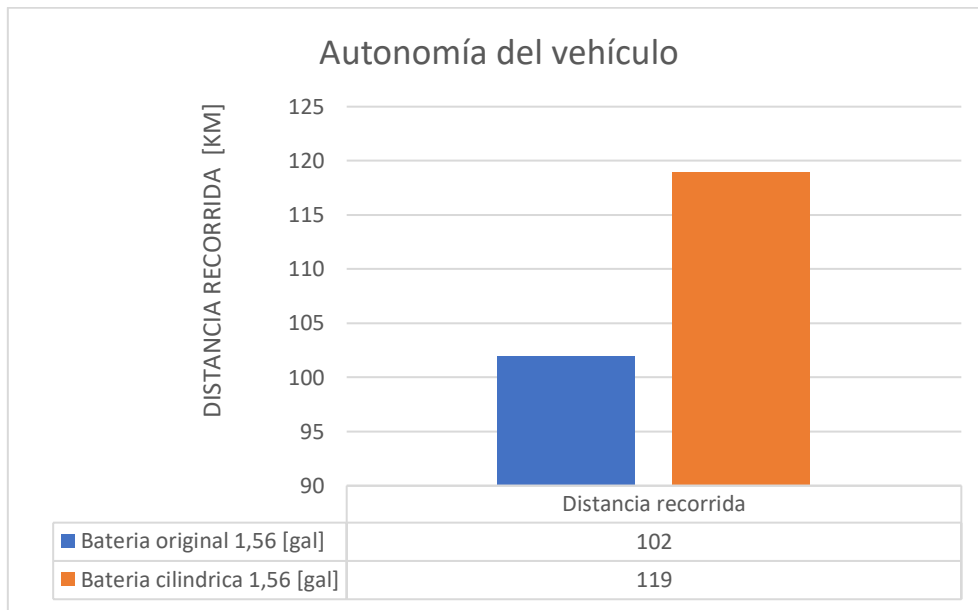
$$Auto.V = 65.38 * 1.56$$

$$Auto.V = 102[km]$$

Así para la batería cilíndrica:

$$Auto.V = 76.11 * 1.56$$

$$Auto.V = 119 [km]$$

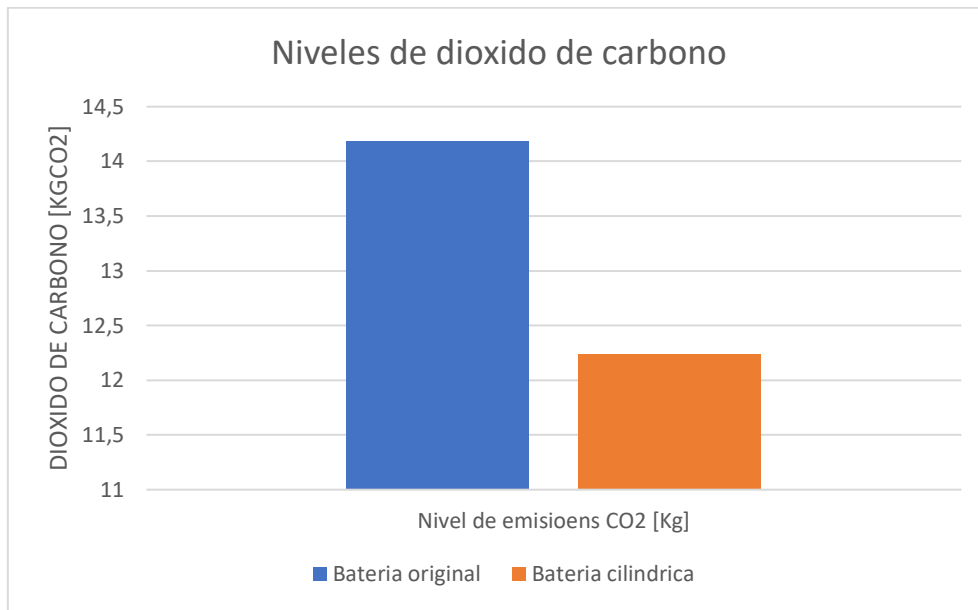


**Figura 47.** Aumento de la autonomía del vehículo híbrido.

### 5.2.5. Análisis de resultados de niveles de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) que emitió el vehículo híbrido.

