



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“DIMENSIONAMIENTO DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN  
DE ENERGÍA MEDIANTE EL DISEÑO DE UN BANCO DE  
BATERÍAS PARA EL PROTOTIPO DE BUGGY HÍBRIDO 4X4.”**

**ALDAS RUIZ CRISTIAN JOEL**

**MOREJÓN JAÑA MARVIN GABRIEL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**TIPO: PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**Previo a la obtención del Título de:**

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**Riobamba – Ecuador**

**2019**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN  
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

2018-10-23

Yo recomiendo que el trabajo de titulación preparado por:

**ALADAS RUIZ CRISTIAN JOEL**

Titulado:

**“DIMENSIONAMIENTO DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN DE ENERGÍA  
MEDIANTE EL DISEÑO DE UN BANCO DE BATERÍAS PARA EL PROTOTIPO DE  
BUGGY HÍBRIDO 4X4.”**

Sea aceptado como total complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

---

Ing. Carlos José Santillán Mariño

**DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Luis Fernando Buenaño Moyano

**DIRECTOR TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

Ing. Bolívar Alejandro Cuaical Angulo

**MIEMBRO TRABAJO DE TITULACIÓN**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN  
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

2018-10-23

Yo recomiendo que el trabajo de titulación preparado por:

**MOREJÓN JAÑA MARVIN GABRIEL**

Titulado:

**“DIMENSIONAMIENTO DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN DE ENERGÍA  
MEDIANTE EL DISEÑO DE UN BANCO DE BATERÍAS PARA EL PROTOTIPO DE  
BUGGY HÍBRIDO 4X4.”**

Sea aceptado como total complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

---

Ing. Carlos José Santillán Mariño

**DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Luis Fernando Buenaño Moyano

**DIRECTOR TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

Ing. Bolívar Alejandro Cuaical Angulo

**MIEMBRO TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

**EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** ALDAS RUIZ CRISTIAN JOEL

**“DIMENSIONAMIENTO DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN DE ENERGÍA  
MEDIANTE EL DISEÑO DE UN BANCO DE BATERÍAS PARA EL PROTOTIPO DE  
BUGGY HÍBRIDO 4X4.”**

**Fecha de Examinación:** 2019-06-12

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. José Francisco Pérez Fiallos <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Luis Fernando Buenaño Moyano <b>DIRECTOR</b>			
Ing. Bolívar Alejandro Cuaical Angulo <b>MIEMBRO</b>			

\*Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

El presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

\_\_\_\_\_  
Ing. José Pérez Fiallos

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

**EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** MOREJÓN JAÑA MARVIN GABRIEL

**“DIMENSIONAMIENTO DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN DE ENERGÍA  
MEDIANTE EL DISEÑO DE UN BANCO DE BATERÍAS PARA EL PROTOTIPO DE  
BUGGY HÍBRIDO 4X4.”**

**Fecha de Examinación:** 2019-06-12

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. José Francisco Pérez Fiallos <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Luis Fernando Buenaño Moyano <b>DIRECTOR</b>			
Ing. Bolívar Alejandro Cuaical Angulo <b>MIEMBRO</b>			

\*Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

---

El presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido

---

Ing. José Pérez Fiallos

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El trabajo de titulación denominado **“DIMENSIONAMIENTO DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN DE ENERGÍA MEDIANTE EL DISEÑO DE UN BANCO DE BATERÍAS PARA EL PROTOTIPO DE BUGGY HÍBRIDO 4X4”**, que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

**Aldas Ruiz Cristian Joel**

Cédula de identidad: 060418274-1

---

**Morejón Jaña Marvin Gabriel**

Cédula de identidad: 120636373-9

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Nosotros, Aldas Ruiz Cristian Joel y Morejón Jaña Marvin Gabriel, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

---

**Aldas Ruiz Cristian Joel**

Cédula de identidad:

---

**Morejón Jaña Marvin Gabriel**

Cédula de identidad: 120636373-9

## **DEDICATORIA**

A mi padre Feliciano y mi madre que está en el cielo Esthela quienes con su amor y esfuerzo han permitido cumplir hoy un sueño más, gracias por infundir en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer los obstáculos que nos pone la vida porque Dios está conmigo siempre. A mis hermanos Cesar y Alexandra por su apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en momentos difíciles gracias. A toda mi familia porque con sus buenos deseos y oraciones, consejos han hecho de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en mis metas y sueños.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a todos mis amigos, por el apoyo cuando más lo necesito, por darme su mano en momentos difíciles y por el aprecio brindado cada día, mil gracias hermanos, siempre los llevo en mi corazón.

**Cristian Joel Aldas Ruiz**

A Dios por ser mi guía espiritual en este arduo camino, de manera muy especial a mis padres Luis Morejón y Lucy Jaña que con su esfuerzo y dedicación ayudaron a que esto fuera posible y que seguirán siendo mi pilar fundamental para la construcción de mi vida profesional quienes han inculcado en mi responsabilidad, valores y deseos de superación, las dos personas que se han ganado toda mi admiración y respeto. Gracias dios por haberme permitido tener a los mejores padres.

A mi familia, en especial a mis hermanos por siempre estar en los momentos difíciles y por ultimo a mis amigos por convertirse en mmi familia durante esta vida estudiantil.

**Marvin Gabriel Morejón Jaña**



## **AGRADECIMIENTO**

Expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes. Mi profundo agradecimiento a todos los ingenieros y personal que conforman la escuela de ingeniería automotriz, por darme la confianza, abrirme las puertas y permitirme realizar todo el proceso investigativo dentro de su establecimiento educativo. De igual manera mis agradecimientos a mis profesores en especial al Ing. Luis Buenaño, Ing. Bolívar Cuaical quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda culminar este proyecto, gracias a cada una de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

**Cristian Joel Aldas Ruiz**

El más sincero agradecimiento a todos los docentes de la Escuela de Ingeniería Automotriz, por inculcarme los conocimientos necesarios para defenderme en el área laboral, por la paciencia y consejos brindados en todos estos años de carrera, gracias a ellos he logrado cumplir mi objetivo que es ser un Ingeniero Automotriz de calidad y ético.

Agradezco a mis amigos que estuvieron ahí brindándome su apoyo para seguir adelante y no rendirme, en especial a mis Padres por su confianza y esfuerzo diario. A mi Tutor y Asesor por guiarme con su experiencia, sabiduría, para culminar con éxito esta etapa.

**Marvin Gabriel Morejón**

## TABLA DE CONTENIDOS

**RESUMEN**

**ABSTRACT**

**INTRODUCCIÓN**

**Pag.**

### **CAPÍTULO I**

#### **1 MARCO REFERENCIAL**

1.1	Antecedentes .....	1
1.2	Planteamiento del problema .....	1
1.3	Justificación .....	2
1.4	Justificación teórica .....	3
1.5	Justificación Metodológica.....	3
1.6	Justificación Práctica .....	4
1.7	Objetivos.....	4
1.7.1	<i>Objetivo General</i> .....	4
1.7.2	<i>Objetivos específico</i> .....	4

### **CAPÍTULO II**

#### **2. MARCO TEORICO**

2.1	Vehículos Híbridos .....	5
2.2	Clasificación ISO según el grado de electrificación.....	7
2.3	Arquitectura de vehículos híbridos.....	9
2.3.1	<i>Híbrido en serie</i> .....	9
2.3.2	<i>Híbridos en paralelo</i> .....	9
2.3.3	<i>Vehículo híbrido serie – paralelo</i> .....	10
2.4	Componentes de un vehículo híbrido .....	10

2.4.1	<i>Motor térmico</i> .....	11
2.4.2	<i>Generador</i> .....	11
2.5	<i>Batería de alta tensión</i> .....	12
2.5.1	<i>Fundamentos básicos de una batería</i> .....	12
2.5.2	<i>Parámetros de las baterías</i> .....	13
2.5.2.1	<i>Tensión circuito abierto</i> .....	13
2.5.2.2	<i>Tensión de la carga y descarga</i> .....	13
2.5.2.3	<i>Capacidad</i> .....	14
2.5.2.4	<i>Estado de carga (SOC) %</i> .....	14
2.5.2.5	<i>Profundidad de descarga</i> .....	14
2.5.2.6	<i>Energía Específica</i> .....	14
2.5.2.7	<i>Potencia Específica</i> .....	14
2.5.2.8	<i>Rendimiento</i> .....	14
2.5.2.9	<i>Ciclos de vida de la batería</i> .....	15
2.5.2.10	<i>Tiempo de recarga rápida</i> .....	15
2.5.2.11	<i>Curvas de carga y descarga</i> .....	15
2.5.3	<i>Tipos de baterías de alta tensión</i> .....	16
2.5.3.1	<i>Batería de Plomo – Ácido (Pb - ácido)</i> .....	16
2.5.3.2	<i>Baterías de Níquel – Cadmio (Ni – Cd)</i> .....	18
2.5.3.3	<i>Baterías de Níquel – Metal Hidruro (Ni – MH)</i> .....	18
2.5.3.4	<i>Baterías de Litio – Ion (Li – Ión)</i> .....	19
2.5.3.5	<i>Baterías de Litio – Polímero (Li – pol)</i> .....	20
2.5.4	<i>Inversor de corriente</i> .....	20
2.6	<i>Carga de las baterías</i> .....	21
2.6.1	<i>Tipos de Recarga</i> .....	22
2.6.1.1	<i>Recarga lenta</i> .....	22
2.6.1.2	<i>Recarga semi-rápida</i> .....	22
2.6.1.3	<i>Recarga rápida</i> .....	22
2.7	<i>Vehículos híbridos que utilizan baterías de alta tensión</i> .....	23

2.7.1	<i>Toyota Prius</i> .....	23
2.7.2	<i>Toyota Highlander</i> .....	23
2.7.3	<i>Ford Scape</i> .....	23
2.7.4	<i>El Renault ZOE de 403 km de autonomía y baterías con celdas de litio níquel-manganeso-cobalto fabricadas por LG Chem</i> .....	24
2.7.5	<i>Batería de Ion-Litio del BMW i3</i> .....	24

### **CAPÍTULO III**

3	<b>DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN</b>	
3.1	Requisitos del sistema .....	25
3.2	Requisitos en base al desempeño solicitado. ....	25
3.3	Parámetros de diseño. ....	25
3.3.1	<i>Pasos para el diseño</i> .....	25
3.3.2	<i>Eléctricos</i> . ....	26
3.3.2.1	<i>Motor eléctrico</i> .....	26
3.3.2.2	<i>Características dinámicas del motor eléctrico</i> .....	27
3.3.2	<i>Características de las baterías</i> .....	28
3.3.3	<i>Cargador de baterías</i> .....	29
3.3.3.1	<i>Cálculos para la selección de elementos eléctricos</i> .....	29
3.3.3.2	<i>Voltajes de pico de entrada, salida y tensión inversa de pico (PIV)</i> .....	29
3.3.3.3	<i>Energía almacenada y potencia del condensador</i> .....	33
3.3.3.4	<i>Intensidad de carga</i> .....	34
3.3.4	<i>Componentes eléctricos del cargador de baterías</i> .....	35
3.3.4.1	<i>Rectificador de Onda Completa</i> .....	35
3.3.4.2	<i>Condensador electrolítico 470 microfaradios y 350 V</i> .....	36
3.3.4.3	<i>Diodos</i> .....	36
3.3.4.4	<i>Amperímetro</i> .....	37
3.3.4.5	<i>Diseño del circuito de carga de baterías</i> .....	37

3.3.5	<i>Sistema de refrigeración</i> .....	38
3.3.5.1	<i>Dispositivo de control de refrigeración Componentes eléctricos.</i> .....	38
3.3.5.2	<i>Arduino mega</i> .....	38
3.3.5.3	<i>Sensores lm</i> .....	40
3.3.5.4	<i>Relé</i> .....	45
3.3.5.5	<i>LCD 16x2</i> .....	41
3.3.5.6	<i>Diseño del circuito de refrigeración</i> .....	43
3.3.5.7	<i>Conexión del Arduino nano</i> .....	43
3.3.6	<i>Mecánico</i> .....	45
3.3.6.1	<i>Peso del buggy 4x4.</i> .....	45
3.3.6.2	<i>Dimensiones de las baterías</i> .....	46
3.3.6.3	<i>Espacio disponible</i> .....	47
3.3.7	<i>Seguridad</i> .....	47
3.3.7.1	<i>Requisitos en base al ambiente de trabajo</i> .....	47
3.4	<i>Variable de diseño para el dimensionamiento de la fuente alimentación</i> .....	47
3.4.1	<i>Voltaje de operación</i> .....	48
3.4.1	<i>Dimensionamiento de la caja porta baterías</i> .....	48
3.4.2	<i>Coeficiente de seguridad de la caja porta batería.</i> .....	48
3.4.3	<i>Deformación total de la caja porta baterías</i> .....	49
3.4.4	<i>Análisis térmico de la caja porta batería</i> .....	50
3.4.5	<i>Dimensionamiento del sistema de alimentación</i> .....	51
3.4.5.1	<i>Elección de la celda</i> .....	51
3.4.5.2	<i>Colocación de la celda</i> .....	51
3.5	<i>Descripción general del sistema</i> .....	52
3.5.1	<i>Conexión de la fuente de alimentación de energía hacia el modulo</i> .....	52
3.6	<i>Recuperación de celdas de níquel hidruro metálico</i> .....	56
3.6.1	<i>Procedimiento para la recuperación</i> .....	56
3.6.1.1	<i>Balaceo de los 36 módulos de las baterías.</i> .....	56
3.6.1.2	<i>Proceso de carga.</i> .....	57

3.6.1.3	<i>Proceso de descarga</i> .....	61
3.6.1.4	<i>Balanceo de la celda afectada con el equipo IMAX B6</i> .....	64
3.6.1.5	<i>Ecualización de los bloques de baterías de alta tensión</i> .....	65
3.6.2	<i>Capacidad en amperios – hora de la fuente de alimentación</i> .....	66
3.7	<i>Pruebas y funcionamiento</i> .....	67
3.7.1	<i>Carga de la fuente de alimentación de energía</i> .....	67
3.7.1.1	<i>Condiciones de la prueba</i> .....	67
3.7.1.2	<i>Materiales</i> .....	69
3.7.1.3	<i>Resultados</i> .....	69
3.7.2	<i>Funcionamiento</i> .....	70
3.7.2.1	<i>Condiciones de la prueba</i> .....	70
3.7.2.2	<i>Procedimiento</i> .....	71
3.7.2.3	<i>Materiales</i> .....	72
3.7.2.4	<i>Resultados</i> .....	72
3.7.3	<i>Temperatura de la fuente de alimentación</i> .....	74
3.7.3.1	<i>Condiciones de la prueba</i> .....	74
3.7.3.2	<i>Procedimiento</i> .....	74
3.7.3.3	<i>Materiales</i> .....	75
3.7.3.4	<i>Resultado</i> .....	75
3.7.4	<i>Autonomía de la fuente de alimentación con una carga de 1 hora</i> .....	80
3.7.4.1	<i>Condiciones de la prueba</i> .....	80
3.7.4.2	<i>Procedimiento</i> .....	80
3.7.4.3	<i>Materiales</i> .....	81
3.7.4.4	<i>Resultados</i> .....	82
3.8	<i>Análisis de resultados</i> .....	84

## **CAPÍTULO IV**

### **4 ESTUDIOS DE COSTO**

4.1	Costos directos.....	85
4.2	Costos indirectos.....	86

### **CONCLUSIONES**

### **RECOMENDACIONES**

### **BIBLIOGRAFÍA**

### **ANEXOS**

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2:</b> Disposición de los elementos en un vehículo híbrido en serie.....	9
<b>Figura 2-2:</b> Disposición de los elementos en un vehículo híbrido en paralelo .....	10
<b>Figura 3-2:</b> Disposición de los elementos en un vehículo híbrido serie – paralelo .....	10
<b>Figura 4-2:</b> Componentes de un vehículo híbrido.....	11
<b>Figura 5-2:</b> Conjunto de baterías Toyota Prius .....	12
<b>Figura 6-2:</b> Funcionamiento de una batería .....	13
<b>Figura 7-2:</b> Inversor de corriente (interior).....	20
<b>Figura 8-2:</b> Sistema de carga de la batería .....	21
<b>Figura 9-2:</b> Baterías del BMW i3 .....	24
<b>Figura 1-3:</b> Motor eléctrico sin escobillas .....	26
<b>Figura 2-3:</b> Tensión inversa de pico en un puente rectificador.....	32
<b>Figura 3-3:</b> Rectificador de Onda completa con puente de diodos .....	35
<b>Figura 4-3:</b> Condensador electrolítico .....	36
<b>Figura 5-3:</b> Símbolo electrónico del diodo .....	36
<b>Figura 6-3:</b> Galvanómetro y sus partes .....	37
<b>Figura 7-3:</b> Resistencia de shunt.....	37
<b>Figura 8-3:</b> Circuito del cargador de baterías de níquel metal hidruro .....	38
<b>Figura 9-3:</b> Conector USB .....	38
<b>Figura 10-3:</b> Arduino Mega y sus partes .....	39
<b>Figura 11-3:</b> Sensor de temperatura LM 35.....	40
<b>Figura 12-3:</b> Relé utilizado para el accionamiento del extractor .....	41
<b>Figura 13-3:</b> LCD 16x2 estructura de sus pines.....	42
<b>Figura 14-3:</b> Conexión del arduino nano .....	43
<b>Figura 15-3:</b> Conexión de Socket .....	43
<b>Figura 16-3:</b> Espacio disponible para la colocación de la fuente de alimentación de energía..	47
<b>Figura 17-3:</b> Caja porta baterías.....	48



<b>Figura 18-3:</b> Aplicación de los esfuerzos a la caja porta baterías .....	49
<b>Figura 19-3:</b> Análisis del factor de seguridad en la caja porta baterías .....	49
<b>Figura 20-3:</b> Análisis de deformación total de la caja porta baterías .....	50
<b>Figura 21-3:</b> Análisis térmico de la caja porta baterías.....	50
<b>Figura 22-3:</b> Módulo de célula.....	51
<b>Figura 23-3:</b> Conexión en serie de las celdas de Ni MH .....	52
<b>Figura 24-3:</b> Esquema eléctrico .....	53
<b>Figura 25-3:</b> Conexión de la fuente de alimentación hacia el módulo de control .....	55
<b>Figura 26-3:</b> Balanceo de los módulos .....	56
<b>Figura 27-3:</b> Cargador de baterías.....	57
<b>Figura 28-3:</b> Bloque A carga a 0.5 A por una hora.....	57
<b>Figura 29-3:</b> Descarga Bloque A a 1.25 A por una hora. ....	61
<b>Figura 30-3:</b> Carga a 0.2 celda durante media hora .....	65
<b>Figura 31-3:</b> Ecuilibración de cada uno de los bloques de baterías .....	66
<b>Figura 32-3:</b> Verificación de voltaje.....	67
<b>Figura 33-3:</b> Interruptor en modo off.....	67
<b>Figura 34-3:</b> Conexión del cargador a tomacorriente de 110 voltios.....	68
<b>Figura 35-3:</b> Conexión del cargador hacia la fuente de alimentación de energía. ....	68
<b>Figura 36-3:</b> Condiciones de la prueba de funcionamiento .....	71
<b>Figura 37-3:</b> Colocación de embanques para suspender la parte frontal del prototipo .....	71
<b>Figura 38-3:</b> Sistema de control del motor en funcionamiento.....	73
<b>Figura 39-3:</b> Verificación de temperatura con el pirómetro .....	74
<b>Figura 40-3:</b> Toma de muestra con la cámara termográfica .....	75
<b>Figura 41-3:</b> Foto de identificación de la fuente de alimentación de energía. ....	75
<b>Figura 42-3:</b> Termograma de la fuente de alimentación de energía. ....	76
<b>Figura 43-3:</b> Foto de identificación de la fuente de alimentación de energía. ....	77
<b>Figura 44-3:</b> Termograma de la fuente de alimentación de energía. ....	77
<b>Figura 45-3:</b> Foto de identificación del módulo de control. ....	79

<b>Figura 46-3:</b> Termograma de la fuente de alimentación de energía. ....	79
<b>Figura 47-3:</b> Sujetos en prueba de carretera .....	80
<b>Figura 48-3:</b> Verificación del voltaje antes de realizar la prueba .....	80
<b>Figura 49-3:</b> Pista de pruebas vista de google Maps.....	81

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

<b>Gráfico 1-2:</b> Curva de descarga, de la celda 26650 de A123 System .....	16
<b>Gráfico 2-2:</b> Comportamiento de descarga de una batería de Pb - ácido.....	17
<b>Gráfico 1-3:</b> Carga a 0.5 A durante 1 hora Bloque A .....	58
<b>Gráfico 2-3:</b> Carga a 0.5 A durante 1 hora bloque B .....	59
<b>Gráfico 3-3:</b> Carga a 0.5 A durante 1 hora bloque C .....	60
<b>Gráfico 4-3:</b> Descarga a 1.25 A durante 1 hora Bloque A .....	62
<b>Gráfico 5-3:</b> Descarga a 1.25 A durante 1 hora Bloque B .....	63
<b>Gráfico 6-3:</b> Descarga a 1.25 A durante 1 hora Bloque C .....	64
<b>Gráfico 7-3:</b> Voltaje de la fuente de alimentación de energía durante la carga .....	69
<b>Gráfico 8-3:</b> Amperaje de carga respecto al tiempo.....	70
<b>Gráfico 9-3:</b> Descarga de la fuente de alimentación .....	73
<b>Gráfico 10-3:</b> Tensión de descarga, prueba de carretera.....	83

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b> Autonomía de vehículos híbridos con el motor eléctrico .....	5
<b>Tabla 2-2:</b> Resumen de la clasificación ISO de los diferentes grados de electrificación.....	7
<b>Tabla 3-2:</b> Parámetros para la batería ácido.....	17
<b>Tabla 4-2:</b> Parámetros para la batería Ni - Cd.....	18
<b>Tabla 5-2:</b> Parámetros para la batería Ni MH.....	19
<b>Tabla 6-2:</b> Parámetros para la batería Litio – Ion .....	19
<b>Tabla 1-3:</b> Parámetros técnicos y características de operación .....	27
<b>Tabla 2-3:</b> Características dinámicas del motor eléctrico .....	27
<b>Tabla 3-3:</b> Características de la batería del vehículo Toyota PRIUS.....	29
<b>Tabla 4-3:</b> Descripción LCD.....	42
<b>Tabla 5-3:</b> Descripción de los pines del socket A.....	44
<b>Tabla 6-3:</b> Descripción del pines del socket B.....	44
<b>Tabla 7-3:</b> Peso del prototipo de buggy Híbrido 4x4.....	45
<b>Tabla 8-3:</b> Dimensiones y peso de cada bloque de batería .....	46
<b>Tabla 9-3:</b> Especificación socket que se conecta al módulo de control.....	54
<b>Tabla 10-3:</b> Carga 0.5 A. Bloque A .....	58
<b>Tabla 11-3:</b> Carga a 0.5 A. Bloque B.....	59
<b>Tabla 12-3:</b> Carga a 0.5 A. Bloque C.....	60
<b>Tabla 13-3:</b> Descarga a 1.25 A. Bloque A .....	61
<b>Tabla 14-3:</b> Descarga a 1.25 A. Bloque B .....	62
<b>Tabla 15-3:</b> Descarga a 1.25 A. Bloque B .....	63
<b>Tabla 16-3:</b> Toma de mediciones.....	69
<b>Tabla 17-3:</b> Mediciones de voltaje.....	72
<b>Tabla 18-3:</b> Mediciones de temperatura de la fuente de alimentación de energía .....	76
<b>Tabla 19-3:</b> Mediciones de temperatura de la fuente de alimentación de energía .....	78
<b>Tabla 20-3:</b> Mediciones de temperatura de la fuente de alimentación de energía .....	79

<b>Tabla 21-3:</b> Datos obtenidos durante la prueba de carretera.....	82
<b>Tabla 22-3:</b> Costos de la batería y sus accesorios.....	85
<b>Tabla 23-3:</b> Costos de elementos del cargador de baterías .....	85
<b>Tabla 24-3:</b> Costos de elementos del sistema de refrigeración .....	86
<b>Tabla 25-3:</b> Costos de elementos de la caja soporte de baterías. ....	86
<b>Tabla 26-3:</b> Total de costos directos. ....	86
<b>Tabla 27-3:</b> Total de costos Indirecto .....	87

## **LISTA DE ANEXOS**

**Anexo A:** Programación del circuito de refrigeración.

**Anexo B:** Circuito eléctrico del sistema de refrigeración.

**Anexo C:** Planos de construcción caja porta baterías.

## RESUMEN

La batería de alto voltaje es uno de los elementos más importante en el prototipo de buggy híbrido 4X4. En este caso, es necesario dimensionar una fuente de alimentación de energía utilizando métodos ingenieriles para asegurar la calidad del ensamble para cumplir con los parámetros de funcionamiento del motor eléctrico. Se ha seleccionado las celdas de Níquel Hidruro-Metálico usadas en el vehículo híbrido más comercializados en el ecuador Toyota Prius. En la cual cada celda tiene un voltaje nominal de 7.2 V y un voltaje máximo de 9V, el voltaje de operación nominal requerido para el funcionamiento del motor eléctrico es de 48 V – 96V especificados por el fabricante. Para lo cual es necesario conectar 12 celdas en serie para formar un bloque de baterías obteniendo una tensión de 96 V, se colocó 3 bloques de baterías conectadas en paralelo para obtener un mayor rendimiento a lo que se refiere autonomía. Como toda fuente de alimentación requiere un cargador que permita realizar la carga de forma conjunta, para ello se implementó un sistema de carga el cual se puede conectar al tomacorriente de 110 que contienen las instalaciones, para ello se implementó un puente rectificador de diodos KBPC1510 que se encarga de rectificar la corriente alterna a continúa conectado a un Condensador electrolítico y varios elementos electrónicos para realizar una carga adecuada. Para las pruebas de funcionabilidad se procedió a la carga de la fuente de alimentación de energía durante 130 minutos luego se realizó pruebas de carretera dentro de un circuito determinado, en la cual se obtuvieron mediciones de voltaje y consumo de corriente obteniendo una autonomía de 800 metros, el mayor consumo de corriente por parte de la transmisión eléctrico fue de 90 Amperios al momento de superar la resistencia a la rodadura.

