



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TREN MOTRIZ ELÉCTRICO PARA UN PROTOTIPO DE BAJO CONSUMO”

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES:

BYRON ROLANDO SAILEMA MASAQUIZA

LUIS DANILO GALARZA GALARZA

Riobamba – Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN TREN MOTRIZ
ELÉCTRICO PARA UN PROTOTIPO DE BAJO CONSUMO”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTORES: BYRON ROLANDO SAILEMA MASAQUIZA

LUIS DANILO GALARZA GALARZA

DIRECTOR: Ing. MILTON ISRAEL QUINGA MORALES

Riobamba – Ecuador

2022

© 2023, Luis Danilo Galarza Galarza, Byron Rolando Sailema Masaquiza

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, LUIS DANILO GALARZA GALARZA y BYRON ROLANDO SAILEMA MASAQUIZA, declaramos que el presente Trabajo de Titulación es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 15 de julio de 2022



.....

Luis Danilo Galarza Galarza

180442330-7

.....

Byron Rolando Sailema Masaquiza

180449113-0

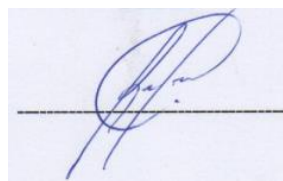
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación; Tipo: Proyecto Técnico, “**DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN TREN MOTRIZ ELECTRICO PARA UN PROTOTIPO DE BAJO CONSUMO**”, realizado por los señores: **LUIS DANILO GALARZA GALARZA** y **BYRON ROLANDO SAILEMA MASAQUIZA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Msc. Juan Carlos Rocha Hoyos
PRESIDENTE DE TRIBUNAL



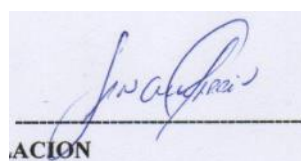
2022-07-15

Ing. Milton Israel Quinga Morales
DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN



2022-07-15

Ing. Edgar Fabián Sánchez Carrión
MIEMBRO DE TRIBUNAL



2022-07-15

DEDICATORIA

A mis padres Luis y Lidia por todo su esfuerzo y sacrificio, ya que con su paciencia me han permitido llegar a cumplir un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo, perseverancia y valentía, de no temer a las adversidades que se presenta en la vida. A mi abuela Rosario (+) y hermanos Mayra y Santiago por brindarme su apoyo y cariño incondicional, durante todo este proceso académico. Gracias por darme sus consejos y estar conmigo en los momentos más difíciles y no dejarme desmayar.

Byron Rolando

La presente Trabajo de titulación la dedico a mis padres Luis y Myrian por la confianza que siempre tuvieron en mí de poder lograr lo que me proponga y por todo el esfuerzo que dedicaron para poder forjar la persona que soy en la actualidad, por inculcar en mí el espíritu de trabajo, honradez y humildad y estar conmigo siempre y ayudarme a salir de las adversidades que se han presentado a lo largo de mi formación profesional. A mis hermanos Ericka y Alex por apoyarme y darme el aliento necesario para no darme por vencido ante cualquier adversidad, a mi sobrina Karlita por darme el cariño y alegría que reflejaba hacia mí y me hacía olvidar de los momentos difíciles, haciéndome sentir que en la vida todo tiene solución. A mi esposa Karina y mis hijas Samantha, Kristel y Daniela por el cariño y amor incondicional y por ser el impulso para ser cada día mejor.

Luis Danilo

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por darme sabiduría y paciencia para poder culminar esta etapa de mi vida profesional. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por abrirme las puertas para formarme profesionalmente. A todos los distinguidos docentes de la Carrera de Ingeniería Automotriz por brindarme sus conocimientos durante toda mi formación académica.

Quiero agradecer al Ingeniero Johnny Pancha, Cristian Santiana y Milton Quinga quienes me supieron apoyar y brindar sus conocimientos para que el presente trabajo de titulación pueda culminar con éxito.

A mi familia por brindarme todo su apoyo en los momentos más complicados de toda mi vida. También quiero agradecer a mis tíos por apoyar con un granito de arena para que este sueño que un día me propuse puede llegar a hacerse realidad. “Gracias por confiar en mí”.