(Calle Calle, 2012) Recalca que “Según la Dirección Nacional de Hidrocarburos (DNH) un vehículo emite 2,4 kg de CO<sub>2</sub> por litro de gasolina consumido” (p.53) al utilizar la batería alterna en el sistema de alta tensión del vehículo híbrido se pudo determinar que las emisiones se redujeron como muestra la figura 46.



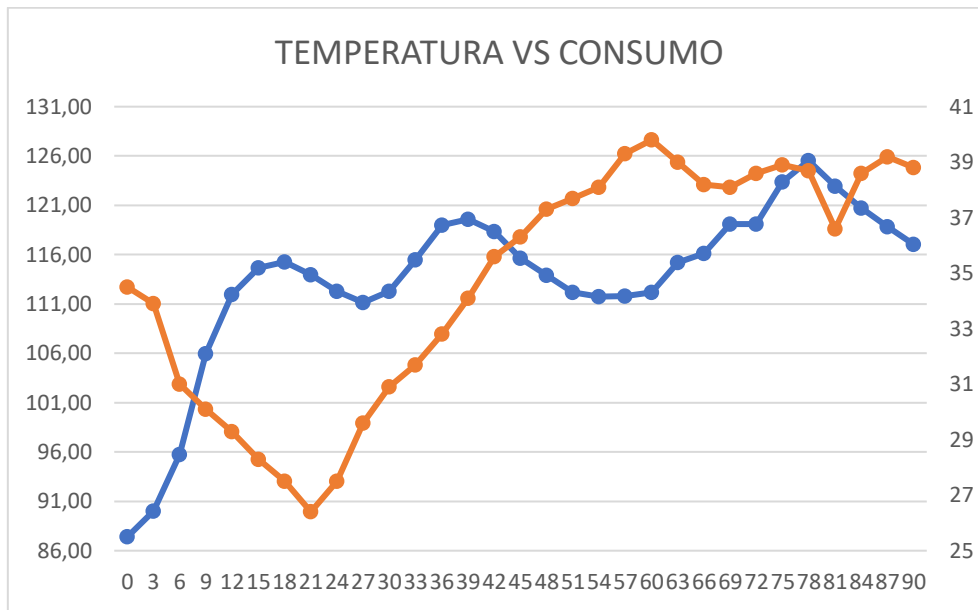


**Figura 48.** Niveles de dióxido de carbono en el vehículo híbrido

En la figura 47 se observa que los niveles de emisiones contaminantes se redujeron con la batería cilíndrica en un 14% respecto a la batería original.

#### **5.2.6. Análisis de correlación de variables entre la temperatura y el consumo de combustible durante la prueba de ruta con la batería original.**

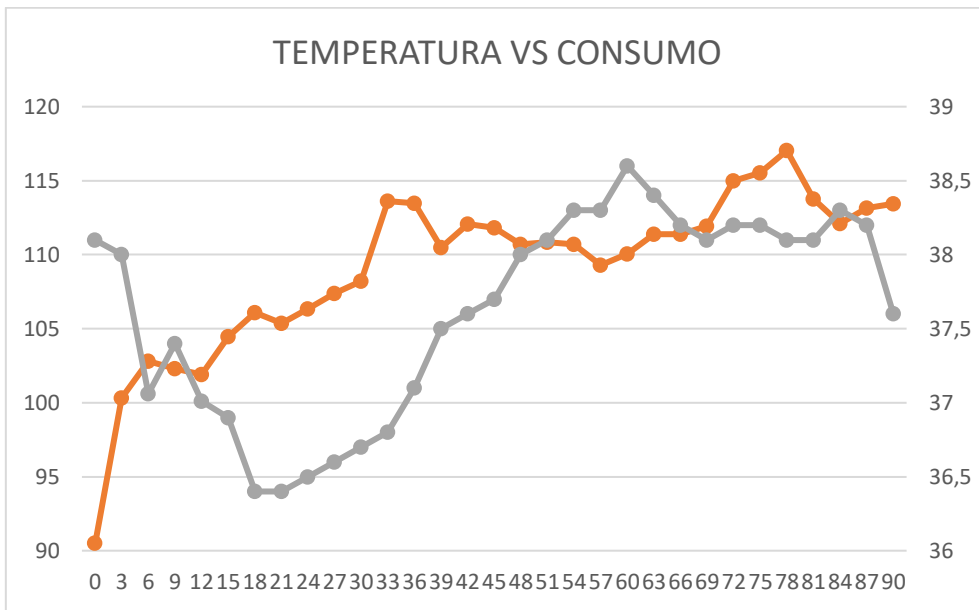
A través de la los PID s que se obtuvieron con la interfaz Mini VCI J2534 Techstream y las lecturas del consumo de combustible de la interfaz OBDLink SX EOBD se analizó la correlación entre las variables de temperatura y consumo de combustible como muestra la figura 48.



