



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 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"**

AUTOR: SEBASTIAN SANTIAGO REBELO CARRILO

DIRECTOR: ING. GERMÁN ERAZO

LATACUNGA

2018



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“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”** realizado por el señor **SEBASTIAN SANTIAGO REBELO CARRILLO**, ha sido revisado en su totalidad y analizado por el software anti-plagio, el mismo cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, por lo tanto me permito acreditarlo y autorizar al señor **SEBASTIAN SANTIAGO REBELO CARRILLO** para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 15 de febrero del 2018

ING. WASHINGTON GERMÁN ERAZO VALVERDE
CI: 0501432637
DIRECTOR DEL PROYECTO



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

YO, **SEBASTIAN SANTIAGO REBELO CARRILLO**, con cédula de identidad N° 172569473-9, declaro que este trabajo de titulación "**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**" ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existentes, así como también se ha respetado los derechos intelectuales de terceros considerándose en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que este trabajo es de mi autoría, en virtud de ello me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación mencionada.

Latacunga, febrero 15 del 2018

SEBASTIAN SANTIAGO REBELO CARRILLO
CI: 1725694739



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

YO, **SEBASTIAN SANTIAGO REBELO CARRILLO**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar en el repositorio de la institución el presente trabajo de titulación **“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”** cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra autoría y responsabilidad.

Latacunga, febrero 15 del 2018

SEBASTIAN SANTIAGO REBELO CARRILLO
Ci: 1725694739

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico LUZ MARIA CARRILLO Y SANTIAGO REBELO mis padres quienes son la guía de mi sendero, siempre depositaron su apoyo y confianza en cada momento difícil de mi vida siendo los autores directos para alcanzar esta meta anhelada, para ustedes mi homenaje.

A mi hermano Gabriel (+) por todos sus consejos y ser mi ejemplo de vida, así como a mi hermana a Angie (+) por enseñarme el valor de la sencillez y humildad y siempre estar pendiente de mí en todo momento, sé que me ayudaron en todo este tiempo que duro la investigación.

Al resto de mi familia y amigos que siempre me alientan para continuar adelante así como también a Vanessa y su familia quien pese a todos los problemas siempre se preocupó por que culminara esta meta.

Para ellos esta dedicatoria, ya que por su gran apoyo y respaldo incondicional he logrado culminar satisfactoriamente esta etapa de mi vida.

Sebastian Santiago Rebelo Carrillo

AGRADECIMIENTO

Por todas las bendiciones que he recibido durante el trajín del desarrollo de la investigación y la oportunidad de seguir creciendo en mi vida personal como profesional quiero agradecer a Dios.

Al personal Directivo, Docente y Administrativo de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, en especial al Ing. Germán Erazo que con sus consejos y su sabiduría guio la investigación y que desinteresadamente me brindo su conocimiento, amistad y ayuda en el desarrollo de este trabajo.

A toda mi familia que siempre está presente y es mi apoyo en los momentos de dificultad demostrando que la unión hace la fuerza y que juntos podemos superar cualquier conflicto, en especial a mi tío Arturo y su familia que ayudaron a la pronta recuperación de mi hermano Byron y así permitir que pueda concentrarme en mi trabajo.

A mis amigos por su muestra de afecto, interés y predisposición para ayudar en lo que se presente.

Sebastian Santiago Rebelo Carrillo

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|--------------|
| CERTIFICACIÓN | ii |
| AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD | iii |
| AUTORIZACIÓN | iv |
| DEDICATORIA | v |
| AGRADECIMIENTO | vi |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS | vii |
| ÍNDICE DE TABLAS | xi |
| ÍNDICE DE FIGURAS | xiii |
| ÍNDICE DE ECUACIONES | xviii |
| RESUMEN | xix |
| ABSTRACT | xx |

CAPÍTULO I

| | |
|--|----------|
| 1. GENERALIDADES | 1 |
| 1.1 Antecedentes..... | 1 |
| 1.2 Contextualización (macro, meso y micro)..... | 2 |
| 1.3 Análisis crítico..... | 3 |
| 1.3.1. Prognosis..... | 4 |
| 1.3.2. Control de la prognosis..... | 4 |
| 1.3.3 Delimitación (temporal, espacial y contenido)..... | 5 |
| 1.4. Planteamiento del problema..... | 5 |
| 1.5 Descripción resumida del proyecto..... | 6 |
| 1.6 Justificación e Importancia..... | 8 |
| 1.7 Objetivos..... | 8 |
| 1.7.1 Objetivo general..... | 8 |
| 1.7.2 Objetivos específicos..... | 9 |
| 1.7.3. Campo de acción..... | 9 |
| 1.8. Metas..... | 9 |
| 1.9. Hipótesis..... | 10 |
| 1.10 Variables de la investigación..... | 10 |
| 1.11 Metodología para el desarrollo de la investigación..... | 11 |
| 1.12 Diseño de la investigación..... | 11 |
| 1.13 Modalidad de la investigación..... | 12 |

| | | |
|------|-----------------------------------|----|
| 1.14 | Métodos y técnicas empleadas..... | 12 |
|------|-----------------------------------|----|

CAPÍTULO II

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 2. | MARCO TEÓRICO | 16 |
| 2.1. | Auto híbrido..... | 16 |
| 2.2 | Tren de transmisión híbrido | 17 |
| 2.3 | Arquitecturas de potencia de vehículos híbridos..... | 18 |
| 2.4 | Comparación de arquitecturas | 23 |
| 2.5 | Modos de arquitectura disponibles en Toyota Prius | 23 |
| 2.6 | Componentes del sistema híbrido..... | 31 |
| 2.6.1 | Motor térmico | 32 |
| 2.6.2 | Tren de impulsión | 33 |
| 2.6.3 | Inversor | 34 |
| 2.6.4 | Batería de alta tensión | 36 |
| 2.6.5 | Sistema de refrigeración | 41 |
| 2.6.6 | Jumper de Seguridad..... | 42 |
| 2.7 | Níquel hidruro metálico (NiMH)..... | 46 |
| 2.8 | Ventajas y desventajas de batería Ni-MH | 47 |
| 2.8.1 | Baterías de li-ion | 48 |
| 2.9 | Comparación baterías de alta tensión | 50 |
| 2.10 | Ecuaciones batería híbrida | 50 |
| 2.10.1 | Voltaje | 51 |
| 2.10.2 | Potencia entregada..... | 52 |
| 2.11 | Códigos de avería batería híbrida (DTC) | 54 |

CAPÍTULO III

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 3. | METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE INVESTIGACIÓN .. | 58 |
| 3.1 | Equipos | 58 |
| 3.1.1 | Escáner Techstream..... | 58 |
| 3.1.2 | Termómetro laser..... | 60 |
| 3.1.3 | OTC Osciloscopio Automotriz | 61 |
| 3.1.4 | Banco de pruebas para batería de Toyota Prius..... | 62 |
| 3.2 | Software y programas | 63 |
| 3.2.1 | Vascón Abr. | 64 |
| 3.2.2 | Proteus 8.1..... | 65 |
| 3.3 | Diseño y construcción del módulo | 66 |

| | | |
|-------|---------------------------------|----|
| 3.3.1 | Requerimientos del módulo | 67 |
| 3.3.2 | Bloques | 68 |
| 3.4 | Armado de módulo..... | 74 |
| 3.4.1 | Diseño del circuito..... | 76 |
| 3.4.2 | Armado | 79 |
| 3.5 | Funcionamiento | 80 |
| 3.6 | Interfaz gráfica | 83 |
| 3.6.1 | LabVIEW..... | 83 |
| 3.6.2 | Hoja de datos..... | 86 |
| 3.2.3 | Diseño exterior..... | 87 |

CAPÍTULO IV

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 4. | PRUEBAS Y MEDICIONES | 90 |
| 4.1 | Técnicas de recolección de datos | 90 |
| 4.2 | Verificación y análisis de la batería..... | 91 |
| 4.2.1 | Análisis de batería en buen estado..... | 93 |
| 4.2.2 | Estado de salud de batería en buen estado..... | 95 |
| 4.2.3 | Estado físico de batería en buen estado..... | 96 |
| 4.2.4 | Análisis batería en mal estado | 97 |
| 4.2.5 | Estado de salud de batería en mal estado..... | 98 |
| 4.2.6 | Estado físico batería en mal estado | 99 |
| 4.3 | Análisis comparativo | 101 |
| 4.3.1 | Comparación de tensión | 102 |
| 4.3.2 | Comparación de temperatura | 103 |
| 4.3.3 | Comparación de voltaje de cada uno de los packs..... | 103 |
| 4.3.4 | Comparación de corriente entre baterías en buen estado | 104 |
| 4.3.5 | Comparación de estado de vida | 105 |
| 4.4 | Protocolo de mantenimiento | 106 |
| 4.4.1 | Descontaminación de elementos de batería híbrida | 106 |
| 4.4.2 | Rotación de pack de batería de alta tensión | 110 |
| 4.4.3 | Ecualización..... | 112 |
| 4.5 | Reacondicionamiento y ecualización de la batería | 113 |
| 4.5.1 | Procedimientos de carga y descarga..... | 114 |
| 4.5.2 | Análisis de carga..... | 114 |
| 4.5.3 | Análisis de descarga..... | 119 |
| 4.6 | Ciclaje | 122 |

| | | |
|--------|---|-----|
| 4.6.1 | Ciclo 1 | 123 |
| 4.6.2 | Ciclo 2..... | 128 |
| 4.6.3 | Ciclo 3..... | 133 |
| 4.7 | Reemplazo de celdas | 139 |
| 4.8 | Balanceo de carga..... | 141 |
| 4.9 | Ecualización..... | 143 |
| 4.10 | Prueba final en el vehículo..... | 143 |
| 4.11 | Como para prolongar la vida útil de la batería del auto Toyota..... | 145 |
| 4.11.1 | Consejos de manejo | 145 |

CAPÍTULO 5

| | | |
|------------|--|------------|
| 5.1 | MARCO ADMINISTRATIVO..... | 148 |
| 5.2 | Factibilidad de la investigación | 148 |
| 5.3 | Talento humano | 148 |
| 5.4 | Recursos financieros | 149 |
| 5.6 | Cronograma | 151 |

CAPÍTULO VI

| | | |
|-----|-----------------------|-----|
| 6.1 | Conclusiones | 152 |
| 6.2 | Recomendaciones | 153 |

| | |
|---|------------|
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 155 |
|---|------------|

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Venta de autos híbridos ecuador 2010-2014 | 3 |
| Tabla 2: Ecuación de packs de batería de alta tensión hv | 10 |
| Tabla 3: Vida útil de baterías HV de tercera generación..... | 10 |
| Tabla 4: Metodologías | 14 |
| Tabla 5: Ventajas y desventajas configuración en serie | 19 |
| Tabla 6: Ventajas y desventajas configuración en paralelo | 21 |
| Tabla 7: Ventajas y desventajas configuración mixta | 22 |
| Tabla 8: Comparación de arquitecturas | 23 |
| Tabla 9: Especificaciones técnicas motogeneradores | 34 |
| Tabla 10: Especificaciones técnicas motogeneradores | 38 |
| Tabla 11: Ventajas y desventajas de batería Ni-MH | 47 |
| Tabla 12: Ventajas y desventajas de batería Li-ion | 49 |
| Tabla 13: Comparación tipos de batería de vehículos híbridos | 50 |
| Tabla 14: DTC P300 HV avería | 54 |
| Tabla 15: DTC P3004 | 55 |
| Tabla 16: DTC P0A80..... | 55 |
| Tabla 17: Especificaciones Techstream | 60 |
| Tabla 18: Sensor infrarrojo | 61 |
| Tabla 19: Osciloscopio OTC | 62 |
| Tabla 20: Especificaciones del banco de pruebas | 63 |
| Tabla 21: Parámetros atmega328..... | 71 |
| Tabla 21 Características LM2596..... | 75 |
| Tabla 22: Especificaciones LM358 | 73 |
| Tabla 23: Capacitores..... | 76 |
| Tabla 24: Resistencias..... | 77 |
| Tabla 25: Circuitos integrados | 77 |
| Tabla 26: Transistor | 77 |
| Tabla 27: Diodos..... | 77 |
| Tabla 28: Parámetros batería híbrida en buen estado..... | 94 |
| Tabla 29: Temperatura batería en buen estado..... | 96 |
| Tabla 30: Parámetros batería híbrida en Mal estado | 97 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 31: Temperatura batería en mal estado..... | 101 |
| Tabla 32: Estado de batería..... | 110 |
| Tabla 33: Ciclo 1 | 123 |
| Tabla 34: Ciclo 2 | 129 |
| Tabla 35: Ciclo 3 | 134 |
| Tabla 36: Gastos materiales | 149 |
| Tabla 37: Equipos de protección personal..... | 150 |
| Tabla 38: Recursos tecnológicos | 150 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|------------|--|----|
| Figura 1 | Árbol de problemas..... | 6 |
| Figura 2: | Tren de potencia..... | 17 |
| Figura 3: | Configuración en serie..... | 19 |
| Figura 4: | Diagrama en serie..... | 19 |
| Figura 5: | Configuración en paralelo..... | 20 |
| Figura 6: | Diagrama de tren de potencia en paralelo..... | 21 |
| Figura 7: | Configuración mixta..... | 22 |
| Figura 8: | Diagrama de tren de potencia mixta..... | 22 |
| Figura 9: | Botones de arquitectura Prius..... | 23 |
| Figura 10: | Modo EV..... | 24 |
| Figura 11: | Modo ECO..... | 24 |
| Figura 12: | Modo POWER..... | 24 |
| Figura 13: | Diagrama modo eléctrico..... | 25 |
| Figura 14: | Esquema modo eléctrico..... | 25 |
| Figura 15: | Diagrama carga de regeneración..... | 26 |
| Figura 16: | Esquema carga de regeneración..... | 26 |
| Figura 17: | Esquema motor con impulsión del motor..... | 27 |
| Figura 18: | Diagrama motor más carga..... | 28 |
| Figura 19: | Esquema motor más carga..... | 28 |
| Figura 20: | Impulsión del motor más la carga..... | 29 |
| Figura 21: | Esquema Impulsión del motor más la carga..... | 29 |
| Figura 22: | Potencia total o reducción gradual..... | 30 |
| Figura 23: | Esquema potencia total o reducción gradual..... | 30 |
| Figura 24: | Diagrama carga de arranque o calentamiento de motor..... | 31 |
| Figura 25: | Esquema carga de arranque o calentamiento de motor..... | 31 |
| Figura 26: | Diagrama ciclo Atkinson..... | 32 |
| Figura 27: | Moto generadores Toyota Prius..... | 33 |
| Figura 28: | Inversor..... | 36 |
| Figura 29: | Ubicación del inversor..... | 36 |
| Figura 30: | Batería HV Toyota Prius..... | 37 |
| Figura 31: | Batería HV Toyota Prius..... | 37 |

| | |
|---|----|
| Figura 32: Ubicación batería híbrida | 38 |
| Figura 33: Partes principales de batería híbrida | 39 |
| Figura 34: Ubicación sensores de temperatura | 39 |
| Figura 35: Celdas batería HV Toyota Prius | 40 |
| Figura 36: Relays batería HV Toyota Prius..... | 40 |
| Figura 37: Circuito de relays batería HV Toyota Prius | 41 |
| Figura 38: Conductos de refrigeración..... | 42 |
| Figura 39: Circuito eléctrico de refrigeración | 42 |
| Figura 40: Jumper de seguridad Toyota | 43 |
| Figura 41: Ecu de batería HV Toyota Prius | 43 |
| Figura 42: Placa ECU híbrida | 44 |
| Figura 43: Diagrama de ecu híbrida..... | 44 |
| Figura 44: Voltaje- capacidad de batería Ni-MH | 48 |
| Figura 45: Batería de iones de litio | 48 |
| Figura 46: voltaje- capacidad de batería li-ion | 49 |
| Figura 47: Portada Techstream | 59 |
| Figura 48: Opciones Techstream..... | 59 |
| Figura 49: Valores de la batería..... | 60 |
| Figura 50: Termómetro laser..... | 61 |
| Figura 51: Osciloscopio Automotriz | 62 |
| Figura 52: Banco de pruebas..... | 63 |
| Figura 53: Portada Bascom Avr | 64 |
| Figura 54: Portada Proteus 8.1 | 65 |
| Figura 55: Esquema Proteus | 65 |
| Figura 56: Circuito Proteus | 66 |
| Figura 57: Circuito LM2596..... | 69 |
| Figura 58: Microcontrolador 328P..... | 70 |
| Figura 59: Resistencia Shunt..... | 72 |
| Figura 60: LM358..... | 73 |
| Figura 61: Armado controlador de carga | 75 |
| Figura 62: Armado fuente | 75 |
| Figura 63: Circuito de la placa | 76 |
| Figura 64: Circuito final | 78 |

| | |
|---|-----|
| Figura 65: Circuito impreso en placa | 79 |
| Figura 66: Instalación de componentes en la placa | 80 |
| Figura 67: Elementos de carga | 80 |
| Figura 68: Elementos control de carga | 81 |
| Figura 69: Elementos de censado de corriente..... | 81 |
| Figura 70: Control de voltaje..... | 82 |
| Figura 71: Censado de carga y descarga | 82 |
| Figura 72: Circuito de descarga de la batería | 83 |
| Figura 73: Pastes interfaz gráfica. | 84 |
| Figura 74: Interfaz final | 85 |
| Figura 75: Diagrama de carga | 85 |
| Figura 76: Diagrama de descarga..... | 86 |
| Figura 77: Hoja de datos Excel..... | 86 |
| Figura 78: Estructura acrílica | 87 |
| Figura 79: Módulo parte superior..... | 88 |
| Figura 80: Módulo encendido..... | 88 |
| Figura 81: Conexión de módulo..... | 89 |
| Figura 82: Sub-código Toyota Prius 3G..... | 91 |
| Figura 83: Batería en buen estado..... | 92 |
| Figura 84: Marcado de batería..... | 93 |
| Figura 85: Celda en buen estado..... | 96 |
| Figura 86: Celdas en mal estado | 99 |
| Figura 87: Celda estallada..... | 99 |
| Figura 88: Batería estallada..... | 100 |
| Figura 89: Bornes completos de la batería | 100 |
| Figura 90: Bornes sulfatados | 101 |
| Figura 91: Comparación de Voltajes..... | 102 |
| Figura 92: Comparación de temperatura | 103 |
| Figura 93: Comparación de voltaje | 103 |
| Figura 94: Capacidad de corriente (kW) | 105 |
| Figura 95: Comparación de estado de vida | 105 |
| Figura 96: Borne corroído | 107 |
| Figura 97: Limpia contactos 3M..... | 108 |

| | |
|---|-----|
| Figura 98: Máquina de ultrasonido..... | 108 |
| Figura 99: Contactos y tuercas limpios | 109 |
| Figura 100: Contactos limpios..... | 109 |
| Figura 101: Ventilador de batería..... | 109 |
| Figura 102: Batería con celdas cambiadas | 111 |
| Figura 103: Rotación de celdas en batería | 112 |
| Figura 104: Carga de batería | 112 |
| Figura 105: Balanceo de carga | 113 |
| Figura 106: Interfaz gráfica voltaje | 115 |
| Figura 107: Interfaz de carga | 115 |
| Figura 108: Interfaz carga y corriente | 116 |
| Figura 109: Interfaz de carga voltaje y corriente constante | 116 |
| Figura 110: Interfaz apagada | 117 |
| Figura 111: Carga voltaje vs tiempo | 117 |
| Figura 112: Carga corriente vs tiempo..... | 118 |
| Figura 113: Carga temperatura vs tiempo | 118 |
| Figura 114: Interfaz de descarga | 119 |
| Figura 115: Interfaz descarga voltaje y corriente | 120 |
| Figura 116: Interfaz de descarga apagada | 120 |
| Figura 117: Descarga voltaje vs tiempo..... | 121 |
| Figura 118: Descarga corriente vs tiempo | 121 |
| Figura 119: Descarga temperatura vs tiempo | 122 |
| Figura 120: Banco de pruebas de ciclaje..... | 122 |
| Figura 121: Voltaje de packs en ciclo 1 completo | 124 |
| Figura 122: Ciclo 1 - 0 minutos de descarga | 124 |
| Figura 123: Ciclo 1 - 5 minutos de descarga | 125 |
| Figura 124: Ciclo 1 - 10 minutos de descarga | 125 |
| Figura 125: Ciclo 1-15 minutos de descarga | 126 |
| Figura 126: Ciclo 1- 0 minutos comienza la carga | 126 |
| Figura 127: Ciclo 1- 5 minutos de carga | 127 |
| Figura 128: Ciclo 1 - 10 minutos de carga | 127 |
| Figura 129: Ciclo 1- 15 minutos de carga | 128 |
| Figura 130: Voltaje packs Ciclo2 completo | 129 |

| | |
|---|-----|
| Figura 131: Ciclo 2- 0 Minutos comienza descarga | 130 |
| Figura 132: Ciclo 2- 5 minutos de descarga | 130 |
| Figura 133: Ciclo 2 - 10 minutos de descarga | 131 |
| Figura 134: Ciclo 2 - 15 minutos termina descarga..... | 131 |
| Figura 135: Ciclo 2 - 0 minutos comienza carga..... | 132 |
| Figura 136: Ciclo 2 - 5 minutos carga | 132 |
| Figura 137: Ciclo 2 - 10 minutos. | 133 |
| Figura 138: Ciclo 2 - 15 minutos termina la carga..... | 133 |
| Figura 139: Ciclo 3-0 minutos comienza descarga | 135 |
| Figura 140: Ciclo 3 - 5 minutos descarga | 135 |
| Figura 141: Ciclo 3 - 10 minutos descarga | 136 |
| Figura 142: Ciclo 3 - 15 minutos termina descarga..... | 136 |
| Figura 143: Ciclo 3 - 0 minutos comienza carga | 137 |
| Figura 144: Ciclo 3 - 5 minutos de carga | 137 |
| Figura 145: Ciclo 3 - 10 minutos de carga | 138 |
| Figura 146: Ciclo 3 - 15 minutos termina la carga..... | 138 |
| Figura 147: Celdas para reemplazar..... | 139 |
| Figura 148: Batería con celdas reemplazadas..... | 140 |
| Figura 149: Batería armada con celdas en buen estado | 140 |
| Figura 150: Balanceo de batería..... | 141 |
| Figura 151: Proceso químico de balanceo..... | 141 |
| Figura 152: Comparación antes y después de la nivelación..... | 142 |
| Figura 153: Datos de batería en el vehículo | 143 |
| Figura 154: Estado de vida | 144 |
| Figura 155: Panel de Toyota Prius..... | 145 |
| Figura 156: Pedal de freno Toyota Prius | 146 |
| Figura 157: Palanca Toyota Prius..... | 146 |
| Figura 158: Tablero de climatización Toyota Prius | 147 |
| Figura 159: Rejilla de ventilación | 147 |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|---|----|
| Ecuación 1: Ánodo Electrodo negativo (Electrooxidación)..... | 46 |
| Ecuación 2: Ánodo Electrodo positivo (Electrooxidación) | 46 |
| Ecuación 3: Formación de O ₂ | 47 |
| Ecuación 4: Número de packs | 50 |
| Ecuación 5: Voltaje Nominal. | 51 |
| Ecuación 6: Voltaje total de las baterías híbridas | 51 |
| Ecuación 7: Potencia de batería de Prius tercera generación | 52 |
| Ecuación 8: Capacidad de potencia de batería | 52 |
| Ecuación 9: Estado de vida de la batería..... | 53 |
| Ecuación 10: Capacidad estimada..... | 53 |
| Ecuación 11: Variación del SOC..... | 54 |

RESUMEN

El proyecto se enfocó en la recopilación de información teórica como práctica, para determinar procedimientos para extender la vida útil de la batería de los vehículos híbridos Toyota Prius tercera generación, los procesos se dividieron en dos los cuales fueron mantenimiento preventivo como correctivo estos procesos se aplicaron a diferentes baterías dependiendo su estado para compararlas entre si y determinar que batería está en óptimas condiciones para el proceso ecualización. El proceso de ecualización debe ser realizado en forma periódica, bajo inspección del usuario y siguiendo los cuidados técnicos, además en el proyecto se determinaron métodos y ensayos específicos para cada batería logrando así reacondicionarla para prolongar la vida útil de las mismas aprovechando al máximo su potencial, Se realizaron diferentes pruebas para determinar los parámetros característicos (voltaje, estado de vida, SOC, amperaje, temperatura) de la batería de alta tensión del auto Toyota Prius de tercera generación. Se tabuló los datos obtenidos para generar un registro de las variaciones de los parámetros característicos. En la investigación se logró identificar las condiciones por las cuales en nuestro país las baterías de los vehículos híbridos se desgastan en menor tiempo que en el resto de países. Se justificó los resultados de una forma técnica y científicamente con el uso de la matematización y se realizó un protocolo de pruebas y análisis para diagnosticar baterías de autos.

PALABRAS CLAVE:

- **AUTOMÓVILES - BATERÍAS**
- **AUTOMÓVIL TOYOTA PRIUS**
- **VEHÍCULOS HÍBRIDOS**

ABSTRACT

The project focused on the collection of theoretical information as a practice which was the basis for determining procedures to extend the battery life of Toyota Prius third generation hybrid vehicles, the processes were divided into two which were preventive maintenance as a corrective. These processes were applied to different batteries depending on their condition and were intended to equalize the battery. The equalization process must be carried out periodically, under the user's supervision and following certain precautions. You will find methods and technical tests with which it was possible to make the useful life of the batteries last much longer while making the most of their potential, in addition, to identify the conditions by which in our country the batteries of the hybrid vehicles wear out in shorter time than in the other countries. The different tests were carried out to determine the characteristic parameters (voltage, state of life, SOC, amperage, temperature) of the high-voltage battery of the third-generation Toyota Prius. The data obtained is tabulated to generate a record of the variations of the characteristic parameters. The results were justified technically and scientifically with the use of mathematization and a test and analysis protocol will be made to diagnose car batteries.

KEYWORDS:

- **Automóviles - batteries**
- **Toyota prius**
- **Hybrid vehicles**

PRESENTACIÓN

La investigación se conformó de cinco capítulos los cuales abarcaron cada uno de los procesos en donde fueron desarrollados paso a paso mediante la investigación.

En el primer capítulo detallo los antecedentes y el problema a investigar, partiendo de una base teórica y práctica la cual ayudo a establecer una justificación e importancia del tema, lo cual determino una metodología de desarrollo del tema investigativo, se centró en determinar nuevos métodos y ensayos para prolongar la vida útil de las baterías del Toyota Prius tercera generación.

El segundo capítulo hizo énfasis en la constitución del vehículo híbrido principalmente en la batería del sistema híbrido, tanto como sus diferentes partes como su composición química, además de las ecuaciones que determinan el estado de la misma.

El tercer capítulo realizó una descripción del diseño y construcción del módulo que ayudó a llevar a cabo el protocolo de pruebas para la batería de alta tensión del vehículo Prius tercera generación, además se detalló los equipos, programas y herramientas usados y en que ayudaron al desarrollo de la investigación.

Los cuartos capítulos se realizaron principalmente pruebas y mediciones de la batería de alta tensión del sistema híbrido tomando en cuenta múltiples fuentes, basándome fundamentalmente en datos suministrados por el nuevo e innovador módulo de carga y descarga de la batería de alta tensión, así como también en el banco de prueba, con la recolección de datos.

Para el capítulo quinto describió la forma como el proyecto consiguió llevar a cabo la parte administrativa de manera eficiente y económica, se

hizo gran énfasis en el manejo de los diferentes recursos, para lograr el objetivo primordial el cual es culminar el proyecto y llegar a las metas propuestas

CAPÍTULO I

En este capítulo se detalló los antecedentes y el problema a investigar, partiendo de una base teórica y práctica la cual ayudó a establecer una justificación e importancia del tema, para tener una metodología de desarrollo del tema de investigación, la cual se centró en determinar nuevos métodos y ensayos para prolongar la vida útil de las baterías del Toyota Prius tercera generación

1. GENERALIDADES

En este capítulo se determinó la metodología para el desarrollo de la investigación, así como también la causa y el desarrollo del problema del tema de investigación logrando así describir un proceso con el cual se realizó la investigación.

1.1 Antecedentes

En el transcurso de los años el área automotriz ha estado en constante evolución, se ha ido implementado nuevos sistemas, los cuales han avanzado mucho sobre todo en el objetivo principal de disminuir la contaminación ambiental, además es importante resaltar que día a día se crean nueva fuente de energía basados en recursos no renovables.

Según (Orozco, 2016), "Hoy en día se cuenta con una alternativa más viable, mucho más ecológica, que son los vehículos híbridos, en su tiempo fue un gran avance tecnológico, los vehículos convencionales que funcionan a gasolina o a diésel, vehículos que aprovechan de mejor manera la energía os cuales funcionan por medio de energía eléctrica y por medio de motores

de combustión interna, lo cual es muy importante ya que une los beneficios de los dos sistemas.

Esto hizo que los autos híbridos tengan mayor acogida en el mercado de Ecuador que gracias a la eliminación de los aranceles para estos autos por parte del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER) en junio del 2009 entraron masivamente los vehículos híbridos al país, esto hizo que sean más accesibles a las personas disminuyendo considerablemente el valor.”

Según los datos de la corporación (Toyota , 2016) “Estos vehículos en su gran parte cuentan con baterías de alta tensión de 28 módulos de hidruro metálico de níquel cada celda contiene seis células 1.2-voltios conectadas en serie para producir una tensión nominal de 201,6V que con ayuda de un motor de combustión interna de ciclo Atkinson de 1.8L genera una potencia 134 Hp. Estos vehículos tienen una vida útil de la batería de 120 mil kilómetros aproximadamente según la marca japonesa Toyota, pero en Ecuador, la vida útil de la batería de alta tensión es mucho menor, llegando a haber cambios de batería desde los 60 mil kilómetros. Partiendo de esta información, se podría decir que un buen mantenimiento y/o reparación de baterías de alta tensión, son parte fundamental para garantizar prolongar la vida útil, es por esto que se decidió realizar esta investigación para evaluar el impacto de la influencia de la ecualización de packs de batería de alta tensión HV del vehículo híbrido Toyota Prius tercera generación, en la prolongación de la vida útil”.

1.2 Contextualización (macro, meso y micro)

En el ámbito mundial el desarrollo de nuevas tecnologías en el sector automotriz, se centra en la reducción de gases contaminantes que se envían a la atmósfera por medio de la combustión de gasolina o diésel.

los vehículos híbridos los cuales por sus propiedades y por sus ventajas son los que han llegado más lejos en su comercialización, gracias a la producción en masa lo que da una reducción significativa de costo de los vehículos híbridos, además el compromiso del Gobierno Nacional que permiten la entrada de vehículos de este tipo una disminución importante del impuesto, lo que permite reducir el precio en el mercado, además de ser una solución real para disminuir las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera y de esta forma evitar el calentamiento global.

Actualmente los vehículos híbridos, los cuales llegaron al país en forma masificada en el año 2009, llevo a que Ecuador sea un país pionero en Latinoamérica, en la comercialización de vehículos amigables con el medio ambiente como se pudo observar en las estadísticas entregadas por la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE, 2014) en la cual se puede observar la cantidad de vehículos híbridos que se han comercializado en el Ecuador.

Tabla 1

Venta de autos híbridos ecuador 2010-2014

| Marca | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 |
|---------------|-------|-------|-------|------|-------|
| Toyota | 1,840 | 557 | 1,352 | 417 | 328 |
| Hyundai | - | - | - | - | 588 |
| Kia | - | - | - | - | 109 |
| Ford | 1,056 | 1,034 | 3 | 33 | 0 |
| Chevrolet | 711 | 328 | 3 | 1 | 0 |
| Lexus | 500 | 59 | 2 | 6 | 0 |
| BMW | 154 | 82 | 5 | 0 | 31 |
| Mercedes Benz | 86 | 78 | 0 | 0 | 2 |
| Porsche | 54 | 111 | 25 | 1 | 10 |
| GMC | 53 | 13 | 3 | 0 | 0 |
| Otras | 55 | 68 | 7 | 63 | 0 |
| Total | 4,509 | 2,330 | 1,400 | 521 | 1,068 |

1.3 Análisis crítico

Como consecuencia de la entrada al Ecuador de gran cantidad de vehículos híbridos sin tener el personal capacitado y las herramientas

adecuadas para solventar problemas o averías que presentan estos vehículos debido a un mal manejo o mala calidad de materiales o falta de mantenimiento generó un estigma de un mantenimiento o reparación de costos muy elevados.

En Ecuador la marca con mayor cantidad de vehículos híbridos vendidos es Toyota, por esta razón se ha encontrado varios problemas y deficiencias en el mantenimiento y la reparación que se realiza a estos vehículos, por lo cual cada vez son más los propietarios que no se encuentran satisfechos por la falta de personal capacitado y calificado para la reparación de los vehículos híbridos, además el deficiente mantenimiento que se realiza a estos, el cual genera una reducción de la garantía de estos vehículos.

1.3.1. Prognosis.

La falta de información, capacitación y conocimiento sobre las nuevas tecnologías en el campo automotriz como la híbrida o eléctrica genera un gran obstáculo para la globalización de estos vehículos. Lo que lleva a las personas que quieran adquirir estos vehículos a que tengan temor en cuestión del gran costo de sus mantenimientos o reparación

1.3.2. Control de la prognosis.

Los vehículos híbridos son parte del futuro, el ingeniero automotriz tiene que ir a la par con nuevas tecnologías que van en beneficio del medio ambiente como estas con capacitación, información y práctica que ayuden a solucionar cualquier problema o averías que presenten estos vehículos.

1.3.3 Delimitación (temporal, espacial y contenido).

El desarrollo de nuevos protocolos de prueba y análisis de componentes del sistema híbrido en vehículos Toyota en Provincia de Cotopaxi. Ciudad de Latacunga parroquia Belisario Quevedo en la universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en el departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica en los laboratorios de Autotrónica carrera de Ingeniería Automotriz. Esto fue una ayuda científica para reconocer problemas con la batería del Toyota Prius.

1.4. Planteamiento del problema.

La investigación se origina debido a la aplicación inapropiada de protocolos de pruebas y ensayos para prolongar la vida útil de baterías de alta tensión de autos híbridos lo que ha generado un deficiente mantenimiento de los vehículos híbridos en el país, por lo tanto generando diferentes tipos de averías, una de las más comunes es el deterioro de las baterías híbridas prematuramente lo que trasciende en problemas como contaminación, pérdida de potencia, costos elevados de reparación lo que hace que estos autos no logren tener una gran acogida como la deberían tener ya que son el futuro de los autos y estos representan un gran avance tecnológico, pero a su vez implican grandes retos para los ingenieros automotrices y a los técnicos.

La interpretación de datos relevantes y posterior reparación del sistema híbrido de los vehículos con ese tipo de sistema necesita gran capacitación técnica, además de un laboratorio correctamente adecuado con bancos de pruebas de diagnóstico de baterías de alta tensión.

La preparación, capacitación y la infraestructura para dar un mantenimiento y una posterior solución a los desperfectos en Ecuador es muy limitado, incluso en los concesionarios no tienen la suficiente preparación para hacer un correcto diagnóstico y posterior reparación para

ayudar a mantener la vida de las baterías como lo hacen en países más avanzados tecnológicamente.

Por lo tanto, esta investigación se basa en encontrar causas que limitan la vida útil de las baterías de los autos híbridos, además de encontrar métodos y técnicas para prolongar la vida útil de las mismas, poder aprovechar al máximo la capacidad energética.