Byron Rolando

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por abrirme las puertas y darme la oportunidad de obtener una profesión y ser una ayuda para la sociedad. A todos los docentes quienes supieron compartir sus conocimientos y valores, los cuales me enseñaron que nunca debo darme por vencido y que siempre hay algo por hacer para lograr lo que me proponga.

Agradezco a Dios quien me ha dado la vida y sabiduría suficiente para poder convertirme en un profesional, por darme a los mejores padres, hermanos, esposa, hijas, tíos y primos, ya que, siempre estuvieron pendientes de mí y me apoyaron en las buenas y en las malas para que este sueño llegue hacerse realidad. Dios le pague de todo corazón por ayudarme incondicionalmente en este sueño que ahora es realidad.

También quiero agradecer a mis tutores y asesor quienes fueron de vital ayuda tanto en conocimiento como apoyo moral para concluir el presente trabajo de titulación con éxito.

Luis Danilo

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xii
SUMMARY.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Planteamiento del Problema.....	3
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. <i>Objetivo General</i>	4
1.4.2. <i>Objetivos Específicos</i>	4

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	5
2.1. Estado del arte.....	5
2.2. Bases teóricas.....	8
2.2.1. <i>Vehículo eléctrico</i>	8
2.2.2. <i>Sistema de propulsión</i>	9
2.2.2.1. <i>Elementos principales que componen el tren de propulsión eléctrica</i>	9
2.3. Marco Legal.....	19
2.3.1. <i>Movilidad Eléctrica en el Ecuador</i>	19
2.3.2. <i>Tren de potencia</i>	20

CAPITULO III

3. MARCO METODOLOGICO.....	21
----------------------------	----

3.1.	Diagrama de etapas del proyecto	21
3.2.	Metodología de investigación a realizar	21
3.2.1.	<i>Tipos de Investigación</i>	22
3.2.1.1.	<i>Investigación Bibliográfica</i>	22
3.2.1.2.	<i>Investigación Aplicada</i>	22
3.2.1.3.	<i>Investigación Experimental</i>	22
3.3.	Desarrollo del proyecto	23
3.3.1.	<i>Cronograma</i>	23
3.3.2.	<i>Recursos y materiales</i>	24
3.3.2.1.	<i>Presupuesto</i>	24
3.3.2.2.	<i>Talento humano</i>	25
3.3.2.3.	<i>Equipos y materiales</i>	26
3.3.3.	<i>Desarrollo del proyecto</i>	27
3.3.3.1.	<i>Cálculos preselección de materiales</i>	27
3.3.3.2.	<i>Selección de materiales</i>	33
3.3.3.3.	<i>Presentación Final</i>	39
3.3.3.4.	<i>Ensamble</i>	41

CAPITULO IV

4.	RESULTADOS	46
4.1.	Obtención de resultados	46
4.1.1.	<i>Practica Experimental</i>	46
4.2.	Análisis de resultados	47
4.2.1.	<i>Evaluación de Equipos y Estrategias</i>	47
4.2.2.	<i>Eficiencia del prototipo eléctrico</i>	47
4.2.3.	<i>Pruebas de aceleración</i>	47
4.3.	Especificaciones Técnicas	55
4.3.1.	<i>Conexión del sistema eléctrico de tracción</i>	55
4.3.2.	<i>Velocidad</i>	56
	CONCLUSIONES	58
	RECOMENDACIONES	59

