



## **UNIDAD DE GESTIÓN DE TECNOLOGÍAS**

**Implementación del Sistema del Tren de Potencia Eléctrico y Transmisión de un Go-Kart para  
la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas**

**Armadas ESPE**

Loachamin Ortega, Marco Vinicio

Departamento de Ciencias de Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz

Monografía Previa a la Obtención del Título de Tecnólogo Superior en Mecánica Automotriz

Ing. Arias Pérez, Ángel Javier

Latacunga

02 de septiembre del 2021



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que la monografía, **Implementación del Sistema del Tren de Potencia Eléctrico y Transmisión de un Go-Kart para la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE**, fue realizado por el señor **Loachamin Ortega, Marco Vinicio** la cual ha sido revisada y analizada en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, agosto del 2021



Firmado electrónicamente por:

**ANGEL  
XAVIER**

-----  
**Ing. Arias Pérez, Ángel Javier**

CC: 050345481-1

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

## REPORTE DE VERIFICACIÓN



## Urkund Analysis Result

**Analysed Document:** MONOGRAFIA LOACHAMIN.pdf (D112129709)  
**Submitted:** 9/6/2021 3:29:00 PM  
**Submitted By:** jc.altamiranoc@uta.edu.ec  
**Significance:** 5 %

## Sources included in the report:

<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/hb1/hee/WEG-guia-practica-de-capacitacion-tecnico-comercial-50026117-brochure-spanish-web.pdf>  
<https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/483/Narv%C3%A1ez%C3%B3rdobajes%C3%BAsAndres.pdf?sequence=2&isAllowed=y>  
<https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/1445/1/T-UIDE-087.pdf>  
<https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/punto/1/como-se-genera-la-energia-electrica-en-ecuador>  
<https://n9.cl/hraw>  
<http://revcocmed.sld.cu/index.php/cocmed/article/view/3368>  
<https://bit.ly/3snX4jA>  
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/108997/tfmguillermocuestafinal.pdf?sequence=1&isAllowed=y>  
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/11155/2/04%20MAUT%20140%20TRABAJO%20GRADO.pdf>

## Instances where selected sources appear:

17



Firmado electrónicamente por:

**ANGEL  
XAVIER**-----  
Ing. Arias Pérez, Ángel Javier

CC: 050345481-1

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Loachamin Ortega, Marco Vinicio**, con cédula de ciudadanía n°1004818397, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **Implementación del Sistema del Tren de Potencia Eléctrico y Transmisión de un Go-Kart para la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, agosto de 2021

---

Loachamin Ortega, Marco Vinicio

CC: 100481839-7



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN**

Yo **Loachamin Ortega, Marco Vinicio** autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **Implementación del Sistema del Tren de Potencia Eléctrico y Transmisión de un Go-Kart para la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi/nuestra responsabilidad.

Latacunga, agosto de 2021



---

Loachamin Ortega, Marco Vinicio

CC: 100481839-7

## DEDICATORIA

Este trabajo es un logro personal que se logró con la ayuda de muchas personas, y no hago referencia únicamente en el sentido económico, sino en las palabras alentadoras de inspiración, en el apoyo incondicional y que sin ellas hubiera sido mucho más complicado llegar hasta este punto.

De esta manera, quiero dedicar este trabajo que es el reflejo de cada uno de los conocimientos adquiridos durante este proceso de formación el cual ha tenido altibajos pero que gracias a cada una de estas personas se ha podido llevar a cabo y desde el fondo de mi corazón principalmente dedicarlo a mi madre, aquella mujer que día a día me ha educado en base a sus principios y valores, que con su ejemplo y esfuerzo me enseñó que todo lo que nos proponemos lo podemos cumplir.

También dedicarlo a mis hermanos y mi familia, quienes han sido el apoyo, el soporte y la motivación en los días buenos y mucho más en los días malos.

Y finalmente también dedicarlo a la persona más especial que acaba de llegar a mi vida pero que es el pilar de motivación y superación diaria mi hijo Martin.

Aun dicho lo anterior las palabras para expresar el sentimiento de gratitud se quedan cortas.

***Loachamin Ortega, Marco Vinicio***

## AGRADECIMIENTO

Empezar agradeciendo a Dios por ser el que ha guiado mi vida, ha puesto a las personas en el lugar y momento adecuado para que sean mi motivación y mi inspiración diaria, para poder cumplir con cada una de las metas que me he propuesto.

Como dejar de lado a la mujer que desde pequeño supo educarme y enseñarme valores que me han construido como persona y dejando como la máxima 'ser una buena persona antes que un buen profesional', por estar en los malos momentos, por no dejar que me rinda y por un sinfín de cosas, agradecerle de todo corazón y que espero día a día poder recompensarla.

Agradecer en general a mi familia que han estado durante mi proceso de formación estudiantil brindándome su apoyo incondicional y que también han sido fuente de motivación, con palabras de aliento y sobre todo con su ejemplo diario.

Y finalmente, agradecer a la Universidad de las Fuerzas Armadas y cada uno de sus docentes por compartir conmigo su conocimiento, tanto académico como personal para formar un excelente profesional y persona.

***Loachamin Ortega, Marco Vinicio***

<b>Tabla de contenidos</b>	
<b>Carátula.....</b>	<b>1</b>
<b>Certificación .....</b>	<b>2</b>
<b>Reporte de verificación .....</b>	<b>3</b>
<b>Autoría de responsabilidad .....</b>	<b>4</b>
<b>Autorización de publicación .....</b>	<b>5</b>
<b>Dedicatoria.....</b>	<b>6</b>
<b>Agradecimiento .....</b>	<b>7</b>
<b>Tabla de contenidos.....</b>	<b>8</b>
<b>Índice de figuras.....</b>	<b>12</b>
<b>Índice de tablas.....</b>	<b>14</b>
<b>Resumen .....</b>	<b>15</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>16</b>
<b>    Planteamiento del problema .....</b>	<b>17</b>
<b>        Antecedentes .....</b>	<b>17</b>
<b>            <i>Planteamiento del problema</i> .....</b>	<b>18</b>
<b>            <i>Justificación</i> .....</b>	<b>19</b>
<b>            <i>Objetivos</i> .....</b>	<b>20</b>
<b>                General .....</b>	<b>20</b>
<b>                Específicos.....</b>	<b>20</b>
<b>    Alcance.....</b>	<b>21</b>



<b>Marco Teórico.....</b>	<b>22</b>
<b>Fuentes de energía de propulsión.....</b>	<b>22</b>
<i>Sistemas de combustión .....</i>	<i>23</i>
<i>Sistemas híbridos .....</i>	<i>23</i>
<i>Sistemas eléctricos.....</i>	<i>23</i>
<b>Tren de potencia.....</b>	<b>24</b>
<i>Componentes del tren de potencia .....</i>	<i>25</i>
<b>Motores eléctricos .....</b>	<b>26</b>
<i>Tipos de motores eléctricos .....</i>	<i>27</i>
<i>Motores de corriente directa .....</i>	<i>27</i>
<i>Motores de corriente alterna.....</i>	<i>30</i>
<i>Partes de un motor eléctrico.....</i>	<i>31</i>
<i>Estató.....</i>	<i>32</i>
<i>Rotor .....</i>	<i>33</i>
<b>Batería.....</b>	<b>34</b>
<i>Tipos de baterías.....</i>	<i>35</i>
<i>Plomo-Ácido .....</i>	<i>36</i>
<i>Níquel-Cadmio .....</i>	<i>37</i>
<i>Níquel-Hidruro metálico .....</i>	<i>38</i>
<i>Ion-Litio .....</i>	<i>39</i>

	10
<b>ZEBRA</b> .....	<b>41</b>
<i>Características</i> .....	<b>42</b>
<b>BMS</b> .....	<b>44</b>
<b>Acelerador</b> .....	<b>46</b>
<b>Implementación del Sistema de Tren de Potencia Eléctrico y Transmisión</b> .....	<b>48</b>
<b>Selección del motor</b> .....	<b>48</b>
<i>Datos de potencia y velocidad</i> .....	<b>49</b>
<i>Instalación</i> .....	<b>50</b>
<b>Selección de la batería</b> .....	<b>52</b>
<b>Selección del BMS</b> .....	<b>53</b>
<i>Instalación</i> .....	<b>55</b>
<b>Selección del controlador</b> .....	<b>56</b>
<i>Instalación</i> .....	<b>58</b>
<b>Selección del conversor DC-DC</b> .....	<b>59</b>
<i>Instalación</i> .....	<b>60</b>
<b>Selección del pedal de aceleración</b> .....	<b>61</b>
<i>Instalación</i> .....	<b>62</b>
<b>Ensamblaje final</b> .....	<b>62</b>
<b>Pruebas de Funcionamiento del Sistema de Tren de Potencia Eléctrico y Transmisión</b> ....	<b>64</b>
<b>Diseño de la ruta</b> .....	<b>64</b>

Pruebas de potencia .....	66
Pruebas de velocidad .....	66
Pruebas de autonomía .....	67
Conclusiones y Recomendaciones.....	68
Conclusiones.....	68
Recomendaciones.....	69
Bibliografía .....	70
Anexos .....	74

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> <i>Combustible vs. Electricidad</i> .....	22
<b>Figura 2</b> <i>Ejemplos de Tren de Potencia Convencional en el Mercado</i> .....	24
<b>Figura 3</b> <i>Esquema de Funcionamiento del Tren de Potencia Eléctrico</i> .....	25
<b>Figura 4</b> <i>Motor Eléctrico</i> .....	27
<b>Figura 5</b> <i>Partes de un Motor Eléctrico Convencional</i> .....	32
<b>Figura 6</b> <i>Tipos de Estatores</i> .....	33
<b>Figura 7</b> <i>Tipos de Rotores</i> .....	34
<b>Figura 8</b> <i>Baterías Comerciales</i> .....	35
<b>Figura 9</b> <i>Batería Plomo-Ácido</i> .....	36
<b>Figura 10</b> <i>Baterías Comunes de Níquel-Cadmio</i> .....	38
<b>Figura 11</b> <i>Baterías Níquel-Hidruro Metálico</i> .....	39
<b>Figura 12</b> <i>Paquete de Paneles de Li-Ion</i> .....	40
<b>Figura 13</b> <i>Batería ZEBRA</i> .....	42
<b>Figura 14</b> <i>BMS</i> .....	45
<b>Figura 15</b> <i>Funcionamiento del Pedal de Aceleración</i> .....	47
<b>Figura 16</b> <i>Motor 3000W</i> .....	49
<b>Figura 17</b> <i>Elaboración de los Soportes para el Motor</i> .....	50
<b>Figura 18</b> <i>Ubicación Tradicional de un Motor en un Kart</i> .....	51
<b>Figura 19</b> <i>Acople Mediante Cadena al Eje de Propulsión</i> .....	52
<b>Figura 20</b> <i>Empaquetado de los Paneles de la Batería</i> .....	53
<b>Figura 21</b> <i>Conexión del BMS</i> .....	54
<b>Figura 22</b> <i>Batería Empaquetada</i> .....	55
<b>Figura 23</b> <i>Colocación de la Batería en el Kart</i> .....	56

