



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**  
PROYECTO TÉCNICO, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO

**TEMA:**

---

ADAPTACIÓN DE UN BUGGY CON MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA A  
UN SISTEMA ELÉCTRICO

---

**AUTOR:** Edison David Ortiz Medrano.

**TUTOR:** Ing. Mg. Cristian Pérez.

**AMBATO-ECUADOR**

**2017**

## **CERTIFICACIÓN**

En calidad de tutor del proyecto técnico, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema “ADAPTACIÓN DE UN BUGGY CON MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA A UN SISTEMA ELÉCTRICO”, Elaborado por el Señor Edison David Ortiz Medrano, estudiante de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Certifico;

Que el presente proyecto es original de su autor.

Ha sido revisado cada uno de sus capítulos.

Es concluida y puede continuar con el trámite correspondiente.

.....

**DOCENTE DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**Ing. Mg. Cristian Pérez**

## **AUTORÍA DEL TRABAJO**

Declaro que el contenido del proyecto técnico “ADAPTACIÓN DE UN BUGGY CON MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA A UN SISTEMA ELÉCTRICO”, así como sus ideas, resultados, análisis, conclusiones, son auténticos y responsabilidad exclusiva de mi persona en calidad de autor del proyecto.

## **EL AUTOR**

.....

Sr. Edison David Ortiz Medrano

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que de este Proyecto Técnico o parte de él haga un documento para la lectura, consulta e investigaciones según normas Institucionales.

Cedo los derechos del Proyecto técnico con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción del mismo dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre que dicha reproducción no represente ganancias económicas y se la realice bajo mis derechos de autor.

AUTOR

.....

Sr. Edison David Ortiz Medrano

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO**

Los suscritos profesores Calificadores, ya revisado el proyecto técnico en su totalidad, aprueban el tema “ADAPTACIÓN DE UN BUGGY CON MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA A UN SISTEMA ELÉCTRICO”, del Señor Edison David Ortiz Medrano egresado de la Carrera de Ingeniería Mecánica, el mismo que guarda conformidad con el reglamentaciones dictadas por parte del Centro de Estudios de Pregrado de la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

.....  
Ing. Mg. Juan Paredes

.....  
Ing. Mg. Diego Moya

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto técnico se lo dedico a Dios por ser el motor de mi vida quien supo guiarme por el buen camino y por la sabiduría que cada día he adquirido en el transcurso de la carrera.

Para mis Padres Edison Amberto Ortiz Rodríguez y Meri Emma Medrano Jácome que son los que me dieron la vida, la educación y el apoyo fundamental, con sus consejos en el transcurso de este viaje largo pero satisfactorio. Los que me han dado los valores, los principios para convertirme en un hombre de bien y en el que gracias a ellos he culminado una meta de mi vida.

A mis hermanos por estar siempre presentes en las buenas y en las malas para brindarme su apoyo moral que gracias a sus consejos a no rendirme he llegado a cumplir un objetivo plantado en mi vida.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por guiarme, darme la sabiduría, salud y las fuerzas necesarias para llegar a la finalización de mi trabajo.

A mis Padres Edison Amberto Ortiz Rodríguez y Meri Emma Medrano Jácome por sus consejos, su apoyo incondicional, sacrificio y sobre todo por confiar y creer en mí durante el trascurso de aprendizaje y elaboración del trabajo.

A mis Hermanos Fernando y Alexandra Ortiz por sus consejos, el apoyo moral brindado con el cual logre culminar el trabajo. A mis sobrinas que son mi felicidad.

A la Universidad Técnica de Ambato por abrirme las puertas de esta gran institución de gente trabajadora y amable, a las autoridades y a los docentes de la carrera de Ingeniería Mecánica por brindar sus conocimientos y su afecto ya que fueron parte de este proceso de formación profesional y en especial al tutor Ing. Cristian Pérez que me ayudado en la finalización de este proyecto.

A mis amigos por siempre estar apoyándome en los momentos que más los necesitaba en las buenas y en las malas que solo se viven en la Universidad ellos fueron un gran aporte en mi vida estudiantil.

## **PÁGINAS PRELIMINARES**

Portada.....	I
Certificación.....	II
Autoría del trabajo.....	III
Derechos de autor.....	IV
Aprobación tribunal de grado .....	V
Dedicatoria.....	VI
Agradecimiento.....	VII
Índice general.....	VIII
Índice de tablas.....	XIII
Índice de figuras.....	XIV
Resumen ejecutivo.....	XVIII
Abstract.....	XIX

## **ÍNDICE GENERAL**

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES.....	1
1.1. Tema.....	1
1.2. Antecedentes investigativos .....	1
1.3. Justificación.....	2
1.4. Objetivos .....	3
1.4.1. Objetivo General .....	3
1.4.2. Objetivo Específicos .....	3
CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN .....	4
2.1. Investigaciones previas .....	4
2.1.1. Trabajos de grado.....	4
2.1.2. Libros electrónicos .....	5



2.2. Fundamentaciones Teóricas .....	6
2.2.1. Buggy .....	6
2.2.2. Movilidad eléctrica.....	6
2.2.3. Vehículo eléctrico puro .....	7
2.2.4. Motor eléctrico .....	8
2.2.5. Tipos y características .....	8
2.2.5.1. Motores de corriente continua (C.C).....	8
2.2.5.2. Motores de corriente alterna (C.A) .....	9
2.2.5.3. Motores universales .....	10
2.2.6. Características de los Motores de Corriente Continua (C.C) vs Corriente Alterna (C.A) en tracción eléctrica. ....	10
2.2.7. Ventajas y Desventajas del Motor eléctrico.....	11
2.2.7.1. Aplicaciones .....	12
2.2.8. Baterías.....	12
2.2.8.1. Batería acido plomo .....	12
2.2.8.2. Batería de litio .....	13
2.2.8.3. Baterías de níquel cadmio .....	14
2.2.8.4. Baterías de níquel hierro .....	14
2.2.8.5. Baterías de hidruro de níquel metal .....	14
2.2.8.6. Baterías de sulfuro de sodio .....	15
2.2.8.7. Baterías de cloruro de sodio y níquel.....	15
2.2.8.8. Baterías de aluminio –aire.....	15
2.2.8.9. Baterías de níquel–hidrogeno.....	16
2.2.8.10. Baterías de níquel – zinc .....	16
2.2.8.11. Baterías de zinc-cloruro .....	16
2.2.8.12. Baterías de zinc-bromuro .....	16
2.2.8.13. Baterías de sodio-azufre.....	17

2.2.8.14. Baterías de zebra .....	17
2.2.9. Características de las baterías.....	17
2.2.9.1. Energía específica .....	18
2.2.9.2. Densidad de energía .....	18
2.2.9.3. Potencia específica o densidad de potencia .....	18
2.2.9.4. Ciclos de vida.....	18
2.2.9.5. Efecto de memoria .....	18
2.2.9.6. Temperatura de trabajo .....	19
2.2.9.7. Ciclo profundo .....	19
2.2.10. Comparativo de especificaciones de baterías.....	19
2.2.11. Freno regenerativo .....	20
2.2.12. Controlador .....	21
2.2.13. Sistema de protección .....	22
2.2.13.1. Interruptor (Switch).....	22
2.2.13.2. Contactador .....	23
2.2.13.3. Fusible .....	23
2.2.13.4. Paro de emergencia .....	24
2.2.14. Instrumentos de medición en un vehículo eléctrico.....	24
2.2.14.1. Velocidad (velocímetro).....	25
2.2.14.2. Voltaje (Voltímetro).....	25
2.2.14.3. Corriente.....	25
2.2.14.4. Amperímetro. ....	25
2.2.15. Sistema de Cableado .....	25
2.2.16. Sensor o interruptor de final de carrera.....	26
2.2.17. Sistema de transmisión.....	27
2.2.17.1 Transmisión de engranes.....	27
2.2.17.2. Transmisión por poleas y correa .....	28

2.2.17.3. Transmisión por cadena .....	29
Capítulo 3: Diseño del proyecto .....	30
3.1. Selección de alternativa.....	31
3.1.1. Selección del tipo de sistema de transmisión.....	31
3.1.2. Método ordinal corregido de criterios ponderados .....	32
3.1.3. Criterios de valoraciones.....	33
3.1.4. Características del Buggy.....	37
3.1.5. Justificación de la selección del tipo de motor.....	39
3.2. Cálculos o Modelos operativos .....	39
3.2.1. Diseño dinámico del vehículo .....	39
3.2.2. Capacidad de pendiente (% , °).....	40
3.2.3. Cálculo dinámico .....	41
3.2.3.1. Fuerza de ascenso ( $F_W$ ) .....	42
3.2.3.2. Fuerza de fricción ( $F_R$ ) .....	43
3.2.3.3. Fuerza aerodinámicas ( $F_a$ ).....	44
3.2.3.4. Cálculo de la sección transversal Buggy.....	45
3.2.3.5. Fuerza de tracción eléctrica ( $F_t$ ).....	46
3.2.4. Cálculo de la potencia .....	46
3.2.5. Potencia del motor.....	47
3.2.6. Selección del motor.....	47
3.2.6.1. Especificación del motor.....	48
3.2.7. Selección del sistema de control .....	50
3.2.7.1. Criterios para la selección del controlador.....	51
3.2.7.2. Selección del controlador .....	52
3.2.7.3. Descripción del controlador .....	53
3.2.8. Selección de las baterías .....	57
3.2.9. Cálculo del torque en las ruedas.....	62

3.2.10. Relación de transmisión .....	63
3.2.11. Cálculo de velocidad máxima .....	64
3.2.12. Selección de cadena y piñones de la transmisión.....	65
3.2.12.1. Número de dientes de las ruedas de la transmisión.....	65
3.2.12.2. Cálculo de la potencia corregida (Pc) .....	66
3.2.12.3. Selección de tipo de cadena .....	69
3.2.12.4. Cálculo del diámetro primitivo de las ruedas (Dp) .....	69
3.2.12.5. Cálculo de la longitud de la cadena (L) .....	70
3.2.13. Selección de cable .....	74
3.2.14. Análisis de los soportes .....	75
3.2.14.1. Simulación del soporte del motor .....	76
3.2.14.2. Simulación del soporte de transmisión .....	79
3.2.15. Análisis de la carrocería del Buggy .....	82
3.2.15.1. Análisis de las cargas aplicadas en la carrocería.....	83
3.2.16. Ubicación del motor y transmisión .....	85
3.2.17. Ubicación del controlador .....	85
3.2.18. Construcción y montaje del motor al sistema de transmisión.....	87
3.2.19. Centro de masa.....	87
3.2.20. Pruebas de funcionamiento .....	90
3.2.20.1. Prueba de velocidad .....	91
3.2.20.2. Prueba de aceleración.....	92
3.2.20.3. Prueba en carretera plana .....	92
3.2.20.4. Prueba en carretera con pendiente.....	94
3.2.20.5. Prueba de frenado.....	95
3.2.20.6. Prueba de autonomía .....	96
3.2.20.7. Prueba de carga y descarga .....	96
3.3. Presupuesto .....	96

3.4. Especificaciones técnicas .....	97
3.4.1. Funcionamiento general .....	97
3.4.2. Funcionamiento en aceleración .....	99
3.4.3. Funcionamiento en frenado regenerativo .....	100
3.4.4. Especificaciones del Buggy adaptado .....	101
3.4.5. Componentes elegidos .....	102
3.4.6. Encendido del Buggy .....	104
3.4.7. Normas de seguridad .....	105
3.4.8. Mantenimiento general .....	105
CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	107
4.1. Conclusiones .....	107
4.2. Recomendaciones .....	108
BIBIOGRAFÍA .....	109
ANEXOS .....	113

### Índice de Tablas

<b>Tabla 1</b> : Comparación de eficiencia energética entre VMCI vs VE. Fuente [2]. .....	1
<b>Tabla 2</b> : Características del Kinroad Raptor 150 Fuente [13]. .....	6
<b>Tabla 3</b> : Características de los Motores (C.C) vs (C.A) en tracción eléctrica Fuente [17]. .....	10
<b>Tabla 4</b> : Especificaciones de Baterías Fuente [11]. .....	20
<b>Tabla 5</b> : Funcionamiento de las posiciones del Switch Fuente [5]. .....	22
<b>Tabla 6</b> : Ventajas y Desventajas del Sist. de transmisión de engranes Fuente [27].	28
<b>Tabla 7</b> : Ventajas y Desventajas del sistema de transmisión por poleas y correas Fuente [27]. .....	28
<b>Tabla 8</b> : Ventajas y desventajas del sistema de transmisión por cadena Fuente [27]. .....	29
<b>Tabla 9</b> : Valores asignados para la tabulación de ponderaciones Fuente [29]. .....	32
<b>Tabla 10</b> : Evaluación del Peso Específico de cada criterio .....	34
<b>Tabla 11</b> : Evaluación del peso específico del criterio Costo .....	35

<b>Tabla 12</b> : Evaluación del peso específico del criterio Disponibilidad.....	35
<b>Tabla 13</b> : Evaluación del peso específico del criterio Facilidad.....	35
<b>Tabla 14</b> : Evaluación del peso específico del criterio Velocidad .....	36
<b>Tabla 15</b> : Evaluación del peso específico del criterio Tamaño .....	36
<b>Tabla 16</b> : Evaluación del peso específico del criterio Mantenimiento .....	36
<b>Tabla 17</b> : Tabla de Conclusiones .....	37
<b>Tabla 18</b> : Características del Buggy .....	38
<b>Tabla 19</b> : Porcentajes en Pendiente vs Pendientes en Grados Fuente [30].....	41
<b>Tabla 20</b> : Componentes del Buggy .....	42
<b>Tabla 21</b> : Coeficiente de rodadura Fuente [5]. .....	43
<b>Tabla 22</b> : Altura vs Densidad.....	44
<b>Tabla 23</b> : Coeficiente de resistencia aerodinámica de diferentes formas de vehículos Fuente [10]. .....	45
<b>Tabla 24</b> : Características de Motores eléctricos de Corriente Continua Fuente [24]. .....	48
<b>Tabla 25</b> : Características del Motor Motenergy ME-1003 Fuente [24].....	49
<b>Tabla 26</b> : Catálogo de Controladores para Motores de Corriente Continua Fuente [23]. .....	52
<b>Tabla 27</b> : Funciones del Pin J1 Fuente [23].....	55
<b>Tabla 28</b> : Funciones del Pin J2 Fuente [23].....	56
<b>Tabla 29</b> : Catálogo de Baterías Fuente [33].....	58
<b>Tabla 30</b> : Valores reales de los pesos .....	59
<b>Tabla 31</b> : Resultados en diferentes grados de pendientes.....	60
<b>Tabla 32</b> : Para pendiente de 8.75% o 5.....	60
<b>Tabla 33</b> : Resultado con diferentes velocidades para la fuerza aerodinámica.....	61
<b>Tabla 34</b> : Tipo de carga Fuente [28]. .....	68
<b>Tabla 35</b> : Puntos de coordenadas del centro de masa del Buggy .....	89
<b>Tabla 36</b> : Datos de lectura .....	92
<b>Tabla 37</b> : Datos de lectura en pendiente. ....	94
<b>Tabla 38</b> : Distancia de Frenado. ....	95
<b>Tabla 39</b> : Presupuesto .....	97

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> : Diagrama de bloques de un vehículo eléctrico Fuente [15].	7
<b>Figura 2</b> : Componentes de un motor de corriente continua Fuente [18].	9
<b>Figura 3</b> : Baterías de Acido – Plomo Fuente [11].	13
<b>Figura 4</b> : Baterías de Ión Litio Fuente [19].	13
<b>Figura 5</b> : Baterías Níquel Cadmio Fuente [20].	14
<b>Figura 6</b> : Baterías de Hidruro de Níquel Metal Fuente [11].	14
<b>Figura 7</b> : Esquema batería Sulfuro de Sodio Fuente [21].	15
<b>Figura 8</b> : Baterías de Níquel – Zinc Fuente [21].	16
<b>Figura 9</b> : Esquema batería Bromuro de zinc Fuente [21].	17
<b>Figura 10</b> : Baterías de Zebra Fuente [21].	17
<b>Figura 11</b> : Frenos Regenerativos Fuente [15].	20
<b>Figura 12</b> : Controlador de velocidad Fuente [23].	21
<b>Figura 13</b> : Interruptor Fuente [5].	22
<b>Figura 14</b> : Contactor Fuente [24].	23
<b>Figura 15</b> : Pulsador de paro de emergencia Fuente [5].	24
<b>Figura 16</b> : Instrumento de Medición Eléctrica Analógica vs Digital Fuente [5].	24
<b>Figura 17</b> : Calibre de cable AWG vs diámetro Fuente [26].	26
<b>Figura 18</b> : Tipos de sensores o finales de carrera Fuente [24].	26
<b>Figura 19</b> : Esquema de transmisiones de engranes planetarios Fuente [28].	27
<b>Figura 20</b> : Transmisión por polea Fuente [27].	28
<b>Figura 21</b> : Transmisión por cadena Fuente [27].	29
<b>Figura 22</b> : Diagrama de Cuerpo Libre en una pendiente.	41
<b>Figura 23</b> : Diseño de la estructura	45
<b>Figura 24</b> : Motor Motenergy ME-1003 Fuente [24].	49
<b>Figura 25</b> : Pedal de aceleración (potenciómetro Potbox) Fuente [17].	50
<b>Figura 26</b> : Diagrama del funcionamiento del controlador Fuente [5].	51
<b>Figura 27</b> : Controlador de velocidad seleccionado Fuente [23].	52
<b>Figura 28</b> : Diagrama del Puente H transistores Fuente [32].	53
<b>Figura 29</b> : Condiciones de manejo y su funcionamiento Fuente [32].	54
<b>Figura 30</b> : Parte frontal del controlador Fuente [23].	54
<b>Figura 31</b> : Conexión de los cables al PIN J1.	57
<b>Figura 32</b> : Batería Ultracell Fuente [33].	58

<b>Figura 33</b> : Ciclo de vida en relación con profundidad de descarga Fuente [33]. ....	59
<b>Figura 34</b> : Fuerza de Tracción VS Grado de pendiente.....	61
<b>Figura 35</b> : Representación de la transmisión por cadena Fuente [9].....	63
<b>Figura 36</b> : Selección de número de dientes Fuente [34].....	65
<b>Figura 37</b> : Número de dientes Fuente [34]. ....	66
<b>Figura 38</b> : Número de cadena Fuente [34]. ....	67
<b>Figura 39</b> : Número de eslabones Fuente [34].....	67
<b>Figura 40</b> : Función de la vida Útil en horas Fuente [34].....	68
<b>Figura 41</b> : Distancia entre centros para cadena Fuente [34].....	71
<b>Figura 42</b> : Diagrama de selección de las cadenas Fuente [34].....	73
<b>Figura 43</b> : Catálogo de selección de cables Fuente [26]. ....	75
<b>Figura 44</b> : Diseño del soporte del Motor eléctrico .....	76
<b>Figura 45</b> : Mallado del diseño del soporte del motor .....	76
<b>Figura 46</b> : Factor de seguridad para el diseño del soporte del motor .....	77
<b>Figura 47</b> : Tensión de Von Mises.....	77
<b>Figura 48</b> : Desplazamiento .....	78
<b>Figura 49</b> : Deformaciones Unitarias.....	78
<b>Figura 50</b> : Diseño del soporte del motor .....	79
<b>Figura 51</b> : Diseño del soporte de transmisión .....	79
<b>Figura 52</b> : Mallado del soporte de transmisión .....	80
<b>Figura 53</b> : Factor de seguridad .....	80
<b>Figura 54</b> : Desplazamiento .....	81
<b>Figura 55</b> : Tensión de Von Mises .....	81
<b>Figura 56</b> : Deformaciones Unitarias.....	82
<b>Figura 57</b> : Chasis Tubular vs Cargas aplicadas. ....	82
<b>Figura 58</b> : Tensión axial y de flexión en el límite superior. ....	83
<b>Figura 59</b> : Desplazamiento. ....	84
<b>Figura 60</b> : Factor de seguridad. ....	84
<b>Figura 61</b> : Implementación del sistema de transmisión.....	85
<b>Figura 62</b> : Controlador.....	86
<b>Figura 63</b> : Ubicación del controlador .....	86
<b>Figura 64</b> : Comportamiento del flujo del aire .....	86
<b>Figura 65</b> : Montaje del Motor.....	87



<b>Figura 66</b> : Montaje al sistema de transmisión .....	87
<b>Figura 67</b> : Diseño del Buggy .....	88
<b>Figura 68</b> : Origen para el cálculo del centro de masa.....	88
<b>Figura 69</b> : Cálculo de centro de masa.....	89
<b>Figura 70</b> : Vista frontal para el origen y centro de masa.....	89
<b>Figura 71</b> : Vista Lateral del Buggy.....	90
<b>Figura 72</b> : Ruta paso lateral Puyo-Tena Fuente (Google Maps) .....	90
<b>Figura 73</b> : Voltaje obtenido en diferentes posiciones del pedal de aceleración .....	93
<b>Figura 74</b> : Corriente obtenido en diferentes posiciones del pedal de aceleración...	93
<b>Figura 75</b> : Voltaje obtenido en diferentes posiciones del pedal de aceleración en pendiente. ....	94
<b>Figura 76</b> : Corriente obtenido en diferentes posiciones del pedal de aceleración en pendiente. ....	95
<b>Figura 77</b> : Sensor de final de carrera capacidad: 250VAC/0.25HP .....	97
<b>Figura 78</b> : Montaje de los sensores de finales de carrera en el pedal del freno.....	98
<b>Figura 79</b> : Montaje de los sensores de finales de carrera en las marchas.....	99
<b>Figura 80</b> : Esquema del funcionamiento Fuente [17].....	100
<b>Figura 81</b> : Esquema del sistema de freno Fuente [17]. ....	100

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

"ADAPTACIÓN DE UN BUGGY CON MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA  
A UN SISTEMA ELÉCTRICO."

**RESUMEN EJECUTIVO**

El presente proyecto técnico se trata sobre la adaptación de un sistema eléctrico a un Buggy turístico que originalmente poseía un motor de combustión interna, donde se implementó componentes mecánicos como eléctricos que se lo realizó en el chasis del Buggy. Logrando así poder hacer uso de nuevas energías para el transporte e innovaciones tecnológicas. Con el fin de disminuir los agentes contaminantes al medio ambiente, reducir el ruido y la facilidad de mantenimiento.

Se ha partido desde un chasis, mediante el estudio y análisis correspondiente se estableció los componentes y su selección para la conversión del Buggy que es impulsado por un motor eléctrico. Está conformado por un banco de baterías, un controlador, y un motor eléctrico de corriente continua. Se desarrolló en dos partes: mecánica y eléctrica. En la intervención mecánica se basó en el sistema de transmisión en el diseño y construcción del soporte para el motor eléctrico como también de los piñones, cadena previamente calculada. En cuanto a la parte eléctrica se basó en las conexiones entre motor, baterías y controlador los cuales se vinculan para el funcionamiento correcto.

En general el funcionamiento del Buggy es la siguiente: al acelerar el pedal la cual está vinculada a un potenciómetro manda la señal al controlador y este mediante una lógica determinada logra hacer girar al motor con mayor o menor revoluciones dependiendo del deseo del usuario. El controlador tiene características como la de inversión de giro del motor y además la regeneración de energía; es decir que aprovecha el giro del motor para cargar las baterías cuando este funcione como generador, mediante sensores que avisan cuando se disminuye la velocidad (frenado). Las pruebas de funcionamiento que se realizó son satisfactorias obteniendo un manejo seguro para el usuario, logrando una velocidad máxima de 48 km/h en carreteras rectas con una autonomía de 22 Km.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF AMBATO**  
**FACULTY OF CIVIL AND MECHANICAL ENGINEERING**  
**CAREER OF MECHANICAL ENGINEERING**

"BUGGY ADAPTING WITH INTERNAL COMBUSTION ENGINE THROUGH AN ELECTRIC SYSTEM."

**ABSTRACT**

The following technical project is related about adaptation an electrical system to a tourist buggy, which had an internal combustion engine by origin, which electrical mechanical components were performed in the chassis of the Buggy. As a result, the use of new energies for transportation and technological innovations were reached. To reduce the pollution in the environment, noise, and the easy maintenance facility.

It has been started from a chassis, and through the appropriate studies and analysis, was settle the components and their selection for the conversion of the Buggy which is driven by an electric engine. This one consists of a battery bank, a controller, and an electric engine of direct current (DC). Consequently, it was developed in two parts such as the mechanical and electrical. In the mechanical checking was based on the transmission system in the design and construction of the support for the electric engine as well as the gears and the chain previously calculated. In addition, the electrical part was based on the connections between the engine, batteries and controller which are linked by the correct operation.

In conclusion, the Buggy operating system is developed by accelerating the pedal which is linked to a potentiometer which sends the signal to the controller and this one by a certain logic reaching that the engine turns more or less revolutions depending on the desire of the user. Additionally, the controller has other features such as reversing motor rotation and regeneration of energy; It means that it takes advantage of the rotation of the motor to charge the batteries when this one works like a generator, with sensors that warn when the speed is reduced (braking). The performance tests performed succeed obtaining a safe handling for the user achieving a maximum speed of 48 km / h on straight roads with an autonomy of 22 km.

# CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES

## 1.1. Tema

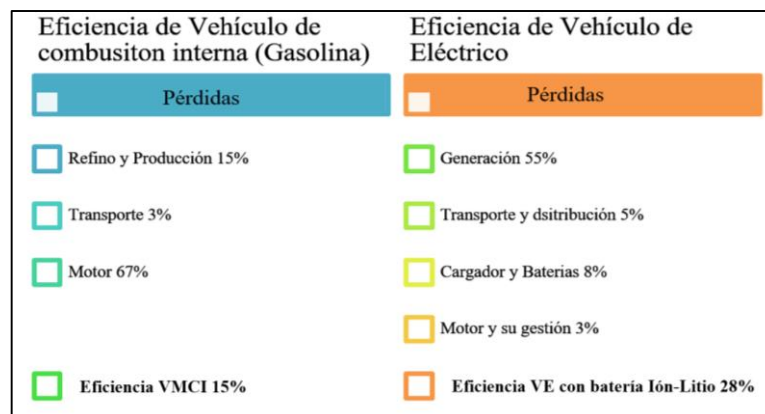
ADAPTACIÓN DE UN BUGGY CON MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA A UN SISTEMA ELÉCTRICO.

## 1.2. Antecedentes investigativos

Según Pruneda [1], responsable de proyectos de energías y movilidad de sectores estratégicos del ayuntamiento de Barcelona, asegura que el vehículo eléctrico es una necesidad alterna para la movilidad actual en las ciudades y áreas metropolitanas. La Organización mundial de salud (OMS), manifiesta que la calidad del aire y la contaminación ha llegado a límites extremos y preocupantes durante estos últimos años, afectación a la salud de la humanidad. Las ventajas de este potencial tecnológico es la innovación de nuevos modelos de negocio y la creación de una economía ecológica.

Según Endesa [2], empresa Nacional de electricidad, S.A Empresa Española de la Industria de Energías, busca incentivar el uso de vehículos eléctricos como medida de alternativa al futuro de la movilidad y del transporte. La eficiencia del vehículo eléctrico (VE) es casi el doble que un vehículo de combustión interna (VMCI). Todo es producto de la utilización de la energía limpia y eficaz también denominada energía eléctrica.

**Tabla 1 :** Comparación de eficiencia energética entre VMCI vs VE. Fuente [2].



De acuerdo a Gil y Prieto [3], los vehículos eléctricos son propulsados por electricidad almacenada en baterías de larga vida. Cuentan con frenos regenerativos que permiten que la energía cinética del vehículo se transforme en electricidad. Este proceso permite que acumule la energía de nuevo en la batería gracias a la fricción de los frenos.

### **1.3. Justificación**

Una de las fuentes primarias de energías existentes para el transporte ha sido el combustible fósil. Sin embargo, las reservas de este son limitadas en la tierra por lo que existe conciencia en las nuevas alternativas de energías para el transporte. El mundo no se puede mover sin energía, por lo tanto es muy necesario establecer alternativas a los combustibles fósiles para el transporte. En los últimos años ha existido gran inestabilidad en el ecosistema por la creciente contaminación del medio ambiente, por lo que se ha comenzado a tomar importancia a la posibilidad de utilizar formas alternativas de energía [4].

La conversión de un Buggy de combustión interna a un sistema eléctrico, le dará el toque de innovación a este proyecto, ya que nos permitirá dar una solución al transporte ecológico, la degradación ambiental general, reducción de los recursos naturales, la disminución del ruido, la importancia del potencial tecnológico y creación de nuevos modelos de negocios que nuestro país necesita para colaborar en el mejoramiento del medio ambiente.

El Buggy tendrá la factibilidad de tener todos los componentes mecánicos de un auto convencional, con la diferencia que va a poseer un conjunto eléctrico, conformado por un motor eléctrico, un controlador y un banco de baterías. Permitirá desarrollar tecnologías solidarias con el medio ambiente que se vuelve una opción viable ante el consumo de combustible fósiles, siendo este un nuevo campo de desarrollo.

El interés que tiene este proyecto es contribuir con ideas nuevas a las siguientes generaciones de nuestra Universidad Técnica de Ambato como punto de partida para generar nuevos proyectos que mejoren no solo la eficiencia de un vehículo eléctrico sino generen proyectos visionarios que tendrán gran impacto en el futuro de todos los ecuatorianos.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

- Adaptar un Buggy con motor de combustión interna a un sistema eléctrico.

### **1.4.2. Objetivo Específicos**

- Seleccionar el motor, controlador y baterías para el Buggy seleccionado.
- Diseñar el sistema de transmisión.
- Construir y ensamblar las partes del sistema de transmisión.
- Implementar el sistema eléctrico a un Buggy de motor de combustión interna.
- Realizar el estudio de centro de masas del automotor eléctrico adaptado y cómo influye en el diseño estructural.
- Realizar las pruebas de funcionamiento del Buggy eléctrico.

## CAPÍTULO 2: FUNDAMENTACIÓN

### 2.1. Investigaciones previas

#### 2.1.1. Trabajos de grado

- [5] D. A. Crespo Iñiguez y F. A. Bravo Feicán, "Implementación de un sistema de propulsión eléctrica a un vehículo liviano," Departamento de Ingeniería Mecánica Automotriz, Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador, 2012.

La tesis trató sobre la implementación de un sistema de propulsión eléctrica a un vehículo liviano que originalmente poseía un motor de combustión interna. Al culminar el proyecto funcionó satisfactoriamente alcanzando una velocidad máxima de 60 km/h con una autonomía de 30 Km. Lo más significativo de este vehículo es que no contamina ni genera ruido como lo hace un vehículo con motor de combustión interna.

- [6] G. Baranda, "Conversión de un vehículo tradicional dotado de Motor de Combustion a eléctrico puro," Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad Pontificia Madrid, España, 2012.

Este proyecto se basa en el desarrollo de la conversión de un vehículo tradicional a eléctrico. Esta investigación se enfoca en cuatro parámetros fundamentales: estrategia, técnica, ambiental y económica. A continuación se explicara estos parámetros principales.

En el estudio estratégico, se analizan los factores que enmarcan y dan forma al mercado e industria actual de los vehículos eléctricos como sus medios de fabricación. En el estudio técnico, se desarrolla el proceso de conversión del vehículo eléctrico. En el estudio ambiental, se calcula la composición de emisiones contaminantes. Por último, el estudio económico que se incluye la rentabilidad del vehículo eléctrico.

- [7] C. M. Borregón Musso y J. Moriñigo, "Adaptación de un Buggy convencional a eléctrico para su participación en competiciones tipo

Panáfrica 2012," Departamento de Ingeniería Mecánica Universidad Pontificia, Madrid, España, 2012.

La finalidad de este proyecto, es el estudio de la conversión de un vehículo convencional a eléctrico para su participación en carreras de competición. Para cual, se analizó los componentes que utilizaron para la conversión. Por otro lado se pensó también en encontrar alternativas a los combustibles de hoy en día.

### **2.1.2. Libros electrónicos**

Según Pérez, et al. [8], pretende difundir los últimos avances tecnológicos por las compañías eléctricas. Trata de propagar los fundamentos teóricos y de diseño de coches con motor de combustión interna, vehículos eléctricos e híbridos. Además la diversidad de tipos de vehículos que utilizan la energía eléctrica como fuerza motriz o la tendencia de los principales fabricantes del sector automovilístico con el fin de aportar una visión global del estado actual de implantación del vehículo eléctrico.

Según Larminie y Lowry [9], este libro trata de los vehículos eléctricos sobre la evolución y la historia acerca de cómo llego a ser considerado como una ciencia e ingeniería tecnología. La importancia es el desarrollo de las nuevas energías para el transporte seguro, limpio y de alta eficiencia. Aquí reflejan la variedad de empresas automovilísticas que han ayudado con consejos, información e imágenes.

Ehsani, et al. [10], este libro hace referencia completa en los sistemas de automoción modernos para los ingenieros, profesionales, de grado y de alto nivel, estudiantes universitarios, investigadores y gestores que trabajan con la automoción industrial. Explica sobre el avance de los vehículos híbridos y eléctricos los cuales son propulsados por un sistema de tracción eléctrico. También menciona el alcance que tiene la contaminación como el deterioro de la calidad del aire, que está convirtiendo en una amenaza para los seres humanos.

González Marrero, et al. [11], la finalidad es la transformación de un coche de combustión interna a eléctrico y demostrar la viabilidad de los coches eléctricos como una alternativa limpia al medio ambiente para el transporte. Detalla toda la información necesaria que tiene el auto eléctrico. Hace referencia a diferentes



tecnologías existentes de baterías que existen actualmente en el mundo explicando sus características.


## 2.2. Fundamentaciones Teóricas

### 2.2.1. Buggy

Los primeros Buggies fueron montados sobre la base del Volkswagen escarabajo. El modelo es denominado de Bug que significa “Bicho” en inglés. Es un vehículo diseñado para toda superficie, en las ciudades turísticas o de aventura. Suele tener un chasis ligero, una carrocería sin techo y ruedas medianas. Hoy existen Buggies tanto basados en modelos de producción como totalmente artesanales [12].