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Tipos y características de las baterías.....	16
Tabla 1-3: Tipos de Investigaciones Aplicadas	22
Tabla 2-3: Tabla de Actividades	23
Tabla 3-3: Gastos Directos.....	24
Tabla 4-3: Gastos Indirectos	25
Tabla 5-3: Gastos Totales	25
Tabla 6-3: Asignación de responsabilidades.....	25
Tabla 7-3: Materiales utilizados en el proyecto	26
Tabla 8-3: Equipos utilizados en el proyecto.....	27
Tabla 9-3: Evaluación del peso específico de cada criterio para el motor.....	33
Tabla 10-3: Evaluación del peso específico del criterio potencia de salida del motor	34
Tabla 11-3: Evaluación del peso específico del criterio eficiencia del Motor	34
Tabla 12-3: Evaluación del peso específico del criterio velocidad del motor.....	35
Tabla 13-3: Evaluación del peso específico del criterio menor peso del motor.....	35
Tabla 14-3: Evaluación del peso específico del criterio menor precio del motor.....	36
Tabla 15-3: Conclusiones de prioridad del motor.....	36
Tabla 16-3: Evaluación del peso específico de cada criterio de la batería.....	37
Tabla 17-3: Evaluación del peso específico del criterio peso de la batería.....	37
Tabla 18-3: Evaluación del peso específico del criterio voltaje de la batería	37
Tabla 19-3: Evaluación del peso específico del criterio descarga de la batería	38
Tabla 20-3: Evaluación del peso específico del criterio precio de la batería	38
Tabla 21-3: Conclusiones de prioridad de las baterías.....	39
Tabla 22-3: Datos técnicos del motor Kunray 48v 1000w.....	40
Tabla 1-4: Datos obtenidos en primera prueba	48
Tabla 2-4: Datos para prueba con aceleración y frenado	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Esquema Motor CC. Derivación.....	9
Figura 2-2:	Esquema Motor CC. Excitación Independiente.....	10
Figura 3-2:	Esquema Motor CC. Serie.....	10
Figura 4-2:	Esquema Motor CC. Compuesto.....	11
Figura 5-2:	Esquema Motor de imanes permanentes.....	11
Figura 6-2:	Motor Brushless.....	12
Figura 7-2:	Baterías de plomo ácido y funcionamiento.....	13
Figura 8-2:	Baterías de níquel hidruro metálico.....	14
Figura 9-2:	Batería Níquel cadmio.....	14
Figura 10-2:	Batería Ion litio.....	15
Figura 11-2:	Cargador de baterías.....	17
Figura 12-2:	Transmisión por engranajes.....	17
Figura 13-2:	Transmisión por correas.....	18
Figura 14-2:	Transmisión por cadena.....	18
Figura 1-3:	Diagrama de Etapas del proyecto.....	21
Figura 2-3:	Relación de transmisión.....	27
Figura 3-3:	Perforación del chasis.....	42
Figura 4-3:	Alineación e instalación de cadena.....	42
Figura 5-3:	Perforación y colocación de caja contenedor de baterías.....	43
Figura 6-3:	Acelerador e interruptor de encendido.....	43
Figura 7-3:	Diagrama eléctrico.....	44
Figura 8-3:	Ensamble diagonal.....	44
Figura 9-3:	Ensamble vista parte superior.....	45
Figura 10-3:	Ensamble resultado final.....	45
Figura 1-4:	Conexión del Motor brushless.....	46
Figura 2-4:	Diagrama de resultados.....	53
Figura 3-4:	Conexión del motor.....	55
Figura 4-4:	Conexión de elementos.....	55
Figura 5-4:	Sensor de velocidad.....	56
Figura 6-4:	Cableado que llega al módulo receptor.....	56
Figura 7-4:	Borneras del cableado.....	57

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3: Grafica de conclusión de la prioridad de alternativas respecto al motor.	39
Gráfico 2-3: Grafica de conclusión de la prioridad de alternativas respecto a baterías	40
Gráfico 1-4: Comportamiento de la corriente vs aceleración	49
Gráfico 2-4: Distancia vs Energía.....	49
Gráfico 3-4: Distancia vs energía.....	50
Gráfico 4-4: Distancia-Potencia.....	52
Gráfico 5-4: Energía vs distancia.....	52
Gráfico 6-4: Comparación entre las dos pruebas de aceleración	53