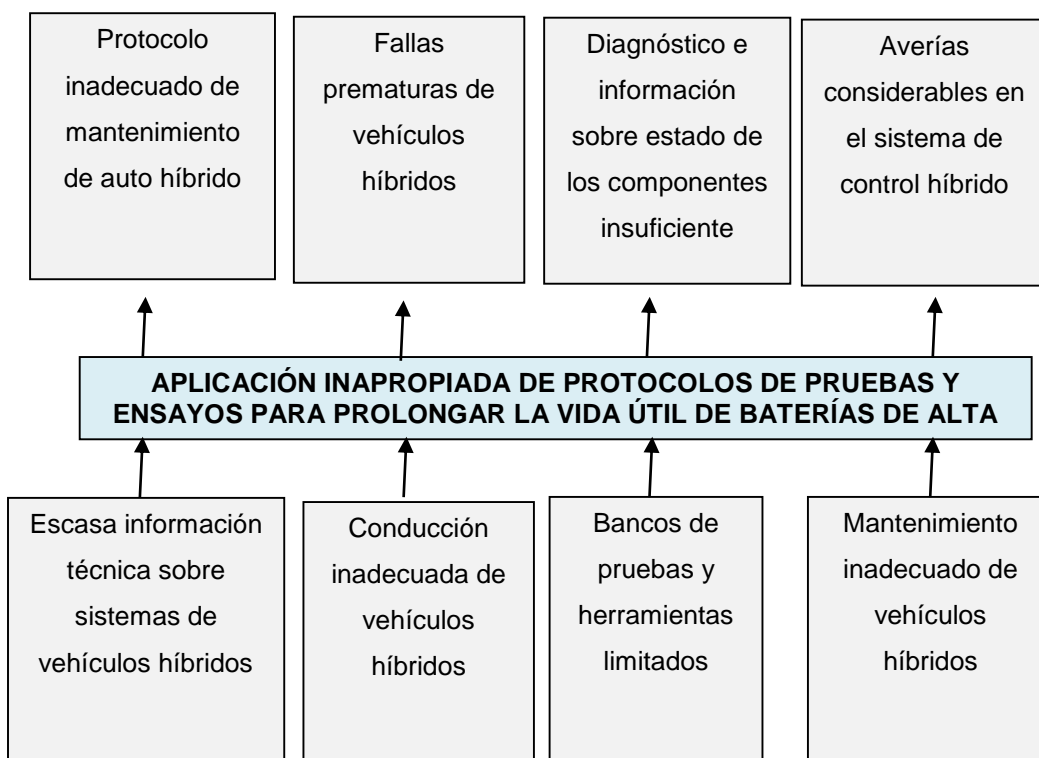


Figura 1 Árbol de problemas

1.5 Descripción resumida del proyecto.

El proyecto "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" se consideró los siguientes aspectos:

Información tomando en cuenta su procedencia considerando

únicamente fuentes confiables como son libros, tesis, manuales, fichas técnicas, normas y publicaciones gubernamentales.

La implementación se desarrolló en el laboratorio de Autotrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L, Campus Belisario Quevedo con pruebas y análisis de las baterías de alta tensión de Toyota Prius de tercera generación, la prueba se llevó a cabo en un nuevo módulo que se implementó en el laboratorio de Autotrónica.

La ecualización es un método de carga cuyo fin es devolverles a las baterías su capacidad de almacenamiento, aumentar la eficiencia y extender la vida útil.

Esto se logra mediante una sobrecarga de tensión aplicada en forma controlada sobre las baterías a ecualizar. El proceso de ecualización debe ser realizado en forma periódica, bajo inspección del técnico y siguiendo ciertas precauciones.

Se encontraron métodos y ensayos técnicos con los cuales se logró hacer que la vida útil de las baterías se prolongue mucho más tiempo aprovechando al máximo su potencial, además, identificar las condiciones por las cuales en el Ecuador las baterías de los vehículos híbridos se desgastan en menor tiempo que en el resto de países.

Se realizaron las diferentes pruebas para determinar los parámetros característicos (voltaje, estado de vida, SOC, amperaje, temperatura) de la batería de alta tensión del auto Toyota Prius de tercera generación. Se tabularon los datos obtenidos para generar un registro de las variaciones de los parámetros característicos.

Se justificaron los resultados de una forma técnica y científicamente con el uso de la matemática y se realizó un protocolo de pruebas y análisis para diagnosticar baterías de autos híbridos.

Se realizó el manual técnico de pruebas, análisis y reparación de baterías del auto Toyota Prius tercera generación lo cual ayudó a dar a conocer los pasos a seguir para realizar un correcto mantenimiento y reparación a ese tipo de vehículos.

1.6 Justificación e Importancia

Según la corporación (Toyota, 2009) “Con más de 9 millones de vehículos vendidos desde 1997 de los cuales 5,7 del Toyota Prius de tercera generación y con un objetivo de vender para el año 2020 más de 15 millones de unidades híbridas este auto”. Esto indica que el vehículo híbrido se está masificando rápidamente por lo tanto es de vital importancia que se esté a la par con nuevas tecnologías que son tendencias mundiales.” Según la información suministrada por la Asociación de empresas automotrices (AEADE, 2014) manifiesta que “el campo automotor está conformado por un número considerable de vehículos híbridos hasta el 2014 fue de 9825 vehículos híbridos en el país. Por ello es necesario e imprescindible mantenerse al tanto de la información técnica especializada que permita realizar un protocolo de pruebas y análisis eficiente para estos vehículos. Debido al avance tecnológico la investigación es de vital importancia para estar a la vanguardia de nuevas tecnologías y brindar nuevos instrumentos de medición para ayudar a extender la vida útil de las baterías de estos vehículos, creando fuentes de investigación innovadoras”

1.7 Objetivos

1.7.1 Objetivo general

“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”

1.7.2 Objetivos específicos

- Buscar información confiable en bases digitales y escritas de relevancia que permitan fundamentar la investigación.
- Generar un sistema de medición y recolección de información del proceso de carga y descarga en una batería HV TOYOTA de tercera generación.
- Generar un protocolo de pruebas de procesos de carga y descarga en la batería de alta tensión de desarrollar proceso que prolonguen su vida útil basado en un nuevo dispositivo de mediciones digital.
- Obtener mediciones del estado de la batería del vehículo híbrido para lograr la ecualización y estados óptimos de operación de la batería de Toyota Prius de tercera generación.
- Implementar en el laboratorio de Autotrónica un banco de pruebas que incluya una batería de alta tensión de Toyota Prius de tercera generación.
- Generar un manual de reparación y mantenimiento específico de baterías del vehículo híbrido Toyota Prius de tercera generación.

1.7.3. Campo de acción.

Sector automotriz específicamente en el vehículo híbrido Toyota Prius tercera generación.

1.8. Metas

- Establecer el protocolo de medición, ecualización y mantenimiento de baterías HV de vehículos híbridos de Toyota Prius de tercera generación que permita prolongar la vida de las mismas.
- Generar el manual técnico de procedimientos de reparación de baterías de alta tensión con el módulo de carga y descarga.

1.9. Hipótesis

¿A través de un protocolo de mediciones, equalización y mantenimiento de baterías de alta tensión será posible prolongar su vida útil?

1.10 Variables de la investigación

- **Variable independiente**

Tabla 2

Equalización de packs de batería de alta tensión HV

| Concepto | Categoría | Indicadores | Ítem | Técnicas | Instrumentos |
|--|-------------|-------------------------|------|----------------------|--|
| Es el protocolo de pruebas con métodos y ensayos para el análisis del estado de vida de las baterías de los autos híbridos | tecnológica | Carga de batería HV SOC | % | Medición | Prueba de Laboratorio estadísticas |
| | | Descarga de batería HV | % | Medición | Prueba de Laboratorio |
| | | Equalización | % | Medición | Prueba de Laboratorio |
| | tecnológica | Potencia | kW | Cálculos Medición | Prueba de Laboratorio Ecuaciones Dinamómetro |
| | | voltaje | V | Cálculos Medición | Prueba de Laboratorio Ecuaciones |
| | | Estado de vida | % | Cálculos | Ecuaciones Prueba de Laboratorio. |

- **Variable Dependiente**

Tabla 3

Vida útil de baterías HV de tercera generación

| Concepto | Categoría | Indicadores | Ítem | Técnicas | Instrumentos |
|-----------------|-----------|-------------|------|----------|------------------------|
| Es el tiempo de | Académico | Voltaje | V | Medición | Prueba de Laboratorio. |

CONTINUA 

| | | | | | |
|--|--------------|---|------------|----------|---------------------------|
| duración batería condiciones normales manejo | de Académico | Voltaje | V | Medición | Prueba de Laboratorio. |
| | de Académico | Consumo específico de combustible | MPG KPG | Medición | Prueba de Laboratorio. |
| | Académico | Niveles de Emisiones | C02 | Medición | Prueba de Laboratorio. |

1.11 Metodología para el desarrollo de la investigación

Por las características que posee la investigación se desarrolla el procedimiento de obtención de datos y a su vez un diagnóstico del estado de la batería con lo cual se obtuvo la base para realizar un protocolo de ensayos y pruebas para mejorar el estado de la batería.

1.12 Diseño de la investigación

En la investigación se determinó el protocolo de pruebas de diagnóstico de estado de vida de baterías de autos híbridos Toyota Prius tercera generación

La investigación es experimental, se diseñó y construyó un módulo el cual se encargo de realizar el procedimiento de cargar y descascarar a las diferentes celdas del batería automáticamente basado en parámetros de corriente constante, voltaje específico para la batería del vehículo Toyota Prius tercera generación. Este módulo ayudo a determinar ciclos de carga y descarga específicos los cuales se pudieron analizar por medio de curvas características en la computadora y así comparar las diferentes curvas de cada celda determinando cual es apta para realizar un completo protocolo de pruebas con la finalidad de aumentar la vida útil de la batería.

1.13 Modalidad de la investigación

La metodología de la investigación es un procedimiento general para obtener de una manera más precisa el objetivo de la investigación, es factible desarrollar a través de la investigación experimental, se considera el desarrollo del mismo en vehículos híbridos.

- **Metodología**

(Ruiz, 2007) Menciona: “En el proceso de la investigación científica se utiliza diversos métodos y técnicas según la ciencia particular de que se trate y de acuerdo a las características concretas del objeto de estudio. Existen, sin embargo, métodos que pueden considerarse generales para todas las ramas de la ciencia en tanto que son procedimientos que se aplican en las distintas etapas del proceso de investigación con mayor o menor énfasis, según el momento en que éste se desarrolle. Estos métodos son el análisis y la síntesis, la inducción y la deducción”. (p.12)

1.14 Métodos y técnicas empleadas

- **Método Inductivo**

La investigación se realizó en una batería de un Toyota Prius en la cual se hicieron pruebas las cuales determinaron el estado de las celdas además se analizó el estado de carga y descarga, para verificar si el protocolo de mantenimiento es viable.

- **Método deductivo.**

Dado que la investigación se enfoca en analizar los parámetros característicos (voltaje, estado de vida, SOC, amperaje, temperatura) se

analizaron dichos parámetros que se generan para determinar el estado de vida de la batería y los correctos procedimientos a realizar.

- **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 del auto Toyota Prius.

- **Método experimental.**

Se utilizó este método puesto que se realizaron mediciones y pruebas con la ayuda de un módulo de carga y descarga, además de contar con un escáner específico de vehículos híbridos que proporcionan parámetros característicos del estado de vida de las baterías.

- **Método comparativo**

En esta investigación el método comparativo permitió establecer variaciones de los parámetros característicos (voltaje, estado de vida, SOC, amperaje, temperatura) de la batería de alta tensión basándose en datos y mediciones realizadas en una batería nueva con un estado de vida del 100%.

- **Método de medición**

A través del método de medición se establecerá el protocolo de pruebas que permita extender la vida útil de las baterías de alta tensión, se determinaron las unidades en las que se manejaron los datos, tomando en cuenta las escalas de los equipos con los que se realizan las pruebas.

- **Método de matematización**

Con este método, una vez representados los resultados de la investigación mediante números, será necesario la generalización del aspecto cuantitativo de los fenómenos analizados, donde se estimaron las variaciones de tiempos de carga y descarga, resistencia, SOC, temperatura de baterías de alta tensión para las diferentes condiciones establecidas en las pruebas.

Tabla 4

Metodologías

| Metodología | Descripción | Equipo | Laboratorio |
|-------------|--|---|-----------------------------|
| Inductivo | Se utilizó este método, ya que la investigación se realizó en una batería de un Toyota Prius en la cual se podrá realizar pruebas y análisis para verificar si el protocolo de pruebas es viable para que se aplique en diferentes tipos de vehículos híbridos. | Toyota Prius Baterías de alta tensión Banco de Pruebas Escáner Techstream | Laboratorios Autotrónica |
| Deductivo. | Dado que la investigación se enfoca en analizar los parámetros característicos (voltaje, estado de vida, SOC, amperaje, temperatura) se analizaron dichos parámetros que se generan para determinar el estado de vida de la batería y los correctos procedimientos a realizar para aumentar dicho análisis | Toyota Prius Baterías de alta tensión Banco de Pruebas Escáner Techstream | Laboratorios 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 del auto Toyota Prius. | Toyota Prius Baterías de alta tensión Escáner Techstream | Laboratorios Autotrónica |

CONTINUA 

| | | | |
|---------------|---|---|-----------------------------|
| Experimental. | Se utilizara este método puesto que se realizaran mediciones y pruebas con la ayuda de un banco de pruebas y con la ayuda de un escáner específico de vehículos híbridos que proporcionan parámetros característicos del estado de vida de las baterías de los vehículos con este tipo de sistema | Toyota Prius Baterías de alta tensión Banco de Pruebas Escáner Techstream | Laboratorios Autotrónica |
|---------------|---|---|-----------------------------|

| | | | |
|-------------|--|---|-----------------------------|
| Comparativo | En esta investigación el método comparativo permitirá establecer variaciones de los parámetros característicos (voltaje, estado de vida, SOC, amperaje, temperatura) de la batería de alta tensión basándose en datos y mediciones realizadas en una batería nueva con un estado de vida del 100%. | Banco de Pruebas Escáner Techstream | Laboratorios Autotrónica |
|-------------|--|---|-----------------------------|

| | | | |
|--------------------|---|---|-----------------------------|
| Método de medición | A través del método de medición se establecerá el protocolo de pruebas que permita extender la vida útil de las baterías de alta tensión, se determinaron las unidades en las que se manejaron los datos, tomando en cuenta las escalas de los equipos con los que se realizan las pruebas. | Banco de Pruebas Escáner Techstream | Laboratorios Autotrónica |
|--------------------|---|---|-----------------------------|

| | | | |
|----------------|---|---|-----------------------------|
| Matematización | Con este método, una vez representados los resultados de la investigación mediante números, será necesaria la generalización del aspecto cuantitativo de los fenómenos analizados, donde se estimó las variaciones de tiempos de carga y descarga, resistencia, SOC, temperatura de baterías de alta tensión para las diferentes condiciones establecidas en las pruebas. | Toyota Prius Baterías de alta tensión Banco de Pruebas Escáner Techstream | Laboratorios Autotrónica |
|----------------|---|---|-----------------------------|

CAPÍTULO II

El este capítulo hizo énfasis en la constitución del vehículo híbrido principalmente en la batería del sistema híbrido, tanto como sus diferentes partes como su composición química lo cual es una de las características principales de este vehículo ya que cuenta con un tipo de baterías únicas en su tipo y con propiedades características que se estudiaron en este capítulo.

2. MARCO TEÓRICO

La recopilación de información se centró en el sistema híbrido del vehículo Toyota Prius de tercera generación, la información en este capítulo se obtuvo gracias a fuentes confiables de información como lo fueron Centro de Investigaciones y Servicios Educativos (CISE) el cual es uno de los centros de investigación que está a la vanguardia en el estudio de nuevas tecnologías.

2 .1. Auto híbrido

El instituto tecnológico para la seguridad del automóvil (FITSA, 2012) Expone que: “El funcionamiento de un vehículo híbrido se basa en la combinación de dos tipos de motores, uno eléctrico y otro convencional o de combustión interna, a través de un sofisticado sistema de control híbrido y de un paquete de baterías. En general, un vehículo híbrido funciona como uno convencional al que se le ha unido un motor eléctrico cuya misión es bien ayudar al motor de combustión cuando se precise una mayor potencia o bien impulsar él solo al vehículo, con el motor de combustión desconectado, cuando la potencia requerida sea pequeña, por ejemplo, en condiciones favorables de conducción. La finalidad de la arquitectura de potencia de un vehículo híbrido consta de:

- Desarrollar suficiente energía para cumplir con las exigencias de rendimiento del vehículo
- Llevar suficiente energía a bordo para apoyar el vehículo.
- Emitir menos gases contaminantes ambientales.

En términos generales, un vehículo puede tener más de una fuente de energía, así como convertidores de energía los motores convencionales como un vehículo a gasolina (o diésel) pueden estar acompañados de motores eléctricos como también combustible de hidrógeno – células de hidrogeno y un sistema con motor eléctrico, sistema de motor de batería-eléctrico químico”.

2.2 Tren de transmisión híbrido

Basando en (Mehrddad, 2012) “El tren de impulsión generalmente tiene una fuente de energía bidireccional que puede ser de fuente de combustibles fósiles como gasolina o diésel y una fuente generalmente de energía eléctrica provista por una batería o un motor generador, este tren cuenta con un convertidor el cual es el encargado de gestionar el flujo de energía.

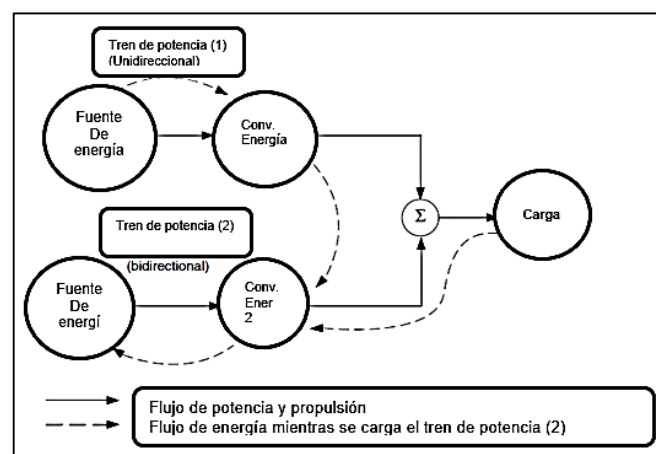


Figura 2: Tren de potencia

Fuente: (Mehrddad, 2012)

La arquitectura de vehículos híbridos suministrar la energía requerida por un tren de potencia adaptado”.

2.3 Arquitecturas de potencia de vehículos híbridos

Según (Godde, 2012) “La arquitectura de un vehículo híbrido se define libremente como la conexión entre los componentes que definen las rutas de flujo de energía y control puertos. Tradicionalmente, VH se clasificaron en dos tipos básicos serie y paralelo. Es interesante notar que, en el año 2000, algunos recién introdujeron VH no se puede clasificar, por lo tanto, ahora se clasifica VH en tres tipos: híbrido en serie, híbrido paralelo, híbrido de serie – paralelo, que funcionalmente se muestran en la figura un motor de combustión interna y un motor eléctrico de batería se toman, respectivamente, como ejemplos de la fuente de energía primaria (fuente de energía constante) y secundaria fuente de alimentación (fuente de energía dinámica). Por supuesto, puede ser el motor del MCI sustituido por otros tipos de fuentes de energía, como pilas de combustible. Del mismo modo, las baterías pueden ser sustituidas por ultra capacitores”.

- **Híbrido Serie**

(Mehrdad, 2012) Manifiesta que “este es el más sencillo de los modos híbridos. Este tipo de vehículo es equipado de un bloque propulsor enteramente eléctrico, que puede ser compuesto de una o varias máquinas eléctricas. La energía proviene de una batería, de un grupo de generadores eléctricos (a menudo un motor térmico), o de todos a la vez. En esta estructura, el motor térmico no está acoplado a ruedas, lo que significa que puede trabajar a su régimen de funcionamiento óptimo (consumo específico de gasolina mínimo, es decir gastos reducidos de combustible), proporcionando una potencia media mientras los equipos de almacenamiento de energía se encargan de asumir los picos de demanda de

potencia. En caso general, esta solución es empleada para vehículos “pesados” como los autobuses”.

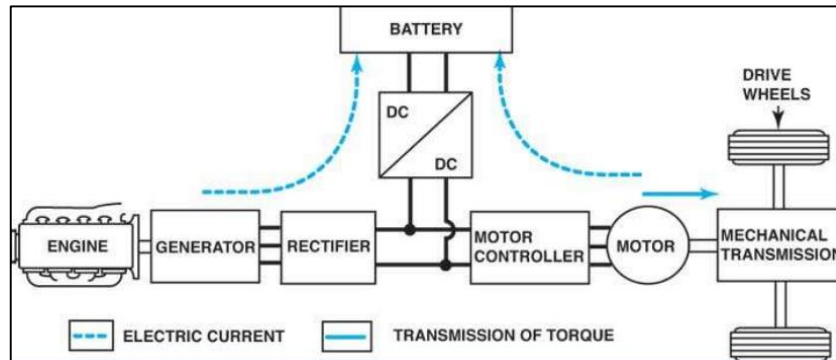


Figura 3: Configuración en serie

Fuente: (Mehrdad, 2012)

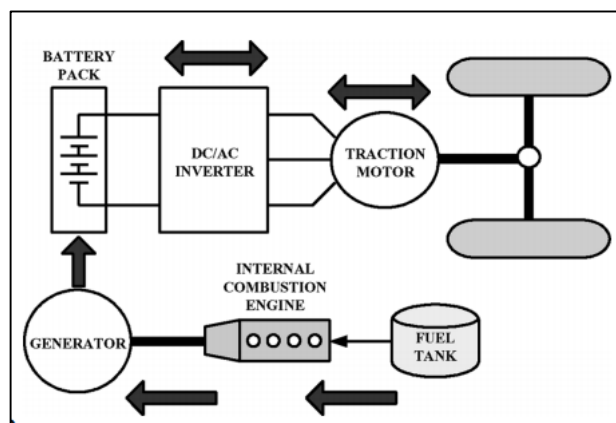


Figura 4: Diagrama en serie

Fuente: (Mehrdad, 2012)

Tabla 5

Ventajas y desventajas configuración en serie

| Ventajas | Desventajas |
|---|--|
| Buen rendimiento a bajas velocidades, buen control del motor térmico. | Debido que el motor de tracción es la única planta de energía impulsando el vehículo debe dimensionarse para producir suficiente potencia para un desempeño óptimo |

| | |
|--|---|
| Buenas prestaciones dinámicas, ordenación fácil del vehículo. | El generador agrega peso y costo adicional |
| No hay conexión mecánica entre el motor de combustión interna y las ruedas esto permite que opere potencialmente en cualquier punto sobre su mapa de par-velocidad | Bajo rendimiento a altas velocidades, utilización de 3 máquinas mientras una sola propulsa el vehículo, modo térmico sólo imposible, tamaño motores eléctricos. |
| Eficiencia energética | |
| Baja emisión de gases contaminantes a la atmósfera | |

- **Híbrido Paralelo**

(Godde, 2012) “las dos motorizaciones brindan la propulsión del vehículo. El motor eléctrico y el motor térmico son acoplados en paralelo a fin de que cada uno pueda propulsar el vehículo de manera independiente o simultánea. En general, se trata más de un motor térmico asistido por un motor eléctrico, permitiendo de optimizar el consumo de combustible bajo la reducción de la demanda de potencia térmica a baja velocidad. En efecto, a baja velocidad de rotación, el consumo específico del motor térmico está lejos del óptimo, por eso es preferible recurrir al motor eléctrico. También el motor eléctrico puede ser utilizado como generador para recargar la batería en frenado o a partir del motor térmico”.

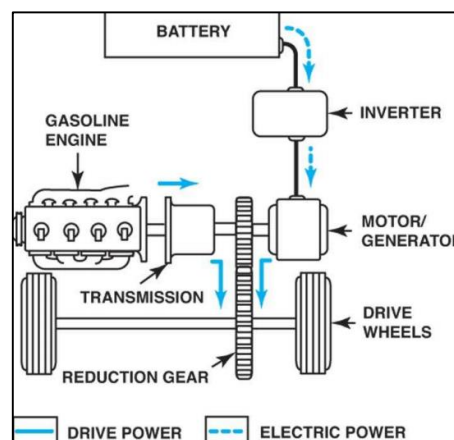


Figura 5: Configuración en paralelo

Fuente: (Mehrdad, 2012)

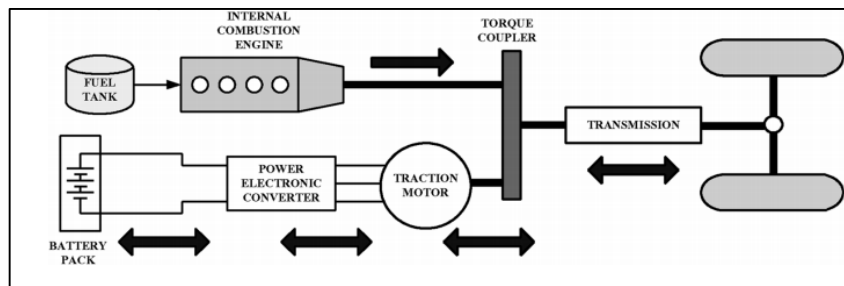


Figura 6: Diagrama de tren de potencia en paralelo

Fuente: (Mehrdad, 2012)

Tabla 6

Ventajas y desventajas configuración en paralelo

| Ventajas | Inconvenientes |
|---|--|
| Buen rendimiento energético global, una sola máquina eléctrica, modos sólo térmico o sólo eléctrico posibles, modificaciones pocas importantes de la transmisión. | Malas dinámicas en ciertos casos tiende a dar mayor dependencia al motor térmico |
| Tanto el motor eléctrico como el de combustión suministran torque a las ruedas sin conversión de energía por lo cual la pérdida de energía puede ser menor | Acoplamiento mecánico complejo |
| Es compacto debido a que no hay necesidad de un generador adicional y el motor de tracción es más pequeño que la configuración en serie | Gestión delicada del sistema. |

- **Híbrido mixto (o serie/paralelo)**

(Godde, 2012) “Esta estructura es una estructura híbrida en paralelo más específico, o sea la combinación entre el híbrido paralelo de adición de velocidad al híbrido paralelo de adición de par. Existen varias arquitecturas de esta estructura, pero la más conocida es la del constructor Toyota. Se puede llamar también híbrido a derivación de potencia, porque la energía mecánica está extraída de una máquina a otra”.

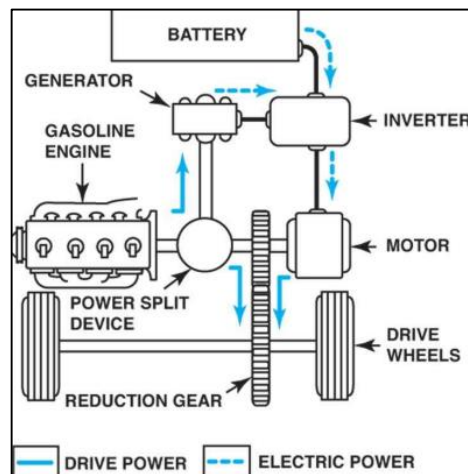


Figura 7: Configuración mixta

Fuente: (Mehrdad, 2012)

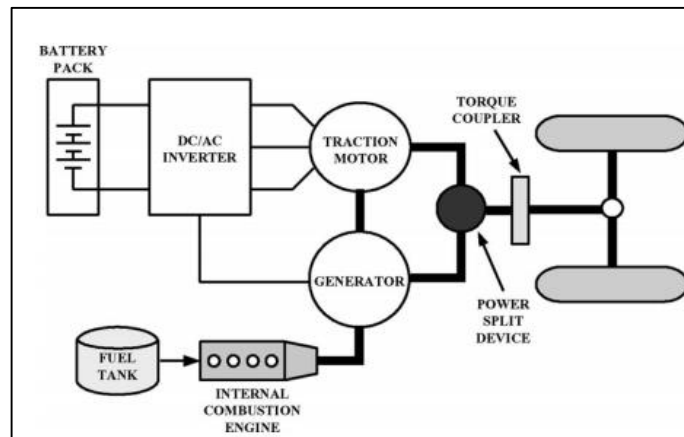


Figura 8: Diagrama de tren de potencia mixta

Fuente: (Mehrdad, 2012)

Tabla 7

Ventajas y desventajas configuración mixta

| Ventajas | Desventajas |
|---|--|
| Buen rendimiento energético global, muy buena repartición de la energía, docilidad del vehículo (no rotura de par a la rueda), todos los modos están autorizados. | Conexiones entra las máquinas muy complejas, gestión de la energía muy delicada. |
| El motor de combustión interna puede dar vuelta apagado. | Ciclos de energía puede ocurrir a baja eficiencia |

2.4 Comparación de arquitecturas

Una comparación entre las 3 configuraciones híbridas descrita a, hecha por el constructor (Toyota , 2016), está presentada en la tabla. Esta última pone en contraste de los inconvenientes de las arquitecturas serie y paralelo en la configuración mixta.

Tabla 8
Comparación de arquitecturas

| Arquitectura | Serie | Paralelo | Mixta |
|----------------------------|-------|----------|-------|
| Motor parado | + | + | ++ |
| Recuperación de la energía | ++ | + | ++ |
| Gestión energética | + | - | ++ |
| Rendimiento global | + | + | ++ |
| Prestaciones aceleraciones | - | + | + |
| Prestaciones régimen | - | - | + |

2.5 Modos de arquitectura disponibles en Toyota Prius

Según la corporación (Toyota, 2010) “Hay muchos patrones disponibles de la combinación de los flujos de energía, en el Toyota Prius se encontró 3 modos disponibles. Los cuales se activan pulsando el botón previsto para ello.



Figura 9: Botones de arquitectura Prius

- EV es útil cuando se necesita más potencia a velocidades lentas, pero quisiera que el motor permanezca apagado.



Figura 10: Modo EV

- ECO proporciona mayor juego con el pedal del acelerador, así como la alteración de la A / C y el calentador. Los umbrales para una operación más eficiente.



Figura 11: Modo ECO

- PWR le permite aprovechar el poder del Sistema tanto motor de combustión interna junto con el motor eléctrico.”



Figura 12: Modo POWER

En la pantalla de información múltiple proporciona información en tiempo real sobre el funcionamiento del sistema híbrido mientras conduce. Ver la variedad y frecuencia de motor de gas, motor eléctrico y las interacciones de la batería es una forma muy efectiva de entender cómo el sistema alcanza dicha eficiencia”.

De los tres modos principales de arquitectura se derivan los siguientes sub modos que son específicos de este vehículo los cuales describen a detalle cada condición a la que el auto está sometido.

- **Modo eléctrico**

La corporación (Toyota, 2012) manifiesta, “Cuando se suministra potencia a las ruedas totalmente usando sólo la batería, se llama sólo eléctrico. Esto puede ocurrir a cualquier velocidad. El único requisito es que debe cesar el uso del combustible por el motor; sin embargo, puede seguir el movimiento del motor. Cuando la actividad de motor se detiene totalmente, el modo se conoce como (Stealt). Esta es una habilidad que es posible debido al inversor o (PSD).

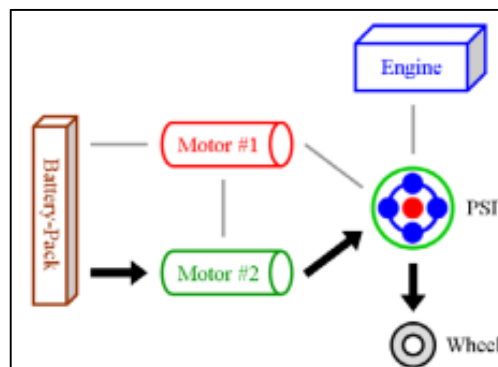


Figura 13: Diagrama modo eléctrico

Fuente: (Toyota, 2010)

Todo el empuje es proporcionado por el motor eléctrico y toda la energía es proporcionada por la batería.”



Figura 14: Esquema modo eléctrico

- **Carga de regeneración**

La corporación (Toyota, 2012) “Cuando el conductor acciona moderadamente el pedal del freno, algo de energía que normalmente se desperdicia a través de la fricción de las zapatas de freno y pastillas en su lugar la energía se almacena en las baterías de alta tensión. Esto hace que transmisión ahora funciona como un generador, que genera electricidad para recargar la batería. Cuando el conductor golpea el pedal del freno para parada de emergencia, el ciclo de regeneración se pasa por alto enteramente. Toda la energía se aborda.

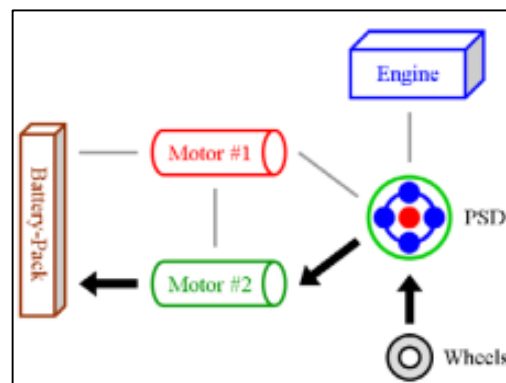


Figura 15: Diagrama carga de regeneración

Fuente: (Toyota, 2010)

Como al acercarse a una parada se acciona el freno por lo tanto la energía cinética sobrante se utiliza para activar el generador. Esto genera electricidad, que se utiliza para cargar la batería”.

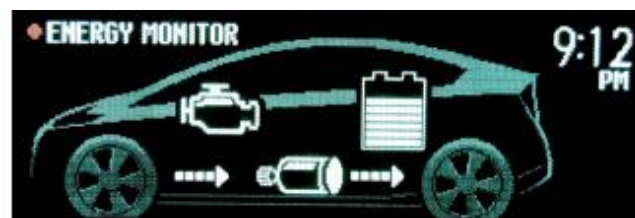


Figura 16: Esquema carga de regeneración

- **Impulsión solo del motor**

Según (Toyota, 2012) “Esto es cuando todos los componentes del sistema híbrido "completo" excepto el paquete de baterías proporcionan energía. El motor gira el conjunto de engranajes planetarios, que luego distribuye el 72% de ese empuje a las ruedas y 28% al motor pequeño. El motogenerador 1 genera electricidad, que es utilizado inmediatamente por motor para suministrar un empuje adicional a las ruedas. El beneficio de este aparentemente deficiente modo proviene del motor que funciona a una velocidad Rpm muy eficientes, mientras que al mismo tiempo permite que los motogeneradores aporten empuje. También asegura una mayor duración de la batería”.

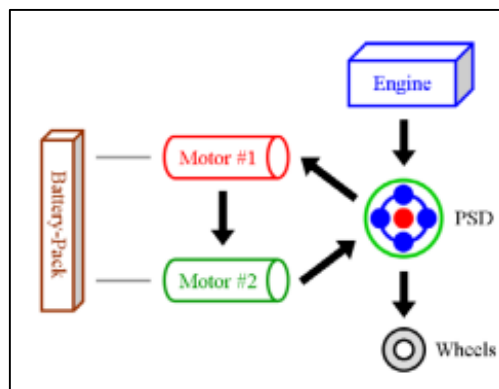


Figura: 1 Diagrama de motor con impulsión del motor

Fuente: (Toyota, 2010)

Hay veces cuando no es necesario el paquete de baterías, el motor a combustión trabaja directamente proporcionando electricidad para el motor.

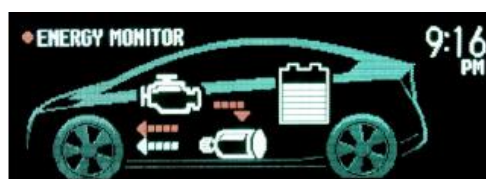


Figura 17: Esquema motor con impulsión del motor

- **Motor más carga**

De acuerdo con (Toyota, 2010) “A veces no se necesita la electricidad se genera por el motogenerador 1. En ese caso se envía energía a la batería para su recarga. Además, el sistema de aire acondicionado es alimentado por electricidad, lo que significa puede tomar ventaja de esta situación un beneficio de diseño que es a menudo pasado por alto”.

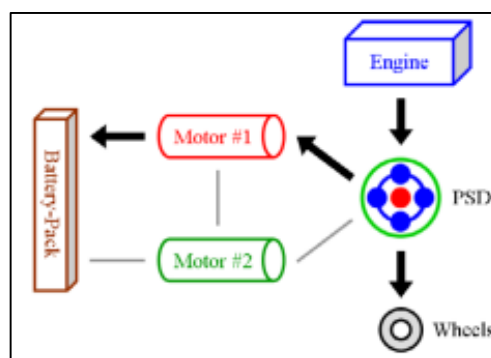


Figura 18: Diagrama motor más carga

Fuente: (Toyota, 2010)

El motor proporciona el empuje de las ruedas junto con electricidad para cargar la batería.



Figura 19: Esquema motor más carga

- **Impulsión del motor más la carga**

Según (Toyota, 2012) “Cuando el motogenerador 1 está generando más electricidad de lo que se necesita el motogenerador 2 en ese momento, el excedente es enviado a la batería. Este es un beneficio a menudo pasado

por alto, una ganancia de eficiencia debido al funcionamiento del motor a un régimen óptimo (que también proporciona una ganancia de eficiencia). Este es también el método más común en el que se suben las colinas.