**Figura 49.** Correlación existente entre el consumo de combustible y la variación de temperatura en la batería original.

### 5.2.7. Análisis de correlación de variables entre la temperatura y el consumo de combustible durante la prueba de ruta con la batería original.

A través de los PID s que se obtuvieron con la interfaz Mini VCI J2534 Techstream y las lecturas del consumo de combustible de la interfaz OBDLink SX EOBD se analizó la correlación entre las variables de temperatura y consumo de combustible como muestra la figura 49.



**Figura 50.** Correlación entre el consumo de combustible y la variación de temperatura en la batería alterna.

## CAPÍTULO VI

### MARCO ADMINISTRATIVO

En este capítulo se presentará la información de los aspectos económicos relacionados con la ejecución del proyecto y la viabilidad de su desarrollo.

#### 6.1. Recursos del proyecto de investigación.

Para la ejecución del presente proyecto de investigación se utilizó recursos tecnológicos, humanos y económicos.

##### 6.1.1. Recursos económicos.

En la tabla 36 se muestra los gastos realizados en el proceso de importación de la batería alterna.

**Tabla 36.**

*Recursos económicos.*

EMPRESA	ÍTEM	VALOR UNITARIO	UNIDADES	VALOR TOTAL
ennopro	ec-t-series-gen3-202v	71,36	14	999,04
ennopro	ec-t-series-gen3-14.4v	75,00	2	150
ennopro	shipping cost	650,00	1	650
ennopro	paypal fee	89,95	1	89,95
liquidación senae	impuestos para desaduanar	449,64	1	450,24
fedex	tramites aduanas	129,95	1	129,95
importador	importación	50,00	1	50
<b>TOTAL</b>				<b>2519,18</b>

### 6.1.2. Recursos tecnológicos

En la tabla 37 se observa que nos hubo gastos en los recursos tecnológicos, todos los equipos de medición fueron auspiciados por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

**Tabla 37.**

*Recursos tecnológicos*

ORD.	ÍTEM	VALOR UNITARIO	UNIDADES	VALOR TOTAL
1	Interfaz Mini VCI J2534	0,00	1	0
2	Software Techstream	0,00	1	0
3	Interfaz OBDLink SX EOBD	0,00	1	0
4	Software OBD Wiz	0,00	1	0
5	Toyota Prius	0,00	1	0
			<b>TOTAL</b>	<b>0</b>

### 6.1.3. Recursos humanos

En la tabla 38 se observa los colaboradores científicos que participaron en la presente investigación.

**Tabla 38.**

*Talento humano*

David Ramírez	Investigador
Cristian Espín	Investigador
Ing. German Erazo	Colaborador científico
Ing. José Quiroz	Colaborador científico
Ing. Diego López	Colaborador científico