**Palabras clave:** <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, < PROTOTIPO DE BUGGY HIBRIDO 4X4>, <NÍQUEL HIDRURO METÁLICO>, < RESISTENCIA A LA RODADURA>, <CONSUMO DE CORRIENTE>, <TRANSMISIÓN ELÉCTRICA>.

## ABSTRACT

The high voltage battery is one of the most important elements in the 4x4 hybrid buggy prototype. In this case, it is necessary to dimension an energy source using engineering methods to ensure the quality of the assembly to meet the operating parameters of the electric motor. The Nickel-Hydrate-Metallic cells used in the most commercial hybrid vehicle in the Toyota Prius Ecuador have been selected. In which each cell has a nominal voltage of 7.2V and maximum voltage of 9V, the nominal operating voltage required for the operation of the electric motor is 48V-96V specified by the manufacturer. For which it is necessary to connect 12 cells in series to form a block of batteries obtaining a voltage of 96V, placed 3 battery blocks connected in parallel to obtain a greater performance as regards autonomy. As any power supply requires a charger that allows the face to be made jointly, for this a charging system was implemented which can be connected to the 100 outlet that contains the facilities, for this a KBPC 10 diode rectifier bridge was implemented that is in charge of rectifying the current it alternates to continuous connected to an electrolytic condenser and several electronic elements to realize a suitable load. For the test of functionality it proceeded to the load of power supply of energy during 130 minutes then it was made road tests inside a determined circuit, in which measurements of voltage and current consumption were obtained obtaining an autonomy of 800 meters, the largest current consumption by the electric transmission was 90 Amps at the time of overcoming the resistance to rolling.

Keywords: <TECHNOLOGY AND SCIENCE OF ENGINEERING >, <PROTOTYPE OF HYBRID BUGGY 4X4 >, <INQUIRY METAL >, <RESISTANCE TO THE ROLLING >, <CONSUMPTION OF CURRENT >, <ELECTRICAL TRANSMISSION>.



## INTRODUCCIÓN

En la actualidad se habla del grave problema que es la contaminación ambiental, para lo cual se realiza una serie de investigaciones destinadas al uso de energías alternativas para reemplazar el uso de combustibles fósiles.

Para lo cual se construyen y comercializan vehículos híbridos, los mismos que utilizan las energías eléctrica y mecánica para dar alimentación a las diferentes unidades de potencias dotadas en los mismos. Uno de los mayores problemas para el consumo y utilización de vehículos híbridos es el alto precio de fabricación ya que los bancos de acumulación de energía están contruidos por diferentes tipos de módulos, sin embargo los beneficios que brindan son mayores ya que ayudan a la conservación del medio ambiente

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo junto con la Carrera de Ingeniería Automotriz desarrollaron mediante trabajos de titulación un prototipo de Buggy de Competencia 4X4, determinando así que era necesario el dimensionamiento de una fuente de acumulación de energía capaz de dar alimentación a la unidad de potencia. Mediante el estudio realizado se determinó que serán utilizados módulos de Níquel Metal-Hidruro (NiM-H), ya que nos brindan las prestaciones y requerimientos necesarios.

Cada celda de Níquel Metal-Hidruro aporta una tensión nominal de 7.2 V y una corriente de consumo de 2.4 Amph. Por esta razón se ensambló tres bancos de 12 celdas; cada banco entrega una tensión nominal de 86.4 V y una corriente de consumo de 2.4 Amph por esta razón se realiza una configuración de conexión en paralelo entre los tres bancos entregando una tensión de salida de 86.4 V y una corriente de salida de 7.2 Amph.

# CAPÍTULO I

## 1.1 Antecedentes

En la segunda mitad del siglo XIX, cuando la industria automotriz empieza a dar sus primeros pasos, lo que buscaban los primeros fabricantes de autos era complementar la corriente alterna, la forma de transmisión de la electricidad que más se utilizaba, con un motor de gasolina, de manera que cuando uno estaba en su etapa de mayor exigencia, el otro pudiera almacenar energía en estado potencial, para luego liberarla cuando fuera necesario aunque hubo otros antecedentes, el Lohner – Porsche Sempe Virus es considerado el primer vehículo híbrido de producción en el mundo. (NACION, 2017)

En la actualidad, hay varios factores que están llevando a la industria automotriz a abandonar paulatinamente los motores de combustión interna como sistema para mover un vehículo, entre ellos la certeza de que las reservas de petróleo se agotan en algún momento. La exploración de fuentes alternativas de propulsión esta tal vez en su momento de mayor interés, pero curiosamente la más aplicable en la actualidad es la híbrida. (NACION, 2017)

## 1.2 Planteamiento del problema

La contaminación ambiental o atmosférica afecta directamente, por ello y con el fin de reducir el impacto negativo que tiene sobre la salud de las personas es importante conocer, entender cuáles son sus fuentes principales y a qué cantidades están expuestos diariamente. La Organización Mundial de la Salud (OMS), el Centro Común de Investigación y la Comisión Europea han identificado las principales fuentes de contaminación en las diferentes regiones del mundo (Salomon, 2015)

TRÁFICO VEHÍCULAR	25%
LA COMBUSTION Y AGRICULTURA	22%
LA QUEMA DE COMBUSTIBLES DOMESTICOS	20%
EL POLVO NATURAL Y LA SAL	18%
ACTIVIDADES INDUSTRIALES	15%

Los vehículos que utilizan energías alternativas como los híbridos son aquellos que tienen un motor eléctrico y uno de combustión interna que funcionan a la par para la reducción de gases contaminantes a la atmosfera.

Para poder continuar con el desarrollo del prototipo se observó el problema de no contar con una fuente de alimentación de energía que cumpla con los parámetros de funcionamiento del módulo de control del motor eléctrico.

Existe la necesidad de dimensionar un sistema de alimentación de energía mediante el uso de celdas de Níquel Metal Hidruro para un sistema de transmisión eléctrica para el prototipo buggy híbrido 4x4 de la Carrera de Ingeniería Automotriz

### **1.3 Justificación**

Debido a la contaminación en las grandes ciudades causada por las emisiones contaminantes emanadas por vehículos de combustión interna en todo el país, se hace necesario el desarrollo de vehículos que sean más eficientes y que logren disminuir la contaminación ambiental, por lo que se ha propuesto la creación de vehículos que contienen dos sistemas de energía a bordo del auto, un motor de combustión interna y un paquete de baterías. (LARRODE, 2010)

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en su empeño de cumplir con el modificación de la matriz productiva teniendo en cuenta protocolos como el de Montreal de 1987 y el de Kioto de 1997 en los cuales se plantea disminuir los gases contaminantes entre uno de ellos el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) encontrado principalmente en los gases de escape de los vehículos, para lo cual se ha optado nuevos tipos de movilidad sustentable retomando en este caso el uso de los motores eléctricos como fuente de propulsión alternativa.

La energía eléctrica se ha venido convirtiendo en una de las mejores fuentes de energías alternativas para la producción de vehículos híbridos aportando así a la reducción de sustancias tóxicas como óxido de nitrógeno, hollín, monóxido de carbono, hidrocarburos, compuesto de azufre y plomo productos de la combustión interna de los motores.

El ascenso tecnológico que ha tenido el ámbito automotriz impulsa a estar a la par con las nuevas tecnologías es así que las baterías híbridas que brindan un alto voltaje para el funcionamiento de los vehículos híbridos.

Por este motivo la carrera de ingeniería Automotriz está desarrollando un prototipo de buggy híbrido 4x4 que servirá de fuente de conocimientos tecnológicos en el campo de energías alternativas para los estudiantes de la carrera de Ingeniería Automotriz

Para el cual es necesario dimensionar la fuente de alimentación la misma que pueda proporcionar energía eficiente al sistema de propulsión eléctrica para superar el coeficiente a la rodadura del prototipo de buggy híbrido 4x4.

#### **1.4 Justificación teórica**

En el presente trabajo de titulación se utilizó un motor de corriente continua acoplado a una transmisión.

Los motores de corriente continua pueden entregar más de cinco veces el par nominal si lo permite la alimentación de energía eléctrica, se puede decir que las características principales de este motor son: (Valenzuela, 2013)

- Un torque de arranque elevado.
- Alta capacidad para controlar su velocidad.

Para el funcionamiento del motor eléctrico de corriente continua es necesario implementar una fuente de alimentación de energía mediante la utilización de baterías recargables capaz de almacenar y suministrar energía eléctrica.

Las baterías son dispositivos electroquímicos que convierten energía eléctrica en energía química durante la carga y viceversa durante la descarga. Una batería está compuesta por varias celdas de níquel metal hidruro.

#### **1.5 Justificación Metodológica**

Para la elección de la fuente de alimentación se realizó la comparación de diferentes tipos de baterías que utilizan los vehículos híbridos como son: Plomo – Ácido (Pb - ácido), Níquel – Cadmio (Ni – Cd), Níquel – Metal Hidruro (Ni – MH), Litio – Ion (Li – ión), Litio – Polímero (Li – pol), de las cuales se seleccionó dos celdas, las de Níquel Metal hidruro y Litio – Ion, se realizó pruebas experimentales y recolección de datos de la autonomía en Km que pueden tener cada una de estas celdas de acuerdo a las condiciones de trabajo a la que va a ser expuesta el buggy, para determinar cuál sería la idónea y que cumpla con los parámetros de funcionamiento de motor eléctrico, de acuerdo con las especificaciones de las dos celdas se eligió las de níquel metal hidruro debido al mínimo efecto memoria que tiene estas celdas con relación a las de Litio Ion.

## **1.6 Justificación Práctica**

Mediante la realización de pruebas experimentales se llegará a determinar el correcto funcionamiento de la fuente de alimentación de energía de acuerdo a los parámetros requerido por el módulo de control que comanda al motor eléctrico y al sistema de seguridad implementado para exceso de corriente y tensión.

De acuerdo a las especificaciones de la fuente de alimentación de energía ensamblada, se construyó un cargador que permitió la recarga eficiente de fuente.

## **1.7 Objetivos**

### ***1.7.1 Objetivo General***

Dimensionar la fuente de alimentación de energía mediante el diseño de un banco de baterías para el prototipo de buggy híbrido 4x4.

### ***1.7.2 Objetivos específico***

- Caracterizar los componentes de acumulación de energía, recopilando la información para la implementación en el prototipo.
- Seleccionar los componentes adecuados para el diseño y construcción de un banco de acumulación de energía adecuado mediante el análisis de las características técnicas y constructivas del prototipo.
- Implementar el banco de acumulación de energía mediante los parámetros de funcionamiento que requiere el motor eléctrico asegurando la calidad del ensamblaje.
- Realizar pruebas experimentales del banco de acumulación de energía en el prototipo de acuerdo con las condiciones a la que va a ser expuesto, para asegurar su adecuado funcionamiento.

## CAPÍTULO II

### 2 MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Vehículos Híbridos





Debido a los problemas que siguen teniendo los vehículos eléctricos (escasa energía específica que actualmente se obtiene de las baterías y su limitación en cuanto a velocidad y autonomía), son los automóviles híbridos los que ofrecen una solución de compromiso más satisfactoria. (ELHEIN, 2006)

Los Vehículos Híbridos por definición son vehículos los cuales utilizan más de un tipo de sistema de propulsión. Los vehículos híbridos de la actualidad utilizan un Motor De Combustión Interna (Internal Combustion Engine - ICE) con motores eléctricos de corriente AC los cuales pueden propulsar el vehículo a bajas velocidades o asistir al Motor de Combustión Interna (ICE) bajo condiciones de conducción severas. (SIERRA, 2012)

**Tabla 1-2(Continúa):** Autonomía de vehículos híbridos con el motor eléctrico

Modelo	Vehículo	Autonomía Eléctrica
Hyundai Ioniq		63 km
Kia Niro PHEV		58 km

**Tabla 2-2(Continua):** Autonomía de vehículos híbridos con el motor eléctrico

Modelo	Vehículo	Autonomía Eléctrica
Kia Optima PHEV	 A silver Kia Optima PHEV sedan is shown from a front-quarter perspective, parked on a paved road with a scenic background of mountains and a clear sky. The license plate reads '3737 JLB'.	54 km
Mitsubishi Outlander PHEV	 A dark grey Mitsubishi Outlander PHEV SUV is shown from a front-quarter perspective, parked on a dirt road in a rural setting. The license plate reads '1987 AT'.	52 km
Volkswagen Passat GTE	 A silver Volkswagen Passat GTE sedan is shown from a front-quarter perspective, parked on a paved road. The license plate reads 'WOB-PE 116'.	50 km
Audi Q7 e-tron	 A silver Audi Q7 e-tron SUV is shown from a front-quarter perspective, driving on a road. The license plate reads 'IN-CH 2203'.	56 km

Realizado por: Autores, 2019

## 2.2 Clasificación ISO según el grado de electrificación

En la tabla hace referencia a la clasificación ISO de los diferentes grados de electrificación.

**Tabla 3-2(Continua):** Resumen de la clasificación ISO de los diferentes grados de electrificación.

<b>Clasificación ISO</b>	<b>Nombre Oficial</b>	<b>Características generales</b>	<b>Nomenclaturas Habituales</b>	<b>Riesgos añadidos</b>
<b>μHEV (Micro Hybrid Electric Vehicle)</b>	Vehículo microhíbrido	Incorpora placa solar fotovoltaica, sistema Stop and Start, KERS de alternador. Estos sistemas no pueden superar los 5 KW de potencia No incorpora ningún sistema de tracción eléctrica	Vehículo microhíbrido	Los sistemas añadidos en general, no superan la tensión de seguridad (50V) pero presentan riesgos añadidos
<b>mHEV Mild Hybrid Electric Vehicle</b>	Vehículo Híbrido Suave	Incorpora alta tensión Incorpora un sistema de tracción eléctrico que no supera los 15KW de potencia También incorpora KERS	Vehículo Híbrido en paralelo	Datos comunes en los mHEV, PHEV, REEV y FCEV  Contienen elementos con alta tensión: Baterías, cableado, motores, generadores, transformadores, etc.
<b>HEV Hybrid Electric Vehicle</b>	Vehículo Híbrido	Incorpora alta tensión Incorpora un sistema de tracción eléctrica que supera los 15 KW DE POTENCIA También incorpora KERS	Vehículo Híbrido en paralelo	
<b>PHEV (Plug-in-Hybrid Electric Vehicle)</b>	Vehículo híbrido enchufable	Es un vehículo híbrido (HEV) que además dispone de un sistema de carga exterior que permite	Vehículo híbrido enchufable	Contiene baterías de alta tensión y capacidad con químicas potencialmente.



**Tabla 4-2(Continua):** Resumen de la clasificación ISO de los diferentes grados de electrificación.

<b>REVV (Range Extended Electric Vehicle)</b>	Vehículo eléctrico de autonomía extendida	Incorpora alta tensión Incorpora un sistema de tracción eléctrica que supera los 15 KW de potencia También incorpora KERS Son enchufables	Vehículo Híbrido en serie	Los vehículos FCEV incluyen además un depósito y una instalación de hidrógeno que presentan un alto riesgo de
<b>FCEV (Fuel Cell Electric Vehicle)</b>	Vehículo de pila de combustible	Incorpora alta tensión Incorpora un sistema de tracción eléctrica que supera los 15 KW de potencia También incorpora KERS Además de un depósito y una instalación de hidrógeno a alta presión	Vehículo de hidrogeno	inflamación y explosión  Los vehículos enchufables( PHEV, REEV y EV) disponen de un sistema de cableado para conectarse a la red eléctrica y que, por tanto, tiene una
<b>EV (Electric Vehicle)</b>	Vehículo eléctrico	Incorpora alta tensión Incorpora un sistema de tracción eléctrica que supone toda la tracción del vehículo. También incorpora KERS Son enchufables	Vehículo eléctrico	tensión peligrosa

Realizado por: (Marin, y otros, 2017)

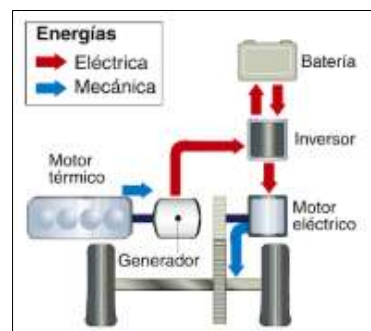
## 2.3 Arquitectura de vehículos híbridos

La arquitectura de un vehículo híbrido se define aproximadamente como la conexión entre los elementos que definen el flujo de energía y los puertos de control. Así, los vehículos híbridos eléctricos (VEH) se clasifican en: (Martinez, 2015)

- Híbrido en serie
- Híbrido en paralelo
- Híbrido serie – paralelo

### 2.3.1 Híbrido en serie

En este sistema el vehículo es impulsado por un motor eléctrico. El motor térmico no está conectado directamente a la transmisión, este está conectado a un generador y este suministra corriente al motor eléctrico. (Acebes, 2017)

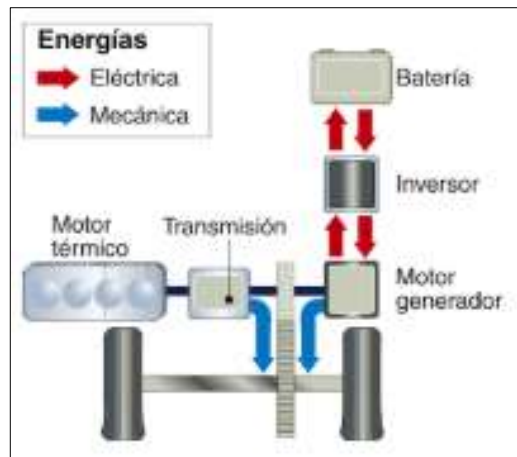


**Figura 1-2:** Disposición de los elementos en un vehículo híbrido en serie

Realizado por: (Acebes, 2017)

### 2.3.2 Híbridos en paralelo.

La figura 2-2 hace referencia a una configuración en paralelo en donde los motores eléctricos y térmicos están conectados a la transmisión mecánica. Funcionan en paralelo, el motor térmico es la parte principal y el motor eléctrico funciona en casos de alta sollicitación. (Acebes, 2017)

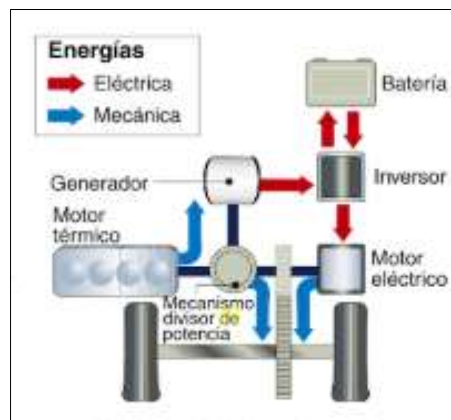


**Figura 2-2:** Disposición de los elementos en un vehículo híbrido en paralelo

Realizado por: (Acebes, 2017)

### 2.3.3 Vehículo híbrido serie – paralelo

La figura 3- 2 hace referencia a la configuración anterior, pero puede funcionar mediante uno solo de los motores o en combinación de ambos. Este sistema es el más utilizado debido a su mayor eficacia. (Acebes, 2017)



**Figura 3-2:** Disposición de los elementos en un vehículo híbrido serie – paralelo

Realizado por: (Acebes, 2017)

## 2.4 Componentes de un vehículo híbrido

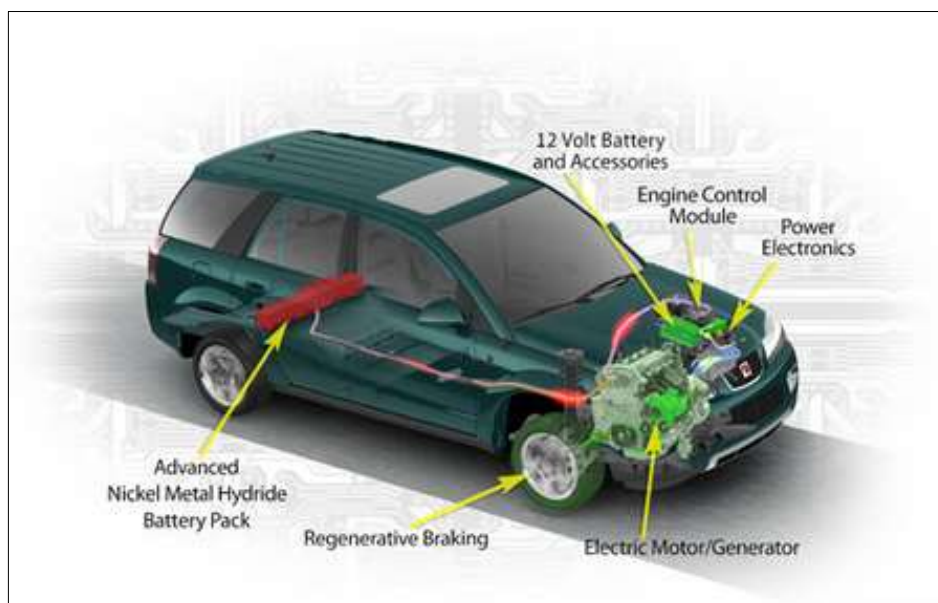
En este tipo de vehículos según su arquitectura híbrido en serie, paralelo o combinados poseen los siguientes componentes:

- Motor térmico
- Generador

- Baterías de alta tensión

#### 2.4.1 Motor térmico

Se trata de un motor de gasolina de ciclo Atkinson (la última versión es 1.8 VVT-i), que alcanza unos niveles de eficiencia del 40%, una cifra récord. Es el motor principal cuando se solicita más potencia y el que actúa a velocidades altas. Además de cumplir la función de propulsar el vehículo, también recarga la batería de alto voltaje cuando trabaja a velocidad de cruce y detecta que las reservas de ésta están bajas, siempre que no repercuta en la conducción y la seguridad en ese momento. (Toyota España)



**Figura 4-2:** Componentes de un vehículo híbrido

Realizado por: (Toyota España)

#### 2.4.2 Generador

Es un segundo motor eléctrico de tipo síncrono (la rotación del eje está sincronizada con la frecuencia de la corriente de alimentación). Está situado junto al motor térmico, del que recibe la potencia del motor que entrega a la batería de alta tensión. También puede actuar como motor de arranque del motor térmico y es el responsable de la marcha atrás. (Toyota España)

## 2.5 Batería de alta tensión.

La batería no tiene efecto memoria porque el sistema eléctrico está hecho para que nunca baje de un cierto nivel de carga, mientras el coche está funcionando. Cuando el coche queda parado y desconectado, el proceso de descarga es muy lento. (Augeri, 2011)

La batería está compuesta por celdas o unidades individuales de bajo voltaje, pero que, al estar conectadas en serie, el voltaje final resulta alto. (Augeri, 2011)



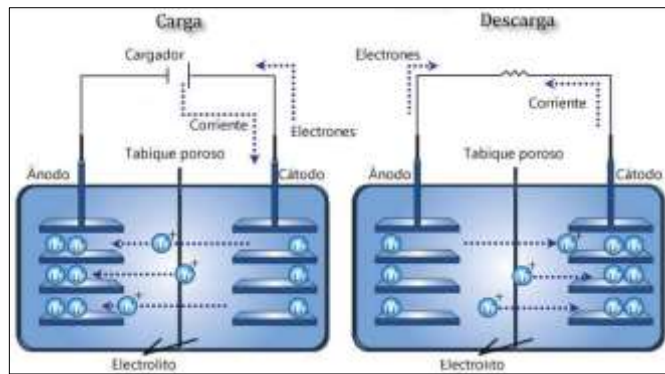
**Figura 5-2:** Conjunto de baterías Toyota Prius

Realizado por: (Augeri, 2011)

Una batería híbrida es como cualquier otra batería, excepto que es recargable y tiene energía suficiente para mover un gran vehículo pesado por muchos kilómetros. Gracias a dichas baterías ciertos modelos Toyota pueden mantenerse en funcionamiento sin la necesidad de combustibles de origen fósil. (ToyoImport, 2016)

### 2.5.1 *Fundamentos básicos de una batería*

Las baterías son dispositivos electroquímicos que convierten energía eléctrica en energía química durante la carga y viceversa durante la descarga. Una batería está compuesta por un stack de varias celdas. La celda consta de: electrodo positivo, electrodo negativo y electrolito. (Martinez, 2015)



**Figura 6-2:** Funcionamiento de una batería

Realizado por: (Martinez, 2015)

### 2.5.2 *Parámetros de las baterías*

Como parámetros de las baterías se van a considerar los siguientes: (Martinez, 2015)

- Tensión circuito abierto
- Tensión de la carga y descarga
- Capacidad
- Estado de carga
- Profundidad de descarga
- Energía específica
- Potencia específica
- Rendimiento
- Vida de la batería.