Por norma general, la disposición del motor es trasera al igual que la tracción. Legalmente están limitados en potencias a 20 CV y en velocidades a 70km/h. En la Tabla 2, se ilustra las características del Kinroad Raptor 150.

**Tabla 2 :** Características del Kinroad Raptor 150 Fuente [13].

Componentes	Características	<p><b>Kinroad Raptor 150</b></p> 
<b>Motor</b>	4 tiempos	
<b>Cilindrada</b>	150 c.c.	
<b>Par motor</b>	1706 N.m/ 6000 rpm	
<b>Potencia máxima</b>	19 CV (14 KW) /7000 rpm	
<b>Tracción</b>	Trasera	
<b>Chasis</b>	Tubular de acero	
<b>Nº de Plaza</b>	Biplaza	
<b>Peso</b>	268 kg	

### 2.2.2. Movilidad eléctrica

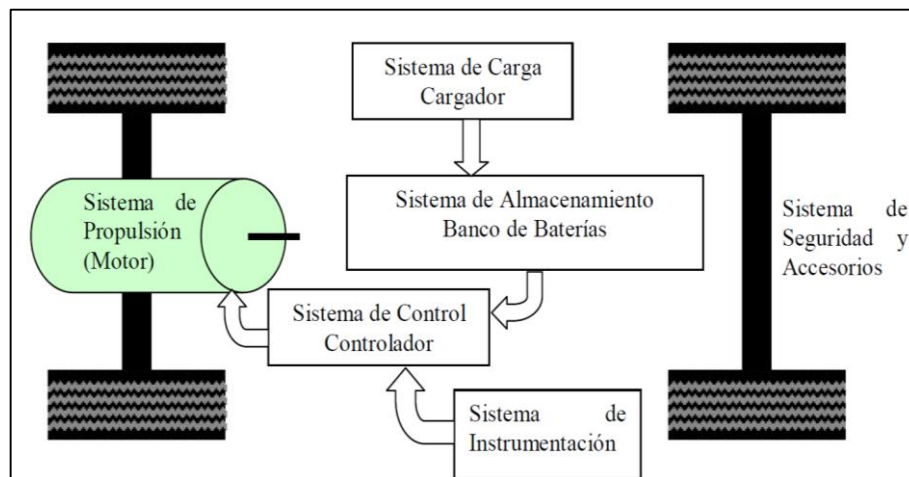
La movilidad eléctrica aparece por la preocupación del medioambiente que son producidos por el uso de vehículos particulares a gasolina. Permite el transporte de personas o cargas ligeras y medianas, mediante un motor eléctrico en lugar de un

motor de combustión interna. Este motor es alimentado por baterías que proporcionan energía para su movimiento [14].

### 2.2.3. Vehículo eléctrico puro

Es un medio de transporte de combustible alternativo impulsado por un motor eléctrico. Son propulsados por electricidad almacenada en baterías de larga vida. Estos vehículos de tracción eléctrica cuentan principalmente con un motor eléctrico acoplado al eje de las ruedas o a su vez con motores independientes acoplados a cada una de las ruedas para dar el movimiento a las mismas, o bien para convertir la energía cinética de las ruedas en electricidad y así cargar la batería a través del freno regenerativo [15].

En la Figura 1, se ilustra el diagrama del sistema de tracción eléctrica para un auto, están constituidos esencialmente por un sistema de propulsión (motor eléctrico), un sistema de control (controlador), un sistema de almacenamiento de energía (banco de baterías) y un sistema de recarga (cargador) [15].



**Figura 1** : Diagrama de bloques de un vehículo eléctrico Fuente [15].

Este tipo de vehículos tiene una autonomía aproximada de 80 Kilómetros, potencias desde 10 HP hasta 88 HP, aceleración de 0-100 km/h que va desde los 12,7 segundos hasta 30 segundos o más, y los tiempos de recarga varían entre 2 y 12 horas dependiendo del tipo de baterías y tipo de banco utilizado. Estos vehículos, en general son más pesados que los convencionales por el alto peso de cada batería [15].

#### **2.2.4. Motor eléctrico**

Es una máquina eléctrica rotativas destina a transformar energía eléctrica en energía mecánica por medio de la variación de campos electromagnéticos. Algunos de estos motores son reversibles, puede transformar energía mecánica en energía eléctrica funcionando como generadores. Se pueden utilizar en instalaciones industriales, comerciales y particulares. Además pueden funcionar conectados a una red de suministros eléctrico o a baterías [16].

#### **2.2.5. Tipos y características**

Según Jumbo y Reyes [17], mediante las características constructivas y el tipo de función de corriente suministrada para alimentar el motor, se pueden clasificar en tres grupos:

##### **2.2.5.1. Motores de corriente continua (C.C)**

Estos motores funcionan con energía provenientes de baterías llamada también corriente directa. Una de las ventajas es que estos motores es que tienen un excelente par de arranque elevado y su velocidad se puede regular con facilidad entre amplios límites, lo que los hace ideales para ciertas aplicaciones: tracción eléctrica (trenes, coches eléctricos, etc.). Son ideales para impulsar máquinas que son difíciles de poner en marcha en carga y que tienen que ser impulsadas a velocidades variables o tal vez invertirse con frecuencia el sentido de marcha [18].

La gran variedad de la velocidad, junto con su fácil control y gran flexibilidad de las características par-velocidad del motor de C.C, han hecho que en los últimos años se utilice cada vez más con máquinas en la que se necesita amplio margen de velocidad. [7].

De entre todos los motores de corriente continua que son además, los que tradicionalmente se imponen en la tracción eléctrica, el motor Brushless es el que se ha impuesto en todos los modelos de vehículos eléctricos comercializados con motor de corriente continua. Este tipo de motores incorpora imanes permanentes en lugar del circuito de excitación, los imanes van alojados en el rotor, así que las bobinas del

inducido se sitúa en el estator. Su funcionamiento se basa en la alimentación secuencial de cada una de las fases del estator de forma sincronizada con el movimiento del rotor. [6].

Un motor de corriente continua tiene los siguientes componentes principales. Como se ilustra en la Figura 2:

1. Un sistema de bobinas de campo alrededor del perímetro del motor que crea fuerzas electromagnéticas que proporcionan el torque.
2. Un rotor o una armadura montada en el centro del motor que gira producto de la interacción electromagnética entre el rotor y bobina de campo.
3. Escobillas o carbones que permiten entregar energía al rotor mientras éste gira.

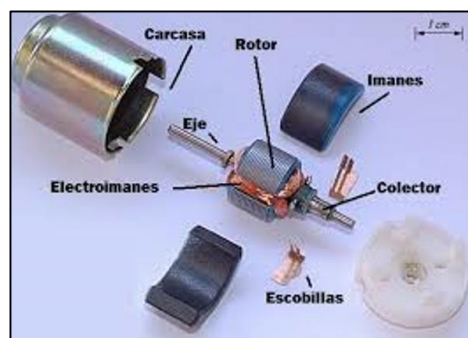


Figura 2 : Componentes de un motor de corriente continua Fuente [18].

### 2.2.5.2. Motores de corriente alterna (C.A)

Son motores más extendidos debido a que son muy fiables al no necesitar corriente de excitación en el rotor. Estos motores tienen un rendimiento muy elevado [17].

Hay dos tipos de motores de corriente alterna los cuales son:

- a) Motores asíncronos

Este tipo de motores es conocido de inducción de caja de ardilla que se usa con alimentación trifásica. Funciona por medio a los fenómenos de inducción electromagnética. Son los más utilizados en la industria por su sencillez, robustez y fácil mantenimiento. Estos motores consiguen mantener su velocidad bastante estable para diferentes regímenes de carga y poseen un buen par de arranque. Como

su velocidad depende de la frecuencia de la corriente alterna con la que se los alimenta, la única forma de regular su velocidad de giro consiste en alimentarlos a través de variadores electrónicos frecuentes [17].

b) Motores síncronos

Es un alternador trifásico que funciona a la inversa. Los imanes del campo se montan sobre un rotor y se excitan mediante corriente continua, y las bobinas de la armadura están divididas en tres partes y alimentadas con corriente alterna trifásica. La variación de las tres ondas de corriente en la armadura provoca una reacción magnética variable con los polos de los imanes del campo y hace que el campo gire a una velocidad constante. Esta se determina por la frecuencia de la corriente en la línea de potencia de corriente continua [7].

**2.2.5.3. Motores universales**

Son aquellos que pueden recibir alimentación tanto continua como alterna sin que ello se altere sus propiedades. Estos motores tienen el mismo principio de construcción de los de corriente continua, pero excitando tanto a inductor como a inducido con la misma corriente, disponiendo a ambos en serie sobre el circuito de alimentación [17].

**2.2.6. Características de los Motores de Corriente Continua (C.C) vs Corriente Alterna (C.A) en tracción eléctrica.**

En la Tabla 3, se realizó una comparación entre los motores de corriente continua y los motores de corriente alterna.

**Tabla 3 :** Características de los Motores (C.C) vs (C.A) en tracción eléctrica Fuente [17].

<b>Motores de C.C en tracción eléctrica</b>	<b>Motores de C.A en tracción eléctrica</b>
Desde el panorama operativo el motor de corriente continua posee más torque por lo que son más ideales para los coches eléctricos. Utilizan la energía directa de las baterías por lo que son las conexiones más sencilla.	Son más complejos debido a que la alimentación de C.C de las baterías debe ser convertida a C.A.

Se puede utilizar como motor o generador, dependiendo la forma de conexión lo cual se beneficia esta capacidad para utilizarlo al motor como un freno regenerativo que sirva la energía cinética del vehículo para recargar las baterías.	Alcanza altas velocidades en periodos cortos.
No se requieren de sistemas de refrigeración lo cual se desperdicia menos energía.	El vehículo necesitará un sistema de inversor de corriente.
Es más económicos por lo que no necesita varios componentes.	El sistema de tracción eléctrica es más costoso debido a los circuitos de control de velocidad son más complejos.
Para vehículos livianos se recomienda utilizar este tipo de motor.	Se utilizan para vehículos pesados.

### 2.2.7. Ventajas y Desventajas del Motor eléctrico

#### Ventajas

- No emiten contaminación.
- No existen desperdicios de aceite que contaminen caudales.
- Con la misma potencia que un motor de combustión, estos son de menor tamaño y su peso más reducido.
- Se pueden acoplar a cualquier vehículo ya que se puede construir de diferentes tamaños.
- Su par de giro es constante y puede llegar a ser muy elevado.
- Su rendimiento varía con la potencia que proporciona, llegando a porcentajes muy altos.
- No necesita cambio de aceites.
- Menor mantenimiento.
- No hay dependencia de combustible.
- Menos ruido, su motor evita la contaminación acústica.

## **Desventajas**

- Costos elevados.
- Menor autonomía.
- Menor velocidad.
- Duración de baterías es limitada.

### **2.2.7.1. Aplicaciones**

Los motores eléctricos se utilizan en la gran mayoría de las máquinas actuales.

- Herramientas eléctricas (taladros, cortadoras, etc.).
- Medios de Transporte eléctrico (vehículos, trenes, barcos, motos, etc.).
- Electrodomésticos (refrigeradoras, enfriadores, microondas, licuadora, ventiladores).
- Aerogeneradores.

### **2.2.8. Baterías**

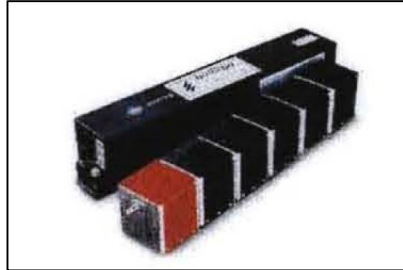
Unos de los componentes principales para el Vehículo eléctrico son las baterías ya que proporcionan energía a todo el sistema eléctrico. Las baterías son dispositivos electroquímicos que transforma energía química en energía eléctrica y viceversa. Las baterías debe tener una característica importante ser de ciclo profundo, es decir que puede ser reversible, que pueden ser cargada y descargada varias veces.

En el artículo de González Marrero, et al. [11] Autores del proyecto de conversión de un automóvil de combustión interna en eléctrico señalan que las principales baterías en tecnologías actuales son las siguientes.

#### **2.2.8.1. Batería ácido plomo**

Son las más antiguas y son todavía factibles para el almacenamiento de energía eléctrica. Tienen la desventaja de que deben ser aguadas, es decir, que tienen que añadirse agua destilada y bicarbonato periódicamente para prever el rastreo de iones. Este fenómeno se produce cuando una sequedad o humedad en la parte superior de la batería forma una parte conductora de un terminal a otro, lo que puede causar una

avería. La temperatura tiene un efecto directo en las baterías lo cual se recomienda cajas aislantes para estas baterías. Tienen una vida útil de 400 a 800 ciclos es decir, las cuantas veces se puede utilizar. Ocupan demasiado espacio y pesan mucho. El tiempo de recarga puede oscilar entre 8 y 10 horas [11].



**Figura 3 :** Baterías de Acido – Plomo Fuente [11].

### 2.2.8.2. Batería de litio

La denominación de baterías de litio incluyen las de:

- Ión-Litio
- Litio-metal
- Sulfuro de litio
- Polímero de litio

Estas baterías están siendo desarrolladas por Nissan y por la cooperación Sony. Las características que poseen son: alta energía específica, alta potencia, no sufre el efecto de memoria y la vida de la batería es de 1000 ciclo. Las desventajas son su alto costo y el sistema de ventilación que necesitan para mantener las baterías frías. Se usan en teléfonos móviles, ordenadores portátiles, reproductores y cámaras, y probablemente en la siguiente generación de vehículos híbridos y eléctricos puros conectados a la red [11].



**Figura 4 :** Baterías de Ión Litio Fuente [19].



### 2.2.8.3. Baterías de níquel cadmio

Están en uso en algunos vehículos eléctricos europeos y japoneses. Por así decirlo, son las baterías de más alta tecnología de las que se disponía hasta el año 2001. Son más caras ya que el níquel resulta bastante costoso son ventajosas por su alta densidad de energía y un ciclo de vida de 1000 recargas. El cadmio es un metal pesado muy tóxico, además de verse afectada por el efecto de memoria [11].



Figura 5 : Baterías Níquel Cadmio Fuente [20].

### 2.2.8.4. Baterías de níquel hierro

Tienen una alta densidad de energía y son capaces de realizar 1000 ciclos de profundas descargas antes de la recarga. Es necesario un 11 % de sobrecarga para ser cargados. La eficiencia es de 65% de estas baterías que comparadas a las demás es relativamente baja [11].

### 2.2.8.5. Baterías de hidruro de níquel metal

Compuestas de materiales reciclados no tóxicos. Está compuesta de hidróxido de níquel y compuesta de aleaciones de: vanadio, titanio, níquel y otros metales. Su recarga es rápida y puede resistir sobrecargas y abuso de descargas. Una desventaja es sin duda su alto costo [11].



Figura 6 : Baterías de Hidruro de Níquel Metal Fuente [11].

### 2.2.8.6. Baterías de sulfuro de sodio

Están siendo estudiadas y desarrollo por de la compañía Ford. El vehículo Ford Ecostars usa estas baterías teniendo una autonomía superior a 150 millas por carga. Estas baterías usan tubos electrolitos de cerámica-aluminio con electrodos de sodio negativo y electrodos de sulfuro positivo dentro de un condensador aislados y sellado. El estudio de estas baterías también están siendo desarrolladas por las siguientes empresas: Engle Picher Brown en USA, Chloride Silent Power en UK, Asea Brown en Suecia, Suiza y Alemania, Powerplex en Canadá, RWE en Alemania. Su desventaja es la de altas temperaturas que se tienen que alcanzar para su seguridad y deben ser cargadas constantemente para que el sodio como el sulfuro no solidifique [11].



Figura 7 : Esquema batería Sulfuro de Sodio Fuente [21].

### 2.2.8.7. Baterías de cloruro de sodio y níquel

Están siendo desarrolladas por AEG Anglo Batterie. Operan a temperaturas de 300 °C. Las baterías pueden ser enfriadas y recalentadas sin daños, sin embargo no se puede hacer ninguna de las cosas anteriores si la temperatura está por debajo de 270 °C. Mercedes Benz, BMW, Opel están probando coches eléctricos con estas baterías [11].

### 2.2.8.8. Baterías de aluminio –aire

Tienen placas de aluminio, que deben ser reemplazadas aproximadamente cada 200 millas para reponer el aluminio usado. Se supone que serán usadas probablemente en vehículos grandes, debido el tamaño que presenta estas baterías [11].

#### **2.2.8.9. Baterías de níquel–hidrogeno**

Actualmente bajo investigación por Johnson Controls que tienen más de 100 años de experiencia en la producción de baterías para vehículos. Son muy costosas pero tienen una gran duración y presenta gran seguridad en su operación. Se está utilizando en la industria aeroespacial y en vehículos sumergibles [11].

#### **2.2.8.10. Baterías de níquel – zinc**

Tiene mayor potencia que las de ácido conductor, pero tienen un ciclo de descarga corto, por lo que son utilizables en distancias cortas [11]. En la Figura 8, se ilustra la batería de Níquel Zinc.



**Figura 8 :** Baterías de Níquel – Zinc Fuente [21].

#### **2.2.8.11. Baterías de zinc-cloruro**

Tiene una gran energía pero deben llevar un complejo sistema para recapturar el cloruro liberado durante la recarga [11].

#### **2.2.8.12. Baterías de zinc-bromuro**

Almacena energía mediante el depósito de zinc sobre una superficie para luego recuperar al eliminarse este. El bromuro es tóxico, y además no son seguras para utilizarlos en vehículos [11].

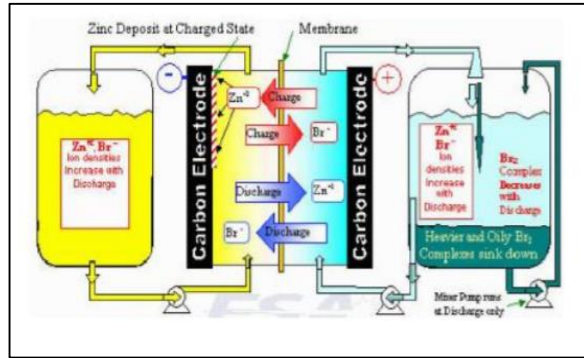


Figura 9 : Esquema batería Bromuro de zinc Fuente [21].

### 2.2.8.13. Baterías de sodio-azufre

Están teniendo éxito en Ford Ecotar, pero la desventaja es su alto costo y de las altas temperaturas que alcanzan [11].

### 2.2.8.14. Baterías de zebra

Una de las baterías recargables que más prometen son las conocidas como zebra. Tienen alta densidad energética, y operan en temperaturas que oscilan entre 270 a 350 °C, que requiere de un aislamiento. Son apropiadas para autobuses [11].



Figura 10 : Baterías de Zebra Fuente [21].

## 2.2.9. Características de las baterías

Para la selección de la batería adecuada se debe tener en cuenta algunos conceptos importantes para ampliar nuestro conocimiento. Para ello se basó en el artículo de González Marrero, et al. [11] Autores del proyecto de conversión de un automóvil de combustión interna en eléctrico, señalan que los parámetros importantes son los siguientes.

### **2.2.9.1. Energía específica**

Es un factor importante para determinar la autonomía de una batería. Es la cantidad total de energía que la batería puede almacenar. Se expresa en vatios-horas por Kg ( $W \cdot h/Kg$ ) [11].

### **2.2.9.2. Densidad de energía**

Se refiere a la cantidad de energía de una batería es capaz de almacenar en la relación a su tamaño. Es la cantidad total de energía ( $W \cdot h$ ) que una batería puede almacenar por un litro de su volumen para un valor específico de descarga. Se expresa en Vatios hora por Litro ( $W \cdot h/L$ ) [11].

### **2.2.9.3. Potencia específica o densidad de potencia**

Es un factor importante para determinar la aceleración. Es el número máximo de vatios por kilogramo ( $W/Kg$ ) que una batería desarrolla en un régimen de descarga. Tienen un valor máximo cuando la batería está totalmente cargada. Cuando la batería se descarga, el poder específico y la aceleración disminuyen. El poder específico se mide comúnmente a 80% de descarga [11].

### **2.2.9.4. Ciclos de vida**

Es el número total de veces que una batería puede ser descargada y cargada durante su vida. Cuando la batería no puede retener una carga superior 80%, su ciclo de vida se considera terminado. Es recomendable que las baterías tengan más de 500 ciclos de vida si van a ser utilizadas en vehículos eléctricos [11].

### **2.2.9.5. Efecto de memoria**

Ocurre cuando se acostumbra algunos tipos de baterías a entregar una cantidad de energía menor a la que todavía es capaz de dar, esto significa que no se descarga totalmente, se vuelve a cargar de nuevo. La batería parece recordar a no entregar toda la carga que posee, y las siguientes veces que se utiliza se agota antes [11].

#### **2.2.9.6. Temperatura de trabajo**

A bajas temperaturas la capacidad y la actividad química de trabajo disminuyen mientras que el incremento de la temperatura, dentro de ciertos límites, aumenta la actividad de los procesos químicos dentro de la batería y también la capacidad de ella [11].

#### **2.2.9.7. Ciclo profundo**

Son aquellas que han sido diseñadas para hacer frente a las exigencias de continuos procesos de carga y de descarga. Se conoce como el tiempo que demora una batería recargable en descargarse a sus límites mínimos de carga para luego volver a cargarse en un 100% de su capacidad. En general, las baterías de ciclo profundo, en sus estados máximos de carga, pueden llegar a proveer de energía eléctrica durante 20 horas continuas. La vida útil de una batería de ciclo profundo guarda directa relación a que tan profundo llega a descargarse. Mientras menos profunda se llegue a descargar la batería mayor será la vida útil de ella. Por tanto se recomienda descargarla en un 80% máximo para volver a cargarla. En promedio, una batería de ciclo profundo puede llegar a cumplir 2000 ciclos durante su vida útil; descargando y cargando su energía lenta, pero constante [22].

#### **2.2.10. Comparativo de especificaciones de baterías.**

En la Tabla 4, se compara las especificaciones de los diferentes tipos de baterías para tener la idea clara de cuál será la batería adecuada para un vehículo eléctrico. Estos parámetros básicos se deben tomar en cuenta para entender las características que debe tener una batería. La elección de la batería se debe basar en su energía específica, densidad, potencia ciclos de vida, eficiencia, reciclado y tiempo de carga.

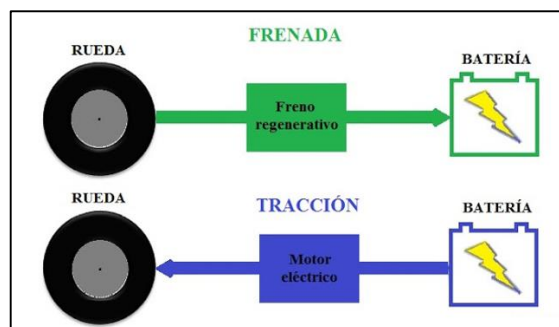
**Tabla 4 :** Especificaciones de Baterías Fuente [11].

Tipo de baterías	Energía específica (Wh/kg)	Densidad de energía (Wh/kg)	Potencia específica (Wh/kg)	Ciclos de vida	Eficiencia energética (%)	Grado de reciclado (%)	Tiempo de carga (horas)
Acido-Plomo	40	30	130	400	65	97	8 a 17
Litio	100	100	300	1200	90	50	< 3
Ni-Cd	57	56	200	2000	65	99	8
Ni-Fe	55	50	100	2000	60	99	4 a 8
Ni-H	70	80	250	600	90	90	< 6
Ni-Mh	60	60	250	800	90	90	4
Sulfuro de sodio	95	98	130	1000	85	80	6
Aluminio aire	60	65	200	200	75	95	4
Ni-Zn	100	80	900	500	75	90	6
Zebra	100	92	3000	1000	92	50	8

### 2.2.11. Freno regenerativo

Permite transformarla la energía cinética en energía eléctrica, la cual es almacenada en unos acumuladores o baterías para un uso futuro. El freno regenerativo acumula toda la energía cinética que produce al frenar y la convierte en energía eléctrica.

Según Castañeda Zeman [15], el freno regenerativo actúa como un generador en un vehículo que utiliza un motor eléctrico, ya sea de corriente alterna o corriente continua. El vehículo frena produciendo un torque negativo cuando se maneja como generador de la máquina eléctrica y así aprovecha la energía generada para recargar las baterías y aumentar su autonomía. Es decir, aprovecha la energía cinética para transformarla en energía eléctrica, a diferencia de los antiguos sistemas de frenos, que transforman la energía cinética en calor.



**Figura 11 :** Frenos Regenerativos Fuente [15].

### 2.2.12. Controlador

Es el dispositivo electrónico que utiliza modulador de ancho de pulso (PWM). Este dispositivo se encarga de asegurar el funcionamiento de todos los componentes del sistema enviando impulsos de corta duración al motor de 15 kHz [5].

Las funciones del controlador son regular la velocidad y el par del motor eléctrico. El objetivo es limitar el arranque del motor eléctrico, ya que puede existir enorme intensidad eléctrica. También controla el extensor de autonomía, encendido y apagado cuando sea preciso. Pueden ser programables de acuerdo a las características de voltaje y corriente utilizada por el motor eléctrico [23].



Figura 12 : Controlador de velocidad Fuente [23].

Según Crespo Iñiguez y Bravo Feicán [5], algunas de las funciones de un controlador son:

- ✓ Arrancar y parar el motor eléctrico.
- ✓ Proporcionar al motor eléctrico un par torsional, aceleración, velocidad o desaceleración controlada.
- ✓ Proporcionan el funcionamiento coordinado de distintos componentes del sistema.
- ✓ Ciertos controladores poseen la capacidad del freno regenerativo para que pueda el motor eléctrico actuar como generador y poder recargar las baterías.
- ✓ Proporcionan la inversión de giro para el motor eléctrico.
- ✓ Proteger el motor eléctrico contra sobrecargas que pudieran introducir valores peligrosamente altos de corriente por el motor.



### 2.2.13. Sistema de protección

La idea del sistema de protección es evitar la destrucción de equipos o instalaciones eléctricas, causadas por una falla que podría empezar de una manera simple y extenderse sin control en forma encadenada. Deben ser capaces de reaccionar en forma rápida y segura minimizando el riesgo de daños de los equipos electrónicos del vehículo [5].

Para ello existen elementos necesarios que se puede usar en un vehículo eléctrico:

#### 2.2.13.1. Interruptor (Switch)

Tiene como función de abrir o cerrar un circuito. Este interruptor va colocado en el tablero del vehículo que será el mismo interruptor giratorio del volante para el accionamiento por parte del conductor. Las llaves de encendido que conectará las 3 posiciones que son:



Figura 13 : Interruptor Fuente [5].

En la Tabla 5, se ilustra las funciones del interruptor al momento de accionar las diferentes posiciones de encendido de las llaves.

Tabla 5 : Funcionamiento de las posiciones del Switch Fuente [5].

Ubicación	Posición del Switch	Funcionamiento
Apagado	OFF	Apagado el sistema eléctrico y puede ser retirado
Girar la llaves para operar	ACC	Encendido de componentes accesorios, luces, etc.
	IGNITION	Encendido total del vehículo.

### 2.2.13.2. Contactor

Cumple la misma función que el relé de ignición de un vehículo a combustión, es decir, cuando el conductor acciona el interruptor a la posición de partida, el contactor cierra el circuito permitiendo el flujo de corriente hacia el motor. También tienen la destreza de operar a altos niveles de cargas y voltajes. Se sugiere utilizar contactores especialmente diseñados para los vehículos eléctricos, por motivos que resisten las continuas secuencias de apertura y cerrado sin mucho desgaste. Además están dotados con un sistema de apagado de chispa magnético para prevenir un arco entre sus contactos [5].



Figura 14 : Contactor Fuente [24].

### 2.2.13.3. Fusible

Este sirve como respaldo del sistema de protección. Estos dispositivos están diseñados para cortar el paso constante de corriente eléctrica si el funcionamiento se excede de lo normal, con el propósito de evitar daños en los componentes eléctricos del circuito que por lo general son costosos y delicados [7].

Los fusibles deben ir colocados en sitios importantes de manera que si existe una anomalía se asegure que el suministro de corriente se corte por completo así protegiendo al controlador y al motor. Estos dispositivos si actúan se destruyen y deben ser remplazados [5].

#### 2.2.13.4. Paro de emergencia

Este instrumento es importante para prevenir acciones que puedan poner en riesgo a las personas, para evitar daños en la máquina o en plena función, es decir, minimiza los riesgos al activarse con una sola maniobra [5].

Este instrumento está equipado con un pulsador tipo champiñón rojo como se muestra en la Figura 15.



Figura 15 : Pulsador de paro de emergencia Fuente [5].

#### 2.2.14. Instrumentos de medición en un vehículo eléctrico.

Como en cualquier sistema, un vehículo eléctrico debe ser apto de proveer información al conductor para saber en qué condiciones se encuentra. Esta información debe ser lo más precisa, rápida y confiable que se puede lograr. Estos instrumentos de medición pueden ser analógicos o digitales.

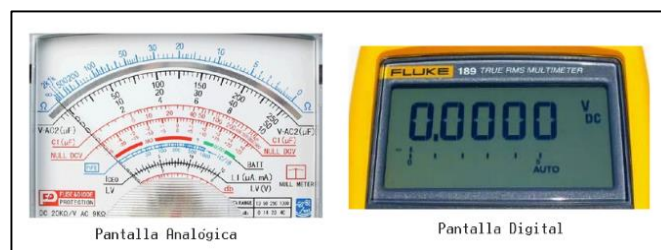


Figura 16 : Instrumento de Medición Eléctrica Analógica vs Digital Fuente [5].

Para tener información sobre el vehículo, se debe tener concretadas las variables para dar una información precisa al conductor. A continuación, se presenta las variables que son importantes para incluir en un vehículo eléctrico [5].

#### **2.2.14.1. Velocidad (velocímetro)**

Es una de las variables que más interesa al conductor ya que entrega la rapidez del vehículo cuando este en movimiento. También sirve para no sobrepasar los límites de conducción [5].

#### **2.2.14.2. Voltaje (Voltímetro)**

Esta herramienta mide la carga existente en la batería. Es decir, brinda la cantidad de energía que dispone el banco de baterías. Haciendo semejanza con un vehículo convencional, esta medida corresponde al nivel del tanque de combustible [5].

#### **2.2.14.3. Corriente**

Poseer una buena medición de corriente permitirá conocer la eficiencia del vehículo eléctrico, puesto que a menor corriente existe un menor esfuerzo tanto del motor como del controlador [5].

#### **2.2.14.4. Amperímetro.**

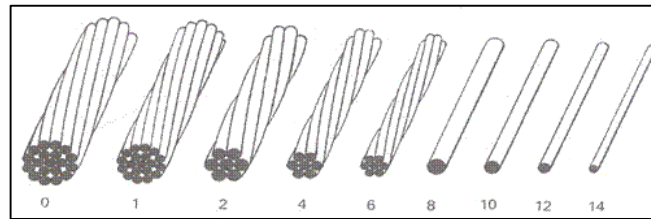
El objetivo de esta herramienta es medir el flujo de corriente entre los puntos que sea conectado. Prácticamente, se puede conectar entre las baterías y el controlador o entre el controlador y el motor [5].

#### **2.2.15. Sistema de Cableado**

La selección del cable es parte importante de los sistemas eléctricos, ya que de ello depende la transmisión de la energía eléctrica en forma eficiente y segura. Para la selección se debe considerar la capacidad de corriente y voltaje de operación, tipo y espesor de la aislación, nivel de tensión (baja, media, alta), temperatura, longitud del circuito, etc. Si no se tiene certeza de las especificaciones del cable, se deben realizar algunas pruebas de corriente, para tener seguridad de su correcta operación en un uso normal [15].

Según Belloni [25], para un buen funcionamiento de un vehículo eléctrico depende del sistema de conexiones (cableado), ya que una mala selección del cable puede

producir irregularidades y efectos peligrosos en los componentes, lo que disminuiría la vida útil de los dispositivos.



**Figura 17 :** Calibre de cable AWG vs diámetro Fuente [26].

Para la implementación del sistema eléctrico se necesitara dos tipos de cable: a) Accesorios (baja tensión) b) Motor y Baterías (alta tensión).

### **2.2.16. Sensor o interruptor de final de carrera**

Los sensores de final de carrera son dispositivos de contacto que muestran una señal eléctrica ante la presencia de un movimiento mecánico o fuerza externa. Estos dispositivos pueden determinar la posición, presencia, ausencia de un objeto al actuar sobre la palanca de accionamiento haciendo abrir o cerrar un contacto eléctrico, es decir se utiliza para activar o desactivar algo que se quiera controlar [5].



**Figura 18 :** Tipos de sensores o finales de carrera Fuente [24].

Tiene dos tipos de funcionamiento forma positiva y forma negativa.

En la forma positiva el sensor se activa cuando el elemento a controlar tiene una tarea que hace que el eje se eleve y conecte el contacto móvil con el contacto normalmente cerrado. Cuando el muelle (resorte de presión) se rompe el sensor se queda desconectado. En forma negativo es lo contrario, cuando el objeto controlado tiene un saliente que empuje el eje hacia abajo, forzando el resorte y haciendo que se

cierre el circuito. En este modo cuando el muelle falla y se rompe permanece activado [5].

### 2.2.17. Sistema de transmisión

El sistema de transmisión son mecanismos que tiene como función, hacer llegar el giro del motor hacia las ruedas motrices del vehículo para dar movimiento a este. En este caso, el tipo de movimiento que tiene el elemento de entrada del mecanismo (elemento motriz) coincide con el tipo de movimiento que tiene el elemento de salida (elemento conducido).