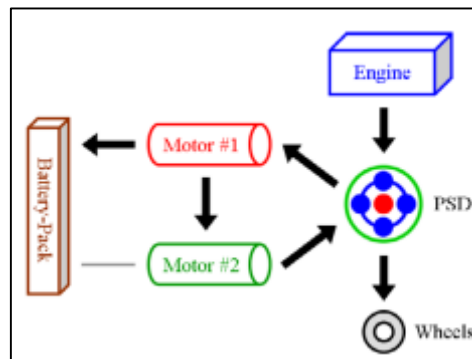


Figura 20: Impulsión del motor más la carga

Fuente: (Toyota, 2010)

El motor proporciona empuje a las ruedas como electricidad para el motor de alimentación y carga de la batería, todos al mismo tiempo”.

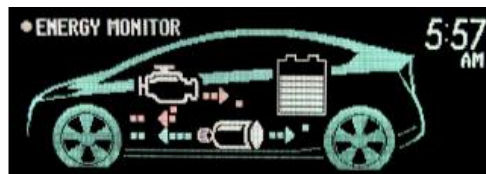


Figura 21: Esquema Impulsión del motor más la carga

- **Potencia total o reducción gradual**

Según (Toyota, 2012) “Cuando se requiere el máximo empuje, la batería se unirá al motor de combustión interna. Esta energía adicional es utilizada por el motogenerador 2 para producir aún más empuje a las ruedas que es normal necesario.

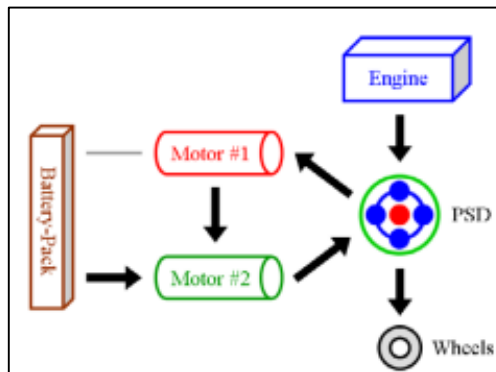


Figura 22: Potencia total o reducción gradual

Fuente: (Toyota, 2010)

Tanto como motor de combustión y motor eléctrico trabajan juntos para conseguir la máxima eficiencia”.

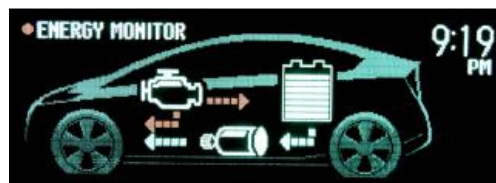


Figura 23: Esquema potencia total o reducción gradual

- **Carga de arranque o calentamiento de motor**

(Toyota, 2012) afirma que “Cuando el sistema híbrido es frío, funciona el motor para crear calor para el convertidor catalítico. Esto es necesario para permitir la reacción química que limpia las emisiones antes de salir del tubo de escape. En lugar de permitir que energía del motor a ser desperdiciado mientras el vehículo no se mueve, Utilizado por el pequeño motor para generar electricidad para recargar la batería. Este mismo método también ocurrirá cuando se necesite más calor para el calentador para mantenerte abrigado

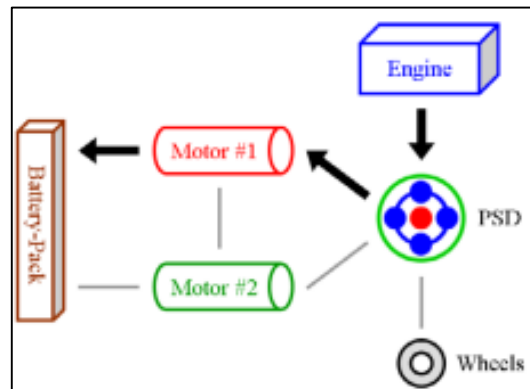


Figura 24: Diagrama carga de arranque o calentamiento de motor

Fuente: (Toyota, 2010)

Cuando se enciende el vehículo por primera vez en el día esta carga con el motor de combustión interna las baterías, normalmente verá esto antes de cambiar en drive o reversa. También se produce cuando se necesita calor adicional”.

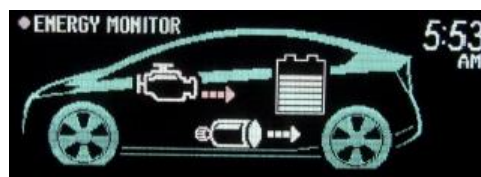


Figura 25: Esquema carga de arranque o calentamiento de motor

2.6 Componentes del sistema híbrido

Este tipo de vehículos tiene varios componentes los cuales trabajan en conjunto para satisfacer la demanda de energía para, disminuir los gases contaminantes, reducir el consumo de combustible y reusar la energía perdida esto lo logra gracias a los siguientes elementos principales:

1. Motor térmico.
2. Motogeneradores.
3. Inversor.
4. Batería.

2.6.1 Motor térmico

Según afirma (Herrero, 2012) “El motor tienen poca cilindrada respecto a un modelo equivalente de motor convencional y prima el par máximo sobre la potencia. El motor funciona con ciclo Atkinson, como el anterior Prius. Tiene un sistema de recirculación de gases que reduce la temperatura en el motor y hace innecesario enriquecer la mezcla para lograr esa refrigeración; también evita daños por sobrecalentamiento en el catalizador. El consumo medio es 3,9 l/100 km (89 gr/km de CO₂) en las versiones con menor equipamiento y 4,0 l/100 km en el resto. La diferencia se debe al mayor peso de estas últimas”.

Según (Bahmachari R, 2012) “El objetivo del ciclo es Permitir que la presión en la cámara de combustión al final de la carrera de potencia sea igual a presión atmosférica Así, se ha obtenido toda la energía disponible en el proceso de combustión. La mayor relación de expansión genera más energía la cual se convierte de calor a energía mecánica útil el motor es más eficiente”.

- **Diagrama presión volumen del ciclo Atkinson**

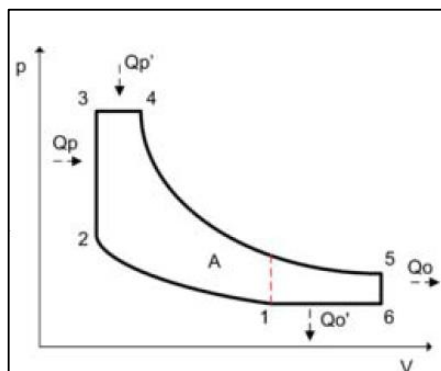


Figura 26: Diagrama ciclo Atkinson

Ciclo ideal de Atkinson:

- 1-2 Compresión adiabática isentrópica o reversible
- 2-3 Calefacción isocórica (Q_p)
- 3-4 Calefacción isotérmica (Q_p')
- 4-5 Expansión isentrópica
- 5-6 Enfriamiento isocórico (Q_o)
- 6-1 Enfriamiento isobárico (Q_o')

2.6.2 Tren de impulsión

La corporación (Toyota, 2013) “Denomina a la transmisión utilizada en el Prius como “Power Split Device”. Esta transmisión no tiene una caja de cambios convencional con distintos engranajes, ni una caja automática de variador continuo con correa. Este vehículo dispone de un engranaje planetario para transmitir el movimiento a las ruedas. No tener una caja de cambio normal aporta ventajas notables y especialmente necesarias en un coche como éste: disminuir el peso, aumentar espacio y disminuir pérdidas por rozamiento.



Figura 27: Moto generadores Toyota Prius

Fuente: (ACSUSA, 2015)

Recupera energía en las frenadas, retenciones y aceleraciones en las que el motor térmico entregue potencia de más. Lo normal es que el mismo motor eléctrico desempeñe esta función siempre que no esté empujando”.

Tabla 9**Especificaciones técnicas motogeneradores**

| Motor Eléctrico | |
|--|-------------------------|
| Motor eléctrico | Motor generador 2 (MG2) |
| Tipo sincrónico | 13,500 rpm |
| Imanes permanentes y enfriado por aire | si |
| Voltaje máximo motor | 650V AC Trifásica |
| Potencia motor | 80 hp |
| Torque | 153 lb-pie |
| Generador eléctrico | |
| Generador eléctrico | Motor generador 1 (MG1) |
| Imanes permanentes y enfriado por refrigerante | si |
| Voltaje máximo generador | 650V AC Trifásica |
| Acumulador | Batería híbrida |

Fuente: (Toyota, 2010)

2.6.3 Inversor

Según (Augeri, 2015) “Este componente es parte fundamental del vehículo híbrido. Incorpora una gran cantidad de elementos electrónicos y eléctricos, pero toda la gestión de funcionamiento es controlada por la unidad de control del sistema Híbrido ECU HV. Esta última se encarga de controlar al inversor y generar cualquier tipo de diagnóstico del mismo incluidos los DTC. El inversor controla las dos unidades generadoras de motor del híbrido tienen distintas funciones:

1. MG1 recarga el paquete de batería de hidruro metálico de níquel de alto voltaje (aproximadamente 200 V) ubicado en la parte trasera del automóvil y también aplica energía directa para impulsar el conjunto MG2.
2. MG1 sirve además como el motor eléctrico utilizado para arrancar la parte del motor de gasolina del tren de potencia. MG2 es el motor de accionamiento eléctrico principal cuando se energiza y realiza la función inversa para servir como generador de potencia durante el frenado regenerativo.

Tanto MG1 como MG2 son dispositivos trifásicos de imanes permanentes, que proporcionan torque cuando son accionados por corriente alterna o proveen una salida de CA cuando se gira desde fuentes externas (ya sea el motor de gasolina o la rotación de la rueda durante el frenado). Para crear la potencia trifásica de los motores, la fuente de la batería de CC debe primero pasar de 200 a 500 V CC a través de un convertidor elevador. Un banco de transistores bipolares de puerta aislada (IGBT). Con una tensión de CC aumentada disponible, el inversor es responsable de suministrar la potencia trifásica necesaria en los conjuntos MG1 y MG2 cuando se utilizan como motores, los IGBT se utilizan para la modulación de potencia en el inversor. Nuevamente, se usa una placa de ensamblaje dedicada que soporta rodajas de transistores sin embalar, con una interconexión similar a la misma placa controladora a la que se conecta el convertidor elevador. Todo el conjunto de transistores / matriz de diodos utilizado por el convertidor elevador y el inversor está encapsulado en un mar pegajoso de gel de silicona protector. Cuatro de las seis patas del inversor tienen montajes de monitores de corriente pequeños para controlar la entrega de potencia hacia y desde MG1 y MG2.

El Prius también usa un motor de compresor de aire acondicionado eléctrico para que la refrigeración de la cabina se mantenga incluso cuando se ejecuta en modo eléctrico solamente. Un segundo inversor de CC / CA, se implementa para alimentar el compresor de A / C eléctrico del paquete de baterías de HV. Dado que el Prius aún necesita un sistema eléctrico convencional para operar instrumentación, iluminación de cabina y similares, el inversor también admite la conversión de la batería NiMH de 200 V al subsistema 12-V, donde se usa una batería de plomo-ácido convencional”.



Figura 28: Inversor

Fuente: (Augeri, 2015)

El inversor se encuentra ubicado en la parte delantera del auto junto al motor de combustión interna sobre los motogeneradores está constituido básicamente de múltiples transistores mosfet de alta capacidad, así como de microcontroladores.



Figura 29: Ubicación del inversor

2.6.4 Batería de alta tensión

De acuerdo con (Toyota, 2012) “La batería de alta tensión provee un voltaje de 220 V en las versiones más modernas, lógicamente estos valores

cambian dependiendo del fabricante, este voltaje en el caso del Prius proviene de un paquete de 14 baterías en serie.



Figura 30: Batería HV Toyota Prius

Existen 28 baterías pequeñas de 7,89 V cada una y están conectadas en serie de dos en dos para formar 14 paquetes de baterías de 15,78V cada una y a su vez están conectados todos estos 14 paquetes en serie para generar un total de 220 Voltios.



Figura 31: Batería HV Toyota Prius

Este voltaje es entonces el que a continuación será utilizado en los motores trifásicos que son el motogenerador MG1, el motogenerador MG2 y el motor del aire acondicionado. Este voltaje requiere ser también restablecido y monitoreado constantemente por la ECU de la batería, adicionalmente la batería debe mantenerse a temperatura que no ocasione problemas”.

Tabla 10

Características Técnicas Batería Elevada Tensión Toyota Prius

| Elemento | Detalle |
|---|--------------------|
| Elemento compuesto | Níquel Metal. |
| Número de módulos | 120. |
| Voltaje de cada módulo | 1.2 voltios. |
| Número de celdas | 28. |
| Voltaje de cada celda | 7.2 voltios. |
| Número de paquetes conectados en serie | 14. |
| Voltaje de cada paquete conectados en serie | 14.4 voltios. |
| Voltaje nominal de la batería | 220 voltios. |
| Tipo de conexión entre packs | Conexión en serie. |

Fuente: (Toyota, 2010)

- **Ubicación**

Esta batería se encuentra ubicada en la parte posterior del vehículo de tal manera que compensa con el peso del auto que tiene en la parte delantera, para acceder a ella hay que desmontar el asiento y un soporte metálico el cual ayuda a mantenerle firme contra el habitáculo.



Figura 32: Ubicación batería híbrida

- **Partes**

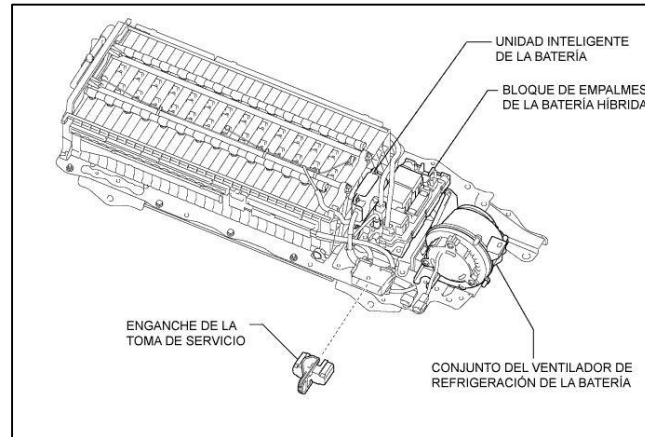


Figura 33: Partes principales de batería híbrida

Fuente: (Toyota, 2010)

- **Sensores de temperatura**

Según (Espinoza, Erazo, & Mena, 2012). “Estos elementos censan la temperatura en diferentes puntos, están comunicados con la unidad electrónica de control del híbrido (ECU HV) y en caso de no tener una temperatura adecuada de funcionamiento se genera un código de diagnóstico (DTC), se prende la luz de comprobar el motor (check engine), se genera un mensaje de falla en la batería de alta tensión y se enciende una luz de color rojo en forma de triángulo que indica alerta de mal funcionamiento del sistema híbrido en el tablero de instrumentos”.



Figura 34: Ubicación sensores de temperatura

- **Celdas**

Según (Meganeboy, 2014) “Una celda o paquete de baterías HV contiene seis celdas de 1,2 V de níquel-hidruro de metal que están conectadas en serie para formar un módulo. En los modelos Prius de tercera generación las baterías contienen 28 celdas y se dividen en dos campos conectados en serie. Por lo tanto, la batería HV contiene un total de 168 células con una tensión nominal de 201,6V”.



Figura 35: Celdas batería HV Toyota Prius

2.6.5 Relés

(Augeri, 2015) Define “El sistema principal de relé (SMR) conecta y desconecta el suministro de poder para el circuito de alto voltaje sobre la base de los comandos de la computadora del sistema híbrido. Un total de tres relés (uno para el lado negativo y dos para el lado positivo) son proporcionados para asegurar la operación apropiada”.



Figura 36: Relays batería HV Toyota Prius

De acuerdo a (Augeri F & Lopez D, 2013). “Cuando se energiza el circuito, el SMR1 y SMR3 se encienden. El resistor en línea con el SMR1 protege el circuito de la corriente inicial excesiva. Después el SMR 2 es prendido y el SMR1 se apaga, permitiendo que la corriente fluya libremente en el circuito.

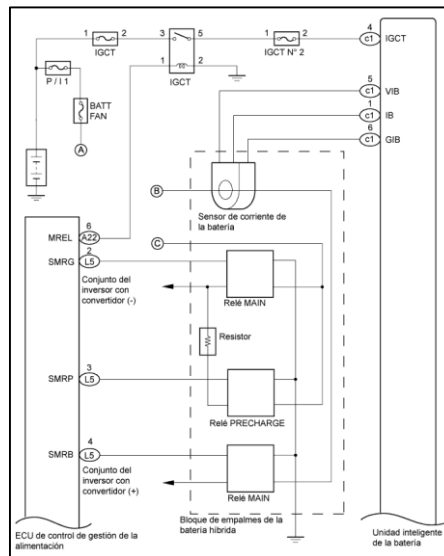


Figura 37: Circuito de relays batería HV Toyota Prius

Fuente: (Toyota, 2010)

Cuando esta desactivado, SMR2 y SMR3 se apagan en ese orden y la HV ECU verifica que los relés respectivos han sido adecuadamente puestos en OFF. El SMR se conecta y desconecta la fuente de alimentación del circuito de alta tensión. Son en total tres relés (uno para el lado negativo y dos para el lado positivo) que se proporcionan para asegurar la operación apropiada”.

2.6.5 Sistema de refrigeración

(Augeri, 2015) Afirma que “La ECU de batería detecta la temperatura de la batería a través de tres sensores de temperatura, en la batería de alta tensión y un sensor de temperatura en el colector de admisión. Sobre la base de esas lecturas, la ECU de batería se ajusta el ciclo de trabajo del

ventilador de refrigeración para mantener la temperatura de la batería de alta tensión dentro del rango especificado”.



Figura 38: Conductos de refrigeración

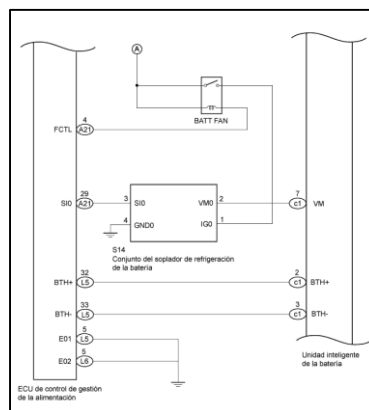


Figura 39: Circuito eléctrico de refrigeración

Fuente: (Toyota, 2009)

2.6.6 Jumper de Seguridad.

Según (Augeri, 2015) “El jumper de seguridad es el conector de color naranja que se encarga de dividir el voltaje cuando este se desconecta, por ejemplo, en el Prius está ubicada en el paquete 5 Dejando una división de voltaje. El jumper está acompañado de un sensor el cual detecta el momento en cual está conectado y manda una señal a la ECU HV para que el sistema funcione correctamente del caso contrario en caso que no esté el jumper conectado la computadora mandara una señal la cual ara que se bloquee el sistema y no permite que el vehículo camine indicando inmediatamente el DTC que indica inspeccione sistema híbrido y hace que el auto no se mueva

ni encienda el motor de combustión interna claro está que se enciende el tablero y accesorios pero no permite que el auto este READY” .



Figura 40: Jumper de seguridad Toyota

2.6.4 ECU de la Batería

(Augeri, 2015) dice: “La ECU de la batería de elevada tensión está monitoreando el estado de los voltajes en 10 lugares diferentes, el bloque de junta a los relés, el sensor de corriente, las resistencias de limitación están adheridos al ventilador de enfriamiento y la ECU híbrida está compartiendo comunicación CAN con la ECU de la batería para comandar el sistema.



Figura 41: Ecu de batería HV Toyota Prius

La ECU batería proporciona las siguientes funciones:

- Estima el amperaje de carga / descarga y los requerimientos de salida en la carga y descarga para la ECU del vehículo, en tanto que el SOC puede estar constantemente mantenido a un nivel equilibrado.
- Estima la cantidad de calor generado durante la carga y descarga, y ajusta el ventilador de refrigeración para mantener la batería HV a una considerable temperatura.

- Supervisa la temperatura y el voltaje de la batería y si detecta un mal funcionamiento, puede restringir o detener la carga y descarga para proteger la batería HV”.



- **Características de batería níquel hidruro metálico (NiMH)**

Según la agencia nacional de investigación e innovación (Cazaravilla, 2012) “Las baterías de Hidruro de Níquel-Metal se han convertido en la tecnología de baterías de avanzada dominante para aplicaciones en EV y HEVs por tener el mejor comportamiento en su conjunto para satisfacer los requerimientos impuestos por la USABC1. Adicionalmente a los objetivos esenciales de comportamiento en energía, potencia, ciclo de vida y temperatura de operación, las siguientes características de las baterías NiMH se han establecido en el mercado:

- Tensión flexible desde 0.3 hasta 250 Ah.
- Operación segura a altas tensiones
- Excelente potencia y energía volumétrica.
- Fácil conexión en serie o en paralelo.
- Selección de celdas cilíndricas o prismáticas.
- Seguridad en carga y descarga, incluyendo tolerancia a sobrecarga excesiva o sobre descarga.
- Libre de mantenimiento.
- Capacidad para utilizar energía de frenado regenerativa.
- Circuitos de carga y electrónica de control simple y barato.
- Materiales ambientalmente aceptables y reciclables.

Es común describir un HEV como vehículo 70/30 o 90/10 donde la razón es la cantidad de energía suministrada por el ICE comparada con aquella de la unidad eléctrica y baterías. La variedad de modos de operación para cada tipo de vehículo, conducen a tamaños de batería en un rango extremadamente amplio (cualquiera entre 0.9 y 5 kWh). Para vehículos híbridos, el tamaño de celda más pequeña utilizado es 6.5 Ah NiMH Celdas D y el tamaño mayor de celda NiMH para HEV es de alrededor de 60 Ah. En el HEV Honda Insight, el conjunto de Baterías NiMH es de 900 Wh y consiste de celdas D de 6.5 Ah a 144 V. En contraste, el HEV Toyota Prius

es 1.8 kWh compuesto por celdas D de 6.5 Ah a 288 V. En el HEV General Motors presento un diseño como 50/50 ICE sobre unidad eléctrica, se emplea una batería de NiMH de 4.2 kWh”.

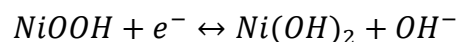
Los requerimientos del vehículo híbrido incluyen:

- Densidad de potencia >1000W/litro.
- Potencia específica >500 W/kg hasta más de 1000 W/kg.
- Energía Específica >50 Wh/kg.
- Carga de freno regenerativo >500 W/kg.
- Eficiencia de ciclo >85 %.
- Larga vida.
- Bajo costo.
- Sin Efecto Memoria.

2.7 Níquel hidruro metálico (NiMH)

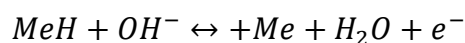
Según (Hoggins, 2009) “Los hidruros metálicos son usados como un electrodo negativo en un amplio número de baterías en las que tienen lugar reacciones reversibles en conjunción con un electrolito acuoso y Níquel como electrodo positivo. Las reacciones electroquímicas serían las siguientes:

Cátodo Electrodo positivo (Electroreducción)



Ecuación 1

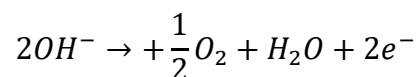
Ánodo Electrodo negativo (Electrooxidación)



Ecuación 2

Ánodo Electrodo positivo (Electrooxidación)

El níquel (Funciona como electrodo al descargarse, es decir al liberar el Hidrógeno alojado dentro de la estructura metálica) Algunas veces cuando se aplica un exceso de carga durante la recarga, ocurre la formación de O₂, según:



Ecuación 3

Formación de O₂

El O₂ difunde a través del electrolito y descarga el electrodo negativo. Estas celdas tenían, en un principio, una energía específica de unos 54 Wh/kg y una potencia específica de 200W/kg. Con el desarrollo de las investigaciones se ha alcanzado energías específicas de 100 Wh/kg y una potencia específica de 1200 W/Kg. La densidad de energía a la que se ha llegado es de 420 Wh/L. En general son diseñadas con un exceso de capacidad del electrodo negativo. Las aleaciones metálicas que se utilizan para pequeños consumidores, están formadas por multicomponentes, típicamente alrededor de un 30% son las denominadas tierras raras. (Lantánidos y actínidos)".


2.8 Ventajas y desventajas de batería Ni-MH

Se determinó las ventajas que posee la batería de níquel hidruro metálico y que debilidades presenta al momento de ser usadas en los vehículos híbridos

Tabla 11

Ventajas y desventajas de batería Ni-MH

| Ventajas | Desventajas |
|---|--------------------|
| Densidad de energía de 30-80Wh / kg | Mala eficiencia |
| Pueden tener vidas excepcionalmente largas si se usan correctamente | Alta auto-descarga |

CONTINUA 

| | |
|---------------------------|--|
| Buena densidad de energía | Ciclos de carga limitados |
| Carga mas rapido | Mal rendimiento en climas fríos |
| | Costes de los materiales |
| | Comportamiento variable en diferentes temperaturas |

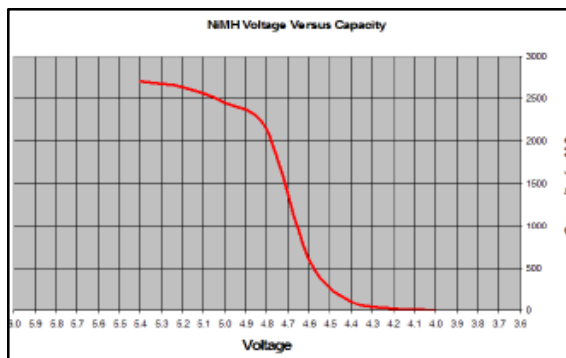


Figura 44: Voltaje- capacidad de batería Ni-MH

2.8.1 Baterías de li-ion

La oficina de Eficiencia Energética y Energía Renovable (Consulting, 2012) Manifiesta que “La batería confiable para ser desarrollada es de iones de litio, que ya está en todas partes en el mundo que nos rodea, desde teléfonos inteligentes a los ordenadores portátiles y los vehículos, incluso eléctricos e híbridos. Tecnología de la batería híbrida de Li-ion, como el utilizado en el Ford Fusion Energi plug-in de vehículos híbridos, tiene alrededor de 250 Wh / kg, 7x mejor que una batería SLA, incluso 5x mejor que NiMH, y puede ofrecer hasta 1.000 W /kg.

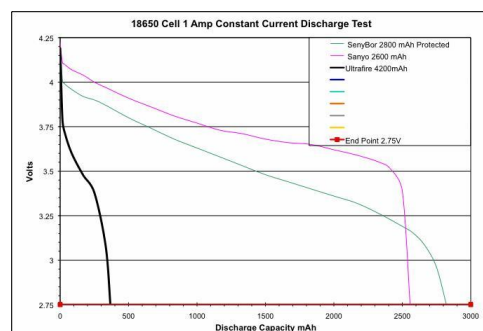


Figura 45: Batería de iones de litio

Baterías de iones de litio ofrecen ventajas de una mayor potencia y energía por unidad de peso y volumen, en comparación con las baterías de NiMH. Tienen una mejor eficiencia de carga de las baterías de NiMH, y también ofrecen un potencial para una vida más larga y una carga más rápida. Tal vez en el futuro incluso ofrecen costos más bajos en comparación con las baterías de NiMH, debido principalmente al aumento del costo de níquel y cobalto. Sin embargo, la fiabilidad de la batería de iones de litio no se ha probado en los HEV, y es probable inicialmente para tener un precio más alto”.

Tabla 12

Ventajas y desventajas de batería Li-ion

| Ventajas | Desventajas |
|---|--|
| Alta densidad de energía | La sobrecarga puede dañar los electrodos. |
| Electrolito sólido | Peligroso si no se maneja con cuidado |
| Típicamente un 40% más pequeño pesa la mitad que las baterías de NiMH | Características de seguridad necesarias tanto para la batería como para la batería |
| Menor tiempo de descarga de carga | Seguridad de los elementos |
| Más ecológico | |
| Excelente potencia y energía | |

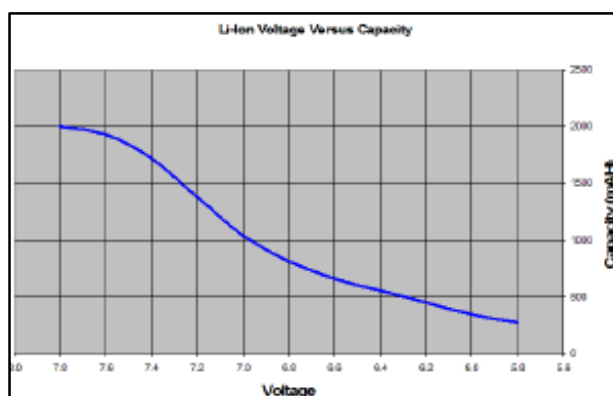


Figura 46: voltaje- capacidad de batería li-ion

2.9 Comparación baterías de alta tensión

Luego de analizar profundamente las características principales de los dos tipos de baterías más usadas en el mercado automotriz se procedió a realizar una tabla en la cual se compara los diferentes parámetros que cada una de las baterías presenta.

Tabla 13

Comparación tipos de batería de vehículos híbridos

| Características | NiMH | Li-ion | unidad |
|--|---------|---------|------------------------------------|
| Capacidades máximas | 180 | 450 | <i>mAh</i> |
| Diferencias en el estado de carga y descarga | 0.322 | 0.227 | ΔE (V) |
| | 31.07 | 21.90 | ΔG (kJ.mol ⁻¹) |
| Pendientes de la curvas de descarga | 6.73 | 1.88 | S/N |
| Numero de ciclos (carga/descarga) | 1500 | 500-950 | # |
| Densidad de energía | 60-110 | 150-190 | [Wh/kg] |
| Energía específica | 220-330 | 220-330 | [Wh/L] |
| Auto-descarga por mes | 60 | 10 | [%] |
| Tensión nomina de un elemento | 1.2 | 3.6 | [V] |

2.10 Ecuaciones batería híbrida

- **Numero de packs**

Para el número de packs que contiene la batería HV se puede obtener el valor con la siguiente ecuación

$$N_{pack} = N_{celdas} \div 2$$

Ecuación 4

Fuente: (Augeri, 2015)

Donde.

N_{pack} = Número de packs.

N_{celdas} = Número de celdas.

2.10.1 Voltaje

- **voltaje nominal**

Para el cálculo del voltaje nominal que puede tener de capacidad la batería HV cuando se conoce el voltaje de cada pack y el número de packs

$$V_{nominal} = V_{pack} \times N_{pack}$$

Ecuación 5

Fuente: (Augeri, 2015)

$V_{nominal}$ = Voltaje Nominal.

V_{pack} = Voltaje de cada pack.

N_{pack} = Número de packs.

- **Voltaje total**

Para el voltaje total de la batería híbrida se utiliza la ecuación 6.

$$V_{total} = V_{bloque\ 1} + V_{bloque\ 2} + V_{bloque\ 3}$$

Ecuación 6

Fuente: (Augeri, 2015)

Donde.

V_{total} = Voltaje total.

$V_{bloque\ 1}$ = Voltaje del bloque 1.

$V_{bloque\ 2}$ = Voltaje del bloque 2.

$V_{bloque\ 3}$ = Voltaje del bloque 3.

- **Voltaje máximo**

A este valor se le suma el 20% para tener el valor máximo de voltaje.

$$V_{\max} = V_{\text{nominal}} + V_{\text{nominal}} \times 20\%$$

Ecuación 7

Fuente: (Augeri, 2015)

2.10.2 Potencia entregada

Potencia total del paquete de baterías de alta tensión la ecuación indica la potencia total del paquete de baterías, que se conecta en configuración paralelo al paquete original. Calculo de capacidad de potencia de batería de Prius tercera generación

$$P = Vx(cap)$$

Ecuación 8

Fuente: (Augeri, 2015)

Donde.

V= Voltaje total de la batería (V)

Cap= la Capacidad de la batería (Ah)

- **Ecuación de estado de salud**

Esta ecuación permitió saber el estado de vida en que se encuentra la batería del vehículo híbrido Toyota Prius de tercera generación, este parámetro es muy importante para el análisis de una batería, se puede conocer si su estado es óptimo, para saber que protocolo de pruebas se aplicara, si es un mantenimiento o reparación o la mayor parte de la batería está en malas condiciones que se recomienda cambiarla.

Esta ecuación fue de vital importancia para reconocer el estado de la batería el cual será en porcentaje y con este parámetro programar un protocolo de mantenimiento adecuado para esta batería.

$$EDV = \frac{CapE * 100}{Cap(Nominal)}$$

Ecuación 9

Fuente: (Augeri, 2015)

Donde.

CapE= Capacidad estimada (Ah)

Cap (Nominal)= la Capacidad Nominal de la batería (Ah)

EDV= Estado de vida de la batería (%)

- **Capacidad estimada**

$$CapE = \frac{(100 * IB * Tdes)}{60 * \Delta SOC}$$

Ecuación 10

Fuente: (Augeri, 2015)

Donde.

IB= Power resource corriente entregada por el sistema HV(A)

Tdes= Tiempo de descarga (s)

Δ SOC= Diferencia de variación del SOC

CapE= Capacidad estimada

- **Variación del SOC**

$$\Delta SOC = SOC_I - SOC_F$$

Ecuación 11

Fuente: (Augeri, 2015)

Donde:

SOC_I = SOC inicial

SOC_F = SOC final

2.11 Códigos de avería batería híbrida (DTC)

Descripción detallada de DTC más comunes en baterías de autos híbridos Toyota

Tabla 14

DTC P300 HV avería

| Código | Mensaje | Descripción |
|---------------|--------------------------------------|--|
| P3000 | HV batería Avería | Batería Avería |
| Subcodigo 123 | Sistema de control de batería fallos | La ECU de control HV da aviso al conductor y lleva a cabo el control a prueba de fallos, de acuerdo con la señal anormal recibido de la ECU de la batería. |
| 124 | | Entrada de señal anómala de la ECU de la batería (fusible de alta tensión de soplado hacia fuera) |
| 388 | Control de batería | Descargas con inhibición de Control de mal funcionamiento. Cuando se carga la batería es bajo debido a dejar el vehículo en la posición N, escasez de gas o de mal funcionamiento del sistema HV Este DTC se emite si la batería HV está agotado o el sistema de control de alta tensión tiene un mal funcionamiento. |
| 389 | | Alta tensión. Cuando la batería principal está muerta o batería principal está muerto debido al mal funcionamiento del sistema HV P3001 - HV batería Malfuncionamiento de la ECU |

Tabla 15**DTC P3004**

| Código | Mensaje | Descripción |
|------------------|--|--|
| P3004 | | Mal funcionamiento del cable de alimentación |
| Subcodigo 130 | | HV Mal funcionamiento de la batería. Cuando el voltaje de la batería de alta tensión se hace menor que el voltaje del inversor |
| 131 | Mal funcionamiento de la batería 129 ECU | Mal funcionamiento de alimentación por cable. Cuando fusible principal está apagada, conector de servicio se desconecta o resistencia limitador se corta |
| 133 | | HV Mal funcionamiento de la batería. Cuando el sensor de voltaje del inversor es la resistencia aumenta el valor de mal funcionamiento o del limitador |

Tabla 16**DTC P0A80**

| Código | Mensaje | Descripción |
|---------------|-------------------------------------|--|
| P0A80 | Sustituir paquete de batería hybrid | HV Mal funcionamiento de la batería. Cuando el voltaje de la batería de alta tensión se hace menor que el voltaje del inversor |

PALABRAS CLAVE

- **EPA**

El grupo encargado de calificar las emisiones y la eficiencia de los vehículos los Estados Unidos (Environmental Protection Agency). Vehículo eléctrico EV, alimentado exclusivamente por un paquete de baterías cargado antes del uso

- **HEV**

Vehículo eléctrico híbrido

- **HID**

Alta descarga de intensidad, bombillas utilizadas para faros; La iluminación se crea utilizando un arco de electricidad en lugar de un filamento tradicional

- **ICE**

Motor de combustión interna

- **MG Motor Generador**

Un motor eléctrico que puede proporcionar potencia motriz cuando es accionado eléctricamente o generar

- **MG1**

El motor eléctrico pequeño. Se trata de un motor / generador trifásico de imanes permanentes de CA que inicia el ICE, y genera la electricidad (usando el empuje de la ICE)

- **MG2**

El motor eléctrico grande. El motor / generador trifásicos Ruedas y genera electricidad (de frenado regenerativo) para recargar la batería.

- **NiMH**

Nickel-Metal Hydride, el tipo de módulos utilizados en el paquete de baterías Prius

- **OEM**

Fabricante original del equipo, componentes directamente del fabricante de automóviles

- **PHEV**

Vehículo eléctrico híbrido plug-in

- **PHV**

La abreviatura se utiliza específicamente para identificar el modelo Prius .plug-in

- **SOC**

Estado de carga, indicando la cantidad de electricidad almacenada disponible en el paquete de

- **Power resource VB**

Valor entregado de voltaje de las baterías al Sistema híbrido del vehículo Toyota Prius

- **Power resource IB**

Valor entregado de corriente medida en amperios de las baterías de alta tensión al sistema híbrido

- **Temp of tb**

Temperatura real de las celdas de la batería de alta tensión de Toyota Prius tercera generación

CAPÍTULO III

En este capítulo se realizó una descripción del diseño y construcción del módulo que ayudó a llevar a cabo el protocolo de pruebas para la batería de alta tensión del vehículo Prius tercera generación, además se detalló los equipos, programas y herramientas usados y en que ayudaron al desarrollo de la investigación.