<b>Figura 24</b> <i>Líneas de Conexión del Controlador</i> .....	57
<b>Figura 25</b> <i>Controlador</i> .....	58
<b>Figura 26</b> <i>Colocación del Controlador en el Kart</i> .....	59
<b>Figura 27</b> <i>Convertor DC-DC</i> .....	60
<b>Figura 28</b> <i>Colocación del Convertor DC-DC en el Kart</i> .....	61
<b>Figura 29</b> <i>Pedal de Aceleración</i> .....	62
<b>Figura 30</b> <i>Conexiones Eléctricas</i> .....	63
<b>Figura 31</b> <i>Diseño de la Ruta para Pruebas</i> .....	64
<b>Figura 32</b> <i>Inicio de las Pruebas</i> .....	65
<b>Figura 33</b> <i>Tiempo Cronometrado de Pruebas</i> .....	67

**Índice de tablas**

<b>Tabla 1</b> <i>Definición de los Tipos de Motores DC</i> .....	28
<b>Tabla 2</b> <i>Comparación de las Características de los Motores</i> .....	29
<b>Tabla 3</b> <i>Definición de los Motores AC</i> .....	31
<b>Tabla 4</b> <i>Características de las Baterías de Litio Comerciales</i> .....	41
<b>Tabla 5</b> <i>Resumen del Ciclo de Vida de los Diferentes Tipos de Batería</i> .....	44
<b>Tabla 6</b> <i>Características de un Motor 1500W</i> .....	48
<b>Tabla 7</b> <i>Valores Máximos Entregados en las Pruebas</i> .....	66

## RESUMEN

La elaboración y construcción del siguiente trabajo, tiene como principio fundamental la combinación del uso de elementos o componentes amigables con el medio ambiente y el uso de ellos sobre una disciplina que en su mayoría necesita como fuente de alimentación principal la quema de hidrocarburos, lo que significa emisión de gases contaminantes al medio ambiente. Siendo así, se ha llevado un orden para que sea de fácil comprensión, siendo el inicio un marco teórico con información previamente seleccionada y resumida para todos los lectores, un capítulo donde se explica el por qué el uso de ciertos componentes y finalmente un capítulo de pruebas. De esta manera, como se había mencionado se ha resumido la información necesaria para conocer cada uno de los elementos que se empleó, su principio de funcionamiento y como se logró adecuarlo para aprovechar sus beneficios al máximo, detallan que se encuentran en el marco teórico del presente trabajo. Destacando así que el tren de potencia de un vehículo es una parte esencial, ya que de él dependerá como se desplace el vehículo, su potencia, su velocidad, entre otras características, y haciendo un uso correcto de los beneficios que ofrece cada componente que se usó podemos obtener un vehículo veloz y ágil que se pueda disfrutar sobre pista.

Palabras clave:

- **MEDIO AMBIENTE**
- **MOTOR ELÉCTRICO**
- **KARTING**
- **FUENTES DE ALIMENTACIÓN**
- **TREN DE POTENCIA**

## ABSTRACT

The development and construction of the following work has as a fundamental principle the combination of the use of environmentally friendly elements or components and the use of them on a discipline that mostly needs the burning of hydrocarbons as the main power source, which means emission of polluting gases into the environment. Thus, an order has been kept so that it is easy to understand, the beginning being a theoretical framework with previously selected and summarized information for all readers, a chapter explaining why the use of certain components and finally a chapter on tests. In this way, as mentioned, the information necessary to know each of the elements that was used, its operating principle and how it was adapted to take advantage of its benefits to the maximum has been summarized, detail that they are in the theoretical framework of the present work. Thus, highlighting that the power train of a vehicle is an essential part, since it will depend on how the vehicle moves, its power, its speed, among other characteristics, and making correct use of the benefits offered by each component that is used. Used we can get a fast and agile vehicle that can be enjoyed on the track.

Keywords:

- **ENVIRONMENT**
- **ELECTRIC MOTOR**
- **KARTING**
- **POWER SUPPLIES**
- **POWER TRAIN**



## Capítulo I

### 1. Planteamiento del problema

“Implementación del Sistema del Tren de Potencia Eléctrico y Transmisión de un Go-Kart para la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE”

#### 1.1. Antecedentes

El uso de máquinas eléctricas para ayudar al cumplimiento de actividades o trabajo ha sido de gran utilidad al ser humano, es así como cada día se implementan más productos o aparatos que funcionen con ayuda de electricidad.

En las últimas décadas se han estado innovando grandes empresas y principalmente empresas del sector automovilístico, diseñando vehículos que estén en armonía con la naturaleza, disminuyendo sus índices emisiones de contaminación y escogiendo como principal fuente de energía aquellas llamadas energías renovables como es la electricidad.

El entretenimiento no se queda fuera de las principales actividades del ser humano, es así como según la historia en la década de los 50's, se desarrolló una actividad netamente con fines recreativos llamada karting, la cual a través de los años ha pasado de ser una actividad recreativa o de entretenimiento a ser una disciplina profesional es decir un deporte llegando a ser parte de los deportes de motor con una similitud muy profunda con la Formula 1.

En la década de los 70's y parte de la década de los 80's, se popularizó más el karting debido a un plus que se les añadió, la instalación de un motor de combustión interna de bajo cilindraje como método principal de propulsión, incrementando la diversión y/o entretenimiento en los conductores.

De esta forma se decidió el tema para proyecto de titulación IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DEL TREN DE POTENCIA ELÉCTRICO Y TRANSMISIÓN DE UN GO-KART.

Uniando así los dos conceptos previamente mencionados, los cuales son la electricidad como principal fuente de alimentación unida al karting que en la actualidad ya es reconocido como un deporte.

### **1.1.1. Planteamiento del problema**

En la actualidad uno de los conceptos que más se han puesto en consideración es la contaminación y sus diferentes tipos, siendo la contaminación ambiental el concepto que más alarma en la actualidad debido a sus consecuencias, como se menciona en Afecciones respiratorias y contaminación ambiental en Riobamba, Ecuador (2020) ‘las afecciones respiratorias debidas a la contaminación ambiental han aumentado en los últimos años’

Es por este motivo por el cual muchas empresas en la actualidad se han visto en la necesidad de innovar, diseñar y crear; el caso del sector automotriz es uno de los más preocupados y que se han visto en la necesidad de reducir los contaminantes en sus emisiones ya que como es de conocimiento global los gases que producen cada uno de sus vehículos que se han puesto en el mercado, generan gases de los más nocivos para el ambiente datos que se mencionan en Alternativa para la reducción de gases de combustión en vehículos de transporte (2020) ‘el sector automotriz toma un papel protagónico en la contaminación atmosférica, ya que este es el principal causante de las emisiones de gases contaminantes, como CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, que gases ponen en riesgo la calidad del ambiente y la salud de las personas.’

Los vehículos híbridos y eléctricos que se están desarrollando en la actualidad, han presentado grandes ventajas y aspectos positivos reduciendo las emisiones de carbono, en

Ecuador al tener electricidad que 'proviene de fuentes hidráulicas (energía potencial del agua), térmicas (calor generado por combustibles fósiles), solares (sol), eólicas (viento) y de aprovechamiento de la biomasa (residuos orgánicos).' (El Telégrafo, 2016)

El karting al formar parte de una disciplina del sector automotriz está también en la obligación de generar alternativas que ayuden y/o contribuyan al medio ambiente sin perder su esencia pero reduciendo en su totalidad las emisiones generadas, y para lograr el cometido se puede realizar de la manera más efectiva, cambiando la fuente de propulsión, reemplazar un motor de combustión interna convencional que genera gases nocivos que se detallaron en el párrafo anterior, por una fuente de energía sustentable y renovable como lo es los motores eléctricos, motores que generan cero emisiones de gases nocivos, y que pueden convivir en armonía con el medio ambiente.

### **1.1.2. Justificación**

Al vivir en una época de innovación y con un problema muy notable de contaminación que se vive día a día, es obligación de cada ser humano hacer algo para ayudar al medio ambiente y contribuir con la reducción de emisiones nocivas, ya que es el lugar en donde vivimos y del cual disfrutamos.

El uso de energías renovables es un hecho que ayudan a mejorar la calidad de vida de todas las personas, como se ha pretendido dejar claro desde un inicio de la presentación de este trabajo, el uso de motores eléctricos en el sector automotriz son clave para disminuir la contaminación ambiental y la contaminación sonora.

Una de las ventajas muy claras que se puede observar en este caso es tener la facilidad de obtener la electricidad (que en este caso es la principal fuente de energía), además de su fácil

movilidad en comparación del combustible (gasolina), los puertos de carga ya los tienen distintos centros comerciales, espacios o lugares públicos y de ser el caso que se necesite una toma de 110V, incluso los mismos domicilios son capaces de recargar una batería de estos vehículos híbridos o eléctricos.

Y es así que la finalidad de este trabajo es hacer que cada uno de los amantes de las carreras automovilísticas, en este caso la categoría de karting, puedan seguir disfrutando de este deporte pero ayudando al medio ambiente o contribuyendo con el mismo, sumándole aspectos positivos a los que ya tiene este deporte tan querido por muchos; por ejemplo, incrementar la potencia en las salidas, disminuir el consumo de combustible que día a día incrementa su valor y sigue contaminando aún más el medio ambiente, tener la facilidad de contar con baterías que pueden ser reemplazadas fácilmente y así obtener más minutos incluso horas de diversión a bordo de estos pequeños automóviles, con la facilidad de instalar puertos de carga en cualquier lugar y ofrecer así a los usuarios la facilidad de recargar las baterías cerca de ellos.

### **1.1.3. Objetivos**

#### **1.1.3.1. General**

Implementar el sistema del tren de potencia eléctrico y transmisión en un Go-Kart eléctrico, partiendo de la tecnología actual que se encuentra en el mercado automotriz, con la finalidad de reemplazar los motores convencionales reduciendo los índices de contaminación.