#### 2.5.2.1 *Tensión circuito abierto.*

La tensión termodinámica de una celda de batería está asociada con las reacciones químicas y el número de electrones que se transfieren en dichas reacciones. La energía liberada por una reacción en una celda viene dada por el cambio en la energía libre de Gibbs, generalmente expresada en cantidades por mol. (Martinez, 2015)

#### 2.5.2.2 *Tensión de la carga y descarga.*

Todas las celdas eléctricas tienen una tensión nominal que da aproximadamente la tensión cuando la celda está entregando potencia. Las celdas se conectan en serie para dar la tensión requerida total. Las baterías de tracción para vehículos normalmente son de 6V a 12 V y estas unidades se

conectan en serie para producir la tensión deseada. Esta tensión, en la práctica cambiara. Cuando la batería se descarga, la tensión cae; mientras que cuando se carga, la tensión sube. (Martinez, 2015)

#### *2.5.2.3 Capacidad*

La cantidad de carga liberada por el material activo del electrodo negativo y consumido por el electrodo positivo en una descarga completa de las baterías se denomina capacidad de la batería, Q y se expresa en Ah. (Martinez, 2015)

#### *2.5.2.4 Estado de carga (SOC) %.*

Expresión que indica el estado de carga de la batería de manera porcentual, respecto al cien por cien de la capacidad cuando la batería está completamente cargada. (Ordoñez, 2011)

#### *2.5.2.5 Profundidad de descarga.*

Relación entre la capacidad en amperios-hora (Ah) entregada por una batería durante su descarga y la capacidad nominal de la misma. DOD (Depth Of Discharge). (Ordoñez, 2011)

#### *2.5.2.6 Energía Específica*

La energía específica se define como la capacidad de energía por unidad de masa (Wh/kg). La energía específica teórica es la máxima energía que se puede generar por unidad de masa total de reactantes en la celda. (Martinez, 2015)

#### *2.5.2.7 Potencia Específica.*

La potencia específica se define como la máxima potencia por unidad de masa de la batería que la batería puede producir en periodo de tiempo muy corto. La potencia específica es importante en el peso de la batería, especialmente en aplicaciones con demanda de alta potencia específica, tales como en los vehículos eléctricos híbridos (VEH). La potencia específica de una batería depende principalmente de la resistencia interna. (Martinez, 2015)

#### *2.5.2.8 Rendimiento*

Las pérdidas de energía o potencia durante la descarga y carga aparecen en forma de tensión. Así, el rendimiento de la batería durante la carga o descarga se puede definir en cualquier punto de

funcionamiento como la relación entre la tensión de operación y la tensión en circuito abierto. (Martinez, 2015)

Durante la descarga:

$$\eta = \frac{V}{V_0}$$

Durante la carga

$$\eta = \frac{V_0}{V}$$

#### *2.5.2.9 Ciclos de vida de la batería.*

Los ciclos de vida de una batería son el número de ciclos de carga y descarga que se pueden realizar hasta que la capacidad sea el 80% de su valor nominal. Es altamente recomendable que las baterías tengan más de 500 ciclos de vida para su aplicación en vehículos eléctricos. (Martinez, 2015)

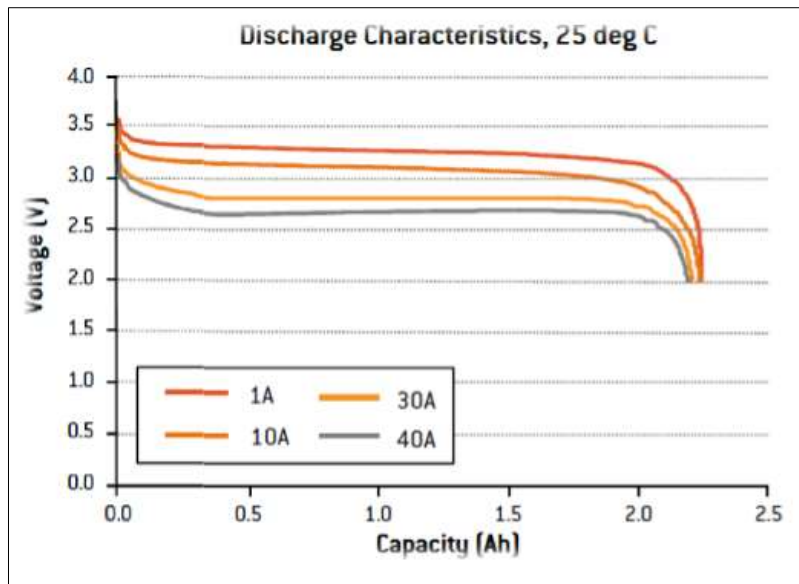
#### *2.5.2.10 Tiempo de recarga rápida*

Son los tiempos necesarios para recargar la batería a la mitad o al 99% de su capacidad. Este tipo de carga no está enfocado a las actuales baterías de litio, en la que su tiempo de carga ronda los 60 minutos o menos. (Ordoñez, 2011)

#### *2.5.2.11 Curvas de carga y descarga.*

Gráfica utilizada para definir el funcionamiento y prestaciones de una batería. (Ordoñez, 2011)





**Gráfico 1-2:** Curva de descarga, de la celda 26650 de A123 System

Realizado por: (Ordoñez, 2011)

### 2.5.3 Tipos de baterías de alta tensión.

Los principales tipos de baterías de aplicación de vehículos eléctricos (VE) y vehículos híbridos eléctricos (VEH) son las siguientes. (Martinez, 2015)

- Plomo – Ácido (Pb - ácido)
- Níquel – Cadmio (Ni – Cd)
- Níquel – Metal Hidruro (Ni – MH)
- Litio – Ion (Li – Ión)
- Litio – Polímero (Li – pol)
- Sodio – Azufre (Na-S)
- Sodio – Metal Cloruro (Na – MeCl)
- Aluminio – Aire (Al – aire)
- Zinc – Aire (Zn – aire)

#### 2.5.3.1 Batería de Plomo – Ácido (Pb - ácido)

Las baterías de plomo son un tipo de baterías comunes en vehículos convencionales, no híbridos. Suelen ser de 6 y 12v estando constituidas internamente por celdas de 2v. Constituyen una parte importante del mercado mundial de baterías, tanto primarias como secundarias. (Ordoñez, 2011)

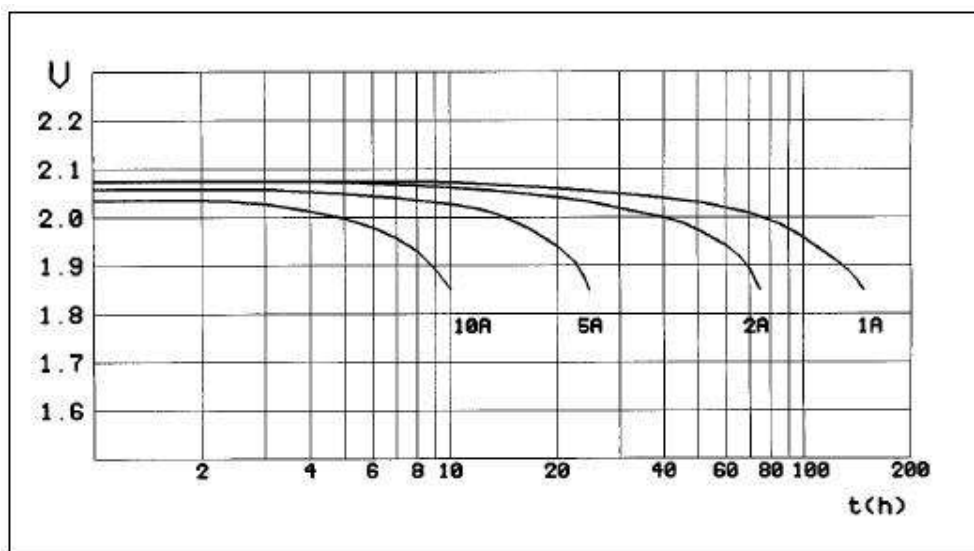
Poseen una gran capacidad de descarga durante un breve periodo de tiempo, lo que las hace ideales para el arranque de motores de combustión. Su forma más conocida es la batería de automóvil. Están formadas por un depósito de ácido sulfúrico y en su interior una serie de placas de plomo dispuestas alternadamente. (Ordoñez, 2011)

**Tabla 5-2:** Parámetros para la batería ácido

Energía específica	20 – 35 Wh/Kg
Potencia específica	250 W/Kg
Tensión nominal de celda	2V
Rendimiento	80%
Auto - descarga	2% al día
Número de ciclos	Hasta 800 al 80% de capacidad
Tiempo de recarga	8h (pero el 90% en 1 hora es posible)
Temperatura de funcionamiento	Ambiente, pobre comportamiento en frío
Disponibilidad del producto	Disponibilidad comercial

Realizado por: (Martinez, 2015)

La mayoría de los VE incorporan baterías de Pb – ácido porque son las únicas que fabrican en serie, lo que abarata los costes. Sin embargo, su peso elevado unido a su baja energía específica, hace que para conseguir una autonomía de 50 Km con una velocidad de 70 Km/h se necesitan más de 400 kg de baterías en el periodo de recarga suele oscilar entre 8 y 10 horas. (Martinez, 2015)



**Gráfico 2-2:** Comportamiento de descarga de una batería de Pb - ácido

Realizado por: (Martinez, 2015)

### 2.5.3.2 Baterías de Níquel – Cadmio (Ni – Cd)

Históricamente el desarrollo de las baterías de Ni – Cd ha coincidido con las de Ni – Fe. Las baterías de Ni – Cd se consideraron como unas de las mayores competidores respecto a las de Pb – ácido para su aplicación de VE y VEH con una doble densidad de energía. (Martinez, 2015)

La batería de Ni – Cd emplea hidróxido oxido de níquel como electrodo positivo y cadmio metálico como electrodo negativo. Larga vida (hasta los 2000 ciclos), rápida carga (80-90% en 18 minutos) y gran fiabilidad. El mayor inconveniente es su elevado coste y que el cadmio es un metal toxico. Otro lado negativo es que la tensión por celda es de 1.2 V, lo que para configurar 12 V necesita 10 celdas comparadas con las 6 que necesita las de Pb – ácido. Estas barreras han conducido al desarrollo de las baterías de níquel – metal hidruro utilizadas en la actualidad en aplicaciones de VE y de VEH. (Martinez, 2015)

**Tabla 6-2:** Parámetros para la batería Ni - Cd

Energía específica	40 – 55 Wh/Kg
Potencia específica	125 W/Kg
Tensión nominal de celda	1.2V
Rendimiento	75%
Auto - descarga	0.5 % al día, muy baja
Número de ciclos	Hasta 1200 al 80% de capacidad
Tiempo de recarga	1h (60% capacidad en 20 min)
Temperatura de funcionamiento	-40 °C - + 85°C
Disponibilidad del producto	Pequeños tamaños, difícil en grandes

Realizado por: (Martinez, 2015)

### 2.5.3.3 Baterías de Níquel – Metal Hidruro (Ni – MH)

El hidruro metálico de níquel (NiMH) se introdujo comercialmente en la última década del siglo XX. Tiene un rendimiento similar al de la batería de NiCd, siendo la principal diferencia que en la batería de NiMH utiliza un ánodo de hidróxido de níquel y un cátodo de una aleación de hidruro metálico, que las hacen libre de cadmio, lo que conlleva una ventaja considerable. (Ordoñez, 2011)

La tecnología de níquel-hidruro metálico tiene características eléctricas similares a la tecnología de níquel-cadmio. La tensión nominal por celda es 1,2V y las curvas de carga y descarga son

bastante parecidas. Al igual que en las baterías de NiCd es el efecto “delta peak” el utilizado para marcar el fin de carga en las baterías. (Ordoñez, 2011)

**Tabla 7-2:** Parámetros para la batería Ni MH

Energía específica	60 – 70 Wh/Kg
Potencia específica	200 W/Kg
Tensión nominal de celda	1.2V
Rendimiento	70%
Auto - descarga	Pobre, hasta un 5% al día
Número de ciclos	Hasta 1000 al 80% de capacidad
Tiempo de recarga	1h (60% capacidad en 20 min)
Temperatura de funcionamiento	Ambiente

Realizado por: (Martinez, 2015)

#### 2.5.3.4 Baterías de Litio – Ion (Li – Ión)

Las baterías de Li – Ión concentran el desarrollo más prometedor en el campo del almacenaje de la energía eléctrica. La eficiencia de esta ha sido esencial en el despegue de la telefonía móvil. Sin embargo, para su aplicación en vehículos deben superarse determinados problemas de seguridad y exagerado coste. El Li es un metal con un elevado potencial electroquímico de 3.5 V y la más baja masa atómica. (Martinez, 2015)

Las baterías de Li – Ión tienen una alta energía específica, una elevada potencia específica, un buen comportamiento a altas temperaturas, baja auto descarga y son reciclables. Un punto importante de estas baterías es la necesidad de un buen control de la tensión de las celdas durante su carga. Estas características hacen de este tipo de baterías altamente adecuadas para su aplicación en el campo de los Vehículos Eléctricos y Vehículo Eléctrico Híbrido. (Martinez, 2015)

**Tabla 8-2:** Parámetros para la batería Litio – Ion

Energía específica	60 – 70 Wh/Kg
Potencia específica	200 W/Kg
Tensión nominal de celda	1.2V
Rendimiento	70%
Auto - descarga	Pobre, hasta un 5% al día
Número de ciclos	Hasta 1000 al 80% de capacidad
Tiempo de recarga	1h (60% capacidad en 20 min)

Realizado por: (Martinez, 2015)

#### 2.5.3.5 Baterías de Litio – Polímero (Li – pol)

Estas baterías se consideran baterías de estado sólido porque sus electrolitos son sólidos. El más común es el óxido de polietileno. Como electrodo positivo se utiliza óxido de vanadio. Este óxido se enlaza hasta con 8 átomos de litio por molécula de óxido. (Martinez, 2015)

Esta batería tiene la mayor energía y potencia específicas. La utilización de polímeros sólidos tiene, respecto a la seguridad, una gran ventaja en caso de accidente del VE o VEH. Ya que el litio se intercala en el electrodo de carbono, el litio está en forma iónica que resulta menos reactivo que el litio metálico. La delgada celda de Li – pol proporciona una ventaja añadida para su adaptabilidad a diferentes espacios y tamaños dentro del chasis del VE o VEH. La principal desventaja de las baterías de Li – pol es que tiene que funcionar a temperaturas entre 60 y 120 °C. (Martinez, 2015)

#### 2.5.4 Inversor de corriente

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 se encarga de controlar al inversor y generar cualquier tipo de diagnóstico del mismo incluidos los DTC. (Augeri, 2010)

Dentro del conjunto que se conoce como INVERSOR (Convierte la corriente continua en alterna y la alterna generada en continua) podemos encontrar varias etapas o sistemas independientes. (Augeri, 2010)

Dentro de las funciones de este elemento se tienen, por ejemplo:



**Figura 7-2:** Inversor de corriente (interior)

Realizado por: (Augeri, 2010)

- Permitir el control de los Moto Generadores MG1 – MG2 con un circuito constituido en su interior (que toma la tensión de la Batería de alto Voltaje HV (la cual se encuentra en

220 VDC aproximadamente) y mediante un circuito de potencia generar una corriente alterna en tres fases que permita el movimiento de los motores eléctricos. (Augeri, 2010)

- Permitir mediante la tensión de la Batería de alto Voltaje HV, generar una corriente alterna en tres fases que es utilizada para mover un motor eléctrico que acciona el mecanismo del Acondicionador de Aire, puesto que el motor de combustión interna se apaga por momentos, aunque el auto siga en movimiento. (Augeri, 2010)
- Permitir mediante la tensión de la batería de alto voltaje HV, convertir la tensión a 12 V para mantener la carga a una batería de 12V que funciona para accesorios, equipos eléctricos y electrónicos y mecanismo convencionales. (Augeri, 2010)
- Permitir la carga de la batería de alta Tensión mediante los Moto Generadores MG1 y MG2, esto con una electrónica basada en transistores IGBT y rectificadores controlada por la unidad de control del sistema Híbrido ECU HV. (Augeri, 2010)
- Permitir el movimiento del Moto Generador 1 -MG1 - en condición de arranque para el motor de combustión interna. (Augeri, 2010)

## 2.6 Carga de las baterías

Excepto en los modelos recargables mediante red eléctrica (PHEV o REHEV) las baterías se recargan únicamente con el movimiento. El motor térmico trata de trabajar siempre a un régimen máximo de eficiencia, así que el sonido que percibimos es fundamentalmente el mismo, como un ciclomotor, pero más agradable. (Jakoussi, 2015)

Si la potencia suministrada por el motor es excesiva se almacena el excedente en las baterías, pasando el motor eléctrico a ser un generador. Si en cambio la potencia del motor térmico es insuficiente, el motor eléctrico utiliza la energía previamente almacenada para realizar la asistencia. En algunos casos el motor eléctrico ni empuja ni recarga, está inactivo, como en cruceros a velocidad media/alta. (Jakoussi, 2015)



**Figura 8-2:** Sistema de carga de la batería

Fuente: (Jakoussi, 2015)

Cuando el motor térmico no está empujando al estar apagado o en retención, no inyecta nada de combustible, de modo que el consumo es nulo, y las emisiones son cero. Eso significa que podríamos respirar el aire que saldría del tubo de escape con total seguridad. El motor eléctrico no produce contaminación de ningún tipo, es más, ni necesita aire. (Jakoussi, 2015)

### **2.6.1 Tipos de Recarga**

Uno de los principales retos del vehículo eléctrico es crear una infraestructura de recarga fiable, accesible y cómoda para el ciudadano. Una posible opción para catalogar los puntos de recarga es en función de su ubicación y uso. En la actualidad hay varios tipos de recarga; desde los lentos, idóneos para recargar en casa, hasta los más rápidos, capaces de completar la carga en diez minutos. (Ruíz, 2015)

#### **2.6.1.1 Recarga lenta.**

Es la más estandarizada y todos los fabricantes de vehículos eléctricos la aceptan. Se suele realizar con corriente alterna monofásica a una tensión de 230 voltios (V) y una intensidad de hasta 16 amperios (A). El tiempo necesario para una recarga completa de la batería (tipo 24kWh) ronda entre las 6 y 8 horas. Es apto para garajes privados, ya que es la misma tensión y corriente que la doméstica. (Ruíz, 2015)

#### **2.6.1.2 Recarga semi-rápida**

Sólo la aceptan algunos vehículos, aunque es previsible que en fechas próximas sea un tipo de recarga bastante común. La carga se realiza con corriente alterna trifásica, con una tensión de 400V y una intensidad de hasta 64A. En este caso, el tiempo de recarga se reduce a 3 o 4 horas. (Ruíz, 2015)

#### **2.6.1.3 Recarga rápida.**

Concebida a más largo plazo por sus mayores complicaciones. Algunos fabricantes ya la admiten. Consiste en alimentar al vehículo con corriente continua a 400V y hasta 400A. El tiempo de recarga se reduce a unos 15 - 30 minutos. (Ruíz, 2015)

## **2.7 Vehículos híbridos que utilizan baterías de alta tensión**

### **2.7.1 *Toyota Prius***

El paquete de baterías de la segunda generación del Toyota Prius consta de 28 módulos cada uno, el hidruro metálico de níquel Panasonic prismática contiene seis celdas conectadas en 1.2 voltios en serie para producir una tensión nominal de 201,6 voltios. El número total de células es 168, en comparación con 228 células empaquetadas en 38 módulos de la primera generación Prius. El paquete se coloca detrás del asiento trasero. (ToyoImport, 2016)

El peso de la batería completa es de 53,3 kg. La capacidad de potencia de descarga del paquete de Prius es de aproximadamente 20 kW al 50 por ciento del estado de carga. (ToyoImport, 2016)

### **2.7.2 *Toyota Highlander***

La batería de níquel e hidruro metálico utilizado en Highlander Hybrid y el Lexus RX 400h, está empaquetada en una carcasa metálica de la batería de nuevo desarrollo. Las células de 240 pueden ofrecer alta tensión de 288 voltios-pero las unidades de motor y los generadores pueden operar en voltaje variable en cualquier punto de 280 voltios a 650 voltios. La batería suministra 288 voltios, pero el convertidor elevador, una parte del inversor por encima del eje transversal, cambia esto a 500 voltios. Esta batería proporciona un 40 por ciento más de energía que la batería Prius, a pesar de ser un 18 por ciento más pequeño. (ToyoImport, 2016)

Cada uno de los módulos tiene su propio sistema de seguimiento y control de enfriamiento. El rendimiento de la refrigeración reduce las pérdidas de eficiencia debido a un calor excesivo, asegurando que la batería puede suministrar energía eléctrica requerida a los motores en todo momento. La unidad de batería de monitoreo gestiona la descarga y recarga por el generador y los motores para mantener el nivel de carga constante, mientras que el coche está en marcha. El paquete de baterías se estiba debajo de los asientos traseros. (ToyoImport, 2016)

### **2.7.3 *Ford Scape***

El paquete de baterías de Escape híbrido de Ford, fabricado por Sanyo, consta de 250 células níquel e hidruro metálico individual. Al igual que con otros paquetes de baterías híbridas, las células tienen una forma similar a una batería de linterna. Cada célula de batería individual, contenida en una caja de acero inoxidable, es de 1,3 voltios. Las células se sueldan y se envuelven juntas en grupos de cinco para formar un módulo. Hay 50 módulos de la batería. El voltaje total de la batería es de 330 voltios. (ToyoImport, 2016)



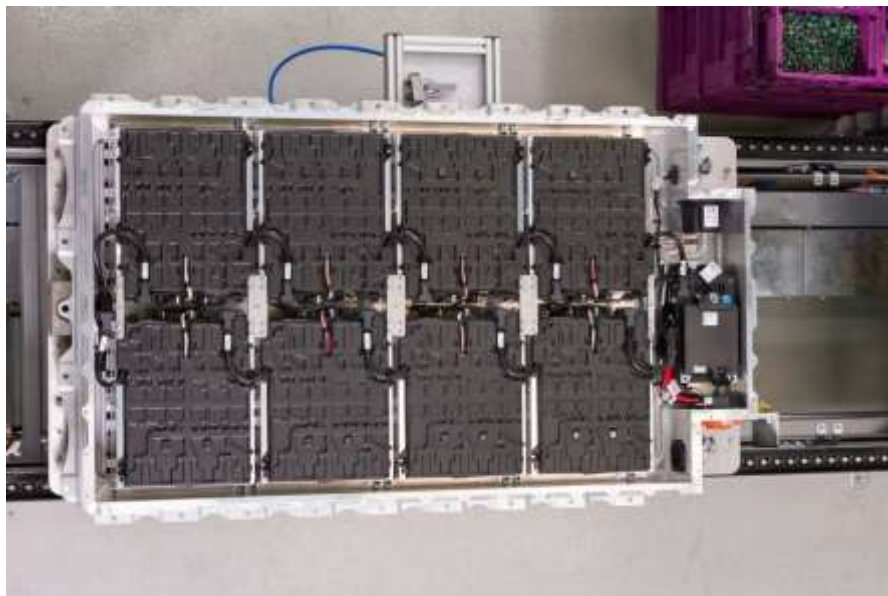
#### **2.7.4 *El Renault ZOE de 403 km de autonomía y baterías con celdas de litio-níquel-manganeso-cobalto fabricadas por LG Chem***

Normalmente se emplean ánodos de grafito, o grafito y silicio, y cátodos de litio, níquel, cobalto y aluminio, por ejemplo, Panasonic, para Tesla, o de litio, níquel, manganeso y cobalto, por ejemplo, LG Chem, para Renault, Chevrolet, Opel, Volkswagen y otros fabricantes. (Ibáñez, 2017)

Estas últimas tienen además la ventaja de que tienen también una mayor vida útil (aproximadamente el doble) que las baterías de iones de litio "antiguas", mientras que mantienen o mejoran ligeramente la velocidad de recarga y apenas aumentan el peso de la batería (al menos de un 10 %). Son algo más caras, aunque el impacto en el precio final de venta del coche se quede entre un 5 y un 10 % aproximadamente. (Ibáñez, 2017)

#### **2.7.5 *Batería de Ion-Litio del BMW i3***

La batería de iones de litio desarrollada para el BMW i3 está compuesta de 8 módulos, cada uno con 12 celdas. Los conectores, cables, sensores de monitorización y sistemas de calentamiento y refrigeración también fueron desarrollados específicamente para BMW i. La batería del BMW i3 recibió una actualización a mediados del año pasado. Aunque su tamaño y peso no han cambiado con respecto a la versión anterior, su capacidad aumentó en más de un 50% hasta 94 Ah/33 kWh. (Martínez, 2017)



**Figura 9-2:** Baterías del BMW i3

Fuente: (Martínez, 2017)

## CAPÍTULO III

### 3 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

#### 3.1 Requisitos del sistema

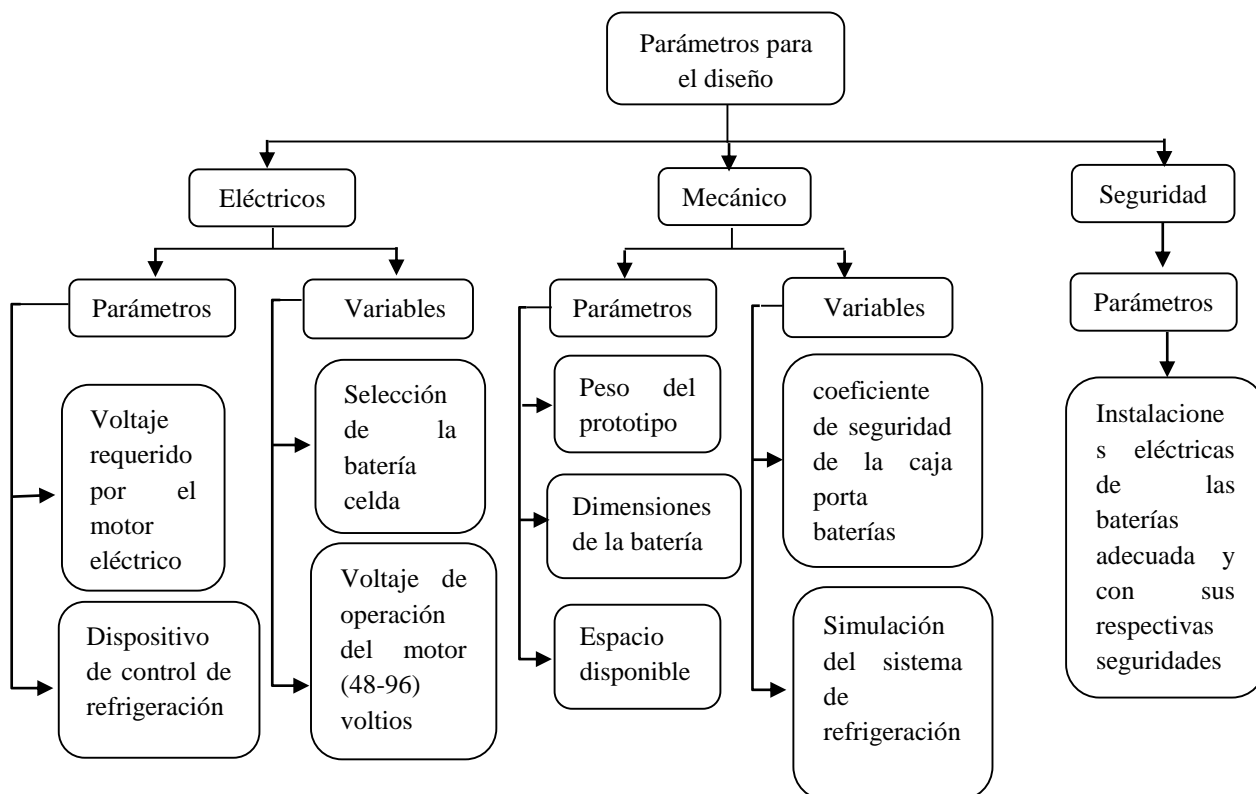
Los requisitos del sistema se los establece teniendo en cuenta las condiciones de trabajo del prototipo, las especificaciones de voltaje se lo ejecutaran en base a las especificaciones del motor eléctrico.