3. METODOLOGÍA PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología, herramientas para el desarrollo de la investigación, es decir el enfoque metodológico. Por las características que posee la investigación se desarrolla el proceso de generación e interpretación de graficas de voltaje-corriente a través de equipos de tecnología de punta para establecer un protocolo de mantenimiento y reparación de baterías de vehículos híbridos.

3.1 Equipos

Los equipos fueron de vital importancia para obtención de datos y parámetros característicos de la batería y funcionamiento del módulo, con la ayuda de los equipos se pudo realizar las mediciones que ayudan a diagnosticar el estado de la batería.

3.1.1 Escáner Techstream

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.

En la portada se escogieron diferentes opciones entre prueba rapida o una prueba completa de todos los sistemas por medio de las cuales se identificaron los diferentes DTCs de cada módulo o una ispeccion superficial de el estado general del vehicul

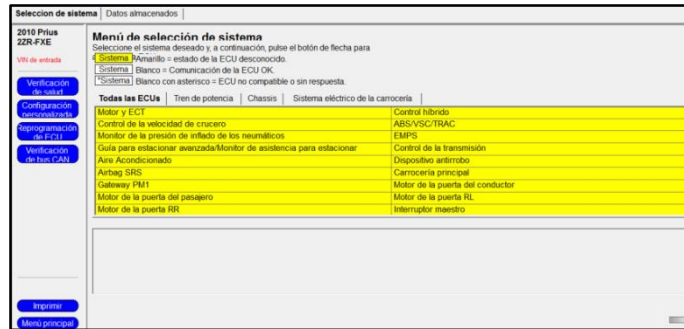


Figura 47: Portada Techstream

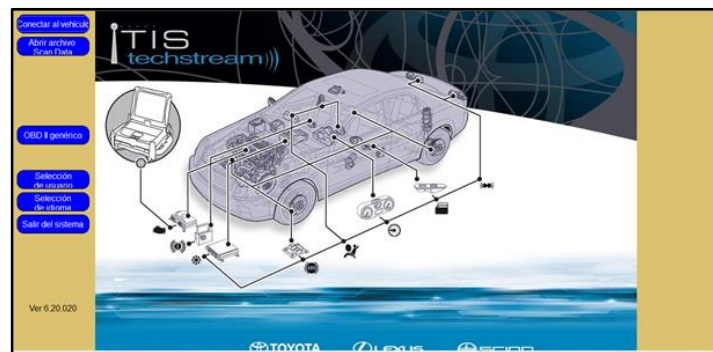


Figura 48: Opciones Techstream

Es un software o un programa cuyo funcionamiento principal es el diagnóstico automotriz en los diferentes tipos de vehículos híbridos de alta gama (Toyota, Lexus y Scion). Como todo sistema operativo busca mejoras continuas para su avance, el Techstream cuenta con una alta gama de software las cuales incluyen actualizaciones en sus diferentes opciones que van desde su diagnóstico hasta su programación.

| Parametro | Valor | Unidad | Parametro | Valor | Unidad |
|---------------|-------|--------|------------------------|-------|--------|
| Control Value | -25.0 | KW | Battery Block Vol -V05 | 13.56 | V |
| Control Value | 10.5 | KW | Battery Block Vol -V06 | 12.93 | V |
| Power Mode1 | 1 | | Battery Block Vol -V07 | 12.57 | V |
| Power Mode | 0 | | Battery Block Vol -V08 | 11.37 | V |
| Power Request | OFF | | Battery Block Vol -V09 | 13.08 | V |
| Batt TB1 | 28.7 | C | Battery Block Vol -V10 | 13.18 | V |
| Batt TB2 | 32.6 | C | Battery Block Vol -V11 | 13.69 | V |
| Batt TB3 | 28.2 | C | Battery Block Vol -V12 | 14.08 | V |
| Batt Vol -V01 | 14.67 | V | Battery Block Vol -V13 | 14.40 | V |
| Batt Vol -V02 | 14.40 | V | Battery Block Vol -V14 | 14.72 | V |
| Batt Vol -V03 | 14.21 | V | Pattern Switch (PWR/M) | OFF | |
| Batt Vol -V04 | 13.77 | V | Detail Code 1 | 123 | |

Figura 49: Valores de la batería

El Techstream cuenta con un ordenador especial el cual funciona con los protocolos de comunicación específicos de la marca también consta de cables que va a permitir conectar desde el ordenador hasta el vehículo.

- **Características**

Tabla 17:

Especificaciones Techstream

| Propiedades | |
|----------------------------|--|
| Protocolos de comunicación | K-Line ISO 9141 KWP 2000 ISO 14230-4 SAE J1850 PWM SAE J1850 VPW CAN 2.0B ISO 11898 CAN ISO 15765-4 |
| Temperatura de operación | -20 a 70 °C (-4 a 158 °F) |
| Interface de Diagnóstico | 16 PIN |
| Conectividad | Tipo USB 2.0 |
| Electricidad | DC 5 V - 36 V |
| Consumo | 0.3 W |

3.1.2 Termómetro laser

GM700 termómetro laser -30°C a 260°C se utilizó para medir la temperatura de las baterías de alta tensión del vehículo Toyota Prius de

tercera generación ya que como se pudo concluir la temperatura es un gran factor para determinar el estado de la batería.



Figura 50: Termómetro laser

El termómetro laser es preciso, no necesita contacto con el elemento a medir es seguro y fácil de usar. Basta con apuntar a un objeto y leer su temperatura su mira láser permite una orientación precisa. Consiste en la óptica, sensor de temperatura, amplificador de señal, circuitos de procesamiento y visualización de cristal líquido.

- **Características**

Tabla 18:

Sensor infrarrojo

| Propiedades | |
|---------------------------------------|---------------|
| Rango de medición | -30 a +260 °C |
| Relación distancia-punto de medición: | 8 : 1 |
| Tolerancia | 0,1 °C |

3.1.3 OTC Osciloscopio Automotriz

Equipo de medición y diagnóstico base para visualizar las curvas características de tensión y voltaje de las diferentes celdas a analizar, también se usó para determinar valores de corriente entregada.



Figura 51: Osciloscopio Automotriz

Procedimientos de prueba adecuados para una rápida y precisa reparación. Diagramas visibles en Pantalla muestran el número de pines y colores de los cables, tanto para el PCM como para el conector de componentes. Potente capacidad de información de referencia para cada prueba preestablecida

- **Características**

Tabla 19:

Osciloscopio OTC

| | |
|---------------------------|--|
| Propiedades | |
| Base de datos | Vehículos nacionales y extranjeros |
| Pruebas de procedimientos | Rápidas, precisas |
| Canales | 2 |
| Actualización de datos | 25 mhz de frecuencia de muestreo por canal |
| Mediciones graficas | True rms mmg (grafica multímetro) |
| Analiza | Sensores, actuadores |

3.1.4 Banco de pruebas para batería de Toyota Prius

El banco de pruebas analizó la batería del vehículo Toyota Prius completa en el procedimiento de carga y descarga, este proceso ayudó a realizar el ciclaje de la misma ya que carga y descarga la batería en conjunto

además en el cual se pudo visualizar el valor del voltaje de cada uno de los packs logrando así equiparar el comportamiento de la batería en el vehículo.

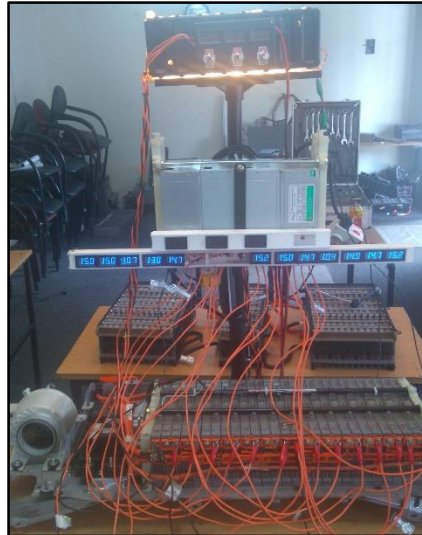


Figura 52: Banco de pruebas.

- **Características**

Tabla 20:

Especificaciones del banco de pruebas

| Propiedades | |
|----------------------------|------------------------------------|
| Corriente | Proporcional a la carga o descarga |
| Alimentación | 110V x 2 |
| Numero de packs a analizar | 14 |
| Capacidad de carga | 220 v |

3.2 Software y programas

Los diferentes softwares para la programación y para la interpretación de señales analógicas a digitales fue una de las partes fundamentales para poder realizar el control de las mismas, con la ayuda de los programas (Vascón, Proteus, labview) se pudo presentar parámetros de manera didáctica lo cual ayudó a la correcta interpretación de resultados

3.2.1 Vascón Abr.

Bascom para BAS IC compiladora, ha sido desarrollado por la familia de Mark Alberts de compiladores cruzados, el BASIC, junto con algunas extensiones propietarias en ejecutable de código de máquina para múltiples arquitecturas de procesador para sistemas embebidos puede traducir. Apoyados microcontroladores de la arquitectura AVR y los MCS-51 familiares. El compilador cruzado que corre bajo Microsoft Windows y ofrecer, junto con la función de traducción también una plataforma de desarrollo y emuladores de los sistemas de destino que permiten efectuar pruebas en el sistema de desarrollo.



Figura 53: Portada Bascom Avr

Bascom es compatible con muchas extensiones propietarias que cumplan con los requisitos específicos de los sistemas embebidos. El conjunto más simple BÁSICO variantes ampliado de manera significativa de los tipos de datos elementales incluye bits individuales que también están representados, como tales, son números enteros 1, 2 o 4 bytes, con y sin signos y números de punto flotante con 32 o 64 bits de acuerdo con el estándar IEEE 754.

3.2.2 Proteus 8.1

El software es fundamental puede simular circuitos electrónicos tanto análogos como digitales y así poder brindar una respuesta aproximada de lo que es el comportamiento en lo real.

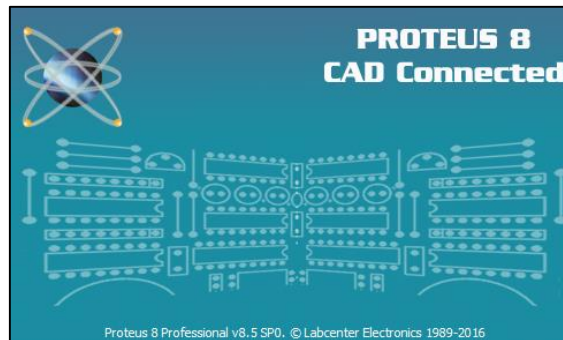


Figura 54: Portada Proteus 8.1

El módulo ISIS es donde permite dibujar el área donde se va a esquematizar el circuito que se va a simular, va ser la área de trabajo. Durante la elaboración, se puede realizar simulaciones avanzadas del funcionamiento utilizando las herramientas ProSPICE (simulación del circuito electrónico) y VSM (simulación de la lógica del programa cargado en el microprocesador).

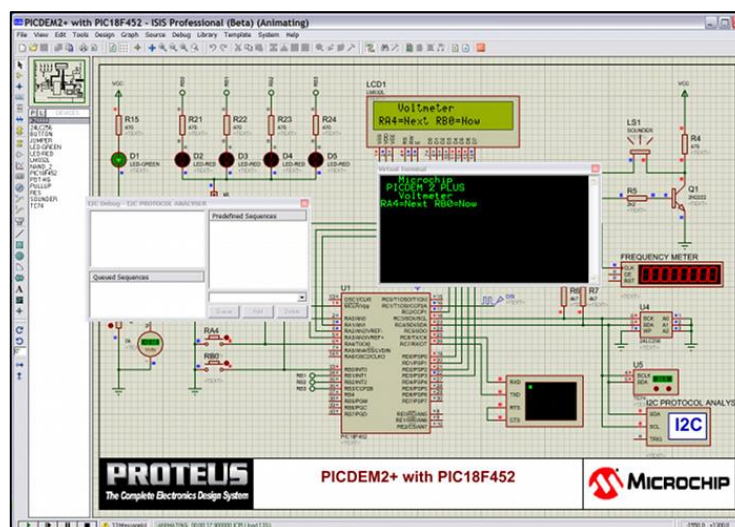


Figura 55: Esquema Proteus

Una vez diseñado el esquema electrónico, se genera de forma automática la lista de redes (NETLIST). Una red es un grupo de pines interconectados entre sí y la lista de redes es una lista con todas las redes que forman el diseño. El módulo encargado de diseñar la placa de circuito impreso es capaz de recibir esta lista de redes para, a partir de ella, construir nuestra PCB. De esta forma se aseguró que la placa tendrá unidos entre sí los pines de forma idéntica a como se ha definido el esquema electrónico.

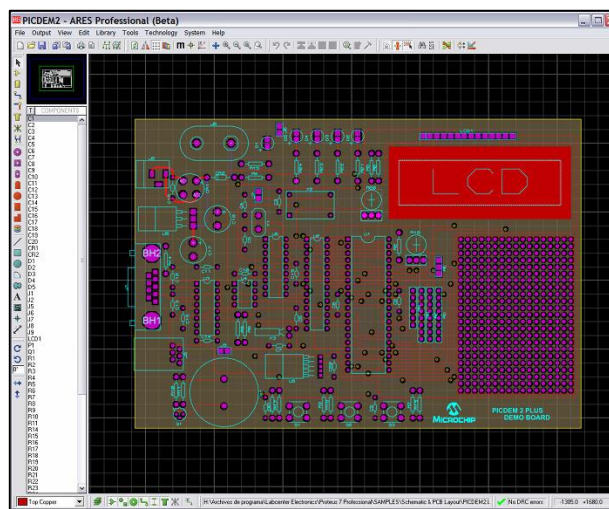


Figura 56: Circuito Proteus

Cualquier modificación que se realice en el esquema, se reflejó automáticamente en el diseñador del circuito impreso y aparecerán resaltados los cambios que se hayan producido. De esta forma la modificación y rediseño de la placa se realizó de forma más simple y segura.

3.3 Diseño y construcción del módulo

El módulo se diseñó con el fin de crear una ayuda para el diagnóstico, mantenimiento o reparación de la batería de alta tensión del vehículo Prius tercera generación, este módulo se programó para realizar diferentes tareas

como son cargar y descargar la batería a los niveles más bajos, cargar y descargar la batería a niveles óptimos para así obtener un diagnóstico de cada pack de batería lo cual indicara si es el pack se encuentra óptimo para un mantenimiento o es necesario una reparación basándome en las fichas técnicas de las baterías de NiMH los cuales afirman que la mejor manera de cargar y descargar es con una corriente constante, por lo tanto se diseñó el módulo para generar una corriente de carga constante. El módulo también realiza la tarea de medir la corriente, voltaje para posteriormente graficar una curva característica mientras se carga o descarga la batería de alta tensión

También el módulo se encargó de gestionar tiempos de carga y descarga para realizar procesos de ciclaje el cual es un proceso que reacondicionara la batería del vehículo. Para todos los procesos se seleccionó diferentes componentes con el propósito de cumplir con los diferentes requerimientos que me planteé al inicio de la investigación.

3.3.1 Requerimientos del módulo

El módulo de análisis y mantenimiento de baterías del sistema híbrido del Toyota Prius tercera generación debe realizar mediciones en tiempo real para establecer procedimientos específicos, los cuales ayudan a reacondicionar baterías de alta tensión y diagnosticar el estado de vida en que se encuentren

- El módulo debe funcionar con una tensión de 110 v.
- Disponer de fuentes de corriente continua.
- Generar una corriente continua para cargar de 1 amperio hora para cargar cada una de las celdas.
- Debe ser automático el tiempo de carga y descarga.
- Para el proceso de descarga los parámetros de corriente y voltaje deben ser los específicos para este tipo de baterías.

- Debe visualizar en la pantalla diagramas V-T, I-T de cada una de las celdas que se esté analizando.
- Debe ser programable mediante comandos los cuales ayuden a determinar los parámetros necesarios como tiempo de carga, temperatura máxima de funcionamiento, para realizar los diferentes procedimientos.

3.3.2 Bloques

Entre los componentes principales para la operación del módulo de carga y descarga se encuentran divididos en 4 bloques los cuales ayudan a diferenciar las partes por medio de funciones específicas de cada uno de los sub módulos los cuales son:

A. Bloque fuente de poder

Esta parte se encarga de enviar la corriente necesaria para el funcionamiento del módulo la cual es 12v para el funcionamiento de los transistores y 5 voltios para el funcionamiento del microcontrolador.

- **Fuente no regulable (40 v)**

Envía un valor de 40V DC a 3 A irregulares al módulo convertidor de voltaje DC-AC LM2596

- **Fuente regulada**

El Regulador LM2596 convertidor de potencia de 150 kHz, regulador de conmutación descendente (buck), capaz de conducir una carga de 3-A con excelente línea y carga. Cuenta con una salida fija de Tensiones entre de 3,3 V y 12 V este regulador cuenta con una salida ajustable de voltaje y corriente.

- **LM2596**

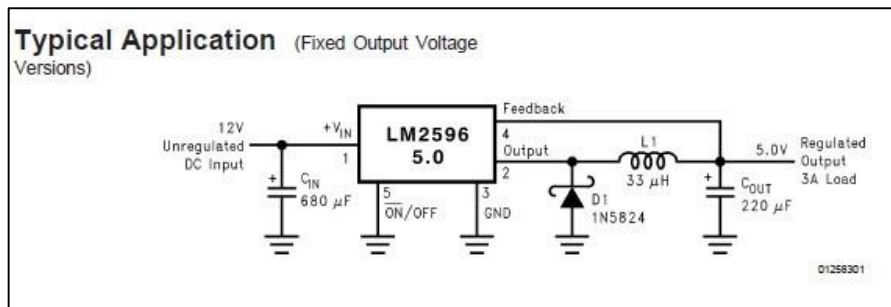


Figura 57: Circuito LM2596

Requiere un número mínimo de Componentes, estos Incluyen la compensación de frecuencia interna, y una frecuencia fija.

- **Características:**

Tabla 21:

Características LM2596

| PARÁMETROS | VALORES |
|-----------------------------|---------------------------------|
| Valores de salida | De 3,3 V, 5 V, 12 V y ajustable |
| Rango de voltaje de salida | 1.2-V A 37 V \pm 4% |
| Corriente de carga | 3-A |
| Rango de voltaje de entrada | Hasta 40 V |

La realimentación de este componente se hizo de acuerdo a la salida de señal del microcontrolador el cual se constituye con un divisor de tensión al cual se le aplica una tensión entre 0v y 4v para lograr un voltaje de salida del ADJ un voltaje de 0v a 20v con el cual se pudo controlar el voltaje de carga de una celda o dos celdas, esto depende de la señal que se envié al micro, la señal que escogió de acuerdo a la teoría

B. Bloque microcontrolador

Se encarga de controlar la corriente tanto de carga como de descarga lo cual permitió generar la curva característica V-T y I-T de la celda o pack de la batería de alta tensión.

El microcontrolador trabajo con PWM modulación de ancho de pulso da una señal a la salida del microcontrolador que indica la cantidad de carga con la ayuda de un seguidor de emisor esta señal no varía. El microcontrolador se encarga de la comunicación con la computadora mediante una interfaz BOARD para realizar un programa en la misma que represente el valor de la corriente q se envía del módulo y saber el voltaje de carga y descarga. Para realizar el control de tiempo de carga y descarga de las baterías se seleccionó a él microcontrolador

- **Microcontrolador 328P**

| | | | |
|--------------------------|----|----|------------------------|
| (PCINT14/RESET) PC6 | 1 | 28 | PC5 (ADC5/SCL/PCINT13) |
| (PCINT16/RXD) PD0 | 2 | 27 | PC4 (ADC4/SDA/PCINT12) |
| (PCINT17/TXD) PD1 | 3 | 26 | PC3 (ADC3/PCINT11) |
| (PCINT18/INT0) PD2 | 4 | 25 | PC2 (ADC2/PCINT10) |
| (PCINT19/OC2B/INT1) PD3 | 5 | 24 | PC1 (ADC1/PCINT9) |
| (PCINT20/XCK/T0) PD4 | 6 | 23 | PC0 (ADC0/PCINT8) |
| VCC | 7 | 22 | GND |
| GND | 8 | 21 | AREF |
| (PCINT6/XTAL1/TOSC1) PB6 | 9 | 20 | AVCC |
| (PCINT7/XTAL2/TOSC2) PB7 | 10 | 19 | PB5 (SCK/PCINT5) |
| (PCINT21/OC0B/T1) PD5 | 11 | 18 | PB4 (MISO/PCINT4) |
| (PCINT22/OC0A/AIN0) PD6 | 12 | 17 | PB3 (MOSI/OC2A/PCINT3) |
| (PCINT23/AIN1) PD7 | 13 | 16 | PB2 (SS/OC1B/PCINT2) |
| (PCINT0/CLKO/ICP1) PB0 | 14 | 15 | PB1 (OC1A/PCINT1) |

Figura 58: Microcontrolador 328P

El Atmega 328 AVR 8-bit es un Circuito integrado de alto rendimiento que está basado un microcontrolador RISC, combinando 32 KB ISP flash una memoria con la capacidad de leer mientras escribe, 1 KB de memoria EEPROM, 2 KB de SRAM, 23 líneas de E/S de propósito general, 32 registros de proceso general, tres temporizadores flexibles/contadores con modo de comparación, interrupciones internas y externas, programador de modo USART.

Tabla 22**Parámetros atmega328**

| PARÁMETROS | VALORES |
|--------------------------------|----------------|
| Flash | 32 Kbytes |
| SRAM | 2 Kbytes |
| Cantidad Pines | 28 |
| Frecuencia máxima de operación | 20 MHz |
| CPU | 8-bit AVIR |
| Pines máximos de E/S | 23 |
| Interrupciones internas | 24 |
| SPI | 1 |
| UART | 1 |
| Canales ADC | 8 |
| Resolucion de ADC | 10 |
| Eeprom | 1K |
| Canales PWM | 6 |
| Voltaje de operación | 1.8-5.5 v |
| Timers | 3 |

C. Bloque de carga

Este módulo se encarga de gestionar la carga y descarga de la batería controlando corriente manteniéndola estable y constante para realizar una óptima carga en las baterías tipo NIMH además mide temperatura y tiempo de carga para determinar el estado de la batería.

El censado de la corriente que la batería se realiza a través de la resistencia Shunt de $0,05\Omega$ ya que se enviará una corriente constante a la batería y está a medida que la batería está cargando se va debilitando la corriente de carga. La resistencia Shunt trabaja en conjunto con el comparador de corriente para determinar la carga de la batería y cuando esta se encuentra cargada desactiva el envío de carga a la misma.

Cuando la intensidad de corriente llega a 80mA desactiva la carga ya que este valor determina la carga total de la batería

- **Resistencia de Shunt**

Una resistencia Shunt es un elemento diseñado para utilizarlo en la medición de corriente continua, Conocido también como derivador de corriente, resistencia Shunt o resistencia de derivación.

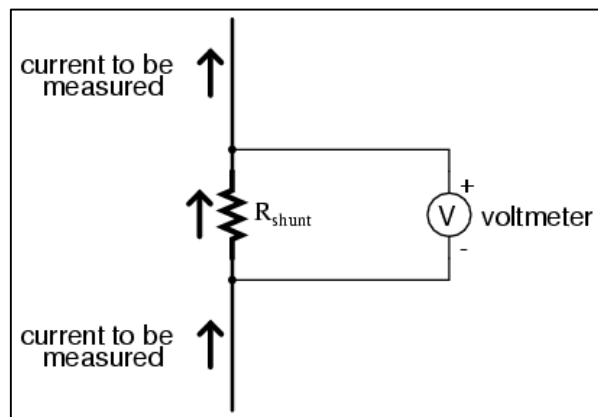


Figura 59: Resistencia Shunt

Fuente: (industrial, 2008)

Está construido como elemento de cuatro terminales, separando las terminales de corriente y de tensión, el cual anula así la influencia de la caída de tensión en los cables de conexión, ya que las amplitudes elevadas de corriente que manejan estos instrumentos, pueden ser de consideración. Uno de los usos del Shunt es utilizado para ampliar el alcance de medición de corriente. Este es conectado en paralelo con el cuadro móvil de un amperímetro, permite aumentar la extensión de la medición.

- **Divisor de tensión**

El divisor de tensión permite tener el control del voltaje de carga de la batería ya que envía una señal de tensión entre 0v y 4v de la computadora a través del microcontrolador indicara el valor de carga de la batería.

- **LM358**

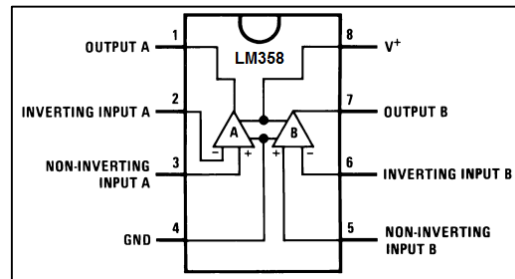


Figura 60: LM358

Circuito integrado LM358. Tiene una amplia utilidad en diversos campos de la Electrónica y es un circuito de fácil implementación.

- **Características**

Tabla 23:

Especificaciones LM358

| PARÁMETROS | VALORES |
|---------------------------------|--------------------------|
| Ganancia | 100dB |
| Ancho de banda | Gran capacidad |
| Oscilación de voltaje de salida | 0V DC a pc control -1.5V |
| Señal de salida | 0 y 4v |

Consiste en dos circuitos independientes que se encuentran dentro del encapsulado que compensan la frecuencia del amplificador operacional y cada uno opera como suplemento de poder que operan a diferentes rangos de voltaje, el drenaje es posible también bajo las operaciones de fuerza independientemente de la magnitud del suministro de voltaje, su diagrama es de fácil implementación.

D. Bloque de descarga

Es una de las partes fundamentales del módulo ya que controla la descarga por medio de una resistencia la cual realiza una descarga controlada que permite la visualización de las curvas características de descarga la cual es de suma importancia para el diagnóstico del estado de la batería. Se descarga por medio de una resistencia específica para consumo de corriente la cual tiene como principal característica no calentarse a diferentes rangos de corriente.

- **Transistor mosfet**

Mediante este transistor se podrá tener el control de descarga el cual tendrá una intensidad de corriente de 1 A.

3.4 Armado de módulo

Para el armado en protoboard se realizó con sumo cuidado ya que los componentes son muy costosos y no se encuentran con facilidad en el país, hubo componentes o elementos como la resistencia de potencia el microcontrolador, que se tuvo que traer del exterior por que no se encontraron o su precio fue muy elevado

Para su correcto funcionamiento se realizaron pruebas en el proto a diferente intensidad de carga llega a 3A como máximo y así se probó la fiabilidad de los componentes

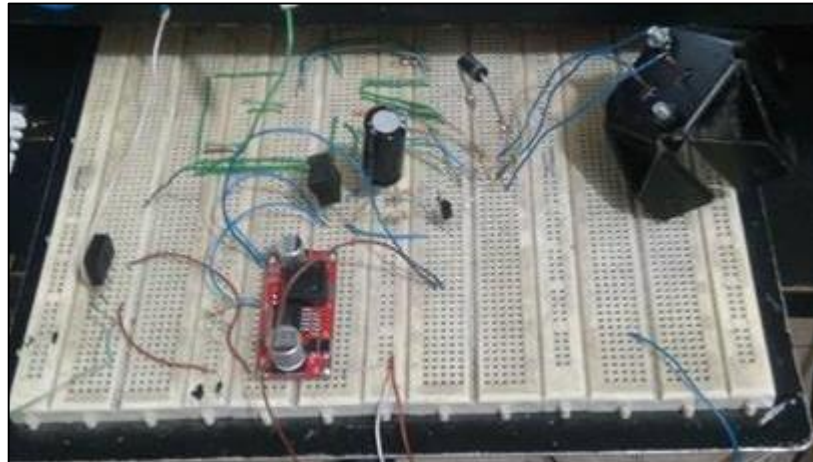


Figura 61: Armado controlador de carga

Luego de probar diferentes componentes se determinó que alguno necesitaba un disipador de calor para soportar el amperaje que la carga requiere también se pudo determinar que los capacitores necesitan más capacidad para las exigencias del módulo

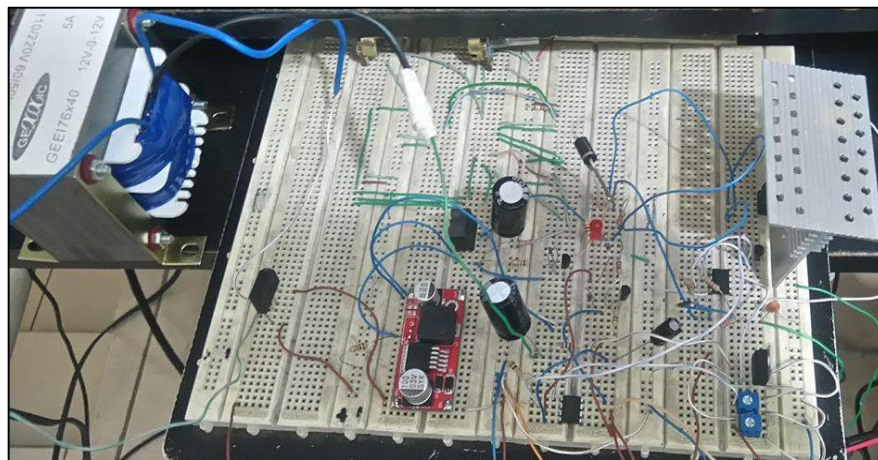


Figura 62: Armado fuente

Luego de cambiar los componentes se pudo realizar las pruebas satisfactoriamente el voltaje de carga y descarga fue simulado por potenciómetros ya que el microcontrolador no estaba programado

3.4.1 Diseño del circuito

El diseño del módulo se realizó mediante el software Proteus en lo que respecta a lo que es el diagrama y el posterior armado del mismo, se usó este software gracias a la capacidad que tiene para simular múltiples componentes y que fueron necesarios para realizar este proyecto. En el diseño se contempló múltiples esquemas y diagramas con similares características se hicieron diferentes diseños, pero el que se presenta es el que satisfago todas las necesidades que el presente proyecto necesito. Luego que se armó en el protoboard y se probó con diferentes componentes se procedió a definir el esquema del módulo.

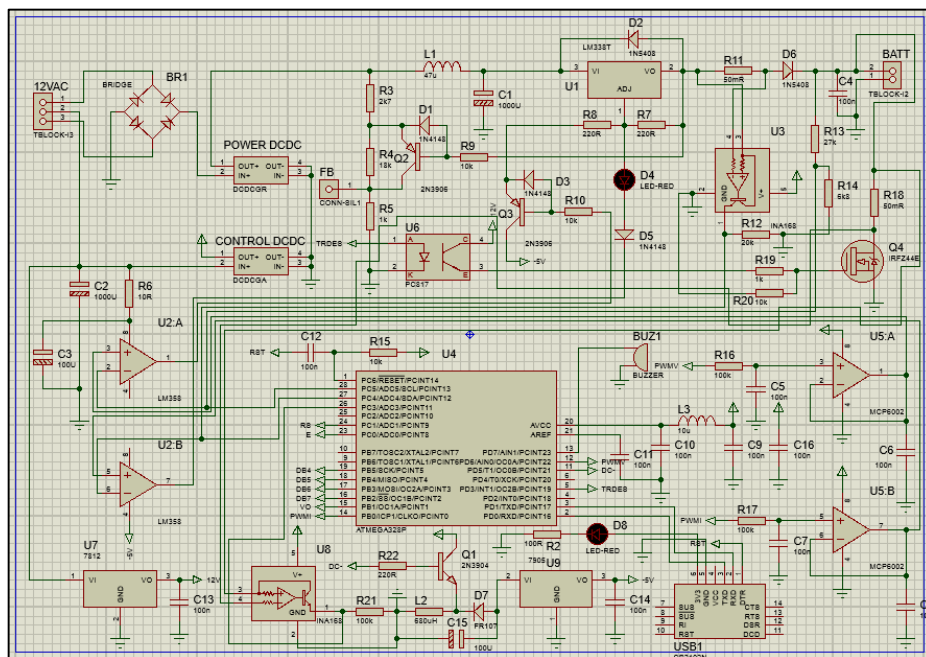


Figura 63: Circuito de la placa

Tabla 24

Capacitores

| CATEGORÍA | REFERENCIA | VALOR |
|-------------|------------|-------|
| Capacitores | C1-C2 | 1000U |
| Capacitores | C3 | 100U |
| Capacitores | C4 | 100n |
| Capacitores | C5-C13,C16 | 100n |

Tabla 25
Resistencias

| CATEGORÍA | REFERENCIA | VALOR |
|-------------|-------------|-------|
| Resistencia | R1 | 47R |
| Resistencia | R2 | 100R |
| Resistencia | R3 | 2k7 |
| Resistencia | R4 | 18k |
| Resistencia | R5 | 1k |
| Resistencia | R6 | 10R |
| Resistencia | R7-R8 | 220R |
| Resistencia | R9-R10,R15 | 10k |
| Resistencia | R11,R18 | 50mR |
| Resistencia | R12 | 20k |
| Resistencia | R13 | 27k |
| Resistencia | R14 | 6k8 |
| Resistencia | R16-R17,R21 | 100k |
| Resistencia | R19 | 1k |
| Resistencia | R22 | 220R |

Tabla 26
Circuitos integrados

| CATEGORÍA | REFERENCIA | VALOR |
|----------------------|------------|------------|
| Circuitos integrados | U2 | LM358 |
| Circuitos integrados | U3,U8 | INA168 |
| Circuitos integrados | U4 | ATMEGA328P |
| Circuitos integrados | U5 | MCP6002 |
| Circuitos integrados | U6 | PC817 |
| Circuitos integrados | U7 | 7812 |
| Circuitos integrados | U9 | 7905 |

Tabla 27
Transistor

| CATEGORÍA | REFERENCIA | VALOR |
|------------|------------|---------|
| Transistor | Q1 | 2N3904 |
| Transistor | Q2-Q3 | 2N3906 |
| Transistor | Q4 | IRFZ44E |

Tabla 28
Diodos

| CATEGORÍA | REFERENCIA | VALOR |
|-----------|------------|---------|
| Diodos | D2,D6 | 1N5408 |
| Diodos | D4,D8 | LED-RED |
| Diodos | D7 | FR107 |

3.4.2 Diseño de la placa

El diseño de la placa se realizó gracias a la ayuda del programa Proteus el cual fue de vital importancia para que la placa se realice de una manera rápida y con una excelente calidad

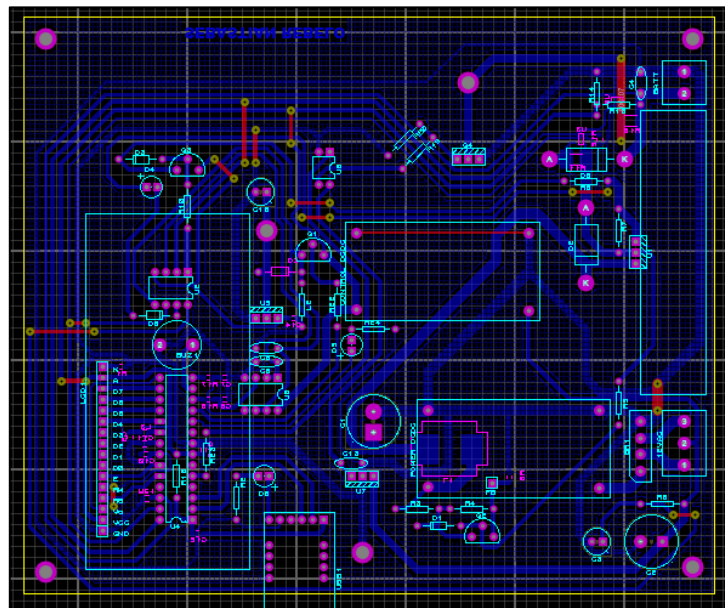


Figura 64: Circuito final

- **Impresión y quemado del diagrama**

La impresión de la placa se la hizo sobre material de fibra de vidrio FR4 con líneas de cobre recubiertas de tinta

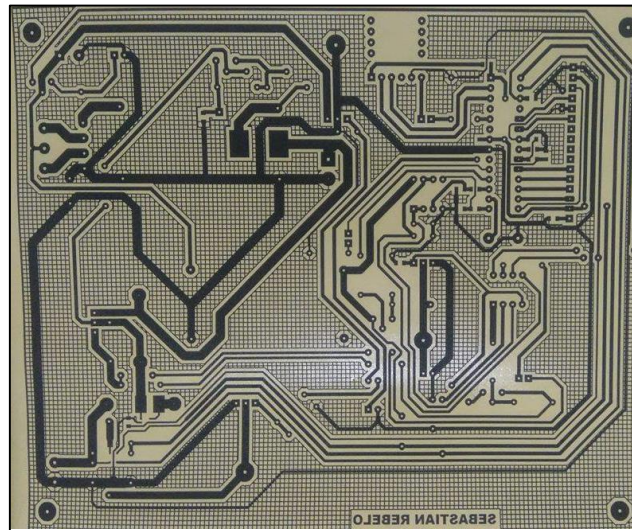


Figura 65: Circuito impreso en placa

La en la placa de cobre se imprime las líneas y estas recubren al cobre para que posteriormente por un proceso de oxidación quedando solo las líneas debajo del camino de tinta

3.4.2 Armado

El armado se realizó ya con la placa debidamente quemada en la cual las líneas de conexión estaban correctamente impresas, se procedió a perforar pequeños orificios para el ensamble de los diferentes componentes y su posterior soldadura de las patas de los elementos en las líneas las cuales conectan a cada uno de los elementos para que el módulo funcione correctamente.