## CONCLUSIONES

- Se recopiló información de fuentes confiables como tesis, manuales, fichas técnicas, normas y publicaciones afines a la temática de la investigación.
- Se implementó protocolos de pruebas para analizar las características funcionales de cada batería tanto con el vehículo en movimiento como estático.
- Se analizó los flujos de datos relevantes obtenidos a través de la visualización de los PIDS con la interfaz Mini VCI J2534 y el software Techstream en los diferentes protocolos de pruebas planteados.
- Se analizó el consumo de combustible obtenido a través de la visualización del consumo con la interfaz OBD Link SX junto con el software OBD Wiz y se corroboró con la medición del display del Toyota Prius de tercera generación.
- Se analizó el estado de salud de ambas baterías en función de la corriente de carga, el SOC en el cual se activa el MCI, el SOC de desactivación del MCI y el tiempo utilizado en este proceso con el vehículo detenido, obteniendo que el tiempo de descarga de la batería alterna es mayor corroborando que se encuentra en un mejor estado de salud.
- Se analizó el estado de salud de ambas baterías en función de la temperatura y la resistencia interna con los datos obtenidos en la prueba de ruta, donde se obtuvo que la batería alterna tiene un mejor comportamiento en cuanto a una menor temperatura de operación.
- Se realizó gráficas comparativas entre los diferentes parámetros característicos de las baterías de alta tensión para identificar la correlación existente con las diferentes variables y el consumo de combustible.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar el Manual del vehículo Toyota Prius de tercera generación para evitar inconvenientes al momento de retirar la batería de alta tensión ubicada en la parte posterior.
- Al momento de instalar la batería alterna tener mucho cuidado en las conexiones para evitar cortocircuitos.
- Antes de realizar cualquier prueba con el vehículo en marcha asegurarse de que todos los otros sistemas estén trabajando de manera óptima.
- Al realizar las pruebas en el vehículo, asegurarse de que las lecturas en los equipos se encuentren seteadas antes de comenzar.
- Para la prueba en marcha del vehículo híbrido asegurarse que el nivel de combustible se encuentre completamente lleno para evitar pérdidas de información al momento de detenerlo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, C. D., & Anderson, J. (2010). *Electric and Hybrid Cars: A History* (Segunda ed.). North Carolina: McFarland & Company.
- Baldeon, G., Navas, G., Calahorrano, O., Cárdenas, P., Carrión, P., Reza, A., . . . J., R. (2017). *Anuario 2016*. AEADE.
- Barbón Núñez, A. (2018). *Análisis de ventajas e inconvenientes de las baterías de flujo redox frente a las baterías de iones de litio en aplicaciones de generación, distribución y comercialización de energía eléctrica*. Gijón: Universidad de Oviedo. Escuela Politécnica de Ingeniería de Gijón. Obtenido de <http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/48646/3/TFMAAnaBarbonRUO.pdf>
- Bosch Auto Parts. (2015). *Batería AGM™ de alto rendimiento S6*. Recuperado el 10 de Enero de 2019, de Bosch Auto Parts: <https://www.boschautoparts.com/es/auto/passenger-batteries/s6-high-performance-batteries>
- Calle Calle, F. J. (2012). *Evaluación técnica del desempeño y prestaciones del vehículo Toyota Prius III generación en la ciudad de Cuenca*. Cuenca: Universidad del Azuay. Facultad de Ciencia y Tecnología. Escuela de Ingeniería Mecánica.
- Camós, J. (20 de Mayo de 2016). *Toyota supera los 9 millones de híbridos vendidos en todo el mundo, y aspira a 15 millones en 2020*. Recuperado el 05 de Enero de 2019, de Motorpasion: <https://www.motorpasion.com/toyota/toyota-supera-los-9-millones-de-hibridos-vendidos-en-todo-el-mundo-y-aspira-a-15-millones->



en-2020

- Contreras Valenzuela, R. B. (2018). *Análisis del funcionamiento de charger research en el proceso de recarga de baterías de vehículos híbridos*. Guayaquil: Universidad Internacional del Ecuador. Facultad de Ingeniería Automotriz.
- Franshitti, M. (2017). *El efecto invernadero 4ta. Ed.* México D.F.: Prentice Hall.
- Kiehne, H. A. (2003). *Battery Technology Handbook* (Second ed.). New York: Marcel Dekker, Inc.
- K-Tronix S.A. de C.V. (2018). *Baterías NiCd*. Recuperado el 15 de Enero de 2019, de Power MX: <http://www.ktronix.com.mx/bateriasnicd.html>
- León Hinojosa, B. P., & Morales Alquinga, J. J. (2018). *Análisis de la implementación de un sistema de propulsión eléctrico para un moto tipo chopper*. Latacunga: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica. Recuperado el 13 de Julio de 2019, de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/14157/1/T-ESPEL-MAI-0631.pdf>
- Masserant, B. J., & Stuart, T. A. (July de 1997). A maximum power transfer battery charger for electric vehicles. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, 33(3), 930-938. Obtenido de <https://ieeexplore.ieee.org/document/599313/metrics>
- Ministerio del Ambiente. (2010). Plan Nacional de la Calidad de Aire. Quito. Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/libro-calidad-aire-1-final.pdf>
- Moreno, A. S., & Naranjo, L. A. (2017). *Investigación de la eficiencia energética del vehículo híbrido Toyota Prius al implementar el sistema enchufable plug in*.