A continuación se tiene los sistemas de transmisión más utilizados:

#### 2.2.17.1 Transmisión de engranes

Este sistema de transmisión es un conjunto de dos o más ruedas dentadas que tienen en contacto sus dientes de forma que, cuando gira una, giran las demás. Normalmente, el engranaje que trasmite el movimiento se le denomina piñón, y al que lo recibe, rueda. Es el mecanismo más utilizado para transmitir torques elevadas con alta eficiencia en autos, máquina, herramientas, etc. Un ejemplo es la caja de cambios de un automóvil, compuesto por varios trenes de engranes (engranaje planetario) [27].

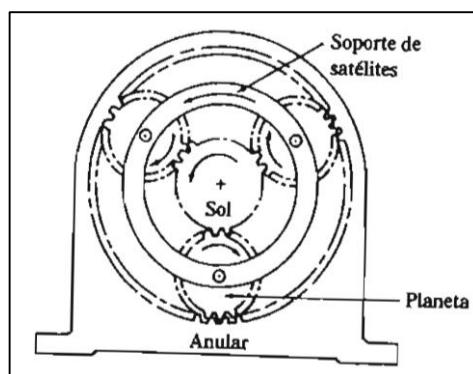


Figura 19 : Esquema de transmisiones de engranes planetarios Fuente [28].

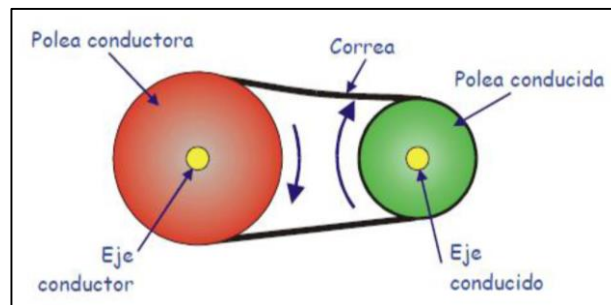
La Tabla 6, ilustra las ventajas y desventajas del sistema de transmisión de engranes.

**Tabla 6 :** Ventajas y Desventajas del Sist. de transmisión de engranes Fuente [27].

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Transmite grande potencias.	Costo elevado y poca flexibilidad.
Gran duración y alta eficiencia.	Requieren de mantenimiento.
Mantiene la relación de transmisión constante.	Ruidoso en el funcionamiento.
Rendimiento elevado (0.95 a 0.98) soportando sobrecargas.	Desgaste en la superficie de los dientes.

### 2.2.17.2. Transmisión por poleas y correa

Estos mecanismos están formados por dos o más poleas de diferente o igual tamaño situadas a cierta distancia, que giran mediante correas o bandas flexibles (caucho) las cuales están tensionadas en los canales de las poleas manteniendo cierta tensión como se muestra en la Figura 20 [27].



**Figura 20 :** Transmisión por polea Fuente [27].

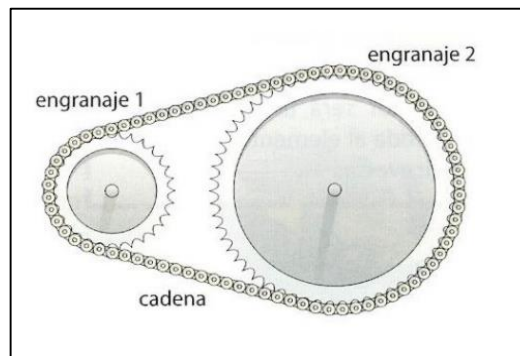
La Tabla 7, ilustra las ventajas y desventajas del sistema de transmisión por poleas y correas.

**Tabla 7 :** Ventajas y Desventajas del sistema de transmisión por poleas y correas Fuente [27].

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Transmiten potencia a distancias grandes.	Transmisión no constante (deslizamiento).
Diseño sencillo.	Vida útil de la correa corta (temperatura, humedad).
Funcionamiento suave, silencioso.	Alargamiento de correas.
Pueden transmitir potencia a varios ejes.	Polvo aceite y humedad disminuyen el coeficiente de fricción.

### 2.2.17.3. Transmisión por cadena

Es un mecanismo de transmisión circular que consiste en dos ruedas dentadas (piñones) de ejes paralelos, situadas a cierta distancia la una de otra, y que giran a la vez por efecto de una cadena que engrana a ambas. Esta transmisión constituye uno de los métodos más eficientes utilizados para transmitir potencia mecánica, dado que los dientes de las ruedas dentadas impiden que la cadena se salga de su sitio. La diferencia de velocidades angulares depende de la relación que existe entre el número de dientes entre piñón conducido y piñón conductor, o de la relación de sus dientes primitivos [27].



**Figura 21 :** Transmisión por cadena Fuente [27].

La Tabla 8, ilustra las ventajas y desventajas del sistema de transmisión por cadena.

**Tabla 8 :** Ventajas y desventajas del sistema de transmisión por cadena Fuente [27].

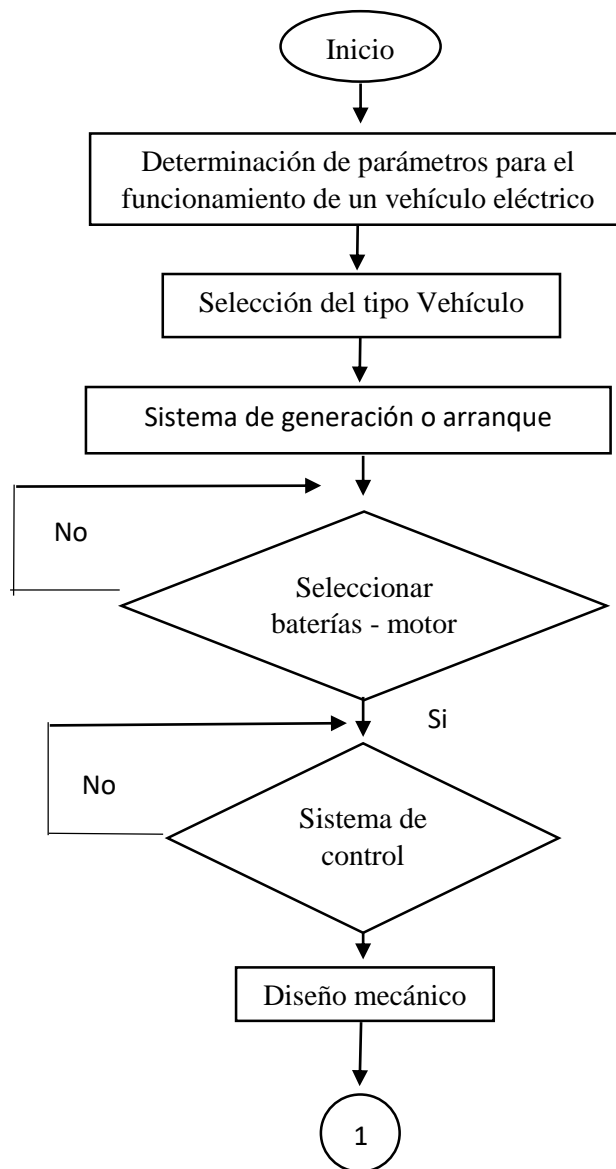
<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Ausencia de deslizamiento.	Requieren lubricación y protección.
Alta eficiencia y buen rendimiento mecánico (0.95 a 0.97).	Mantenimiento y montaje minucioso.
Relación de transmisión usualmente constante.	Costo elevado.
Transmiten potencia a distancias grandes.	Ciertas irregularidades durante el funcionamiento.

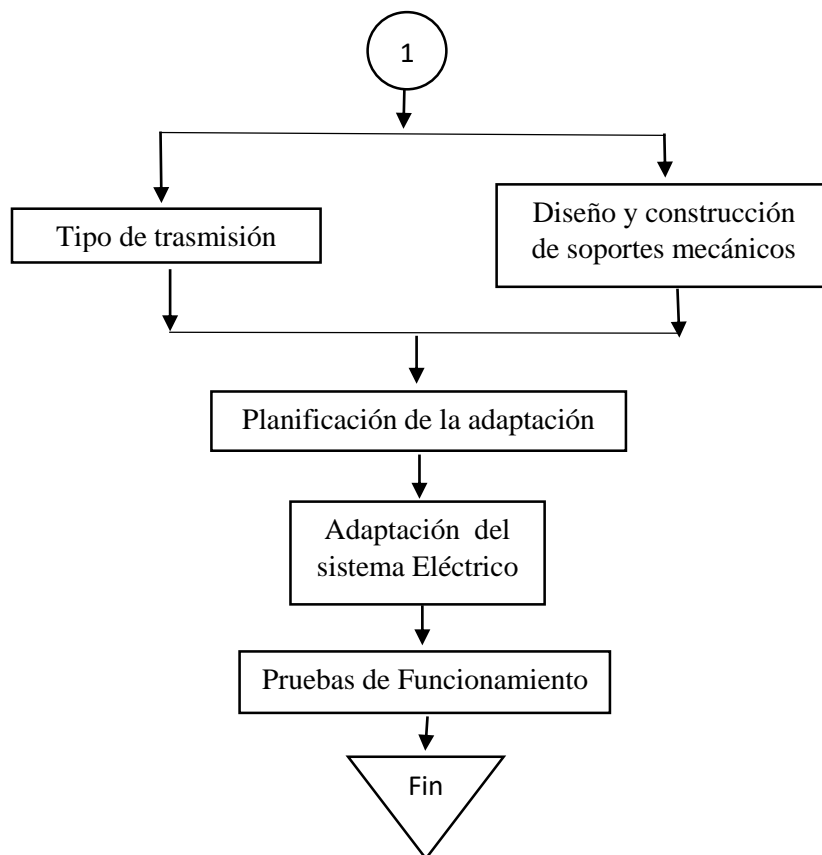


### CAPÍTULO 3: DISEÑO DEL PROYECTO

En este Capítulo se desarrolla la selección, cálculo y el análisis de los componentes principales a utilizar en la implementación del sistema eléctrico del Buggy para colocar en la carrocería. Cada elemento seleccionado y diseñado tendrá su respectiva justificación.

En el diagrama de flujo se muestra el proceso de la adaptación el cual ha sido seleccionado, implementado los componentes y diseñado sobre el chasis de un vehículo.





### 3.1. Selección de alternativa

#### 3.1.1. Selección del tipo de sistema de transmisión

Una vez investigado los diferentes tipos de sistema de transmisión de movimiento existentes, es necesario seleccionar una alternativa más conveniente para proceder al diseño del sistema.

Los sistemas de transmisión para dar movimiento más comunes son: transmisión de engranes, transmisión por poleas y correa, transmisión por cadena. Que se estudió en el Capítulo 2.

Se descarta del proceso de selección la transmisión por poleas y correas ya que puede presentar resbalamiento y pérdidas de energía en la correas. Además, un factor importante es la fuerza necesaria para dar el movimiento, esto sería casi imposible realizar mediante este sistema. Entonces para realizar los procesos de selección son:

- **Alternativa 1:** Transmisión de engranes.
- **Alternativa 2:** Transmisión por cadena.

### 3.1.2. Método ordinal corregido de criterios ponderados

Según Riba y Molina [29], este método permite seleccionar una alternativa apropiada, sin tener que evaluar los parámetros de cada propiedad y sin evaluar numéricamente cada criterio, obteniendo resultados altamente satisfactorios y de forma objetiva.

Para seleccionar la alternativa apropiada siempre deben estar los dos elementos siguientes:

- Alternativas:** se debe disponer de dos o más alternativas las cuales deben ser distintas.
- Criterios:** hay que establecer los criterios en base a los cuales las alternativas deberán ser evaluadas.

Se basa en unas tablas donde cada criterio se compara con los restantes criterios y se asignan los valores siguientes:

**Tabla 9 :** Valores asignados para la tabulación de ponderaciones Fuente [29].

<b>Valor</b>	<b>Descripción</b>
1	Cuando el criterio de las filas es superior que el de las columnas.
0,5	Cuando el criterio de las filas es igual al de las columnas.
0	Cuando el criterio de las filas es inferior que el de las columnas.

Luego para cada criterio, se suma los valores asignados en relación a los restantes criterios al que se le añade una unidad; después, en otra columna se calcula los valores ponderados para cada criterio. Finalmente, la evolución total para cada solución resulta de la suma de productos de los pesos específicos de cada solución por el peso específico del respectivo criterio [29].

### 3.1.3. Criterios de valoraciones

Para la valoración de las alternativas del sistema de transmisión, este estudio toma en cuenta los siguientes criterios: costo bajo, mantenimiento, facilidad, tamaño, velocidad, disponibilidad.

A continuación se describe los criterios de valoración para el proyecto.

#### ✓ **Costo**

Representa un parámetro importante al momento de seleccionar una alternativa ya que este debe ser moderado. Además este criterio no solo involucra el costo inicial del sistema de transmisión sino también los costos de mantenimiento y operación.

#### ✓ **Disponibilidad**

Debe tener elementos de fácil adquisición, para que puedan ser remplazados con facilidad, evitando así costos elevados.

#### ✓ **Tamaño**

Se necesita que el conjunto de las dimensiones del sistema sean lo más pequeñas posibles para reducir el espacio y simplificar los componentes en el Buggy. Esto permitirá optimizar el diseño y ser más liviano.

#### ✓ **Velocidad**

Se necesita que tenga una rapidez constante. Al no ser un vehículo de alta velocidad se necesitará que tenga una velocidad media.

#### ✓ **Facilidad**

Involucra la simplificación del montaje y desmontaje de los elementos mecánicos con materiales disponibles con el fin de realizar las tareas de mantenimiento y evitar el exceso de elementos constructivos del sistema.

#### ✓ **Mantenimiento**

El mantenimiento es vital para prolongar la vida útil de los sistemas mecánicos. Todos los componentes del sistema están sujetos a fallos, de tal manera que exista la

posibilidad de repararlos o reemplazarlos. Esto debe permitir la accesibilidad y facilidad de mantenimiento de los elementos mecánicos

### Evaluación del peso específico de cada criterio

A continuación se indica el orden jerárquico de los diferentes criterios:

1. Costos
2. Disponibilidad
3. Tamaño
4. Velocidad
5. Facilidad
6. Mantenimiento

Costo > Disponibilidad > Tamaño > Velocidad > Facilidad = Mantenimiento

En la Tabla 10, vamos a evaluar el peso específico de cada criterio mediante el método de criterios de ponderados para lo cual se toma en cuenta el orden jerárquico.

**Tabla 10 :** Evaluación del Peso Específico de cada criterio

Criterio	Costos	Disponibilidad	Tamaño	Velocidad	Facilidad	Mantenimiento	$\sum_{i=1}^+$	Ponderado
<b>Costos</b>		1	1	1	1	1	6	0,3
<b>Disponibilidad</b>	0		1	1	1	1	5	0,25
<b>Tamaño</b>	0	0		1	1	1	4	0,2
<b>Velocidad</b>	0	0	0		1	1	2	0,1
<b>Facilidad</b>	0	0	0	0		0.5	1.5	0,075
<b>Mantenimiento</b>	0	0	0	0	0.5		1.5	0,075
						<b>Suma</b>	20	1

### Evaluación del peso específico del criterio *Costo*

En la Tabla 11, se evalúa el peso específico del criterio de costo lo cual la alternativa 2, tiene mayor ponderación que la alternativa 1. Es decir, para el proyecto es más

económico tener un sistema por cadena respecto a un sistema de transmisión de engranes.

**Tabla 11** : Evaluación del peso específico del criterio Costo

<b>Costos</b>	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b><math>\Sigma+1</math></b>	<b>Ponderado</b>
<b>Alternativa 1</b>		0	1	0,33
<b>Alternativa 2</b>	1		2	0,67
			3	1

### **Evaluación del peso específico del criterio *Disponibilidad***

En la Tabla 12, se evalúa el peso específico del criterio de disponibilidad lo cual la alternativa 2, tiene mayor ponderación que la alternativa 1. Es decir, para el proyecto es más beneficioso tener un sistema por cadena respecto a un sistema de transmisión de engranes por la adquisición de los elementos.

**Tabla 12** : Evaluación del peso específico del criterio Disponibilidad

<b>Disponibilidad</b>	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b><math>\Sigma+1</math></b>	<b>Ponderado</b>
<b>Alternativa 1</b>		0	1	0,33
<b>Alternativa 2</b>	1		2	0,67
			3	1

### **Evaluación del peso específico del criterio *Facilidad***

En la Tabla 13, se evalúa el peso específico del criterio de facilidad lo cual la alternativa 2, tiene mayor ponderación que la alternativa 1. Es decir, para el proyecto es más fácil llevar a cabo un sistema por cadena respecto a un sistema de transmisión de engranes por la complejidad de esta.

**Tabla 13** : Evaluación del peso específico del criterio Facilidad

<b>Facilidad</b>	<b>Alternativa 1</b>	<b>Alternativa 2</b>	<b><math>\Sigma+1</math></b>	<b>Ponderado</b>
<b>Alternativa 1</b>		0	1	0,33
<b>Alternativa 2</b>	1		2	0,67
			3	1

### Evaluación del peso específico del criterio *Velocidad*

En la Tabla 14, se evalúa el peso específico del criterio de velocidad lo cual la alternativa 1, tiene mayor ponderación que la alternativa 2. Para alcanzar mayores velocidades la transmisión de engranes es la apropiada.

Tabla 14 : Evaluación del peso específico del criterio Velocidad

Velocidad	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderado
Alternativa 1		1	2	0,67
Alternativa 2	0		1	0,33
			3	1

### Evaluación del peso específico del criterio *Tamaño*

En la Tabla 15, se evalúa el peso específico del criterio de tamaño lo cual la alternativa 1, tiene mayor ponderación que la alternativa 2. Es decir, que deberá ocupar menor espacio para lo cual el sistema de transmisión por cadena es la correcta ya que se cuenta con espacio limitado.

Tabla 15 : Evaluación del peso específico del criterio Tamaño

Costos	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderado
Alternativa 1		0	1	0,33
Alternativa 2	1		2	0,67
			3	1

### Evaluación del peso específico del criterio *Mantenimiento*

En la Tabla 16, se evalúa el peso específico del criterio de mantenimiento lo cual la alternativa 1, tiene mayor ponderación que la alternativa 2. Es decir, que el mantenimiento por el sistema de transmisión de cadena es más fácil respecto al sistema de engranes.

Tabla 16 : Evaluación del peso específico del criterio Mantenimiento

Mantenimiento	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderado
Alternativa 1		0	1	0,33
Alternativa 2	1		2	0,67
			3	1

### Tablas de conclusiones

En la Tabla 17, se evalúa la comparación de las dos alternativas para seleccionar la alternativa correcta. Se tiene que la alternativa 2 tiene mayor prioridad respecto a la alternativa 1. La opción más acertada para el sistema de transmisión a diseñarse es por cadena.

Al seleccionar la alternativa 2 se puede concluir que el costo será menor, la disponibilidad de los componentes será accesible, no ocupara demasiado espacio de la carrocería, tendrá una velocidad normal de conducción, tendrá facilidad en el diseño del sistema y su mantenimiento será más sencillo.

Tabla 17 : Tabla de Conclusiones

Conclusiones	Costos	Disponibilidad	Tamaño	Velocidad	Facilidad	Mantenimiento	$\sum+1$	Prioridad
Alternativa 1	0,33*0,3	0,33*0,25	0,33*0,2	0,67*0,1	0,33*0,075	0,33*0,075	0,4	2
Alternativa 2	0,67*0,3	0,67*0,25	0,67*0,2	0,33*0,1	0,67*0,075	0,67*0,075	0,6	1

#### 3.1.4. Características del Buggy.

El Buggy convencional es un Kinroad Raptor 150, biplaza con motor de combustión interna. Este Buggy es el propuesto para el proyecto de adaptación. El motor de combustión interna de este vehículo se encuentra dañado lo que disminuirá el costo y será ideal para reutilizarlo ya que se introducirá un nuevo motor en este caso eléctrico. A continuación se presenta algunas características las cuales servirán para la adaptación:

- Carrocería liviana y de material resistente a modificaciones.
- Es de tracción trasera comandada por el motor de combustión interna, ideal para el proyecto.



- Espacio apto para la implementación del sistema de tracción eléctrica, las baterías y los componentes eléctricos.

Este Buggy será adaptado e implementado al sistema eléctrico. La Tabla 18, describe las características técnicas del Buggy Kinroad raptor 150. A continuación se describe las características del Buggy a utilizar.

**Tabla 18 :** Características del Buggy

<b>Ficha Técnica</b>			
<b>Nombre:</b>		Kinroad raptor 150	
<b>Color</b>	Rojo	<b>País de Fabricación</b>	China
<b>Peso Chasis</b>	113 kg	<b>Freno</b>	Hidráulico
<b>Peso Bruto</b>	248 Kg	<b>Motor</b>	
<b>Nº Plaza</b>	Biplaza	<b>Marca</b>	Seat
<b>Largo</b>	2075 mm	<b>Tipo</b>	Gasolina
<b>Ancho</b>	1235 mm	<b>Potencia maxima</b>	7,8 Kw, 7500 rpm
<b>Altura</b>	1400 mm	<b>Cilindraje</b>	150cc
<b>Suspensión</b>		<b>Relación de compresión</b>	9,2:1
<b>Delantera</b>	independiente	<b>Torque maximo</b>	8,5 N.m 4500 rpm
<b>Trasera</b>	independiente	<b>Transmisión</b>	Automatico con reversa
<b>Tension</b>	12 V	<b>Acople al motor</b>	por cadena
<b>Amperaje</b>	6,5 Ah	<b>Refrigeración</b>	Por aire



El Buggy tiene un peso total con el motor de combustión interna y todos los componentes de 248 kg con una potencia de 7.8 kW (10.5 Hp). Se debe seleccionar un motor que brinde una potencia aproximada o mayor, siempre y cuando el peso del Buggy sea menor a los 400 kg ya implementado todo el sistema eléctrico (motor eléctrico, baterías, controlador), que según vendría a sumar unos 200 a 300 kg más aproximadamente [25].

Considerando la nueva ley de Tránsito, Art. 192 se pretende que el Buggy tenga una velocidad máxima de hasta 50 km/h. Los límites máximos de velocidad vehicular, permitida en las vías públicas para vehículos livianos son:

- 1) Dentro del perímetro urbano: 50 km/h.
- 2) En vías perimetrales: 90 km/h.
- 3) En carretera: 100 km/h.

Teniendo en cuentas estos límites de velocidad el Buggy tendrá que cumplir los 50 km/h para las vías urbanas.

### 3.1.5. Justificación de la selección del tipo de motor

Para el funcionamiento del Buggy se puede seleccionar entre un motor a corriente continua o un motor a corriente alterna. Cualquiera de estos tipos de motor puede servir para lograr la conversión. Para lo cual se eligió un motor de corriente continua justificando las razones:

- El Buggy será ecológico y turístico por lo que no exige alcanzar velocidades altas. La potencia de este tipo de motores es de velocidad promedio por lo tanto cumple con las expectativas solicitadas.
- La conversión con el motor de corriente continua es más económica ya que no utiliza demasiados componentes. Esto significa que no abarca tanto espacio en la estructura y será más ligero para su peso total.
- Los motores de corriente continua son eficientes por generar menos calor en su funcionamiento, sin utilizar un sistema de refrigeración.
- Los motores de corriente continua pueden servir como generadores en los descensos, y al momento de accionar los frenos regenerativos se puede aprovechar de la energía cinética del Buggy para cargar las baterías.
- Con este tipo de motor conectado al controlador de velocidad realizará la función de las marchas de avance y retroceso lo cual no necesita la caja de cambios.

## 3.2. Cálculos o Modelos operativos

### 3.2.1. Diseño dinámico del vehículo

Previo al diseño es primordial considerar e identificar los parámetros de mayor importancia. Para empezar con los cálculos se debe tener en cuenta los siguientes parámetros:

1. **Peso total del Buggy (adicionado el sistema eléctrico y los pasajeros).** La masa total del Buggy influye en la selección del motor, debido a que es fundamental establecer la potencia necesaria para impulsar el Buggy en condiciones normales de conducción [15]. El buen funcionamiento de los vehículos eléctricos está en que debe ser lo más ligero posible. Normalmente

un vehículo eléctrico agregara de 100 a 300 kg para su implementación del sistema eléctrico.

2. **Velocidad deseada.** El motor influye en la velocidad deseada, debido a que la potencia del motor está directamente relacionada a la velocidad máxima. Además también depende de la aerodinámica del vehículo. Se pretende que alcance una velocidad máxima en rutas planas de 50 km/h como se planteó anteriormente [15].
3. **Porcentaje de pendiente.** Un parámetro muy importante en un vehículo eléctrico es la pendiente que puede superar. La pendiente máxima superable para los vehículos eléctricos se mide en porcentaje, y también en grados [30].
4. **Aceleración.** Se define por la distancia recorrida y por el tiempo empleado al pasar de velocidad inicial nula a otra determinada.

Para los cálculos se plantea condiciones para su recorrido en este caso el Buggy deberá impulsar a dos personas de peso promedio de 78Kg (154 kg). En rutas planas su velocidad máxima estimada será de 50 km/h aproximadamente, mientras que para pendientes ligeras de 8.75 % (5°) su recorrido será de 30 km/h aproximadamente

### 3.2.2. Capacidad de pendiente (% , °)

Es la inclinación que puede tener un vehículo. La inclinación en porcentajes (%) no debe confundirse con la inclinación expresada en grados (°). Se puede observar en la Tabla 19, que una inclinación del 100%, no es una pared plana vertical como se podría pensar, sino que tiene una inclinación de 45° [30].

La relación de la pendiente en porcentaje (%) - grados (°) es:

$$\text{Grados } (\theta^\circ) = \arctan\left(\frac{\text{Pendiente}(\%)}{100}\right) \quad \text{Ecuación 3.1.}$$

Despejando el porcentaje de pendiente se puede también expresar:

$$\text{Pendiente}(\%) = 100 * \tan(\theta^\circ) \quad \text{Ecuación 3.2.}$$

Según Cassioli [30], todo vehículo eléctrico debe ser capaz de subir pendientes de al menos 15 % para una conducción normal, pero al menos del 20 % si se viaja con regularidad por carreteras con muchas subidas y bajadas.

**Tabla 19** : Porcentajes en Pendiente vs Pendientes en Grados Fuente [30].

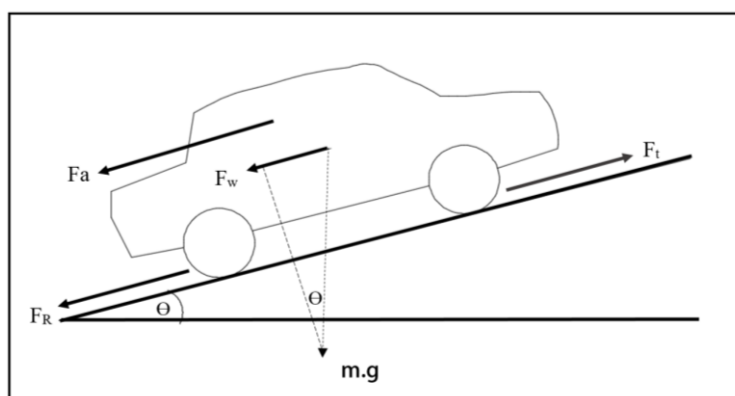
<b>Pendiente en Grados (°)</b>	<b>Pendiente en Porcentaje (%)</b>	<b>Pendiente en Grados (°)</b>	<b>Pendiente en Porcentaje (%)</b>
<b>1</b>	1.74	<b>24</b>	44.52
<b>2</b>	3.49	<b>25</b>	46.63
<b>4</b>	7	<b>26</b>	48.77
<b>5</b>	8.75	<b>28</b>	53.17
<b>7</b>	12.28	<b>30</b>	57.73
<b>8</b>	14.05	<b>32</b>	62.48
<b>10</b>	17.63	<b>35</b>	70.02
<b>12</b>	21.25	<b>38</b>	78.12
<b>15</b>	26.79	<b>40</b>	83.9
<b>19</b>	34.43	<b>42</b>	90
<b>20</b>	36.39	<b>45</b>	100

### 3.2.3. Cálculo dinámico

Para implementar el nuevo grupo propulsor y conjunto de baterías es necesario conocer las fuerzas resistentes a las que tienen que hacer frente al vehículo, para posteriormente seleccionar los componentes de sustitución.

En este caso, para el cálculo dinámico en una pendiente, el Buggy deberá cumplir con la 2ª ley de Newton donde la sumatoria de las fuerzas en el eje X es igual a la masa por la aceleración del cuerpo en movimiento. Para poder tener una visión más realista se debe introducir todas las fuerzas que actúan sobre el vehículo en movimiento en una pendiente como se muestra en la Figura 22 [9].

$$F_t - F_a - F_w - F_R = m \cdot a \quad \text{Ecuación 3.3.}$$



**Figura 22** : Diagrama de Cuerpo Libre en una pendiente

## Donde

$F_R$ =Fuerza de rodadura.

$F_t$ = Fuerza de tracción.

$F_a$ =Fuerza de Aerodinámica.

$F_W$ =Fuerza de ascenso del vehículo.

## Pre cálculo y selección de componentes

Para este Pre-cálculo se asumió el peso del conjunto eléctrico (baterías, motor, etc.) como sugiere Belloni [25], que vendría a sumar unos 200 kg aproximadamente, ver Tabla 20.

Tabla 20 : Componentes del Buggy

Componente	Peso (Kg)
Carrocería	113
Baterías + Motor eléctrico	200
Pasajeros*2	156
<b>Total</b>	<b>469</b>

### 3.2.3.1. Fuerza de ascenso ( $F_W$ )

Es la fuerza o el peso total del Buggy que actúa a lo largo de la pendiente en el eje x. Incluyendo todos los componentes: pasajeros, motor, baterías, etc. Esta se expresa por la Ecuación 3.4: [9].

$$F_W = m * g * \text{sen } \theta \quad \text{Ecuación 3.4.}$$

## Donde

$m$  = Masa total (kg).

$g$  = Gravedad ( $\text{m/s}^2$ ).

$\theta^\circ$  = Ángulo de inclinación (grados).

$$F_W = 469 \text{ kg} * \frac{9.8 \text{ m}}{\text{s}} * \text{sen } 5^\circ$$

$$F_W = 400.59 \text{ N}$$

### 3.2.3.2. Fuerza de fricción (F<sub>R</sub>)

Esta fuerza contrapone al movimiento del Buggy lo que provoca fricción entre los neumáticos y la superficie, donde se esté desplazando y está dada por la Ecuación 3.5: [31].

$$F_R = \mu_{c-a} * m * g * \cos \Theta \quad \text{Ecuación 3.5.}$$

**Donde**

**F<sub>R</sub>**=Fuerza de fricción.

**μ<sub>c-a</sub>**= Coeficiente de rozamiento caucho y asfalto (0,016).

**m** = Masa total (kg).

**g** = Gravedad (m/s<sup>2</sup>).

**Θ** = Pendiente de inclinación en grados.

Para otros casos, el coeficiente de rodadura entre neumático y suelo, para facilitar los cálculos, se da por medios de Tablas para el coeficiente de rodadura (Tabla 21).

**Tabla 21** : Coeficiente de rodadura Fuente [5].

Tipo	Superficie		
	Hormigón/Asfalto	Dureza Media	Arena
Turismo	<b>0.016</b>	0.08	0.3
Camiones	0.012	0.06	0.25
Tractores	0.02	0.04	0.2

Se reemplaza en la Ecuación 3.5

$$F_R = 0.016 * (469 \text{kg} * 9.8 \text{m/s}^2) * \cos (5^\circ)$$

$$F_R = 73.26 \text{ N}$$

Para el coeficiente de rodadura cuando depende de la velocidad se expresa con la Ecuación 3.6: [31].

$$\mu_{c-a} = 0,0085 + \frac{0.018}{P} + \frac{1.59 \times 10^{-6}}{P} * V^2 \quad \text{Ecuación 3.6.}$$

**Donde**

P= Presión de los neumáticos de 2,5 Bares.

v= Velocidad (km/h).

$$\mu_{c-a} = 0,0085 + \frac{0.018}{2.5} + \frac{1.59 \times 10^{-6}}{2.5} * 30^2$$

$$\mu_{c-a} = 0.016$$

### 3.2.3.3. Fuerza aerodinámicas ( $F_a$ )

Es aquella fuerza que sufre el vehículo al moverse a través del viento. Esta fuerza se aplica sobre la sección transversal del vehículo y es negativa por estar en contra al movimiento. En otros casos, puede ser positiva si el viento estuviera a favor del mismo sentido, pero por motivo de diseño se considera contraria. A continuación se calcula con la siguiente Ecuación 3.7 [9].

$$F_a = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot C_d \cdot v^2 \quad \text{Ecuación 3.7.}$$

**Donde:**

P= Densidad del aire ( $1,1159 \text{ kg/m}^3$ ) a 948 m s.n.m a la cual está ubicada la ciudad del Puyo.

**Tabla 22 : Altura vs Densidad**

<b>Altura (m)</b>	<b>Densidad (<math>\text{Kg/m}^3</math>)</b>
914	1.1197
1000	1.1101

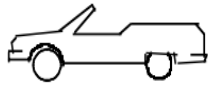
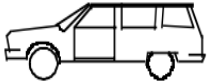

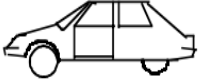



A = Sección transversal Buggy.

$C_d$  = Coeficiente de rozamiento aerodinámico.

v = Velocidad del Buggy (m/s).

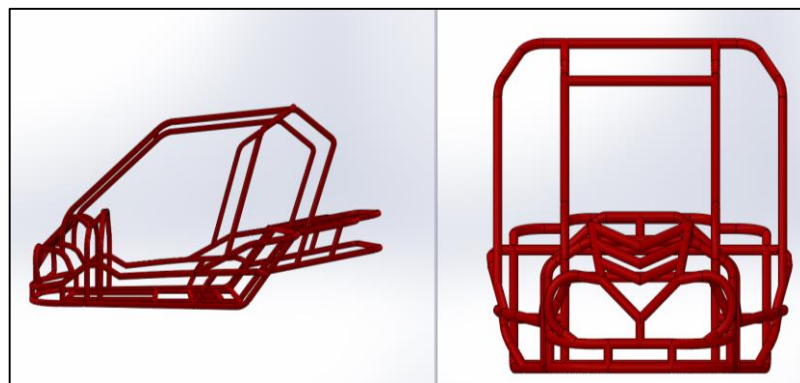
El coeficiente de resistencia aerodinámica para algunos tipos de carrocerías del vehículo se muestra en la Tabla 23 [20].