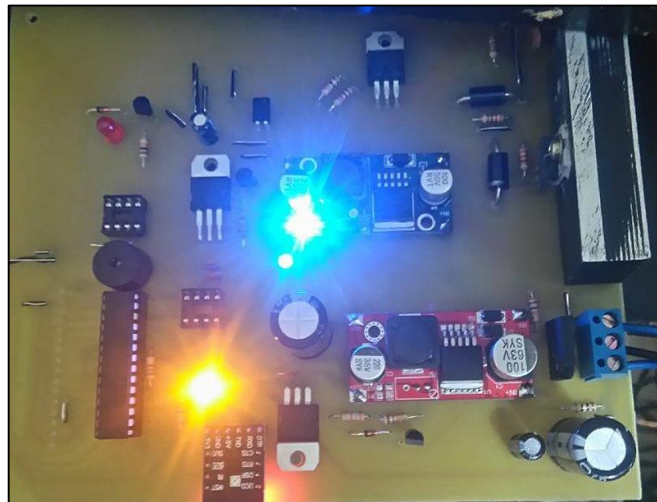


Figura 66: Instalación de componentes en la placa

3.5 Funcionamiento

El funcionamiento del módulo de carga y descarga se realiza mediante múltiples elementos electrónicos.

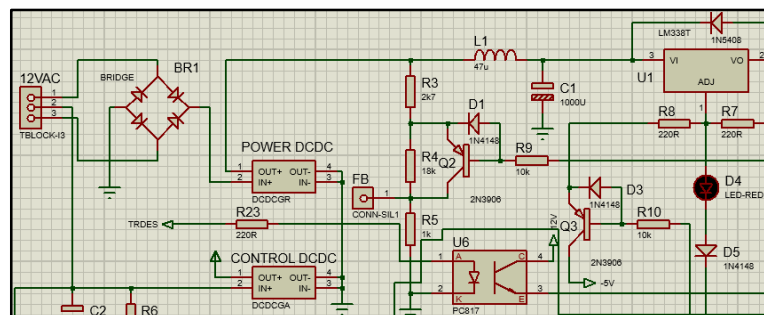


Figura 67: Elementos de carga

En la entrada de 24 voltios AC con tap central mediante un puente de diodos y un convertor DC-DC se obtuvo un voltaje de 24 voltios DC la cual alimentará a los amplificadores operacionales que actúan como comparadores y seguidores. EL tap da un voltaje de 12 voltios AC de igual manera mediante un convertor DC-DC se rectifica a un voltaje de 12 voltios DC para alimentar al circuito de carga de baterías.

Para el circuito de carga se usó un LM338 mediante las resistencias R7 y R8 son las que permitieron configurar el voltaje a la salida y mediante el

TBJ 2n3906 que se encuentra en la parte inferior el cual permite variar el voltaje, para el momento de la carga se tenga un voltaje mayor a 7.5 y para el momento que se detecta que está cargada la batería sería casi cero.

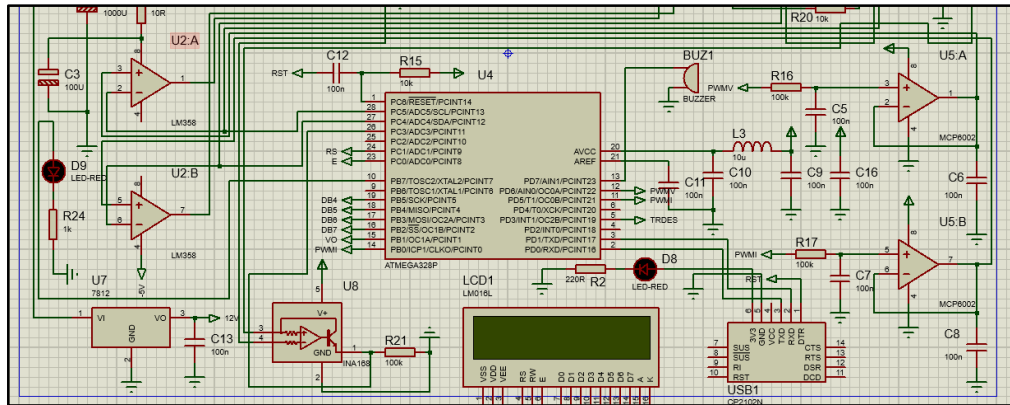


Figura 68: Elementos control de carga

Con el microcontrolador se generan señales PWM y mediante un filtro unidireccional por medio de un diodo pasa a voltaje continuo, luego de esto va a un operacional en modo seguidor mediante el MCP6002 y la salida de este va a un comparador con el circuito operacional LM358, con el LM358 de la parte superior se activa o desactiva el cargador y con el de abajo se detecta si está en sobre corriente.

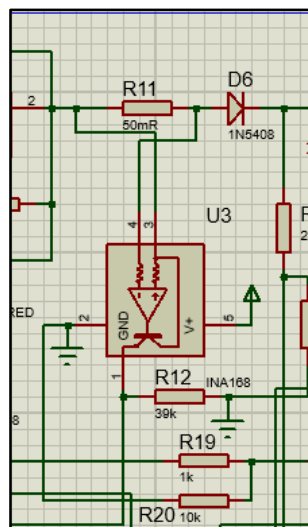


Figura 69: Elementos de censado de corriente

INA168 permite censar la corriente de carga y descarga, la resistencia R12 permite obtener valores de tensión de 4v cuando estén circulando con una intensidad de 2A.

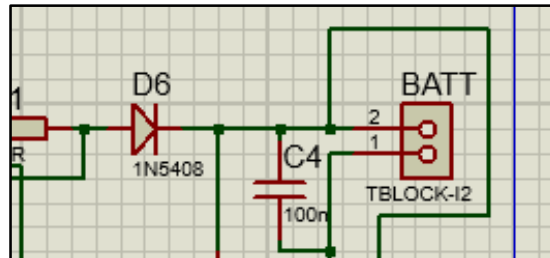


Figura 70: Control de voltaje

El diodo que permite que al momento de realizar la carga vaya el voltaje del LM338 hacia la batería y en el momento de descarga no se regrese el voltaje hacia el mismo.



Figura 71: Censado de carga y descarga

R13 y R14 permiten censar el voltaje tanto para la carga como para la descarga.

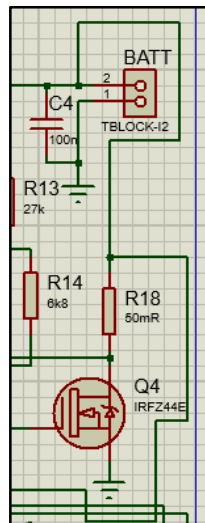


Figura 72: Circuito de descarga de la batería

3.6 Interfaz gráfica

La interfaz gráfica permite controlar el módulo mediante la computadora, además de controlar parámetros como el tiempo de carga, tiempo de descarga, se pudo encender y apagar el módulo desde la computadora por medio del software LabVIEW.

Además de generar en la pantalla curvas características de voltaje y corriente de la celda que se está analizando en tiempo real, luego guarda los parámetros y posteriormente los exporta a Excel para tener un registro del análisis de la batería.

3.6.1 LabVIEW

Para el presente proyecto se usó LabVIEW el cual es un sistema de programación gráfica para aplicaciones que involucren adquisición, control, análisis y presentación de datos. Las ventajas que proporciona el empleo de LabVIEW se resumen en las siguientes:

- Se reduce el tiempo de desarrollo de las aplicaciones al menos de 4 a 10 veces, ya que es muy intuitivo y fácil de aprender.
- Dota de gran flexibilidad al sistema, permitiendo cambios y actualizaciones tanto del hardware como del software.
- Da la posibilidad a los usuarios de crear soluciones completas y complejas.
- Con un único sistema de desarrollo se integran las funciones de adquisición, análisis y presentación de datos.
- El sistema está dotado de un compilador gráfico para lograr la máxima velocidad de ejecución posible.

Se realizó la siguiente interfaz gráfica para cumplir con los requerimientos del módulo además hacer fácil su manejo para lograrlo se integraron ventanas y botones de acción los cuales son:



Figura 73: Pastes interfaz gráfica.

1. Puerto COM: Es el número de puerto por el cual se comunica con el módulo la computadora.
2. Delay: El tiempo de respuesta de la placa.
3. Temperatura: Temperatura de la celda durante el procedimiento.
4. Muestreo: El tiempo entre cada dato exportado a Excel.
5. Carga: Señal que inicia el proceso de carga el módulo.

6. Descarga: Señal que indica inicio del proceso de descarga.
7. Apagar: Señal que indica terminar con los procesos ya sea carga o descarga.
8. Stop: Señal que apaga la interfaz gráfica.

En la interfaz se tiene dos pantallas las cuales, la pantalla 1 representará valores de voltaje de la batería y la pantalla 2 representara valores de corriente de carga o descarga según el proceso que se indique por medio de los botones de control.



Figura 74: Interfaz final

El diagrama de bloques constituye el código fuente del VI. En el diagrama de bloques es donde se realiza la implementación del programa del VI para controlar o realizar cualquier procesamiento de las entradas y salidas que se crearon en el panel frontal.

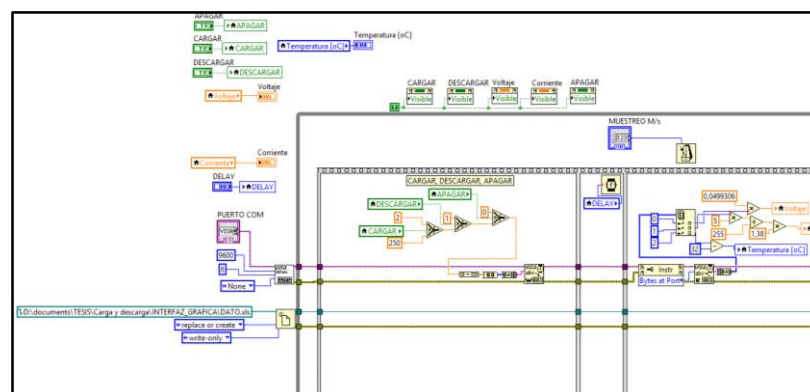


Figura 75: Diagrama de carga

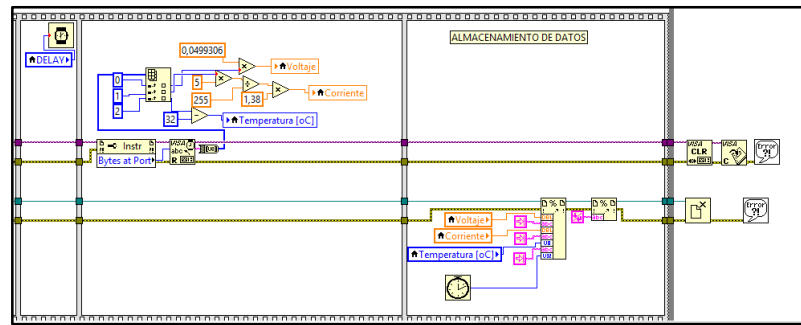


Figura 76: Diagrama de descarga

El diagrama de bloques incluye funciones y estructuras integradas en las librerías que incorpora LabVIEW. En el lenguaje G las funciones y las estructuras son nodos elementales. Son análogas a los operadores o librerías de funciones de los lenguajes convencionales. Los controles e indicadores que se colocaron previamente en el Panel Frontal, se materializan en el diagrama de bloques mediante los terminales.

3.6.2 Hoja de datos

Cuando terminaron los procesos de carga y descarga el pulsador de stop además de apagar el módulo exporta los datos a una tabla de Excel los cuales son parametrizados para obtener una gráfica completa de la carga y descarga de la celda con la cual se pudo identificar la curva característica de la batería tipo Ni-MH, con esto se puede comparar las cada una de las celdas e identificar su estado de una manera fiable.



Figura 77: Hoja de datos Excel

3.2.3 Diseño exterior

El diseño de la caja que contiene todos los elementos del módulo se realizó mediante el programa inventor el cual se consideró parámetros como orificios de ventilación, orificio de toma de datos para que el módulo sea lo didáctico en su manipulación y de fácil manejo.

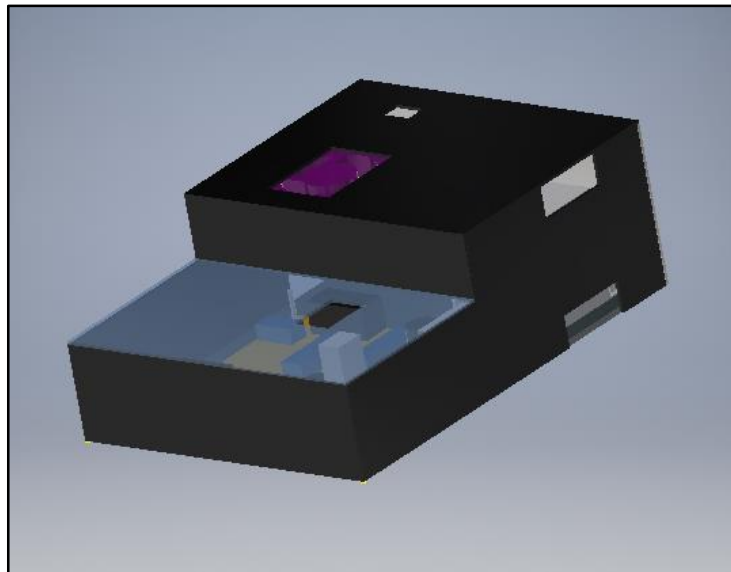


Figura 78: Estructura acrílica

La estructura se realizó con acrílico de 2 milímetros de espesor de color negro y la tapa en transparente para poder visualizar los componentes y su estado de funcionamiento



Figura 79: Módulo parte superior

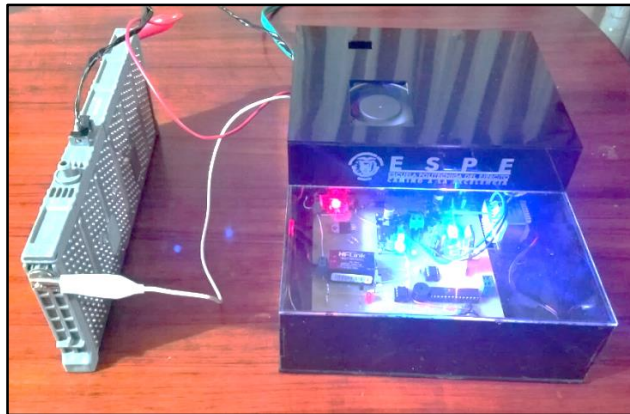


Figura 80: Módulo encendido

La conexión del módulo a la celda se realiza por medio de los cables de corriente los cuales se conectaron a los polos positivos y negativos de la misma, conectando el cable rojo al borne positivo de la celda y el cable blanco al borne negativo de la celda.

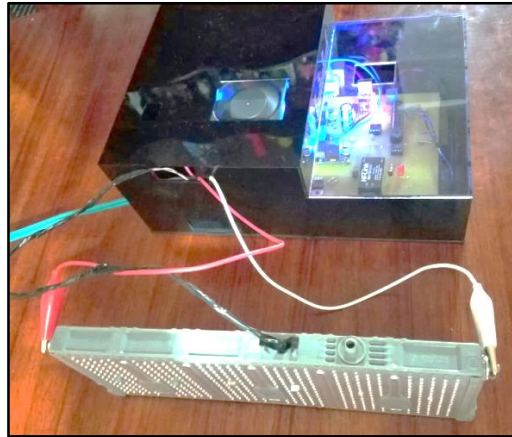


Figura 81: Conexión de módulo

El módulo tiene un sensor el cual cuenta con una resistencia interna la cual varía entre el rango que puede ir desde 0 hasta 250 K Ω midiendo así la temperatura interna de la batería el cual se debe conectar en el orificio de la celda para el sensor de temperatura original de la batería.

CAPÍTULO IV

En el presente capítulo se concibieron principalmente pruebas y mediciones de la batería de alta tensión del sistema híbrido tomando en cuenta múltiples fuentes, basándome fundamentalmente en datos suministrados por el nuevo e innovador módulo de carga y descarga de la batería de alta tensión, así como también en el banco de prueba, con la recolección de datos en el presente capítulo se analizaron como resultado se obtuvo un protocolo específico para el mantenimiento de la batería.

4. PRUEBAS Y MEDICIONES

Los resultados obtenidos de la experimentación ejecutada en las baterías de alta tensión del vehículo Toyota Prius tercera generación con asistencia módulo de carga y descarga, así como el análisis que se aplicó tomando a consideración las tres técnicas de diagnóstico mencionadas en el capítulo dos.

4.1 Técnicas de recolección de datos

Las diferentes técnicas de recolección de datos fueron de vital importancia para realizar este proyecto ya que ayudó a obtener material nuevo, actualizado y conciso con lo cual se logró terminar satisfactoriamente el proyecto, entre las técnicas de recolección de datos se usaron:

1. Medio de libros e internet
2. Datos de escáner Techstream
3. Datos de módulo de carga y descarga
4. Datos de estado de vida, potencia y capacidad de la batería

4.2 Verificación y análisis de la batería

En el presente proyecto se abarcó todo lo que tiene que ver con el análisis de la batería por medio de diferentes herramientas, dentro de las principales se encuentran el escáner Techstream el cual fue de vital importancia para realizar este proyecto ya que dio a conocer por medio de diferentes parámetros como: temperatura, voltaje, SOC, resistencia interna. Los cuales fueron de gran ayuda para determinar el estado de vida de la batería del vehículo Toyota Prius de tercera generación, con el estado de vida de la batería se determina el siguiente paso dentro de la ecualización de la batería los cuales se abordarán posteriormente, la figura 82 muestra la pantalla del escáner y los diferentes parámetros que censa la computadora del sistema híbrido y la computadora general del vehículo.

| Parameter | Value | Unit | Parameter | Value | Unit |
|--------------------------|--------|------|-------------------------|-------|------|
| Engine Coolant Temp | 169 | F | Battery Block Vol -V02 | 16.41 | V |
| Engine Revolution | 2336 | rpm | Battery Block Vol -V03 | 16.44 | V |
| Vehicle Spd | 57 | MPH | Battery Block Vol -V04 | 16.42 | V |
| Engine Run Time | 879 | s | Battery Block Vol -V05 | 16.48 | V |
| +B | 14.050 | V | Battery Block Vol -V06 | 16.49 | V |
| DTC Clear Warm Up | 2 | | Battery Block Vol -V07 | 16.41 | V |
| DTC Clear Run Distance | 10 | mile | Battery Block Vol -V08 | 16.30 | V |
| DTC Clear Min | 140 | min | Battery Block Vol -V09 | 16.42 | V |
| MIL on Engine Run Time | 0 | min | Battery Block Vol -V10 | 16.50 | V |
| MIL Status | OFF | | Battery Block Vol -V11 | 16.42 | V |
| Mileage after Malfunc | 0 | mile | Battery Block Vol -V12 | 16.46 | V |
| Battery State of Charge | 63.5 | % | Battery Block Vol -V13 | 16.43 | V |
| Delta SOC | 0.0 | % | Battery Block Vol -V14 | 16.30 | V |
| Batt Pack Current Val | 5.07 | A | Internal Resistance R01 | 0.019 | ohm |
| Inhaling Air Temp | 57.2 | F | Internal Resistance R02 | 0.019 | ohm |
| VMF Fan Motor Voltage | 0.0 | V | Internal Resistance R03 | 0.019 | ohm |
| Auxiliary Battery Vol | 14.0 | V | Internal Resistance R04 | 0.019 | ohm |
| Charge Control Val | -20.0 | KW | Internal Resistance R05 | 0.019 | ohm |
| Discharge Control Val | 20.0 | KW | Internal Resistance R06 | 0.019 | ohm |
| Cooling Fan Mode | 0 | | Internal Resistance R07 | 0.019 | ohm |
| ECU Control Mode | 0 | | Internal Resistance R08 | 0.019 | ohm |
| Charge Control Signal | ON | | Internal Resistance R09 | 0.019 | ohm |
| Equal Charge Out Rly Sig | OFF | | Internal Resistance R10 | 0.019 | ohm |
| EQTR Charge Perm Sig | OFF | | Internal Resistance R11 | 0.019 | ohm |
| Standby Blower Request | OFF | | Internal Resistance R12 | 0.019 | ohm |
| Temp of Batt TB1 | 61.0 | F | Internal Resistance R13 | 0.019 | ohm |
| Temp of Batt TB2 | 63.9 | F | Internal Resistance R14 | 0.019 | ohm |
| Temp of Batt TB3 | 60.3 | F | Battery Low Time | 0 | |
| Battery Block Num | 14 | | DC Inhibit Time | 0 | |
| Batt Block Minimum Vol | 16.30 | V | Battery too High Time | 0 | |
| Minimum Batt Block No | 8 | | Hot Temperature Time | 0 | |
| Batt Block Max Vol | 16.51 | V | Compliance Regulation | OBD2 | |
| Max Battery Block No | 6 | | Emission DTC Num | 0 | |
| Battery Block Vol -V01 | 16.49 | V | The Stored DTC Num | 0 | |

Figura 82: Sub-código Toyota Prius 3G

Con los datos obtenidos de una batería mediante el escáner Techstream se basó el análisis para entender y relacionar cada uno de los datos para lograr un diagnóstico inicial del estado de la batería.

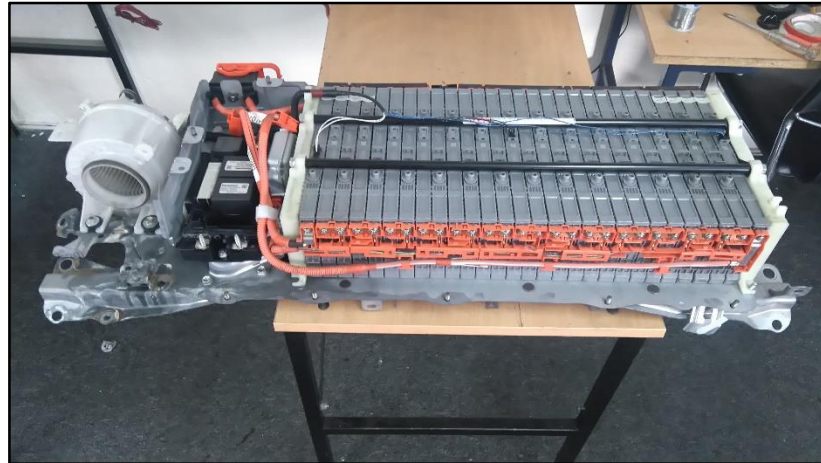


Figura 83: Batería en buen estado

Para realizar la ecualización de la batería se debió tomar en cuenta diferentes factores como estado de la batería, sus bornes, la temperatura que alcanza la batería en carga y descarga, los cuales en el presente proyecto se profundizaron para lograr un análisis completo de la batería lo cual dio como resultado un correcto diagnóstico de los diferentes parámetros, se tomaron en cuenta los más importantes como lo son:

1. Análisis de voltaje y temperatura
2. Análisis de estado de carga y capacidad
3. Análisis físico

Para comenzar con el análisis de una batería se determinó el voltaje en la cual se encuentre dentro del vehículo con el SOC en un 70% o en el caso de una batería en mal estado partido de los datos arrojados por el subcodigo luego se procede a marcar cada una de ellas con el mismo voltaje con este dato es fácil identificar que celda está en buen estado y cual está en mal estado aparentemente.

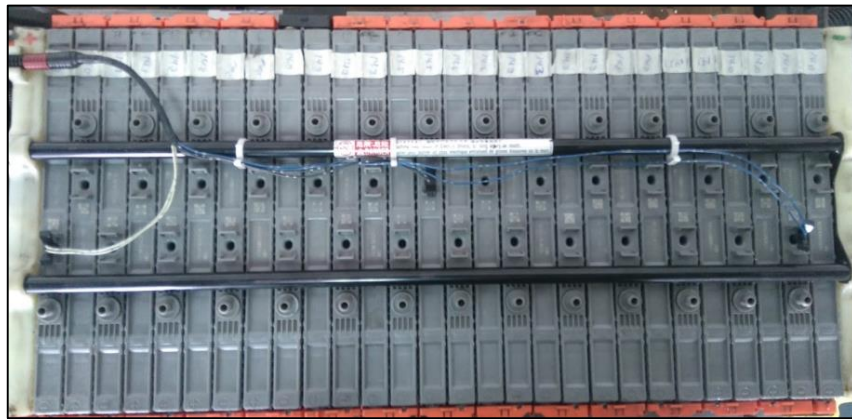


Figura 84: Marcado de batería

Se investigó ecuaciones (potencia, voltaje, estado de salud) que ayudaron a identificar el estado en que la batería de alta tensión se encuentra, con estos parámetros obtenidos mediante las ecuaciones permitió calificar el estado de la batería del vehículo Toyota Prius tercera generación y a su vez el protocolo de mantenimiento y un tiempo estimado de vida de la batería. Se tomó en cuenta una batería en óptimas condiciones de funcionamiento y otra en malas condiciones para realizar el análisis de los diferentes parámetros característicos de la batería híbrida, que ayudara a identificar el estado real de la misma.

4.2.1 Análisis de batería en buen estado

El procedimiento de análisis de una batería en óptimas condiciones partió de una batería en óptimas condiciones de funcionamiento de un auto Prius de tercera generación con 15000km de recorrido del año 2012, con este procedimiento se podrá estudiar los diferentes valores y parámetros que sirvieron para determinar el estado de las celdas y la batería para realizar un diagnóstico de la capacidad de cada una de las celdas y seleccionar un mantenimiento preventivo o correctivo.

Tabla 29**Parámetros batería híbrida en buen estado**

| Parámetro | Valor | Unidad |
|-----------------------|-------|--------|
| State of charge | 74 | % |
| Power resurce VB | 231,0 | V |
| Power resooruce IB | 14.42 | A |
| Temp of tb1 | 25 | °C |
| Temp of tb2 | 26,5 | °C |
| Temp of tb3 | 24,4 | °C |
| Battery block Vol-v01 | 16,05 | V |
| Battery block Vol-v02 | 16,05 | V |
| Battery block Vol-v03 | 16,06 | V |
| Battery block Vol-v04 | 16,05 | V |
| Battery block Vol-v05 | 16,06 | V |
| Battery block Vol-v06 | 16,05 | V |
| Battery block Vol-v07 | 16,07 | V |
| Battery block Vol-v08 | 16,05 | V |
| Battery block Vol-v09 | 16,06 | V |
| Battery block Vol-v10 | 16.10 | V |
| Battery block Vol-v11 | 16,14 | V |
| Battery block Vol-v12 | 15,08 | V |
| Battery block Vol-v13 | 16,05 | V |
| Battery block Vol-v14 | 16,10 | V |

Lo primero que se debe obtener es voltaje de la batería HV cuando se conoce el voltaje de cada pack y el número de packs. Para el voltaje total de las baterías híbridas se usó la ecuación numero 6:

$$V_{total} = V_{pack1} + V_{pack2} + V_{pack N} \dots$$

$$V_{total} = 16,48 + 16,55 + 16,62 + 16,62 + 16,60 + 16,62 + 16,67 + 16,67 \\ + 16,60 + 16,62 + 16,65 + 16,62 + 16,55 + 16,53$$

$$V_{maximo} = 232,4V$$

Calculo de capacidad de potencia de batería de Prius tercera generación se realizó mediante la ecuación número 7.

- $V_{nominal}=7.2V$
- $Capacidad=6.5Ah$

$$P = Vx(cap)$$

$$P = 7.2Vx6.5A/h$$

$$P = 46W/h$$

$$PoT = 232,4Vx6.5A/h = 1510,6W/h$$

$$PoT = 15,106kw$$

Con potencia que se encuentra en los 15,106kw se logró concluir que la batería se encuentra en óptimas condiciones y puede cumplir cualquier requerimiento del conductor sin afectar el rendimiento del vehículo.

4.2.2 Estado de salud de batería en buen estado

Se realizó el cálculo de estado de vida de la batería con ayuda del escáner Techstream y un cronometro para medir el tiempo de descarga de la batería en el auto se procedió a colocar en neutro (N) el vehículo cuando este apago el motor de combustión interna se tomó el valor del SOC y se procedió a descargar la energía de la batería de alta tensión a 2,01 A y se tomó el tiempo hasta que el SOC descendió en un 10% los valores fueron reemplazados en la ecuación número 9 y 10.

$$\Delta SOC = 10\%$$

$$CapE = \frac{(100 * 2,01 * 18,8)}{60 * 10}$$

$$CapE = 6,29$$

$$EDV = \frac{6,29 * 100}{6,5}$$

$$EDV = 96.8\%$$

El 96% es un muy buen porcentaje esto quiere decir que la batería del vehículo híbrido se encuentra en perfectas condiciones y no presentara

ningún problema a futuro. Para extender la vida útil de las baterías en buen estado y con un recorrido considerable alrededor de (80,000km -100,000 km) se puede realizar un protocolo de mantenimiento para aprovechar al máximo la batería del Toyota Prius tercera generación

4.2.3 Estado físico de batería en buen estado

En el análisis físico de la batería se tomaron en cuenta parámetros como dimensiones de la batería, temperatura de la batería al cargar y descargar en el vehículo lo cual gracias a los sensores de temperatura que tiene la batería los cuales se encuentran en los extremos y en el medio de la batería ayudaron a dar a conocer que las baterías del centro por lo general soportaban una mayor concentración de energía y calor por lo tanto este factor es uno de los que influye en el deterioro en menor tiempo de la batería del vehículo Prius 3ra generación.

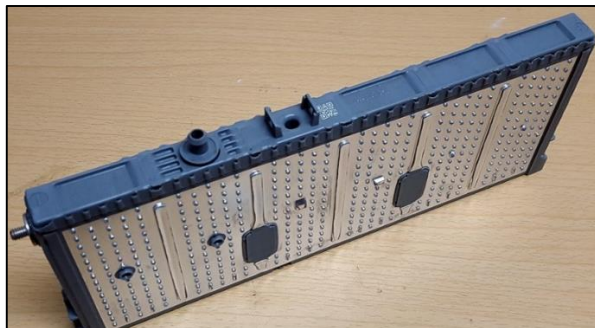


Figura 85: Celda en buen estado

Como se pudo observar las baterías nuevas mantienen las condiciones físicas tanto como de temperatura ya que se mantiene en la temperatura del medio ambiente.

Tabla 21:

Temperatura batería en buen estado

| Temperatura | Grados | Unidades |
|-------------|--------|----------|
| Temp of tb1 | 25 | °C |
| Temp of tb2 | 26,5 | °C |
| Temp of tb3 | 24,4 | °C |

4.2.4 Análisis batería en mal estado

Para iniciar se obtuvieron las características de la batería de alta tensión del vehículo obtenidos mediante el escáner Techstream original de Toyota:

Tabla 31

Parámetros batería híbrida en Mal estado

| Parámetro | Valor | Unidad |
|-----------------------|-------|--------|
| State of charge | 69,4 | % |
| Power resurce VB | 208 | V |
| Power resoource IB | 22 | A |
| Temp of tb1 | 36 | °C |
| Temp of tb2 | 38,4 | °C |
| Temp of tb3 | 34 | °C |
| Battery block Vol-v01 | 15,85 | V |
| Battery block Vol-v02 | 14,65 | V |
| Battery block Vol-v03 | 14,46 | V |
| Battery block Vol-v04 | 14,35 | V |
| Battery block Vol-v05 | 14,26 | V |
| Battery block Vol-v06 | 14,85 | V |
| Battery block Vol-v07 | 12,47 | V |
| Battery block Vol-v08 | 13,85 | V |
| Battery block Vol-v09 | 13,96 | V |
| Battery block Vol-v10 | 15,20 | V |
| Battery block Vol-v11 | 14,44 | V |
| Battery block Vol-v12 | 14,58 | V |
| Battery block Vol-v13 | 14,85 | V |
| Battery block Vol-v14 | 15,00 | V |

Procediendo a obtener el voltaje máximo de toda la batería del vehículo mediante las ecuaciones siguientes.

$$V_{total} = V_{pack1} + V_{pack2} + V_{pack N} \dots$$

$$V_{total} = 15,16 + 14,94 + 14,67 + 14,55 + 14,32 + 13,89 + 12,67 + 14,01 \\ + 14,06 + 14,33 + 14,67 + 14,69 + 14,91 + 15,13$$

$$V_{maximo} = 200V$$

Siguiendo la obtención de la potencia total de la batería del vehículo la cual cómo se pudo observar se ve reducida por el deterioro mismo de la batería lo que hace que el vehículo pierda potencia considerablemente.

- $V_{nominal}=7.2V$
- Capacidad= $6.5Ah$

$$P = Vx(cap)$$

$$P = 7.2Vx6.5 A/h$$

$$P = 46 W/h$$

$$PoT = 200Vx6.5 A/h = 1300 W/h$$

$$PoT = 13,000kw$$

4.2.5 Estado de salud de batería en mal estado.

El estado de salud de la batería con una variación del delta SOC de 10% se obtuvo mediante la siguiente ecuación

$$\Delta SOC = 10\%$$

$$CapE = \frac{(100 * 2,01 * 14,8)}{60 * 10}$$

$$CapE = 4,95$$

$$EDV = \frac{4,95 * 100}{6,5}$$

$$EDV = 76.2\%$$

El resultado del 76% en el estado de vida es malo ya que quiere decir que la batería necesita una reparación para que el vehículo no presente ninguna anomalía en su funcionamiento

4.2.6 Estado físico batería en mal estado

El estado físico de las baterías en mal estado es completamente diferente al de una batería en buen estado como se pudo observar en la presente investigación hay varios factores que afectan gravemente como se ve una batería en mal estado, por lo tanto fue fácil determinar el estado de una batería con tan solo verla físicamente ya que las celdas en mal estado se tienden a expandir su tamaño y a aumentar su temperatura lo cual es una condición específica de las baterías en un estado deplorable por lo tanto ese tipo de baterías no debería reusarse ya que representarían un grave problema a futuro porque podrían llegar a estallar dentro del vehículo por sobrecarga o por acumulación de presión.



Figura 86: Celdas en mal estado

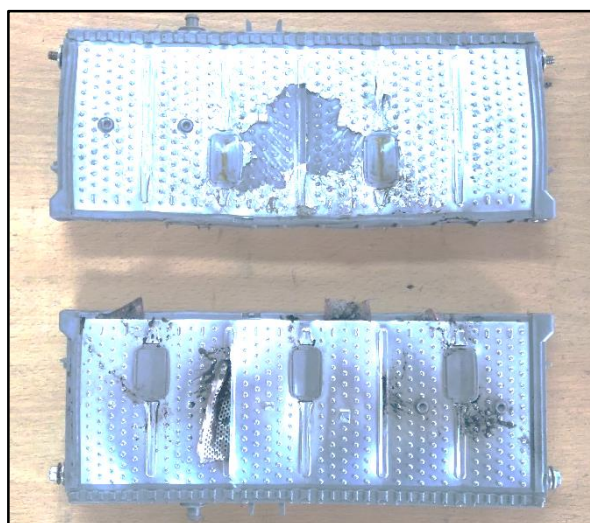


Figura 87: Celda estallada.



Figura 88: Batería estallada

En el siguiente paso se procedió a revisar los contactos o las placas de bronce en las que se identificó que las celdas tienen menor voltaje se encontró mayor cantidad de oxidación debido a que las baterías en mal estado tienden a expulsar ácido en mínimas cantidades de gas por los diferentes orificios de las celdas como son los bornes.