Latacunga: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Departamento de Ciencias de Energía y Mecánica.

Peña Ordoñez, C. (2011). *Estudio de baterías para vehículos eléctricos*. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid. Departamento de Tecnología Electrónica. Ingeniería Técnica en Electrónica. Obtenido de [https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/11805/PFC\\_Carlos\\_Pena\\_Ordenez.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/11805/PFC_Carlos_Pena_Ordenez.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Rebello Carrillo, S. S. (2018). *Investigación de la influencia de la ecualización de packs para prolongar la vida útil de la batería de alta tensión HV del vehículo híbrido Toyota Prius tercera generación*. Latacunga: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica. Recuperado el 13 de Julio de 2019, de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/14147/T-ESPEL-MAI-0620.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Salaet Fernández, S., & Roca Jusmet, J. (Junio de 2010). Agotamiento de los combustibles fósiles y emisiones de CO<sub>2</sub>: Algunos posibles escenarios futuros de emisiones. *Revista Galega de Economía*, 19(1), 1-19. Obtenido de <https://www.redalyc.org/service/redalyc/downloadPdf/391/39113124001/1>

Soto Sepúlveda, E. (29 de Septiembre de 2017). *Baterías: la siguiente revolución de la energía*. Recuperado el 20 de Enero de 2019, de Grupo Phineal: <https://www.phineal.com/es/baterias-la-siguiente-revolucion-de-la-energia/>

Soto, J., Cantillo, V., & Arellana, J. (Septiembre de 2014). Modelación híbrida para la elección de vehículos con energías alternativas. *Interciencia*, 39(9), 666-672. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33932147009>

- Toyota Motor Corporation. (2009). *Manual de desmantelación del vehículo híbrido. Toyota Prius. Serie ZVW30*. Obtenido de Gasolina-Eléctrico Hybrid Synergy Drive: <https://docplayer.es/4646998-Gasolina-electrico-hybrid-synergy-drive.html>
- Toyota Motor Corporation. (2010). Emergency Response Guide. Toyota Highlander ERG REV B. *Hybrid 2008 Model 2nd Generation Revised (Includes 2011 Model Updates)*.
- Toyota Motor Corporation. (2011). Emergency Response Guide. Toyota Camry Hybrid ERG REV. *Hybrid 2012 Model 2nd Generation*.
- Toyota Motor Corporation. (2012). Manual de Desguace del Vehículo Híbrido. Lexus GS 450h. Serie GWL10. *Sistema Hybrid Drive eléctrico/de gasolina*.
- Toyota Motor Corporation. (2012). Manual de desguace del vehículo híbrido. Toyota Yaris. Serie NHP130. *Sistema Hybrid Synergy Drive eléctrico/de gasolina*.
- Viera Pérez, J. C. (2003). *Carga rápida de baterías de NiCd y Ni-MH de media y gran capacidad. Análisis, síntesis y comparación de nuevos métodos*. Gijón: Universidad de Oviedo. Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica, de Computadores y Sistemas. Obtenido de <https://www.tdx.cat/handle/10803/11142>

# **ANEXOS**



## DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

### CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

#### CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por el señor, RAMÍREZ NAVARRETE, DAVID ALFONSO.

En la ciudad de Latacunga a los 11 del mes de Julio de 2019.

Aprobado por

Ing. German Erazo.  
DIRECTOR DEL PROYECTO



Ing. Danilo Zambrano.  
DIRECTOR DE LA CARRERA



Dr. Darwin Albán Yáñez  
SECRETARIO ACADÉMICO.