#### **1.1.3.2. Específicos**

- Investigar acerca de los tipos de motores eléctricos que se pueden usar para determinar el más óptimo en relación costo-beneficio.

- Realizar el cálculo para determinar la potencia y velocidad que se logrará con el motor previamente seleccionado.
- Dimensionar el lugar de instalación en el bastidor de los componentes eléctricos y electrónicos.
- Ensamblar los componentes del tren de potencia y transmisión sobre el bastidor.

## **1.2. Alcance**

Como ya se ha mencionado en más de una ocasión este trabajo tiene la finalidad de implementar un motor eléctrico como alternativa de motores convencionales de combustión interna para reducir las emisiones contaminantes y ser amigable con el medio ambiente.

Se espera que además sirva como prototipo para grandes empresas y se empiecen a implementar o fabricar en serie, para que los vehículos de la disciplina en un futuro sean casi en su totalidad construidos con motores eléctricos como fuente principal de propulsión y optimizar de esta manera el uso de energías renovables.

## Capítulo II

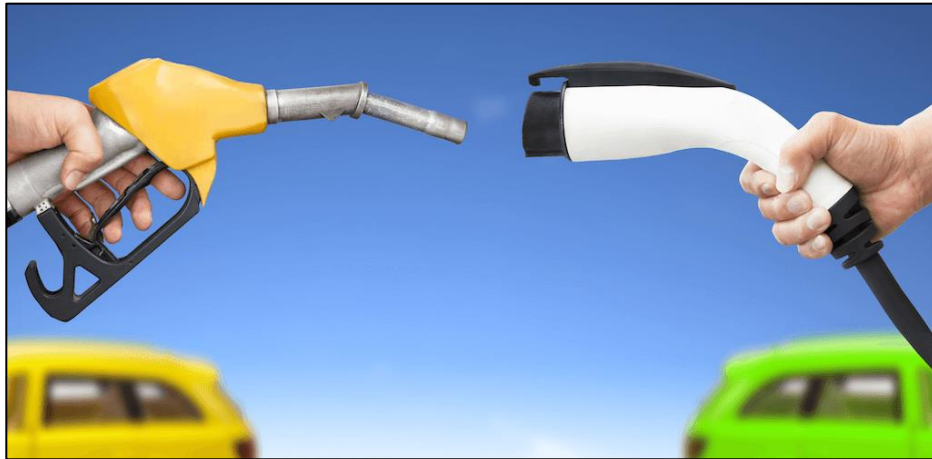
### 2. Marco Teórico

#### 2.1. Fuentes de energía de propulsión

Como es de conocimiento global, un motor es una máquina que se encarga de transformar la energía recibida a una energía que por lo general suele ser energía mecánica de rotación, esta energía recibida por los motores la denominaremos energía de propulsión y según las características del motor puede ser energía química (combustible) o energía eléctrica (electricidad).

#### Figura 1

*Combustible vs. Electricidad*



*Nota.* La imagen hace referencia a la comparativa y al cambio que se intenta implementar, la sustitución de combustible fósil por energía eléctrica. Tomada de (Monlau, 2021)

### **2.1.1.            Sistemas de combustión**

Como ya se había mencionado el combustible (energía química), es una de las fuentes de energía que más se usan actualmente en el mercado, la mayoría de los vehículos que podemos encontrar circulando en las calles usan combustibles fósiles, como el diésel o la gasolina.

Al ser motores que usan estas energías como método de combustión para la generación de energía, emiten gases que son perjudiciales tanto para el medio ambiente como para los seres humanos, gases como CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> que son conocidos como los principales responsables de generar efecto invernadero.

### **2.1.2.            Sistemas híbridos**

Los sistemas híbridos, usan además de un motor de combustión interna, un motor eléctrico, que tiene la finalidad de reemplazar en ciertos tramos de carretera o por ciertos momentos al motor de combustión interna, para que de esta manera se disminuyan los gases emitidos por el motor de combustión interna.

Como sabemos el motor de eléctrico, usa como fuente principal la energía eléctrica, y en el caso del Ecuador es de los métodos más ecológicos, ya que la electricidad se obtiene principalmente de hidroeléctricas, lo cual significa que ni para la generación de electricidad se emiten gases nocivos.

### **2.1.3.            Sistemas eléctricos**

Estos sistemas tienen la finalidad de disminuir en su totalidad las emisiones de gases al medio ambiente, sustituyendo el tradicional motor de combustión interna por un motor eléctrico.

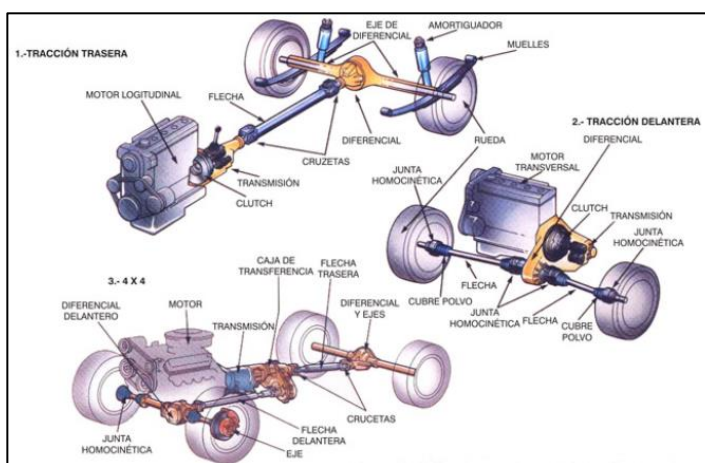
En la actualidad estos sistemas tienen una gran aceptación ya que son amigables con el medio ambiente.

## 2.2. Tren de potencia

Denominamos tren de potencia a un conjunto de elementos que principalmente en el vehículo tienen como principal función transportar una energía rotatoria producida por una fuente de energía hacia las ruedas para que de esta manera el vehículo pueda desplazarse.

### Figura 2

*Ejemplos de Tren de Potencia Convencional en el Mercado*



*Nota.* Uno de los factores importantes del tren de potencia de un vehículo es su tipo de tracción, la cual se la determina de acuerdo con la posición de las ruedas motrices. Tomada de (Martínez, 2014)

De esta manera en el proceso de llevar el movimiento de un lugar a otro debe existir una perfecta sincronización y armonía en cada uno de los elementos que lo conforman, para así garantizar que el movimiento del vehículo sea el deseado y controlable en todo momento.

Entre un vehículo de combustión interna y uno con propulsión eléctrica los componentes podrían ser los mismos dado que lo único que cambia es la fuente de energía, pero también existe la posibilidad de que en vehículos eléctricos se omita un componente dado que la potencia que



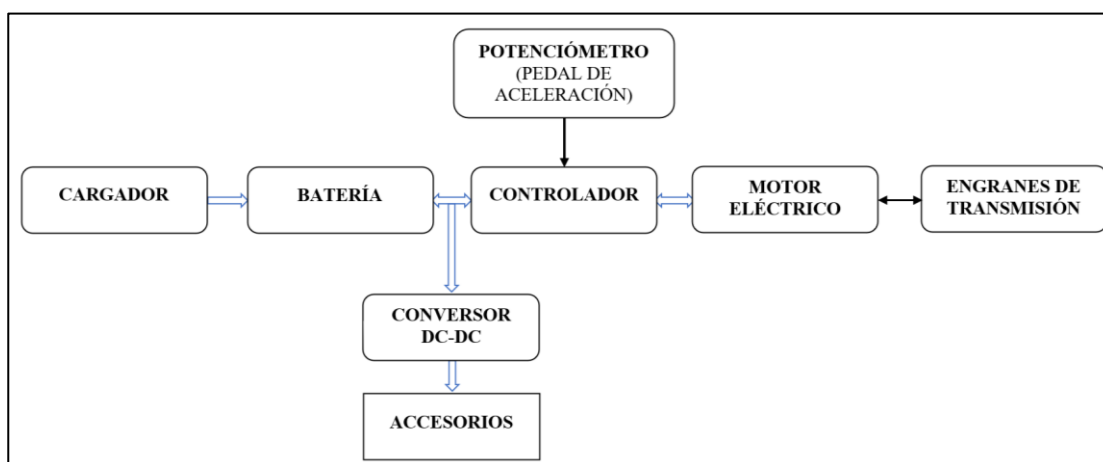
genera un motor eléctrico es ampliamente controlable (número de vueltas por minuto), desde 0 RPM hasta las predeterminadas por el fabricante.

### 2.2.1. Componentes del tren de potencia

En esta parte nos enfocaremos principalmente en los componentes del tren de potencia para vehículos eléctricos, que como lo habíamos mencionado antes son en su mayoría los mismos, o se podrían adaptar los mismos tanto para vehículos con propulsión eléctrica y vehículos con propulsión de un motor de combustión interna.

**Figura 3**

*Esquema de Funcionamiento del Tren de Potencia Eléctrico*



*Nota.* En la figura se observa un esquema de cómo funciona un tren de potencia eléctrico, las líneas azules indican el flujo de energía eléctrica (ya sea en unidireccional o bidireccional) y las líneas de color negro indican un flujo de energía mecánica.

Para que la potencia el movimiento llegue hasta las ruedas son necesarios los siguientes elementos.

- Batería (acumulador de energía eléctrica)

- Conversor DC-DC
- Controlador
- Potenciómetro
- Motor eléctrico
- Engranajes de transmisión

Cada uno de los elementos previamente mencionados se los detallará a continuación.

### **2.3. Motores eléctricos**

Un motor eléctrico como se especifica en (WEG, 2016) 'Es la máquina destinada a transformar energía eléctrica en energía mecánica... que combina las ventajas de la utilización de energía eléctrica (bajo costo, facilidad de transporte, limpieza, simplicidad de comando)'

**Figura 4**

*Motor Eléctrico*



*Nota.* En la figura se muestra un motor en corte, donde se pueden identificar cada uno de sus componentes. Tomada de (Wikipedia, 2021)

Como se ha venido mencionando el motor eléctrico es la fuente de energía mecánica de rotación la cual con la ayuda de los componentes de tren de potencia se transmitirá hacia las ruedas para que el vehículo pueda desplazarse.

### **2.3.1. Tipos de motores eléctricos**

De acuerdo con la NEMA (National Electrical Manufacturers Association NEMA, 2006) existen dos tipos de motores, los motores de corriente directa (DC) y los motores de corriente alterna (AC).

### **2.3.2. Motores de corriente directa**

Este tipo de motores de corriente directa se llaman así debido a que su fuente de energía es corriente directa, es decir, tiene un positivo y un negativo que los encontramos en baterías, pilas principalmente y los cuales son esenciales para su funcionamiento.