Figura 89: Bornes completos de la batería

Esto se produce principalmente por que se exceden la temperatura promedio de funcionamiento que esa entre lo 20°C Y 30°C , esto suele pasar comúnmente cuando se descarga totalmente a la batería se pudo experimentar la liberación del ácido de las diferentes celdas.



Figura 90: Bornes sulfatados

La temperatura en las celdas de la batería en mal estado es considerablemente mayor ya que estas se encontraron deterioradas por lo tanto perdieron demasiada energía ya que se sobrecargan demasiado y la manera de liberar esa energía que no es almacenada en la batería es mediante la liberación de calor.

Tabla 32

Temperatura batería en mal estado.

| Temperatura | Grados | Unidades |
|-------------|--------|----------|
| Temp of tb1 | 36 | °C |
| Temp of tb2 | 38,4 | °C |
| Temp of tb3 | 34 | °C |

4.3 Análisis comparativo

Se realizó un análisis comparativo entre una batería practicante nueva con una batería de un vehículo ya con más de 90.000km de. El valor del SOC determina si las baterías se encuentran en iguales condiciones de carga ya que el proceso no se puede realizar si una batería tiene diferente SOC a la otra ya que estarían en diferentes condiciones de potencia así estas tengan el mismo valor en voltaje.

4.3.1 Comparación de tensión

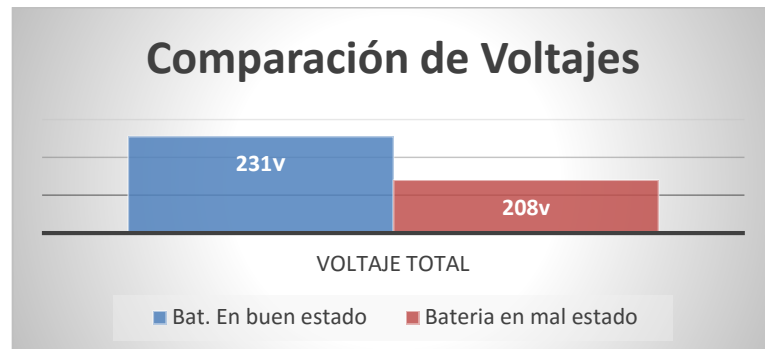


Figura 91: Comparación de Voltajes

En la gráfica fue notable el bajo valor del voltaje lo que afecta al vehículo ya que la fuente de energía no abastece los requerimientos del vehículo, en lapsos prolongados de tiempo en el que este funcione con la energía de la batería llevo al vehículo a:

- Presentar una descompensación de potencia.
- Mayor consumo de combustible ya que mantiene el motor de combustión interna mayor tiempo encendido
- Emite una alerta de inspección de sistema híbrido en la pantalla del tablero y el vehículo procede a estar en modo inspección.

4.3.2 Comparación de temperatura

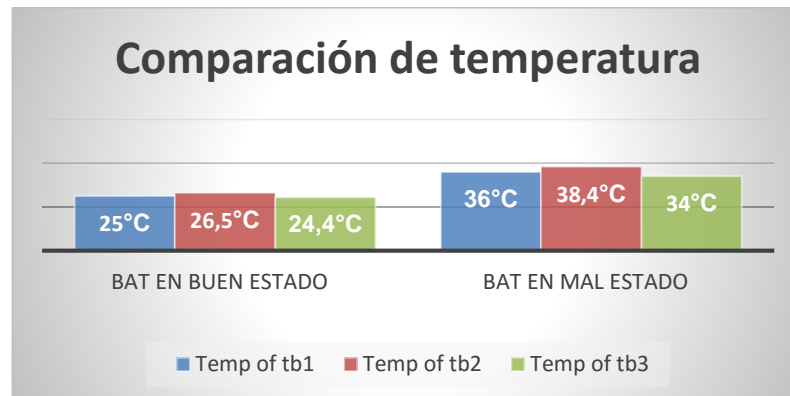


Figura 92: Comparación de temperatura

En la gráfica el incremento de temperatura es considerable, si en el vehículo se presentan estas condiciones en la batería de mal estado ocasiona varios problemas y desperfectos para el sistema híbrido ya que los ventiladores trabajarían a su máxima velocidad para tratar de mantener la temperatura de funcionamiento, seguido de la concentración de calor hace que las baterías de este compuesto pierdan sus propiedades de almacenamiento de energía lo que ocasiona una reducción a mayor velocidad de su durabilidad.

4.3.3 Comparación de voltaje de cada uno de los packs

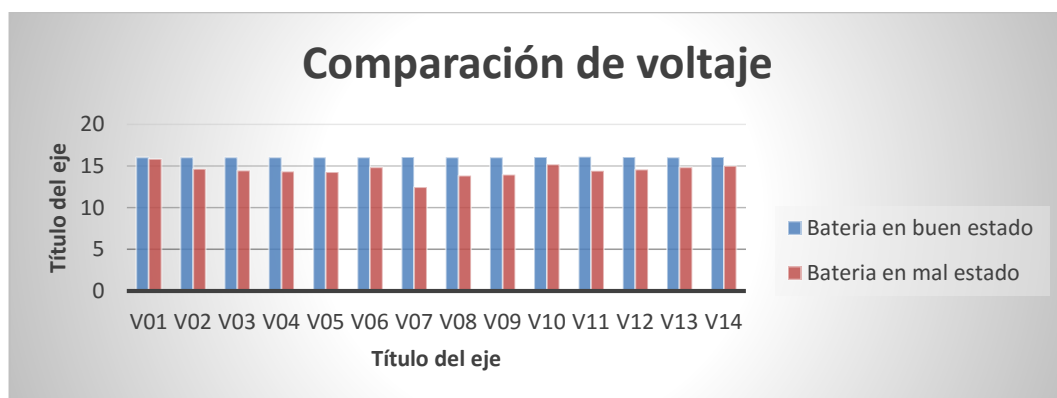


Figura 93: Comparación de voltaje

La diferencia de voltaje en cada uno de los paquetes o blocks es de dos voltios en promedio, cabe recalcar que es una batería que se encontraba a las mismas condiciones de carga y de corriente, lo cual indica que está en malas condiciones de carga además el block 7 se encuentra con 12,4 y el mismo de la batería en buen estado se encuentra con 16,07 lo que da una diferencia de 3,67 voltios. Esta característica hace que la computadora del vehículo envíe la señal del voltaje de este pack en particular y se presente en la pantalla del auto una alerta que indica “inspeccione sistema híbrido” lo cual genera en el vehículo que cambie completamente el modo de su arquitectura el cual consta de:

- Enviarle una carga constantemente a la batería para mantenerla siempre al máximo de la carga.
- Limitar la energía entregada por la batería de alta tensión, el motor a combustión interna es el encargado de la potencia total en el vehículo.
- Limitar la potencia del vehículo para que no presente daños con los demás sistemas por falta de energía.
- Limita el uso del aire acondicionado ya que este funciona exclusivamente con energía de las baterías.
- los ventiladores pasan siempre activados.

4.3.4 Comparación de corriente entre baterías en buen estado y mal estado

El resultado de la corriente entregada por las baterías de alta tensión dio una pista sumamente importante ya que de este valor depende el correcto funcionamiento del vehículo. Se pudo observar en la gráfica que la batería en buen estado entrega un valor de 15KW lo que es suficiente para satisfacer todos los requerimientos del vehículo híbrido los cuales son:

1. potencia para alimentar los motores eléctricos
2. sistema eléctrico del vehículo, dirección electrónica.
3. aire acondicionado

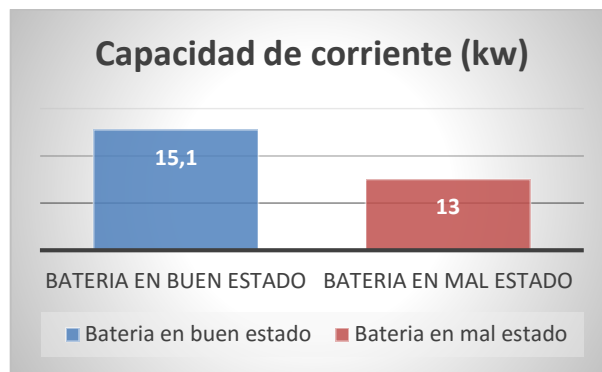


Figura 94: Capacidad de corriente (kW)

Por lo contrario, la batería en mal estado entrega una potencia de casi 13KW lo que no alcanza a satisfacer las diferentes demandas el vehículo y cuando todas se requieren al mismo tiempo el vehículo presentara diferentes problemas como:

- Falta de potencia
- Calentamiento de las baterías
- Aumento de consumo de combustible
- Poda duración de la batería

4.3.5 Comparación de estado de vida

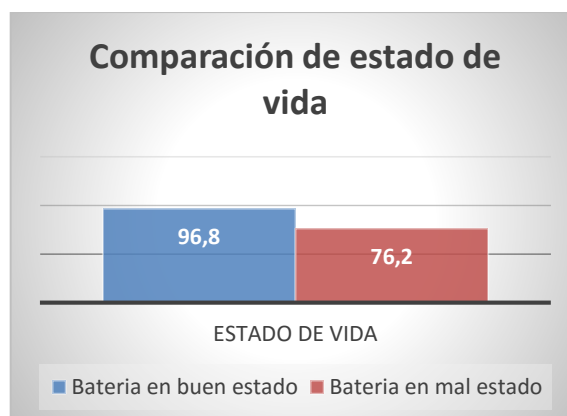


Figura 95: Comparación de estado de vida

La diferencia entre una batería en buen estado y una en mal estado se obtuvo con la ayuda de las ecuaciones de estado de vida con las cuales se pudo tener el porcentaje de estado de vida en que se encuentra la batería de alta tensión. La gráfica muestra una batería con 92% de estado de vida lo que indica que esta se encuentra en un muy buen estado, que puede satisfacer completamente los requerimientos del conductor lo que ya no puede realizar una batería con menos del 75% de estado de vida ya que no tiene corriente suficiente para hacer funcionar los diferentes dispositivos que dependen directamente de la energía de la batería como lo son el aire acondicionado, el sistema eléctrico por lo tanto cuando el vehículo se encuentra en funcionamiento y el conductor decide acelerar bruscamente sin tomar en cuenta que la carga se encuentra baja, además se encuentra usando el aire acondicionado el vehículo no responderá con buena potencia, si el daño de la batería es más grave en ese momento se encendería la alerta en el tablero lo que pondrá al vehículo en modo asistencia.

4.4 Protocolo de mantenimiento

En el proceso de mantenimiento se realizaron varios pasos que son generales para baterías en buen y regular estado, estos procedimientos garantizan la prolongación de la vida útil de las baterías los procesos son los siguientes:

1. Descontaminar la batería
2. Rotación de packs
3. Ecuación de la batería

4.4.1 Descontaminación de elementos de batería híbrida

En la descontaminación de elementos se investigaron materiales, procesos para limpiar las diferentes partes de la batería híbrida lo que ayudó a mejorar el estado de las diferentes partes como contactos, bornes, tuercas,

y conductos de ventilación logrando así aumentar la corriente disminuir la temperatura de la batería y así evitar fallas prematuras por efectos de contaminación.

Este proceso permitió eliminar corrosión en los contactos de las baterías de alta tensión.

- **Eliminar corrosión**

La razón fundamental de la presencia de esta corrosión es la eliminación de ácido de la batería por las juntas de las roscas que tiene cada celda. La corrosión se presenta en mayor cantidad cuando la celda se encuentra en mal estado. La corrosión genera una pérdida considerable de corriente en la batería y ya con un desgaste previo genera múltiples problemas al vehículo híbrido ya que este no envía la energía suficiente para satisfacer las demandas del conductor.



Figura 96: Borne corroído

- **Limpieza**

Para la limpieza de los contactos corroídos se utilizó líquido limpia contactos de la marca 3M el cual además de limpiar genera una capa protectora contra la corrosión esto garantiza un mantenimiento eficiente y duradero.



Figura 97: Limpia contactos

Para eliminar cualquier elemento microscópico contaminante también se utilizó la máquina de ultrasonido la cual eliminó impurezas presentadas en el contacto de la batería.



Figura 98: Máquina de ultrasonido

Ya con los contactos, las tuercas limpias y lubricadas se procedió a reemplazarlos logrando así garantizar la correcta circulación de corriente por toda la batería de alta tensión.



Figura 99: Contactos y tuercas limpios



Figura 100: Contactos limpios

Por último, se procedido a descontaminar el sistema de refrigeración de la batería lo que corresponde a ventilador y conductos de ventilación ya que estos se encuentran sin ningún dispositivo de filtración de partículas, por lo tanto, en su interior es común encontrar gran cantidad de polvo y partículas que llegan a obstruir el paso fluido del aire.



Figura 101: Ventilador de batería

La descontaminación se realizó mediante una pistola de aire la cual limpió todas partículas que se encuentre dentro del ventilador y sus conductos.

4.4.2 Rotación de pack de batería de alta tensión

El procedimiento de mantenimiento por medio de rotación de celdas se realizó con la finalidad de conseguir un desgaste igual en cada pack, logrando así prolongar la duración de la batería. La rotación de packs ayudó a aumentar la vida útil de la batería en un 10% a 15%.

Una de las principales causas por la cual la batería se deteriora es la concentración de calor en el centro de la batería además de un sistema de refrigeración obsoleto el cual no es suficiente para que el calor se disipe por completo en la batería, esto también es causado por la gran presión a la que se encuentran las baterías sobretodo en el centro ya que estas a medida que se van deteriorando tienden a expandirse y por lo tanto generan una presión a la celda que se encuentra a su lado, como consecuencia reducen el espacio de ventilación espacio por el cual el aire circula para eliminar el aire caliente y así enfriar las celdas, por lo tanto en la batería se tiende a desgastar más rápidamente los packs del centro lo que son el número 7,8,9.

Tabla 22

Estado de batería

| Parámetro | Valor | Unidad |
|-----------------------|-------|--------|
| State of charge | 69,4 | % |
| Power resurce VB | 208 | V |
| Power resoource IB | 22 | A |
| Temp of tb1 | 36 | °C |
| Temp of tb2 | 38,4 | °C |
| Temp of tb3 | 34 | °C |
| Baterry block Vol-v01 | 15,85 | V |
| Baterry block Vol-v02 | 14,65 | V |
| Baterry block Vol-v03 | 14,46 | V |
| Baterry block Vol-v04 | 14,35 | V |
| Baterry block Vol-v05 | 14,26 | V |

CONTINUA 

| | | |
|-----------------------|-------|---|
| Battery block Vol-v06 | 14,15 | V |
| Battery block Vol-v07 | 13,47 | V |
| Battery block Vol-v08 | 13,85 | V |
| Battery block Vol-v09 | 13,96 | V |
| Battery block Vol-v10 | 14,10 | V |
| Battery block Vol-v11 | 14,24 | V |
| Battery block Vol-v12 | 14,38 | V |
| Battery block Vol-v13 | 14,85 | V |
| Battery block Vol-v14 | 15,00 | V |

Luego de identificar los packs y las celdas con bajo voltaje se procedió a marcarlos con el valor de voltaje que tiene cada uno para identificarlos una vez que ya se encuentran separados.



Figura 102: Batería con celdas cambiadas

Se procedió a desarmar la batería hasta llegar a las celdas o packs de las baterías.

En el paso final se procedió a parar la batería para reordenar los packs logrando así rotar todos los packs de la batería ordenando de tal manera que los de menor voltaje quedaron a los extremos de la batería y los packs con mayor voltaje quedaron en el centro de la misma, el procedimiento es solo para baterías que se encuentren en un estado de vida de 80% y que no haya presentado código de falla por problemas relacionados a la batería del auto híbrido.



Figura 103: Rotación de celdas en batería

4.4.3 Ecuación

En este paso se realizaron varios procesos para que la batería a la cual se le realizó el proceso de mantenimiento quede con los packs de similar voltaje y no presente problemas a futuro ni al momento de instalar la batería en el vehículo ya que si la computadora censa que un pack se encuentra con una diferencia de tensión mayor a 1.5V se enciende la alerta de “inspecciona sistema híbrido”. Se procedió a realizar un proceso de carga para que las baterías lleguen a un nivel alto de voltaje y corriente, se procedió a dejarlas con una intensidad de una hora a 1A aproximadamente para cargarlas completamente.



Figura 104: Carga de batería

Se procedió a balancear la carga conectando todos los polos positivos y todos los polos negativos entre sí.



Figura 105: Balanceo de carga

4.5 Reacondicionamiento y ecualización de la batería

En esta etapa se procedió a realizar procesos de reparación de la batería por así decirlo ya que se llevaron acabado diferentes protocolos con la finalidad de alargar la vida útil de la batería híbrida que se encontró con un deterioro considerable, en los que se consideran:

1. Carga y descarga de celdas a corriente constante
2. Proceso de ciclaje de la batería
3. Reemplazo de celdas
4. Balanceo de carga.
5. Prueba final en el vehículo

Todos estos métodos tienen comprenden parte de un solo proceso que es la ecualización de la batería del vehículo Toyota Prius de tercera generación, ya que para lograr un funcionamiento correcto de la batería dentro del vehículo esta tiene que estar ecualizada que quiere decir esto: que tiene que haber mínima variación de voltaje entre las diferentes celdas o los diferentes packs para que no haya ningún problema a futuro.

4.5.1 Procedimientos de carga y descarga

El procedimiento de carga y descarga se logró realizar por medio del módulo en el cual se analizaron las diferentes celdas de la batería para determinar cuál se encuentra en un estado óptimo para realizar el procedimiento de reparación de batería y que celda se encuentra deteriorada para su posterior cambio por una en estado igual al promedio de las demás celdas de la batería

Con el módulo se pudo realizar una selección ideal de las celdas en buen estado para su posterior instalación en la batería, este procedimiento con ayuda del módulo de carga y descarga ayudó de manera considerable identificando el estado de las celdas para su posterior selección de acuerdo a su nivel de carga y a su tiempo de descarga y así seleccionar las celdas que más se equiparen en las características ya mencionadas logrando así que no haya diferencia de voltaje y cada una de las celdas almacenen energía al mismo nivel de las demás celdas a instalar en la batería.

4.5.2 Análisis de carga

El análisis se realizó partiendo de una batería con 7,2 v de carga los cuales por el tipo de batería y por sus características se sabe que no es real ya que estas baterías cuentan con el efecto memoria, el cual quiere decir que no importa el estado de la celda esta siempre tiende a regresar a su carga optima por lo tanto es muy complicado saber el estado de carga de las baterías de NiMH.

Pero con el módulo esta tarea fue fácil ya que este mide la intensidad de corriente de la batería y a medida que este cargando la batería disminuye hasta 0,8 Amperios ya que cuando se acerca a este valor significa que la batería está cargada.

La carga en esta celda se realiza a un 80% a 90% ya que no es recomendable cargar totalmente la batería por lo que tiende a

sobrecalentarse por la concentración de corriente, la batería es de 6,5A de capacidad el módulo carga teniendo muy en cuenta este valor y no sobrepasándolo por eso al llegar a 6,4 A aproximadamente se apaga y termina la carga.



Figura 106: Interfaz gráfica voltaje

Como se puede ver en la gráfica de carga se incrementó el valor del voltaje en 3 voltios ya que es el valor recomendado para cargar este tipo de baterías igual que al descargar se lo realización menos tres voltios, en la gráfica se observa que la corriente incrementa proporcionalmente al voltaje.

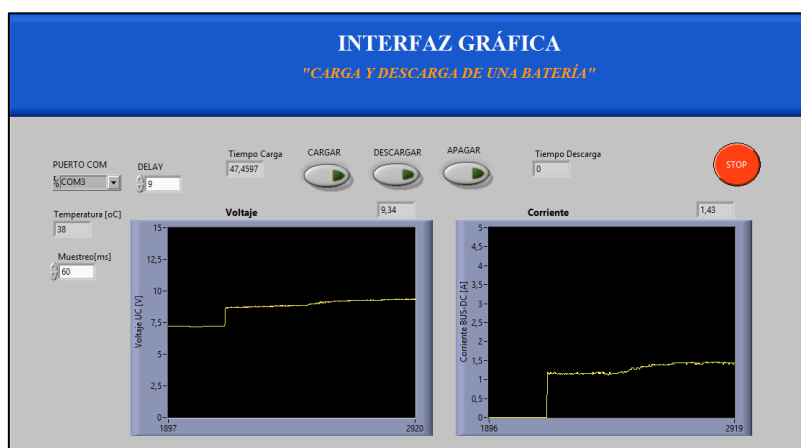


Figura 107: Interfaz de carga

En esta gráfica se muestra que el módulo estabiliza la corriente de carga para mantener una carga constante en la batería lo cual ayuda a tener una carga exitosa y no fatigar a la celda.

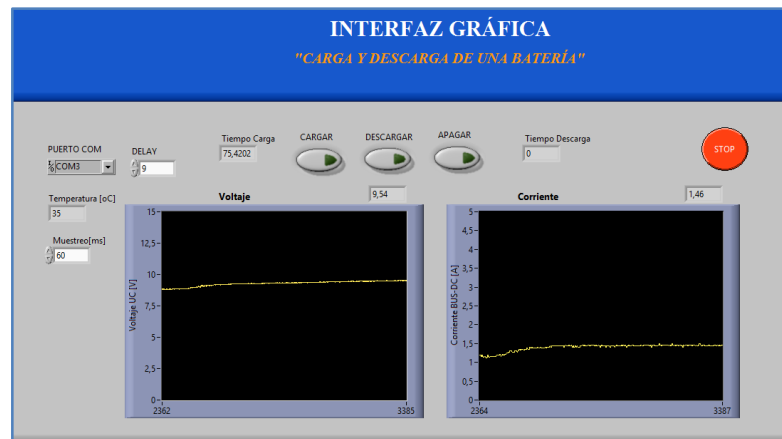


Figura 108: Interfaz carga y corriente

En la figura siguiente se pueden observar ya los dos parámetros tanto voltaje como corriente están completamente estables lo que quiere decir que la carga se está realizando correctamente.

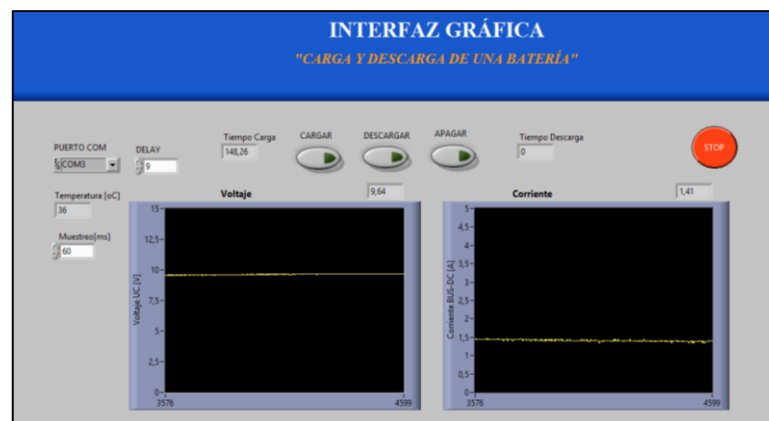


Figura 109: Interfaz de carga voltaje y corriente constante

Para finalizar se apaga automáticamente el módulo al contar con la carga adecuada los valores de voltaje regresan a ser los normales se espera un par de minutos para verificar los valores de voltaje y temperatura, el valor de corriente está en 0v lo que significa que la placa no está enviando ni recibiendo corriente.

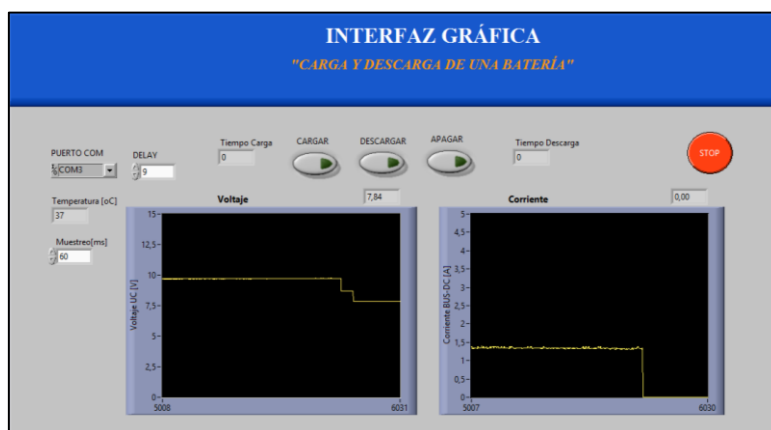


Figura 110: Interfaz apagada

Los datos son enviados directamente a Excel donde se recopilan se guardan y se grafican para tener una figura completa del proceso de carga de la batería.

- **Voltaje de carga**

En el proceso de carga se determinó una carga sobre los 3v del voltaje nominal de la celda lo que quiere decir que se cargó la batería en 10 voltios, los 3 voltios se incrementaron por características de carga del material níquel-hidruro Metálico.

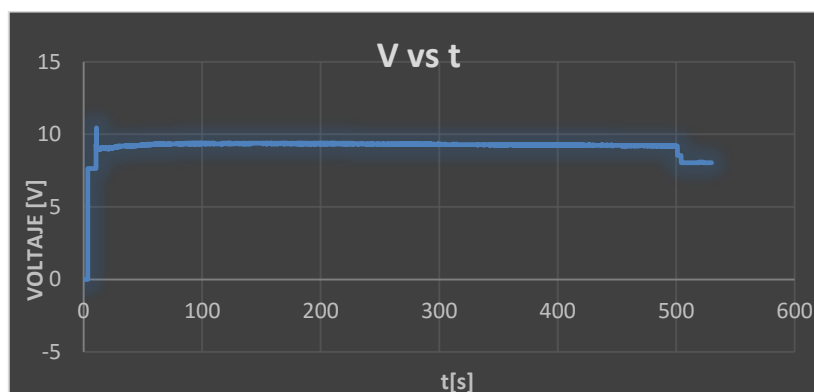


Figura 111: Carga voltaje vs tiempo

En la figura se observó una carga con un valor de voltaje constante lo que indico que la batería estaba realizando un proceso de carga normal.

- **Corriente de carga**

La corriente de carga fue en gran parte constante ya que al final de la carga la batería por su capacidad deja de recibir energía, el módulo procede a apagarse automáticamente ya que si no lo hace la batería podría a tener daños definitivos y perdería su capacidad por completo.

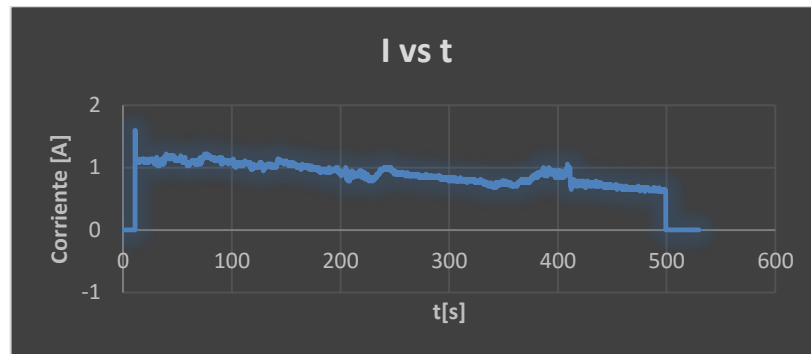


Figura 112: Carga corriente vs tiempo

Cuando la batería llega a 0,8A termina el proceso de carga y la corriente baja automáticamente a 0A

- **Temperatura de carga**

Se pudo notar un incremento de temperatura, pero no fue considerable lo que indica que la celda se comportó de buena manera en el proceso y se encuentra en óptimas condiciones para ser reacondicionada en una batería.

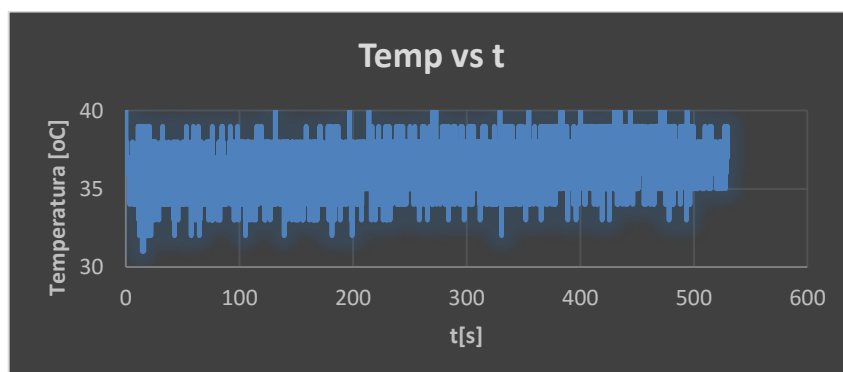


Figura 113: Carga temperatura vs tiempo

4.5.3 Análisis de descarga

En el proceso de descarga el módulo está en cero todos los parámetros se empezó a realizar la descarga lo cual se puede visualizar en la interfaz gráfica, el valor del voltaje disminuye 3 voltios ya que este valor es el requerido para que la descarga sea eficiente y los datos sean reales.

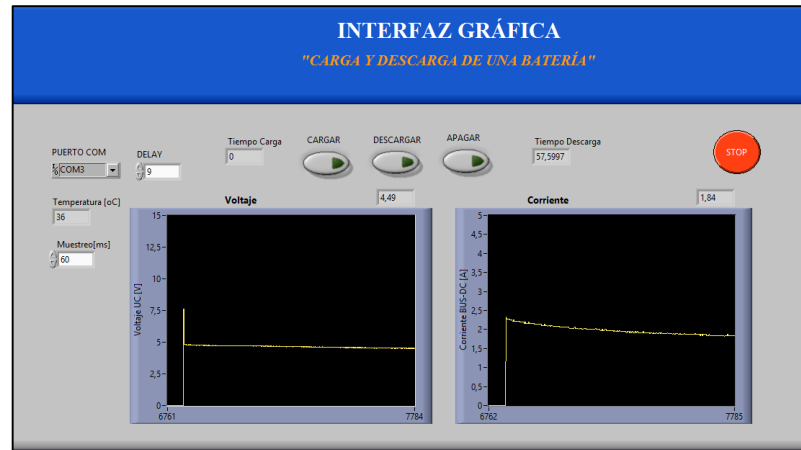


Figura 114: Interfaz de descarga

Se estabiliza el voltaje y la corriente de descarga y se espera para que haya una variación de voltaje en el cual la placa se apagará automáticamente cuando llegue hasta el valor mínimo que es 6 voltios que es una disminución en un 20% del valor de voltaje dentro de este rango es donde trabajan las celdas en el vehículo este valor es para cuidar a la batería de una descarga profunda lo que es totalmente perjudicial para el tiempo de vida de estas debido a este factor la marca Toyota ha incrementado el porcentaje mínimo de descarga a un 65% extendiendo más la vida útil de las baterías pero aumentando en parte el consumo de combustible.

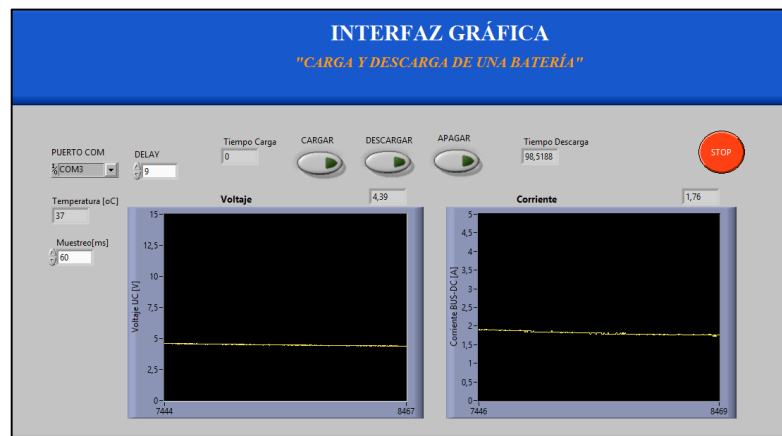


Figura 115: Interfaz descarga voltaje y corriente

Cuando llega al mínimo se apaga automáticamente la placa y se espera a se establezca el voltaje para tomar un dato real del voltaje que tiene la celda al finalizar la descarga.

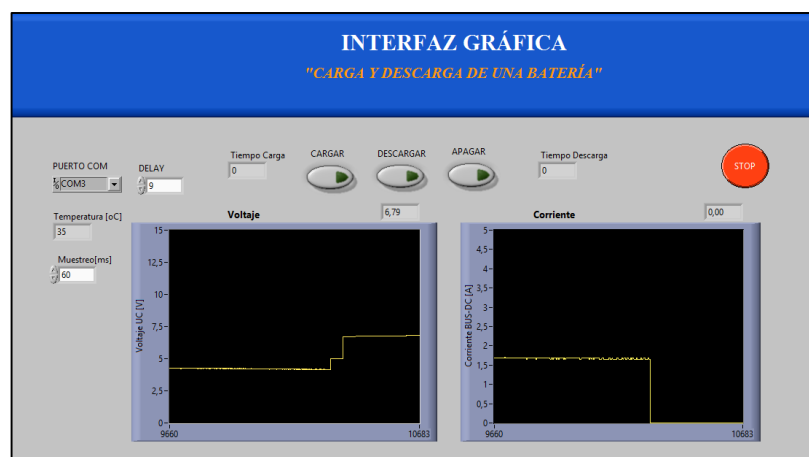


Figura 116: Interfaz de descarga apagada

- **Análisis de voltaje de descarga**

Los datos recolectados por el módulo sirvieron como herramienta para identificar el estado de las celdas ya que al final la carga y el voltaje tiende a caer precipitadamente las que se encuentran deterioradas caerán en menor tiempo.

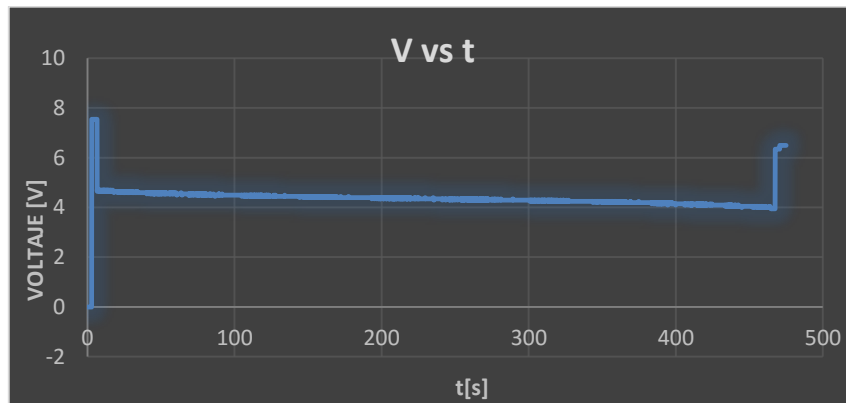


Figura 117: Descarga voltaje vs tiempo

- **Corriente de descarga**

La corriente de descarga durante el procedimiento fue constante logrando analizar de manera confiable el estado de la batería como se pudo observar en la gráfica presento la cual una corriente de descarga constante.

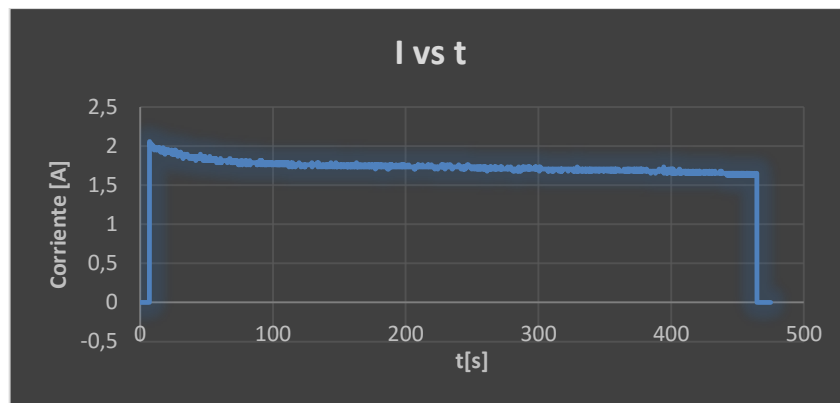


Figura 118: Descarga corriente vs tiempo

- **Temperatura de descarga**

La temperatura en la descarga no tuvo mucha variación lo que indica que la celda se encuentra en buen estado.