#### 3.2 Requisitos en base al desempeño solicitado.

- Entrega de energía eficiente por parte del cargador de baterías hacia los packs de baterías.
- Consumo amperios-horas del motor eléctrico para poder determinar su autonomía.

#### 3.3 Parámetros de diseño.

##### 3.3.1 Pasos para el diseño



### 3.3.2 *Eléctricos.*

#### 3.3.2.1 *Motor eléctrico*

Los requisitos para la selección de los motores eléctricos para vehículos son los siguientes:

- Alta potencia específica
- Alta densidad de energía (tamaño y peso reducidos)
- Alta capacidad de sobrecarga (alto par de arranque)
- Alta eficiencia (superior al 90% en condiciones nominales amplia gama de velocidades)
- Operación en los cuatro cuadrantes
- Control sencillo
- Niveles de ruido u vibraciones bajos
- Par con pocas vibraciones
- Robustez mecánica y técnica elevadas
- Fabricación y mantenimiento fácil
- Bajo costo

El prototipo de buggy híbrido 4x4 cuenta con un motor eléctrico CC sin escobillas de alta potencia, desde 1kw hasta 20kw, requiere de un voltaje entre 48 V hasta 98 V teniendo en cuenta que estos voltajes se pueden modificar en la programación del módulo de control



**Figura 1-3:** Motor eléctrico sin escobillas

**Realizado por:** (Technology, 2014)

Conducción suave. En el momento de partir el motor realiza un arranque suave para el control del par directo y así obtener un excelente rendimiento de aceleración especialmente a baja velocidad. (Technology, 2014)

Bajo nivel de ruido · Esto se debe al control del vector debido a la inyección de corriente sinusoidal para que el motor tenga un par de salida suave, y así poder suprimir completamente el ruido de baja frecuencia causado por las fluctuaciones del par motor. (Technology, 2014)

Programable a través de PC. Mediante un software permite programar los parámetros de control del motor para ajustar al sistema de accionamiento de la transición. El funcionamiento del sistema se puede monitorear en tiempo real. (Technology, 2014)

Funciones de protección perfectas. Se puede detectar la integridad de la señal del motor y el control, provee un sistema de protección contra sobre corrientes además de contra sobretensión y protección contra sobrecalentamiento. (Technology, 2014)

Características principales.

- Se puede realizar ajustes de parámetros mediante un software
- Incorpora un frenado regenerativo
- Autocomprobación de encendido del sistema
- Led color rojo para indicar el funcionamiento o el estado de falla

**Tabla 1-3:** Parámetros técnicos y características de operación

Rendimiento principal	
Voltaje de operación nominal	48V ~ 96V
Corriente nominal del bus	CC 30A ~ 200A
Potencia nominal de salida	1000 ~ 10000W
Corriente de funcionamiento en reposo	20 ~ 40mA
Método de conducción	Control de par directo

Realizado por: Aldas, Morejón

### 3.3.2.2 Características dinámicas del motor eléctrico

En la siguiente tabla se muestra las características dinámicas del motor eléctrico dados por el manual del fabricante en la cual se observa el consumo, torque y potencia de salida.

**Tabla 2-3(Continua):** Características dinámicas del motor eléctrico

Ítems NO	Voltaje V	Corriente A	P entrada W	P. Factor PF	Frecuencia Hz	Torque mN. m	Rotación rpm	P salida W	Eficiencia %
1	95.97	6.494	623.18	1.00	0.00	707.5	4762	352.79	56.6

2	95.97	6.693	642.36	1.00	0.00	576.7	4761	287.49	44.8
3	95.96	7.897	757.80	1.00	0.00	186.7	4750	92.84	12.3
4	95.93	11.112	1006.01	1.00	0.00	803.3	4720	397.04	37.3

**Tabla 3-3(Continúa):** Características dinámicas del motor eléctrico

5	95.89	16.579	1589.73	1.00	0.00	2190	4671	1071.15	67.4
6	95.84	23.932	2293.60	1.00	0.00	3820	4606	1842.40	80.3
7	95.78	32.692	3131	1.00	0.00	5690	4535	2702.01	86.3
8	95.72	42.645	4081.98	1.00	0.00	7793.3	4461	3640.43	89.2
9	95.67	53.442	5112.65	1.00	0.00	10116.7	4385	5686.68	90.9
10	95.61	64.868	6202.06	1.00	0.00	12603.3	4309	6754.17	91.7
11	95.55	76.798	7337.76	1.00	0.00	15220	4238	6754.2	92
12	95.47	88.994	8496.59	1.00	0.00	17853.3	4172	7799.4	91.8
13	95.40	101.153	9650.03	1.00	0.00	20496.7	4112	8825.4	91.5
14	95.33	112.787	10767.26	1.00	0.00	23043.3	4056	9786.78	90.9
15	95.27	123.787	11793.57	1.00	0.00	25373.3	4010	10654.1	90.3
16	95.34	133.490	12726.49	1.00	0.00	27236.7	3979	11378.1	89.2
17	95.43	140.537	13411.88	1.00	0.00	28580	3958	11844.9	88.3
18	95.43	144.947	13832.26	1.00	0.00	29450	3941	12153.1	87.9
19	95.42	148.040	14126.47	1.00	0.00	30090	3929	12379.4	87.6
20	95.41	150.413	14350.94	1.00	0.00	30593.3	3916	12544.8	87.4
21	95.42	152.503	14551.36	1.00	0.00	30986.7	3904	12667.2	87
22	95.41	154.440	14735.12	1.00	0.00	31370	3896	12797.6	86.8
23	95.41	156.203	14902.84	1.00	0.00	31720	3887	12978.9	86.6
24	95.39	157.737	15047.03	1.00	0.00	32003.3	3873	12978.9	86.3
25	95.40	159.327	15119.23	1.00	0.00	32320	3868	13090.1	86.1
26	95.41	161.173	15377.01	1.00	0.00	32646.7	3868	1322.7	86

Realizado por: Golden Motor

### 3.3.2 Características de las baterías

Para la selección de la batería en el presente trabajo de titulación se toma como referencia al Toyota Prius, considerado como el vehículo más vendido en el país.

Las características técnicas se detallan en la siguiente tabla

**Tabla 4-3(Continua):** Características de la batería del vehículo Toyota PRIUS.

Tipo de batería	Níquel e Hidruro metálico
Tensión nominal	201.6 V
Número de Packs	14

**Tabla 5-3(Continua):** Características de la batería del vehículo Toyota PRIUS.

Número de celdas	28
Número de mini celdas	168
Voltaje por celda	1.2 V
Tipo de conexión entre celdas	Serie
Capacidad (Ah)	6.5 (3h)
Peso	39Kg

**Realizado por:** Aldas, Morejón

### 3.3.3 *Cargador de baterías.*

En el presente trabajo de titulación es necesario contar con un cargador de baterías para el cual se utilizó herramientas electrónicas y eléctricas para poder recargar las baterías, de níquel metal hidruro. Se realizará una carga lenta por un tiempo aproximado de 2 horas a un corriente de 0.96 Amperios y un voltaje de 96.

#### 3.3.3.1 *Cálculos para la selección de elementos eléctricos*

Para la selección de elementos eléctrico para el cargador de baterías se relaciona el voltaje de 110 V donde la corriente que puede ingresar en el circuito es de 8.1 amperios los resultados obtenidos serán la capacidad que se va a obtener en cada uno de los elementos electrónico del cargador de baterías, para poder realizar sus funciones de filtrado, conducción y parámetros de limitación de corriente.

#### 3.3.3.2 *Voltajes de pico de entrada, salida y tensión inversa de pico (PIV)*

Este tipo de cargador va a ser capaz de funcionar con 110 voltios para lo que se tomara en cuenta la siguiente ecuación para determinar el voltaje de pico equivalente una vez transformada a corriente.

$$V_{RMS} = \frac{V_{PICO}}{\sqrt{2}}$$

### **Ecuación 3-1: Valor equivalente RMS con relación al valor pico a pico de la corriente**

Fuente: (Malvino, 2000)

$V_{RMS}$  = Voltaje que se mide en el tomacorriente es de 110 voltios

$$V_{PICO} = \text{Voltaje de pico}$$

$$110 = \frac{V_{PICO}}{\sqrt{2}}$$

Entonces se obtendrá:

$$V_{PICO}(110) = 110 * \sqrt{2}$$

Finalmente se obtendrá:

$$V_{PICO}(110) = 155.56 \text{ Voltios}$$

Se usara la segunda aproximación de los diodos para obtener la tensión en la carga continúa.

$$V_L = V_{PICO} - V_{Diodo}$$

### **Ecuación 3-2: Voltaje aproximado real de salida del puente de diodos**

Fuente: (Malvino, 2000)

$$V_{Diodo} = 1.4 \text{ Voltios}$$

$$V_{PICO} = 155.56 \text{ Voltios}$$

Remplazamos los valores en la ecuación 3-2 se obtiene:

$$V_L = (155.56 - 1.4) \text{ Voltios}$$

$$V_L(110) = 154.16 \text{ Voltios}$$

El paso siguiente es calcular el rizado que se producira en la corriente. Quiere decir la pequeña tension alterna que envia una vez rectificadada la tension. Para poder encontrar esta pequeña tensión utilizaremos la siguiente fórmula:

$$V_R = \frac{I}{f * C}$$

### **Ecuación 3-3 Derivación para estimar el rizado pico a pico de cualquier filtro con condensador de entrada.**

Fuente: (Malvino, 2000)

Donde:

VR= Tensión de rizado de pico a pico

I= Corriente por la carga en continua

f= Frecuencia

C= Capacidad

Para poder aplicar la ecuación 3-3 se debe encontrar la intensidad que circula en el circuito para esto se aplica la siguiente ecuación

$$V = I * R$$

#### **Ecuación 3-4: Ley de Ohm**

**Fuente:** (Malvino, 2000)

En donde:

V= Voltaje

I= Intensidad

R= Resistencia

Para aplicar la ecuación 3-4 se utiliza una lámpara de 500 vatios y 110 voltios, garantiza que soportara los altos voltajes.

Al no tener la resistencia dada por el fabricante en la lámpara vamos a calcular la intensidad con la ecuación de potencia que es la siguiente:

$$P = V * I$$

#### **Ecuación 3-5: Potencia en el circuito**

**Fuente:** (Malvino, 2000)

Despejamos la intensidad de la ecuación 3-5 y obtenemos que:

$$I = \frac{P}{V}$$

Reemplazamos los datos obtenidos del fabricante de la lámpara.

$$I = \frac{500 W}{110 V}$$

$$I = 4.54 \text{ Amperios}$$

El valor encontrado de la intensidad reemplazamos en la ecuación 3-3 para determinar el voltaje de rizado.



$$V_R = \frac{4.54 A}{120 Hz * 470 * 10^{-6} F}$$

Resolviendo la ecuación obtenemos:

$$V_R = 80.50 V$$

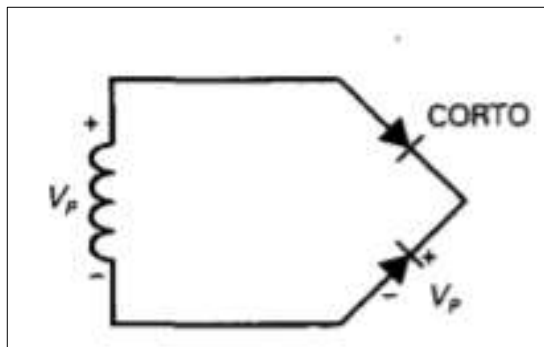
También es indispensable calcular la tensión inversa de pico PIV y la corriente inicial en el circuito para poder asegurar su adecuado funcionamiento y la vida útil de diodo y la integridad del equipo.

Para calcular el PIV utilizaremos la siguiente fórmula.

$$PIV = V_{PICO}$$

### Ecuación 3-6: Tensión Inversa de pico

Fuente: (Malvino, 2000)



**Figura 2-3:** Tensión inversa de pico en un puente rectificador

Realizado por: (Malvino, 2000)

Reemplazamos el voltaje de pico encontrado en la ecuación 3-1 y obtenemos la tensión inversa de pico:

$$PIV = 155.56 V$$

El puente rectificador de diodos utilizado en el presente cargador es KBPC 1504 es el adecuado ya que cuenta con una capacidad de una corriente conductiva de 15 Amperios y una tensión de retorno máximo de 400 Voltios, y debido a la tensión inversa de pico encontrada en el circuito es de 155.56 V es menor a la tensión de retorno máximo de 400V.

### 3.3.3.3 Energía almacenada y potencia del condensador

Para poder calcular la cantidad de energía que pueda almacenar el condensador electrolítico utilizaremos la siguiente ecuación.

$$W = 0.5 CV^2$$

#### **Ecuación 3-7: Cantidad de energía que puede almacenar el condensador electrolítico.**

**Fuente:** (Fowler, 1992)

Donde:

W= Energía almacenada calculada

C= Capacidad del condensador

V=Voltaje de pico de salida

Característica del condensador electrolítico es:

- Capacidad del condensador: 470 microfaradios
- Capacidad de voltaje: 250 V
- Voltaje de pico: 155.56 V encontrados en la ecuación 3-1

Se procede a reemplazar en la ecuación 3-7

$$W_{110} = 0.5 * (470 * 10^{-6}) * 155.56^2$$

Resolviendo la ecuación obtenemos:

$$W_{110} = 5.69 J$$

la cantidad de energía almacenada en el condensador no es muy grande, el condensador al descargarse genera mayor potencia, para calcular utilizaremos la siguiente ecuación

$$P = \frac{W}{t}$$

#### **Ecuación 3-8: Potencia del condensador**

**Fuente:** (Fowler, 1992)

Donde:

W= Cantidad de energía almacenada (J)

T= Tiempo (s)

P= Potencia

La cantidad de energía almacenada es de 5.69 J y asumiremos un tiempo de 8 ms para poder calcular la potencia que puede tener el condensador, reemplazamos estos valores en la ecuación 3-8.

$$P = \frac{5.56 \text{ W/s}}{0.008 \text{ s}}$$

Resolviendo la ecuación obtenemos:

$$P = 695 \text{ W}$$

La potencia que tiene el condensador en 8 ms es de 695 Watt, lo cual el condensador de 470 microfaradios y 250 V es el idóneo para el funcionamiento en el circuito de carga.

#### 3.3.3.4 *Intensidad de carga*

Para poder calcular la intensidad de carga que va a encender la lámpara halógena utilizara la siguiente ecuación.

$$P = V * I$$

$$I = \frac{P}{V}$$

#### **Ecuación 3-9: Intensidad de carga.**

**Fuente:** (Malvino, 2000)

Dónde:

I= Intensidad

V= Voltaje

P= Potencia

El voltaje es de 110 V es la alimentación que se va a obtener conectando a la corriente eléctrica la potencia viene dado en las especificaciones del fabricante del foco de halógeno que es de 500 W, reemplazando los valores obtenemos.

$$I = \frac{500 \text{ W/A}}{110 \text{ V}}$$

Resolviendo la ecuación obtenemos:

$$I = 4.54 A$$

La intensidad que tiene el foco halógeno limitador de corriente es de 4.54 A y la intensidad que nos da la corriente de alimentación es 8.1 A, para poder calcular la intensidad de carga del circuito tendremos la siguiente ecuación.

$$I_{Carga} = I_{Alimentación} - I_{(Foco\ halógeno)}$$

### **Ecuación 3-10: Intensidad de carga del sistema**

Reemplazamos los valores:

$$I_{Carga} = 8.1 A - 4.54 A$$

Resolviendo la ecuación obtenemos:

$$I_{Carga} = 3.56 A$$

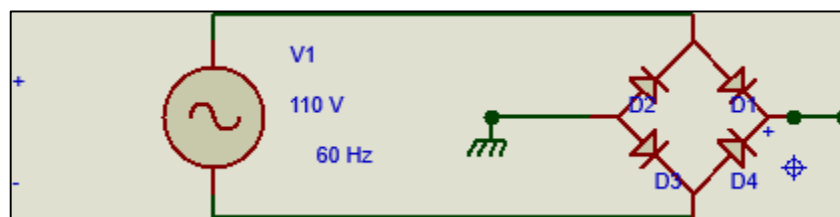
La intensidad de carga 3.55 A este amperaje depende del estado de carga, el amperaje disminuirá entre más pase el tiempo.

### **3.3.4 Componentes eléctricos del cargador de baterías**

#### **3.3.4.1 Rectificador de Onda Completa**

El puente rectificador de onda completa es un circuito electrónico utilizado en la conversión de una corriente alterna en continua. Este puente rectificador está formado por 4 diodos.

En la figura 3-3 podemos observar el rectificador de onda completa el diodo D1 permite el paso de la corriente, mientras en diodo D2 no permite el paso de la corriente, el voltaje que pasa a través de la carga regresa a través del GND, en donde el D3 debido a que D2 tiene un voltaje en el cátodo por lo que no se polariza. Para la segunda mitad del periodo, D2 y D4 son los que conducen para la parte negativa.



**Figura 3-3:** Rectificador de Onda completa con puente de diodos

Realizado por: Marvin Morejón

### 3.3.4.2 Condensador electrolítico 470 microfaradios y 350 V

Tiene una mayor capacidad por unidad de volumen, se emplea en circuitos eléctricos de alta corriente, almacena la carga y se descarga en un poco tiempo dependiendo de la corriente que llegue al circuito, controla el voltaje de salida filtrando la señal de corriente que envía el puente rectificador al mismo



**Figura 4-3:** Condensador electrolítico

**Realizado por:** Aldas, Morejón

#### Características

- Capacidad de 470 microfaradios
- Voltaje máximo de 250 V

### 3.3.4.3 Diodos

Un diodo es un componente electrónico que solamente permite el paso de la corriente eléctrica en un único sentido, a través de sus dos terminales (ánodo y cátodo). (Efectoled, 2018)

Debido a esto un diodo se comporta de dos formas.

- Como un cortocircuito, permitiendo el paso de la electricidad (polarización directa)
- Como un circuito abierto, impidiendo el paso de la corriente (polarización inversa)

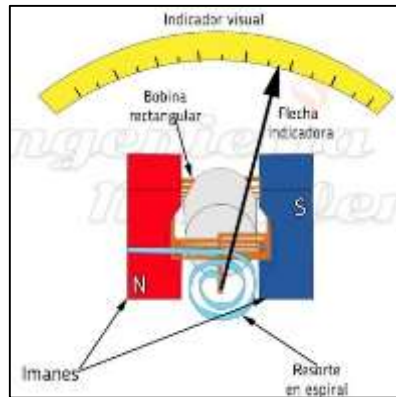


**Figura 5-3:** Símbolo electrónico del diodo

**Realizado por:** Marvin Morejón

### 3.3.4.4 Amperímetro

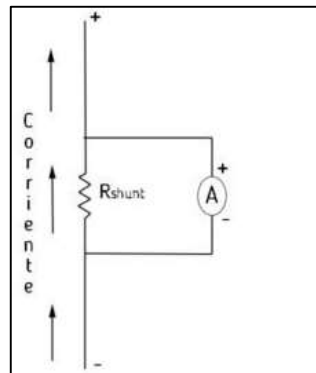
Un instrumento de medición que se incorpora al cargador para verificar la intensidad de carga que pasa por el circuito para carga las baterías de Níquel Hidruro Metálico.



**Figura 6-3:** Galvanómetro y sus partes

Realizado por: (Mecafenix, 2018)

Normalmente tiene varias escalas de medición. Es donde entran en juego la serie resistencias shunt ya que cada una representa una escala diferente. Las resistencias están colocadas en paralelo a la bobina para que la mayor parte de la corriente eléctrica pase por ellas y solo una pequeña parte por la bobina, pero que esa pequeña parte siga siendo proporcional a la intensidad total. (Mecafenix, 2018)

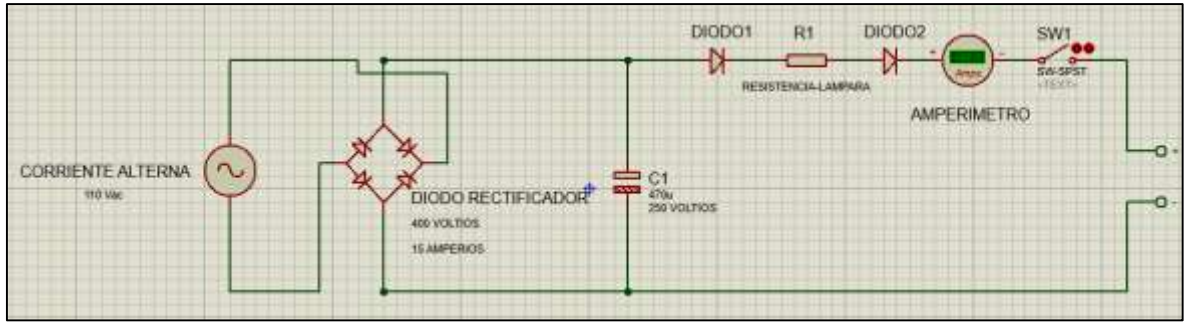


**Figura 7-3:** Resistencia de shunt

Realizado por: (Mecafenix, 2018)

### 3.3.4.5 Diseño del circuito de carga de baterías

El diseño del circuito de carga para las baterías de Níquel Metal Hidruro se lo realizo en el software Professional



**Figura 8-3:** Circuito del cargador de baterías de níquel metal hidruro

**Realizado por:** Aldas, Morejón

### 3.3.5 Sistema de refrigeración

El sistema de refrigeración diseñado para las baterías de Níquel metal hidruro debe de mantener todas las celdas en una temperatura adecuada de funcionamiento de las baterías NiMH pueden operar en descarga con temperaturas desde 20 °C hasta 50 °C y en carga desde 0 °C hasta 45 °C.