Dentro de esta división existe una subdivisión de motores de corriente directa, en la cual encontramos cuatro tipos de motores más, los cuales son: *motor de excitación en serie*, *motor de excitación en paralelo*, *motor de excitación compuesta* y *motor de imán permanente*. Algunas características se muestran en las siguientes tablas 1 y 2.

**Tabla 1**

*Definición de los Tipos de Motores DC*

<b>MOTOR DE EXCITACIÓN EN SERIE</b>	<b>MOTOR DE EXCITACIÓN EN PARALELO</b>	<b>MOTOR DE EXCITACIÓN COMPUESTA</b>	<b>MOTOR DE IMÁN PERMANENTE</b>
Es un tipo de motor eléctrico DC en el cual el inducido y el devanado inductor o de excitación van conectados en serie.	Es un motor eléctrico DC cuyo bobinado inductor principal está conectado en derivación o en paralelo con el circuito formado por los bobinados inducido e inductor auxiliar.	Es un motor eléctrico DC cuya excitación es originada por dos bobinados inductores independientes uno dispuesto en serie y otro conectado en derivación con el circuito formado por los bobinados inducido inductor serie e inductor auxiliar.	El suministro DC está conectado directamente a los conductores de la armadura mediante las escobillas. El campo magnético principal es producido por los imanes permanentes montados en el estator.

*Nota.* En la tabla 1 se pueden identificar cada uno de los tipos de motores DC, junto a una síntesis de su definición. Adaptada de (Contreras Villamizar & Sánchez Rodríguez, 2010)

**Tabla 2**

*Comparación de las Características de los Motores*

<b>Regulación de velocidad</b>	<b>Control de velocidad</b>	<b>Par de arranque</b>	<b>Par limite</b>	<b>Aplicaciones</b>
<b>Motor de excitación en serie</b>				
Varía inversamente con la carga marcha en cargas bajas y plena tensión	Será máximo dependiendo del control de la carga.	Alto, varía con el cuadrado del voltaje limitado por la conmutación y el calentamiento y la capacidad de línea	Alto, limitado por la conmutación y calentamiento y capacidad de la línea	Cuando alto torque requerido y la velocidad puede ser regulada. Grúas, montacargas, puentes y motores de arranque
<b>Motor de citación en paralelo</b>				
Pérdidas del 3 al 5% desde no carga a carga plena.	Cualquier rango decidido, dependiendo del diseño del motor y del tipo de sistema.	Bueno, con campos constantes, es directamente proporcional a la tensión aplicada a la armadura.	Alto limitado por la conmutación. Calentamiento y capacidad de la línea.	Cuando se necesita velocidad constante y el par de arranque no es severo. Ventiladores, bombas, sopladores y transportadores.

<b>Motor de equitación compuesta</b>				
<b>Regulación de velocidad</b>	<b>Control de velocidad</b>	<b>Par de arranque</b>	<b>Par limite</b>	<b>Aplicaciones</b>
Pérdidas del 3 al 20% desde no carga plena. Dependiendo de la cantidad de composición.	Cualquier rango decidido, dependiendo del diseño del motor y del tipo de sistema.	Tan grande como los motores en paralelo. Dependiendo de la de la cantidad de composición.	Alto. Limitado por la conmutación. Calentamiento y capacidad de la línea.	Cuando se requiere alto par de arranque, combinado con velocidad completamente constantes. Bombas de émbolo. Prensas. Ascensores engranaje.
<b>Motor de imán permanente</b>				
	Su velocidad puede ser cambiada mediante el ajuste de la tensión de alimentación.		Alto. Limitado por la conmutación, calentamiento y capacidad de la línea.	Cuando se requiere una cantidad baja de carga. Usados para control de velocidad y de posición.

*Nota.* En la tabla 2 se detallan características de cada uno de los motores previamente mencionados en la tabla 1. Adaptada de (Contreras Villamizar & Sánchez Rodríguez, 2010)

### **2.3.3. Motores de corriente alterna**

A diferencia de los motores de corriente directa, estos motores necesitan una alimentación de corriente alterna como la electricidad que encontramos en nuestros hogares.

Y también como los motores DC, tienen una subdivisión de tres tipos de motores más: *motor AC de inducción, motor AC síncrono y motor AC de arrollamiento en serie*. Los cuales a continuación se describirán en la tabla 3.

**Tabla 3**

*Definición de los Motores AC*

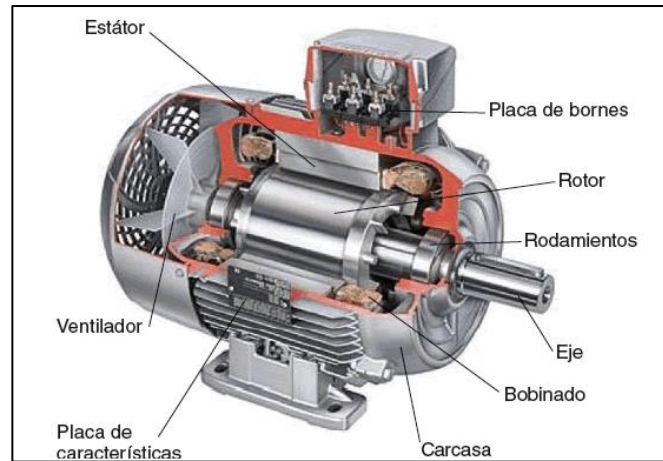
<b>Motor de inducción.</b>	<b>Motor Síncrono</b>	<b>Motor de arrollamiento en serie</b>
Un motor de inducción es una máquina de inducción en la que un miembro. Se conecta la fuente de energía y un devanado polifásico secundario, un devanado en jaula de ardilla secundario. En el otro miembro. Lleva corriente inducida.	Son máquinas eléctricas cuya velocidad de rotación está vinculada rígidamente con la frecuencia de la red AC con la cual trabaja.	Es un motor de conmutador donde el inductor y el inducido están conectados en serie.

*Nota.* En la tabla 3 se resume la definición de los tres tipos de motores AC más convencionales.

Adaptada de (Contreras Villamizar & Sánchez Rodríguez, 2010)

#### **2.3.4. Partes de un motor eléctrico**

Un motor eléctrico está compuesto por distintas partes, como *el estator, el rotor, placa de bornes, rodamientos, eje, ventilador, etc.* Varía de acuerdo con el fabricante sus adicionales. Pero se puede denominar un motor eléctrico solo con tener el estator y el rotor.

**Figura 5***Partes de un Motor Eléctrico Convencional*

*Nota.* En la figura se observa un motor eléctrico en corte, donde se detallan cada uno de sus componentes internos y externos. Tomada de (Diego, 2014)

### **2.3.5. Estator**

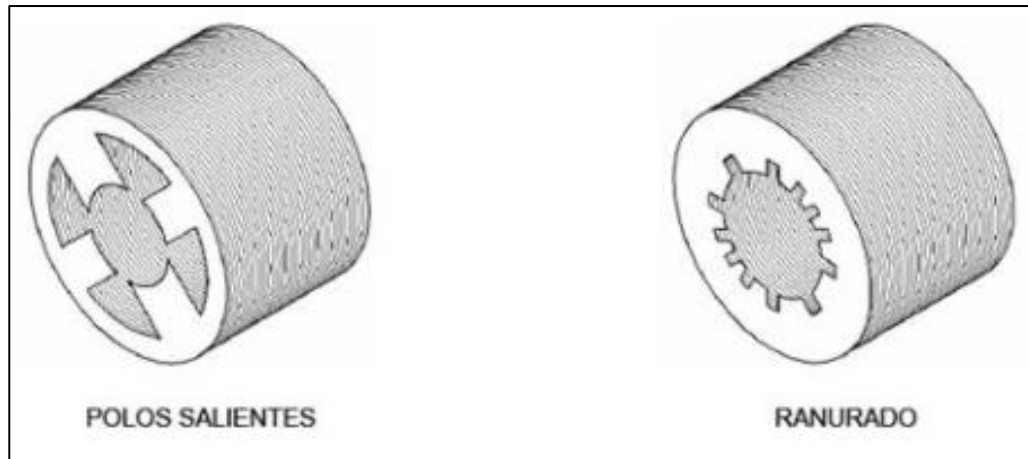
Este elemento de los motores eléctricos es la parte fija, la cual genera un campo magnético y adicional sirve de base permitiendo que se genere una rotación.

Posee una subdivisión, la cual está compuesta por dos tipos de estatores, *estator de polos salientes* y *estator ranurado*.



**Figura 6**

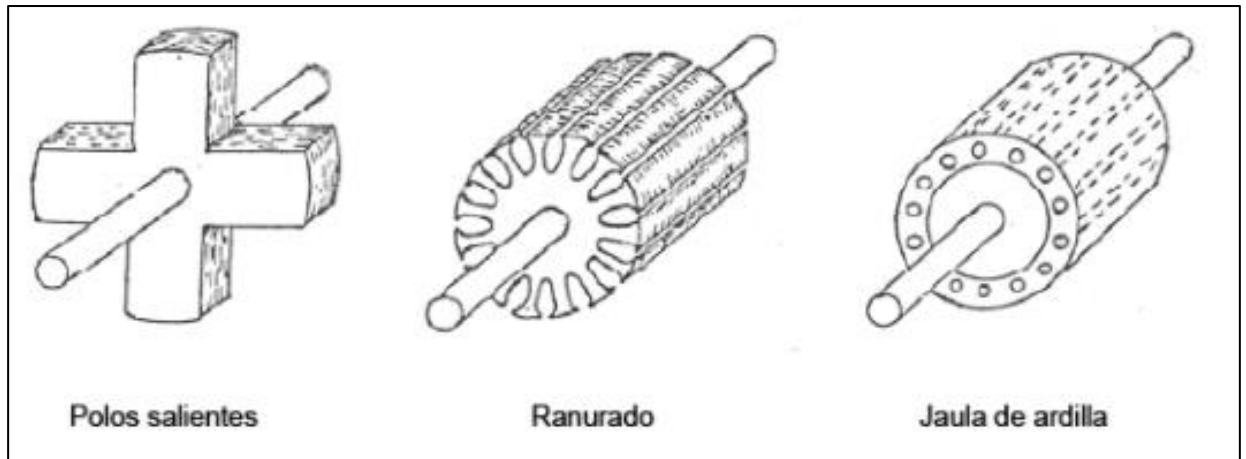
*Tipos de Estatores*



*Nota.* En la figura 6 se pueden observar los dos tipos de estatores comerciales que podemos encontrar en los motores eléctricos. Tomada de (Tirado Pérez, 2012)

### **2.3.6. Rotor**

El rotor a diferencia del estator es la parte del motor móvil, denominado según (Tirado Pérez, 2012) 'elemento de transferencia mecánica', en su mayoría los rotores están compuestos por un conjunto de láminas de acero aleado con silicio y se subdividen en tres tipos: *rotor ranurado*, *rotor de polos salientes* y *rotor jaula de ardilla*.