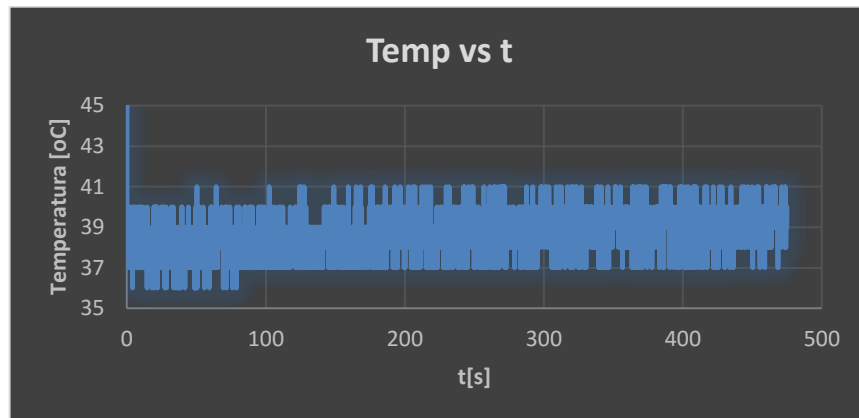


Figura 119: Descarga temperatura vs tiempo

4. 6 Ciclaje

El proceso de ciclaje se basó en cargar y descargar la batería hasta un 80% lo que es igual a 5 Amperios, tomando intervalos de tiempo de 15 minutos de carga y 15 minutos de descarga realizados en 3 ciclos en los cuales se reacondiciono la batería ya que en este proceso se somete a la batería a procesos de carga y descarga continuos lo cual hace que dentro de sus celdas los cristales en el electrolito disminuyan logrando así obtener la mayor capacidad de la batería ayudando a determinar el estado de vida de la celda de la batería del auto Toyota Prius tercera generación.

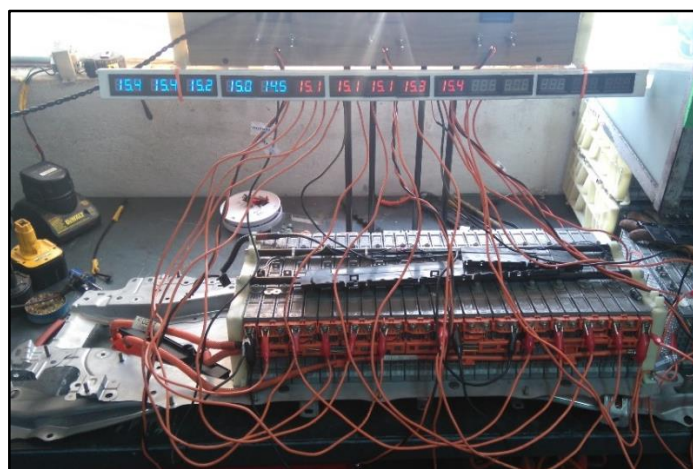


Figura 120: Banco de pruebas de ciclaje

El proceso de ciclaje se realiza mediante 3 ciclos de carga y descarga en los cuales se toman medidas y se obtienen datos los cuales ayudaron a determinar si las celdas se recuperan de manera notable para que vuelvan a ser reinsertadas en la batería de alta tensión. Se toman tiempos y mediciones cada 5 minutos en los cuales se tabularon los voltajes de descarga de cada una de las celdas y se tabularon para analizar su comportamiento este proceso se realizó 3 veces.

4.6.1 Ciclo 1

El primer ciclo se realizó en intervalos de carga y descarga de 15 minutos cada uno en los cuales se tomaron valores de voltaje cada 5 minutos los cuales son posteriormente tabulados obteniendo la diferencia de voltaje (ΔV) el cual ayudó a identificar el estado de cada una de los packs.

Tabla 34

Ciclo 1

| Ciclo I De Carga Y Descarga | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| T | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 0:00 | 15,7 | 15 | 15 | 15,1 | 15,5 | 15,6 | 15,8 | 15,9 | 15,7 | 15,6 | 15,4 | 15,6 | 16 | 15,9 |
| 0:05 | 14,5 | 14,2 | 14,3 | 14,4 | 14,7 | 14,8 | 15 | 15,3 | 15 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 14,8 | 15,2 |
| 0:10 | 14,3 | 14,2 | 14,3 | 14,3 | 14,5 | 14,8 | 15 | 15 | 14,6 | 14,3 | 14,3 | 14,2 | 14,3 | 14,8 |
| 0:15 | 13,6 | 12,3 | 13,9 | 14,3 | 14,3 | 14,8 | 14,7 | 14,8 | 14,4 | 14,2 | 13,9 | 13,7 | 9,6 | 14,7 |
| $\Delta(V)$ | 2,1 | 2,7 | 1,1 | 0,8 | 1,2 | 0,8 | 1,1 | 1,1 | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,9 | 6,4 | 1,2 |
| $\Delta\%$ | | | | | | | | | | | | | | |
| DESC | 21% | 27% | 11% | 8% | 12% | 8% | 11% | 11% | 13% | 14% | 15% | 19% | 64% | 12% |
| 0:00 | 13,6 | 12,3 | 13,9 | 14,3 | 14,3 | 14,8 | 14,7 | 14,8 | 14,4 | 14,2 | 13,9 | 13,7 | 9,6 | 14,7 |
| 0:05 | 14,8 | 14,6 | 14,8 | 14,9 | 15,3 | 15,2 | 15,3 | 15,5 | 15,3 | 15,2 | 15,1 | 15,1 | 15,1 | 15,7 |
| 0:10 | 15,3 | 14,9 | 15 | 15,1 | 15,2 | 15,2 | 15,5 | 15,6 | 15,6 | 15,5 | 15,5 | 15,6 | 15,6 | 15,7 |
| 0:15 | 15,9 | 15,3 | 15,4 | 15,5 | 15,7 | 15,8 | 15,8 | 15,7 | 15,8 | 15,7 | 15,5 | 15,7 | 15,8 | 15,9 |
| | 2,3 | 3 | 1,5 | 1,2 | 1,4 | 1 | 1,1 | 0,9 | 1,4 | 1,5 | 1,6 | 2 | 6,2 | 1,2 |
| $\%\Delta$ | | | | | | | | | | | | | | |
| CAR | 23% | 30% | 15% | 12% | 14% | 10% | 11% | 9% | 14% | 15% | 16% | 20% | 62% | 12% |
| Δ CAR- | | | | | | | | | | | | | | |
| DESC | 2% | 3% | 4% | 4% | 2% | 2% | 0% | 2% | 1% | 1% | 1% | 1% | 2% | 0% |

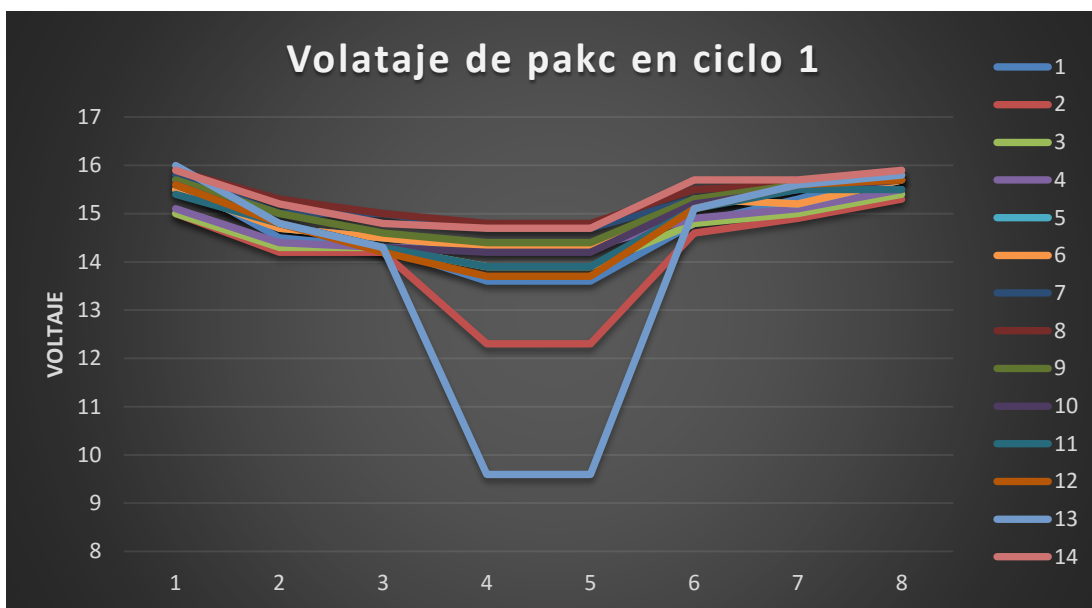


Figura 121: Voltaje de packs en ciclo 1 completo

- **Ciclo 1 descarga**

En este ciclo se procedió a descargar la batería que ha sido carga completamente en el banco de pruebas el proceso tarda 15 minutos en descargar la batería en la cual se pudo observar que los voltajes de los diferentes packs no tienen una disminución similar uno con otro.



Figura 122: Ciclo 1 - 0 minutos de descarga

En el proceso de 5 minutos de descarga el pack número 2 es el que se debilita más rápido lo que indicó que este pack puede tener menos carga que las demás mas no se pudo afirmar que se encuentre en un mal estado hasta no realizar el proceso de carga

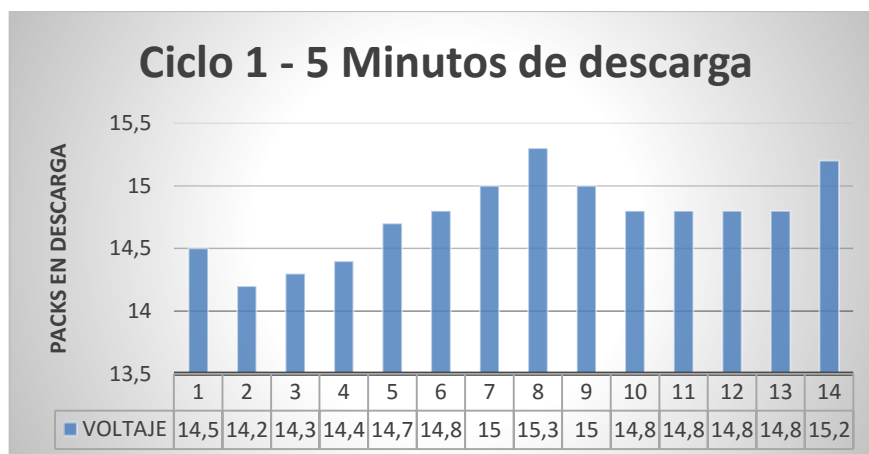


Figura 123: Ciclo 1 - 5 minutos de descarga

Durante los 10 minutos de descarga un gran número de baterías cae a 14 voltios por lo que se determina una media de descarga la cual indicó que la mayoría de los packs están en el promedio de descarga.



Figura 124: Ciclo 1 - 10 minutos de descarga

Al llegar a los 15 minutos se pudo observar una caída en el pack 1 y 13 por debajo del promedio lo que indicó que hay que darle un seguimiento a su comportamiento en todo el proceso de ciclaje.



Figura 125: Ciclo 1-15 minutos de descarga

- **Ciclo 1 de carga**

El proceso de carga comienza inmediatamente luego de terminar la descarga por lo tanto los valores en los cuales comenzó el proceso son los mismos con los que se finalizó la descarga.

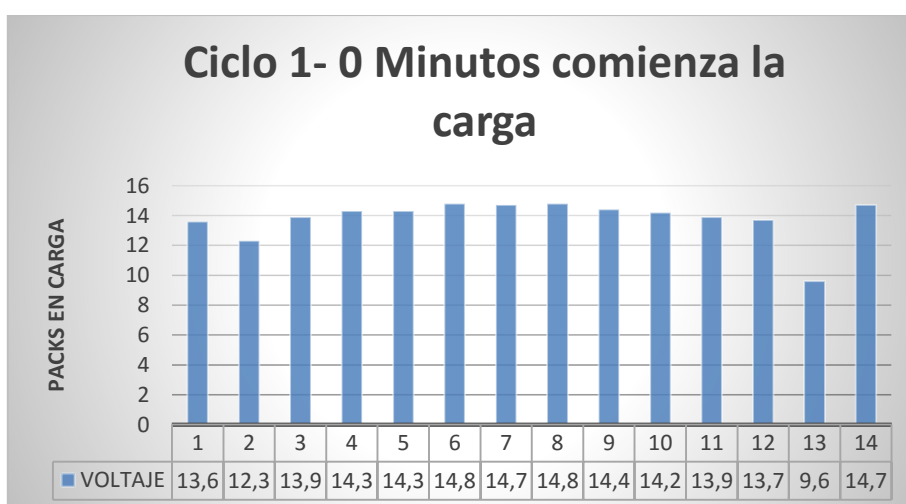


Figura 126: Ciclo 1- 0 minutos comienza la carga

Durante los primeros 5 minutos de carga se pudo observar que los packs empiezan a recuperar su voltaje unos más rápido otros más despacio estos parámetros son importantes ya que no quiere decir que si un pack se carga más rápido está en buen estado sino todo lo contrario como se observa en los ciclos posteriores



Figura 127: Ciclo 1- 5 minutos de carga

Durante la carga se visualizó que el estado de carga hace que la batería se divida en bloques los cuales están conformados por un grupo de celdas que tienden a cargar al mismo voltaje este efecto es muy común ya que las celdas están conectadas entre sí de tal modo que a cada celda le afecta de cierta manera el estado de la celda junto a ella.



Figura 128: Ciclo 1 - 10 minutos de carga

Al terminar el primer ciclo de carga se visualizó que el bloque 2 es el que tiene menor carga entre todos como se testificó en el primer ciclo de descarga, los demás packs se encuentran dentro del promedio lo que indica que se encuentran en el rango óptimo para seguir con el proceso de ciclaje.

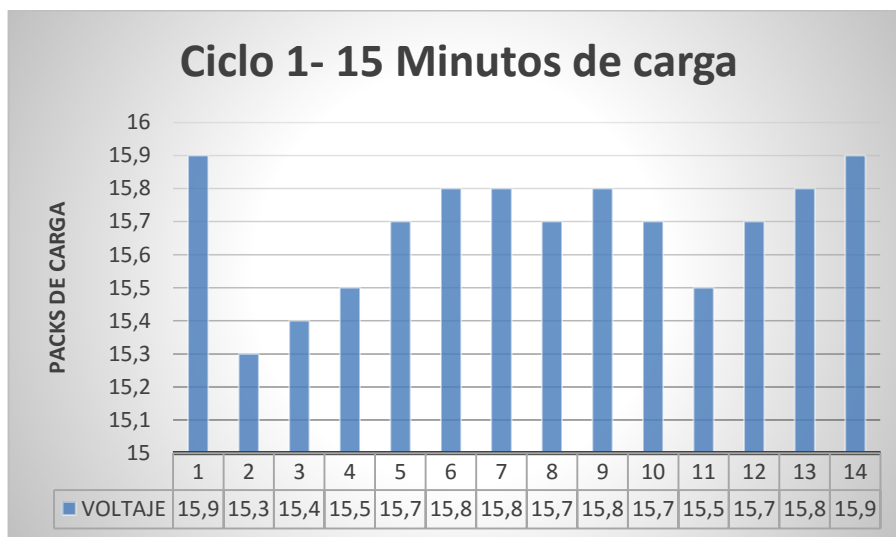


Figura 129: Ciclo 1- 15 minutos de carga

4.6.2 Ciclo 2

El segundo ciclo al igual que el primero cuenta con la carga y descarga de la batería de alta tensión por un intervalo de 15 minutos cada proceso y la toma de datos cada 5 minutos.

Con la ayuda de estos datos cada que se realizó un ciclaje las baterías arrojaron valores reales los que asemejan a los valores cuando la batería está instalada en el vehículo ya que la batería se encuentra en constante funcionamiento.

Tabla 35

Ciclo II

| CICLO II | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 0:00 | 15,9 | 15,3 | 15,4 | 15,5 | 15,7 | 15,8 | 15,8 | 15,7 | 15,8 | 15,7 | 15,5 | 15,7 | 15,8 | 15,9 |
| 0:05 | 14,5 | 14 | 14,3 | 14,5 | 14,7 | 14,8 | 14,9 | 15,2 | 14,8 | 14,6 | 14,4 | 14,4 | 14,5 | 15 |
| 0:10 | 13,2 | 12,2 | 13,9 | 14,2 | 14,3 | 14,5 | 14,6 | 14,7 | 14,3 | 14 | 13,8 | 13,6 | 9,6 | 14,4 |
| 0:15 | 10,7 | 12 | 13,7 | 14 | 14,2 | 14,4 | 14,5 | 14,6 | 14,2 | 13,9 | 13,7 | 13,5 | 12,2 | 14,4 |
| $\Delta(V)$ | 5,2 | 3,3 | 1,7 | 1,5 | 1,5 | 1,4 | 1,3 | 1,1 | 1,6 | 1,8 | 1,8 | 2,2 | 3,6 | 1,5 |
| % Δ | | | | | | | | | | | | | | |
| DES | 52% | 33% | 17% | 15% | 15% | 14% | 13% | 11% | 16% | 18% | 18% | 22% | 36% | 15% |
| 0:00 | 10,7 | 12 | 13,7 | 14 | 14,2 | 14,4 | 14,5 | 14,6 | 14,2 | 13,9 | 13,7 | 13,5 | 12,2 | 14,4 |
| 0:05 | 14,5 | 14,7 | 14,9 | 15 | 15,1 | 15,2 | 15,3 | 15,3 | 15,2 | 14,9 | 14,7 | 14,7 | 14,7 | 14,4 |
| 0:10 | 15,1 | 15 | 14,9 | 15,2 | 15,4 | 15,4 | 15,5 | 15,6 | 15,4 | 15,1 | 15 | 15,2 | 15,3 | 15,7 |
| 0:15 | 15,5 | 15,1 | 15,1 | 15,2 | 15,6 | 15,5 | 15,6 | 15,7 | 15,6 | 15,3 | 15,2 | 15,3 | 15,4 | 15,7 |
| | 4,8 | 3,1 | 1,4 | 1,2 | 1,4 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,4 | 1,4 | 1,5 | 1,8 | 3,2 | 1,3 |
| % Δ | | | | | | | | | | | | | | |
| CAR | 48% | 31% | 14% | 12% | 14% | 11% | 11% | 11% | 14% | 14% | 15% | 18% | 32% | 13% |
| | 4% | 2% | 3% | 3% | 1% | 3% | 2% | 0% | 2% | 4% | 3% | 4% | 4% | 2% |

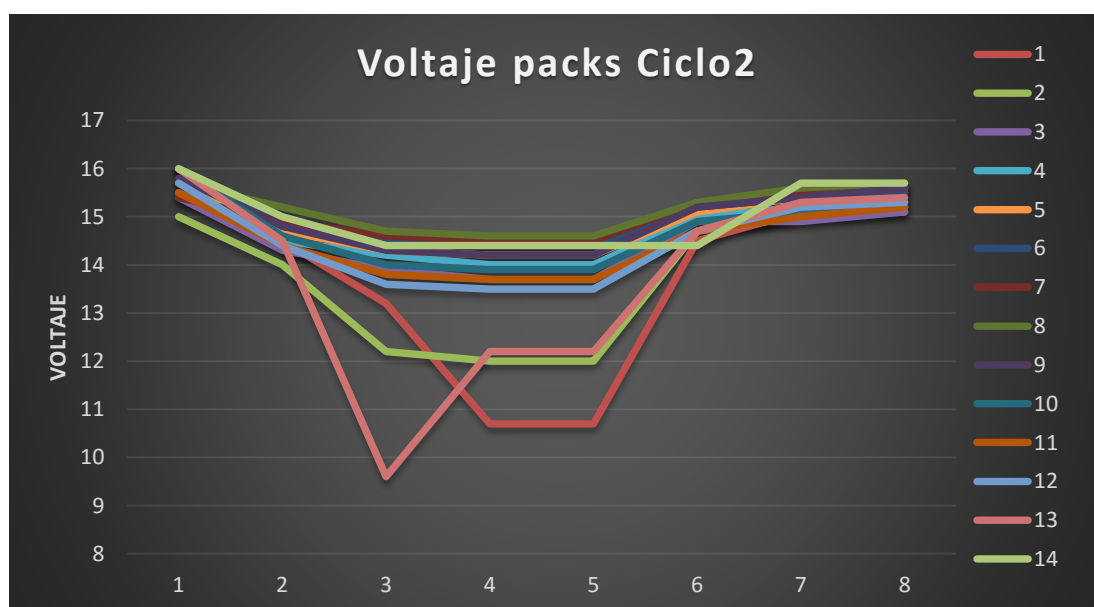


Figura 130: Voltaje packs Ciclo2 completo

- Ciclo 2 de descarga

Se comenzó el segundo ciclo con los valores que terminaron los packs en el primer ciclo se deja descansar la batería por 5 minutos para que

se reestablezcan los valores de voltaje y no haya errores por el efecto memoria de las baterías.

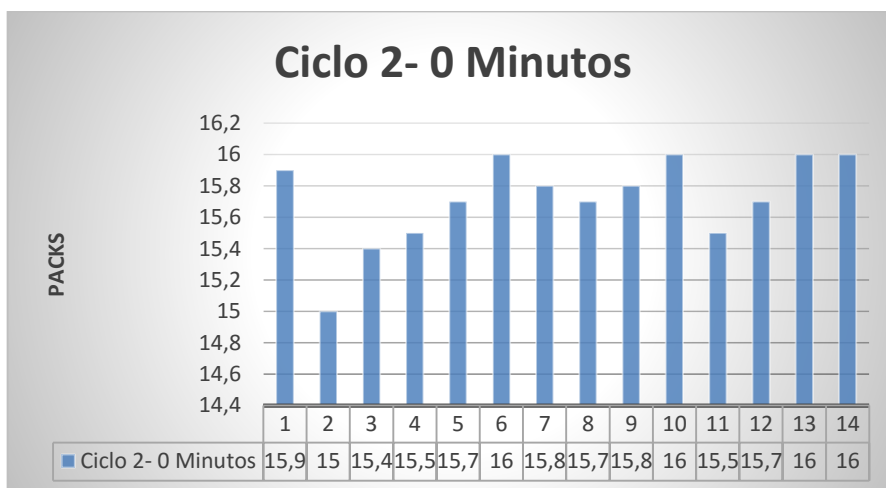


Figura 131: Ciclo 2- 0 minutos comienza descarga

En el ciclo 2 durante el proceso de descarga se concluyó que los valores de voltaje en todos los packs se encuentran por debajo de los valores de voltaje durante el mismo tiempo en el primer ciclo.

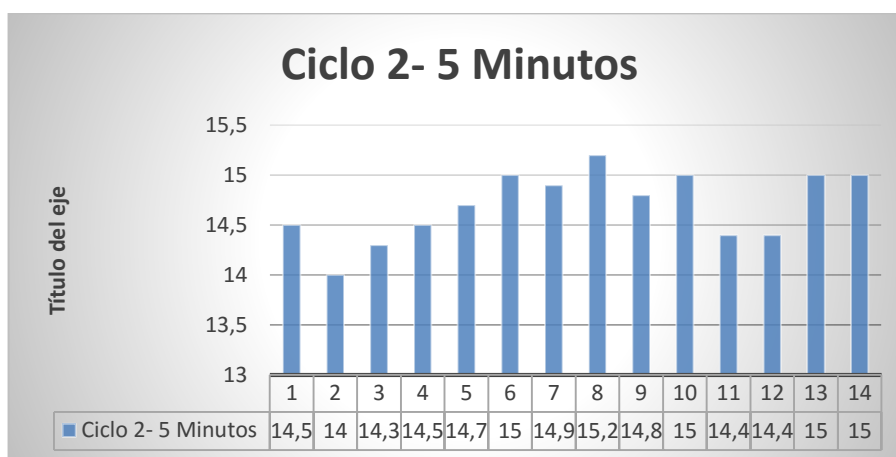


Figura 132: Ciclo 2- 5 minutos de descarga

Durante los 10 minutos de descarga los valores de voltaje se encuentran dentro del promedio solo con el pack número 2 con el de mayor diferencia de voltaje.



Figura 133 Ciclo 2 - 10 minutos de descarga

Al terminal el ciclo dos del proceso de descarga el pack 1 y el pack 2 se encontraron en mal estado o con voltaje bajo lo cual indica que la afirmación que dice cuando un pack o celda se encuentra en mal estado tiende a absorber por decirlo así energía de la celda o el pack que esta junto a este.



Figura 134: Ciclo 2 - 15 minutos termina descarga

- Ciclo 2 carga

El proceso de carga parte desde los valores en los que termino la descarga de la batería.

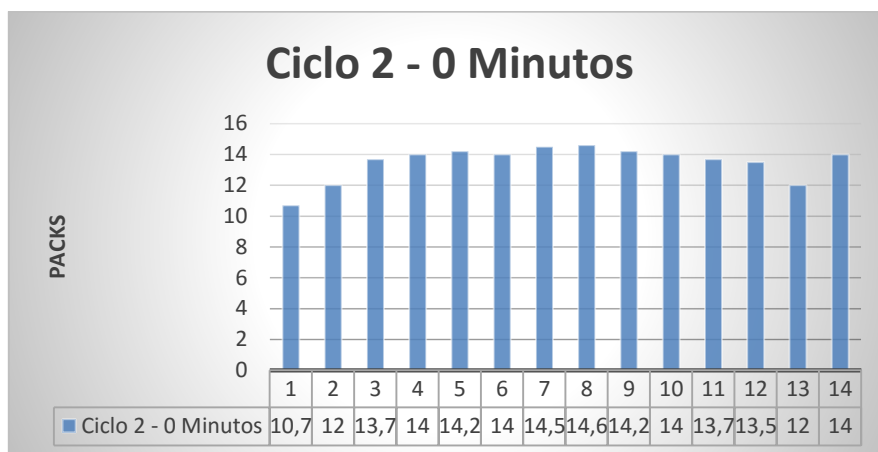


Figura 135: Ciclo 2 - 0 minutos comienza carga

El los 5 minuto de carga el pack número 1 se encontró con menor voltaje, así como también el pack 12 y 13 lo que indica que estos packs se no cargan de una forma precipitada lo cual indica por una parte que están bien.

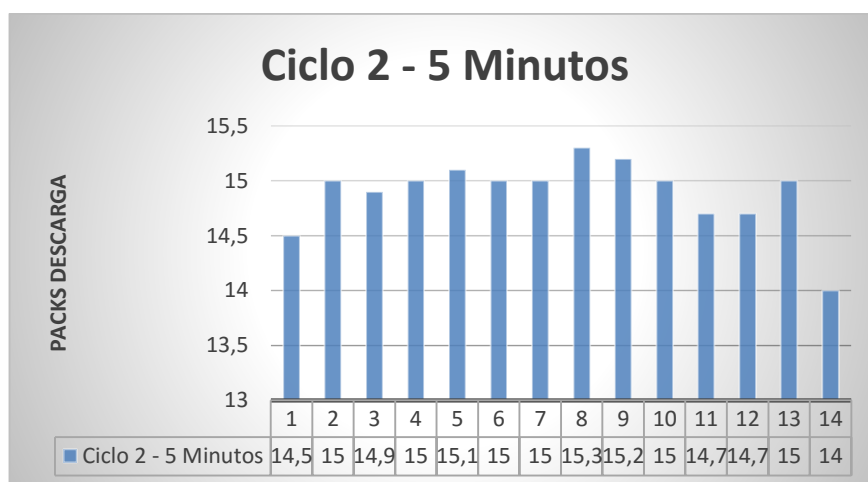


Figura 136: Ciclo 2 - 5 minutos carga

A los 10 minutos de carga el pack número 1 aumento rápidamente su voltaje al igualar el voltaje promedio el incremento tan precipitado de voltaje en este pack es de cuidado.



Figura 137: Ciclo 2 - 10 minutos.

Al final de la carga los packs que mayor voltaje tuvieron fueron el 6 y el 14 y el de menor el 2 y el 10 pero con una diferencia de voltaje entre estos de 1 voltio lo que indica que la batería con una organización de packs estaría lista.

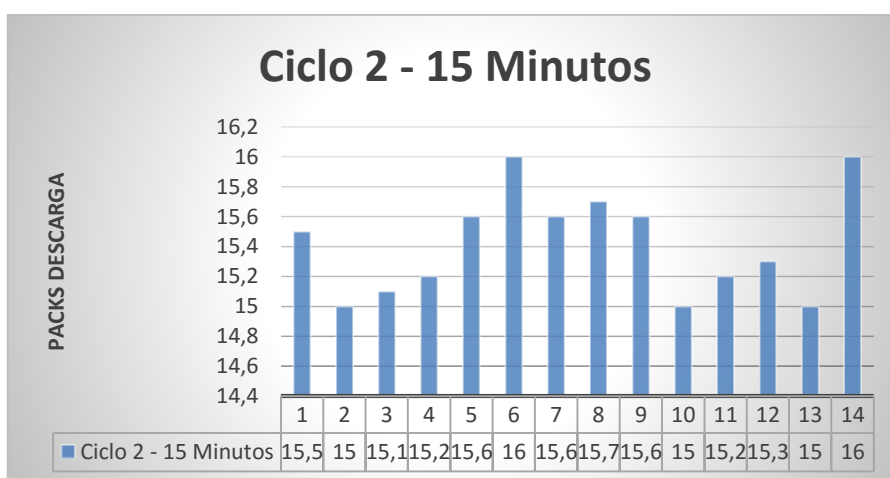


Figura 138: Ciclo 2 - 15 minutos termina la carga

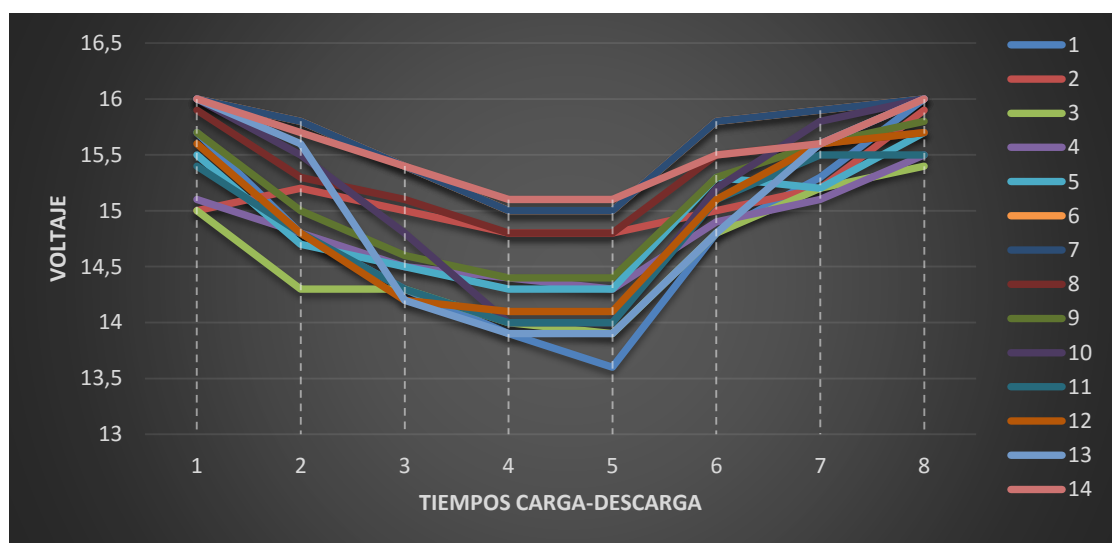
4.6.3 Ciclo 3

El último de los procesos de ciclaje represento datos reales mucho más exactos con los cuales se diagnosticó a la batería del auto Toyota Prius de tercera generación.

Tabla 36

Ciclo III

| T | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0:00 | 15,7 | 15 | 15 | 15,1 | 15,5 | 16 | 15,8 | 15,9 | 15,7 | 16 | 15,4 | 15,6 | 16 | 16 |
| 0:05 | 14,8 | 15,2 | 14,3 | 14,8 | 14,7 | 15,8 | 15,4 | 15,3 | 15 | 15,5 | 14,8 | 14,8 | 15,6 | 15,7 |
| 0:10 | 14,3 | 15 | 14,3 | 14,5 | 14,5 | 15,4 | 15,2 | 15,1 | 14,6 | 14,8 | 14,3 | 14,2 | 14,2 | 15,4 |
| 0:15 | 13,9 | 14,8 | 14 | 14,4 | 14,3 | 15 | 14,7 | 14,8 | 14,4 | 14 | 14 | 14,1 | 13,9 | 15,1 |
| $\Delta(V)$ | 1,8 | 1,3 | 1 | 0,7 | 1,2 | 0,8 | 1,1 | 1,1 | 1,3 | 1,4 | 1,4 | 1,5 | 3 | 1,2 |
| $\Delta\%$ DESC | 18% | 13% | 10% | 7% | 12% | 8% | 11% | 11% | 13% | 14% | 14% | 15% | 30% | 12% |
| 0:00 | 13,9 | 14,8 | 14 | 14,4 | 14,3 | 15 | 14,7 | 14,8 | 14,4 | 14 | 14 | 14,1 | 13,9 | 15,1 |
| 0:05 | 14,8 | 15 | 14,8 | 14,9 | 15,3 | 15,8 | 15 | 15,5 | 15,3 | 15,2 | 15,1 | 15,1 | 14,8 | 15,5 |
| 0:10 | 15,3 | 15,2 | 15,2 | 15,1 | 15,2 | 15,9 | 15,5 | 15,6 | 15,6 | 15,8 | 15,5 | 15,6 | 15,6 | 15,6 |
| 0:15 | 16 | 15,9 | 15,4 | 15,5 | 15,7 | 16 | 15,4 | 15,7 | 15,8 | 16 | 15,5 | 15,7 | 16 | 16 |
| | 2,4 | 3,1 | 1,5 | 1,2 | 1,4 | 1 | 0,7 | 0,9 | 1,4 | 1,5 | 1,5 | 1,6 | 2,8 | 1,2 |
| $\%\Delta$ CAR | 24% | 31% | 15% | 12% | 14% | 10% | 7% | 9% | 14% | 15% | 15% | 16% | 28% | 12% |
| Δ CAR- DESC | 6% | 18% | 5% | 5% | 2% | 2% | 4% | 2% | 1% | 1% | 1% | 1% | 2% | 0% |



- **Ciclo de descarga**

El ciclo de descarga parte luego de 5 minutos de descanso de la batería en los cuales se recuperó y dio valores reales de voltaje luego del efecto memoria de la batería en este proceso se procedió a verificar el estado de la batería de acuerdo a la diferencia de voltaje entre los diferentes

packs ya que si un pack tiene más de un voltio de diferencia con otro la hay que remplazarlo ya que en el vehículo dará problemas.

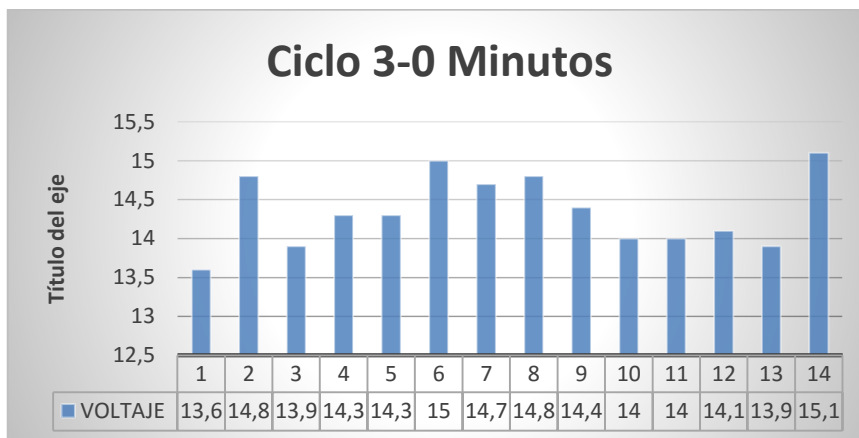


Figura 139: Ciclo 3-0 minutos comienza descarga

Durante los primeros minutos ya hay como resultados que el pack número dos se encuentra en mal estado y tiene que ser cambiado por uno de mejor capacidad para que la batería no tenga problemas en el vehículo

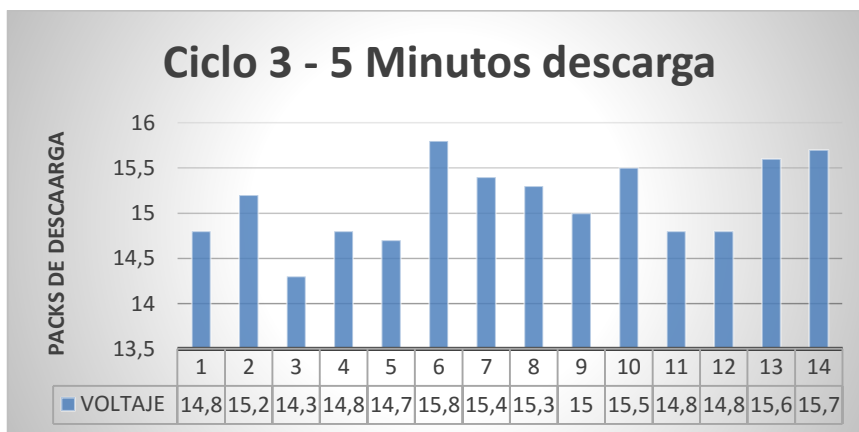


Figura 140: Ciclo 3 - 5 minutos descarga

A los 10 minutos las baterías tienden descargarse prematuramente el pack 10 y 13 deberán ser reubicados en los extremos para que no tengan problemas a largo plazo ya que en esos lugares es en donde hay menor desgaste de los packs y no tendrán problema de funcionamiento.