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: INSTALACIÓN DEL MOTOR

ANEXO B: COLOCACIÓN DEL SWITCH DE ENCENDIDO

ANEXO C: DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN DEL MOTOR, CATALINA, CADENA Y CAJA DE BATERÍAS

ANEXO D: PERFORACIÓN PARA BASE DE MOTOR KUNRAY

ANEXO E: INSTALACIÓN DE VOLANTE Y ACELERADOR

ANEXO F: INSTALACIÓN FINAL DE BATERÍAS, CONTROLADOR, MOTOR, CATALINA - CADENA Y CONEXIÓN ELÉCTRICA

ANEXO G: ELABORACIÓN DE VOLANTE

ANEXO H: INSTALACIÓN DE CAJA DE BATERÍAS

ANEXO I: SOLDADURA DE VOLANTE

ANEXO J: INSTALACIÓN DE MOTOR, CATALINA Y CADENA

ANEXO K: INSTALACIÓN DE VOLANTE

ANEXO L: RESULTADO FINAL

RESUMEN

El presente proyecto se basó en diseñar e implementar un tren motriz eléctrico para un prototipo de bajo consumo definiendo variables de diseño y garantizando un prototipo funcional, confiable y amigable al medio ambiente. Por lo tanto, para la selección de los diferentes equipos y componentes que conforman el tren motriz eléctrico se aplicó la técnica de método ordinal corregido de criterios ponderados, obteniendo como resultados: el motor Kunray 48V 1000W con el 38,9 %, un paquete de baterías Powerhobby (6S LiPo Battery, EC5 Plug 6 Cells) con una valoración de 44,8%, para cada uno de estos componentes se tomó tres posibles opciones. Sustentando los resultados obtenidos anteriormente se procedió a realizar cálculos matemáticos básicos, los cuales proporcionaron datos reales que corroboran que el tren motriz funcionará correctamente. Posterior a la instalación de los equipos, se procedió a realizar las pruebas experimentales, donde se logró obtener resultados en las primeras prácticas realizadas con una pista a nivel de 0 grados y con una aceleración constante, se determinó mediante regresión lineal que el prototipo recorre 36,5 km por cada kW.h, en el segundo ensayo con una estrategia de aceleración y frenado con una pista a nivel de 2 grados, se determinó mediante regresión lineal que el prototipo alcanzó una distancia de 43,3 km por cada kW.h. Al analizar estos resultados y mediante las gráficas distancia y energía se obtuvo datos favorables para aplicar una condición de aceleración y frenado. Se concluye que a una aceleración constante el rendimiento es mayor al reducirse las variantes de corriente en cada cambio de aceleración, cuando el recorrido es intermitente el consumo de corriente incrementa por instantes reduciendo la capacidad de la batería. Se recomienda que se debe proteger al banco de baterías tanto de descargas como del ambiente húmedo y lluvia.

Palabras clave: <TREN MOTRIZ ELÉCTRICO> <PROTOTIPO ELÉCTRICO>
<REGRESIÓN LINEAL> <ACELERACIÓN> <MOTOR ELÉCTRICO>.


0728-DBRA-UPT-2023



SUMMARY

This project was based on designing and implementing an electric powertrain for a low consumption prototype, defining design variables and guaranteeing a functional, reliable and environmentally friendly prototype. Therefore, for the selection of the different equipment and components that make up the electric powertrain, the corrected ordinal method technique of weighted criteria was applied, obtaining as results: the Kunray 48V 1000W motor with 38,9%, a battery pack Powerhobby (6S LiPo Battery, EC5 Plug 6 Cells) with a valuation of 44,8%, for each of these components three possible options were taken. Supporting the results obtained previously, Mathematical calculations were carried out which provide real data that corroborates that the powertrain will work correctly. After the installation of the equipment, the experimental tests were carried out and the following results were obtained in the first practices carried out with a track at a level of 0 degrees and with a constant acceleration, it was determined by linear regression that the prototype covers 36,5 km for each kW.h, in the second test with an acceleration and braking strategy with a track at a level of 2 degrees, it was determined by linear regression that the prototype reached a distance of 43,3 km for each kW.h. By analyzing these results and using the distance and energy graphs, we obtained favorable data to apply acceleration and braking condition. It is concluded that at a constant acceleration the performance is higher by reducing the current variants at each change of acceleration, when the travel is intermittent current consumption increases for moments reducing the battery capacity. It is recommended that the battery bank should be protected from discharges as well as from the humid environment and rain.

Keywords: <ELECTRIC POWERTRAIN> <ELECTRIC PROTOTYPE> <LINEAR REGRESSION> <ACCELERATION> <ELECTRIC MOTOR>.



Lic. Sandra Paulina Porrás Pumalema

C.I. 0603357062

INTRODUCCIÓN

Diferentes estudios han revelado que la contaminación ambiental produce aproximadamente 3.7 millones de muertes anualmente todo el mundo, gran parte por causa de las emisiones del transporte terrestre. A principios de 2020, la contaminación por CO₂ sumo 7,5 millones de toneladas en el Ecuador, generado en un 52% por vehículos con mote a diésel, un 35% al consumo de motores a gasolina y en un 13% perteneciente a las emisiones generadas por la industria.