**Tabla 23** : Coeficiente de resistencia aerodinámica de diferentes formas de vehículos Fuente [10].

Vehicle Type	Coefficient of Aerodynamic Resistance
 Open convertible	0.5–0.7
 Van body	0.5–0.7
 Ponton body	0.4–0.55
 Wedge-shaped body; headlamps and bumpers are integrated into the body, covered underbody, optimized cooling air flow	0.3–0.4
 Headlamp and all wheels in body, covered underbody	0.2–0.25
 K-shaped (small breakway section)	0.23
 Optimum streamlined design	0.15–0.20
Trucks, road trains	0.8–1.5
Buses	0.6–0.7
Streamlined buses	0.3–0.4
Motorcycles	0.6–0.7

### 3.2.3.4. Cálculo de la sección trasversal Buggy

Para el cálculo trasversal se debe tener la altura y el ancho del Buggy. En la Figura 23, se ilustra el croquis de la estructura del chasis que se lo diseñó mediante el programa Solidworks con sus respectivas medidas. Con Ecuación 3.8 se calcula el área trasversal:



**Figura 23** : Diseño de la estructura



$$A = \text{ancho} * \text{altura} \quad \text{Ecuación 3.8.}$$

$$A = (1,59 * 1,54)\text{m}$$

$$A = 2,45 \text{ m}^2$$

Se reemplaza los valores en la Ecuación 3.7.

$$F_a = \frac{1}{2} \cdot \left(1.1159 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) * (2.45 \text{ m}^2) * (0,7) * (8.33)^2 \text{ m/s}$$

$$F_a = 66.45 \text{ N}$$

La velocidad con la que se calculó la fuerza de fricción con el viento es de 30 Km/h es decir, 8.33 m/s, por el aumento de autonomía y por ahorro de energía, considerando que esta será la velocidad adecuada para conducir en una pendiente. Mientras que para carreteras planas la velocidad máxima estima es de 50 km/h es decir; 13.88 m/s.

### 3.2.3.5. Fuerza de tracción eléctrica (F<sub>t</sub>)

Es la fuerza que genera el movimiento; es decir es la tracción que necesita proveer el motor eléctrico para impulsar al Buggy. Despejando de la Ecuación. 3.1 se tiene [9]:

$$F_t = m * a + F_R + F_W + F_a$$

Entonces la fuerza de tracción eléctrica reemplazando valores de la Ecuación 3.1. se tiene:

$$F_t = (469 \text{ kg}) * 0.06 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} + 74.51\text{N} + 400.58 \text{ N} + 66.45 \text{ N}$$

$$F_t = 569.68 \text{ N}$$

### 3.2.4. Cálculo de la potencia

Al aplicar la Ecuación 3.9, se obtiene el valor de la potencia requerida para impulsar el vehículo eléctrico en condiciones de pendiente máxima, ya que en este escenario, se requiere el mayor desempeño del motor [31].

$$P_{\text{calculada}} = F_t * V_{\text{max}} \quad \text{Ecuación 3.9.}$$

$$P_{\text{calculada}} = 569.68 \text{ N} * 8.33 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$P_{\text{calculada}} = 4745.44 \text{ W}$$

### 3.2.5. Potencia del motor

Todos los motores eléctricos poseen una eficiencia aproximada de 80% a 90%, es decir que el 10% o 20% son pérdidas de energía. Se utiliza la Ecuación 3.10, para encontrar la potencia del motor [31].

$$P_{\text{motor}} = \frac{P_{\text{calculada}}}{\text{eficiencia}} \quad \text{Ecuación 3.10.}$$

$$P_{\text{motor}} = \frac{4745.44 \text{ W}}{0.80}$$

$$P_{\text{motor}} = 5931.8 \text{ W} = 5.93 \text{ kW} = 7.95 \text{ HP}$$

### 3.2.6. Selección del motor

Una vez determinado el pre-cálculo de la potencia del motor para el Buggy, se investigó fabricantes de motores eléctricos. El tipo de motor será de corriente continua ya justificado anteriormente. En el siguiente catálogo que promueve el uso de coches eléctricos, y comercializa motores y componentes eléctricos para la conversión de vehículos tiene algunos motores de corriente continua como se ilustra en la Tabla 24 [24].

Para la selección del motor eléctrico la mejor alternativa fue el Motenergy ME-1003 porque cumple con los parámetros que se pretenden para el Buggy. Es decir, su capacidad de carga máxima es de 600 kg mayor al peso total del vehículo, el peso del motor es liviano 18 kg y la potencia varía de 6 a 9,5 kW nominales a 48V. Este motor es ideal para la adaptación del Buggy obteniendo todas las características necesarias.

**Tabla 24 :** Características de Motores eléctricos de Corriente Continua Fuente [24].

MOTORES DC	DESIGNACIÓN	VELOCIDAD (RPM) MAX	VOLTAJE (V)	POTENCIA (KW)	EFICIENCIA	PESO (KG)	CARGA MAX. (KG)
	Drive Motenergy ME-1004	3700	24-48 V	7.4 Nominales 16 max.	90	14	800
	Drive Motenergy ME-0708	3500	48V	5.8 nominales a 12 max.	90	13	450
	Drive Motenergy ME-1003	5000 a 72 V 2600 a 48 V	12-72 V	12 nominales a 22 max. A 72v y 6 nominales a 9,5 max. A 48 v	90	18	600
	Drive Motenergy ME-0909	3500	12-48V	3-9.5 KW	90	13 kg	400
	Drive Motenergy ME0709	3700	24-72V	5.9 nominales a 14 Kw	90	16	500

### 3.2.6.1. Especificación del motor

En la Figura 24, se ilustra el Motor eléctrico Motenergy ME-1003, seleccionado para lo cual se detalla las características más importantes que conlleva este motor eléctrico.



Figura 24 : Motor Motenergy ME-1003 Fuente [24].

### Características del motor Motenergy ME-1003

Este motor es de corriente continua de tipo imanes permanentes con escobilla con carcasa abierta, diseñado con un ventilador interno para su enfriamiento, y que puede funcionar como generador [24].

A continuación en la Tabla 25, se tiene las características del Motor eléctrico Motenergy ME-1003 seleccionado.

Tabla 25 : Características del Motor Motenergy ME-1003 Fuente [24].

<b>Eficiencia</b>	90%
<b>Voltaje</b>	48 a 72 V
<b>Peso</b>	17 kg
<b>Corriente continua máxima</b>	400 A/1min
<b>Torque máximo</b>	240 lb-in o 27.16 Nm a 48V
<b>Rotación máxima</b>	5000 rpm a 72 V y 2600 rpm a 48 V
<b>Diámetro</b>	28 cm
<b>Máxima temperatura de funcionamiento</b>	155 °C
<b>Dirección de rotación</b>	Bi-direccional
<b>Capacidad de carga</b>	600 kg max.

### Aplicaciones

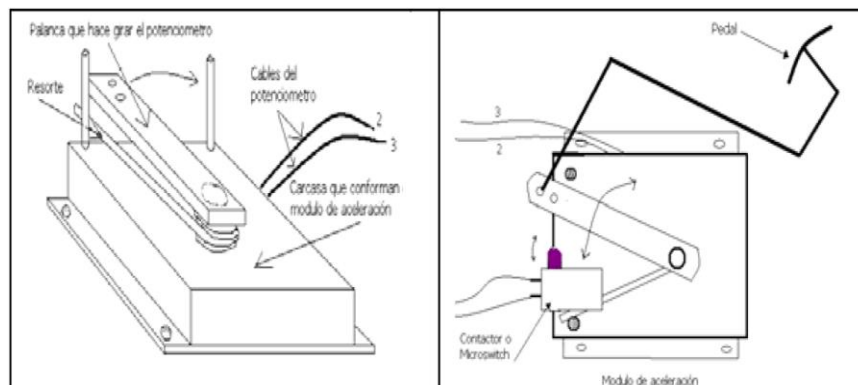
- ✓ Motos eléctricas.
- ✓ Coches eléctricos del golf.
- ✓ Vehículos utilitarios.

- ✓ Bombas hidráulicas.
- ✓ Pulidoras de suelo.
- ✓ Coches micro.

En los anexos se presenta las curvas características del Motor Motenergy ME-1003 a 48 V, según el fabricante. (ANEXOS).

### 3.2.7. Selección del sistema de control

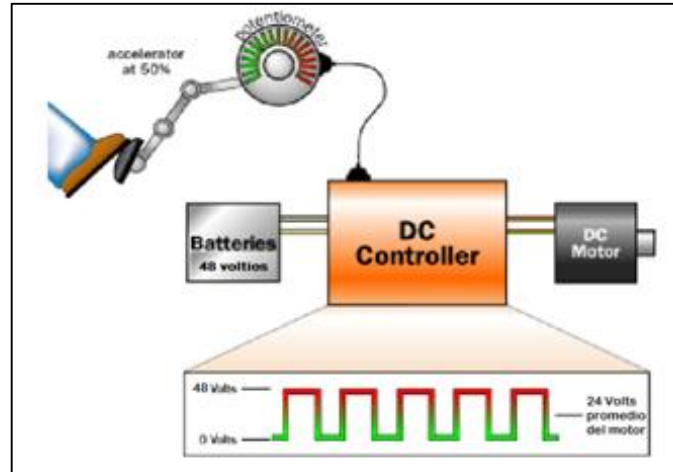
El principal sistema del vehículo eléctrico es el sistema de control, el cual funciona a través de un controlador que regula las variaciones de corriente de las baterías al Motor. La función del controlador de velocidad es regular las variaciones de corriente de las baterías. El acelerador se conecta a un potenciómetro (ver Figura 25), este proporciona la señal que le indica al controlador las variaciones de corriente que se deben generar para conseguir la potencia y velocidad requerida por el conductor [4].



**Figura 25** : Pedal de aceleración (potenciómetro Potbox) Fuente [17].

Como ejemplo, un controlador de corriente continua se asemeja a la función de un interruptor (ON/OFF) conectado con un cable al pedal del acelerador. Cuando se acciona el pedal, a su vez el controlador se enciende, y cuando se suelta el pedal, se apaga. De esta manera el conductor tendría que presionar y soltar el acelerador para que el motor se encienda y se apague. Mientras que para cualquier punto intermedio, el controlador, a través de las variaciones del ancho de pulsos (PWM), varíe el ciclo útil de entrega de energía dentro del periodo de funcionamiento [6].

En otras palabras, el controlador entrega toda la tensión cuando el conductor acciona el pedal del acelerador, o cualquier nivel de potencia intermedio y cuando no entrega tensión es cuando suelta el pedal como se ve en la Figura 26.



**Figura 26** : Diagrama del funcionamiento del controlador Fuente [5].

Para seleccionar el controlador se debe tener en cuenta el motor eléctrico ya que mediante las características del motor se elegirá el controlador. Es decir, deben ser compatibles. A continuación se tiene algunos criterios para la selección.

### 3.2.7.1. Criterios para la selección del controlador

La selección del controlador se realiza en base a ciertos criterios necesarios para el proyecto:

- Debe ser un controlador que sirva para motores de corriente continua de imanes permanentes.
- Debe tener la capacidad de invertir el giro del motor para que funcione como marcha de avance y retroceso.
- La tensión de funcionamiento para el controlador debe ser de 48V ya que para las baterías como para el motor es el mismo, por lo que deberá trabajar a esa tensión y que entregue una corriente máxima de 200 Amperios pues el motor cumple con esa cantidad cuando está a su potencia máxima.
- Se necesita que el controlador tenga la capacidad de regeneración de energía para aprovechar la energía cinética de los descensos para transfórmala en energía eléctrica y así poder recargar las baterías.

- Necesita poseer un sistema de refrigeración porque debe soportar altas temperaturas de trabajo.

### 3.2.7.2. Selección del controlador

Para la selección del controlador del motor se encontró el catálogo de Kelly Controllers (Ver Tabla 26) que son para motores de corriente continua. En donde, se debe elegir un controlador que cumpla con los criterios mencionados anteriormente.

**Tabla 26 :** Catálogo de Controladores para Motores de Corriente Continua Fuente [23].

Kelly Full Bridge Permanent Magnet DC Motor Controller					
Model	1 minute Current	Continuous Current	Rated Voltage	Voltage Range	Regen
PM24101	100A	40A	24V	12V-24V	Yes
PM24201	200A	80A	24V	12V-24V	Yes
PM24301	300A	120A	24V	12V-24V	Yes
PM36101	100A	40A	36V	24V-36V	Yes
PM36201	200A	80A	36V	24V-36V	Yes
PM48101	100A	40A	48V	24V-48V	Yes
PM48201	200A	80A	48V	24V-48V	Yes
PM48301	300A	120A	48V	24V-48V	Yes
PM48401B	400A	160A	48V	24V-48V	Yes
PM48501B	500A	200A	48V	24V-48V	Yes
PM72101	100A	40A	72V	24V-72V	Yes
PM72201	200A	80A	72V	24V-72V	Yes
PM72301	300A	120A	72V	24V-72V	Yes
PM72401B	400A	160A	72V	24V-72V	Yes
PM72501B	500A	200A	72V	24V-72V	Yes
PM12101H	100A	40A	120V	24V-120V	Yes
PM12201H	200A	80A	120V	24V-120V	Yes

Female plugs of J1&J2 will be shipped for free.

Por lo tanto, se selecciona el controlador PM48301 que tuvo las características más convenientes para el proyecto. En la Figura 27, se ilustra el controlador seleccionado para el proyecto.



**Figura 27 :** Controlador de velocidad seleccionado Fuente [23].

### 3.2.7.3. Descripción del controlador

Este controlador es programable para los motores de imanes permanentes puesto que permite a los usuarios ajustar los parámetros, proporcionando un control eficaz, suave y silencioso para los vehículos eléctricos. Este controlador tiene microprocesadores que permite un control de variación del ancho de pulso (PWM), eficiente de hasta 97% y que controla un conjunto de transistores MOSFET de alta potencia ubicados en forma de H, llamados puente H (Figura 28). Estos microprocesadores controlan las señales de entrada como el sentido de giro, sensor de frenado, posición del acelerador de manera precisa [23].

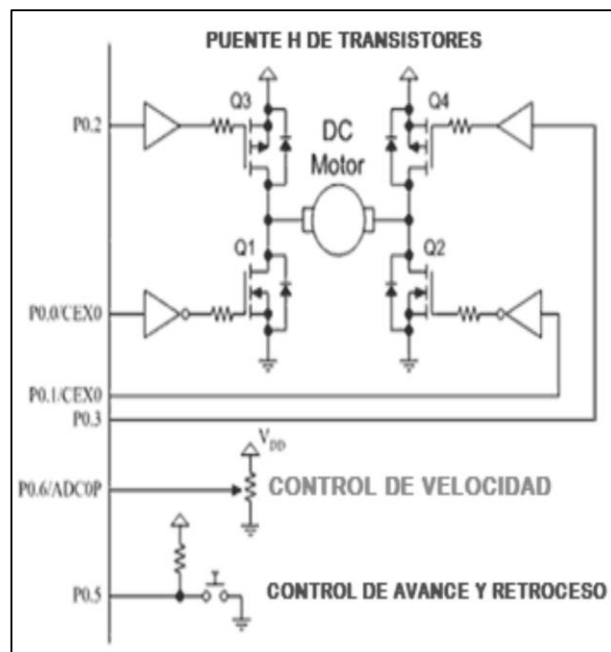


Figura 28 : Diagrama del Puente H transistores Fuente [32].

La configuración de Punto de H consta de 4 interruptores semiconductores controlados por la variación del ancho de pulso (PWM). Esto permite operar el freno regenerativo y adicionalmente cambiar el sentido de giro del motor [15].

A continuación, se explica mediante las condiciones de manejo, a las que se encuentra el vehículo eléctrico, es decir, que tiene 4 cuadrantes de funcionamiento, que se detallan en la Figura 29.



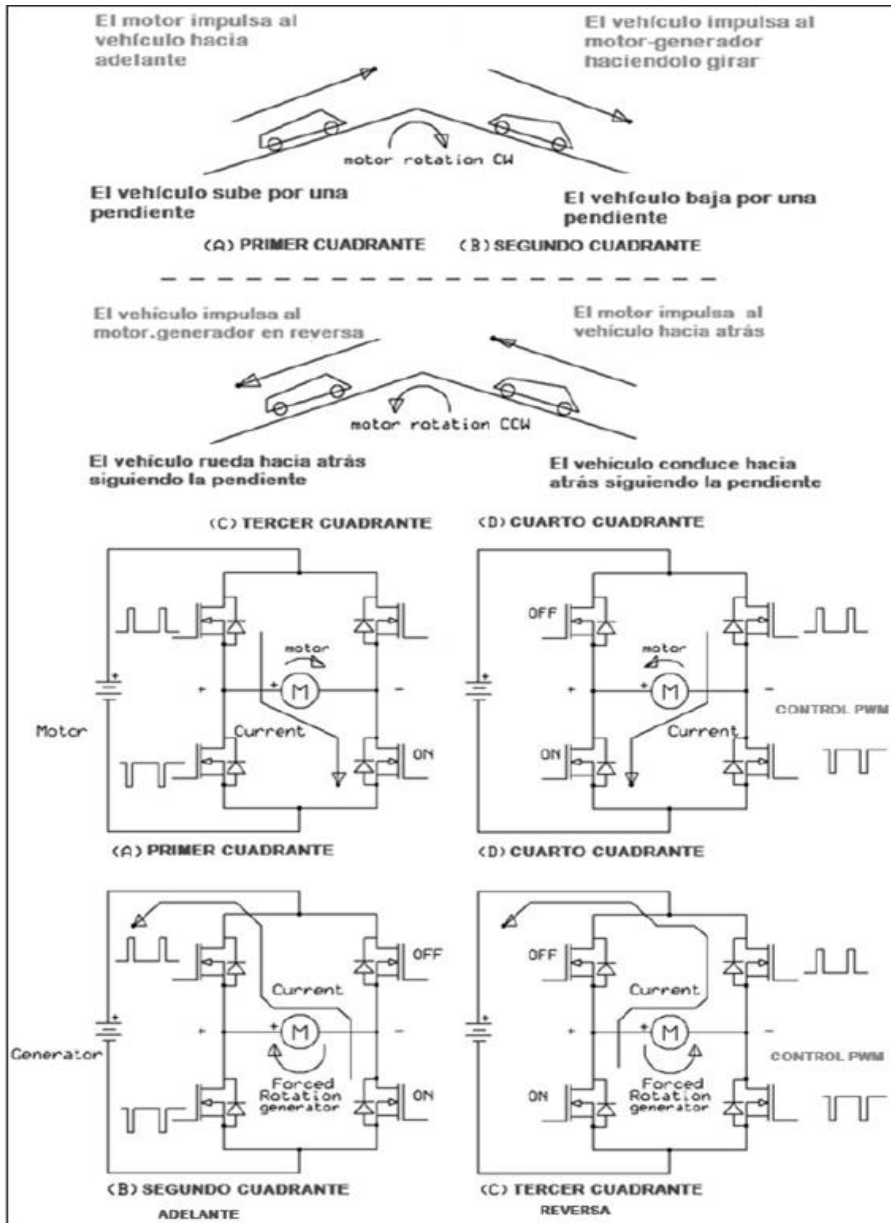


Figura 29 : Condiciones de manejo y su funcionamiento Fuente [32].

El controlador es un dispositivo que posee en su interior microprocesadores de alta potencia que manejan grandes corrientes. A continuación se explicará detalladamente los terminales del controlador de la Figura 30.

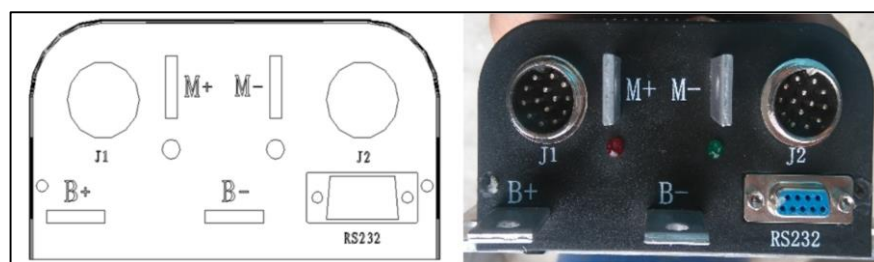


Figura 30 : Parte frontal del controlador Fuente [23].

- El Pin RS232 que se ilustran en la Figura 30, sirve para programar y configurar en la PC, es decir, que se puede variar los parámetros de corriente, voltaje, etc. Además, ya viene configurado de fábrica con la función de generación de energía [23].
- Los terminales B+ y B- que se ilustran en la Figura 30, pertenecen su conexión a los terminales del banco de baterías con sus respectivas polaridades negativas y positivas [23].
- Mientras que los terminales M+ y M- que se ilustran en la Figura 30, van contactados a los polos del motor que también están ilustrados con esta simbología [23].
- Los terminales J1 y J2 que se ilustran en la Figura 30, son señales de entrada como la posición de aceleración, la posición del interruptor, sensor de posición de palanca avance y retroceso, sensor de activación del freno, entre otros, donde el controlador procesa y dependiendo de estas señales entrega el voltaje necesario para su funcionamiento [23].

En la Tabla 27, se simboliza la Función J1 del PIN del controlador según el fabricante Kelly Controllers.

**Tabla 27** : Funciones del Pin J1 Fuente [23].

Símbolo	Pin	Función	Observaciones
PWR	1	Fuente de alimentación del controlador (salida)	Precarga
Current meter	2	Medidor de corriente	< 200 mA
Main contactor driver	3	Contactor principal del controlador	< 2 A
Alarm	4	Alarma	
RTN	5	Señal de retorno	
Green LED	6	Indicación de ejecución	
RTN	7	Señal de retorno	
RS232	8	Receptor	
RS232	9	Transmisor	
CAN H	10	CAN H	

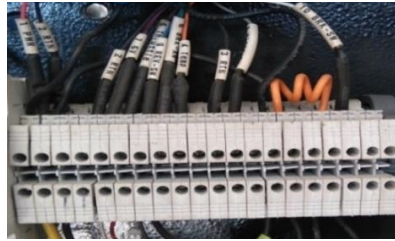
CAN L	11	CAN L	
Reserved	12	Reservado	
RTN	13	Retorno de señal	
Red LED	14	Código de fallo	

En la Tabla 28, se simboliza la Función J2 del PIN del controlador según el fabricante Kelly Controllers.

**Tabla 28 :** Funciones del Pin J2 Fuente [23].

<b>Símbolo</b>	<b>Pin</b>	<b>Función</b>	<b>Observaciones</b>
PWR	1	Fuente de alimentación del controlador (entrada)	Precarga
RTN	2	Medidor de corriente	
RTN	3	Contactador principal del controlador	
High level brake and motor temperature input	4	Frenos de alto nivel y la entrada de temperatura del motor	12V
Throttle analog input	5	Entrada analógica del acelerador	0-5 V
Brake analog input	6	Entrada analógica de freno	0-5 V
5 V Supply output	7	Salida de la fuente	5V,< 40 mA
Micro_SW	8	Entrada del interruptor del acelerador	
Reversing Switch input	9	Entrada del interruptor de marcha atrás	Inversión de giro
Breake Switch input	10	Entrada del interruptor de freno	Regeneración
Reserved	11	Reservado	
Reserved	12	Reservado	
Reserved	13	Reservado	
RTN	14	Retorno de señal	

En la Figura 31, se puede observar cómo están conectados los cables del Pin J1 a la bornera para la distribución de cables.



**Figura 31** : Conexión de los cables al PIN J1.

### **3.2.8. Selección de las baterías**

Las baterías junto con el motor son los componentes fundamentales del vehículo eléctrico. En el proceso de la conversión tiene limitado el peso del vehículo al máximo admisible, por lo tanto solo se podrá incluir baterías hasta un total de 469 kg, que es el máximo peso que se asumió para el Buggy. Una vez investigado los tipos de baterías que existen y los parámetros que necesitan para la implementación, lo siguiente es seleccionar las baterías más convenientes en base a sus características.

Una vez seleccionado el motor y sabiendo las características que son: potencia nominal de 6000W, eficiencia del 90%, voltaje de trabajo a 48V, se selecciona un banco de cuatro baterías de 12V que al conectarlas en serie se tendrá los 48V necesarios.

Parámetros de selección de baterías:

- Debe tener la capacidad específica (Ah) suficiente para que satisfaga las condiciones de funcionamiento para el proyecto.
- Deben ser lo más liviana posible para que cumpla con el peso admisible del Buggy.
- Debe ser de ciclo profundo para que se pueda recargar y será necesario para que con los frenos regenerativos puedan dar mayor autonomía.
- Debe tomarse en cuenta también que las baterías no sean contaminantes este factor es importante al elegir.
- Deben ser lo más económica posible para el proyecto.
- Debe tener una vida útil amplia por lo que no deberán descargarse por completo para que se alargue su vida útil, se recomienda descargarla máximo hasta un 80% de su capacidad.

La capacidad específica de las baterías se calcula con la Ecuación 3.11 [28].

$$I_{\text{Baterias}} = \frac{P_{\text{Motor}} * \eta_{\text{Motor}}}{V_{\text{baterias}} * (\% \text{descarga})} \quad \text{Ecuación 3.11.}$$

Entonces reemplazando valores en la Ecuación 3.11, se tiene:

$$I_{\text{Baterias}} = \frac{6000\text{W} * (0.9)}{48\text{V} * (0.8)}$$

$$I_{\text{Baterias}} = \frac{6000\text{W} * (0.9)}{48\text{V} * (0.8)}$$

$$I_{\text{Baterias}} = 140.7 \text{ A}$$

Entonces una vez calculado la capacidad específica que dio de 140,7 Ah, se busca unas baterías en el mercado con los parámetros ya indicados anteriormente. En la Tabla 29, se elige la batería más adecuada a las necesidades:

**Tabla 29** : Catálogo de Baterías Fuente [33].

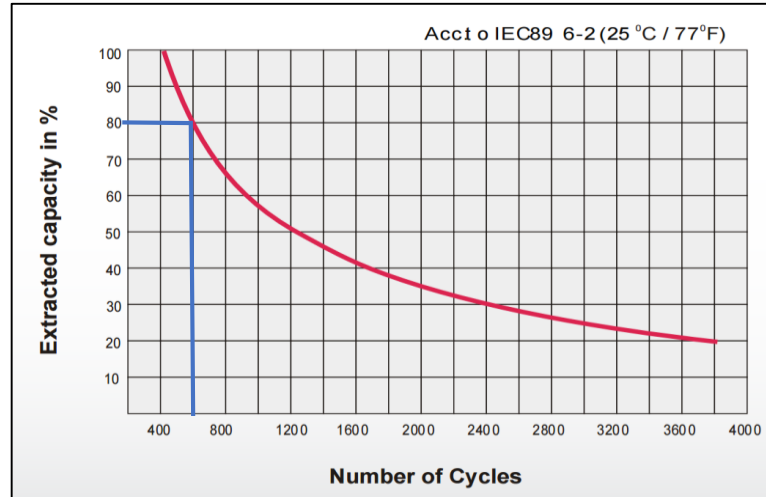
<b>Baterías</b>	<b>Ultracell</b>	<b>Ultracell</b>	<b>Excide</b>
<b>Capacidad (Ah)</b>	120	100	140
<b>Voltaje (V)</b>	12	12	12
<b>Peso (Kg)</b>	37	31	48
<b>Dimensiones (mm)</b>	240x177x225	330x173x212	513x223x223
<b>Capacidad específica (Wh/Kg)</b>	38	38	35

Por lo tanto, las baterías Ultracell de 120Ah cumplen con los parámetros necesarios. Estas no son contaminantes y tiene un peso 37 Kg, lo cual sumando las cuatros se tiene 148 kg. Sin embargo, presenta una desventaja al tener una menor capacidad específica a la que se calculó anteriormente, pero al poseer el motor y el controlador seleccionados permiten recuperar energía con el freno regenerativo en los descensos y desaceleraciones. Entonces la capacidad de 120 Ah consigue satisfacer las necesidades del motor eléctrico.



**Figura 32** : Batería Ultracell Fuente [33].

Para poder ver los ciclos de vida de la batería, los fabricantes brinda un diagrama donde lo recomendable es que no llegue a descargarse más allá del 80%, por lo que da 600 ciclo de vida para la batería seleccionada (Figura 33).



**Figura 33 :** Ciclo de vida en relación con profundidad de descarga Fuente [33].

### Calculo real

Una vez ya seleccionado los componentes, se calcula nuevamente incluyendo el peso bruto para el cálculo real del motor. En la Tabla 30, se encuentra los pesos de cada componente del Buggy.

**Tabla 30 :** Valores reales de los pesos

Componente	Peso (Kg)
<b>Carrocería</b>	113
<b>Pasajeros</b>	156
<b>Motor eléctrico</b>	17
<b>Baterías</b>	148
<b>Controlador + otros</b>	6
<b>Total</b>	<b>440</b>

Una vez teniendo los valores reales, se recalcula con las Ecuaciones 3.1, 3.4, 3.5, 3.7, 3.9 y 3.10. se remplaza los valores obtenidos.

$$F_W = m * g * \text{sen } \theta$$

$$F_W = 440 \text{ kg} * \frac{9.8\text{m}}{\text{s}} * \text{sen } 5^\circ$$

$$F_W = 376.19 \text{ N}$$

En la Tabla 31, se puede observar diferentes resultados con diferentes grados de pendiente.

**Tabla 31 :** Resultados en diferentes grados de pendientes

Grados (°)	% de Pendiente	seno(Θ)	Fw (N)
0	-	0,000	0,00
1	1,7	0,017	75,25
2	3,5	0,035	150,49
3	5,2	0,052	225,67
4	7,0	0,070	300,79
<b>5</b>	<b>8,7</b>	<b>0,087</b>	<b>375,82</b>
6	10,5	0,105	450,73
7	12,3	0,122	525,50
8	14,1	0,139	600,11
9	15,8	0,156	674,55

En la Tabla 32, se puede observar diferentes resultados con velocidades distintas pero con grado 5°.

$$F_R = \mu_{c-a} * m * g * \cos \Theta$$

$$F_R = 0.016 * 4316.4 * \cos (5^\circ)$$

$$F_R = 68.8 \text{ N}$$

**Tabla 32 :** Para pendiente de 8.75% o 5

PENDIENTE GRADOS		5°
V	μ(c-a)	Fr (N)
0	0,016	67,44
10	0,016	67,71
20	0,016	68,53
<b>30</b>	<b>0,016</b>	<b>69,90</b>
40	0,017	71,81
50	0,017	74,27

En la Tabla 33, se puede observar diferentes resultados con velocidades distintas.

$$F_a = \frac{1}{2} \cdot \left( 1.1159 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) * (2.45 \text{ m}^2) * (0,7) * (8.33)^2 \text{ m/s}$$

$$F_a = 66.45 \text{ N}$$

**Tabla 33** : Resultado con diferentes velocidades para la fuerza aerodinámica

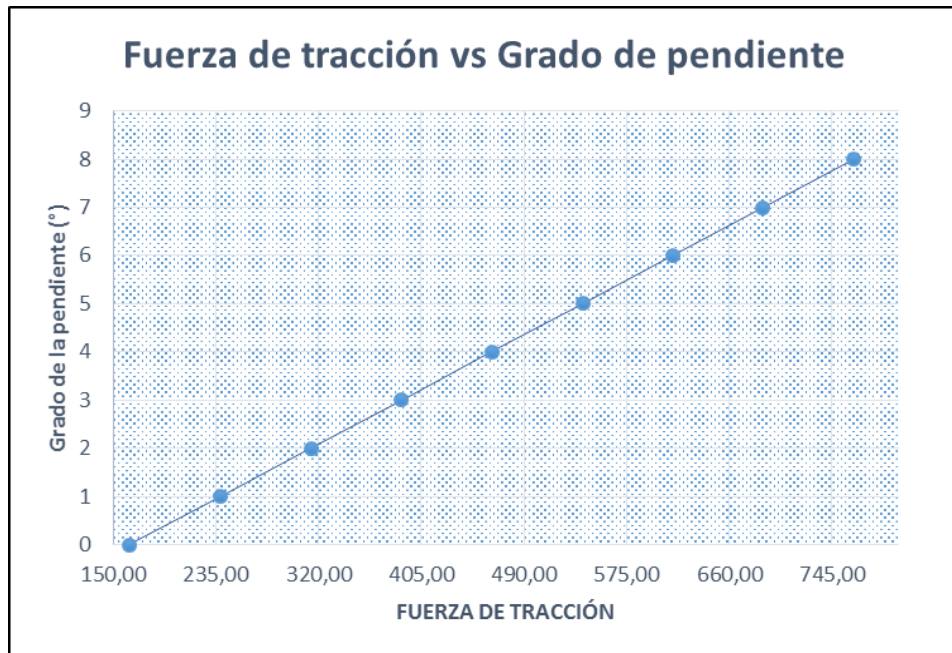
V(km/h)	V(m/s)	Fa (N)
0	0	0,00
10	2,78	7,38
20	5,56	29,53
25	6,94	46,15
<b>30</b>	<b>8,33</b>	<b>66,45</b>
40	11,11	118,13
50	13,89	184,58

$$F_t = m * a + F_R + F_W + F_a$$

$$F_t = (440 \text{ kg}) * 0.06 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} + 68.91\text{N} + 376.19 \text{ N} + 66.45 \text{ N}$$

$$F_t = 537.95 \text{ N}$$

Con los datos obtenidos de las Tablas 31, 32 y 33 se puede interpretar que la fuerza de tracción va cambiando de acuerdo a la inclinación de la pendiente (en grados), según el recorrido del Buggy. Para ello se realizó la Figura 34, de los diferentes grados de inclinación con los datos anteriores.