#### 3.3.5.1 Dispositivo de control de refrigeración Componentes eléctricos.

#### 3.3.5.2 Arduino mega

Un microcontrolador que posee 54 pines digitales que funcionan como entrada y salida; 16 entradas analógicas, un botón de reset, una conexión de USB, un cristal de 16 MHz y una entrada de alimentación

La comunicación entre la computadora y Arduino se produce a través del Puerto Serie. Posee un convertidor USB-serie, por lo que sólo se necesita conectar el dispositivo a la computadora utilizando un cable USB como el que utilizan las impresoras. (Gonzales, 2013)

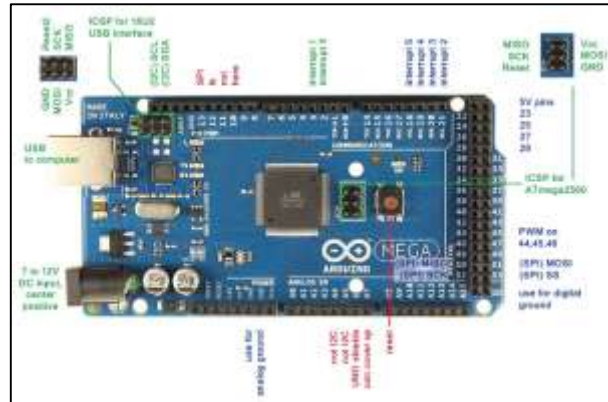


**Figura 9-3:** Conector USB

**Realizado por:** (Gonzales, 2013)

## Alimentación

Arduino Mega puede ser alimentado mediante el puerto USB o con una fuente externa de poder. La alimentación seleccionada es de forma automática. (Gonzales, 2013)



**Figura 10-3:** Arduino Mega y sus partes

Realizado por: (Gonzales, 2013)

Arduino Mega posee algunos pines para la alimentación del circuito aparte del adaptador para la alimentación: (Gonzales, 2013)

- VIN: A través de este pin es posible proporcionar alimentación a la placa.
- 5V: Podemos obtener un voltaje de 5V y una corriente de 40mA desde este pin.
- 3.3V: Podemos obtener un voltaje de 3.3V y una corriente de 50mA desde este pin.
- GND: El ground (0V) de la placa.

Características del Arduino mega.

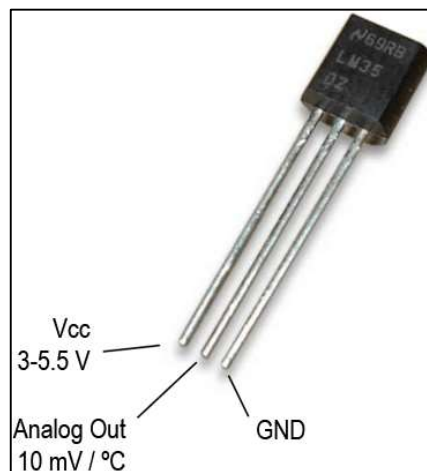
- Microcontrolador: ATmega2560
- Voltaje Operativo: 5V
- Voltaje de Entrada: 7-12V
- Voltaje de Entrada(Límites): 6-20V
- Pines digitales de Entrada/Salida: 54 (de los cuales 15 proveen salida PWM)
- Pines análogos de entrada: 16
- Corriente DC por cada Pin Entrada/Salida: 40 mA
- Corriente DC entregada en el Pin 3.3V: 50 mA
- SRAM: 8KB
- EEPROM: 4KB
- Clock Speed: 16 MHz



### 3.3.5.3 Sensores lm 35

El LM35 es un sensor de temperatura digital. A diferencia de otros dispositivos como los termistores en los que la medición de temperatura se obtiene de la medición de su resistencia eléctrica, el LM35 es un integrado con su propio circuito de control, que proporciona una salida de voltaje proporcional a la temperatura. (Luis Llamas , 2015)

La salida del LM35 es lineal con la temperatura, incrementando el valor a razón de 10mV por cada grado centígrado. El rango de medición es de -55°C (-550mV) a 150°C (1500 mV). Su precisión a temperatura ambiente es de 0,5°C. (Luis Llamas , 2015)



**Figura 11-3:** Sensor de temperatura LM 35

**Realizado por:** (Luis Llamas , 2015)

#### Características del sensor lm35

- Calibrado directamente en grados Celsius
- Exactitud de  $\pm 0.5$  °C a temperatura ambiente (25 °C), y  $\pm 0.8$  °C en el rango completo
- Bajo auto calentamiento: 0.08 °C con aire en reposo
- Lineal. Salida de 10 mV/°C
- Voltaje de operación: 4 V a 30 V
- Consumo de corriente: < 60  $\mu$ A típico
- Baja impedancia de salida: 0.1  $\Omega$  con carga de 1 mA
- Temperatura de operación: 0 °C a +100 °C
- Encapsulado: TO-92

#### 3.3.5.4 Relé

Los relés disponen de dos circuitos básicos: un circuito que conecta el relé de encendido y apagado, y el otro, que es un circuito de corriente que pasa a través del relé una vez que este se encuentre activado. (Fernandez, 2016)

Un relé actúa como un interruptor que consiste en un encendido y apagado del electro ventilador del sistema de refrigeración, previene las demandas de alta potencia de ciertos accesorios que puedan dañar otros circuitos que no están diseñados para manejar cargas pesadas. Es un dispositivo que regula la carga o transmisión de voltaje hacia un punto determinado. (Fernandez, 2016)



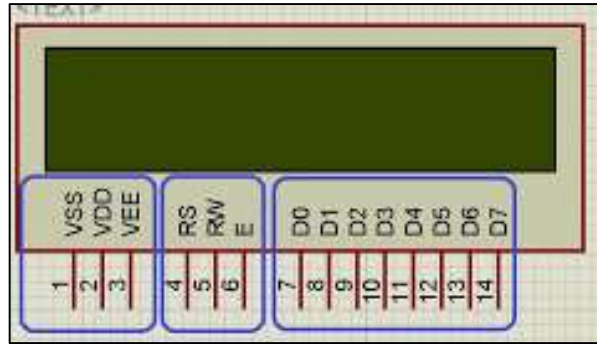
**Figura 12-3:** Relé utilizado para el accionamiento del extractor

**Realizado por:** Marvin Morejón

#### 3.3.5.5 LCD 16x2.

El LCD (Liquid Crystal Display) o pantalla de cristal líquido es un dispositivo empleado para la visualización de contenidos o información de una forma gráfica, mediante caracteres, símbolos o pequeños dibujos dependiendo del modelo. Está gobernado por un microcontrolador el cual dirige todo su funcionamiento. (Todoelectrodo, 2013)

En este caso vamos a emplear un LCD de 16x2, esto quiere decir que dispone de 2 filas de 16 caracteres cada una. Los píxeles de cada símbolo o carácter varían en función de cada modelo. (Todoelectrodo, 2013)



**Figura 13-3:** LCD 16x2 estructura de sus pines

Realizado por: (Todoelectrodo, 2013)

**Tabla 6-3:** Descripción LCD

Pin	Símbolo	Descripción
1	VSS	GND
2	VDD	+5 Voltios
3	VEE	Corresponde al pin de contraste, lo regularemos con un potenciómetro de 10K conectado a Vdd.
4	RS	Selección del riesgo de control/registro de datos: RS: 0 El módulo led es escrito RS: 1 El módulo led es leído
5	RW	Señal de lectura/escritura R/W: 0 El módulo led es escrito R/W: 0 El módulo led es leído
6	E	Señal de activación de módulos LCD E:0 Módulo desconectado E:1 Modulo conectado
7-14	D0 – D7	El Bus de datos bidireccional comprende desde los pines D0 a D7. Para realizar la comunicación con el LCD podemos hacerlo utilizando los 8 bits del bus de datos (D0 a D7) o empleando los 4 bits más significativos del bus de datos (D4 a D7). En este caso vamos a explicar la comunicación con el bus de 4 bits.

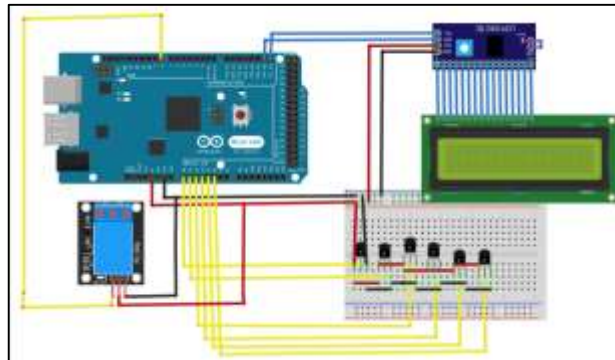
Realizado por: Aldas, Morejón

### 3.3.5.6 *Diseño del circuito de refrigeración*

El circuito de refrigeración se detalla en el Anexo B

### 3.3.5.7 *Conexión del Arduino nano*

En la siguiente figura podemos observar la conexión del Arduino nano con los sensores de temperatura LM35, relé y el LCD 16X2 respectivamente.



**Figura 14-3:** Conexión del arduino nano

**Realizado por:** Aldas, Morejón

La programación que se realiza para el circuito de refrigeración en el Arduino nano se describe en el Anexo A



**Figura 15-3:** Conexión de Socket

**Realizado por:** Aldas, Morejón

**Tabla 7-3:** Descripción de los pines del socket A.

Pin	Símbolo	Descripción
1	5V	Alimentación 5V conectado al Arduino para todos los sensores de temperaturas LM35
2	GND	GND conectado al Arduino para todos los sensores de temperaturas LM35
3	VOUT S1	Conectado hacia A0 del Arduino
4	VOUT S2	Conectado hacia A2 del Arduino
5	VOUT S3	Conectado hacia A3 del Arduino
6	VOUT S4	Conectado hacia A4 del Arduino
7	VOUT S5	Conectado hacia A5 del Arduino
8	VOUT S6	Conectado hacia A6 del Arduino
9	GND	Del extractor de aire
10	12V	Alimentación extractor de aire

**Realizado por:** Aldas, Morejón

Circuito de conexión

**Tabla 8-3:** Descripción del pines del socket B

Pin	Símbolo	Descripción
1	SCL	Conectado SCL del Arduino hacia SCL del LCD
2	SDA	Conectado SDA del Arduino hacia SDA del LCD
3	+5V	Alimentación 5V conectado al Arduino
4	GND	GND del Arduino conectado hacia el LCD





**Realizado por:** Aldas, Morejón

### 3.3.6 Mecánico

#### 3.3.6.1 Peso del buggy 4x4.

En la siguiente tabla 7-3: se detallan el peso total del vehículo.

**Tabla 9-3:** Peso del prototipo de buggy Híbrido 4x4.

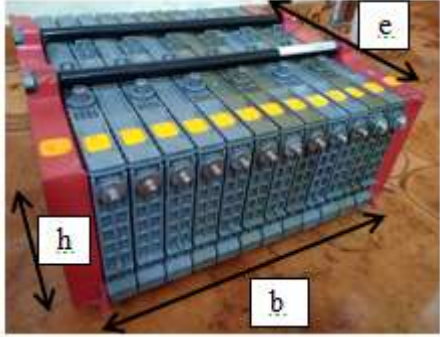
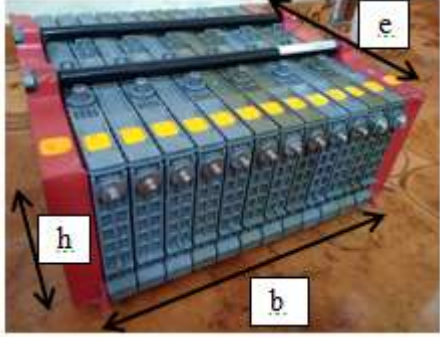
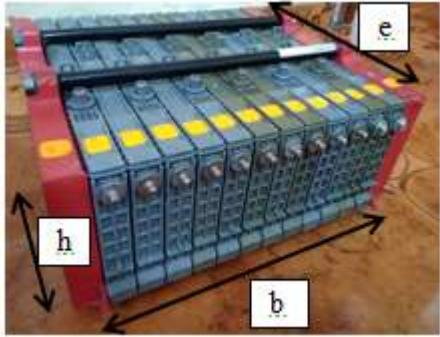
Designación	Ilustración	Peso Kg
Chasis – motor de combustión		500 kg
Asientos		44 kg
Conjunto de baterías		41,55 kg
Motor eléctrico		22,6 kg
	Total	608,15 kg

Realizado por: Aldas, Morejón

### 3.3.6.2 Dimensiones de las baterías

En la siguiente tabla 8-3 se detallan las dimensiones de cada bloque de baterías.

**Tabla 10-3:** Dimensiones y peso de cada bloque de batería

Designación	Dimensiones	Ilustración	Peso
Bloque A	$b = 27.7 \text{ cm}$ $h = 12.5 \text{ cm}$ $e = 26.3 \text{ cm}$		13.85 kg
Bloque B	$b = 27.7 \text{ cm}$ $h = 12.5 \text{ cm}$ $e = 26.3 \text{ cm}$		13.85 kg
Bloque C	$b = 27.7 \text{ cm}$ $h = 12.5 \text{ cm}$ $e = 26.3 \text{ cm}$		13.85 kg
		Total	41.55 kg

Realizado por: Aldas, Morejón

### 3.3.6.3 Espacio disponible

El espacio disponible en el prototipo de buggy híbrido 4x4 es de 0,52 m<sup>2</sup> este espacio se encuentra ubicado detrás de los asientos como se muestra en la figura 16-2.



**Figura 16-3:** Espacio disponible para la colocación de la fuente de alimentación de energía

Realizado por: Aldas, Morejón

### 3.3.7 Seguridad

#### 3.3.7.1 Requisitos en base al ambiente de trabajo

- Los circuitos del equipo están protegidos en caso de trabajar en ambientes con temperaturas elevadas.
- Protección contra conexión invertida y picos de voltaje para evitar daños prematuros o permanentes en el equipo y en especial al inversor de corriente.

### 3.4 Variable de diseño para el dimensionamiento de la fuente alimentación

Puesta a punto de las celdas de níquel metal hidruro mediante las diferentes pruebas que se especifican en el capítulo 4.



### **3.4.1 Voltaje de operación**

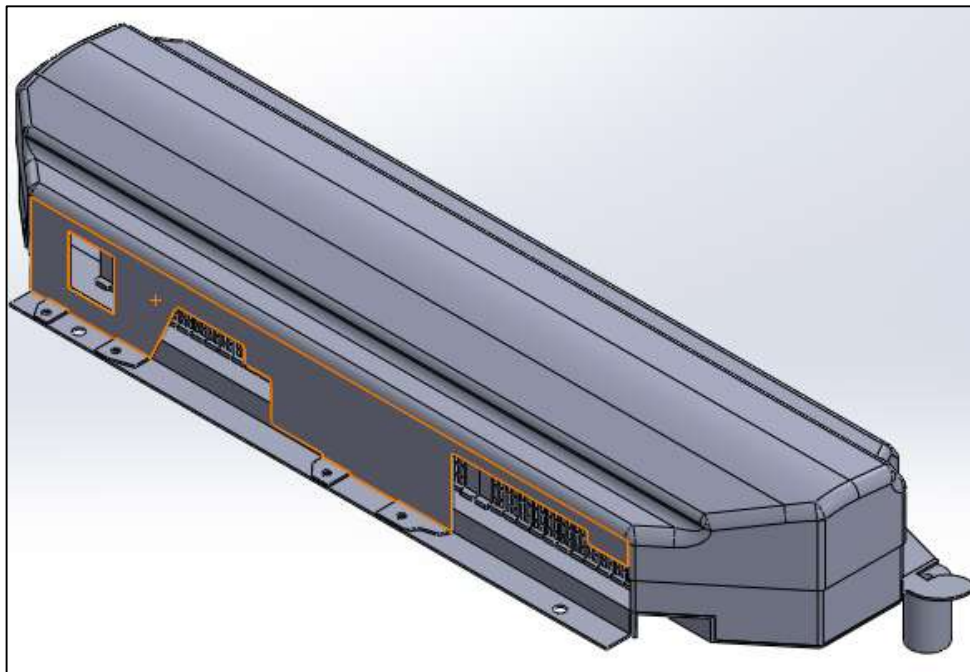
El voltaje de operación requerido por el manual del fabricante Golden Motor para un óptimo desempeño del motor eléctrico en todas sus fases se encuentra en un rango de:

Mínimo: 48 V

Máximo: 96 V

### **3.4.1 Dimensionamiento de la caja porta baterías.**

De acuerdo con el espacio disponible en el prototipo de buggy híbrido 4x4 y la disposición de las celdas de níquel metal hidruro se dimensiono la caja porta baterías tal como se muestra en la siguiente figura 17-3.



**Figura 17-3:** Caja porta baterías

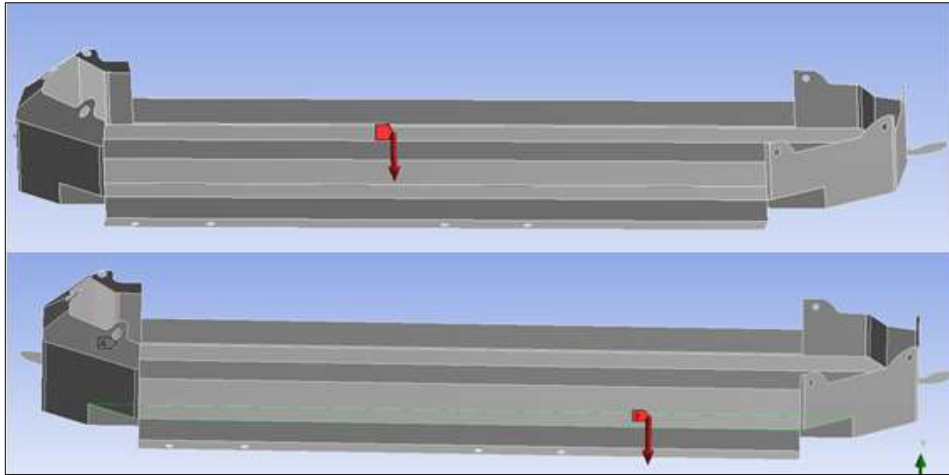
**Realizado por:** Aldas, Morejón

En el anexo C se detallan los planos de la caja porta baterías

### **3.4.2 Coeficiente de seguridad de la caja porta batería.**

Mediante el análisis estructural en un software CAD se llega a determinar el coeficiente de seguridad de la caja porta baterías, se muestra en la siguiente figura con los esfuerzos a la cual está expuesta.

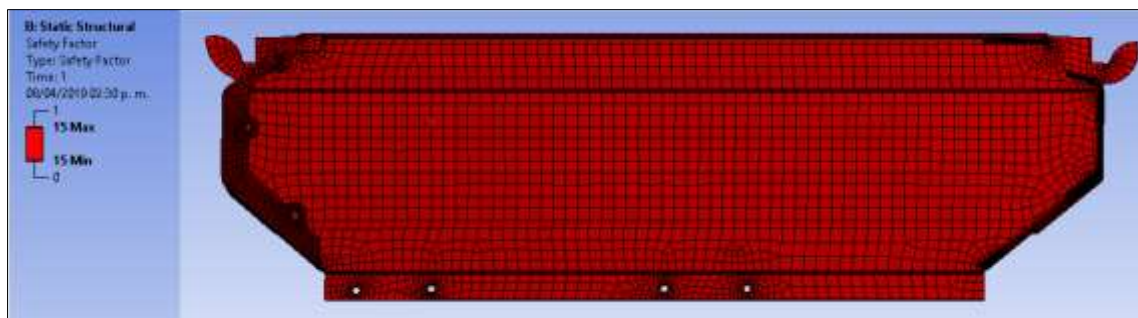
En la figura 18-3 pueden apreciar la colocación de los esfuerzos en el eje Y en la base de la caja porta baterías



**Figura 18-3:** Aplicación de los esfuerzos a la caja porta baterías

**Realizado por:** Aldas, Morejón

El factor de seguridad se tiene un resultado de mínimo de 15 debido a que la parte inferior de la caja porta baterías no está expuesto a esfuerzos máximos se puede argumentar que es óptima para para construir la caja porta baterías

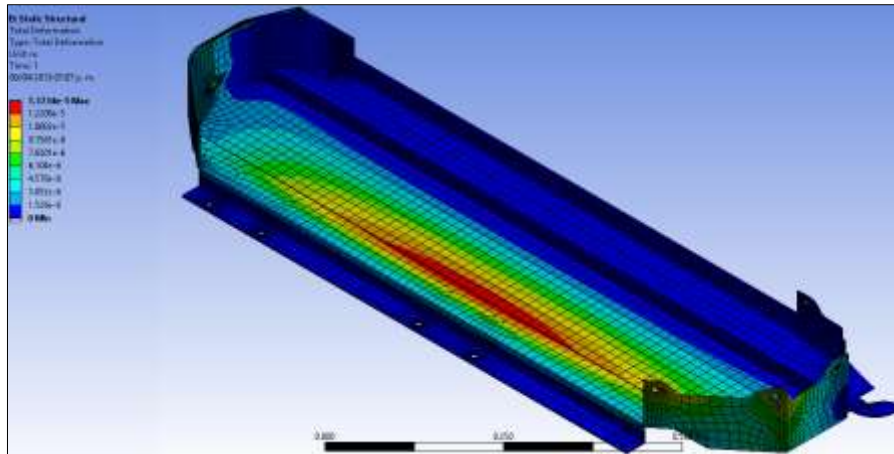


**Figura 19-3:** Análisis del factor de seguridad en la caja porta baterías

**Realizado por:** Aldas, Morejón

### 3.4.3 *Deformación total de la caja porta baterías*

En la figura 20-3 la parte inferior de la caja porta baterías presenta una deformación máxima de 0.00013734 m una deformación baja debido a que no es sometida a esfuerzos mayores al peso de los packs de baterías.



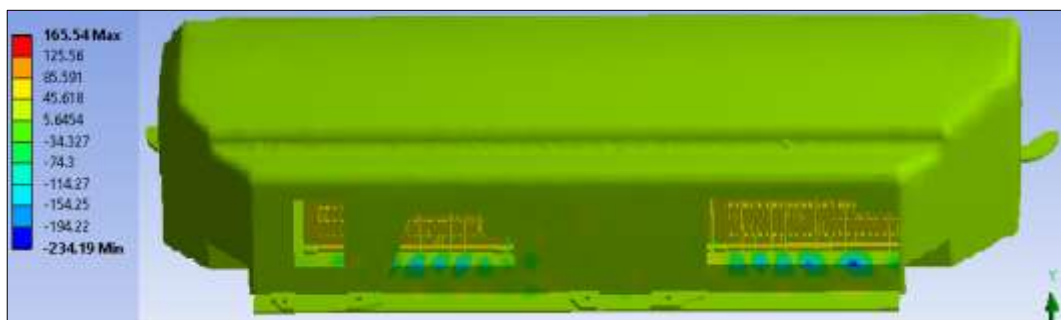
**Figura 20-3:** Análisis de deformación total de la caja porta baterías

**Realizado por:** Aldas, Morejón

### 3.4.4 Análisis térmico de la caja porta batería

Por medio del análisis térmico en un software CAD se llega a observar la transferencia de calor que puede tener la caja al momento del funcionamiento de las baterías considerando como la temperatura de funcionamiento de las baterías su temperatura máxima de 50 °C y temperatura ambiente de 18°C

Como se puede apreciar en la figura 3-14 la parte inferior la disipación del calor producido en el funcionamiento de las baterías.



**Figura 21-3:** Análisis térmico de la caja porta baterías

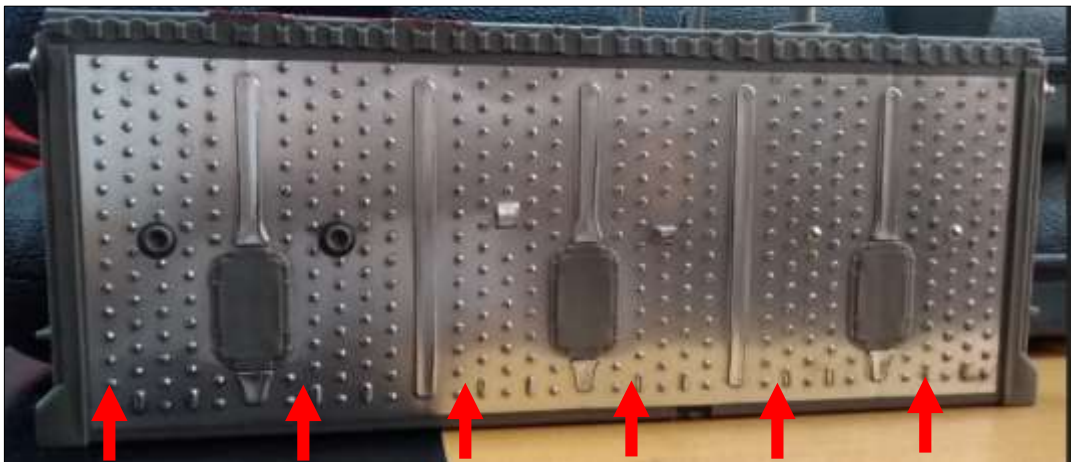
**Realizado por:** Aldas, Morejón

### 3.4.5 Dimensionamiento del sistema de alimentación

#### 3.4.5.1 Elección de la celda

Para el adecuado funcionamiento del sistema de alimentación se toma en cuenta las baterías del vehículo Toyota Prius que es el más comercializado en el Ecuador. Las celdas con las que cuenta este vehículo son de níquel hidruro metálico sus características se detallan en la tabla 3-2.

El módulo de la celda está formado por 6 células de 1.2 voltios como se indica en la figura 22-3, lo cual da un total de 7.2 voltios por cada módulo.



**Figura 22-3:** Módulo de célula

Realizado por: Aldas, Morejón

#### 3.4.5.2 Colocación de la celda

De acuerdo al voltaje de operación del motor eléctrico establecidos en el ítem 3.9.1, se coloca 12 celdas de baja tensión (7.2 voltios) que forman un bloque de baterías de níquel metal hidruro conectadas en serie para producir aproximadamente 96 voltios para cumplir con el voltaje de operación antes establecido por el fabricante Golden Motor.