En los últimos años los vehículos eléctricos se han posicionado como una nueva tendencia de movilidad en las ciudades, asumiendo la responsabilidad de transportar a la población sin la necesidad de la quema de gasolina y Diesel, reduciendo de esta manera de la contaminación ambiental y efecto invernadero que se produce por la quema de los combustibles fósiles.

El incremento de la demanda automovilística, el costo del petróleo, así como el impacto que recibe por medio del sector del transporte que usan motores de combustión interna convencionales, hace que se tecnifique la movilidad con vehículos eléctricos, impulsando la necesidad de vivir en un ambiente menos toxico mediante la generación de energías limpias y renovables.

Por ello, la población ha visto la necesidad de investigaciones con el fin de desarrollar un vehículo alimentado por motores eléctricos que consiste en analizar los parámetros de movilidad como: la fuerza, movimiento y desempeño los cuales garanticen una eficiente propulsión, a fin de determinar el tamaño, las formas y los materiales necesarios para cada uno de los componentes interrelacionados del vehículo.

Bajo estas circunstancias algunas compañías impulsan a la comunidad a investigar y encontrar soluciones para reducir emisiones de vehículos. Para este presente trabajo de investigación, donde todos los resultados serán comprobados y expuestos en la práctica. Motivo por el cual este trabajo de titulación se centra en el “Diseño e implementación de un tren motriz eléctrico para un prototipo de bajo consumo”.

CAPÍTULO I

1. DIAGNOSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

El cambio climático hace referencia a las variaciones a largo plazo existentes en la temperatura y patrones climáticos, las actividades humanas han incidido en gran medida, gracias a la quema de combustibles fósiles como el carbón, derivados de petróleo y gas.

Según los últimos informes de la ONU, miles de científicos y revisores gubernamentales coincidieron en que limitar el aumento de la temperatura global a no más de 1,5 °C nos ayudaría a evitar los peores impactos climáticos y a mantener un clima habitable. Sin embargo, según los actuales planes nacionales sobre el clima, se prevé que el calentamiento global alcance unos 3,2°C para finales de siglo.

Una de las cuestiones que ha adquirido más relevancia en las últimas décadas se encuentra en la necesidad de reducir nuestras emisiones de gases de efecto invernadero. Y siendo el sector transportes uno de los principales emisores a nivel mundial, la reducción de la contaminación producida por este sector se presenta como un factor crucial para este fin. (Jaimez, 2019)

El presente trabajo de titulación va encaminado al diseño e implementación de un tren motriz eléctrico eficiente para reducir el consumo de energía en una batería de Litio y Polímero (LiPo). Al hablar de diseño se hace referencia al proceso que se emplea para seleccionar los componentes que satisfagan las necesidades contempladas en este proyecto, donde se combinan la creatividad con los conocimientos científicos, técnicos y económicos teniendo en cuenta diferentes factores como son: economía, eficiencia, eficacia, funcionamiento, mantenibilidad, los mismos que varían en el proceso de selección de equipos.

Sin duda alguna el tren motriz es un sistema esencial para el funcionamiento de un vehículo, tal es su importancia que, si uno de los componentes presenta fallos, todo el sistema experimentara problemas, para lo cual se debe garantizar una correcta selección e instalación de todos los componentes que conforman dicho sistema.

1.2. Planteamiento del Problema

En la actualidad los vehículos eléctricos son más eficientes que los convencionales a combustión, esto dependerá en gran parte de la autonomía que le brinden sus baterías, estas baterías son muy costosas por esta razón se debe tener un uso adecuado y un sistema de control de carga eficiente. (Izrurzun & García, 2015, p. 21)

Con la implementación de un tren motriz eléctrico mediante el uso de baterías de LiPo buscamos una máxima autonomía, ahorrando al máximo la energía de las baterías buscando un eficiente tren motriz eléctrico.

Se debe tomar en cuenta que uno de los componentes más costoso de un vehículo eléctrico son las baterías. Por tal motivo debemos preservar las mismas, mediante un uso adecuado considerando un sistema de control de carga eficiente.