**Figura 34** : Fuerza de Tracción VS Grado de pendiente



Al aplicar la Ecuación 3.9, se obtiene el valor de la potencia requerida para impulsar el vehículo en condiciones de pendiente máxima, ya que en este escenario se requiere el mayor desempeño del motor.

$$P_{\text{calculada}} = F_t * V_{\text{max}}$$

$$P_{\text{calculada}} = 537.95 \text{ N} * 8.33 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$P_{\text{calculada}} = 4481.123 \text{ W}$$

Para seleccionar el motor, se calcula su potencia utilizando la Ecuación 3.10.

$$p_{\text{motor}} = \frac{P_{\text{calculada}}}{\text{Eficiencia}}$$

$$p_{\text{motor}} = \frac{4481.123 \text{ W}}{0.80}$$

$$p_{\text{motor}} = 5601.4 \text{ W} = 5.6 \text{ kW} = 7.5 \text{ HP}$$

### 3.2.9. Cálculo del torque en las ruedas

Una vez obtenida la fuerza de tracción, esta se multiplica por el radio de la rueda para encontrar el torque necesario para impulsar el vehículo como se muestra en la Ecuación 3.12.

$$T_{\text{rueda}} = F_t * R_{\text{rueda}} \quad \text{Ecuación 3.12.}$$

**Donde**

$T_{\text{rueda}}$  = Torque (N.m)

$F_t$  = Fuerza de tracción (N)

$R_{\text{rueda}}$  = Radio de la rueda (m)

Remplazando valores se obtiene

$$T_{\text{rueda}} = 537.95 \text{ N} * 0.2 \text{ m}$$

$$T_{\text{rueda}} = 107.6 \text{ N.m}$$

### 3.2.10. Relación de transmisión

Para determinar la relación de transmisión del torque del motor eléctrico elegido, se utilizará la Ecuación 3.13. Esta ecuación se utiliza cuando la máquina eléctrica entrega potencia mecánica, es decir funciona como motor (impulsa al vehículo) [9].

$$T_{\text{motor}} = \frac{R_{\text{rueda}}}{\eta_g * G} * F_t \quad \text{Ecuación 3.13.}$$

**Donde**

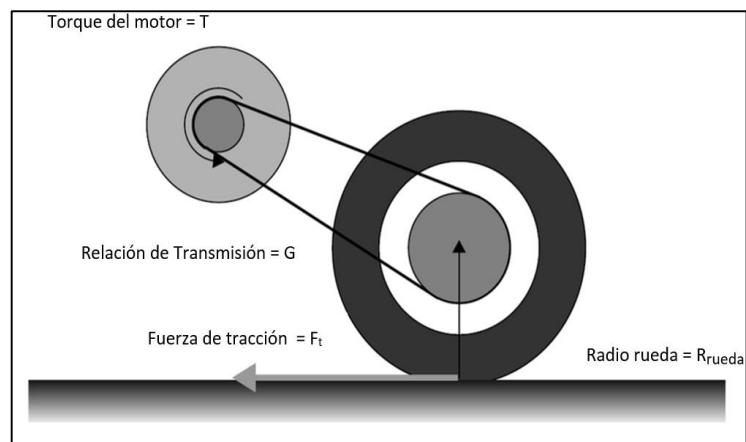
$T_{\text{motor}}$  = Torque del Motor (impulsar al Buggy).

$R_{\text{rueda}}$  = Radio de la rueda (m).

$\eta_g$  = eficiencia de la transmisión elegida (0.96).

$G$  = Relación de transmisión entre el motor y las ruedas.

En la Figura 35, se muestra la representación del sistema de transmisión..



**Figura 35 :** Representación de la transmisión por cadena Fuente [9].

Remplazando la Ecuación 3.12.en la Ecuación 3.13. Se tiene:

$$T_{\text{motor}} = \frac{T_{\text{rueda}}}{\eta_g * G} \quad \text{Ecuación 3.13.}$$

Despejando la relación de transmisión  $G$ , se tiene:

$$G = \frac{T_{\text{rueda}}}{\eta_g * T_{\text{motor}}}$$

Remplazando valores:

$$G = \frac{107.6 \text{ Nm}}{(0.96) * (27.16 \text{ Nm})}$$

$$G = 4.1$$

### 3.2.11. Cálculo de velocidad máxima

Con la velocidad angular ( $W_{\text{motor}}$ ) del motor eléctrico seleccionando de 0 a 2600 rpm, se calcula la velocidad máxima que puede obtener el vehículo con la relación de transmisión calculada. Por lo tanto, se debe transformar las rpm a radianes por segundos

$$W_{\text{motor}} = \frac{2600 \text{ rpm}}{1 \text{ min}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} * \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} = 272.27 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

La velocidad angular en la rueda se calcula con la Ecuación 3.14. [9].

$$W_{\text{rueda}} = \frac{W_{\text{motor}}}{G} * \eta_g \quad \text{Ecuación 3.14.}$$

Remplazando los valores se tiene:

$$W_{\text{rueda}} = \frac{272.27 \frac{\text{rad}}{\text{s}}}{4.1} * (0.96)$$

$$W_{\text{rueda}} = 63.75 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Con la Ecuación 3.15. Se puede calcular la velocidad lineal de la rueda:

$$V_{\text{rueda}} = \frac{W_{\text{rueda}}}{r_{\text{rueda}}} \quad \text{Ecuación 3.15.}$$

Despejando la velocidad de la rueda se tiene:

$$V_{\text{rueda}} = W_{\text{rueda}} * r_{\text{rueda}}$$

$$V_{\text{rueda}} = 63.75 \frac{\text{rad}}{\text{s}} * 0.2 \text{ m}$$

Transformándole a Km/h:

$$V_{\text{rueda}} = 12.75 \frac{\text{m}}{\text{s}} * \frac{1 \text{ Km}}{1000 \text{ m}} * \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}}$$

$$V_{\text{rueda}} = 46 \frac{\text{Km}}{\text{h}}$$

Por lo que se puede concluir que el Buggy tiene una velocidad de 46 km/h.

### 3.2.12. Selección de cadena y piñones de la transmisión

Para la selección de piñones y cadena, es necesario saber algunos parámetros de funcionamiento:

- Potencia máxima del motor eléctrico = 9.5 kW.
- Relación de transmisión = 4:1
- Velocidad de giro del motor = 2600 rpm
- Velocidad de giro del eje conducido = 650 rpm
- Duración de vida útil estimada 16000 Horas

#### 3.2.12.1. Número de dientes de las ruedas de la transmisión

Primeramente, se selecciona el número de dientes para ambos piñones. Se recomienda que uno de los piñones deba tener un número de dientes impar y el otro par. Se debe encontrar un par de piñones que satisfagan la relación de transmisión de 4:1 calculada anteriormente. En la Figura 36, se suelen emplear los siguientes números de dientes tanto para la rueda menor como para la rueda mayor [34].

Piñón o rueda menor	17 - 19 - 21 - 23 - 25
Rueda mayor	38 - 57 - 76 - 95 - 114

Figura 36 : Selección de número de dientes Fuente [34].

Por lo tanto, la relación de transmisión más apropiada es de:

- Número de dientes Piñón o rueda menor,  $Z_1 = 19$
- Número de dientes rueda mayor,  $Z_2 = 76$

Utilizando la Ecuación 3.16. se obtiene la relación de transmisión:

$$G = \frac{Z_2}{Z_1} \quad \text{Ecuación 3.16.}$$

$$G = \frac{76}{19} = 4$$

### 3.2.12.2. Cálculo de la potencia corregida (Pc)

A partir de la potencia del motor eléctrico transmitida, (P) se calcula la Pc utilizando la Ecuación 3.17:

$$P_c = K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * K_5 * P \quad \text{Ecuación 3.17.}$$

#### Donde

P= Potencia máxima del motor eléctrico.

K1, K2, K3, K4, K5 = Coeficientes correctores.

#### - Coeficiente K<sub>1</sub>

Se obtiene mediante la Figura 37, siempre y cuando el número de dientes de la rueda pequeña o piñón sea distinto a 19, caso contrario si es igual el coeficiente toma de valor la unidad (K<sub>1</sub> = 1) [34].

También se puede calcular de la Ecuación 3.18.:

$$K_1 = \frac{19}{Z_1} \quad \text{Ecuación 3.18.}$$

Donde Z<sub>1</sub> es el número de dientes de la rueda pequeña o piñón.

$$K_1 = \frac{19}{19} = 1$$

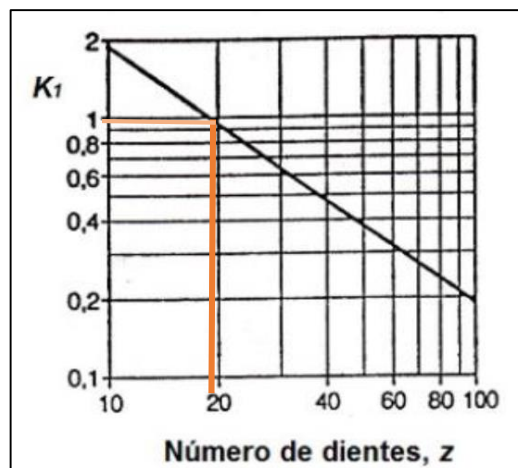


Figura 37 : Número de dientes Fuente [34].

Entonces,  $K_1 = 1$ .

- **Coefficiente  $K_2$**

Se obtiene mediante la Figura 38, este coeficiente tiene en cuenta el número de cadenas empleadas en la transmisión [34].

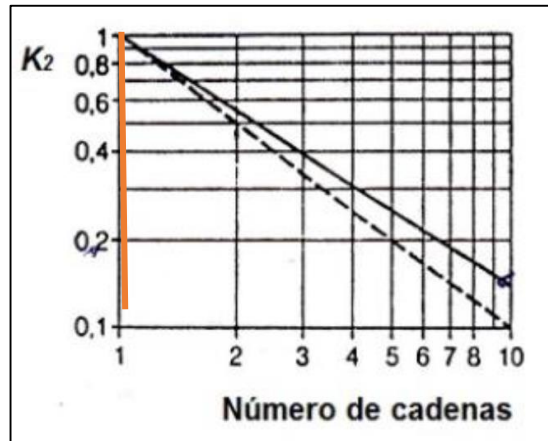


Figura 38 : Número de cadena Fuente [34].

En nuestro caso es una cadena simple, es decir  $K_2 = 1$ .

- **Coefficiente  $K_3$**

Se obtiene mediante la Figura 39, este coeficiente depende del número de eslabones o enlaces que conforman la cadena. En esta primera iteración de cálculo que al carecer de información sobre la longitud que saldrá de la cadena, se va a suponer que una cadena de 120 eslabones es lo recomendable [34].

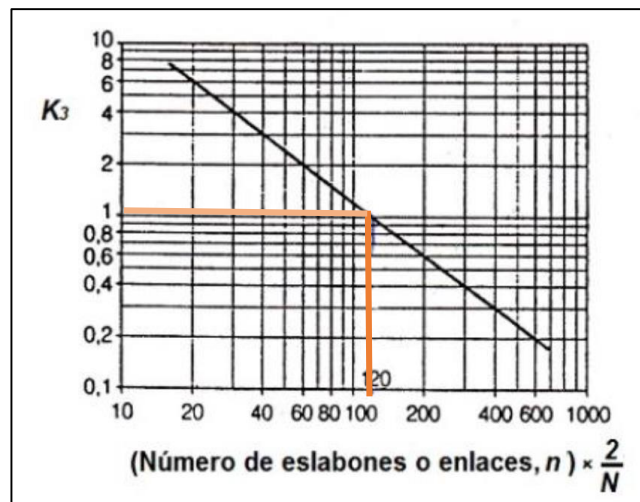


Figura 39 : Número de eslabones Fuente [34].

Por lo tanto, el coeficiente  $K_3 = 1$ .

- **Coefficiente  $K_4$**

Es el factor de servicio, la Tabla 34, muestran tipos de carga con sus respectivos coeficientes.

Tabla 34 : Tipo de carga Fuente [28].

Tipo de carga	Tipo de impulsor		
	Impulsor hidráulico	Motor eléctrico o turbina	Motor de combustión interna con transmisión mecánica
<b>Uniforme</b> (agitadores, ventiladores, transportadores con carga ligera y uniforme)	1.0	1.0	1.2
<b>Choque moderado</b> (Máquinas herramientas grúas, transportadores pesados, mezcladores de alimentos, molinos)	1.2	1.3	1.4
<b>Choque pesado</b> (prensas de troquelado, molinos de martillo, transportadores alternos, accionamiento de molino de rodillos)	1.4	1.5	1.7

En este caso, al tratarse de un motor eléctrico se tomó el factor de servicio de  $K_4=1,3$ .

- **Coefficiente  $K_5$**

Es el coeficiente de duración en función de la vida útil prevista para la cadena. Para este coeficiente se utiliza la Figura 40 [34].

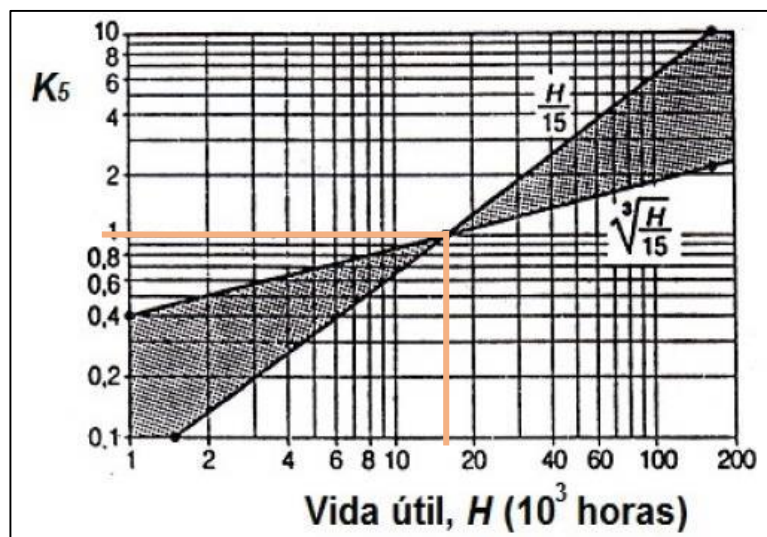


Figura 40 : Función de la vida Útil en horas Fuente [34].

Se estima una duración de 16000 horas, resultando un coeficiente  $K_5=1$ .

Una vez obtenidos todos los coeficientes, se calcula la potencia corregida para lo cual se reemplaza los valores en la Ecuación 3.17.

$$P_c = (1 * 1 * 1 * 1.3 * 1 * (9.5KW))$$

$$P_c = 12.35 \text{ KW}$$

### 3.2.12.3. Selección de tipo de cadena

Para la selección de cadena, se utiliza la Figura 42 (pág. 73) mediante el uso de los siguientes valores:

- ✓ Potencia corregida ( $P_c=12.35 \text{ kW}$ ).
- ✓ Cadena simple.
- ✓ Velocidad de giro del piñón 2600 rpm.

Con estos parámetros, el resultado obtenido en la Figura 42 (pág. 73), es una cadena Tipo 08B; de paso  $p=12,7 \text{ mm}$ .

### 3.2.12.4. Cálculo del diámetro primitivo de las ruedas ( $D_p$ )

Los diámetros primitivos de las ruedas se calculan mediante la siguiente Ecuación 3.18. [34].

$$D_p = \frac{p}{\text{sen} \frac{\pi}{z}} \quad \text{Ecuación 3.18.}$$

**Donde**

$p$  = paso (mm)

$Z$  = número de dientes

En el caso de la rueda piñón:

$$D_{P1} = \frac{12.7 \text{ mm}}{\text{sen} \frac{\pi}{19}}$$

$$D_{P1} = 77.16 \text{ mm}$$



En el caso de la rueda mayor:

$$D_{P2} = \frac{12.7 \text{ mm}}{\sin \frac{\pi}{76}}$$

$$D_{P2} = 307.32 \text{ mm}$$

### 3.2.12.5. Cálculo de la longitud de la cadena (L)

La longitud total (L) de la cadena se calcula mediante la siguiente Ecuación 3.19. [34].

$$\frac{L}{p} = \frac{(Z_1 + Z_2)}{2} + (Z_1 + Z_2) * \frac{\beta}{\pi} + O_1 O_2 * \cos \beta * \frac{2}{p} \quad \text{Ecuación 3.19.}$$

#### Donde

L= longitud total de la cadena (mm)

p = paso de cadena (mm)

Z<sub>1</sub>= números de dientes del piñón

Z<sub>2</sub> = número de diente de la rueda mayor

O<sub>1</sub>O<sub>2</sub> = Distancia entre centros de las ruedas (mm)

β= Ángulo de contacto (radianes)

Para el ángulo de contacto se obtiene de la siguiente Ecuación 3.20. [34].

$$\beta = \sin^{-1} \left( \frac{r_1 - r_2}{O_1 O_2} \right) \quad \text{Ecuación 3.20.}$$

#### Donde

R<sub>1</sub> =radio del piñón.

R<sub>2</sub> =radio de la rueda mayor.

En la siguiente Figura 41, se recomienda la distancia entre centros para la cadena de 12,7 mm de paso, en este caso la distancia entre centro es O<sub>1</sub>O<sub>2</sub> = 600 mm.

PASO	Pulg (mm)	$\frac{3}{8}$ 9,525	$\frac{1}{2}$ 12,70	$\frac{5}{8}$ 15,875	$\frac{3}{4}$ 19,05
DISTANCIA ENTRE CENTROS	(mm)	450	600	750	900
PASO	Pulg (mm)	$1\frac{1}{2}$ 38,10	$1\frac{3}{4}$ 44,45	2 50,80	$2\frac{1}{2}$ 63,50
DISTANCIA ENTRE CENTROS	(mm)	1350	1500	1700	1800

**Figura 41** : Distancia entre centros para cadena Fuente [34].

Entonces remplazamos valores en Ecuación 3.20.

$$\beta = \text{sen}^{-1}\left(\frac{38.58 - 153.66}{600}\right)$$

$$\beta = 0.193^\circ$$

Una vez obtenido el ángulo de contacto y la distancia entre centros, se remplaza valores en la Ecuación 3.19. [34].

$$\frac{L}{p} = \frac{(19 + 76)}{2} + (19 + 76) * \frac{0.193}{\pi} + 600 * \cos 0.193 * \frac{2}{12.7}$$

$$\frac{L}{p} = 146$$

Entonces la longitud total de la cadena es:

$$L = 146 * 12.7$$

$$L = 1855.08 \text{ mm}$$

Con la longitud real de la cadena (L) y su número de eslabones (L/p) se recalcula el coeficiente  $K_3$  en la Figura 39.

-Para lo cual,  $K_3=0.8$

Con este valor, se recalcula la potencia corregida ( $P_c$ ) con la Ecuación 3.17.

$$P_c = 1 * 1 * 0.8 * 1.3 * 1 * 9.5 \text{ KW}$$

$$P_c = 9.88 \text{ KW}$$

Otra vez, se selecciona el tipo de cadena ya con los valores reales obtenidos:

- ✓ Potencia corregida ( $P_c = 9.88 \text{ KW}$ ).
- ✓ Cadena simple.
- ✓ Velocidad de giro del piñón 2600 rpm.

Con esto valores nuevos se tiene:

<b>Resultado Final</b>	
<b>Cadena</b>	Serie Tipo 08B, en la norma DIN/ISO corresponde a una cadena 08B-01. (Ver anexo página 126)
	Paso= 12.7 mm
	Cadena simple de rodillos
	Longitud =1856 mm
	N° de Eslabones=146
	Distancia entre centros = 600 mm
<b>Rueda menor o Piñón</b>	Numero de dientes = 19
	Diámetro primitivo = 77.16 mm
<b>Rueda Mayor</b>	Numero de dientes = 76
	Diámetro primitivo = 307.32 mm

## Diagramas de selección de las cadenas de transmisión de potencia Series A (serie americana) y B (serie europea)

CHAÎNES MÉCANIQUES

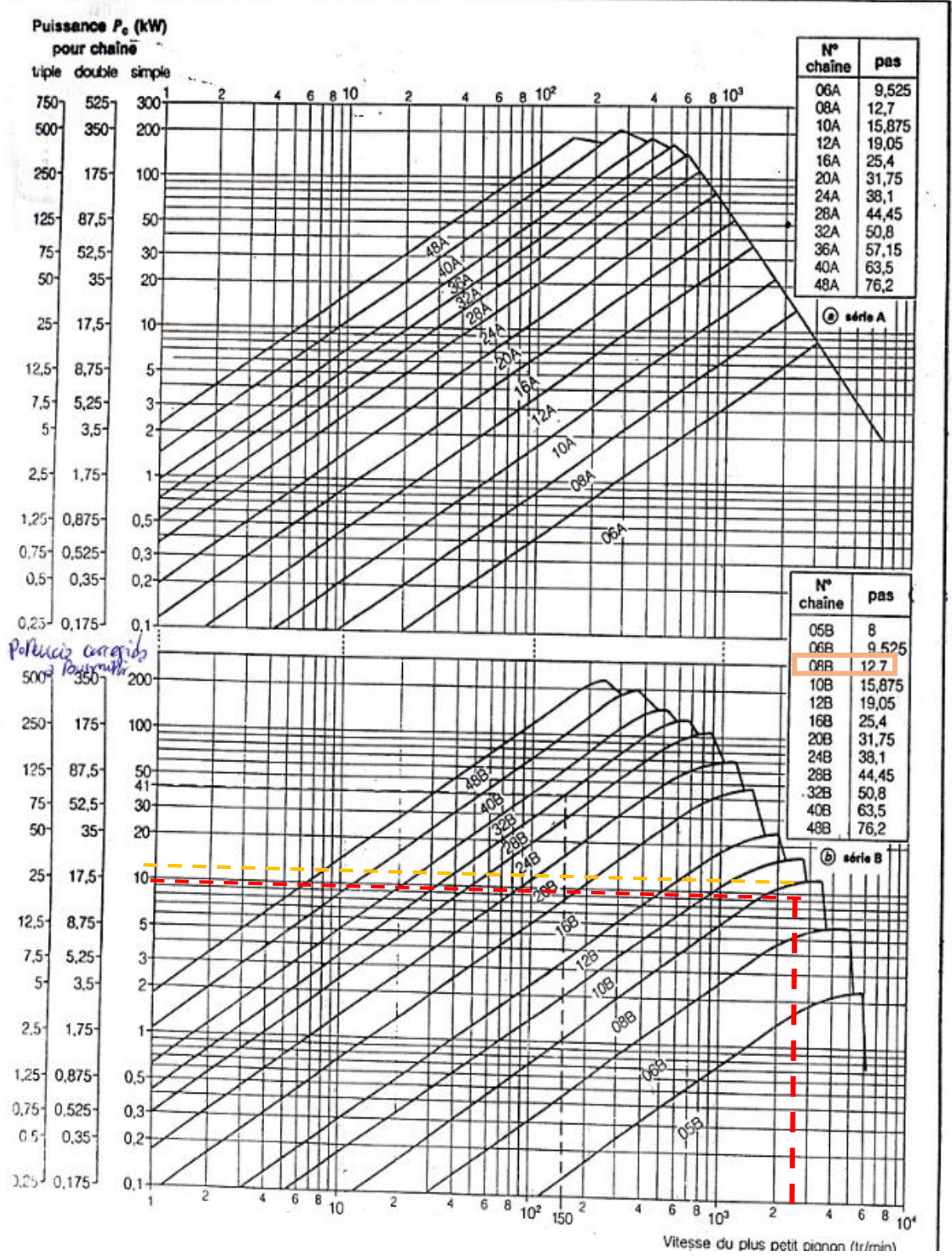


Figura 42 : Diagrama de selección de las cadenas Fuente [34].

### 3.2.13. Selección de cable

Para la selección del cable, se debe considerar su asilamiento, que depende de la temperatura, corriente y voltaje de operación [15].

#### a) Cables de control de accesorios (baja tensión)

Los cables para bajo voltaje, (12V) que son principalmente para el interruptor de encendido, luces intermitentes, encendido de accesorios, palanca de selección de giro del motor, entre otros, necesitaran baja corriente con un máximo de 15A [15].

En la Figura 44, se muestran el calibre AWG con su carga máxima en amperios en la cual se utiliza un cable número 11 [26].

#### b) Cables de motor y baterías (alta tensión)

Este cable de alta tensión es el que va a descargar la energía de las baterías para dar alimentación al motor eléctrico. Las condiciones de funcionamiento del cable de potencia son de 48V, trasladando la corriente desde las baterías hasta el controlador y de este a la alimentación del motor [15].

Se puede calcular la corriente con la Ecuación 3.21. [15].

$$i = \frac{P}{V} \quad \text{Ecuación 3.21.}$$

#### Donde

$i$  = Corriente (amperios)

$P$  =Potencia máxima del Motor (W)

$V$ =Voltaje de funcionamiento (V)

Entonces remplazando valores en la Ecuación 3.21 se tiene:

$$i = \frac{9500W}{48V} = 198A = 200A$$

Con estos resultados y de acuerdo a la Figura 43, se selecciona un cable número 0.

AWG	Dia-mils	TPI	Dia-mm	Circ-mils	Ohms/Kft	Ft/Ohm	Ft/Lb	Ohms/Lb	Lb/Kft	*Amps	MaxAmps
0000	459.99	2.1740	11.684	211592	0.0490	20402	1.5613	0.0001	640.48	282.12	423.18
000	409.63	2.4412	10.405	167800	0.0618	16180	1.9688	0.0001	507.93	223.73	335.60
00	364.79	2.7413	9.2657	133072	0.0779	12831	2.4826	0.0002	402.80	177.43	266.14
AWG	Dia-mils	TPI	Dia-mm	Circ-mils	Ohms/Kft	Ft/Ohm	Ft/Lb	Ohms/Lb	Lb/Kft	*Amps	MaxAmps
0	324.85	3.0783	8.2513	105531	0.0983	10175	3.1305	0.0003	319.44	140.71	211.06
1	289.29	3.4567	7.3480	83690	0.1239	8069.5	3.9475	0.0005	253.33	111.59	167.38
2	257.62	3.8817	6.5436	66369	0.1563	6399.4	4.9777	0.0008	200.90	88.492	132.74
3	229.42	4.3588	5.8272	52633	0.1970	5075.0	6.2767	0.0012	159.32	70.177	105.27
4	204.30	4.8947	5.1893	41740	0.2485	4024.7	7.9148	0.0020	126.35	55.653	83.480
5	181.94	5.4964	4.6212	33101	0.3133	3191.7	9.9804	0.0031	100.20	44.135	66.203
6	162.02	6.1721	4.1153	26251	0.3951	2531.1	12.585	0.0050	79.460	35.001	52.501
7	144.28	6.9308	3.6648	20818	0.4982	2007.3	15.869	0.0079	63.014	27.757	41.635
8	128.49	7.7828	3.2636	16509	0.6282	1591.8	20.011	0.0126	49.973	22.012	33.018
9	114.42	8.7396	2.9063	13092	0.7921	1262.4	25.233	0.0200	39.630	17.456	26.185
AWG	Dia-mils	TPI	Dia-mm	Circ-mils	Ohms/Kft	Ft/Ohm	Ft/Lb	Ohms/Lb	Lb/Kft	*Amps	MaxAmps
10	101.90	9.8140	2.5881	10383	0.9989	1001.1	31.819	0.0318	31.428	13.844	20.765
11	90.741	11.020	2.3048	8233.9	1.2596	793.93	40.122	0.0505	24.924	10.978	16.468
12	80.807	12.375	2.0525	6529.8	1.5883	629.61	50.593	0.0804	19.765	8.7064	13.060
13	71.961	13.896	1.8278	5178.3	2.0028	499.31	63.797	0.1278	15.675	6.9045	10.357
14	64.083	15.605	1.6277	4106.6	2.5255	395.97	80.447	0.2031	12.431	5.4755	8.2132
15	57.067	17.523	1.4495	3256.7	3.1845	314.02	101.44	0.3230	9.8579	4.3423	6.5134
16	50.820	19.677	1.2908	2582.7	4.0156	249.03	127.91	0.5136	7.8177	3.4436	5.1654
17	45.257	22.096	1.1495	2048.2	5.0636	197.49	161.30	0.8167	6.1997	2.7309	4.0963
18	40.302	24.813	1.0237	1624.3	6.3851	156.62	203.39	1.2986	4.9166	2.1657	3.2485
19	35.890	27.863	0.9116	1288.1	8.0514	124.20	256.47	2.0648	3.8991	1.7175	2.5762
AWG	Dia-mils	TPI	Dia-mm	Circ-mils	Ohms/Kft	Ft/Ohm	Ft/Lb	Ohms/Lb	Lb/Kft	*Amps	MaxAmps
20	31.961	31.288	0.8118	1021.5	10.153	98.496	323.41	3.2832	3.0921	1.3620	2.0430
21	28.462	35.134	0.7229	810.10	12.802	78.111	407.81	5.2205	2.4521	1.0801	1.6202
22	25.346	39.453	0.6438	642.44	16.143	61.945	514.23	8.3009	1.9446	0.8566	1.2849
23	22.572	44.304	0.5733	509.48	20.356	49.125	648.44	13.199	1.5422	0.6793	1.0190
24	20.101	49.750	0.5106	404.03	25.669	38.958	817.66	20.987	1.2230	0.5387	0.8081
25	17.900	55.866	0.4547	320.41	32.368	30.895	1031.1	33.371	0.9699	0.4272	0.6408
26	15.940	62.733	0.4049	254.10	40.815	24.501	1300.1	53.061	0.7692	0.3388	0.5082
27	14.195	70.445	0.3606	201.51	51.467	19.430	1639.4	84.371	0.6100	0.2687	0.4030
28	12.641	79.105	0.3211	159.80	64.898	15.409	2067.3	134.15	0.4837	0.2131	0.3196
29	11.257	88.830	0.2859	126.73	81.835	12.220	2606.8	213.31	0.3836	0.1690	0.2535
AWG	Dia-mils	TPI	Dia-mm	Circ-mils	Ohms/Kft	Ft/Ohm	Ft/Lb	Ohms/Lb	Lb/Kft	*Amps	MaxAmps
30	10.025	99.750	0.2546	100.50	103.19	9.6906	3287.1	339.18	0.3042	0.1340	0.2010
31	8.9276	112.01	0.2268	79.702	130.12	7.6850	4145.0	539.32	0.2413	0.1063	0.1594
32	7.9503	125.78	0.2019	63.207	164.08	6.0945	5226.7	857.55	0.1913	0.0843	0.1264
33	7.0799	141.24	0.1798	50.125	206.90	4.8332	6590.8	1363.6	0.1517	0.0668	0.1003
34	6.3048	158.61	0.1601	39.751	260.90	3.8329	8310.8	2168.1	0.1203	0.0530	0.0795
35	5.6146	178.11	0.1426	31.524	328.99	3.0396	10480	3447.5	0.0954	0.0420	0.0630
36	5.0000	200.00	0.1270	25.000	414.85	2.4105	13215	5481.7	0.0757	0.0333	0.0500
37	4.4526	224.59	0.1131	19.826	523.11	1.9116	16663	8716.2	0.0600	0.0264	0.0397
38	3.9652	252.20	0.1007	15.723	659.63	1.5160	21012	13859	0.0476	0.0210	0.0314
39	3.5311	283.20	0.0897	12.469	831.78	1.2022	26496	22037	0.0377	0.0166	0.0249
AWG	Dia-mils	TPI	Dia-mm	Circ-mils	Ohms/Kft	Ft/Ohm	Ft/Lb	Ohms/Lb	Lb/Kft	*Amps	MaxAmps
40	3.1445	318.01	0.0799	9.8880	1048.9	0.9534	33410	35040	0.0299	0.0132	0.0198

Figura 43 : Catálogo de selección de cables Fuente [26].

### 3.2.14. Análisis de los soportes

Para la construcción de los soportes, se realiza un análisis estático con el software Solidwoks, para comprobar que el diseño de los soportes proporcione la resistencia adecuada. Los resultados de las simulaciones se muestran a continuación.

### 3.2.14.1. Simulación del soporte del motor

El soporte del motor va ensamblado al soporte de transmisión. Se asigna las características de material estructural de Acero ASTM A36 que son específicamente para estructuras. Este soporte está sometido a tres cargas: al peso del motor, la fuerza de gravedad y la torsión de la cadena que se ejerce en el movimiento del motor. La cadena esta sujeta con el soporte de transmisión en la parte inferior de las placas.

En la Figura 44, se observa las cargas aplicadas que van a ser aplicadas en el soporte del motor se realiza un análisis estático por el software Solidwoks.

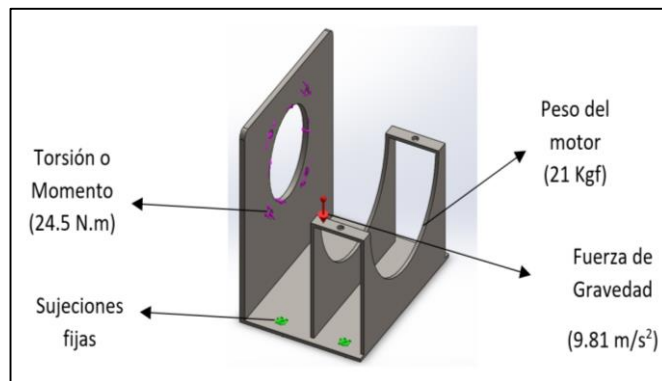


Figura 44 : Diseño del soporte del Motor eléctrico

En la Figura 45, se ilustra la generación del análisis estático y creación de nodos en el soporte del motor.