El bloque de baterías se encuentra en una caja de aluminio firmemente acoplado en la parte posterior de los asientos.



**Figura 23-3:** Conexión en serie de las celdas de Ni MH

**Realizado por:** Aldas, Morejón

### 3.5 Descripción general del sistema

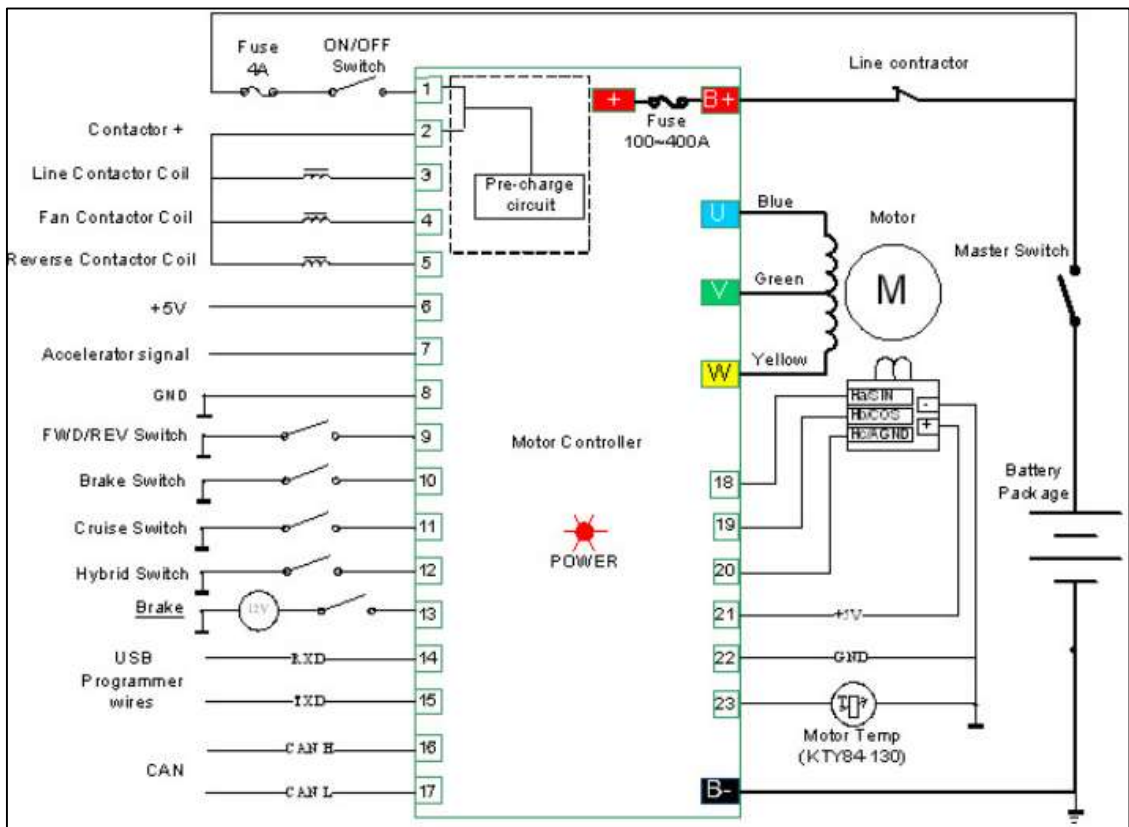
- Cuenta con 3 pack de baterías que aportan 96 voltios cada pack de baterías para la alimentación de un motor eléctrico de CC sin escobillas.
- Los tres packs de baterías están conectados en serie
- Cada pack de baterías cuenta con 12 celdas de níquel metal hidruro conectados en serie las cuales aportan un voltaje nominal de 7.20 voltios por cada celda.
- El cargador debe ser alimentado por 110 voltios.
- El motor eléctrico tiene una potencia desde 1KW hasta 20KW con voltajes entre 48V y 96V.
- Sistema de refrigeración por medio de un extractor de aire ubicado dentro de la caja de baterías.
- Un Ampera de 7.4 Amph

#### 3.5.1 *Conexión de la fuente de alimentación de energía hacia el modulo*

La fuente de alimentación del prototipo de buggy híbrido 4x4 cuenta con un sistema de seguridad controlado por el modulo el cual envía una señal GND al contactor para que se active o desactive en condiciones critica esta pueden ser por altas temperaturas en el motor, modulo o exceso de tensión que sobrepasen los parámetros de funcionamiento programados.

El modulo entra en modo de emergencia esto se puede verificar en la parte inferior izquierda tiene un led de color rojo, la intensidad luminosa se vuelve intermitente esto puede suceder cuando exista una tensión mayor a 98 V o a su vez la fuente de alimentación se encuentre descargada por debajo de los 48 V

Cuenta con un fusible de 100 Amperios conectados entre B+ hacía en positivo para prevenir sobre cargas en el módulo de control.



**Figura 24-3:** Esquema eléctrico

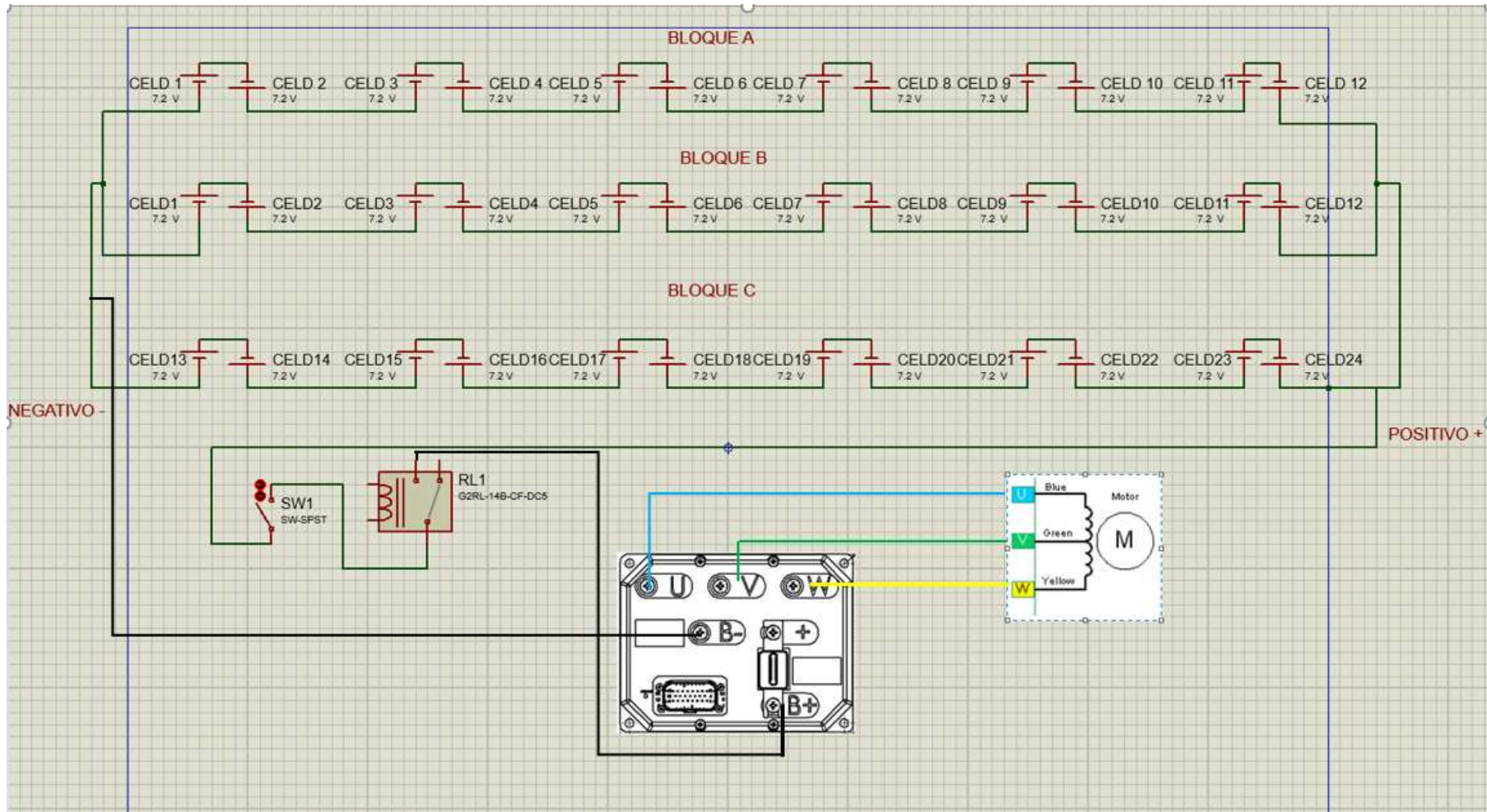
Realizado por: Aldas, Morejón

**Tabla 11-3:** Especificación socket que se conecta al módulo de control

Función	Pin	Símbolo	Valor numérico	Observaciones
Entrada de alimentación	1	PWR	Tensión de las baterías	Precarga
Contactor +	2	CON	Tensión de las baterías	
Línea de control del contactor	3	CON 1	24 - 48 devanado de línea contactor	<10A
Contactor del ventilador	4	CON 2	24 - 48 Bobinado del contactor	<10A
Contactor de reserva control 3	5	CON 3	24 - 48 Bobinado del contactor	<10A
PWR	6	+5 PWR	+5	<1A
Sensor del acelerador	7	Acc	Señal del acelerador	
GND	8	GND	GND	
FWD/REV 9	9	FWD/REV	GND FWD	
Freno	10	BAK	GND Verdadero	
Control Crucero	11	Control Crucero	GND Verdadero	Interruptor de botón
Control Híbrido	12	Control Híbrido	GND Verdadero	
Freno	13	BAK	12 V verdadero	Entrada de 0 -15 voltios
RXD	14	RXD	RXD	
TXD	15	TXD	TXD	
Canal H	16	Canal H	Canal H	
Canal L	17	Canal L	Canal L	
Motor sensor	18	Ha/SIN	Hall a/SIN	
Motor sensor	19	Hb/COS	Hall b/COS	
Motor sensor	20	Hc/AGND	Hall c/AGND	
PWR	21	+5V PWR	+5V	<1A
GND	22	GND	GND	
Motor TEMP	23	Motor temperatura	MOTOR TEMP	Temperatura del motor TEMP silicio sensores: KTY84-130

Realizado por: Golden Motor





**Figura 25-3:** Conexión de la fuente de alimentación hacia el módulo de control

Realizado por: Aldas, Morejón



### 3.6 Recuperación de celdas de níquel hidruro metálico

#### 3.6.1 Procedimiento para la recuperación

Se describen los siguientes procedimientos utilizados para la recuperación de las celdas de níquel hidruro metálico.

- Balanceo de las 36 celdas de las baterías.
- Proceso de carga.
- Tiempo de carga
- Proceso de descarga
- Balanceo de la celda afectada con el equipo IMAX B6
- Ecuación de los packs de baterías de alta tensión

##### 3.6.1.1 Balanceo de los 36 módulos de las baterías.

En esta prueba se realiza de manera empírica para poder consumir el voltaje nominal de cada una de las celdas, para lo cual se coloca en paralelo las celdas. Se procede a instalar un consumidor de bajo amperaje para así mantener un voltaje equilibrado entre sí que se permita que todas las celdas reciban el mismo consumo.



**Figura 26-3:** Balanceo de los módulos

**Realizado por:** Aldas, Morejón

En la figura 26-3 se observa los 36 módulos de la batería de alta tensión, que proporcionan una descarga equivalente en cada una de sus módulos se muestra un mismo nivel entre sus celdas para formar un bloque de baterías esto genera que el desempeño del acumulador eléctrico funcione en óptimas condiciones.

### 3.6.1.2 *Proceso de carga.*

Para realizar el proceso de carga de las baterías de alta tensión se procede a la construcción de un cargador de batería la cual funciona con un voltaje de 110 V para realizar la carga de los bloques de baterías.



**Figura 27-3:** Cargador de baterías

**Realizado por:** Aldas, Morejón

En la siguiente figura 28-3 se observa el funcionamiento del cargador suministrando energía al bloque de baterías.



**Figura 28-3:** Bloque A carga a 0.5 A por una hora.

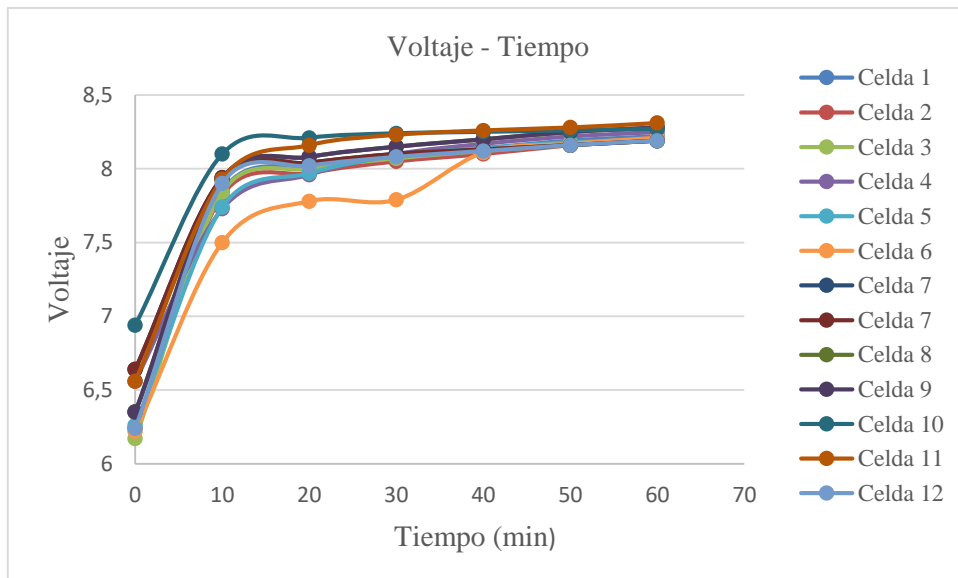
**Realizado por:** Aldas, Morejón

Bloque A

**Tabla 12-3:** Carga 0.5 A. Bloque A

Carga a 0.5 AMP	Valor Inicial	10 min	20 min	30 min	40 min	50 min	60 min
1 A	6.35	7.85	8.02	8.10	8.14	8.19	8.22
2 A	6.24	7.82	7.97	8.05	8.10	8.16	8.21
3 A	6.17	7.84	8	8.07	8.12	8.16	8.19
4 A	6.56	7.73	7.96	8.10	8.17	8.22	8.25
5 A	6.26	7.74	7.97	8.09	8.14	8.18	8.20
6 A	6.22	7.50	7.78	7.79	8.11	8.17	8.21
7 A	6.64	7.94	8.04	8.10	8.13	8.16	8.19
8 A	6.38	7.90	7.98	8.04	8.7	8.13	8.18
9 A	6.35	7.93	8.08	8.15	8.20	8.25	8.28
10 A	6.94	8.10	8.21	8.24	8.25	8.26	8.27
11 A	6.56	7.93	8.16	8.23	8.26	8.28	8.31
12 A	6.24	7.90	8.02	8.08	8.12	8.16	8.19

Realizado por: Aldas, Morejón



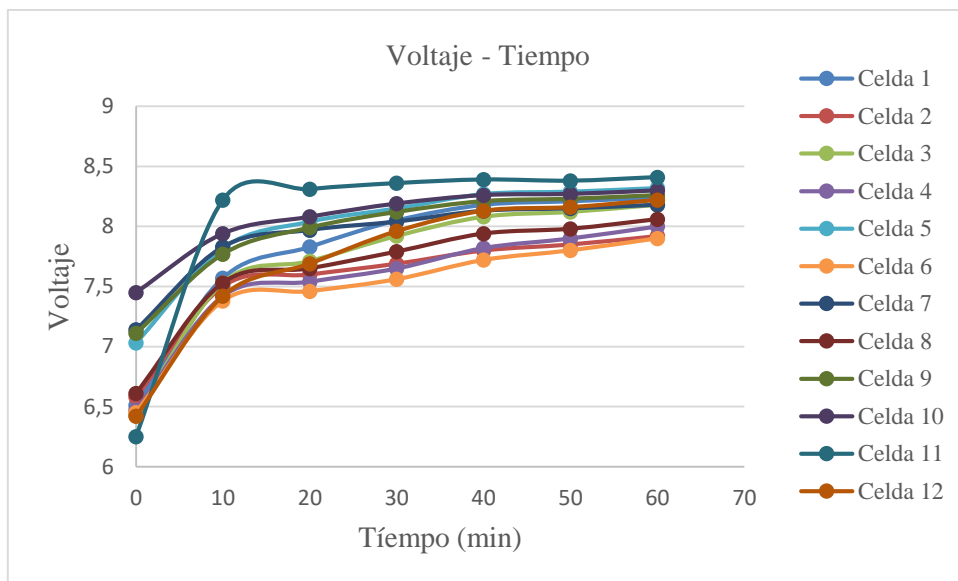
**Gráfico 1-3:** Carga a 0.5 A durante 1 hora Bloque A

Realizado por: Aldas, Morejón

**Tabla 13-3:** Carga a 0.5 A. Bloque B

Carga a 0.5 AMP	Valor Inicial	10 min	20 min	30 min	40 min	50 min	60 min
1 B	6.51	7.57	7.83	8.05	8.18	8.21	8.24
2 B	6.58	7.5	7.60	7.69	7.80	7.85	7.92
3 B	6.43	7.53	7.71	7.92	8.08	8.12	8.18
4 B	6.47	7.42	7.54	7.65	7.82	7.90	8
5 B	7.03	7.82	8.04	8.15	8.27	8.29	8.32
6 B	6.45	7.38	7.46	7.56	7.72	7.80	7.9
7 B	7.14	7.83	7.97	8.04	8.13	8.15	8.18
8 B	6.61	7.53	7.65	7.79	7.94	7.98	8.06
9 B	7.11	7.77	7.99	8.12	8.21	8.23	8.26
10 B	7.45	7.94	8.08	8.19	8.26	8.27	8.30
11 B	6.25	8.22	8.31	8.36	8.39	8.38	8.41
12 B	6.42	7.42	7.69	7.96	8.13	8.16	8.22

Realizado por: Aldas, Morejón



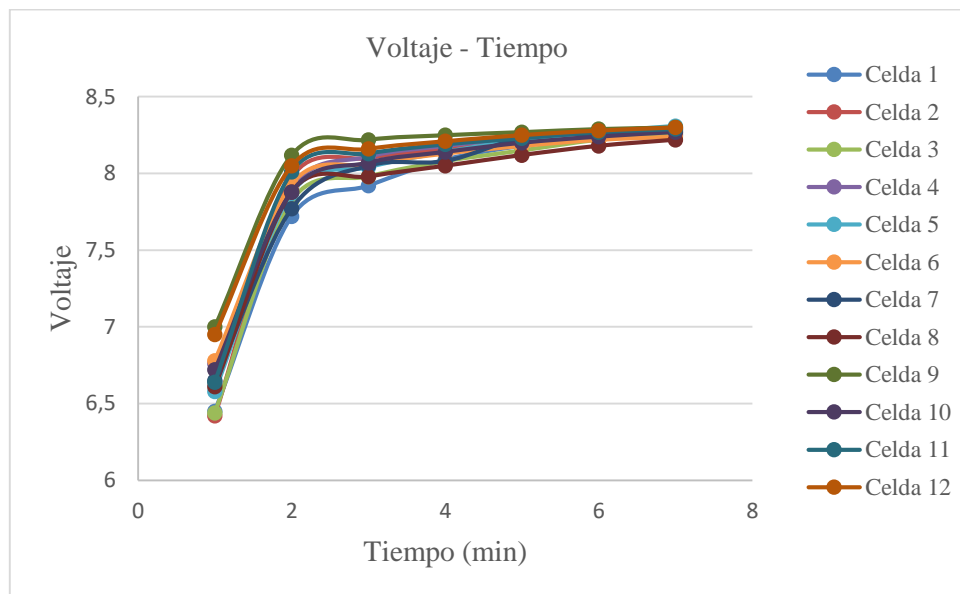
**Gráfico 2-3:** Carga a 0.5 A durante 1 hora bloque B

Realizado por: Aldas, Morejón

**Tabla 14-3:** Carga a 0.5 A. Bloque C

Carga a 0.5 AMP	Valor Inicial	10 min	20 min	30 min	40 min	50 min	60 min
1 C	6.45	7.72	7.92	8.09	8.18	8.24	8.27
2 C	6.42	7.97	8.10	8.16	8.20	8.24	8.25
3 C	6.44	7.82	7.98	8.08	8.15	8.22	8.26
4 C	6.76	7.91	8.11	8.18	8.23	8.27	8.29
5 C	6.58	7.87	8.04	8.14	8.22	8.27	8.31
6 C	6.78	7.93	8.06	8.13	8.18	8.22	8.24
7 C	6.65	7.77	8.05	8.08	8.23	8.26	8.28
8 C	6.61	7.88	7.98	8.05	8.12	8.18	8.22
9 C	7.00	8.12	8.22	8.25	8.27	8.29	8.30
10 C	6.72	7.88	8.07	8.14	8.20	8.24	8.27
11 C	6.64	8.01	8.13	8.19	8.23	8.27	8.29
12 C	6.95	8.05	8.16	8.21	8.25	8.28	8.30

Realizado por: Aldas, Morejón



**Gráfico 3-3:** Carga a 0.5 A durante 1 hora bloque C

Realizado por: Aldas, Morejón

### 3.6.1.3 Proceso de descarga

Se aplica un tiempo de descarga de 1 hora para poder obtener el consumo de las 12 celdas para poder verificar el estado de cada una de las celdas.

Esta descarga se lo realiza a 1.25 Amperio para poder verificar cada una de las celdas en mal estado.



**Figura 29-3:** Descarga Bloque A a 1.25 A por una hora.

**Realizado por:** Aldas, Morejón

En la figura 29-3 se muestra la descarga del bloque A de baterías mediante una lámpara alógena de 110 v y 500 W de potencia

Bloque A

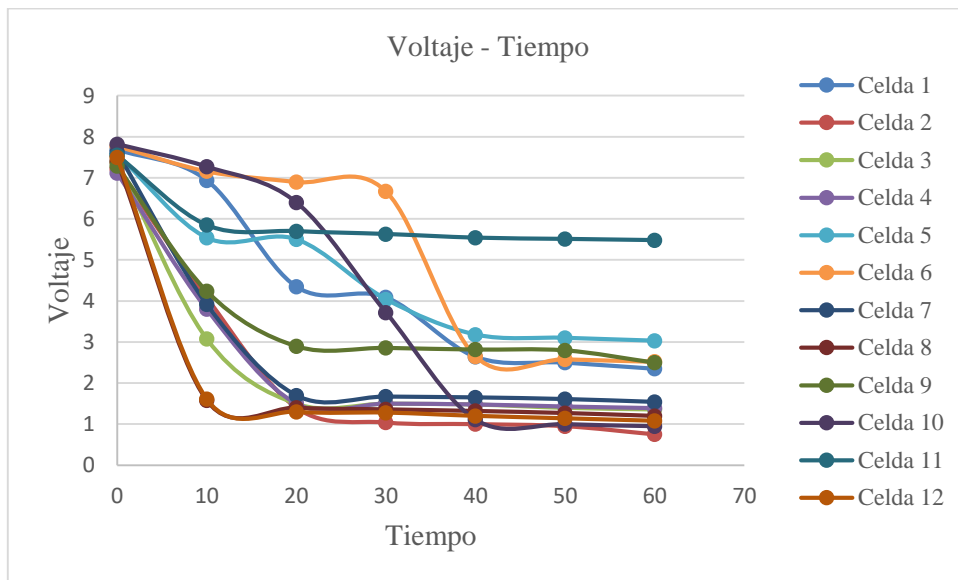
**Tabla 15-3 (Continúa):** Descarga a 1.25 A. Bloque A

Descarga a 1.25 AMP	Valor Inicial	10 min	20 min	30 min	40 min	50 min	60 min
1 A	8.22	6.94	4.35	4.09	2.64	2.5	2.35
2 A	8.21	4.08	1.4	1.04	1	0.95	0.75
3 A	8.19	3.08	1.5	1.5	1.48	1.40	1.36
4 A	8.25	3.8	1.5	1.5	1.48	1.43	1.39
5 A	8.20	5.54	5.5	4.04	3.18	3.10	3.03
6 A	8.21	7.16	6.9	6.67	2.65	2.58	2.52
7 A	8.19	3.92	1.7	1.67	1.65	1.61	1.54
8 A	8.18	1.58	1.4	1.36	1.32	1.27	1.2
9 A	8.28	4.24	2.9	2.86	2.82	2.8	2.5

**Tabla 16-3 (Continua):** Descarga a 1.25 A. Bloque A

10 A	8.27	7.27	6.4	3.72	1.11	1.0	0.95
11 A	8.31	5.85	5.7	5.63	5.54	5.51	5.48
12 A	8.19	1.61	1.3	1.28	1.2	1.14	1.08

Realizado por: Aldas, Morejón



**Gráfico 4-3:** Descarga a 1.25 A durante 1 hora Bloque A

Realizado por: Aldas, Morejón

En la gráfica 4-3 se observa la descarga de cada una de los módulos del bloque A, se identifica que las celdas 2-3-4-7-8-9-12 presentan una caída de voltaje progresiva debido a que las misma no retienen voltaje.