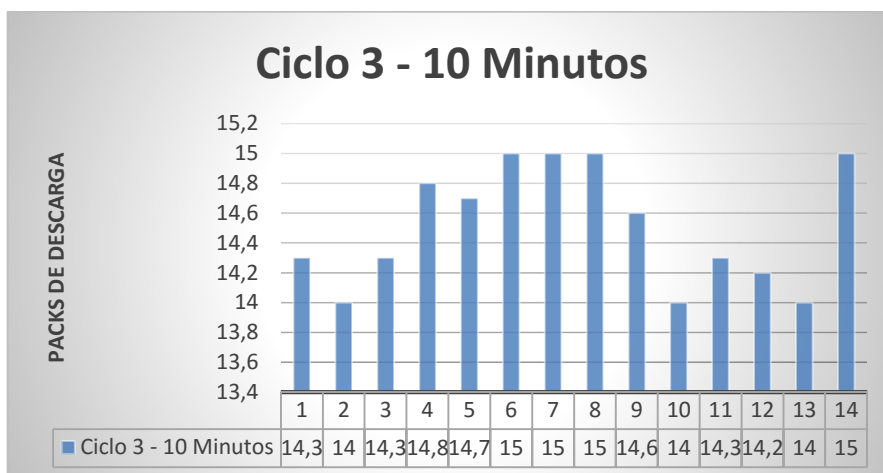


Figura 141: Ciclo 3 - 10 minutos descarga

A los 10 minutos el pack numero 13 también debe ser reemplazado por su voltaje tan bajo como resultado el pack número 1 y numero 13 deberán ser reemplazados y el pack numero 10 reubicado, los packs que se reemplazan deberán ser llevados para ser reciclados ya que por el material no se los puede almacenar ya que están hechos de un material extremadamente toxico.



Figura 142: Ciclo 3 - 15 minutos termina descarga

- **Ciclo de carga**

En el último ciclo de carga se determinó el orden en la batería de cada uno de los packs de acuerdo a su voltaje, los packs con menor diferencia de voltaje entre carga y descarga irán en el centro de la batería y los packs con mayor diferencia de voltaje se los distribuyo en los extremos ya que en ese lugar no hay concentración de temperatura y no se desgastarán tan rápido las celdas.



Figura 143: Ciclo 3 - 0 minutos comienza carga

Los valores de voltaje como ya se visualizó en el procedimiento anterior es el mismo con el que terminan la descarga.



Figura 144: Ciclo 3 - 5 minutos de carga

En los 10 minutos del tercer ciclo se observó que la diferencia más grande de voltaje entre packs es de 0,8 V lo que indica que la mayor parte de packs está reaccionando y comenzando a nivelarse al promedio de voltaje de la batería.



Figura 145: Ciclo 3 - 10 minutos de carga

Al final del proceso como al final de la descarga los paks 3 y 7 se reemplazarán y los demás se reubicarán según su voltaje, ya que la mayoría de los packs están nivelados en voltaje.

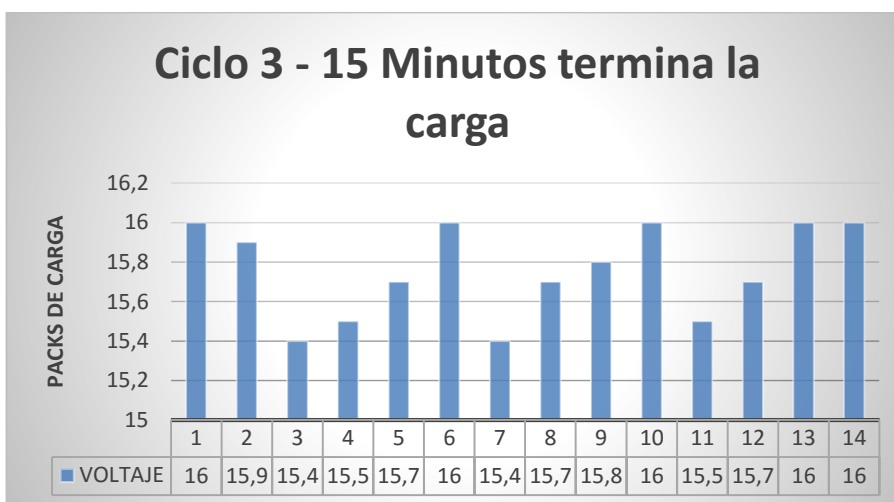


Figura 146: Ciclo 3 - 15 minutos termina la carga

Con el resultado del ciclaje se pudo deducir el orden de las celdas en la batería para lograr un deterioro similar en la batería con esto se extiende su vida útil ya que las celdas con menor diferencia de voltaje se colocaron en el centro y las celdas con mayor diferencia de voltaje se colocaron en los extremos que gracias a la investigación se supo que en esa posición tienden a deteriorarse en mayor tiempo

4.7 Reemplazo de celdas

En el proceso de reemplazo de celdas se cambiaron celdas en mal estado por celdas que estén en el mismo estado de las mejores celdas de la batería del vehículo.

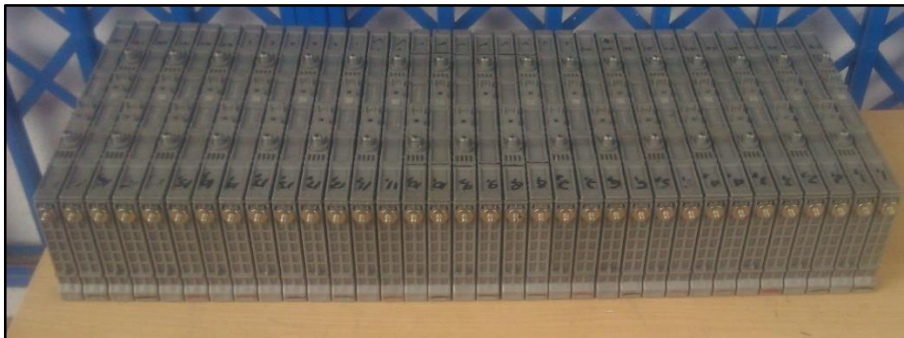


Figura 147: Celdas para reemplazar

Es muy importante no tratar de cambiarlas por celdas nuevas ya que estas tendrán una diferencia de voltaje y resistencia que crea un desnivel y traerá problemas con diferentes componentes del sistema híbrido como la computadora del sistema lo que genera que salte la luz de chek o el aviso que necesita inspección el sistema híbrido.



Figura 148: Bateria con celdas reemplazadas.

El procedimiento debe realizarse con el mayor cuidado posible teniendo en cuenta:

- Antes de montar esperar unas horas que la batería reduzca su presión por temperatura hasta que esta reduzca su temperatura y su presión entre celdas
- Las celdas que se vayan a cambiar tengan el mismo nivel que las mejores celdas de la batería que se esté realizando la reparación
- Tener en cuenta la separación de los polos positivo y negativo de la batería
- El montaje de cada una de las celdas sea en orden de acuerdo a la explicación de la rotación
- Deben montar una celda teniendo en cuenta las guías de cada celda



Figura 149: Bateria armada con celdas en buen estado

4.8 Balanceo de carga.

Este proceso tuvo como finalidad dejar los voltajes de las celdas equilibrados todos en un mismo voltaje lo cual se logró con métodos y procedimientos. Con la ayuda de la ley de ohm el departamento de electrónica de la universidad de san juan (IES, 2012) da un ejemplo de lo que sucede con el agua cuando se comunican dos depósitos a diferente altura. El agua pasa del depósito de mayor nivel al de menor, hasta que se igualan las alturas de los dos depósitos.

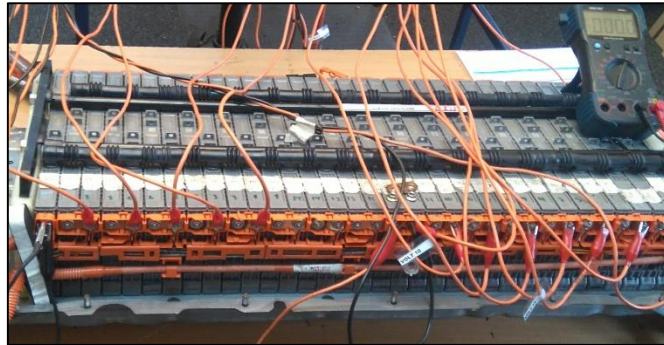


Figura 150: Balanceo de batería

Se conectó mediante un cable conductor dos cuerpos con diferentes tensiones, el que sea más positivo atraerá electrones del otro. Aquí va a suceder lo mismo que en los depósitos de agua: que, al pasar el agua, los niveles tienden a igualarse.

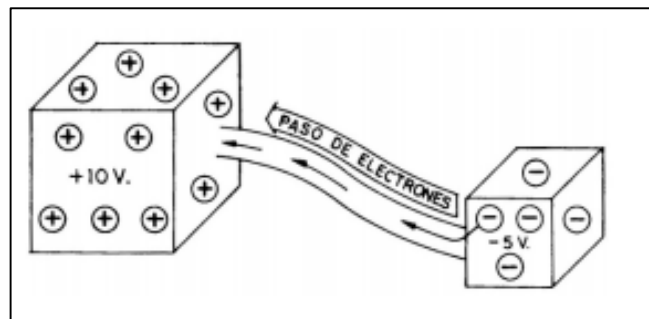


Figura 151: Proceso químico de balanceo

La cantidad de electrones que pasan de un cuerpo a otro, o sea, la intensidad, depende de la diferencia de voltajes de forma directamente proporcional (a más diferencia, mayor atracción y mayor circulación) e inversamente de la resistencia del cable que los comunica (a más resistencia, menos intensidad).

Con este procedimiento se obtuvo una nivelación de los diferentes voltajes de cada uno de los packs de la batería de alta tensión como se puede observar en las diferentes gráficas de antes y después de realizado el procedimiento.

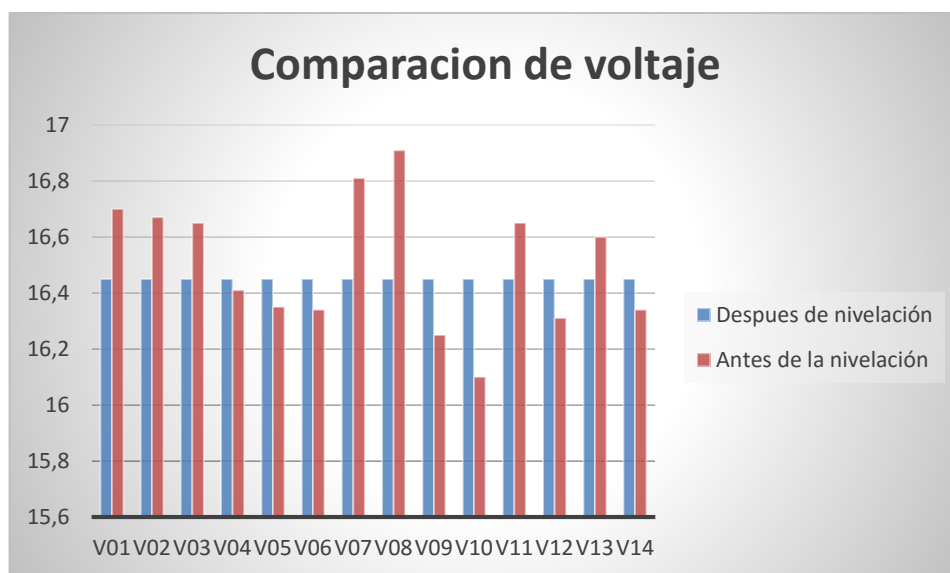


Figura 152: Comparación antes y después de la nivelación.

La nivelación fue de vital importancia para lograr que en el momento de instalación de la batería en el vehículo la computadora no vea diferencias en el voltaje en los diferentes packs y así comience el funcionamiento normalmente. Si una batería no se encuentra nivelada la computadora toma los diferentes valores de voltaje y comienza un funcionamiento irregular en la carga y descarga de los diferentes packs lo que genera fallas en el sistema híbrido.

4.9 Ecuación

El proceso de ecualización recopiló cada uno de los procesos y protocolos de mantenimiento y reacondicionamiento de la batería ya que llegan a cumplir un mismo objetivo el cual es obtener una batería en la cual los niveles de voltaje de cada uno de los packs y sus celdas no tengan variación de voltaje entre sí, lo que quiere decir que todos los packs se mantengan en un solo rango de voltaje un rango optimo dentro de los parámetros de funcionamiento de la batería los cuales son entre 15 y 14 voltios dependiendo del estado el SOC, la batería y sus celdas aumentan la vida útil considerablemente además de aumentar la potencia del vehículo.

4.10 Prueba final en el vehículo

Se prueba la batería en la cual se realizaron todos los procesos y se analizan los parámetros con el escáner en el cual se debe tener en cuenta valores de voltaje, temperatura y SOC, se realiza este proceso después de reiniciar los valores en el vehículo mediante el escáner Techstream.

| Parameter | Value | Unit | Parameter | Value | Unit |
|--------------------------|--------|------|-------------------------|-------|------|
| Engine Coolant Temp | 131 | F | Battery Block Num | 14 | |
| Engine Revolution | 0 | rpm | Batt Block Minimum Vol | 16.47 | V |
| Vehicle Spd | 0 | MPH | Minimum Batt Block No | 10 | |
| Engine Run Time | 2 | s | Batt Block Max Vol | 16.62 | V |
| 4B | 14.000 | V | Max Battery Block No | 1 | |
| DTC Clear Warm Up | 13 | | Battery Block Vol -V01 | 16.62 | V |
| DTC Clear Run Distance | 94 | mile | Battery Block Vol -V02 | 16.53 | V |
| DTC Clear Min | 422 | min | Battery Block Vol -V03 | 16.62 | V |
| MIL on Engine Run Time | 0 | min | Battery Block Vol -V04 | 16.53 | V |
| MIL Status | OFF | | Battery Block Vol -V05 | 16.50 | V |
| Mileage after Malfunc | 0 | mile | Battery Block Vol -V06 | 16.48 | V |
| Battery State of Charge | 80.0 | % | Battery Block Vol -V07 | 16.50 | V |
| Delta SOC | 0.0 | % | Battery Block Vol -V08 | 16.50 | V |
| Batt Pack Current Val | 1.19 | A | Battery Block Vol -V09 | 16.48 | V |
| Inhaling Air Temp | 86.9 | F | Battery Block Vol -V10 | 16.47 | V |
| VMF Fan Motor Voltage | 0.0 | V | Battery Block Vol -V11 | 16.50 | V |
| Auxiliary Battery Vol | 14.0 | V | Battery Block Vol -V12 | 16.55 | V |
| Charge Control Val | 25.0 | kW | Battery Block Vol -V13 | 16.56 | V |
| Discharge Control Val | 21.0 | kW | Battery Block Vol -V14 | 16.61 | V |
| Cooling Fan Mode | 0 | | Internal Resistance R01 | 0.022 | ohm |
| ECU Control Mode | 0 | | Internal Resistance R02 | 0.022 | ohm |
| Charge Control Signal | ON | | Internal Resistance R03 | 0.021 | ohm |
| Equal Charge Out Rly Sig | OFF | | Internal Resistance R04 | 0.022 | ohm |
| EQTH Charge Perm Sig | OFF | | Internal Resistance R05 | 0.021 | ohm |
| Standby Blower Request | OFF | | Internal Resistance R06 | 0.021 | ohm |
| Temp of Batt TB1 | 85.1 | F | Internal Resistance R07 | 0.021 | ohm |
| Temp of Batt TB2 | 90.9 | F | Internal Resistance R08 | 0.021 | ohm |
| Temp of Batt TB3 | 86.5 | F | Internal Resistance R09 | 0.021 | ohm |

Figura 153: Datos de batería en el vehículo

Los datos se estudiaron luego de cumplir un ciclo de manejo en el cual se le realizaron diferentes pruebas mediante un estilo de conducción muy agresivo además con el aire acondicionado encendido y los diferentes accesorios activados logrando un requerimiento de energía considerable y así consiguiendo picos de corriente muy altos alrededor de los 120A el cual da a conocer que celda o pack no cuenta con suficiente energía para satisfacer todos estos requerimientos. Si el vehículo no tiene problema y no hay variación de voltaje entre los packs, luego de este procedimiento se determina el estado de salud en el cual quedaron las baterías con la tabla de determinación de estado de salud en el cual contempla el tiempo en cual la batería disminuye el SOC en un 10% a una corriente constante.

| DETERMINACION DEL ESTADO DE SALUD | | |
|--|--------------|----------------------------------|
| INGRESAR DATOS OBTENIDOS CON SCANNER Y CRONOMETRO | | |
| TD (parte en minutos) | 18 | Tiempo de descarga min |
| TD (parte en segundo) | 55 | Tiempo de descarga seg |
| ID (Amperes) | 2,3 | Valor IB del scanner |
| SOC Stop | 53 | SOC cuando MCI se detiene |
| SOC Arranque | 40 | SOC cuando MCI arranca |
| CN (Cap. Nom A/H) | 6,5 | |
| | | |
| Tiempo en Minutos | 18,92 | Tiempo de descarga en minutos |
| Delta SOC | 13,00 | Variacion del SOC |
| Tasa de descarga | 0,73 | Tasa en A/H |
| | | |
| Capacidad estimada | 5,58 | Capacidad estimada de la Bateria |
| SALUD en % | 85,82 | |

Figura 154: Estado de vida

Al finalizar se obtuvo el estado de salud el cual es un 85% el cual indica que los diferentes procedimientos que se le realizaron a la batería funcionaron, con un 85% vehículo está listo para circular con normalidad en la ciudad.

4.11 Como para prolongar la vida útil de la batería del auto Toyota Prius 3G.

Los autos híbridos como los autos impulsados a combustión interna tienen sus cuidados especiales para lograr extender su vida útil de los mismos sobretodo de las diferentes partes que son fundamentales para su correcto funcionamiento por lo tanto en el vehículo híbrido se debe cuidar sus diferentes componentes principales como lo son la trasmisión con sus motogeneradores y engranajes, el inversor y la batería del vehículo híbrido, el estilo de manejo es un factor que influye de gran manera en el desgaste de la batería por lo tanto se determinaron varios consejos para prolongar la vida útil de la batería del vehículo Toyota Prius tercera generación.

4.11.1 Consejos de manejo

La clave para mantener la vida de la batería de alta tensión del vehículo es estar siempre pendiente de la carga de la batería, como con un celular cuando la carga está en alto nivel se puede usarlo y aprovechar toda la capacidad.

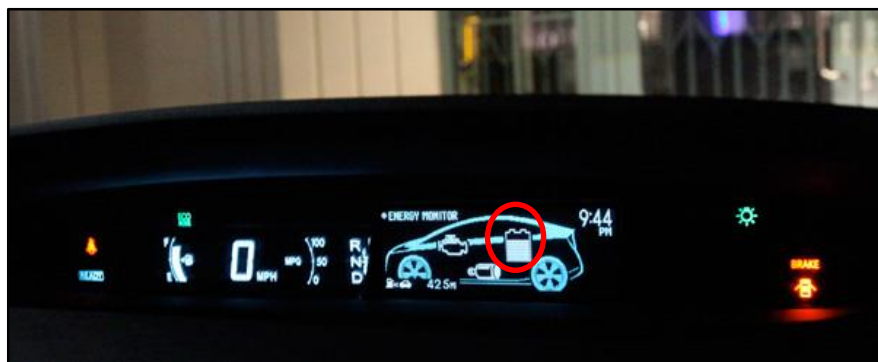


Figura 155: Panel de Toyota Prius

Cuando esta se está terminando hay que ser mesurado en el uso y trata de cargarla lo más rápido posible para mantenerla siempre sobre la mitad de la carga en el Toyota Prius como se logra:

- Usando el freno regenerativo este se usa mediante un frenado leve y constante no se activa en frenados bruscos por lo que el conductor deberá anticipar el momento de frenar y hacerlo despacio para que la energía de la frenada se use para cargar la batería.



Figura 156: Pedal de freno Toyota Prius

- Usar la palanca en B quiere decir que los frenos regenerativos estarán siempre activados cuando el vehículo frene o este en transitando por una bajada almacenará la energía del freno en las baterías.



Figura 157: Palanca Toyota Prius

- Uso del aire acondicionado debe limitarse cuando se encuentra baja la batería ya que este funciona directamente con la energía de la batería de alta tensión.



Figura 158: Tablero de climatización Toyota Prius

- Mantener descubierta entrada de aire de refrigeración esto se logra evitando objetos o personas que obstruyan el paso de aire hacia las baterías ya que se estudió que el exceso de calor es un factor perjudicial para estas baterías.

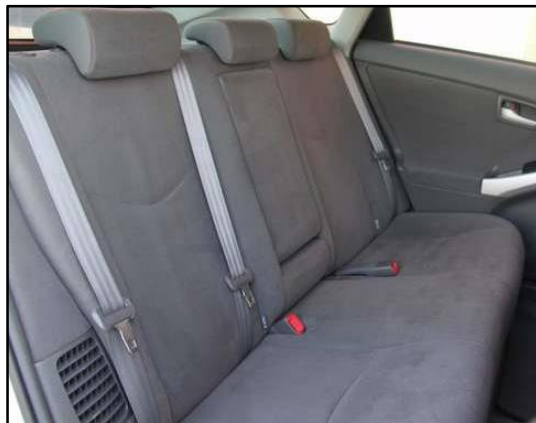


Figura 159: Rejilla de ventilación

- Una conducción pasiva es la manera correcta para manejar este vehículo, es importante en las mañanas esperar que este recargue la batería y estabilice las celdas para poder salir en el vehículo y realizar el trayecto cotidiano.

CAPÍTULO 5

5.1 MARCO ADMINISTRATIVO

Con la finalidad de llevar a cabo este proyecto de la manera más eficiente y económica posible se hizo gran énfasis en el manejo de los diferentes recursos, para lograr el objetivo primordial el cual es culminar el proyecto y llegar a las metas propuestas

5.2 Factibilidad de la investigación

Una buena administración de recursos humanos y materiales permite desarrollar el proyecto de una manera eficiente, en la que con trabajo duro permite el desarrollo de cualquier proyecto que se proponga en este caso el desarrollo de un protocolo de pruebas con el diseño y construcción de un módulo de carga y descarga para baterías de vehículo híbrido Toyota Prius tercera generación

5.3 Talento humano

Para el proyecto con el nombre “INVESTIGAR LA INFLUENCIA DE LA ECUALIZACIÓN DE PACKS PARA PROLONGAR LA VIDA ÚTIL DE LA BATERÍA DE ALTA TENSIÓN DEL VEHÍCULO HÍBRIDO TOYOTA PRIUS TERCERA GENERACIÓN” la aportación de investigación sobre el tema estuvo a cargo de Sebastián Rebelo con la ayuda del Ingeniero German Erazo

5.4 Recursos financieros

El financiamiento del proyecto se realizó con recursos propios los cuales se destinaron principalmente al diseño y construcción de un módulo de carga y descarga automatizado el cual es un equipo el cual ayudó a cumplir las metas propuestas, estos recursos fueron manejados de la manera más eficiente los cuales fueron aprovechados al máximo para cumplir con las demandas del proyecto como en seguridad, precisión en la medición logrando también que este proyecto sea una herramienta de alta tecnología para el diagnóstico y reacondicionamiento de las baterías de alto voltaje de los vehículos Toyota Prius

Tabla 37

Gastos materiales

| Gastos materiales | | | |
|--------------------------|--------------|-------------------------------------|-----------------|
| Ord. | Cant. | Materiales e insumos | Costo(0) |
| 1 | 1 | Baterías hv | 200 |
| 2 | 1 | Puntas de osciloscopio | 30 |
| 3 | 1 | Voltímetros analógicos. | 70 |
| 4 | 1 | Sistema de medición | 80 |
| 5 | 1 | Banco de pruebas | 850 |
| 6 | 1 | Material bibliográfico | 40 |
| 7 | 1 | Movilización | 80 |
| 8 | 1 | Instrumentos de medición automotriz | 345 |
| 9 | 1 | Instalación | 150 |
| 10 | 1 | Imprevistos | 150 |
| 11 | 1 | Fluido limpia contactos | 10 |
| 12 | 1 | Grasa liquida | 10 |
| | | total | 2015 |

Los equipos de protección personal son sumamente importantes debido a que se maneja un alto voltaje y un gran amperaje lo que hace que la manipulación de las baterías de los vehículos híbridos sea muy peligrosa por lo tanto necesite de equipos de protección personal de carácter obligatorio para salvaguardar la integridad de las personas que manipulen estas baterías

Tabla 38**Equipos de protección personal**

| Ord. | Cant. | Equipos | Costo |
|-------------|--------------|--------------------|--------------|
| 1 | 1 | Guantes | 5 |
| 2 | 5 | Guaípe | 5 |
| 3 | 2 | Franelas | 5 |
| 4 | 5 | Guantes de latex | 10 |
| 5 | 10 | Tapabocas | 8 |
| 6 | 1 | Mandil | 25 |
| 7 | 1 | Botas de seguridad | 30 |
| | | total | 88 |

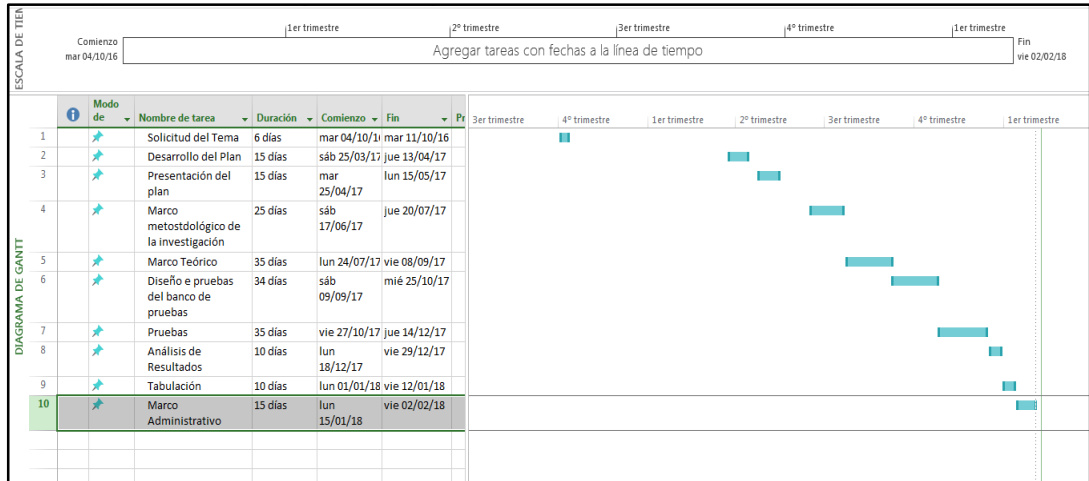
5.5 Recursos tecnológicos.

Este proyecto se desarrolla con diferentes recursos tecnológicos y herramientas de alta tecnología ya que los vehículos usados de prueba para esta investigación son uno de los avances más significativos de esta época en el ámbito automotriz, por lo tanto, se necesita de tener recursos tecnológicos de punta como también material bibliográfico actualizado que solo se logró conseguir con la ayuda de bases digitales. Todos los recursos fueron herramientas esenciales para poder realizar el proyecto en el área de la investigación científica.

Tabla 39**Recursos tecnológicos**

| Ord | Recurso tecnológico |
|------------|----------------------------|
| 1 | Osciloscopio automotriz |
| 2 | Multímetro automotriz |
| 3 | Termómetro laser |
| 4 | Escáner automotriz |
| 5 | Computadora |
| 6 | Interface automotriz |
| 7 | Internet |
| 8 | Cámara fotográfica |

5.6 Cronograma



CAPÍTULO VI

6.1 Conclusiones

- Las fuentes de investigación sobre los vehículos híbridos fueron varias con excelentes contenidos por lo cual se tuvo que estudiar varias fuentes para obtener una síntesis de las propiedades y elementos de los vehículos híbridos, para la parte sobre métodos y técnicas de diagnóstico y reparación de baterías de autos híbridos el material bibliográfico fue limitado, la información sobre este tema fue muy escasa y de fuentes no muy confiables esta fue una de las razones fundamentales para realizar el proyecto el cual brinda un apoyo bibliográfico sobre métodos de reparación y mantenimiento de la batería del vehículo Toyota Prius Tercera generación.
- El sistema de recolección se logró con base en herramientas de alta tecnología como lo fueron el escáner propio de la marca Toyota en el cual se observa todos los parámetros de funcionamiento del vehículo principalmente los datos de la batería, además de la creación del módulo de carga y descarga el cual realiza una tabulación de datos que ayudaron a identificar el estado de las diferentes celdas,
- La generación de un protocolo de pruebas se logró a la gran investigación realizada así como a la vasta experiencia que se obtuvo en el centro de capacitación automotriz, este protocolo es una base para la rehabilitación de las baterías la cual se basó en la ecualización de la batería el cual recomienda dar un mantenimiento preventivo a la batería para prolongar la vida de la misma ya que realizar un mantenimiento correctivo es una operación delicada en la cual se deben realizar diversos procedimientos y herramientas especializadas para lograr ecualizar las baterías correctamente y logrando así prolongar su vida.

- La medición del estado de la batería se logró con el escáner propio de la marca y la ecuación del estado de salud de la batería, así se pudo obtener en qué estado se encuentra la batería y con este dato determinar el procedimiento siguiente en el mantenimiento de la batería.
- El banco de pruebas es una de las herramientas fundamental para realizar la ecualización correcta de las baterías el cual se diseñó con la finalidad de identificar la capacidad de cada una de las celdas, identificar las que se encuentran en mal estado para que estas no sean tomadas en cuenta en la conformación de la batería las cuales pueden causar problemas prematuros en el funcionamiento del vehículo.
- El manual de reparación y mantenimiento se generó con un substancial conocimiento experimental, se realizaron varios procesos los cuales ayudaron a determinar tiempos de procesos, corrientes y voltajes adecuados mediante los cuales se logró una ecualización eficiente la cual da como resultado prolongar la vida de la batería del auto híbrido Toyota Prius tercera generación

6.2 Recomendaciones

- Tomar en cuenta los diferentes materiales y herramientas de protección personal ya que se trabaja con una gran corriente la cual puede ocasionar diferentes heridas y laceraciones en la piel incluso puede ocasionar la muerte.
- Se debió tomar en cuenta la corriente de carga y descarga ya que debe ser constante si no es así la batería se encuentra en pésimas condiciones en la cual se hará imposible su análisis ya que los datos no serán coherentes.
- Para un correcto diagnostico se debe estudiar las diferentes propiedades de la batería de níquel hidruro metálico ya que es de

suma importancia conocer las curvas características el porcentaje de pérdida de energía y su temperatura ideal de trabajo.

- Tener el debido cuidado en la conexión de los cables del módulo y tratar de no manipular su interior ya que todo funciona en conjunto y una conexión mal hecha pueda ocasionar daños graves en la placa.
- Utilizar el módulo de carga y descarga siguiendo las indicaciones que indica el manual ya que si no se realiza algún paso no se obtendrán datos coherentes.

5.7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

La Hora. (5 de Junio de 2011). Recuperado el 08 de Octubre de 2015, de La Hora:

http://www.lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101152350/-1/Veh%C3%ADculos_a_carburador_se_mantienen_en_Quito.html#.VkDBSLcvfIU

ACSUSA. (19 de 05 de 2015). ucsusa.org. Recuperado el 1 de 5 de 2016, de <http://blog.ucsusa.org/>

AEADE. (2014). Anuario 70 años. AEADE, 93-100.

ALEJANDRO, Á. M. (OCTUBRE de 2014). diseño y construcción de un cargador automatizado de baterías de vehículos híbridos. latacunga.

Augeri. (23 de Junio de 2015). Cise Electrónica. Recuperado el 13 de Octubre de 2015, de Cise Electrónica: <http://www.cise.com/portal/component/k2/item/759-curso-online-diagn%C3%B3stico-por-im%C3%A1genes-en-electr%C3%B3nica-automotriz.html>

Augeri F, & Lopez D. (2013). Mantenimiento y reparacion de baterias hibridas. Energia Mecanica innovacion y futuro, 5-10.

Bahmachari R. (2012). Electrical Engineering. German: Indo German Winter Academy 2010.

Cazaravilla. (2012). Autos Híbridos y Eléctricos. MONTEVIDEO: Universidad de la República.

Consulting. (2012). Linkages of DOE's Energy. Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, 22.

David. (27 de Enero de 2014). eetimes. Obtenido de <https://www.eetimes.com>

- Davies, G. (4 de 12 de 2003). ecrostech. Obtenido de <http://www.ecrostech.com/prius/GenInfo/DTCs/HVECU.htm>
- Diego L. (2016). Baterías de alta tensión. (Rebelo, Entrevistador)
- Espinoza, L., Erazo, G., & Mena, L. (2012). Diseño y aplicación de un protocolo de mantenimiento, diagnóstico y reparación del sistema de baterías de vehículos híbridos. Latacunga.
- FDCF. (2015). La ley de Ohm. Chile: Universidad de Chile.
- FITSA. (2012). Fundación Instituto Tecnológico para la Seguridad del Automóvil. fitsa, 12.
- Godde, R. (2012). Estudio de condiciones técnicas de servicio para la implantación de vehículos ferroviarios híbridos para trabajos de mantenimiento de vías y catenarias. Barcelona: Escola Tècnica Superior.
- Herrero. (16 de enero de 2012). km77. Obtenido de <http://www.km77.com/00/toyota/prius/2010/t04.asp>
- Hoggins, R. A. (2009). Advanced battery. En R. A. Hoggins, Advanced battery (pág. 290). Miami: Springer.
- IES. (2012). Electrónica básica. San Juan: Departamento de Electrónica.
- industrial, T. (18 de 05 de 2008). xuletas. Obtenido de <https://www.xuletas.es/ficha/principios-de-los-ohmetros-medida-de-resistencia-a-cuatro-hilos-metodo-kelvin-1/>
- James L, J. L. (2013). Electric Vehicle Technology. Oxford: John Wiley & Sons Ltd.
- Meganeboy. (7 de julio de 2014). Aficionadosalamecanica. Obtenido de <http://www.aficionadosalamecanica.net/hibridos-prius.htm>
- Mehrdad, Y. G. (2012). Modern Electric Hybrid Electric and Fuel Cell Vehicles. New York: Crc Press.

- Orozco, M. (7 de 10 de 2016). elcomercio.com. Obtenido de <http://www.elcomercio.com/actualidad/cuotas-importacion-afectaron-oferta-hibridos.html>
- Ruiz, R. (28 de Marzo de 2007). Historia y Evolución del Pensamiento Científico. Recuperado el 03 de Diciembre de 2015, de Historia y Evolución del Pensamiento Científico: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf/historia-pensamiento-cientifico/historia-pensamiento-cientifico.shtml>
- Toyota . (10 de 1 de 2016). Recuperado el 24 de 5 de 2016, de www.toyota.com
- Toyota. (2009). Hybrid 2010 model 3rd generation.
- Toyota. (2010). Toyota Prius User-Guide. En Toyota. Toyota.
- Toyota. (2012). Prius user guie. Miami: toyota.
- Toyota. (2012). Prius User-Guide. Miami: toyota.
- Toyota. (2013). The hybrid that started it all. Recuperado el 6 de Octubre de 2013, de <http://www.toyota.com/prius/>
- Van Dalen, D., & Meyer, W. (21 de Septiembre de 2006). Neomagico. Recuperado el 10 de Diciembre de 2015, de Neomagico: <http://noemagico.blogia.com/2006/092201-la-investigacion-experimental.php>

ANEXOS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo fue desarrollado por el señor: **REBELO CARRILLO SEBASTIAN SANTIAGO**

En la ciudad de Latacunga, a los veinte y ocho días del mes de febrero de 2018.

ING. GERMÁN ERAZO VALVERDE
DIRECTOR DEL PROYECTO

Aprobado por:

Ing. Danilo Zambrano
DIRECTOR DE CARRERA



Dr. Freddy Jaramillo
SECRETARIO ACADÉMICO