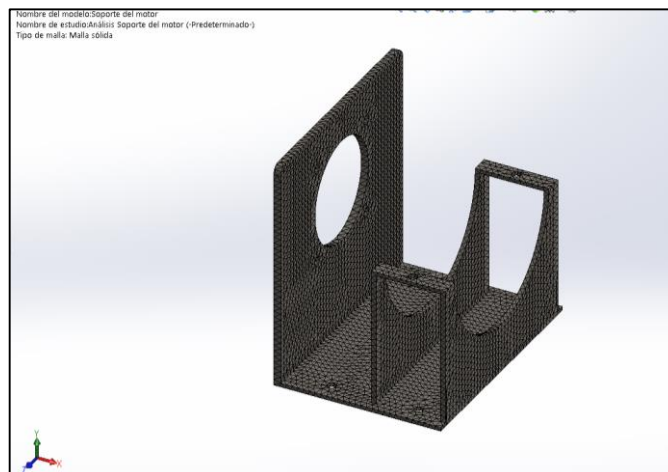
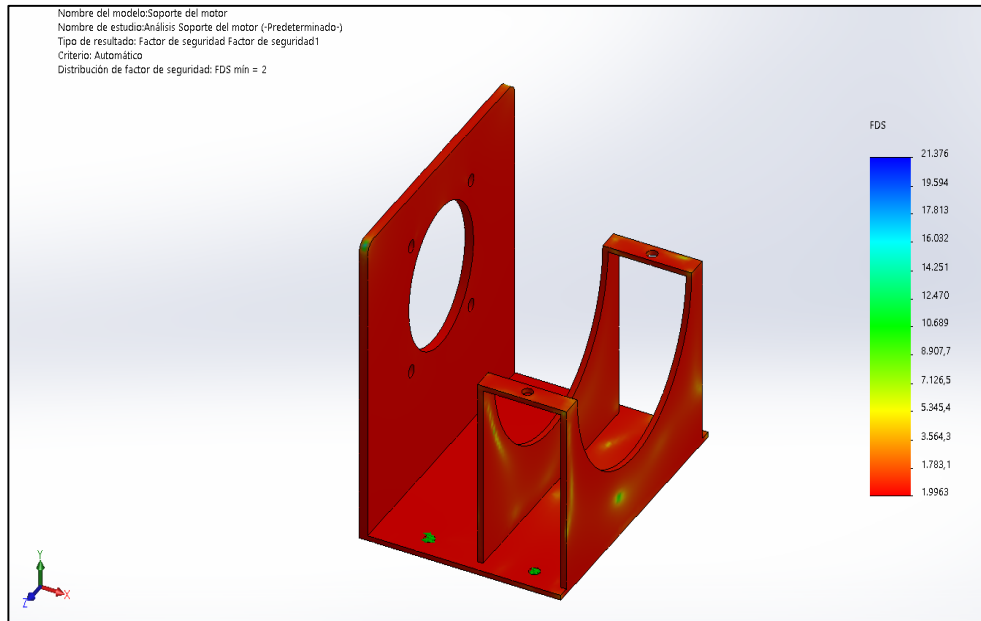


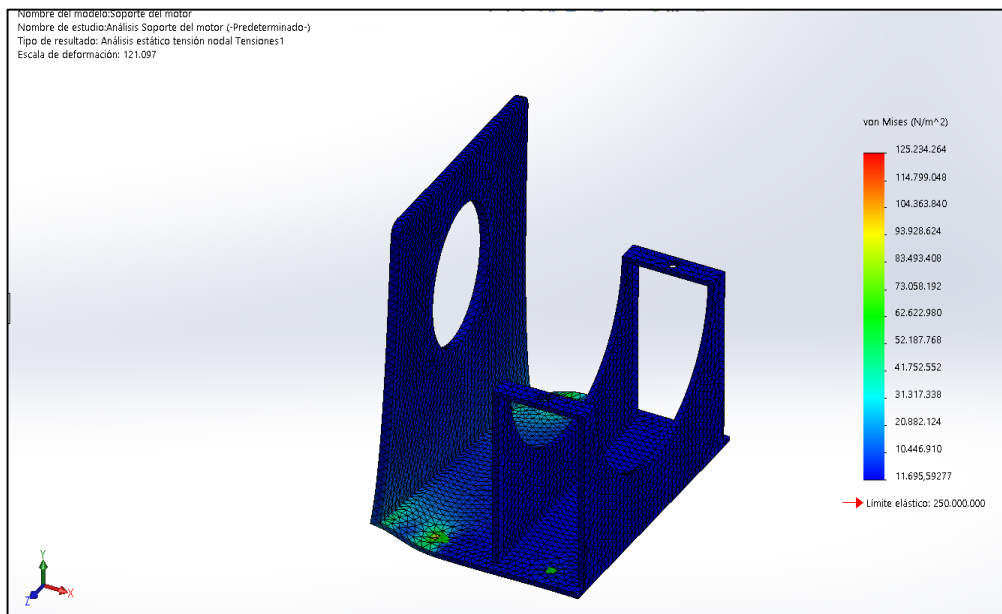
Figura 45 : Mallado del diseño del soporte del motor

En la Figura 46, se ilustra el factor de seguridad para el soporte del motor, la cual dio un factor de seguridad de 2 mayor a 1, por lo tanto el diseño cumple con los criterios requeridos y es seguro su diseño.



**Figura 46 :** Factor de seguridad para el diseño del soporte del motor

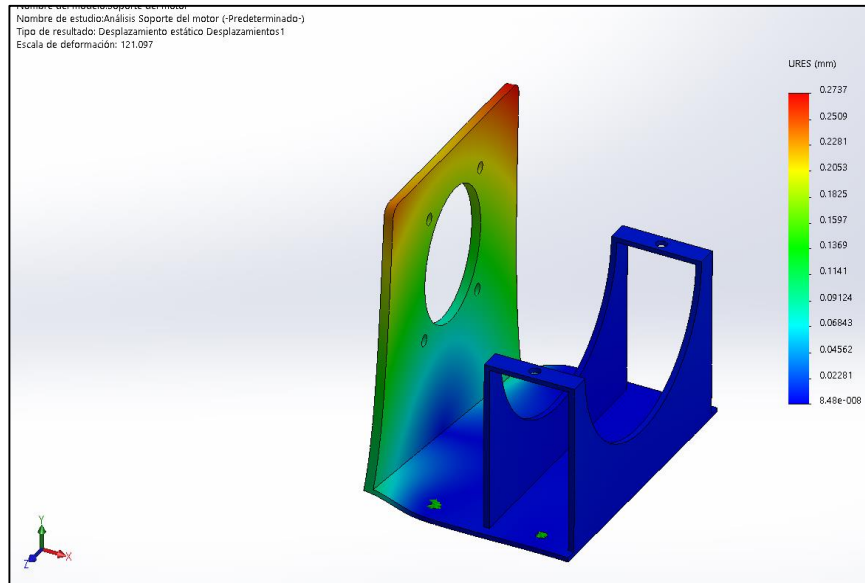
En la Figura 47, se ilustra las tensiones de von Mises para el soporte del motor, este resultado cumple con el diseño ya que no pasa del límite elástico del material.



**Figura 47 :** Tensión de Von Mises

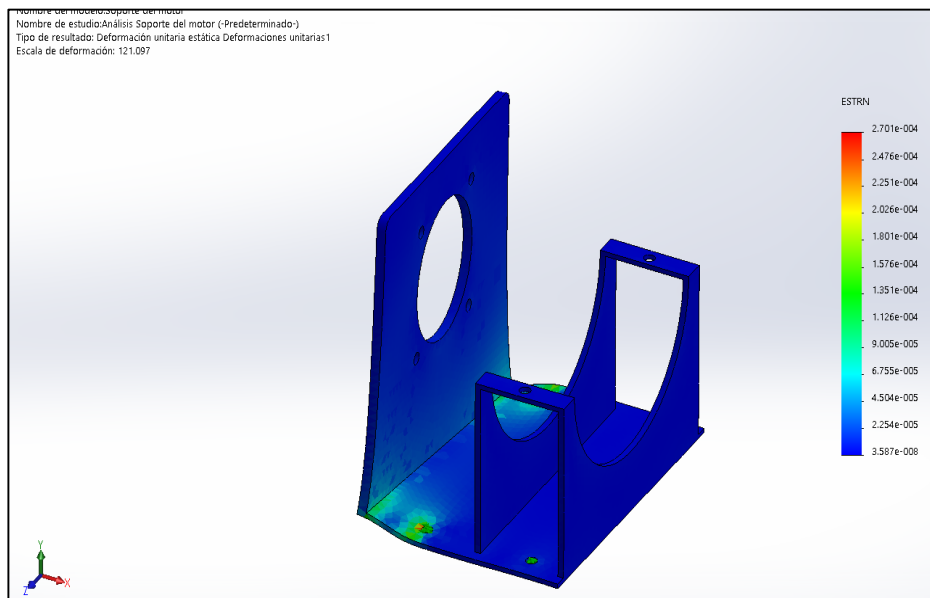
En la Figura 48, se ilustra el desplazamiento del soporte del motor. En el análisis no tiene mayor desplazamiento en el soporte.





**Figura 48** : Desplazamiento

En la Figura 49, se ilustra las deformaciones unitarias que presenta el soporte del motor.



**Figura 49** : Deformaciones Unitarias

El análisis, obtenido permite concluir que el diseño cumple con los criterios requeridos. El soporte aprueba para su construcción teniendo un factor de seguridad de 2. En la Figura 50, se muestra el soporte ensamblado al motor.

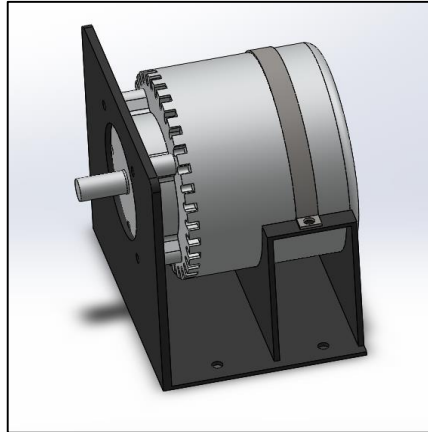


Figura 50 : Diseño del soporte del motor

### 3.2.14.2. Simulación del soporte de transmisión

El soporte de transmisión va sujetado a la estructura del chasis del Buggy. Para lo cual se asignó las características de material de Acero ASTM 36. Este soporte está sometido a 4 cargas: el soporte del motor, la fuerza de gravedad, el peso de transmisión y la tensión de cadena. En la Figura 51, se ilustra las cargas aplicadas que van a ser aplicadas en el soporte de transmisión lo cual se realiza un análisis estático por el software Solidwoks.

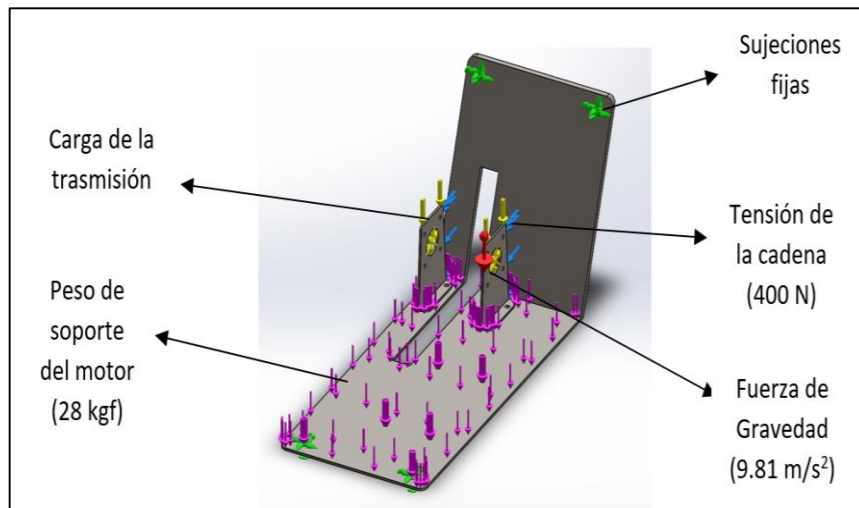
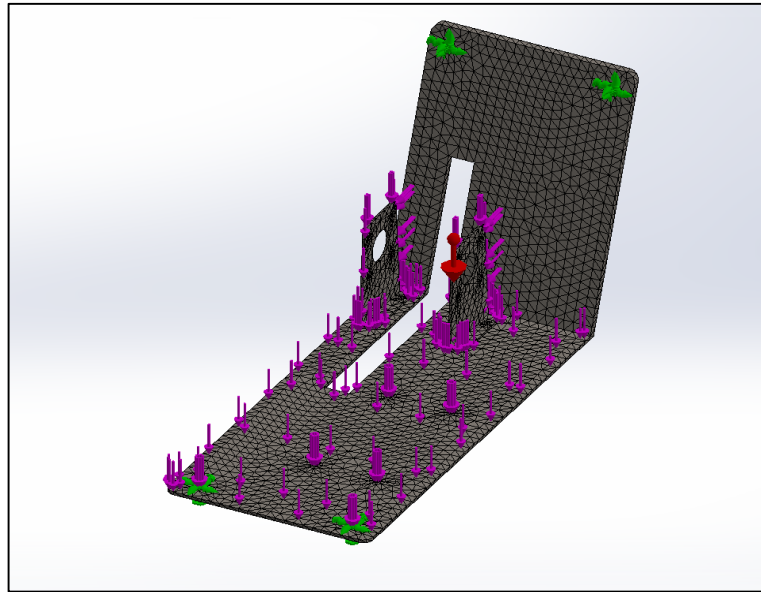


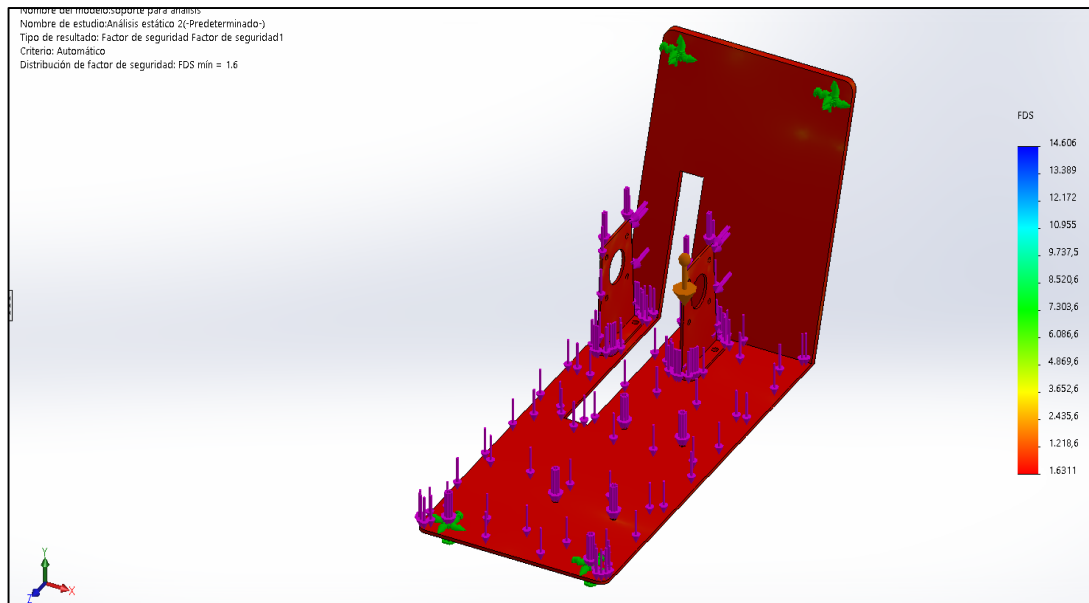
Figura 51 : Diseño del soporte de transmisión

En la Figura 52, se ilustra la generación del análisis estático y creación de nodos en el soporte de transmisión.



**Figura 52 :** Mallado del soporte de transmisión

En la Figura 53, se ilustra el factor de seguridad para el soporte de transmisión, la cual dio un factor de seguridad de 1.6 mayor a 1, por lo tanto el diseño cumple con los criterios requeridos.



**Figura 53 :** Factor de seguridad

En la Figura 54, se simula el desplazamiento del soporte de transmisión en el software Solidwokr.

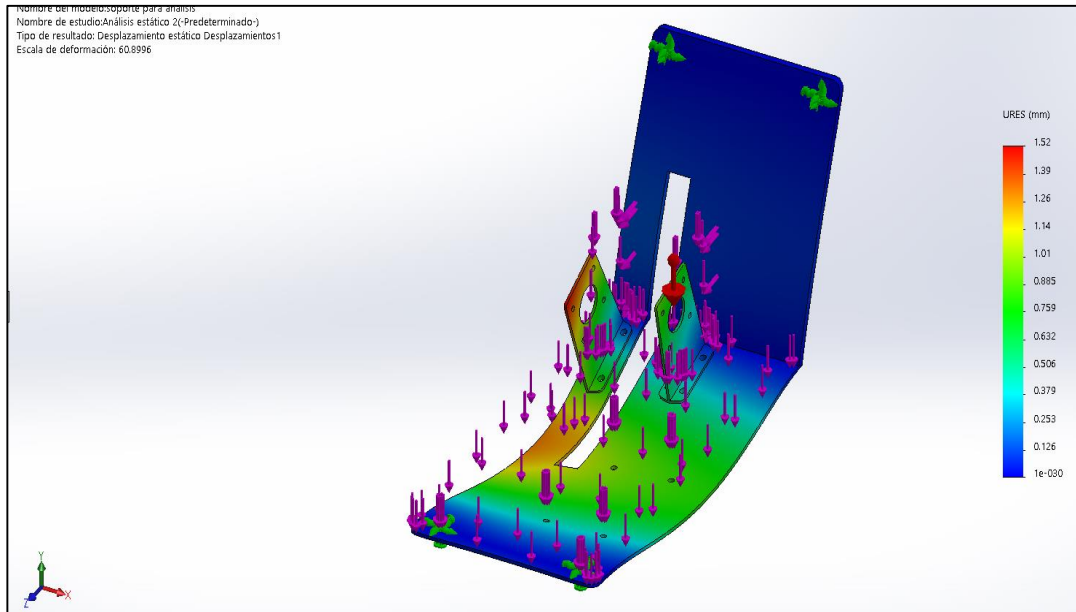


Figura 54 : Desplazamiento

En la Figura 55, se ilustra las tensiones de von Mises para el soporte de transmisión, esta resultado cumple con el diseño ya que no pasa del límite elástico del material.

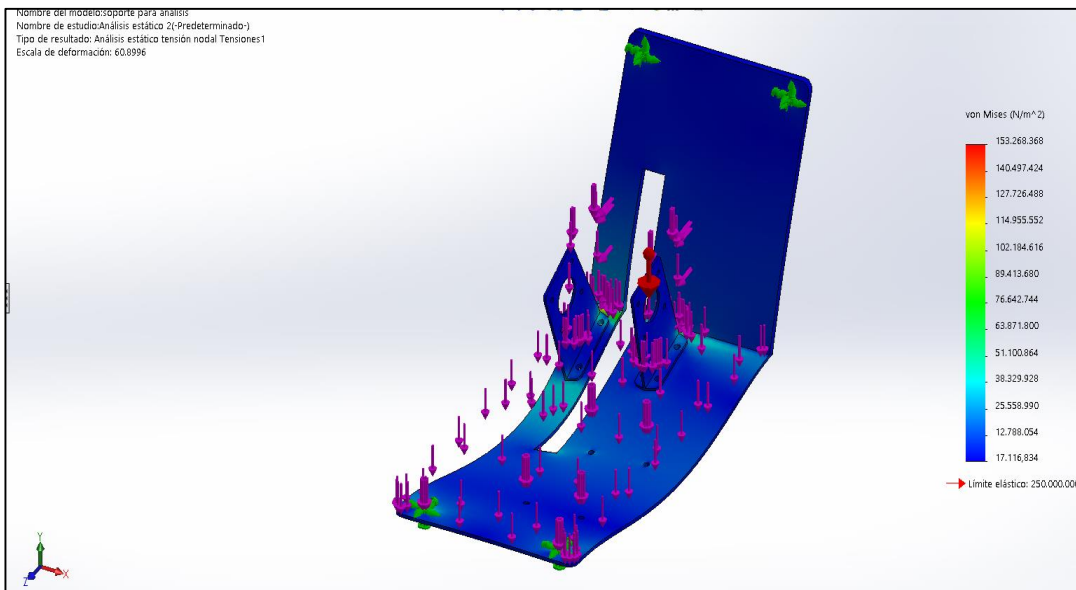
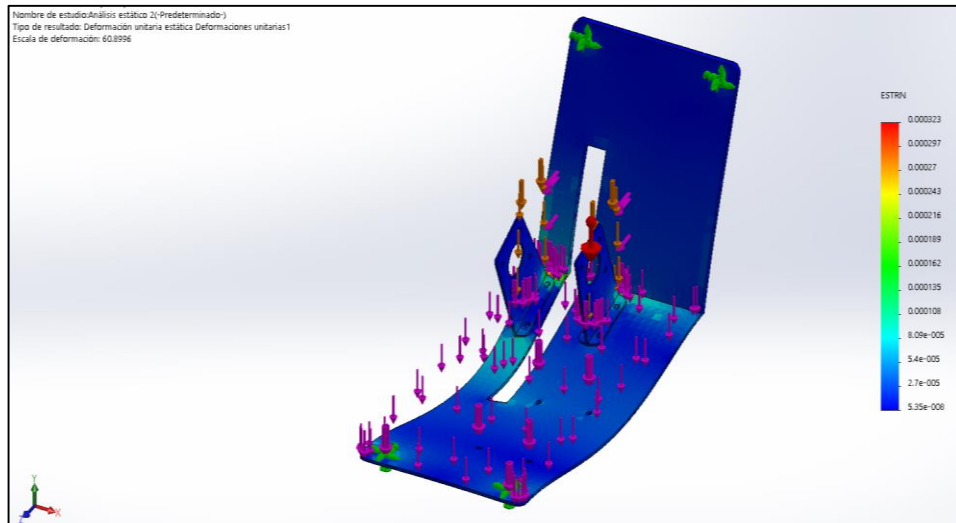


Figura 55 : Tensión de Von Mises

En la Figura 56, se ilustra las deformaciones unitarias que presenta el soporte de transmisión.

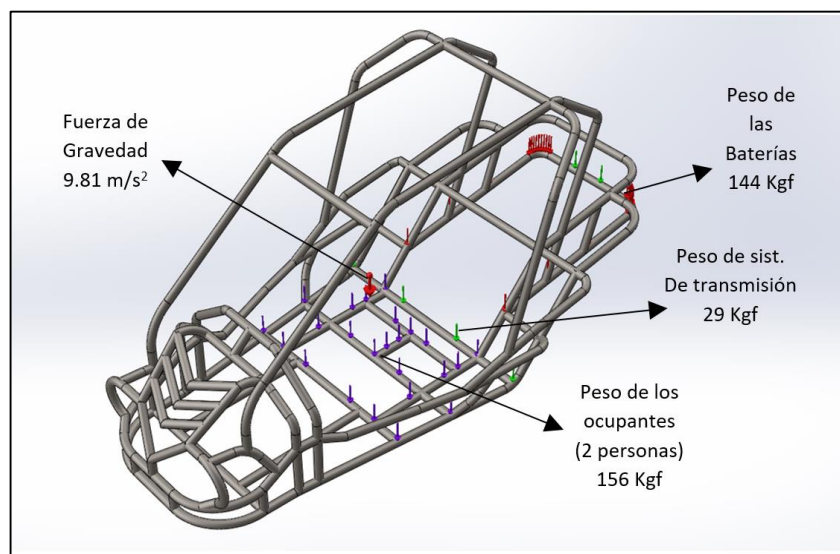


**Figura 56 :** Deformaciones Unitarias

El análisis que se obtuvo permite concluir que el diseño cumple con los criterios requeridos aprobando su construcción obteniendo un factor de seguridad mayor a 1,5.

### 3.2.15. Análisis de la carrocería del Buggy

Para poder implementar los componentes, se necesita saber si la estructura del Buggy soportará, para ello se realizó un análisis estático con la asistencia del software Solidworks para diseño. En la Figura 57, se muestra el diseño realizado con las medidas de la carrocería y el material comercial para estructuras (Acero ASTM A36).



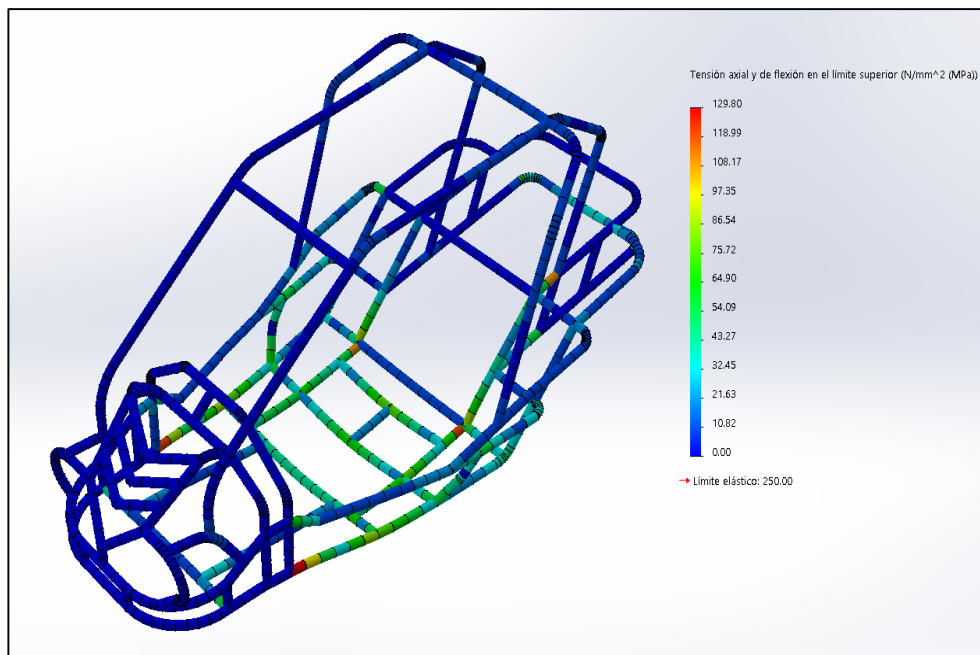
**Figura 57 :** Chasis Tubular vs Cargas aplicadas.

### 3.2.15.1. Análisis de las cargas aplicadas en la carrocería

Para la implementación de los componentes adaptados, se necesita comprobar si la estructura del Buggy va a resistir. Por lo tanto, se realiza el análisis estático con el programa de diseño Solidwoksrs. Una vez obtenido el modelo del chasis, con las medidas exactas y el material para estructuras (Acero ASTM A36), se analiza las cargas aplicadas.

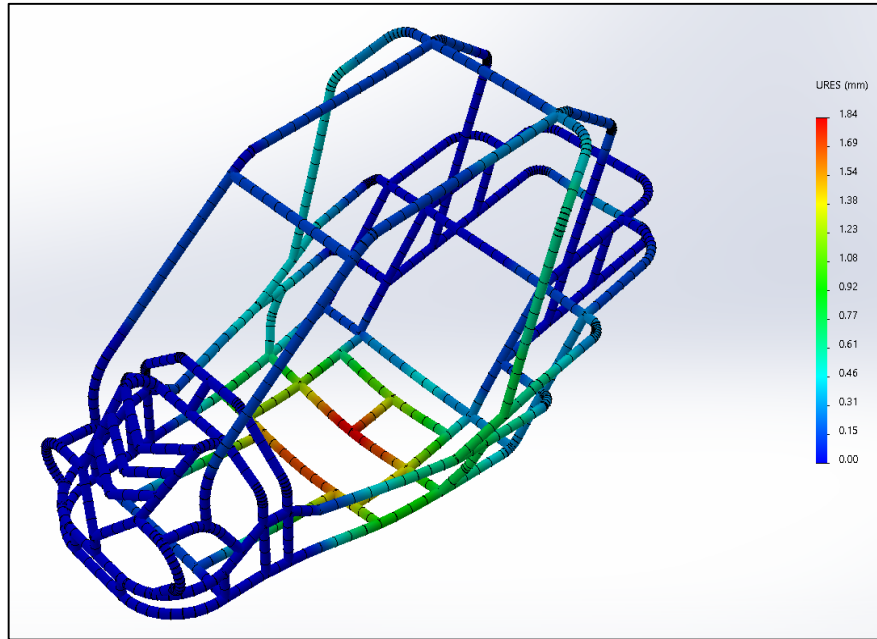
Para este análisis, se aplica cargas directas a la estructura del chasis (Figura 57), las cuales son: el peso de las baterías, la fuerza de gravedad, peso de los ocupantes, peso del sistema de transmisión.

En la Figura 58, se ilustra la tensión axial y deflexiones en el límite superior la cual están ubicadas en la parte inferior de la estructura, esta resultado cumple con el diseño ya que no pasa del límite elástico del material.



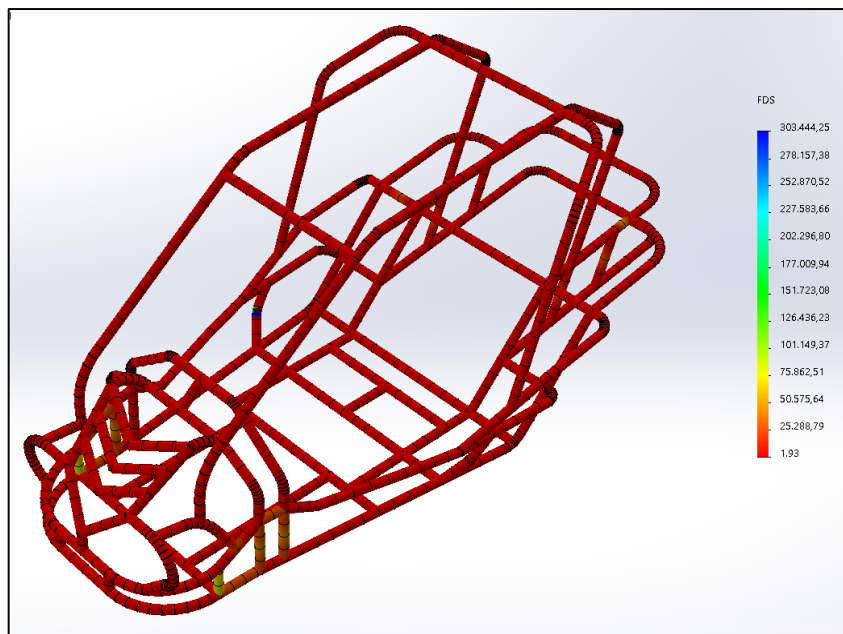
**Figura 58 :** Tensión axial y de flexión en el límite superior.

En la Figura 59, se simula el desplazamiento de la estructura en el software Solidwoksrs.



**Figura 59 :** Desplazamiento.

En la Figura 60, se ilustra el factor de seguridad para la estructura, la cual dio un factor de seguridad de 1.93 mayor a 1, por lo tanto el diseño cumple con los criterios requeridos.



**Figura 60 :** Factor de seguridad.

Comprobado el estudio de análisis, se puede concluir que la estructura resistirá los componentes que van a ser adaptados obteniendo un factor de seguridad de 1.9.

En los gráficos, se observa que el material no alcanza el valor de resistencia a la fluencia, por lo tanto la estructura no sufrirá deformación plástica.

### 3.2.16. Ubicación del motor y transmisión

Primeramente, para el procedimiento de adaptación, se desmontó todas las partes del Buggy que no serán utilizadas para la conversión. Además, se debe desmontar y desconectar todas las partes del motor a gasolina para retirarlo y tener espacio.

Luego de realizar el diseño y construcción de los soportes para el motor eléctrico se ensambla junto a las ruedas propulsoras de tracción trasera. A continuación se monta el sistema de transmisión por cadena que será adaptado a la estructura.

El sistema de transmisión por cadena y la del motor se ubica en donde estaba el sistema transmisión original del Buggy, es decir en la parte trasera junto a las ruedas propulsoras. Entonces, se adaptará el sistema de transmisión de cadena con el motor justo detrás de los asientos del vehículo como se muestra en la Figura 61.



Figura 61 : Implementación del sistema de transmisión

### 3.2.17. Ubicación del controlador

La ubicación del controlador puede orientarse en cualquier posición donde llegue el flujo de aire. El controlador se debe colocar en un lugar limpio y seco. Además, debe ser protegido por una cubierta para asilarlo del agua y contaminantes.

Para garantizar la máxima potencia nominal de salida, el controlador debe fijarse a un metal para acoplarse con cuatro tornillos como sugiere el fabricante. Esto garantiza que este dispositivo este fijo y bien sujetado a un soporte seguro. Se recomienda que el sistema de control se lo realiza en conjunto para no ocupar mucho espacio en la estructura.





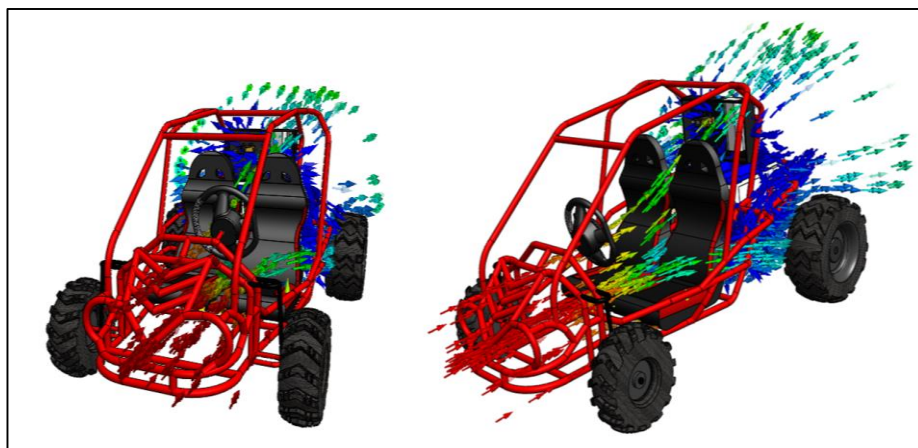
**Figura 62 :** Controlador

Para el proyecto el controlador se ubicó en la parte superior trasera de los asientos. En esta posición el flujo de aire vendrá directo al controlador. Esto sirve como refrigerante para el controlador cuando alcance altas temperaturas.



**Figura 63 :** Ubicación del controlador

El software Flow Simulation de Solidworks se utilizó para realizar la simulación, para observar el comportamiento del flujo del aire para el Buggy. En la Figura 64, se muestra el comportamiento del aire como refrigerante para el controlador y para el motor.