Bloque B

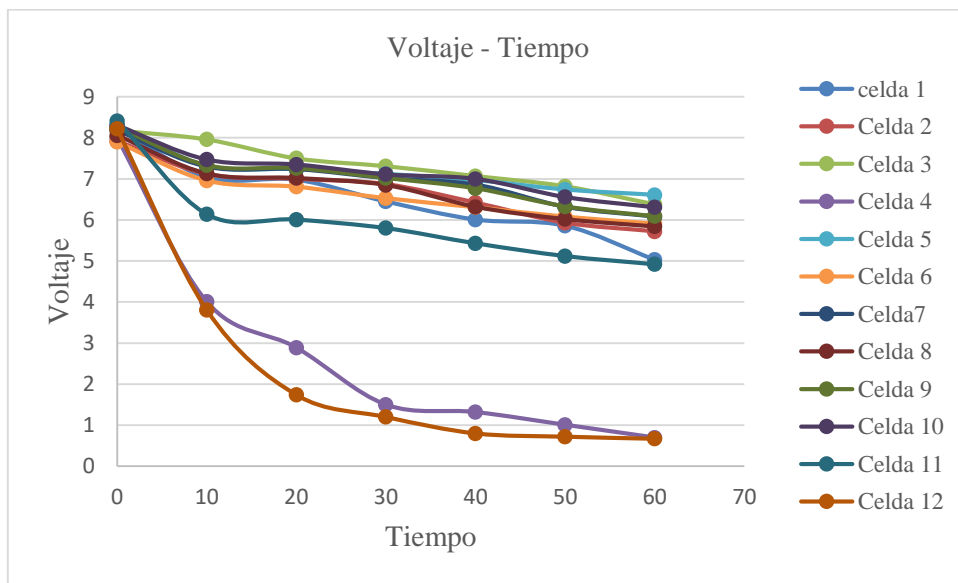
**Tabla 17-3 (Continua):** Descarga a 1.25 A. Bloque B

Descarga a 1.25 AMP	Valor Inicial	10 min	20 min	30 min	40 min	50 min	60 min
1 B	8.24	7.04	6.98	6.45	6.01	5.86	5.03
2 B	7.92	7.12	7.00	6.87	6.42	5.93	5.72
3 B	8.18	7.96	7.5	7.31	7.07	6.82	6.38
4 B	8	4.01	2.89	1.5	1.32	1.01	0.7
5 B	8.32	7.32	7.24	7.12	6.97	6.74	6.61
6 B	7.9	6.96	6.81	6.53	6.31	6.08	5.91

**Tabla 18-3 (Continua):** Descarga a 1.25 A. Bloque B

7 B	8.18	7.30	7.24	7.02	6.86	6.32	6.08
8 B	8.06	7.13	7.02	6.85	6.32	6.02	5.84
9 B	8.26	7.33	7.26	7.02	6.77	6.33	6.09
10 B	8.30	7.47	7.35	7.11	7.00	6.56	6.31
11 B	8.41	6.14	6.01	5.80	5.43	5.12	4.92
12 B	8.22	3.81	1.74	1.2	0.8	0.72	0.67

Realizado por: Aldas, Morejón



**Gráfico 5-3:** Descarga a 1.25 A durante 1 hora Bloque B

Realizado por: Aldas, Morejón

En la gráfica 5-3 se observa la descarga de cada una de las celdas del bloque B, se identifica que las celdas 4-12 presentan caída de voltaje progresiva debido a que las misma no retienen voltaje.

Bloque C

**Tabla 19-3 (Continua):** Descarga a 1.25 A. Bloque B

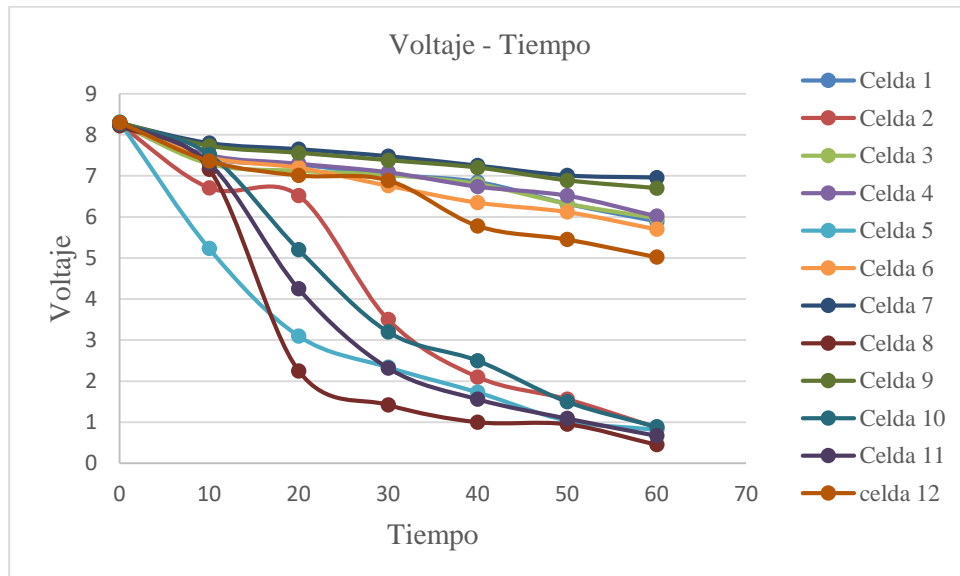
Descarga a 1.25 AMP	Valor Inicial	10 min	20 min	30 min	40 min	50 min	60 min
1 C	8.27	7.43	7.27	7.03	6.85	6.32	5.89
2 C	8.25	6.71	6.52	3.50	2.1	1.56	0.87
3 C	8.26	7.29	7.12	7.02	6.80	6.32	5.97
4 C	8.29	7.51	7.30	7.09	6.74	6.52	6.02



**Tabla 20-3 (Continua):** Descarga a 1.25 A. Bloque B

5 C	8.31	5.23	3.10	2.34	1.73	1.04	0.82
6 C	8.24	7.45	7.20	6.76	6.35	6.12	5.7
7 C	8.28	7.8	7.65	7.48	7.25	7.01	6.96
8 C	8.22	7.16	2.25	1.42	1.0	0.95	0.45
9 C	8.30	7.73	7.56	7.38	7.20	6.89	6.70
10 C	8.27	7.52	5.2	3.2	2.5	1.50	0.89
11 C	8.29	7.31	4.25	2.32	1.56	1.09	0.67
12 C	8.30	7.36	7.01	6.89	5.78	5.45	5.02

Realizado por: Aldas, Morejón



**Gráfico 6-3:** Descarga a 1.25 A durante 1 hora Bloque C

Realizado por: Aldas, Morejón

En la gráfica 6-3 se observa la descarga de cada una de las celdas del bloque B, se identifica que las celdas 2-5-8-10-11 presentan caída de voltaje progresivamente debido a que las mismas no retienen voltaje.

#### 3.6.1.4 Balanceo de la celda afectada con el equipo IMAX B6

Para poder realizar la restauración de cada uno de las celdas que se sometieron a las pruebas de carga y descarga y no retienen voltaje el procedimiento para el balanceo es el siguiente.

- Se realiza una precarga a 0.2 A durante 30 minutos, esto tiene como objetivo restaurar la celda a un voltaje nominal de 7.2 V y un voltaje máximo de 9 V correspondiente al 100% de la carga de la celda.
- Después de la precarga dejar reposar un tiempo aproximado de 10 minutos a las celdas que no se mantengan con el voltaje se las considera como sospechosas de una pérdida muy rápida de carga lo que indica que se debería reemplazar.



**Figura 30-3:** Carga a 0.2 celda durante media hora

**Realizado por:** Aldas, Morejón

#### 3.6.1.5 Ecuación de los bloques de baterías de alta tensión

Para finalizar con el procedimiento de reacondicionamiento de los bloques de baterías se realiza la ecuación, que consta en conectar los terminales positivos con un cable y negativo con otro cable quedando una conexión en paralelo de esta forma se nivelan las carga durante un lapso aproximado de 40 minutos de esta manera se obtendrá una batería apta para ser colocada en el prototipo de buggy híbrido 4x4. Este proceso se realiza a uno de los lados de la batería ya sea frontal o posterior.

Proceso de ecuación de baterías se lo realiza de la siguiente manera.

- Conectar los terminales positivos de la batería

- Conectar los terminales negativos de la batería
- Medir los voltajes con el multímetro
- Verificar los voltajes de cada de una de las celdas y que se encuentre en un voltaje de 7.2 Voltios
- Colocar los terminales para poner en serie cada uno de los módulos para colocar en la caja porta baterías para su funcionamiento.



**Figura 31-3:** Ecuilización de cada uno de los bloques de baterías

Realizado por: Aldas, Morejón

### 3.6.2 Capacidad en amperios – hora de la fuente de alimentación

Para determinar la capacidad en amperios se aplica la siguiente formula

$$C = I * T$$

Dónde:

I: Amperaje que necesita el motor

T: tiempo

$$C = I * T$$

$$C = 30 * 0,1$$

$$C = 3 \text{ Amperios – horas}$$

La prueba para poder determinar el amperaje que necesita el motor se realizara con una velocidad constante del prototipo de buggy hibrido 4x4 para tener un consumo en amperios constante.

### 3.7 Pruebas y funcionamiento

#### 3.7.1 Carga de la fuente de alimentación de energía

##### 3.7.1.1 Condiciones de la prueba

La siguiente prueba se realiza después de haber descargado la fuente de alimentación de energía.

Procedimiento

- Verificar el voltaje de la fuente de alimentación



**Figura 32-3:** Verificación de voltaje

**Realizado por:** Aldas, Morejón

- Verificar que el interruptor que permite en paso de corriente de la fuente de alimentación hacia en módulo se encuentre en off.



**Figura 33-3:** Interruptor en modo off

**Realizado por:** Aldas, Morejón

- Conectar el cargador al tomacorriente (110 voltios).



**Figura 34-3:** Conexión del cargador a tomacorriente de 110 voltios

**Realizado por:** Aldas, Morejón

- El conector de salida de 96 voltios colocar en el tomacorriente colocado en el prototipo para realizar carga de la fuente de alimentación de energía.



**Figura 35-3:** Conexión del cargador hacia la fuente de alimentación de energía.

**Realizado por:** Aldas, Morejón

- Encender el cargador
- Realizar una carga de aproximadamente 130 minutos.

### 3.7.1.2 Materiales

Cargador de la fuente de alimentación de energía

Pinza amperimetrica (ProsKit modelo MT-3109)

### 3.7.1.3 Resultados

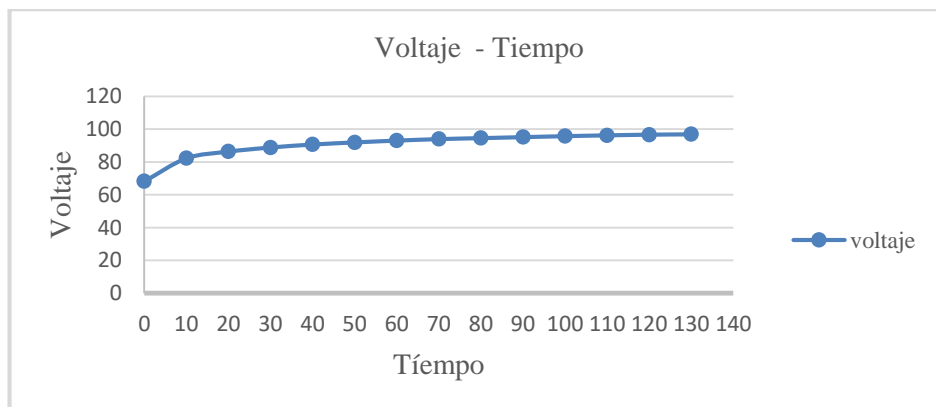
Las mediciones obtenidas en el momento de cargar la fuente de alimentación de energía, se detallan en la siguiente tabla

**Tabla 21-3:** Toma de mediciones

tiempo	voltaje	amperaje
0	68.2	0.97
10	82.2	0.78
20	86.3	0.72
30	88.8	0.66
40	90.6	0.66
50	91.9	0.69
60	93	0.65
70	93.9	0.66
80	94.5	0.69
90	95.1	0.58
100	95.7	0.64
110	96.2	0.6
120	96.6	0.55
130	96.8	0.64

Realizado por: Aldas, Morejón

En la prueba de carga de la fuente de alimentación de energía se la realizo con una temperatura ambiente.

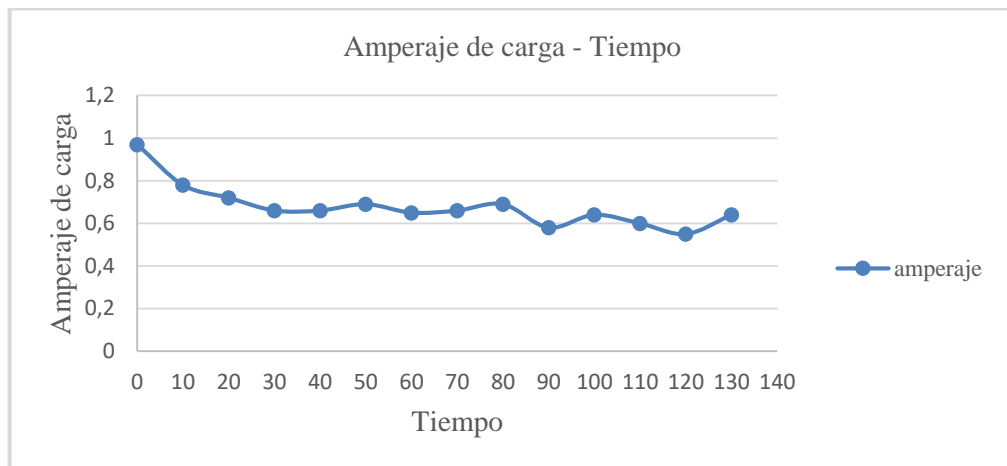


**Gráfico 7-3:** Voltaje de la fuente de alimentación de energía durante la carga

Realizado por: Aldas, Morejón

En la siguiente gráfica 7-3 se visualiza el voltaje con respecto al tiempo al momento de la carga de la fuente de alimentación de energía, se inició la carga desde los 68.2 Voltios durante 130 minutos obteniendo un voltaje final de 96.8 Voltios.

Se puede observar que presenta un cambio brusco al momento de los 10 primeros minutos con un aumento de 14 voltios de carga por este motivo se puede visualizar en el gráfico 7-3 comienza con una carga de 0.97 amperios. a partir del minuto 10 hasta el minuto 130 se puede visualizar que presenta un ascenso progresivo de voltaje con un aumento de 1 V a 3 V cada 10 minutos de carga de la fuente de alimentación de energía



**Gráfico 8-3:** Amperaje de carga respecto al tiempo

Realizado por: Aldas, Morejón

En el grafico 8.3 se visualiza que al comienzo de la carga presenta 0.97 amperios debido a que hay un incremento de 14 voltios en la fuente de alimentación de energía, presento una caída de corriente considerable en el minuto 90 sienta esta la mínima de 0.58 amperios durante todo el proceso de carga

### 3.7.2 Funcionamiento

#### 3.7.2.1 Condiciones de la prueba

Se debe de realizar con el prototipo de buggy hibrido 4x4 suspendido a una altura de 15cm del piso como se muestra en la figura 36-3.



**Figura 36-3:** Condiciones de la prueba de funcionamiento

**Realizado por:** Aldas, Morejón

### 3.7.2.2 Procedimiento

Tomar las siguientes precauciones al momento de suspender el prototipo de buggy híbrido 4x4

- Colocar el prototipo en una superficie plana
- Accionar el freno de mano
- Verificar que el prototipo este bien estacionado (asegurar que no se desplace el prototipo)
- Encontrar el punto de apoyo
- Colocar el elevador hidráulico en el punto de apoyo y luego elevar a una altura determinada la parte frontal.
- Colocar las torretas para mayor seguridad
- Activar el interruptor para el paso de corriente hacia el módulo
- Verificar que el pulsador del freno regenerativo del motor no se encuentre activado
- Realizar una aceleración constante



**Figura 37-3:** Colocación de embanques para suspender la parte frontal del prototipo

**Realizado por:** Aldas, Morejón



### 3.7.2.3 Materiales

Para realizar la siguiente prueba es necesario ocupar los siguientes materiales.

- Elevador hidráulico
- Torretas
- Flexómetro
- Pinza amperimétrica (ProsKit modelo MT-3109)
- Computadora

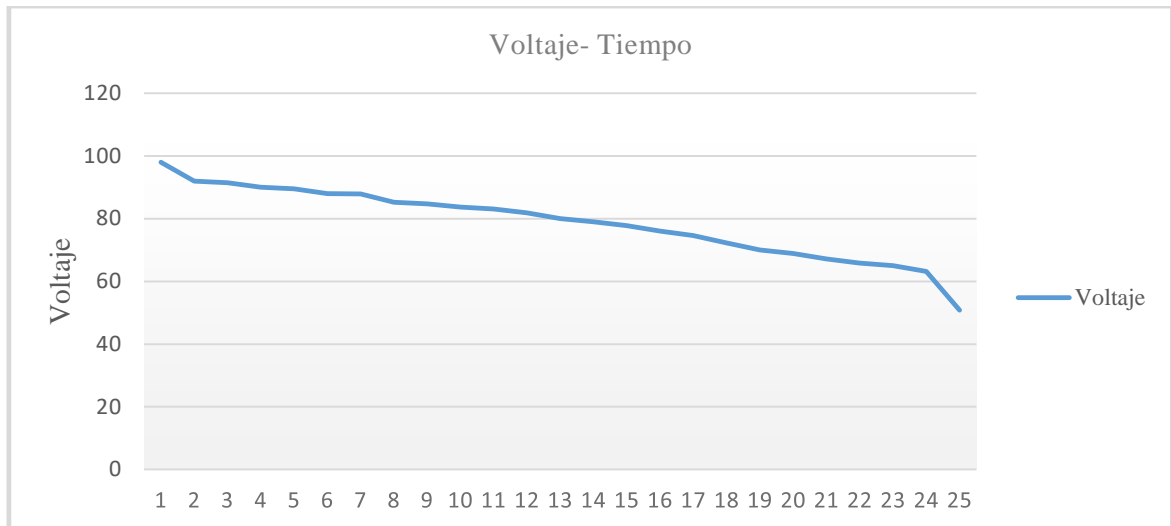
### 3.7.2.4 Resultados

Las mediciones obtenidas en el funcionamiento de la fuente de alimentación, se toma en cuenta el voltaje que se visualizan en la tabla 17-3

**Tabla 22-3:** Mediciones de voltaje

tiempo (min)	voltaje (V)	tiempo (min)	voltaje (V)
1	98	14	79
2	92	15	77.8
3	91.5	16	76
4	90	17	74.6
5	89.5	18	72.3
6	88	19	70.01
7	87.9	20	68.9
8	85.2	21	67.2
9	84.7	22	65.8
10	83.7	23	65
11	83.1	24	63.2
12	81.9	25	50.8
13	80		

**Realizado por:** Aldas, Morejón

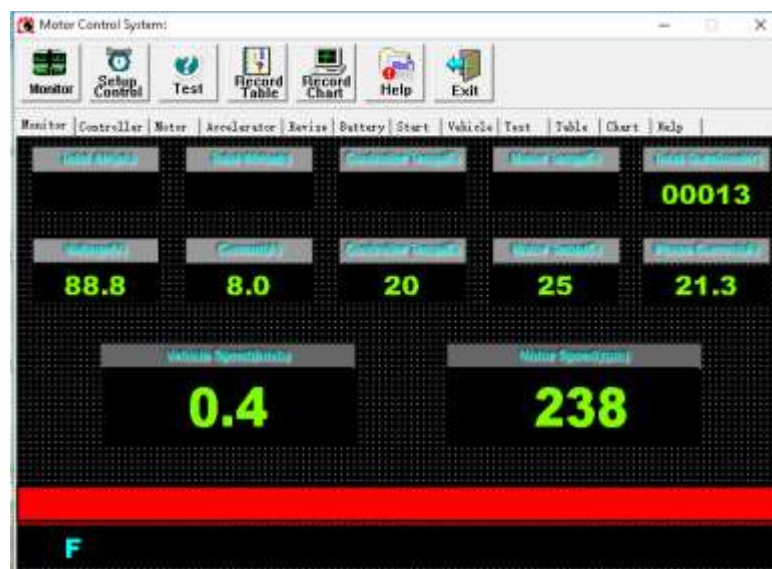


**Gráfico 9-3:** Descarga de la fuente de alimentación

**Realizado por:** Aldas, Morejón

En la gráfica 9-3 se observa la descarga de la fuente de alimentación del prototipo de buggy híbrido 4x4 mediante el funcionamiento del motor eléctrico, se identifica una descarga progresiva no existe una caída de voltaje excesiva esta prueba se lo realizo por un tiempo de funcionalidad de 25 minutos.

En la figura 38-3 se puede verificar el funcionamiento en tiempo real de motor para el constante monitoreo el consumo de voltaje e intensidad de corriente que requiere el motor para su funcionamiento de acuerdo a las exigencias del conductor.



**Figura 38-3:** Sistema de control del motor en funcionamiento

**Realizado por:** Aldas, Morejón

### 3.7.3 *Temperatura de la fuente de alimentación*

#### 3.7.3.1 *Condiciones de la prueba*

Para realizar prueba de temperatura se deberá tomar en cuenta las condiciones del medio ambiente a la que va a estar expuesta la fuente de alimentación, el prototipo de buggy híbrido 4x4 debe de estar suspendido a una altura de 15 cm del piso.

#### 3.7.3.2 *Procedimiento*

Para realizar las pruebas de temperatura de funcionamiento de la fuente de alimentación del buggy híbrido 4x4 se debe tomar las siguientes precauciones.

- Cargar la fuente de alimentación de energía durante 130 minutos.
- Verificar la variación térmica con la cámara termográfica y el pirómetro al momento de la carga de la fuente de alimentación de energía.



**Figura 39-3:** Verificación de temperatura con el pirómetro

**Realizado por:** Aldas, Morejón

- Realizar las pruebas de autonomía y verificar el cambio térmico de las baterías con la cámara termográfica y el pirómetro al momento del funcionamiento.



**Figura 40-3:** Toma de muestra con la cámara termográfica

**Realizado por:** Aldas, Morejón

### 3.7.3.3 *Materiales*

- Cámara termográfica FLIR (E5)
- Pirómetro
- Pinza amperimetrica
- Cargador de la fuente de alimentación de energía

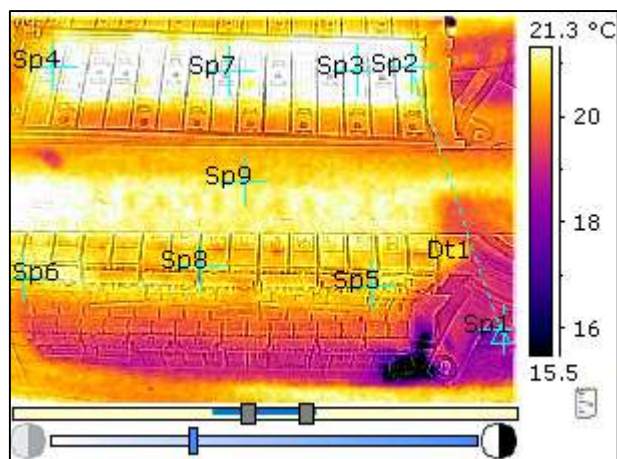
### 3.7.3.4 *Resultado*

En la siguiente tabla se puede observar el análisis térmico de la fuente de alimentación de energía en funcionamiento.



**Figura 41-3:** Foto de identificación de la fuente de alimentación de energía.

**Realizado por:** Aldas, Morejón



**Figura 42-3:** Termograma de la fuente de alimentación de energía.

**Realizado por:** Aldas, Morejón

**Tabla 23-3:** Mediciones de temperatura de la fuente de alimentación de energía

Temperatura atmosférica	20.0 °C
Sp1 Temperatura	19.0 °C
Sp2 Temperatura	21.7 °C
Sp3 Temperatura	21.7 °C
Sp4 Temperatura	21.3 °C
Sp5 Temperatura	20.7 °C
Sp6 Temperatura	20.8 °C
Sp7 Temperatura	21.6 °C
Sp8 Temperatura	20.6 °C
Sp9 Temperatura	20.7 °C
Dt1 variable	-2.8 °C

**Realizado por:** Aldas, Morejón

En la tabla 18-3 se puede observar la fuente de alimentación en funcionamiento y además de la foto real y la foto térmica, se puede visualizar que los puntos, Sp1, Sp2, Sp3, Sp4, Sp5, Sp6, Sp7, Sp8, Sp9 marcados para el estudio térmico de las baterías y obtener en esos puntos la temperatura a la cual está sometida cada celda de Níquel Hidruro Metálico, para poder comparar con la temperatura de funcionamiento que se encuentra entre los 20 °C a 48 °C esto quiere decir que se encuentran dentro de los parámetros establecidos debido a que la temperatura máxima es de 21.7 °C y una mínima es de 20.6°C .