**Figura 7***Tipos de Rotores*

*Nota.* En la figura 7, se observan los diferentes tipos de rotores comerciales de los motores eléctricos. Tomada de (Tirado Pérez, 2012)

#### **2.4. Batería**

Podemos denominar a una batería como un elemento que su finalidad es almacenar energía eléctrica, la cual la usaremos como fuente principal para el funcionamiento del motor eléctrico.

Las baterías deben ser capaces de soportar distintas condiciones de trabajo como la intemperie, los distintos cambios a temperaturas, las vibraciones que conlleva el desplazamiento del vehículo y posibles golpes que se pueden producir en la superficie donde se desplaza el vehículo.

**Figura 8**

*Baterías Comerciales*



*Nota.* En la figura 8 se observan distintos tipos de batería, siendo su variante visible el tamaño de cada una y su tipo de mantenimiento. Tomada de (Lubricantes en Venezuela, s.f.)

Entre las características que diferencian a una batería es la capacidad de voltaje y potencia que logra almacenar dentro de sus celdas en forma química.

El principio de funcionamiento de las baterías es relativamente simple, ya que, a partir de dos componentes separados, en este caso el ánodo y el cátodo, cuando se juntan producen una reacción química la cual hace que se libere energía eléctrica. Para la generación de electricidad se necesita un movimiento de electrones los cuales ocurren en el ánodo (pérdida de electrones) y el cátodo (adquiere electrones).

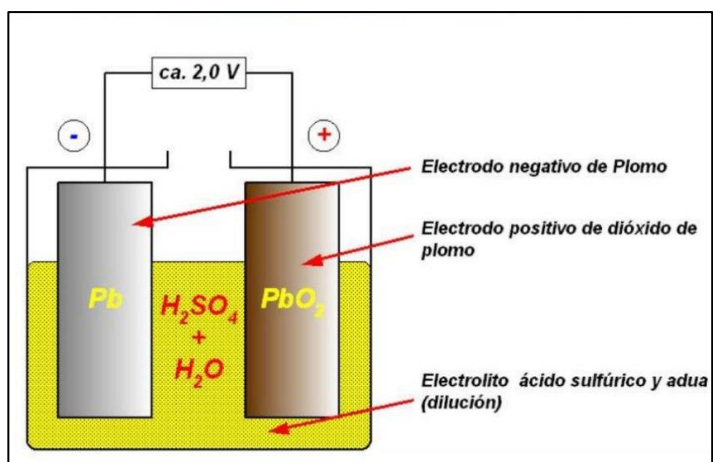
#### **2.4.1. Tipos de baterías**

A las baterías principalmente las podemos diferenciar a partir de sus componentes químicos que podemos encontrar en ellas. Y es importante recordar que la tecnología está avanzando día a día.

### 2.4.2. Plomo-Ácido

Figura 9

Batería Plomo-Ácido



*Nota.* En la figura 9 se observa cómo está compuesta una batería plomo-ácido químicamente.

Tomada de (Castro Martinez, 2019)

Es de las baterías más comunes de encontrarlas, y se componen de un cátodo de dióxido de plomo y un ánodo de plomo, los cuales se encuentran sumergidos en una solución de ácido sulfúrico y agua destilada que hace la función de electrolito.

Como ya lo mencionábamos es una batería muy común de encontrarla en el mercado, y se encuentra ahí según datos históricos desde el siglo XIX, al ser ya muy común su precio es bajo y brinda a sus usuarios un alto rendimiento.

Dentro de sus desventajas podemos destacar que su peso es elevado, poseen una baja densidad energética, adicional sus tiempos de recarga de energía son elevados y sobre todo

dentro de sus desventajas encontramos que su fabricación es realizada a partir de elementos muy tóxicos los cuales pueden ser altamente perjudiciales con el medio ambiente.

### **2.4.3. *Níquel-Cadmio***

En la actualidad este tipo de baterías no las encontramos dentro de la industria automotriz ya que, poseen un alto porcentaje de cadmio el mismo que presenta una alta toxicidad.

Estas baterías usan el hidróxido de níquel como cátodo y el cadmio como ánodo. Entre sus ventajas encontramos unos altos índices de rendimiento a bajas temperaturas, una larga vida útil y los tiempos de carga son bajos.

Su principal desventaja es el efecto memoria que poseen, por lo que se puede determinar que si no se cumplen correctamente los ciclos de carga y descarga pueden presentar altas pérdidas de capacidad y otras características.

**Figura 10**

*Baterías Comunes de Níquel-Cadmio*



*Nota.* Se observan baterías comerciales en forma de pila, compuestas de níquel-cadmio. Tomada de (Wikipedia, 2021)

#### **2.4.4. Níquel-Hidruro metálico**

Podemos decir que estas baterías son una evolución de las baterías níquel-cadmio de las cuales hablábamos previamente, el cátodo sigue siendo el níquel, y en el ánodo se reemplaza el cadmio por aleaciones de materiales menos tóxicos y contaminante.

**Figura 11**

*Baterías Níquel-Hidruro Metálico*



*Nota.* Forma más común de encontrar baterías de níquel-hidruro metálico. Tomada de (DHGate, 2004)

Este cambio que puede parecer en principio sencillo, pero provoca una reducción de rendimiento significativa adicional a eso se incrementa la sensibilidad a la temperatura, pero como se mencionaba este cambio reduce en gran parte el impacto negativo con el medio ambiente.

No son de fácil acceso en el mercado, pero algunos vehículos híbridos en el mercado la poseen, como es el caso del Toyota Prius en algunas de sus versiones.

#### **2.4.5. Ion-Litio**

Esta batería es de las más actuales en el mercado y muchas marcas del sector automotriz ya la usan en algunos de sus modelos como es el caso de BMW en su i3, Nissan en el modelo Leaf, Peugeot en el Ion, entre otros casos, siendo la predominante, vehículos 100% eléctricos.

**Figura 12**

*Paquete de Paneles de Li-Ion*



*Nota.* Batería de Li-Ion, compuesta de paneles en estado sólido. Tomada de (Toledo, 2010)

Muchas áreas de mercado siguen realizando estudios y mejoras en estas baterías. Su ánodo está hecho a base de carbono o litio y el cátodo presenta una variabilidad entre en manganeso y el fosfato de hierro. Presentando sus dos grandes variantes:

- Litio-Ion Manganeso ( $\text{LiMn}_2\text{O}_4$ )
- Litio-Fosfato de hierro ( $\text{LiFePO}_4$ )
- Litio-Óxido de cobalto ( $\text{LiCoO}_2$ )

Dentro de sus principales características encontramos una densidad energética tres veces superior a otras baterías previamente mencionadas (recargables), no poseen un efecto memoria, el nivel de auto descarga es muy bajo, soportan elevadas temperaturas, así como un ciclo elevado de carga y descarga.



Sus desventajas son pocas como sus problemas de estabilidad, pero que se encuentran en casos muy puntuales.

**Tabla 4**

*Características de las Baterías de Litio Comerciales*

<b>Cátodos derivados de Litio</b>	<b>Energía (Wh/kg)</b>	<b>Densidad energética (Wh/l)</b>	<b>Nº de Ciclos</b>	<b>Inicio de temperatura riesgo (°C)</b>	<b>Tensión (V)</b>	<b>Rango de temperatura de trabajo (°C)</b>
<b>LiFePO<sub>4</sub></b>	90-125	130-300	2000	270	3.2	-20 a 60
<b>LiFePO<sub>4</sub></b>	80-108	200-240	>1000	270	3.2	-20 a 60
<b>LiCoO<sub>2</sub></b>	170-185	450-490	500	170	3.6	-20 a 60
<b>LiMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub></b>	90-110	280	>1000	255	3.8	-20 a 50
<b>NCM</b>	150	270-290	1500	215	3.7	-20 a 60
<b>NCM</b>	155-190	330-365	1500	215	3.7	-20 a 60
<b>NCM/LMO</b>	65-100	118-200	12000	No aplica	2.5	-50 a 75

*Nota.* En la tabla 4 se detallan características de las baterías de Litio. Tomada de (Cuesta Capellan, 2017)

#### **2.4.6. ZEBRA**

**Figura 13***Batería ZEBRA*

*Nota.* Batería ZEBRA en su forma comercial. Tomada de (Moreno, 2007)

Llamadas así por sus siglas en inglés (Zeolite Battery Research Africa Project) usadas ya en algunos vehículos en el mercado siendo su característica principal su temperatura de funcionamiento  $300^{\circ}\text{C}$ , lo que se deduce en que la temperatura exterior o temperatura ambiente no influye en las prestaciones y/o características, además para su montaje son colocadas en unas cajas térmicas perfectamente aisladas al exterior.

El cátodo es el níquel y el ánodo es hecho a partir de sodio, sin embargo, también posee desventajas, una de ellas es que es necesario usar en todo momento su energía para mantener la temperatura adecuada en todo momento, lo que significa que evitar el consumo de energía de la batería representara un consumo pasivo de energía y pérdida de sus características.

#### **2.4.7. Características**

Para un correcto dimensionamiento del tren de potencia la elección del tipo de batería a usar es indispensable, es así como se necesita saber ciertas características que poseen las baterías y

determinar si cumplen con las que se requieren para su óptimo funcionamiento. A continuación, se presenta un listado con las características que poseen las baterías:

— ***Capacidad***

La capacidad de una batería hace referencia al indicador de cantidad de energía que es capaz de almacenar, es expresada en unidades de amperios por hora (Ah).

— ***Energía específica***

Es medida en kWh/kg, ya que relaciona dos variantes muy importantes, el peso y la capacidad energética.

— ***Densidad energética***

Muy similar a la energía específica, cambiando una variable la cual nos indique la relación entre el volumen ocupado por la batería y la capacidad de almacenamiento de esta, siendo medida en Wh/L.

En la mayoría de los vehículos ya es muy común poner como principal factor la densidad energética, ya que se necesita una agilidad elevada y un tamaño muy reducido.