El presente trabajo, incursiona en la creciente demanda de nueva tecnología de propulsión más amigable para el medio ambiente, brinda un punto de partida para los procesos de transformación o migración a la propulsión eléctrica, en un país como Ecuador, donde más del 90% de la energía proviene de fuentes renovables la mejor alternativa a futuro sin duda es crear sistemas que usen tecnología eléctrica, seleccionar componentes, controladores y baterías en función de las necesidades, definir estrategias de conducción y conducción autónoma son los nuevos retos que debemos afrontar.

1.3. Justificación

La contaminación del aire y el cambio climático están afectando la salud y la vida de las niñas y los niños, y la capacidad de alcanzar su máximo potencial. Viola los derechos de la niñez no solo de sobrevivir sino de prosperar. Cabe indicar que, en Ecuador el artículo 14 de la constitución enfatiza el derecho de la población a vivir en un ambiente saludable, por tal motivo este proyecto ha visto la necesidad de buscar energías alternativas con el fin de mitigar el impacto ambiental. (Petersen, 2019)

Promover el ahorro de energía es un reto para la sociedad en general que apunta a reducir el impacto ambiental y la dependencia de los combustibles convencionales. Con estas consideraciones se presenta la necesidad del diseño de vehículos eléctricos, los cuales necesitan varias investigaciones en diferentes campos. Por este motivo existen varias compañías que impulsan las diferentes investigaciones mediante apoyo financiero. (Morochu Ganzhi & Rivera Altamirano, 2020)

Para el desarrollo y construcción de un prototipo de bajo consumo, se incorpora en el presente trabajo un tren motriz eléctrico basado en las necesidades y restricciones del entorno, se prioriza el uso eficiente de los recursos, que garanticen un prototipo funcional, confiable y amigable al medio ambiente.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Diseñar e implementar un tren motriz eléctrico para un prototipo de bajo consumo definiendo variables de diseño y garantizando un prototipo funcional, confiable y amigable al medio ambiente.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Definir las variables de diseño a tener en cuenta para la selección de componentes del tren motriz.
- Analizar el rendimiento, ventajas y desventajas de motores y baterías reportadas en artículos científicos, investigaciones, libros, catálogos y reportes técnicos.
- Seleccionar los componentes del tren motriz mediante un análisis hipotético deductivo y cálculo matemático.
- Analizar y definir estrategias de conducción mediante pruebas en una pista, que permitan alcanzar un máximo ahorro de energía de las baterías.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Estado del arte

La historia del coche eléctrico a lo largo del último siglo es como una sucesión de oportunidades perdidas e intentos fallidos. Después de haber sentado las bases de la industria del automóvil en los primeros albores de ésta al inicio del siglo XIX, el coche eléctrico se dejó de lado en favor del coche con motor de combustión interna. Este tipo de motor era más efectivo y se fue arraigando cada vez más durante el siglo XX, participando en el incremento de popularidad entre la población en la industria del automóvil. (SUSTAINABLE MOBILITY, 2011a)

El vehículo eléctrico se ha visto apartado del mercado durante mucho tiempo, pero su credibilidad ha resurgido durante ciertos momentos puntuales de la historia, como pueden ser las diferentes guerras o la crisis del petróleo. Aun así, surge cada cierto tiempo gracias a sus innovaciones y sus promesas de movilidad sostenible. Nadie pasa por alto sus cualidades intrínsecas: tecnología simple, funcionamiento silencioso y robustez. Después de un siglo, parece que el vehículo eléctrico ha conseguido avanzar notablemente. Hoy en día estamos viviendo un resurgir del vehículo eléctrico sin precedentes. Su desarrollo se ha visto motivado por la escasez de recursos petrolíferos, por el calentamiento global, por las nuevas tecnologías y por el cambio en ciertas actitudes y posturas de la población. Es la primera vez que tanto los fabricantes como las autoridades de la gran mayoría de países están haciendo un gran esfuerzo para darle al vehículo eléctrico una nueva oportunidad. Con esto, se está escribiendo una nueva página de la historia. (SUSTAINABLE MOBILITY, 2011b)