La temperatura marcada en el punto S1 con un valor de 19.0 °C

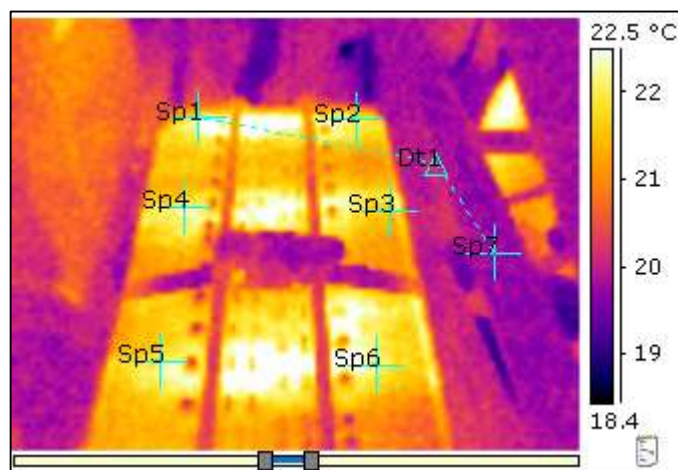
La temperatura S1 con un valor de 19.0°C está marcada fuera de la fuente de alimentación para poder verificar la variación de temperatura Dt1 que existe entre el punto S1 y S2 que es de -2.8°C con respecto al de las baterías.

En la tabla 19-3 se presentan los Resultados térmicos del comportamiento de la fuente de alimentación de energía durante el proceso de carga.



**Figura 43-3:** Foto de identificación de la fuente de alimentación de energía.

**Realizado por:** Aldas, Morejón



**Figura 44-3:** Termograma de la fuente de alimentación de energía.

**Realizado por:** Aldas, Morejón

**Tabla 24-3:** Mediciones de temperatura de la fuente de alimentación de energía

Temperatura Atmosférica	20.0 °C
Sp1 Temperatura	22.1° C
Sp2 Temperatura	21.9° C
Sp3 Temperatura	21.5 °C
Sp4 Temperatura	22.3 °C
Sp5 Temperatura	22.0 °C
Sp6 Temperatura	22.1 °C
Sp7 Temperatura	19.9 °C
Dt1	2.2 °C

**Realizado por:** Aldas, Morejón

Se ha marcado los puntos Sp1, Sp2, Sp3, Sp4, Sp5, Sp6, Sp7 en donde se encuentran conectadas cada pack de baterías en paralelo, observándose que son los puntos donde tenemos un incremento de temperatura, la máxima se encuentra localizado en el punto Sp4 con un valor de 22.3 esto debido a que se encuentra detrás de los asientos.

Al momento de la carga al estar conectados en positivo de la carga en un extremo de la fuente y el negativo al otro extremo, es por este motivo que el incremento de temperatura se da en las conexiones en paralelo entre un pack hacia el otro pack debido que la tensión de carga circula de un extremo hacia el otro extremo.

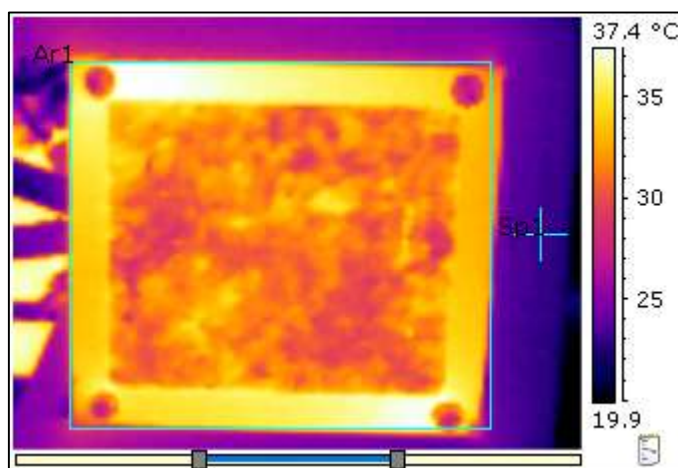
A continuación, se presentan los Resultados térmicos del comportamiento del módulo de control durante el funcionamiento del prototipo de buggy hibrido 4x4.





**Figura 45-3:** Foto de identificación del módulo de control.

**Realizado por:** Aldas, Morejón



**Figura 46-3:** Termograma de la fuente de alimentación de energía.

**Realizado por:** Aldas, Morejón

**Tabla 25-3:** Mediciones de temperatura de la fuente de alimentación de energía

Temperatura Atmosférica	20.0 °C
Ar1 Max. Temperatura	37.7 °C
Sp1 Temperatura	23.2 °C

**Realizado por:** Aldas, Morejón

En el análisis térmico se puede observar la temperatura máxima en el área que se encuentra ubicado el módulo de control tiene un valor de 37.7°C que se encuentra dentro de los parámetros especificados por el fabricante y un aumento de 14.5°C con respecto a la temperatura que verifica en el Sp1 que tiene un valor de 23.2, el módulo



### 3.7.4 Autonomía de la fuente de alimentación con una carga de 1 hora

#### 3.7.4.1 Condiciones de la prueba

En las pruebas de autonomía de la fuente de alimentación del prototipo de buggy híbrido 4x4 se realizó en línea recta y a una velocidad constante para verificar cuantos metros recorrerá el prototipo.

El peso total del prototipo con sus dos ocupantes a bordo del mismo es de 780 kg



**Figura 47-3:** Sujetos en prueba de carretera

**Realizado por:** Aldas, Morejón

#### 3.7.4.2 Procedimiento

Esta prueba se realizó con la fuente de alimentación a un estado de carga de 96 V de tensión

- Realizar la carga de la fuente de alimentación durante 130 minutos
- Verificar el voltaje de la fuente de alimentación antes de comenzar la prueba



**Figura 48-3:** Verificación del voltaje antes de realizar la prueba

**Realizado por:** Aldas, Morejón

- Marcar la pista



**Figura 49-3:** Pista de pruebas vista de google Maps

**Realizado por:** Aldas, Morejón

- El prototipo de buggy híbrido 4x4 recorrerá una pista sin pendiente de 1.100km de longitud la misma que consta en ciclos de conducción de ida y vuelta con una curva cerrada en U
- Constatar el peso del conductor y copiloto  
Conductor: 80Kg  
Copiloto: 85 Kg
- Activar el interruptor para el paso de corriente hacia el modulo
- Verificar que el pulsador del freno regenerativo del motor no se encuentre activado
- Realizar una aceleración leve y progresiva para vencer la inercia del prototipo de buggy híbrido 4x4

### 3.7.4.3 *Materiales*

Los materiales a utilizar en la prueba de autonomía del prototipo se detallan a continuación:

- Cargador de la fuente de alimentación
- Pinza amperimetrica
- Computadora

#### 3.7.4.4 Resultados

En el prototipo de buggy híbrido 4x4 se tomó mediciones de tensión antes de iniciar la prueba de carretera y cada 50 m de recorrido, en la tabla 3-14 se visualizan los datos obtenidos en la prueba de carretera

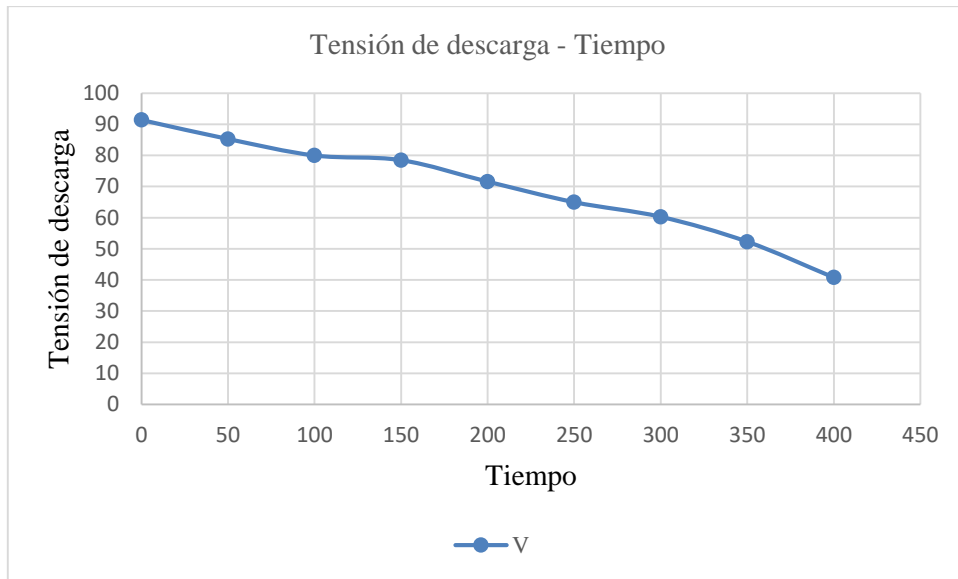
**Tabla 26-3:** Datos obtenidos durante la prueba de carretera

Prototipo de buggy híbrido 4x4		
Distancia	V	Tiempo
0,0	91.4	0
50	85.3	0.36
100	80	1
150	78.5	1.45
200	71.6	2.29
250	65	3.10
300	60.3	4
350	52.3	4.50
400	40.8	5.50

**Realizado por:** Aldas, Morejón

En el transcurso de 400 metros a una velocidad de 10 km/h con un tiempo de 5,50 minutos se consumió un total de 51.4 V y con un consumo de corriente de 30 amperios en el arranque para poder vencer la inercia del prototipo de buggy híbrido 4x4 esto significa que el mayor consumo de corriente se presenta en el arranque.

Debido a la programación con la que cuenta el módulo de control en los parámetros de funcionamiento de tensión de voltaje que se encuentran desde 40 Voltios hasta un máximo de 98 voltios esto sirve como un sistema de protección ya que al realizar la descarga profunda de la fuente de alimentación estamos limitando la vida útil de la cada una de las celdas de Níquel hidruro metálico (Ni MH).



**Gráfico 10-3:** Tensión de descarga, prueba de carretera

**Realizado por:** Aldas, Morejón

### **3.8 Análisis de resultados**

Para el dimensionamiento de la fuente de alimentación de energía se utilizó celdas de níquel hidruro metálico baterías cada una aportaba un voltaje nominal de 7.2 Voltios, debido a esto se conectaron en serie 12 celdas para obtener 86.4 voltios nominales. Se ha seleccionado este tipo de celdas debido a que tienen un menor grado de efecto memoria.

Para realizar la carga de la fuente de alimentación del prototipo de buggy híbrido 4x4 se realiza la construcción del sistema de carga el cual brinda hasta 0.97 amperios con una salida de voltaje de 96 voltios requerida para recargar el pack de baterías.

#### **Funcionamiento.**

El prototipo de buggy híbrido 4x4 tiene un adecuado funcionamiento y un consumo aceptable por parte del motor eléctrico esto debido a que el sistema de transmisión eléctrica se encontraba suspendida a 15 centímetros del suelo. Obteniendo un consumo de corriente de 7 a 9 amperios al momento del arranque.

#### **Temperatura**

Al momento de realizar la carga de la fuente de alimentación de energía se encontró un incremento de temperatura en los puntos de conexión en paralelo de un pack de baterías hacía.

La fuente de alimentación de energía al momento de encontrarse en funcionamiento no presenta cambios de temperatura considerables, pero al momento de entrar en funcionamiento del motor térmico tenemos un aumento de temperatura considerable debido a que la fuente de alimentación de energía se encuentra ubicado cerca del motor de combustión interna.

#### **Autonomía**

Para el cálculo de autonomía se procede a la carga de la fuente de alimentación se fija la pista de recorrido, que va a realizar el prototipo de buggy híbrido 4x4. La distancia recorrida con la batería a plena carga es de 400 metros

Se debe de realizar a velocidad constante para poder mantener la intensidad de consumo de corriente en todo el recorrido del buggy híbrido 4x4.

El consumo de corriente al momento de vencer la resistencia a la rodadura del prototipo de buggy híbrido 4x4 es de 30 Amperios, siendo este el momento de mayor consumo por parte del motor eléctrico, una vez vence la inercia del prototipo tenemos un consumo de 7 a 15 amperios este consumo depende del modo de conducción que realice el piloto.

## CAPÍTULO IV

### 4 ESTUDIOS DE COSTOS

#### 4.1 Costos directos.

Los costos directos son los que están ligados directamente al dimensionamiento de la fuente de alimentación de energía para el prototipo de buggy híbrido 4x4, quiere decir el costo de los implementos que se utiliza.

En la tabla 22-3 se puede observar todos los materiales que se utilizaron en el dimensionamiento de la fuente de alimentación de energía donde el costo de las 40 celdas de Níquel hidruro metálico es el más alto, el cual representa el 44,5% del valor total.

**Tabla 27-3:** Costos de la batería y sus accesorios.

Cantidad	Descripción	Valor Unitario	Total, USD
40	Celdas de Ni-MH	35	1400
1	Inversor de corriente	800	800
2	Taípe	0.50	1
12	Tuerca flange 5	0.08	0.96
1	1 1/2 m Cable # 8	6	6
8	Terminales	0.27	2.16
40	Pernos M7	0.20	8
1	Adaptador 12 V – 1 Amp	5	5
1	Batería 9 V	1.5	1.50
1	Imax B6 (Balanceador de celdas Ni - MH	50	50
<b>TOTAL</b>			<b>2274.62</b>

Realizado por: Aldas, Morejón

**Tabla 28-3:** Costos de elementos del cargador de baterías

Cantidad	Descripción	Valor Unitario	Total, USD
1	Puente rectificador de diodos kbpc1504	10	10
1	Condensador electrolítico 470 microfaradios y 350 V	5	5
2	Diodos	2	4
1	Amperímetro	20	20
1	Cable # 10 un metro	0.8	0.8
2	Halógeno de 500 W a 110 V	8	16
2	Halógeno de 300 W a 110 V	8	16
1	Cable # 8 (3 metros)	10	10
1	Tomacorriente	3.5	3.5
8	Tornillos	0.10	0.80
1	Diseño de la caja	50	50
<b>TOTAL</b>			<b>136.10</b>

Realizado por: Aldas, Morejón

**Tabla 29-3:** Costos de elementos del sistema de refrigeración

Cantidad	Descripción	Valor Unitario	Total, USD
1	Arduino Nano	35	35
1	Relé	3	3
6	Sensores LM35	2.5	15
1	LCD 16 X 2	15	15
3	Metros de cable	0.30	0.90
1	Motor eléctrico 12V	50	50
1	Programación	50	50
TOTAL			168.9

Realizado por: Aldas, Morejón

**Tabla 30-3:** Costos de elementos de la caja soporte de baterías.

Cantidad	Descripción	Valor Unitario	Total, USD
1	Plancha de aluminio de 2mm	80	80
1	Perno MM5	0.18	0.18
13	Pernos MM6	0.18	2.34
13	Arandela plana Galvanizada	0.05	0.65
13	Tuerca Flange	0.15	1.95
1	Cartucho de silicón negro	3.35	3.35
1	Pega tanque	5.85	5.85
4	Bases de caucho	3	12
	Mano de obra	1	180
TOTAL			286.32

Realizado por: Aldas, Morejón

**Tabla 31-3:** Total de costos directos.

Descripción	Total, USD
Costos de la batería y sus accesorios	2274.62
Costos de elementos del cargador de baterías	136.10
Costos de elementos del sistema de refrigeración	168.9
Costos de elementos de la caja soporte de baterías	286.32
TOTAL	2865.94

Realizado por: Aldas, Morejón

## 4.2 Costos indirectos

Los costos indirectos son los que no están ligados directamente al dimensionamiento de la fuente de alimentación de energía del prototipo de buggy híbrido 4x4.

En la tabla 27-3 se puede observar todos los recursos indirectos que se utilizaron en el dimensionamiento, el costo más alto con el 71% de todos los costos indirectos es el del transporte.

**Tabla 32-3:** Total de costos Indirecto

	Descripción	Valor Unitario	Total, USD
Transporte	5 viajes a la ciudad de Quito por motivo de compra de celdas de Ni - MH	40	200
	1 viaje a la ciudad de Ambato para tomar medidas para la ubicación de la caja porta baterías	10	10
Internet	Para realizar las diferentes consultas referentes al tema de trabajo de titulación	40	40
Impresiones	Impresiones del trabajo de titulación	30	30
<b>TOTAL</b>			<b>280</b>

Realizado por: Aldas, Morejón

**Total, de costos**

Costos	Total, USD
<b>Costos directos</b>	2865.94
<b>Costos indirectos</b>	280
<b>TOTAL</b>	3145.94

**CONCLUSIONES**



- Se determinó los componentes de acumulación de energía adecuados mediante la recopilación de información se cumplió con los requisitos del fabricante para la alimentación de energía del motor eléctrico implementado en la transmisión eléctrica.
- Para la selección de la fuente de alimentación de energía fue seleccionada de acuerdo a las necesidades de la unidad de control y potencia, se determinó que la fuente debe de entregar una tensión mínima de 48 Voltio y una máxima de 96 Voltios.
- Se implementó una fuente de alimentación con celdas de Níquel Metal Hidruro entrega una tensión nominal de 7.2 V y una tensión máxima de 9 V y 2.4 Amph en corriente continua para la cual se colocó tres packs de baterías conectadas en paralelo y 7.2 Amph, cada pack de baterías contiene 12 celda.
- Se determinó que bajo un peso de 773.15 del prototipo incluido el del conductor y el copiloto se tiene una autonomía de 800 metros con una carga de 130 minutos.
- Al realizar la carga con un voltaje inicial de 68.2 V se realizó durante 130 minutos llegando a obtener un voltaje final de 96.8 V con un amperaje de carga que varía desde los 0.55 Amph a 0.97 Amph, mediante este proceso se realizó el análisis térmico para determinar la variación de temperatura en la cual se obtuvo un incremento de 2.4 °C de esta manera mantendremos un funcionamiento adecuado de las baterías.
- Se determinó que para poder vencer el coeficiente a la rodadura del prototipo el motor consume 90 amperios de corriente continua de la fuente de alimentación de energía siendo este el mayor consumo en la realización de las pruebas de carretera.

## **RECOMENDACIONES**

- Se tiene que usar guantes aislantes y desactivar el sistema de seguridad para el desmontaje de las baterías de alta tensión, para poder realizar cualquier tipo de mantenimiento en la fuente de alimentación de energía.
- Estudiar acerca del reciclaje de las baterías de níquel hidruro metálico.
- Al realizar la carga de la fuente de alimentación verificar que el interruptor se encuentre en estado off para no permitir el paso de corriente hacia el módulo de control.
- Para obtener una mayor autonomía en Km se recomienda utilizar otro pack de baterías.
- Se recomienda la reducción del peso del prototipo de buggy híbrido 4x4 para aumentar la eficiencia energética de la fuente de alimentación.
- Se recomienda cargar el tiempo establecido 130 minutos para no tener un daño en las baterías por sobrecargas.

## BIBLIOGRAFÍA

**ACEBES, Santiago Sanz.** *Vehículos híbridos y eléctricos (Motores)*. Madrid-España : Editex, 2017.

**AUGERI, Fernando.** *Temperatura de las baterías de alta tensión* . [En línea] 2011. [Consulta: 18 de Diciembre del 2018] Disponible en: [.http://www.cise.com/portal/notas-tecnicas/item/465-temperatura-en-bater%C3%ADas-de-veh%C3%ADculos-h%C3%ADbridos.html](http://www.cise.com/portal/notas-tecnicas/item/465-temperatura-en-bater%C3%ADas-de-veh%C3%ADculos-h%C3%ADbridos.html).

**AUGERI, Fernando.** *Inversor de corriente*. [En línea] 2010. [Consulta: 04 de Diciembre del 2018] Disponible en [:https://www.cise.com/portal/notas-tecnicas/http://www.cise.com/portal/notas-tecnicas/item/465-temperatura-en-bater%C3%ADas-de-veh%C3%ADculos-h%C3%ADbridos.html./item/235-el-m%C3%B3dulo-inversor-del-toyota-prius.html](https://www.cise.com/portal/notas-tecnicas/http://www.cise.com/portal/notas-tecnicas/item/465-temperatura-en-bater%C3%ADas-de-veh%C3%ADculos-h%C3%ADbridos.html./item/235-el-m%C3%B3dulo-inversor-del-toyota-prius.html).

**EFACTOLED.** Diodos. [En línea] 2018 [Consulta: 04 de Febrero del 2019].Disponible en: <https://www.efactoled.com/blog/todo-sobre-los-diodos/>.

**ELHEIN.** *Vehículos híbridos*. [En línea] 2006. [Consulta: 18 de Octubre del 2018] Disponible en: <https://es.scribd.com/presentation/26487146/Vehiculos-Hibridos>.

**FERNANDEZ, Roselyn.** *Auto Soporte*. [En línea] 2016. [Consulta: 20 de Marzo del 2019] Disponible en: <https://www.autosoporte.com/blog-automotriz/item/462-sabias-que-son-los-reles-de-uso-automotriz>.

**FLOWLER, Richard.** *Electricity Principles and Applications*. Barcelona- España : Reverté, 1992.

**GONZALES, Antony Garcia.** *Panamahitek*. [En línea] 2013. [Consulta: 14 de enero del 2019] Disponible en: <https://panamahitek.com/arduino-mega-caracteristicas-capacidades-y-donde-conseguirlo-en-panama/>.

**IBÁÑEZ.** *Baterías de coches eléctricos*. [En línea] 2017. [Consulta: 14 de enero del 2019] Disponible en: <https://www.xataka.com/automovil/esto-sera-lo-proximo-en-baterias-para-coches-electricos-mas-de-650-km-de-autonomia-real>.

**JAKOUSSI.** *Toyota*. [En línea] 2015. [Consulta: 18 de enero del 2019] Disponible en: <http://teasertoyota.blogspot.com/>.

**LARRODE, Emilio P.** *Automóviles eléctricos*. Zaragoza-España : 2010.

**LUIS Llamas** . *Medir temperatura con arduino* . [En línea] 2015 [Consulta: 20 de febrero del 2019] Disponible en: <http://www.luisllamas.es/medir-temperatura-con-arduino-y-sensor-lm35/>.

**MALVINO, Albert Paul**. *Principios de Electrónica*. Madrid-España : Mcgraw-hill/interamericana de españa, 2000, pp. 95 - 100

**MARIN, Joan Antoni Ros Y BARRERA Doblado, Oscar**. *Vehículos Eléctricos e Híbridos*. Madrid-España : Paraninfo, 2017, pp. 29

**MARTINES, Javier**. *VEHICULOS HIBRIDOS* . Madrid - España : 2010.

**MARTÍNEZ, Gonzalo García**. *La batería de bmw i3*. [En línea] 2017 [Consulta: 10 de Mayo del 2019] Disponible en: <https://movilidadelectrica.com/deep-blue-la-bateria-del-bmw-i3-ahora-tambien-agua/>.

**MARTINEZ, José María López**. *Vehículos Híbridos y Eléctricos* . Madrid-España : Dextra, 2015, pp. 14 - 46

**MECAFENIX, Frank**. *El amperimetro*. [En línea] 2018. [Consulta: 17 de Mayo del 2019] Disponible en: <https://www.ingmecafenix.com/otros/medicion/el-amperimetro/>.

**NACION, La**. *autos hibridos*. [En línea] 2017. [consulta:02 de Noviembre del 2018], disponible en: <https://www.lanacion.com.ar/2094864-la-increible-historia-circular-de-los-autos-hibridos>.

**ORDOÑEZ, Carlos**. *Estudio de baterias para vehiculos electricos*. Madrid-España : s.n., 2011.

**RUÍZ, Melissa García**. *Pasado, presente y futuro de vehiculos electricos*. (trabajo de titulacion). (Grado), Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Tecnología, Escuela de Tecnología Eléctrica. Pereira-Colombia, 2015, pp. 24

**SALOMON, Elena Verger**. *Contaminacion Ambiental principal fuente*. [En línea] 2015. [consulta:25 de Noviembre del 2018] Disponible en: <https://cienciatoday.com/contaminacion-ambiental-principal-fuente/>.

**SIERRA, David**. *Los Vehivulos electricos e hibridos* . [En línea] 2012. [Consulta: 04 de Diciembre del 2018]. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/116268751/Introduccion-A-Los-Vehiculos-Elctricos-Hibridos>.

**TECHNOLOGY, Golden Motor**. *Golden Motor Technology Co Ltd*. [En línea] 2014. [Consulta: 30 de Enero del 2019]. Disponible en: <https://www.goldenmotor.com>.

**TODOELECTRODO**. *Todoelctrodo*. [En línea] 2013. [Consulta: 04 de Diciembre del 2018]. Disponible en: <https://www.todoelectrodo.blogspot.com/2013/02/lcd-16x2.html>.

**TORRES, Hector.** *Rectificador de onda completa.* [En línea] 2017. [Consulta: 10 de Mayo del 2019]. Disponible en: <https://www.hetpro-store.com/TUTORIALES/rectificador-de-onda-completa/>.

**Toyoimport.** *Baterias Híbridas.* [En línea] 2016. [Consulta: 20 de Mayo del 2019]. Disponible en: <https://www.toyoimport.com/baterias-hibridas/>.

**Toyota España.** *Componentes sistema híbrido.* [En línea] 2017. [Consulta: 23 de Mayo del 2019]. Disponible en: <https://www.toyota.es/world-of-toyota/articles-news-events/2017/componentes-sistema-hibrido-toyota.json>.

**VALENZUELA, Jonathan. 2013.** *Manual de tipos de motores eléctricos, reconocimiento y sus aplicaciones en la industria.* (trabajo de titulación). (Grado), Escuela Politécnica Nacional, Escuela de formación de tecnólogos, Quito-Ecuador, 2015, pp. 1