— ***Ciclo de vida***

Y finalmente el ciclo de vida, el cual viene determinado por el número de cargas y descargas completas que es capaz de soportar la batería.

**Tabla 5**

*Resumen del Ciclo de Vida de los Diferentes Tipos de Batería*

<i>Tipo de batería</i>	<i>Numero de ciclos (aprox.)</i>
<b>Ion-Litio</b>	1200
<b>ZEBRA</b>	1000
<b>Níquel-Hidruro metálico</b>	750-1200
<b>Níquel-Cadmio</b>	800
<b>Plomo-Ácido</b>	500-900

*Nota.* En la tabla 5 se observan un resumen de los ciclos de vida que ofrecen las baterías comerciales de acuerdo con su composición. Tomada de (Cuesta Capellan, 2017)

## **2.5. BMS**

De sus siglas en inglés (Battery Management System) es un sistema electrónico que se encarga de controlar lo relacionado con las baterías principalmente con las baterías de Li-Ion.

**Figura 14***BMS*

*Nota.* Composición interna de un BMS. Tomada de (FICOSA, 2020)

En sus funciones encontramos la principal, que se encarga de proteger a la batería para evitar de esta manera que funcione fuera de su zona segura, y esto lo realiza monitorizando el estado de la batería mediante la recopilación de datos relevantes y su análisis.

Para que sus análisis se lleven a cabo de la manera correcta se realiza una serie de indicaciones como:

- ***SOC o DOD (State of charge ó state of discharge)***: Indicadores de carga o descarga de la batería.
- ***SOH (State of Health)***: Indicador a partir de una serie de datos el estado general de la batería, indicando la capacidad máxima, perdidas, etc.
- ***Temperatura***: Indicador de temperatura de la batería para asegurar de esta manera que no estamos excediendo los límites de su zona de trabajo.
- ***Voltaje***: Indicador de voltaje total del pack de baterías y el voltaje aportado por cada celda.

Adicional a esto el BMS no solo se encarga de recopilar todos estos datos, también se encarga de corregir el funcionamiento si fuera el caso que uno de estos datos se encuentre fuera del rango de funcionamiento correcto.

Cuando la batería este en proceso de carga es esencial verificar posibles sobrecalentamientos, comprobando que los voltajes máximos y mínimos sean los indicados por el fabricante.

Si se diera el caso de exceder los voltajes nominales por encima o debajo, significaría daños permanentes en alguna o algunas celdas de la batería, reduciendo la capacidad total o parcial de su vida útil.

Finalmente, podemos determinar que el BMS es el encargado de equilibrar el estado de todas y cada una de las celdas para así evitar que se dañen al quedar la batería con exceso de carga o niveles bajos de descarga. Tomando en cuenta que la batería es la parte más costosa fuente principal de energía en el vehículo es importante protegerla y garantizar el máximo de su vida útil.

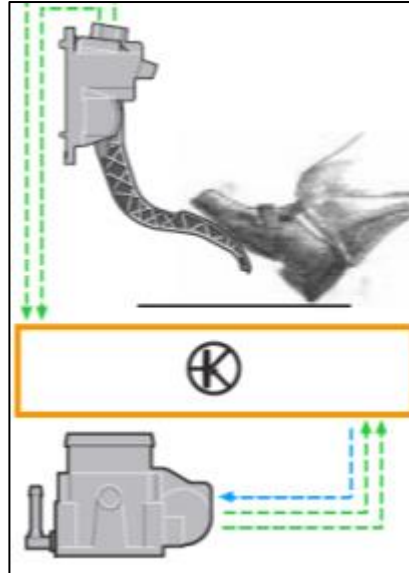
## **2.6. Acelerador**

Un acelerador eléctrico o electrónico en la actualidad es muy convencional de encontrar en la mayoría de los vehículos ya que la evolución ha dejado atrás muchos sistemas mecánicos y se controla directamente con impulsos de energía eléctrica gracias al procesamiento de todos estos datos en una computadora.

Al accionar el pedal del acelerador, este no genera ningún trabajo mecánico, sino que actúa directamente sobre un potenciómetro, el cual se encarga de transformar su posición en una magnitud eléctrica. Esta magnitud eléctrica es transmitida y procesada en una unidad de control interpretando la posición exacta.

**Figura 15**

*Funcionamiento del Pedal de Aceleración*



*Nota.* En la figura 15 se observa el funcionamiento del pedal eléctrico, las líneas verdes hacen referencia al flujo de energía eléctrica. Tomada de (Chucuyan Pérez, 2016)

Entre sus ventajas más destacables según (Chucuyan Pérez, 2016) encontramos:

- Mayores estrategias relacionadas con control de tracción.
- Variar la relación de la posición del acelerador con multitud de posibilidades.
- Mejor desempeño de las transmisiones automáticas.

### Capítulo III

#### 3. Implementación del Sistema de Tren de Potencia Eléctrico y Transmisión

##### 3.1. Selección del motor

Para la selección del motor que se usó en el kart, se referenció de acuerdo con motores en el mercado, es así como se realizó una comparativa principalmente en potencia/peso.

Siendo el punto de partida un scooter moto eléctrico con capacidad para dos personas. El scooter escogido para el análisis es de marca Crown Electric, con las siguientes características.

**Tabla 6**

*Características de un Motor 1500W*

<b>CROW ELECTRIC 1500W</b>	
<b>Marca</b>	Crown Electric
<b>Batería</b>	12 Ah
<b>Velocidad máxima</b>	45 Km/h
<b>Escalada</b>	15°
<b>Peso</b>	43 kg
<b>Capacidad de peso</b>	181 kg

*Nota.* Datos referenciales para la selección del motor eléctrico. Tomada de (Micah, 2020)

Una vez analizados los datos presentados como apoyo se busca una forma de incrementar sus valores sobre el doble, con la finalidad de conseguir velocidad y potencia en pista. Siendo luego de una búsqueda y selección de motores el escogido un motor de 3000W,



### 3.1.1. Datos de potencia y velocidad

Para poder asegurarnos de que el motor escogido es el correcto y su funcionamiento sería el óptimo de acuerdo con las necesidades, se hicieron cálculos, con valores aproximados.

Determinando suposiciones como:

- El peso del kart debe estar dentro de los 80kg, adicional otros 80 kg de la persona que lo conducirá
- La velocidad mínima deberá ser 50 km/h.
- Y su aceleración que esperamos es de  $9 \text{ m/s}^2$

Al tratarse de un vehículo de tamaño pequeño, la resistencia aerodinámica no se tomará en cuenta. Y los desniveles que encontramos en pista no son superiores a 5 grados de inclinación.

**Figura 16**

*Motor 3000W*



*Nota.* Motor eléctrico de 3000W, escogido para la implementación en el kart.

Una vez realizados los cálculos correspondientes, se determinó que las características del motor seleccionado (anexo 1), son las ideales para este kart. Considerando sus ventajas que previamente mencionamos de un motor sin escobillas.

### **3.1.2. Instalación**

El motor que se adquirió no posee las bases de soporte, por lo cual se aprovechó sus dos barrenaciones, y se le diseñó dos placas de soporte para colocarlo en el lugar del chasis que se dispuso.

#### **Figura 17**

*Elaboración de los Soportes para el Motor*



*Nota.* Elaboración de las bases (platinas) y colocación en las barrenaciones del motor eléctrico.

La ubicación del motor eléctrico es la misma en la que iría un motor convencional de combustión interna, en la parte trasera del asiento cerca al eje que conectan las dos ruedas.

**Figura 18***Ubicación Tradicional de un Motor en un Kart*

*Nota.* Referencia de la ubicación de un motor a combustión interna en los karts. Tomada de (Narváez, Acevedo, Ávila, & Zapata, 2015)

Además, se le construyó un regulador de tensión para poder quitar y poner la cadena las veces que sean necesarias y también para regular la tensión de esta.

Al estar cerca del eje el largo de la cadena no debe ser extenso.

Es importante saber que también se seleccionó una relación de transmisión de 2.67:1, usando un piñón de 18 dientes en el motor y 48 dientes en el piñón del eje de transmisión.

**Figura 19**

*Acople Mediante Cadena al Eje de Propulsión*



*Nota.* En la figura 19 se observa el acople entre el motor eléctrico y el eje de propulsión con ayuda de una cadena.

### **3.2. Selección de la batería**

Nuevamente analizados los distintos tipos de baterías y en relación con el motor eléctrico escogido, se optó por una batería  $\text{LiFePO}_4$  la cual posee muchas ventajas que se acoplan a las condiciones a las que estará sometida.

Además, que su costo es relativamente bajo en relación con las ventajas, es amigable con el medio ambiente, que es uno de los propósitos de la elaboración de este trabajo.

**Figura 20**

*Empaquetado de los Paneles de la Batería*



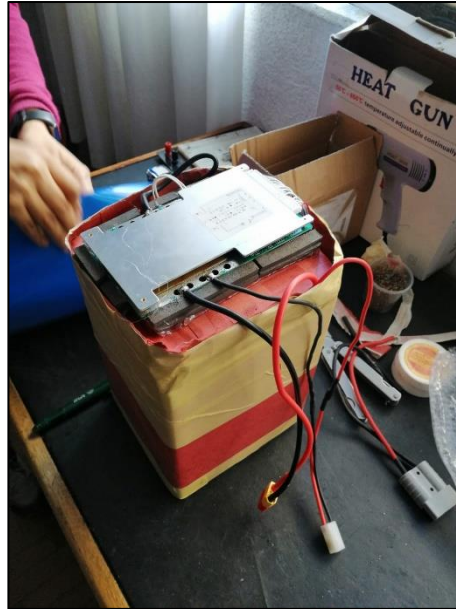
*Nota.* La batería escogida para el kart está constituida por diez paneles conectados en serie, la cual se volvió a empaquetar para la colocación del BMS.

Las características que ofrece este tipo de batería es que su vida útil mayor que el resto superando los 2000 ciclos de vida y su tiempo de carga es bajo, sin dejar de lado que es de las baterías más seguras del mercado (gracias al uso del BMS).

### **3.3. Selección del BMS**

Para la selección del BMS, nuevamente se consideran los datos de voltajes que se mencionaron desde el inicio, 72 V y 65 A.

Para la ubicación del BMS es importante mantenerlo cerca de la batería, por lo cual se decidió instalarlo en el paquete de la batería, de esta manera los cables del BMS y batería saldrían de una sola parte y se optimiza la ubicación de cables.

**Figura 21***Conexión del BMS*

*Nota.* En la figura 21 se observa la conexión del BMS a la batería para su control y seguridad de funcionamiento.