**Figura 64 :** Comportamiento del flujo del aire

### 3.2.18. Construcción y montaje del motor al sistema de transmisión

Para el montaje, se debe tener el diseño con el propósito de saber la posición exacta de los puntos para el anclaje y posteriormente la construcción del soporte del motor para fijarlo al sistema de cadena. El motor eléctrico está equipado de un eje el cual se acoplará al piñón conducido, como se muestra en la Figura 65.



Figura 65 : Montaje del Motor

Posteriormente se ensambla al sistema de transmisión de cadena. La tensión de ajuste de la cadena puede variar desde 30,6 Kg. (300 N) a 327 Kg. (3.200 N) [35].

En la Figura 66, se muestra el montaje del sistema de transmisión compuesto con el motor eléctrico.



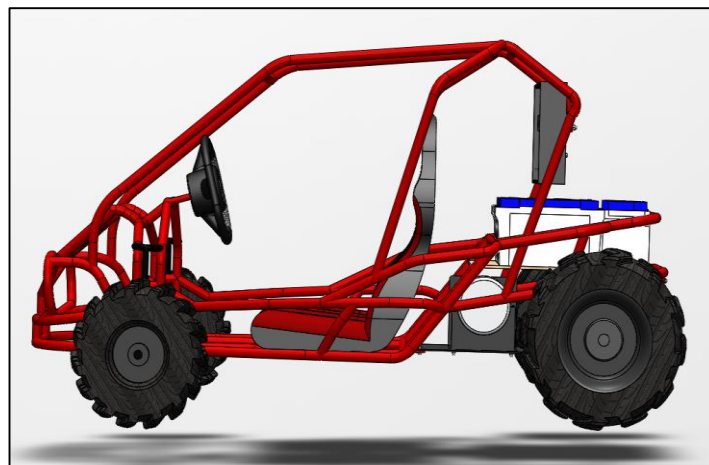
Figura 66 : Montaje al sistema de transmisión

### 3.2.19. Centro de masa

El centro de masa representa el punto en el que se supone que se concentra toda la masa del sistema para el estudio [36].

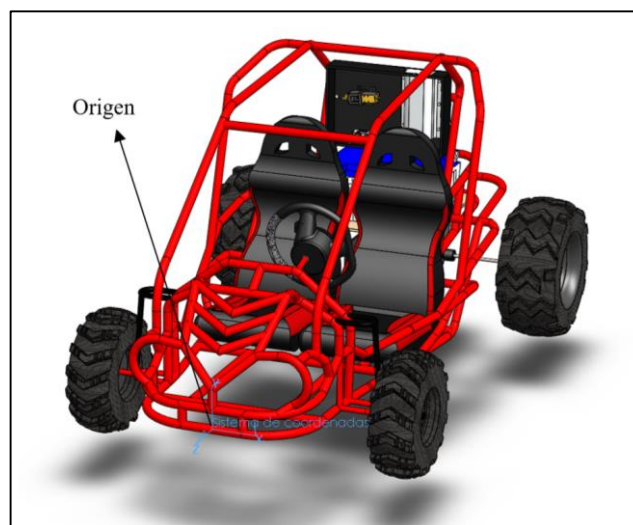
Para el posicionamiento de los elementos en un vehículo se recomienda que se encuentre en el punto medio entre las cuatro ruedas; es decir una aproximación teórica de 50 - 50 %, y lo más próximo al suelo para obtener mejor desempeño dinámico a mayores aceleraciones.

Para determinar la posición del centro de masa del Buggy se utilizó el software Solidworks. Con este Software se diseñó el ensamble de los elementos a implementar con sus respectivas modificaciones en la estructura del chasis como se muestra en la Figura 67.



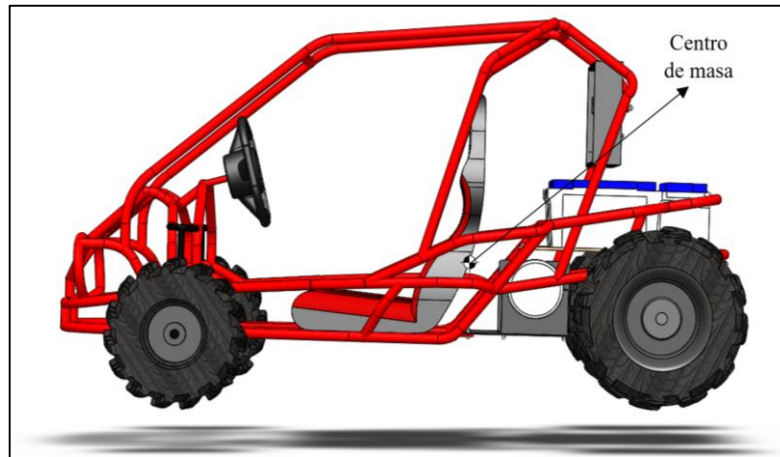
**Figura 67 :** Diseño del Buggy

Con la ayuda del software, se permite establecer el punto exacto donde se encuentra ubicado el centro de masa de todo el ensamble. Para ello se implantó el sistema de coordenadas u origen en la parte simétrica del Buggy, en la parte inferior de la estructura del chasis como se ve en la Figura 68.



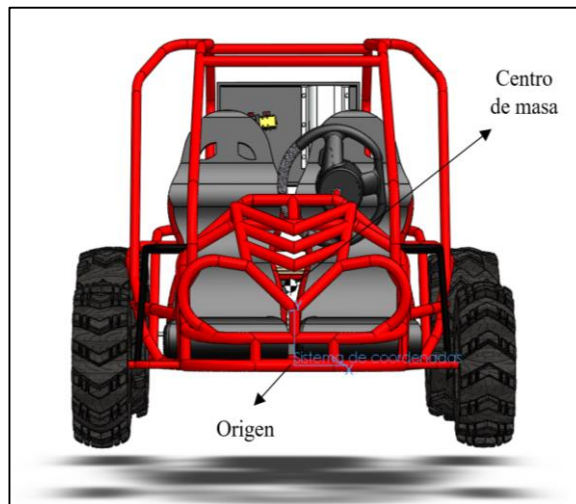
**Figura 68 :** Origen para el cálculo del centro de masa

Mientras que el punto de centro de masa se puede agregar automáticamente mediante las opciones de la barra de tareas del programa como se ve en la Figura 69.



**Figura 69** : Cálculo de centro de masa

Una vez definido estos dos parámetros y con la ayuda del programa, se puede determinar automáticamente la ubicación del centro de masa, tomando como referencia el origen o sistema de coordenadas como se muestra en la Figura 70.



**Figura 70** : Vista frontal para el origen y centro de masa

Entonces el centro de masa calculado por el software se encuentra en las coordenadas de la Tabla 35.

**Tabla 35** : Puntos de coordenadas del centro de masa del Buggy

SISTEMA DE COORDENADAS	CENTRO DE MASA (MILÍMETROS)
EJE X	<b>17.63</b>
EJE Y	<b>215.21</b>
EJE Z	<b>-1465.84</b>

Analizando la distribución de la masa en el Buggy, levemente se encuentra atrás de los asientos, debido al peso de los ocupantes y de las baterías que se encuentran sobre el eje trasero como se ve en la Figura 71. Por criterios de comodidad y espacio no alcanzan ser situadas en otra zona del vehículo. Sin embargo, el Buggy no alcanzará altas velocidades lo cual es aceptable para el proyecto.



Figura 71 : Vista Lateral del Buggy

### 3.2.20. Pruebas de funcionamiento

La ruta real accesible para el recorrido del Buggy, en la que se realizara las pruebas de funcionamiento para basar el estudio, es en el paso lateral de la vía Puyo- Tena. Esta ruta fue escogida por que esta compuestas por ligeras pendientes con parte planas. En la Figura 72, se hayo la ruta propuesta para el recorrido del Buggy para ello se buscó en la aplicación Google Maps esta ruta.

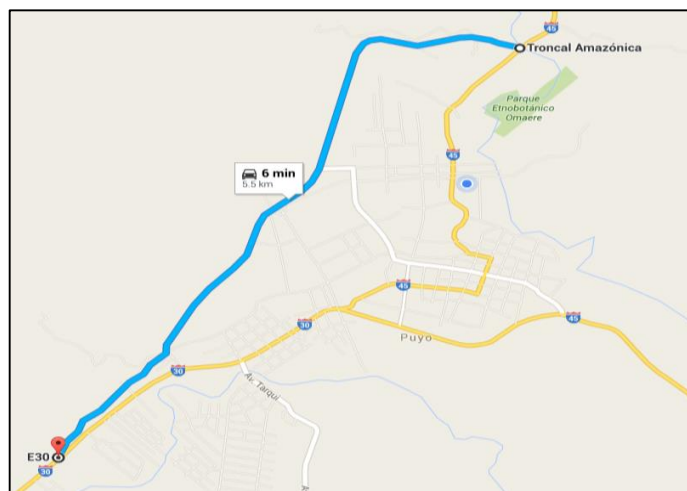


Figura 72 : Ruta paso lateral Puyo-Tena Fuente (Google Maps)

El Buggy deberá impulsar a dos personas promedios de 78Kg cada una. Es decir, 156 kg el peso máximo permitido de diseño en una pendiente del 8.75 % es (5 grados), como se muestra en Tabla 19.

Además la velocidad es de 30 km/h en pendientes y de 50 km/h en carreteras planas. Las pruebas se realizan con la carga máxima del banco de baterías. El Buggy recorrerá en carreteras planas con ligeras pendientes para alcanzar una autonomía apreciable para el conductor.

### 3.2.20.1. Prueba de velocidad

Esta prueba se realiza en una superficie plana de asfalto. La prueba se basa en determinar el tiempo que el Buggy se tarda en recorrer un trayecto de 200 m, partiendo desde el reposo. Con la ayuda del cronometro, el resultado es un tiempo de 19,86 s de recorrido. Una vez determinado el tiempo, se puede calcular la velocidad dada por la Ecuación 3.22.

$$V_f = \frac{dx}{dt} \quad \text{Ecuación 3.22.}$$

$$V \int_{t_0}^{t_1} dt = \int_{x_0}^{x_1} dx$$

$$V * (t_1 - t_0) = x_1 - x_0$$

Remplazando valores, se tiene:

$$V * (19.88 \text{ s} - 0) = 200 - 0$$

$$V_f = \frac{200 \text{ m}}{19,88\text{s}}$$

$$V_f = 10.06 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Trasformando a km/h, se tiene:

$$V_f = 36.22 \frac{\text{Km}}{\text{h}}$$

Por lo tanto, que el Buggy recorrió 200 m en 19,86s con una velocidad media de 36,22 km/h. Sin embargo, en el caso de pruebas de velocidad, al posicionar el pedal al máximo límite, la velocidad llegó a 48 km/h.

### 3.2.20.2. Prueba de aceleración

Una vez calculada la velocidad, se encontró la aceleración con la Ecuación 3.23.

$$a = \frac{dv}{dt} \quad \text{Ecuación 3.23.}$$

$$a \int_{t_0}^{t_1} dt = \int_{x_0}^{x_1} dv$$

$$a * (t_1 - t_0) = v_1 - v_0$$

$$a = \frac{V_f - V_0}{t_f - t_0}$$

Despejando la aceleración y reemplazando valores, se tiene:

$$a = \frac{10.06 - 0}{19.86 - 0}$$

$$a = 0.51 \frac{m}{s^2}$$

Analizando los resultados, se puede decir que el Buggy en un recorrido plano de asfalto alcanza una velocidad media de 36.25 Km/h con una aceleración de 0.51 m/s<sup>2</sup>.

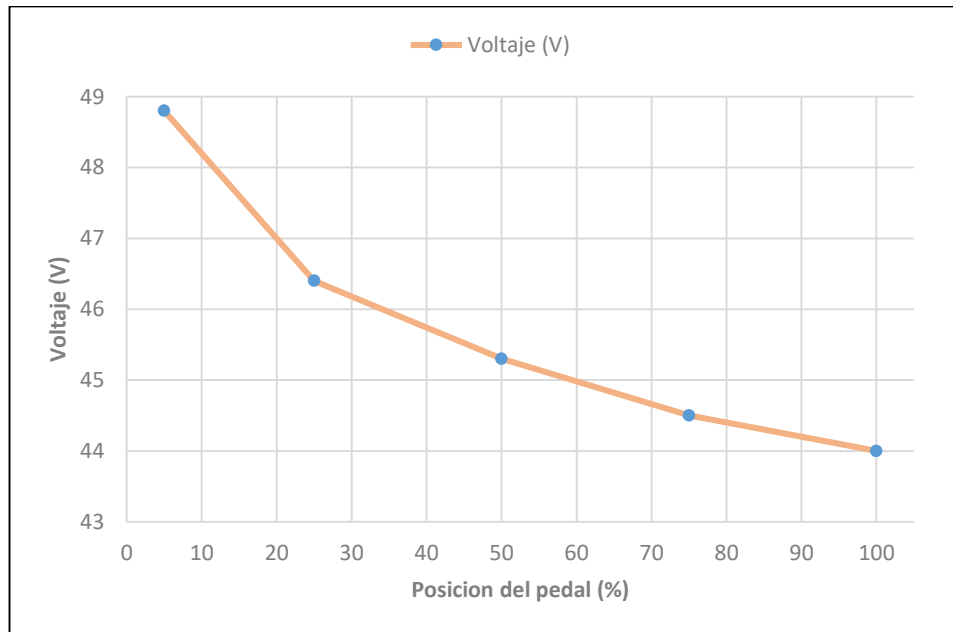
### 3.2.20.3. Prueba en carretera plana

Las pruebas en recta se basan en datos obtenidos de acuerdo a la posición del pedal del acelerador. Para ello se prestó atención al instrumento de medición del tablero del Buggy, donde se observa el amperímetro y el voltaje del banco de baterías. A continuación, se presenta los datos de lectura obtenidos del instrumento de medición Tabla 36.

Tabla 36 : Datos de lectura

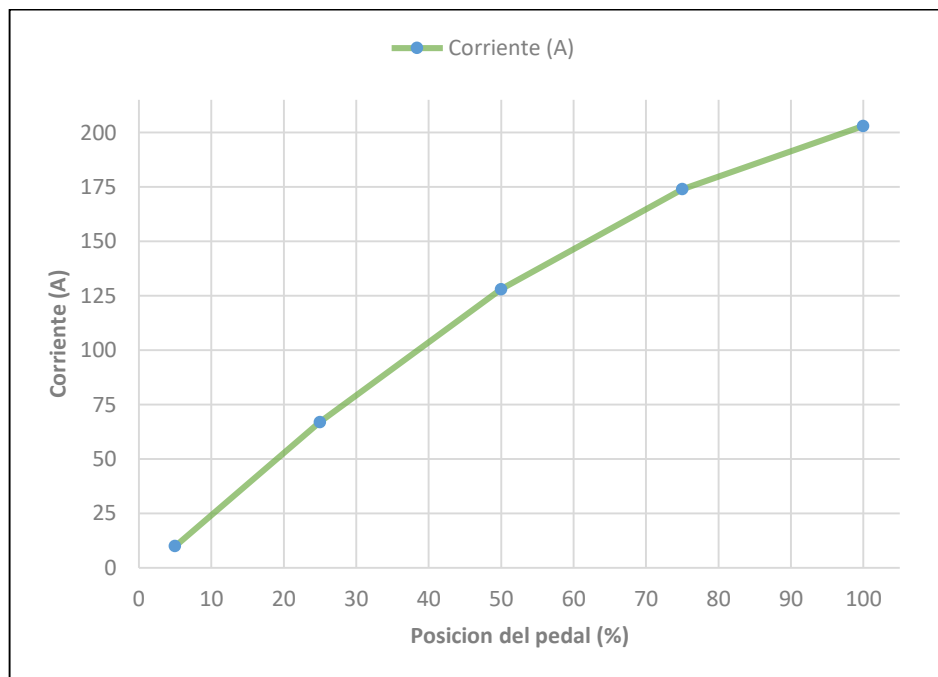
<b>POSICIÓN DEL PEDAL (%)</b>	<b>VOLTAJE (V)</b>	<b>CORRIENTE (A)</b>
<b>5</b>	48,8	9.7
<b>25</b>	46,4	67
<b>50</b>	45,3	128
<b>75</b>	44,5	174
<b>100</b>	44	203

En las Figuras 73 y 74, se representan los datos para diferentes posiciones del pedal de aceleración de voltaje y de corriente respectivamente.



**Figura 73 :** Voltaje obtenido en diferentes posiciones del pedal de aceleración

En la Figura 73, se puede observar que el Buggy con el pedal accionado a su límite máximo del 100 %, el voltaje es de 44V. Es decir, que mientras se acciona el pedal de acelerador, este tiene mayor consumo de Voltaje. Por lo que se recomienda no accionar el pedal a su límite máximo para tener más autonomía del Buggy.



**Figura 74 :** Corriente obtenido en diferentes posiciones del pedal de aceleración



En cuanto a la Figura 74, se observa que es lo contrario porque el consumo de corriente crece mientras se acciona el pedal a su máximo límite de 203 A.

### 3.2.20.4. Prueba en carretera con pendiente

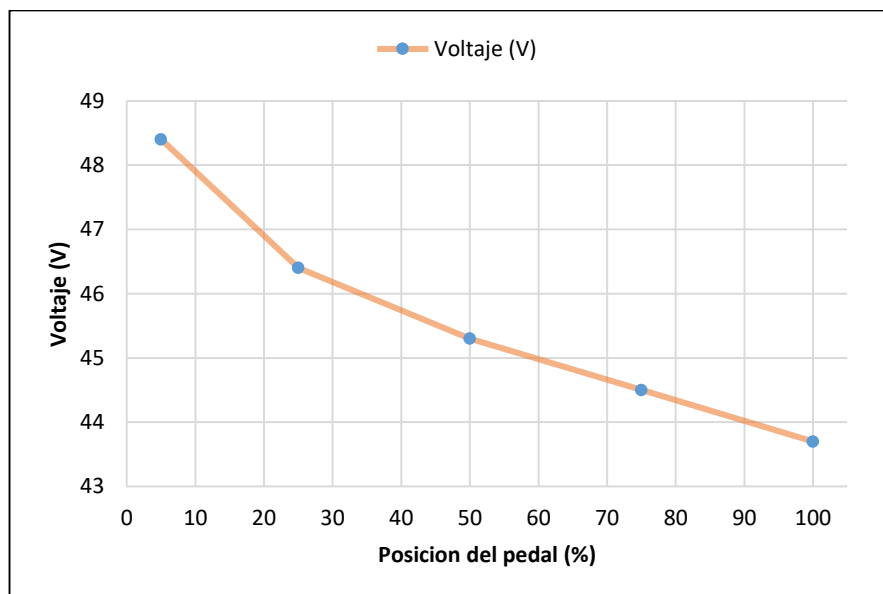
Las pruebas en carretera con pendiente se realizaron con una inclinación de 8.75 % (5°), que es la expuesta para su recorrido. Para ello, se tomó datos de lectura mediante el uso del instrumento de medición como se muestra en la Tabla 37.

**Tabla 37 :** Datos de lectura en pendiente.

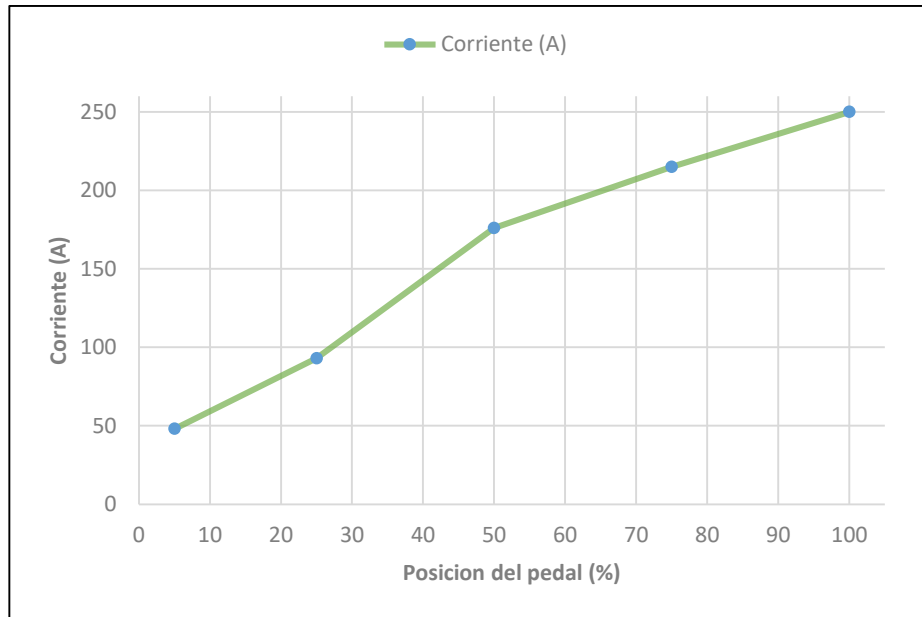
POSICIÓN DEL PEDAL (%)	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)
5	48,4	48
25	46,4	93
50	45,3	176
75	44,5	215
100	43,7	250

En las Figuras 75 y 76, se representan los datos para diferentes posiciones del pedal de aceleración de voltaje y de corriente respectivamente en pendiente.

Para la realización de esta prueba de inclinación se comprobó que el Buggy si logra subir pendientes con mayor inclinación llegando a una pendiente de 19% (12°). Sin embargo, el controlador llega a su máximo límite de corriente (250A), lo que causa que el motor consuma mayor energía del banco de baterías y disminuya su autonomía.



**Figura 75 :** Voltaje obtenido en diferentes posiciones del pedal de aceleración en pendiente.



**Figura 76 :** Corriente obtenido en diferentes posiciones del pedal de aceleración en pendiente.

Con estos datos, se puede concluir que al tener el pedal a su máximo límite de accionamiento (100%) en una pendiente, la corriente aumenta hasta llegar a 250 Amp, y la velocidad va aumentando gradualmente hasta llegar a mantener una aceleración constante. Mientras que el voltaje llega a disminuir a un 43,7V. Por esta razón, es muy recomendado no acelerar a su máximo límite para que la corriente consumida no sea excesiva y el Buggy pueda conseguir mayor autonomía.

### 3.2.20.5. Prueba de frenado

La distancia de frenado es el espacio que recorre el Buggy desde que accionamos el freno hasta su detención total. Es muy importante ver el comportamiento del Buggy en pruebas de frenado a distintas velocidades para tener precaución al momento de conducir. En la Tabla 38, se detalla los datos conseguidos en las pruebas de frenado.

**Tabla 38 :** Distancia de Frenado.

Velocidad (km/h)	Distancia de frenado (m)
50	14.3
40	11.4
30	6,3
20	2,2
15	1,45
10	0,83

En la Tabla 38, se puede observar que, para una velocidad de 40 Km/h, el Buggy requiere de un trecho de 11.4 m para su detención total. Es necesario tener en cuenta estos datos para un manejo seguro.

### 3.2.20.6. Prueba de autonomía

El cálculo de autonomía se realiza mediante la Ecuación 3.23 [24].

$$\text{Autonomia} = \frac{C_{\text{baterias}} * V_{\text{promedio}}}{C_{\text{promedio}}} \quad \text{Ecuación 3.23.}$$

$$\text{Autonomia} = \frac{120\text{Ah} * 20\text{Km}}{100\text{A} \quad \text{h}}$$

$$\text{Autonomia} = 24 \text{ Km}$$

La prueba real de autonomía se realizó siguiendo la trayectoria establecida en el paso lateral Puyo - Tena que consiste en un recorrido de 5.5 km ida y 5.5 km de vuelta, es decir 11 km. Esta trayectoria contiene pendientes de ascenso y descenso entre 0° y 10°. Se realizó la prueba de manejo con las baterías completamente cargadas. El Buggy efectuó dos viajes completos. El segundo viaje se realizó con un voltaje mínimo y velocidad disminuida hasta culminar con la descarga del banco de baterías, cumpliendo un recorrido de 22.73 Km.

### 3.2.20.7. Prueba de carga y descarga

El banco de baterías debe ser cargado cuando el voltímetro marque 43V. Esto quiere decir que las baterías se encuentran en un 80% de descarga.

Para el tiempo de carga según el fabricante de las baterías es de 7 horas y media a una temperatura de 24 °C, pero en las pruebas reales que se ha realizado para su recarga es de un rango que va entre 7 horas con 50 minutos a 8 horas con 10 minutos.

## 3.3. Presupuesto

Una vez culminado la adaptación y el análisis de los componentes seleccionados, es importante determinar el costo de la modificación del Buggy. En la Tabla 39, se encuentra detallado el costo de los componentes adquiridos para la adaptación.

Tabla 39 : Presupuesto

<b>ELEMENTOS</b>				
<b>Elemento</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Precio</b>	<b>Total</b>
Buggy	1	580	580	580
Motor eléctrico ME1003	1	620	620	620
Contactador	1	78	78	78
Fusibles	4	5,9	23,6	23,6
Paro de emergencia	1	23,13	23,13	23,13
Interruptor	1	15,6	15,6	15,6
Instrumento de medición pantalla Digital	1	49	49	49
Potenciómetro (PotBox)	1	112	112	112
Sensor de Final de carrera	5	9,59	47,95	47,95
Controlador	1	448	448	448
Baterías	4	385	1540	1540
Terminales	30	0,1	3	3
			<b>Total</b>	<b>3540.28</b>

### 3.4. Especificaciones técnicas

#### 3.4.1. Funcionamiento general

Para entender el funcionamiento general, se debe tener presente la función que cumple cada sensor de final de carrera en el Buggy. Este proyecto se implementó 5 sensores de final de carrera. Las cuales cumplan una función diferente. En la Figura 77, se ilustra el sensor de final de carrera seleccionado.



Figura 77 : Sensor de final de carrera capacidad: 250VAC/0.25HP

#### Sensor de Final de carrera 1 y 2 (Pedal freno)

En la Figura 78, se puede observar la instalación de los sensores de final de carrera en el pedal de freno que al momento de accionar cumplirán funciones específicas.

- Al accionar el pedal de freno, el final de carrera envía una señal al controlador que tiene como objetivo regenerar a las baterías. En ese instante el motor actúa en forma de generador que irá disminuyendo las revoluciones por el frenado y este regenerará a las baterías.
- El segundo sensor de final de carrera sirve para la seguridad vial, es decir para saber que se está accionando el freno en el vehículo por lo tanto, se prendera las luces traseras como cualquier vehículo convencional.



**Figura 78 :** Montaje de los sensores de finales de carrera en el pedal del freno.

### **Final de carrera 3 y 4, 5 (marcha avance y retroceso)**

En la Figura 79, se observa la instalación de los sensores de final de carrera en la palanca que al momento de cambiar de marcha cumplirán funciones específicas.

- El Buggy tiene dos marchas con tres posiciones de palanca de cambios. En la primera posición, el Buggy se moverá hacia adelante. El final de carrera se acciona mandando una señal al controlador y así activando al motor.
- En la segunda posición, se encuentra la marcha de reversa. En esta posición el final de carrera envía una señal al controlador para invertir el giro del motor. Por lo tanto el Buggy ira para atrás.
- En la posición media que es de neutro sirve para el encendido.
- Para el último final de carrera tendrá la función de la seguridad vial en este caso cuando el movimiento del Buggy sea marcha atrás envía una señal al controlador para que se encienda las luces.



**Figura 79 :** Montaje de los sensores de finales de carrera en las marchas.

### **3.4.2. Funcionamiento en aceleración**

El banco de baterías del Buggy está establecida por 4 baterías conectadas en serie, cada una de 12 V, que sumadas dan 48 V. Al encender o girar la llave del interruptor principal se alimenta el contactor principal (Main contactor) de 48V-400A. Este se encarga de liberar la tensión de 48 V proveniente del banco de baterías de alta tensión al controlador para su funcionamiento y seguidamente al motor. En otras palabras, al encender el interruptor se da paso a una tensión de 48v.

En el caso que la batería no tenga el voltaje necesario para mantener excitada la bobina de este contactor, no se podrá disponer de la alta tensión y por lo tanto el Buggy no podrá funcionar. Para lo cual, se deberá recargar la batería para alcanzar la tensión necesaria.

Si la tensión está al nivel adecuado, el sistema estará dispuesto y se pondrá en funcionamiento el Buggy mediante el pedal del acelerador que estará conectado con un cable al potenciómetro (potbox). Este mandará la señal necesaria al controlador que interpretará los deseos del usuario mediante del envío de pulsos de voltaje variable hacia el motor. Este permite hacer girar con mayor o menor revoluciones al motor. En la Figura 80, se representa el esquema del funcionamiento al accionar el pedal de acelerador

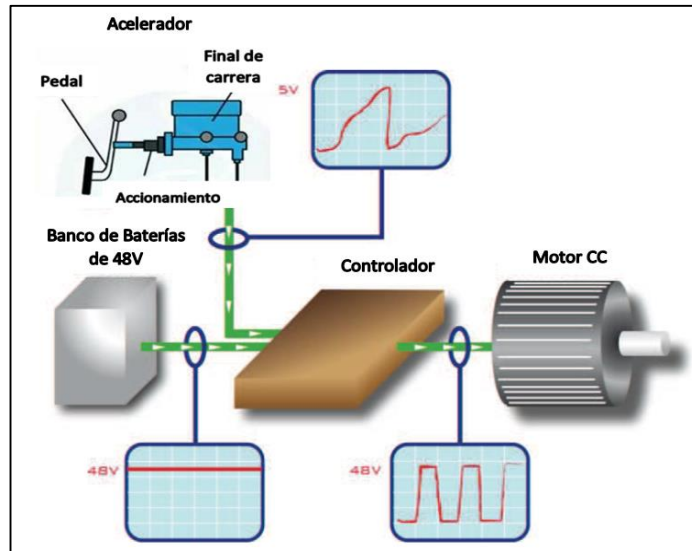


Figura 80 : Esquema del funcionamiento Fuente [17].

### 3.4.3. Funcionamiento en frenado regenerativo

Al accionar el pedal de freno, el motor estará girando, lo cual envía un pulso de masa hacia el controlador el cual interpreta que se desea disminuir las revoluciones y hace que el motor no reciba corriente. En lugar de ello aprovecha la inercia del giro del motor para enviar corriente inducida hacia el controlador. En otras palabras, el motor está funcionando como generador y el controlador se encarga de rectificar esa corriente pulsante en corriente continua y dirigirla hacia el banco de baterías para su recarga o regeneración. En la Figura 81, se representa el esquema del sistema de frenado.

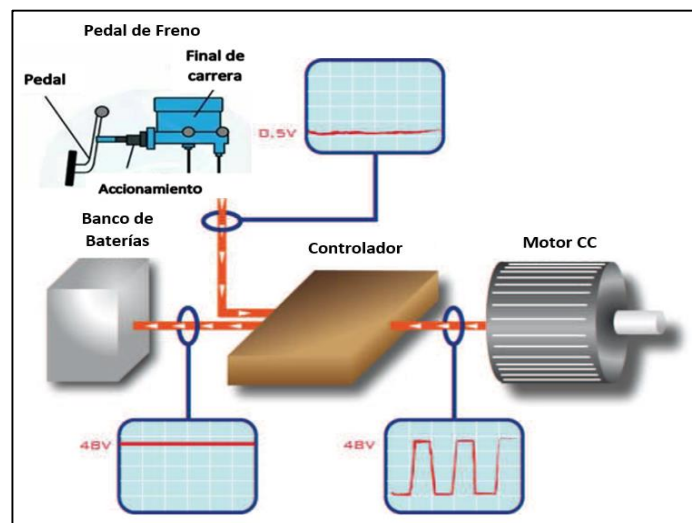



Figura 81 : Esquema del sistema de freno Fuente [17].

### 3.4.4. Especificaciones del Buggy adaptado

Datos técnicos		
<b>Modelo</b>	Kinroad Raptor 150	
<b>Nº de plaza</b>	Bi-plaza	
<b>Tipo</b>	Vehículo eléctrico puro de baterías	
Imagen		
		
<b>Dimensiones</b>	Largo	2075 mm
	Ancho	1235 mm
	Altura	1400 mm
<b>Peso</b>	Peso en vacío	284 Kg
	Peso con personas	440 kg
<b>Motor</b>	Motor eléctrico	Motenergy Drive 5 ME 1003
	Potencia nominal	6 a 9 kW
	Voltaje	48 V
	Peso	17 kg
<b>Transmisión</b>	Acople al motor	Por Cadena ½ pulga. de paso
	Relación de transmisión	4:1
<b>Baterías</b>	Marca	Ultracell
	Tecnología	Ion-litio
	Capacidad (Ah)	120
	Voltaje (V)	12
	Peso (Kg)	37
	Dimensiones (mm)	240x177x225
<b>Características</b>	Velocidad	36.22 km/h
	Aceleración	1.01 m/s <sup>2</sup>
	Autonomía	23 km



### 3.4.5. Componentes elegidos

A continuación, se describe los principales componentes que se utilizaron para la adaptación.