Con la ayuda de láminas de termo retráctil de color azul se empaquetaron los paneles de la batería y en la parte superior se colocó el BMS, con las conexiones correspondientes.

**Figura 22**

*Batería Empaquetada*



*Nota.* En la figura 22 se observa el resultado final de la batería junto al BMS, considerando las recomendaciones de que se encuentren lo más cerca posible.

### **3.3.1. Instalación**

Para la instalación de la batería en el kart, se dispuso la parte izquierda del asiento, para lo cual se le diseñó una base, con las medidas exactas para que la batería no presente vibraciones cuando el vehículo se encuentre desplazándose.

**Figura 23***Colocación de la Batería en el Kart*

*Nota.* De acuerdo con la disponibilidad de espacio y acceso a la energía eléctrica para todos los sistemas se decidió su colocación en el lugar que se observa en la figura 23.

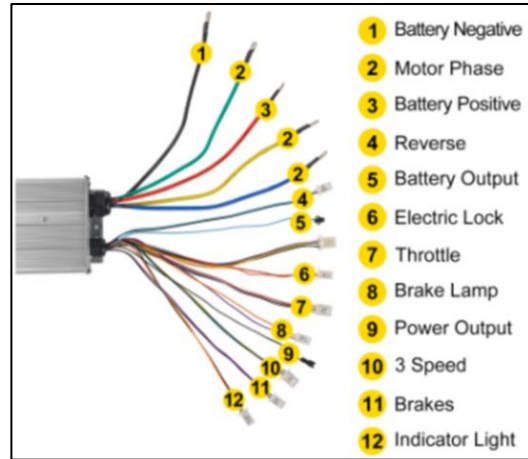
**3.4. Selección del controlador**

En la actualidad como sabemos todo ya está hecho, pero hay que saber usar eso a nuestro favor por lo cual se decidió investigar si hay un controlador con las especificaciones que se necesita, y para una aplicación de un kart eléctrico.



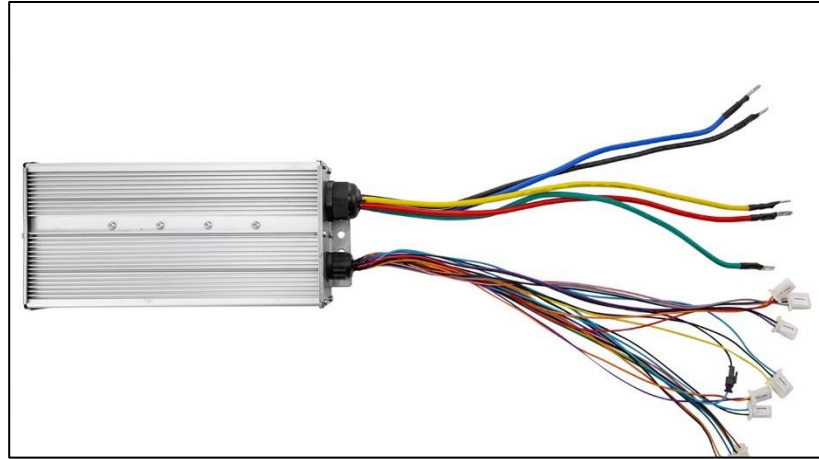
**Figura 24**

*Líneas de Conexión del Controlador*



*Nota.* En la figura 24, se observa cada uno de los conectores del controlador.

Dando, así como resultado la adquisición de un controlador para el motor de 3000W y 72V.

**Figura 25***Controlador*

*Nota.* Diseño general del controlador seleccionado para la implementación en el kart. Tomada de (Amazon, 2021)

### **3.4.1. Instalación**

Una vez dimensionado el controlador, y la facilidad para poder dirigir el arnés de cables, se determinó que su lugar óptimo para que vaya colocado sería en la parte derecha del asiento, completando y dando un equilibrio visual del kart, adicional a eso aprovechando que el espacio no tenía ningún accesorio.

Se construyó una base casi idéntica a la de la batería y se colocó el controlador. Además de quedar cerca del motor.

**Figura 26**

*Colocación del Controlador en el Kart*



*Nota.* Para la ubicación del controlador se construyó una base que se aprovechó para el controlador y el conversor DC-DC

### **3.5. Selección del conversor DC-DC**

El conversor DC-DC, lo usamos para poder tener una alimentación de 12V, por lo cual para poder escogerlo debíamos instalar en el kart un conversor que sea capaz de reducir los 72V que ofrece la batería hasta los 12V que necesitamos en accesorios y alimentación de módulos.

**Figura 27***Conversor DC-DC*

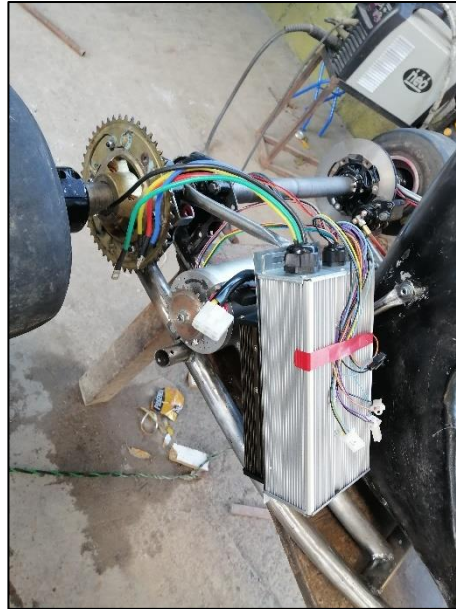
*Nota.* El conversor DC-DC es un componente necesario en el tren de potencia ya que el voltaje de la batería es elevado para accesorios o módulos.

### **3.5.1. Instalación**

En su instalación se determinó que se podía usar la misma base del controlador para colocar el conversor, quedando en la parte superior de la base el conversor y en la parte inferior en conversor.

**Figura 28**

*Colocación del Conversor DC-DC en el Kart*



*Nota.* Aprovechamiento del espacio dentro de kart.

### **3.6. Selección del pedal de aceleración**

Finalmente, para completar el tren de potencia y que su funcionamiento sea el correcto, se necesita un pedal de aceleración para que este pueda informar al controlador cuando el conductor necesita que el motor se active y la velocidad que se requiere.

Este pedal de aceleración como se mencionaba en el marco teórico es una especie de potenciómetro que informa la posición exacta del pedal, informando al controlador mediante una magnitud eléctrica.

**Figura 29**

*Pedal de Aceleración*



### **3.6.1. Instalación**

Para el pedal de aceleración se colocó una pequeña base en la parte delantera del kart, la cual con ayuda de las barrenaciones que ya tenía el pedal se lo soldó al chasis, pero con la opción de poder retirarlo cuando se quiera ya que se lo atornilló.

### **3.7. Ensamblaje final**

Una vez ya instalados los componentes en su posición quedaba identificar los cables, sus colores y realizar el proceso de armado del arnés de cables, tratando de dejarlos organizados y que no dificulten en funcionamiento de otros sistemas del kart.

**Figura 30**

*Conexiones Eléctricas*



*Nota.* Para los conectores se los realizó con ayuda de sockets, para los cuales se adaptó cada uno de los sockets con el tamaño de cables correspondientes.

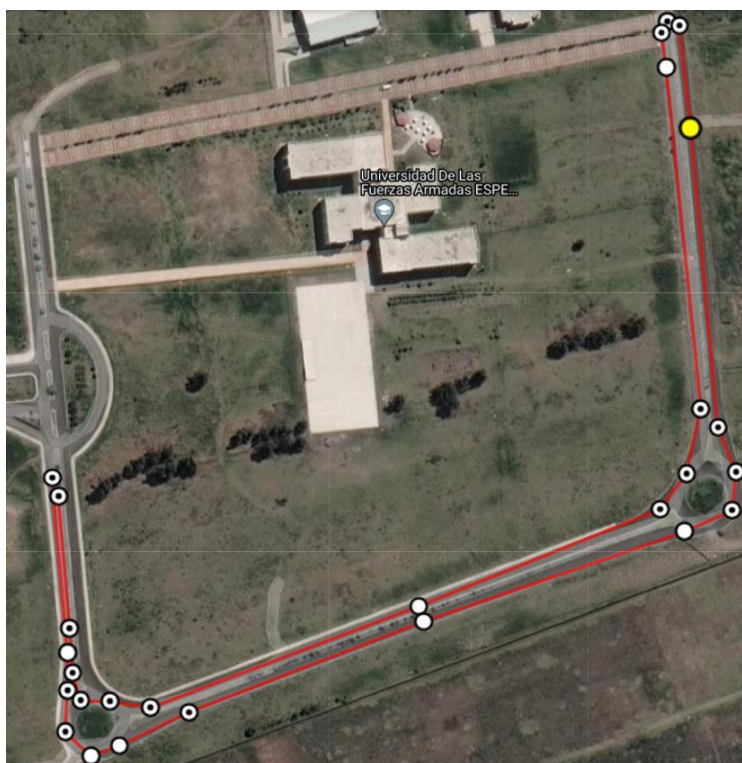
## Capítulo IV

### 4. Pruebas de Funcionamiento del Sistema de Tren de Potencia Eléctrico y Transmisión

#### 4.1. Diseño de la ruta

**Figura 31**

*Diseño de la Ruta para Pruebas*



*Nota.* Para la planificación de la ruta se escoge un lugar donde se adecuen ciertas características como curvas, rectas, inclinaciones, etc. Tomada de (Google Maps, 2021)

Para la realización de las pruebas de funcionamiento, se las realizó en dentro de las instalaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE” ubicada en la parroquia Belisario Quevedo.



El recorrido que se realizó para hacer las pruebas es el señalado en la figura 31, siendo el primer punto de la parte izquierda el inicio, y dando una distancia total de 2 km por cada vuelta al circuito, se decidió usar este recorrido ya que es un circuito con características similares a las de un kartódromo, con curvas, inclinaciones, etc. Y siguiendo la hoja de ruta especificada en el anexo 4.

### Figura 32

*Inicio de las Pruebas*



*Nota.* Para las pruebas se colocó en el kart todos los componentes y accesorios para que el peso sea total y verificar de esta manera la velocidad que obtendrá.

#### 4.2. Pruebas de potencia

Para las pruebas de potencia, las podemos simplificar en los datos arrojados por el motor, como se sabe la potencia del motor es de 3000w.

Con la ayuda del módulo y la aplicación Etest, arrojaron los siguientes datos.