Descripción	Figura
<p><b>Motor</b></p> <p>Es un motor Monternigy Drive ME1003 de corriente continua con imanes permanentes con escobillas. Su potencia nominal que puede dar es de 6 nominales 9,5 Kw (max.) a 48 v.</p>	
<p><b>Controlador de velocidad</b></p> <p>Toma la energía de las baterías y la envía al motor. Este regula la corriente que necesita el motor, es decir que utiliza un modulador de ancho de pulso (PWM), que envía ráfagas de corta duración al motor. Tiene la capacidad de reversibilidad de giro, freno regenerativo entre otras.</p>	
<p><b>Potenciómetro (Potbox)</b></p> <p>Este dispositivo se conecta entre el controlador y el acelerador. Va unido con un cable al pedal del acelerador. Se accionan por el acelerador de pie y proporciona señal al controlador de cuanta energía se debe entregar al motor.</p>	
<p><b>Contacto principal</b></p> <p>Tiene el mismo funcionamiento de un interruptor de contacto en un vehículo. Es decir, cuando se enciende mediante las llaves, el contactor cierra el circuito para permitir el paso de corriente al controlador y al motor.</p>	
<p><b>Fusible principal</b></p> <p>Este dispositivo protege al sistema de picos de alta intensidad eléctrica. Este debe estar implementado en la salida o entrada del banco de baterías y además tener un fácil acceso para la sustitución si es necesario.</p>	

<p><b>Breakers</b></p> <p>Este componente tiene como función la protección de los circuitos contra corrientes de corto circuito y contra corrientes de sobre carga.</p>	
<p><b>Borneras</b></p> <p>Es un elemento que esta intercalado en los circuitos eléctricos. Es decir, que forman parte de estos y permite la distribución de las conexiones eléctricas de entrada y salida.</p>	
<p><b>Para de emergencia</b></p> <p>En todo sistema eléctrico debe tener un paro de emergencia que sirve para prevenir situaciones que puedan poner en peligro a los usuarios, y también evita daños en los componentes eléctricos.</p>	
<p><b>Baterías</b></p> <p>Las baterías seleccionadas son de ciclo profundo, y su función es alimentar al controlador. Este envía la energía al motor eléctrico de una manera controlada y también los accesorios (luces, claxon, etc.). En este caso, está dado por un banco de baterías que incluyen 4 baterías de 12 V que serán conectadas a serie.</p>	
<p><b>Final de carrera</b></p> <p>Estos dispositivos son sensores de contacto que envían una señal eléctrica ante la presencia de un movimiento mecánico o fuerza externa.</p>	
<p><b>Soporte del motor</b></p> <p>Es el soporte del motor y se lo diseñó a la medida requerida. En este el motor esta acoplado para dar la transmisión. El soporte está diseñado para que no tenga ningún inconveniente en el manejo. Tiene perforaciones para atornillar el motor.</p>	

### 3.4.6. Encendido del Buggy

A continuación se indica los pasos para el proceso de encendido del Buggy eléctrico:

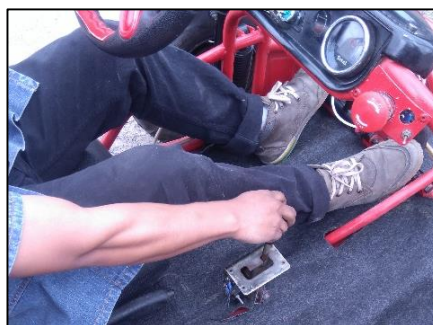
1. Subir el interruptor principal (Breaker) que está ubicado en el cuadro del sistema eléctrico.
2. Verificar que el paro de emergencia este desactivado.



3. Encender el Switch del instrumento de medición electrónico.
4. Encender el Switch principal del Buggy.



5. Quitar el seguro del freno de mano.
6. Escoger la marcha (avance, retroceso) y proceder a acelerar con el pedal.



7. Aplastar el pedal de freno en casos necesarios.

### 3.4.7. Normas de seguridad

Se debe tener presente las siguientes normas de seguridad para la conducción:

- No tocar la parte eléctrica que generan alta tensión; baterías y motor.
- Por ningún motivo se podrá votar agua a las partes eléctricas del Buggy.
- Evitar contactos con materiales o superficies metálicas.
- Tener cuidado con el sistema de transmisión de cadena.
- Debe ser conducido por personas que tengan edad apropiada.
- Se debe manejar en pistas planas con ligeras pendientes.

### 3.4.8. Mantenimiento general

Es conveniente hacer un control regular que puede evitar deterioros o daños al Buggy como:

- Revisar el nivel de líquido de los frenos y realizar una vez al mes un ajuste preciso para el control de desgaste.



- Controlar la presión y el estado de los neumáticos.



- Evitar que se acumule suciedad en el sistema eléctrico y en el sistema de transmisión. Para esto es recomendable utilizar un compresor de limpieza.



- Lubricar la cadena de la transmisión para evitar los riesgos de corrosión. Además lubricar los ejes.



- Realizar una revisión general de las partes de los componentes implantados.
- Ajustar las tuercas y tornillos en las partes implementadas.



- Realizar reajustes de conexiones eléctricas.
- Revisión general del Buggy.



## CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

- Mediante las simulaciones realizadas en el software se obtuvo factores de seguridad mayores a 1,5. Por lo tanto, el diseño soportará la carga implementada asegurando el manejo seguro.
- Mediante las pruebas realizadas en carreteras de asfalto, se determinó que la velocidad máxima con la posición del pedal al límite (100%), este llega a 48 Km/h comparado con la velocidad media de 36,88 Km/h que es la sugerida al posicionar el pedal al 50%.
- Se puede concluir, que este proyecto es innovador. En el aspecto tecnológico, frente al uso de energías alternativas para el transporte siendo amigable para el medio ambiente, no genera ruido y tiene un fácil mantenimiento.
- En las pruebas de autonomía se determinó que puede recorrer 22 km cuando las baterías están carga completa. Sin embargo se recomienda que no se acelere al límite máximo para tener más autonomía y utilizar el freno para recargar las baterías.
- La eficiencia del Buggy eléctrico dependerá del nivel de carga del banco de baterías. Es decir, que cuando la batería se encuentra con la carga máxima, tendrá mayores velocidades y las pendientes serán superadas sin dificultad. Sin embargo, a medida que la carga vaya disminuyendo la eficiencia disminuirá y tendrá dificultades para superar pendientes debido al consumo de corriente.
- El tiempo de recarga de las baterías está estimado en 8 horas para tener la carga completa y ser utilizada a su máxima capacidad.
- La ubicación del centro de masa es estimada mediante el uso del programa Solidworks. Mediante este software se dibujó todos los componentes con sus medidas respectivas. Sin embargo, para una mayor precisión se recomienda utilizar las formulas del centro de masa para hallar la posición exacta en el Buggy. Aun así, el programa puede estimar el punto de localización del centro de masa con una alta precisión.

- Por cuestión de diseño el centro de masa no fue preciso por la falta de comodidad y espacio pero al ser un Buggy que no alcanza altas velocidades es aceptable para su manejo.
- Los componentes instalados del Buggy cumplen con el diseño del proyecto de tal manera que no se ha dejado al azar ningún aspecto desde la estética hasta la funcionalidad.

#### **4.2. Recomendaciones**

- Por ser un Buggy eléctrico es necesario tomar precauciones, debido a la presencia de numerosos cables y aparatos eléctricos que pueden mojarse, deteriorarse o dañarse.
- Tener cuidado con el contacto del chasis del Buggy ya que gran parte es metálico, lo que ocasionaría dañar algún componente eléctrico del Buggy.
- Se recomienda que trabaje en carreteras asfaltadas con pendientes bajas para tener un buen accionamiento y mayor autonomía.
- Se recomienda mantener una velocidad constante para tener mayor autonomía.
- Verificar que la corriente no exceda los 250 Amp. y el voltaje no descienda de 43 voltios en su funcionamiento.
- Por ningún motivo se debe exceder el número de pasajeros ya que a mayor peso, mayor consumo y menor autonomía.
- Se recomienda que se utilice baterías tengan una mayor capacidad para tener mayor autonomía para el recorrido.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] R. Pruneda, "Responsable Técnico Movilidad Sostenible," Barcelona 2009
- [2] Endesa. (2013, Julio 18). *El Vehículo Eléctrico*. Available: <http://www.endesavehiculoelectrico.com/>
- [3] S. Gil y R. Prieto, "Los autos eléctricos: ¿hacia un transporte más sustentable?," *Petrotecnia*, 2013.
- [4] C. F. T. Chango y N. J. V. Aguirre, "estudio, dimensionamiento y aplicaciones para el uso de ultracapacitores en el arranque de un motor asíncrono de 2hp, como respaldo al banco de baterías del prototipo de un vehículo híbrido realizado por el ministerio de electricidad y energía renovable," *Ingeniería Electrónica*, Escuela Politécnica del Ejército, Latacunga, 2010.
- [5] D. A. Crespo Iñiguez y F. A. Bravo Feicán, "Implementación de un sistema de propulsión eléctrica a un vehículo liviano," Departamento de Ingeniería Mecánica Automotriz, Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador, 2012.
- [6] G. Baranda, "Conversión de un vehículo tradicional dotado de Motor de Combustión a eléctrico puro," Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad Pontificia Madrid, España, 2012.
- [7] C. M. Borregón Musso y J. Moriñigo, "Adaptación de un Buggy convencional a eléctrico para su participación en competiciones tipo Panáfrica 2012," Departamento de Ingeniería Mecánica Universidad Pontificia, Madrid, España, 2012.
- [8] A. Pérez, A. Seco, F. García, y J. Gonzalez, "Guía del Vehículo Eléctrico II," vol. 2, 2015.
- [9] J. Larminie y J. Lowry. (2003). *Electric Vehicle Technology Explained*. Available: <http://ev-bg.com/wordpress1/wp-content/uploads/2011/08/electric-vehicle-technology-explained-2003-j-larminie.pdf>
- [10] M. Ehsani, Y. Gao, E. G. Sebastien, y A. Emadi. (2004). *Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles*. Available: <http://ceb.ac.in/knowledge-center/E-BOOKS/Modern%20Electric,%20Hybrid%20Electric%20&%20Fuel%20Cell%20Vehicles%20-%20Mehrddad%20Ehsani.pdf>



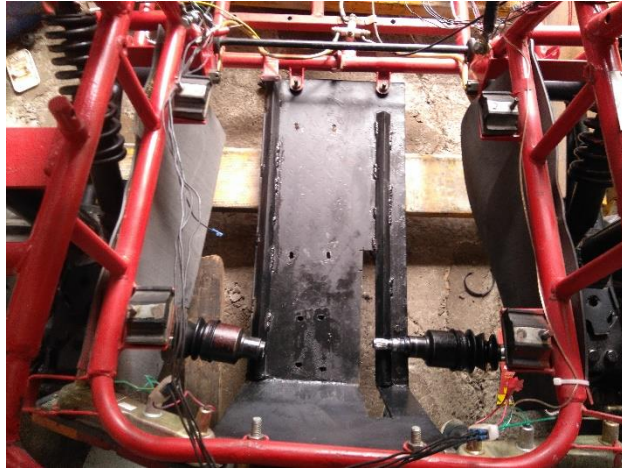
- [11] S. González Marrero, A. Ramos Martín, F. Méndez Barreto, J. González Fernández, J. Cortés Mallavibarrena, y A. Méndez González, "Proyecto de conversión de un automóvil de combustión interna en eléctrico," Departamento de ingeniería, Biblioteca Universitaria, 2010.
- [12] J. Figueroa, A. Muñoz, A. Núñez, K. Obando, B. Villalva, y R. Albán, "Buggy para personas con discapacidad física en sus extremidades inferiores," Unidad de Nivelación, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2013.
- [13] G. USA. (2006). *Interceptor karts*. Available: <http://gokartsusa.com/INTERCEPTOR-Go-Karts.aspx>
- [14] J. D. Torres Sarmiento, "Estudio de viabilidad en la Implementación de vehículos Eléctricos en la Ciudad de Cuenca," Departamento de Ingeniería Mecánica Automotriz, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador 2015.
- [15] V. Castañeda Zeman, "Auto reciclado con tracción eléctrica para la ciudad de Santiago de Chile," Departamento de ingeniería eléctrica, Universidad de Chile Chile, 2005.
- [16] J. P. B. Cox y C. L. G. Duran, "Implementación de un Sistema Híbrido en un Cuadrón Convencional ", Departamento de Ingeniería Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador, Quito, 2011.
- [17] D. Jumbo y P. Reyes, "Implementacion de un motor eléctrico sobre el chasis de una motocicleta Yamaha TTR125," Departamento de Ingeniería Mecánica Automotriz Universidad Politecnica Salesiana Cuenca, Ecuador, 2012.
- [18] J. C. Marroquín, "MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA," *MÁQUINAS ELÉCTRICAS*, 2008.
- [19] M. Luque. (2008, Julio 14). *Ecología*. Available: <http://www.solociencia.com/ecologia/10101504.htm>
- [20] Supermakinas. (2013, Julio 22). *Autos para 3 personas completamente electricos*. Available: [http://supermakinas.es.tl/17%BA\\_AUTOMOVILES-SUPER-LIVIANOS-ELECTRICOS.htm](http://supermakinas.es.tl/17%BA_AUTOMOVILES-SUPER-LIVIANOS-ELECTRICOS.htm)
- [21] G. Delgado-Calín y A. Nieto-Morote, "Proyectos de optimizacion del sistema electrico español. acumuladores de energia."

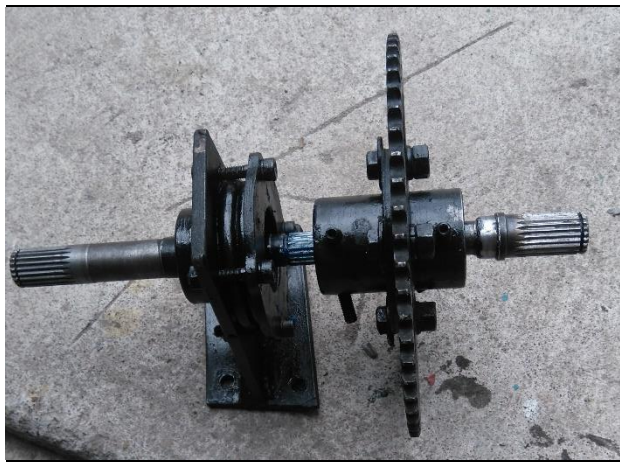
- [22] Solener. (1999). *Baterías de ciclo profundo*. Available: <http://solener.cl/productos/baterias-de-ciclo-profundo-agm-y-gel-conocer-mas/>
- [23] K. Controllers. (2012, Julio). *Controller*. Available: <http://kellycontroller.com/mot/downloads/KellyPMUserManual.pdf>
- [24] E. Drives. (2010, Julio 12). *Conversión Motors*. Available: [http://www.evdrives.com/category\\_s/1869.htm](http://www.evdrives.com/category_s/1869.htm)
- [25] J. Belloni. (2009, Mayo 22). *Manual Básico de conversión de vehículos eléctricos*. Available: [http://www.autolibreelectrico.com/sitio/wp-content/uploads/2010/09/Manual\\_Basico\\_de\\_Conversion.pdf](http://www.autolibreelectrico.com/sitio/wp-content/uploads/2010/09/Manual_Basico_de_Conversion.pdf)
- [26] lcardaba. (2008, Julio 28). *Tabla de grosores AWG*. Available: <http://www.lcardaba.com/articles/awg.htm>
- [27] L. Vanegas Useche. (2012, Julio 22). *Introducción a los accionamientos de máquinas*. Available: <http://blog.utp.edu.co/lvanegas/files/2011/08/Cap-1-Int-Dis-II.pdf>
- [28] R. L. Mott, *Diseño de elementos de máquinas*: Pearson Educación, 2006.
- [29] C. Riba y A. Molina. (2006, Julio 22). *Ingeniería Concurrente: Una metodología integradora*. Available: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/7851/Riba-Molina-2006-Ingenier%C3%ADa%20concurrente...secci%C3%B3n%20I-v6.pdf>
- [30] L. Cassioli. (2007). *Capacidad de ascenso*. Available: [http://www.lemev.com/es\\_ES/index/comunidadver/id/70](http://www.lemev.com/es_ES/index/comunidadver/id/70)
- [31] I. E. Cunalata Chuquiana. (2014, Diseño e implementación del tren motriz con motor eléctrico y transmisión CVT, para un vehículo biplaza plegable. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/9159/1/AC-ESPEL-MAI-0490.pdf>
- [32] R. C. Guamán Choca, V. García, y A. Eusebio, "Diseño y construcción de un controlador inalámbrico a través de microprocesadores para el funcionamiento de un automóvil eléctrico a escala, controlado desde un computador," Quito, 2013., 2013.
- [33] P. S.A. (2001). *Windwärts Energie GmbH*. Available: <http://www.proviento.com.ec/proviento.html>

- [34] H. Rodríguez Galbarro. (Julio 16). *Transmisión por Cadenas Cálculo y diseño*. Available: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn127.html>
- [35] A. R. Odetto, "Cadenas de transmisión," *Mecánica eléctrica industria*, 2006.
- [36] G. Coronado y J. L. Fernández, "Centro de masa " *FISICALAB*, 2013.

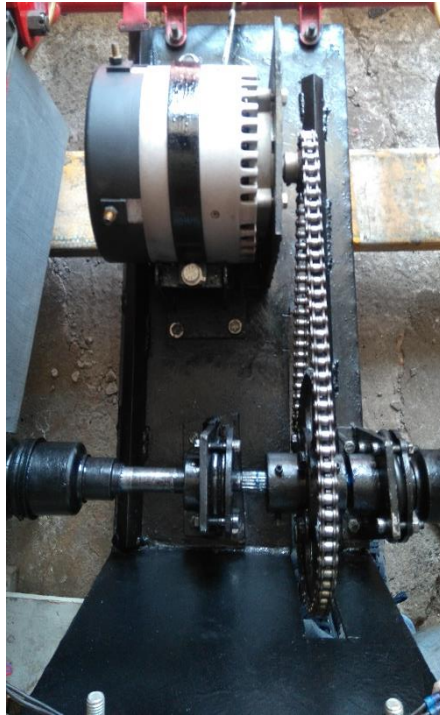
# **A NEXOS**

## DETALLES DE LA ADAPTACION









**Detalles sistema eléctrico**











<b>Motenergy, Inc</b>	<b>Product Information</b> ME1003	Rev:	
		Date:	05/03/11
		Check By:	JF

### Features

- Permanent Magnet Brush-Type motor
- High Efficiency approaching 90%
- Brush life of 1500 hours at 200 Amps
- Open Frame, Fan Cooled design
- Adjustable Brush Timing
- Speed range 0-5000 RPM
- Easy removal of Brush Holder without disturbing the motor bearings
- Neodymium magnets rated for 150 C.



### Applications

- Electric motorcycle
- Electric golf car or utility vehicle
- Electric outboard and inboard boat drive
- Micro car
- Hydraulic pumps
- Floor burnishers

### Description

The ME1003 is an Open Frame, Fan Cooled version of the 8" diameter family of brush-type dc motors. The motor offers a small volume and a high power to weight ratio.

The ME1003 can be used in 96V, 72V, 60V, 48V, 36V and 24V DC application with and without a speed controller.

Some applications require variable speed and a speed control is required. For constant speed operation, a contactor is all that is required to run the motor.

This motor has two brushes per holder to carry more current than the standard brush-type dc motors.

<b>Motenergy, Inc</b>	<b>Product Information</b> ME1003	Rev:	
		Date:	05/03/11
		Check By:	JF

### Motor Electrical Parameters

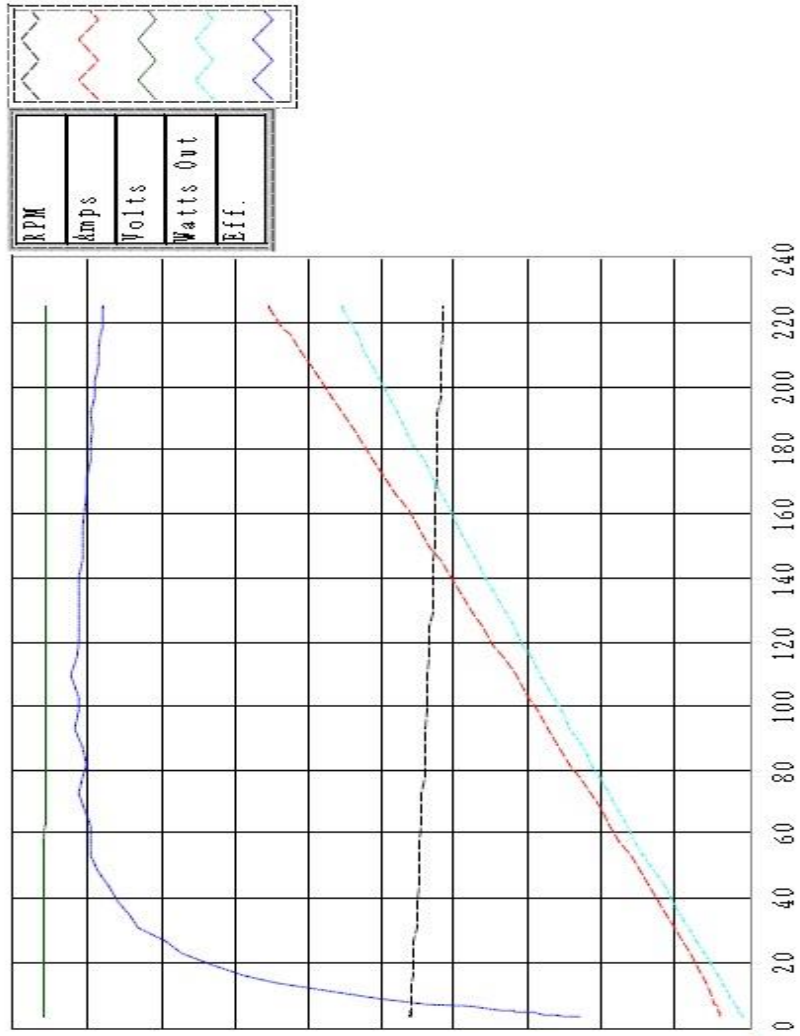
Electrical Parameter	Unit	Parameter
Operating Voltage Range	VDC	0 minimum to 96 maximum
Rated Continuous Current	ADC	200
Peak Current	ADC	500 (10 sec) 400 (30 sec), 300 (1 minute)
No Load Current ( $I_{NL}$ )	ADC	6 amps typical at neutral timing
Peak Stalled Current	Arms	500
Voltage Constant	V/RPM	0.02
Armature Resistance (L-L)	Ohm	0.01
Turns	Turns	1
Inductance	uH	93 at 120 Hz
Torque Constant	Nm/A	0.2
Maximum Continuous Power	KW	16 (96V), 14.3 (84V), 12.6 (72V)
Macimum Case Temperature	F	250

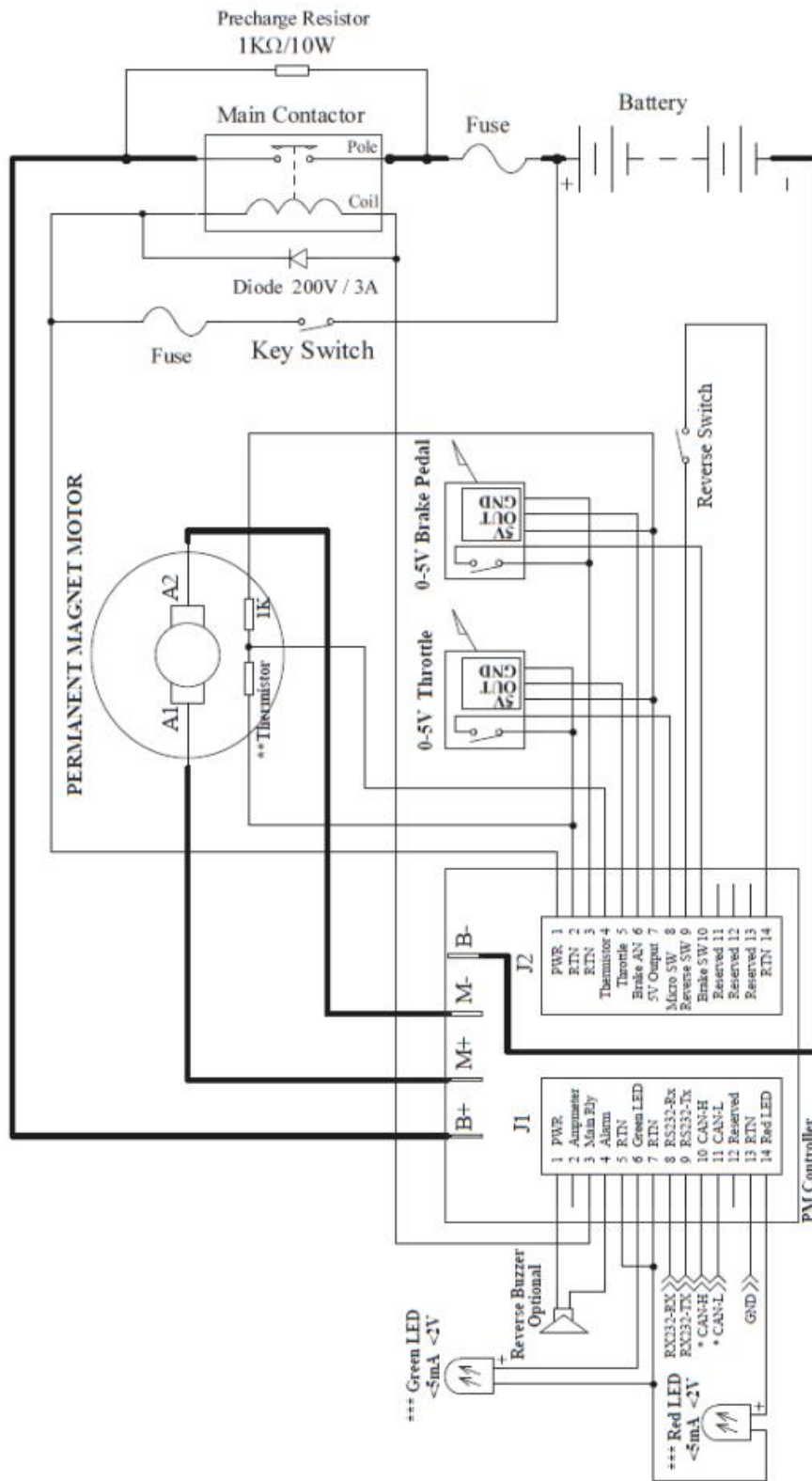
### Motor Mechanical Parameters

Mechanical Parameter	Unit	Parameter
Rated Speed	RPM	3000 (at 72 VDC0)
Maximum Speed	RPM	5000
Rated Torque	Lb-in	39 (200 amps)
Continuous Stalled Torque	Lb-in	20 (100 amps)
Peak Torque	Nm	98 (at 500 amps)
Operating Ambient Temperature	C	-40 to 40 (for these ratings)
Armature Inertia	kg.cm <sup>2</sup>	268
Motor Winding Insulation	Class	F
Max. Winding Operating Temperature	C	155
Shaft Configuration		See Drawing
Face Mounting Details		See Drawing
Tightening Torque for Terminals		See Drawing
Weight	lb	39
Direction of Rotation	I	Bi-directional fan (CCW Timed)
Storage Temperature	C	-30 to 150
Materials of Construction		Standard
Number of Brushes		16

ME1003 0005-CW 10.07.22

Eff.	Watts	Volts	Amps	RPM
1.00-	10000-	50-	200-	5000-
0.90-	9000-	45-	180-	4500-
0.80-	8000-	40-	160-	4000-
0.70-	7000-	35-	140-	3500-
0.60-	6000-	30-	120-	3000-
0.50-	5000-	25-	100-	2500-
0.40-	4000-	20-	80-	2000-
0.30-	3000-	15-	60-	1500-
0.20-	2000-	10-	40-	1000-
0.10-	1000-	5-	20-	500-
0.00-	0-	0-	0-	0-





NOTE: Potentialmeter can be used to output 0-5V.  
 The brake input isn't necessary for non-regen model.  
 Please securely wire B- before any other wiring. Never put contactor or break on B-.  
 \* CAN bus is depopulated by default.  
 \*\* Thermistor is optional item, default to KTY84-130.  
 \*\*\* When you connect an external LED, the LED front panel brightness will be reduced.

## UC120-12



## Physical Specification

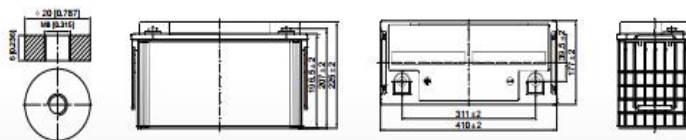
Part Number:	<b>UC120-12</b>
Length:	<b>410 ± 2 mm (16.14 inches)</b>
Width:	<b>177 ± 2 mm (6.97 inches)</b>
Container Height:	<b>225 ± 2 mm (8.86 inches)</b>
Total Height (with terminal):	<b>225 ± 2 mm (8.66 inches)</b>
Approx Weight:	<b>Approx 37.6kg (82.9lbs)</b>

## Specifications

	Normal Voltage	12V
	Normal Capacity (20HR)	120.0AH
Terminal Type	Standard Terminal	F11
	Optional Terminal	-
Container Material	Standard Option	ABS
	Flame Retardant Option (FR)	ABS(UL94:VO)
Rated Capacity	128.6 AH/6.43A	(20hr, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)
	120.0 AH/12.0A	(10hr, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)
	105.2 AH/21.0A	(5hr, 1.75V/cell, 25°C / 77°F)
	95.4 AH/31.8A	(3hr, 1.75V/cell, 25°C / 77°F)
	77.5 AH/77.5A	(1hr, 1.80V/cell, 25°C / 77°F)
Max Discharge Current	1300A (5s)	
Internal Resistance	Approx 4.0mΩ	
Discharge Characteristics	Operating Temp. Range	Discharge: -15 ~ 50°C (5 ~ 122°F)
		Charge: 0 ~ 40°C (32 ~ 104°F)
		Storage: -15 ~ 40°C (5 ~ 104°F)
	Nominal Operating Temp. Range	25 ± 3°C (77 ± 5°F)
	Cycle Use	Initial Charging Current less than 36.0A Voltage 14.4V ~ 15.0V at 25°C (77°F) Temp. Coefficient -30mV/°C
	Standby Use	No limit on Initial Charging Current Voltage 13.5V ~ 13.8V at 25°C (77°F) Temp. Coefficient -20mV/°C
	Capacity affected by Temperature	40°C (104°F) 103% 25°C (77°F) 100% 0°C (32°F) 86%
Design Floating Life at 20°C	12 Years	
Self Discharge	Ultracell batteries may be stored for up to 6 months at 25°C(77°F) and then a refresh charge is required. For higher temperatures the time interval will be shorter.	

## Dimensions

### F11 Terminal





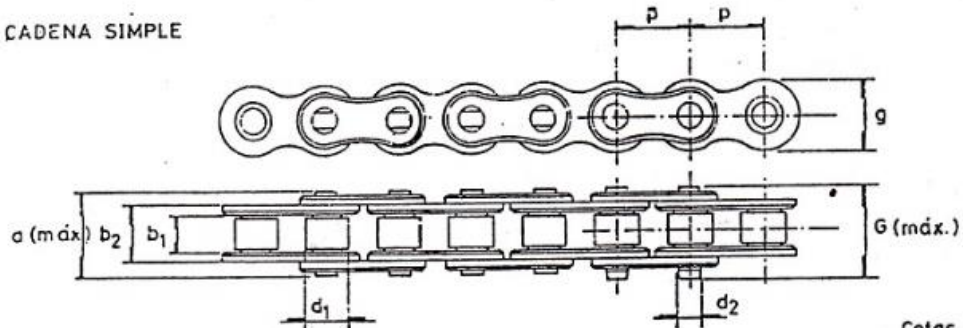
51

# CADENA DE RODILLOS

s/norma DIN-8187, BS-288, ISO/R-606

Hoja Técnica  
Núm. 001/1

CADENA SIMPLE



REFERENCIAS		Paso	Ancho interior	Ø rodillo	• eje	Ancho eslabón interior	Ancho sobre remache	Longitud eje unión	Ancho malla	Superf. articul.	Peso	Carga rotura
BEMSA	DIN-ISO	p	b <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	b <sub>2</sub>	a	G	g	cm <sup>2</sup>	Kg/m	Kp
R- 6-1	04B-1	6,00	2,80	4,00	1,85	4,10	7,40	10,30	5,00	0,07	0,12	300
R- 8-1	05B-1	8,00	3,00	5,00	2,31	4,77	8,60	11,70	7,11	0,10	0,18	460
R- 9-1	06B-1	9,525	5,72	6,35	3,28	8,53	13,50	16,80	8,26	0,28	0,40	910
R-102	081-1	12,70	3,30	7,75	3,66	5,80	10,20	11,70	9,91	0,21	0,28	820
R-110	082-1	12,70	2,38	7,75	3,66	4,60	8,20	-	9,91	0,16	0,26	820
R-46N	083-1	12,70	4,88	7,75	4,09	7,90	12,90	14,40	10,20	0,32	0,42	1400
R-17 A	084-1	12,70	4,88	7,75	4,09	8,80	14,80	16,30	11,15	0,35	0,59	1600
R-41 A	085-1	12,70	6,38	7,75	3,58	9,07	14,00	16,00	9,91	0,32	0,38	680
R- 12-1	08B-1	12,70	7,75	8,51	4,45	11,30	17,00	20,90	11,81	0,50	0,70	1820
R- 15-1	10B-1	15,875	9,65	10,16	5,08	13,28	19,60	23,70	14,73	0,67	0,95	2270
R- 19-1	12B-1	19,05	11,68	12,07	5,72	15,62	22,70	27,30	16,13	0,89	1,25	2950
R- 25-1	16B-1	25,40	17,02	15,88	8,27	25,45	36,10	41,50	20,60	2,10	2,70	6500
R- 31-1	20B-1	31,75	19,56	19,05	10,17	29,01	43,20	49,30	26,20	2,95	3,70	10000
R- 38-1	24B-1	36,10	25,40	25,40	14,63	37,92	53,40	60,00	33,20	5,54	6,70	17000
R- 44-1	28B-1	44,45	30,99	27,94	15,90	46,58	65,10	72,50	37,08	7,40	8,30	20000
R- 50-1	32B-1	50,80	30,99	29,21	17,81	45,57	67,40	75,30	41,60	8,12	10,50	26000
R- 63-1	40B-1	63,50	38,10	39,37	22,87	55,75	82,60	92,80	52,00	12,15	16,00	38000
R- 76-1	48B-1	76,20	45,75	46,26	29,22	70,56	99,10	109,60	63,50	20,61	27,20	60000
R- 88-1	56B-1	88,90	53,34	53,98	34,30	81,33	117,00	126,60	80,00	27,87	34,00	90000
R-101-1	64B-1	101,60	60,96	63,50	39,40	92,02	131,40	140,00	90,17	36,25	60,00	108000
R-114-1	72B-1	114,30	68,58	72,39	44,48	103,81	148,70	157,20	103,63	46,17	80,00	137000