**Tabla 7**

*Valores Máximos Entregados en las Pruebas*

<b>POTENCIA</b>	2500.225 W
<b>AMPERAJE</b>	39.25 A
<b>VOLTAJE</b>	63.7 V

*Nota.* En la tabla 7, se detallan los valores máximos entregados por la aplicación Etest.

#### 4.3. Pruebas de velocidad

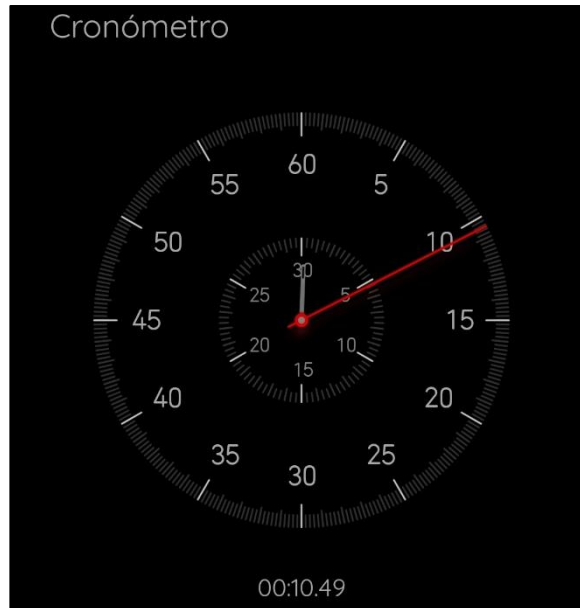
Para las pruebas de velocidad se usó una aplicación de geolocalización la cual nos brindó el kilometraje máximo obtenido. En las cuales se pudo determinar que a una carga de batería al 75%, la velocidad que entregaba el kart es de 70km/h aproximadamente.

Esto es el resultado del cálculo de sus mediciones, para las cuales se midió el tiempo en una distancia de 200 m.

$$200m = 10.49s$$

**Figura 33**

*Tiempo Cronometrado de Pruebas*



*Nota.* El tiempo que se muestra en la figura es el empleado en el recorrido de 200m.

#### **4.4. Pruebas de autonomía**

Luego de realizar el recorrido de la pista alrededor de 10 vueltas y ver que el porcentaje de carga de la batería no disminuía, se determinó realizar una relación entre los que se había recorrido con la descarga.

Determinando que la autonomía aproximada del kart es de más de 7 horas a una velocidad entre 40 km/h y 60 km/h.

## Capítulo V

### 5. Conclusiones y Recomendaciones

#### 5.1. Conclusiones

- Se investigó acerca de los tipos de motores eléctricos que se pueden usar para determinar el más óptimo en relación costo-beneficio.
- Realizamos el cálculo para determinar la potencia y velocidad que se logrará con el motor previamente seleccionado.
- Se dimensionó el lugar de instalación en el bastidor de cada uno de componentes eléctricos y electrónicos.
- Ensamblamos los componentes del tren de potencia y transmisión sobre el bastidor.

## 5.2. Recomendaciones

- Para el uso del kart, se debe estar en un lugar ideal ya que es un vehículo pequeño y muchas veces otros conductores no pueden tener la visibilidad del kart.
- Cuando se acelere, es importante no tener el pie izquierdo accionando el freno ya que esto conllevaría a un sobre esfuerzo del motor, presentando elevaciones de temperaturas principalmente.
- Únicamente encender el circuito eléctrico si el kart va a ser conducido, para evitar pérdidas de energía sin uso.
- Verificar la posición del switch (hacia delante o hacia atrás), para evitar accidentes con peatones u obstáculos en la pista.

### Bibliografía

- Amazon. (2021). *BLDC 72 V 3000 W*. Recuperado el 3 de Agosto de 2021, de [https://m.media-amazon.com/images/S/aplus-seller-content-images-us-east-1/ATVPDKIKX0DER/A35UZOR1AKJWFQ/7c45be6e-d2c7-47e9-8a6e-61723f3aca64.\\_CR0,0,300,300\\_PT0\\_SX300\\_.jpg](https://m.media-amazon.com/images/S/aplus-seller-content-images-us-east-1/ATVPDKIKX0DER/A35UZOR1AKJWFQ/7c45be6e-d2c7-47e9-8a6e-61723f3aca64._CR0,0,300,300_PT0_SX300_.jpg)
- Castro Martinez, J. (2019). *Funcionamiento batería Plomo-Ácido*. Recuperado el 24 de Julio de 2021, de ResearchGate: <https://bit.ly/3mdab63>
- Chucuyan Pérez, C. A. (2016). *Análisis de funcionamiento del sistema de acelerador electrónico del motor S4A del vehículo Chevrolet Sail*. Trabajo de titulación previo a la obtención de título de Ingeniero en Mecánica Automotriz, Universidad Internacional del Ecuador, Facultad de Ingeniería Automotriz, Guayaquil. Recuperado el 25 de Julio de 2021, de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/1445/1/T-UIDE-087.pdf>
- Contreras Villamizar, E. F., & Sánchez Rodríguez, R. (2010). *Diseño y Contrucción de un banco de prácticas en Motores Eléctricos, como apoyo a la asignatura Diseño de Maquinas II*. Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Bucaramanga. Recuperado el 23 de Julio de 2021, de <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2010/133923.pdf>
- Cuesta Capellan, G. (2017). *Caracterización del tren de potencia de un vehihculo electrico de categoría L7 tipo Smart*. Escuela Técnica Superior de Ingenieria Industrial de Barcelona, Ingeniería Industrial, Barcelona. Recuperado el 24 de Julio de 2021, de <https://bit.ly/3CVZTWw>
- DHGate. (2004). *Baterías de Níquel-Hidruro metálico*. Recuperado el 24 de Julio de 2021, de <https://bit.ly/3AEpwka>

Diego, M. (18 de Noviembre de 2014). *Motores Eléctricos*. Recuperado el 23 de Julio de 2021, de

Blogspot: <http://2.bp.blogspot.com/-SARr8ttUlyI/VG1cmyy93GI/AAAAAAAAAK4/kj94Blc-VvM/s1600/R5.png>

El Telégrafo. (3 de Agosto de 2016). ¿Cómo se genera la energía eléctrica en Ecuador? Recuperado

el 8 de Junio de 2021, de <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/punto/1/como-se-genera-la-energia-electrica-en-ecuador>

FICOSA. (2020). *BMS - Sistema de Gestión de la Batería*. Recuperado el 24 de Julio de 2021, de

[https://www.ficosa.com/wp-content/uploads/2017/01/mg\\_2048\\_1\\_web.jpg](https://www.ficosa.com/wp-content/uploads/2017/01/mg_2048_1_web.jpg)

Google Maps. (2021). Recuperado el 3 de Agosto de 2021, de [https://www.google.com/maps/@-](https://www.google.com/maps/@-0.9987951,-78.5838503,448m/data=!3m1!1e3?hl=es)

[0.9987951,-78.5838503,448m/data=!3m1!1e3?hl=es](https://www.google.com/maps/@-0.9987951,-78.5838503,448m/data=!3m1!1e3?hl=es)

Lubricantes en Venezuela. (s.f.). *¿Cómo escoger la mejor batería para mi coche?* Recuperado el

24 de Julio de 2021, de <https://bit.ly/2VWMB2n>

Martínez, G. (25 de Marzo de 2014). *Autotrónica*. Recuperado el 23 de Julio de 2021, de

WordPress: <https://gerardoamartinezm.wordpress.com/2014/03/25/tren-motriz/>

Micah, T. (4 de Diciembre de 2020). *The biggest and baddest e-bike? We review the Super*

*Monarch Crown AWD 1500*. Recuperado el 24 de Julio de 2021, de Electrek:

<https://n9.cl/hraw>

Monlau. (2 de Marzo de 2021). *Electricidad vs Combustión*. Recuperado el 9 de Junio de 2020, de

<https://www.monlau.com/corporate/electricidad-vs-combustion/>

Montero, I., Vinueza, M., Castillo, G., & Ruano, D. B. (2020). Afecciones respiratorias y

contaminación ambiental en Riobamba, Ecuador. *Centro Provincial de Información de*

*Ciencias Médicas de Holguín*, 24(1). Recuperado el 6 de Junio de 2021, de <http://revcocmed.sld.cu/index.php/cocmed/article/view/3368>

Morales Novella, V. (2019). *Alternativas para la reducción de gases de combustión en vehículos automotores*. Trabajo de investigación, Universidad Científica, Facultad de Ciencias Ambientales, Lima. Recuperado el 8 de Junio de 2021, de <https://bit.ly/3snX4jA>

Moreno, A. (15 de Agosto de 2007). *Baterías ZEBRA*. Recuperado el 24 de Julio de 2021, de Vehículos Verdes: <https://vehiculosverdes.com/uploads/z5.jpg>

Narváez, J., Acevedo, J., Ávila, J. F., & Zapata, Y. (2015). *Proceso de ensamblaje de un vehículo Go-Kart*. Proyecto de grado T.P.A como requisito para optar al título de técnica profesional automotriz, Fundación Universitaria Los Libertadores, Facultad de Ingeniería Mecánica, Bogotá. Recuperado el 24 de Julio de 2021, de <https://bit.ly/3yR7jPR>

National Electrical Manufacturers Association NEMA. (2006). *Motors and Generators*. Recuperado el 23 de Julio de 2021

Tirado Pérez, S. R. (24 de Abril de 2012). *Motores Eléctricos*. Recuperado el 23 de Julio de 2021, de Monografías.com: <https://www.monografias.com/trabajos93/motores-electricos/image004.jpg>

Toledo, M. (4 de Febrero de 2010). *Mejoras en las baterías de Ion-Litio prometen 10.000 recargas y 20 años de vida útil*. Recuperado el 24 de Julio de 2021, de Xataka: [https://i.blogs.es/236609/ionlitio/1024\\_2000.jpg](https://i.blogs.es/236609/ionlitio/1024_2000.jpg)

WEG. (Diciembre de 2016). *Motores Eléctricos*. Recuperado el 23 de Julio de 2021, de Guía de Especificación: <https://bit.ly/3xT7gBV>



Wikipedia. (19 de Marzo de 2021). *Batería de níquel-cadmio*. Recuperado el 24 de Julio de 2021, de

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/41/NiCd\\_various.jpg/338px-NiCd\\_various.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/41/NiCd_various.jpg/338px-NiCd_various.jpg)

Wikipedia. (8 de Julio de 2021). *Motor eléctrico*. Recuperado el 23 de Julio de 2021, de

<https://bit.ly/3mmYhH5>

**ANEXOS**