El vehículo eléctrico no nació ayer. A finales del siglo XIX, los primeros vehículos motorizados usaban motores eléctricos. Había que buscar una alternativa a los sistemas de tracción animal para los Hackney Cabs, los taxis oficiales de la época. Dos nuevas tecnologías se enfrentaron en ese propósito: el motor eléctrico contra el motor térmico. En 1877, un alemán llamado Nikolaus August Otto inventó el motor de combustión de cuatro tiempos mientras que, en 1859, Gastón Planté diseñaba las primeras baterías de plomo y ácido en Bélgica, pero no fue hasta 1881 cuando el francés Charles Jeantaud construyó el Tílburi, el que probablemente sea el primer vehículo eléctrico alimentado con baterías. Sin embargo, tras recorrer sus primeros cien metros acabó consumido por las llamas. (SUSTAINABLE MOBILITY, 2011c)

A pesar de un inicio alentador, el vehículo eléctrico no tardaría en enfrentarse a sus limitaciones tecnológicas: prestaciones limitadas, poca autonomía y tiempos de carga demasiado largos. Un vehículo eléctrico corriente no pasaba de los 20 km/h y tenía una autonomía limitada a 50 km. Unas limitaciones que favorecieron el desarrollo del motor térmico, en parte gracias también a los progresos conseguidos en su desarrollo por parte de Gottlieb Daimler en Alemania. (SUSTAINABLE MOBILITY, 2011d)

A principios del siglo XX, cuando el petróleo empezó a ser un producto más asequible, el motor de combustión empezó a tener éxito. De hecho, motivados por ese repentino éxito del motor de combustión, los fabricantes de vehículos eléctricos empezaron a cerrar sus fábricas o se pasaron directamente a la producción de motores térmicos. (SUSTAINABLE MOBILITY, 2011e)

En 1974, la compañía americana Sebring-Vanguard comenzó con la producción en serie de los primeros vehículos eléctricos producido en masa, el CitiCar, un pequeño utilitario del que se produjeron unas 2.000 unidades hasta el año 1977. En 1980, Peugeot y Renault contaban con dos modelos de vehículos eléctricos, el Peugeot 205 y el Renault Express, los cuales fueron equipados con baterías de níquel-hierro, con una autonomía promedio que rondaba entre los 140 kilómetros y una velocidad máxima de 100 km/h. Toyota apostó por las baterías de zinc-bromo para su prototipo Toyota EV-30 mientras que Mercedes-Benz experimentaba con baterías de sal fundida y baterías de sulfuro de sodio. (SUSTAINABLE MOBILITY, 2011f)

En 1995, esta nueva dinámica llevó a la alianza Peugeot-Citroën a desarrollar un proyecto de gran escala con la producción y venta de dos modelos 100% eléctricos, el Peugeot 106 y el Citroën Saxo. Desafortunadamente, no tuvieron éxito alguno, ya que sólo se vendieron 10.000 unidades hasta 2002, una cifra muy por debajo de las previsiones, cifradas en 1.000.000 de unidades vendidas durante ese mismo periodo. Durante el mismo periodo, Renault construyó varias unidades del Renault Clio y varios centenares de la Renault Kangoo con motor eléctrico. (SUSTAINABLE MOBILITY, 2011g)

Pero ambos fabricantes tuvieron los mismos problemas, las baterías de níquel-cadmio (Ni-Cd) tenían una autonomía limitada a 60/80 kilómetros. Renault también vendió una versión de la Renault Kangoo denominada Elect'Road, una versión eléctrica de rango extendido, que contaba con un pequeño motor térmico que hacía las veces de generador eléctrico. A pesar de todo, estos modelos no tuvieron ningún éxito comercial. En los Estados Unidos el vehículo eléctrico también experimentó un tremendo fracaso cuando General Motors abandonó el desarrollo del GM EV1,

que se suponía que debería haber revolucionado el mercado americano. (SUSTAINABLE MOBILITY, 2011h)

Indudablemente, el vehículo eléctrico luchaba por salir a flote durante una época poco propicia, finales de 1990, una época marcada por una notable caída en los precios del petróleo, lo que motivaba una menor atención por parte del público en general y la presión gubernamental en la búsqueda de soluciones alternativas se reducía notablemente. (SUSTAINABLE MOBILITY, 2011i)

En la década de 1990 apareció un nuevo tipo de motorización: la tecnología híbrida, una combinación de motor térmico con un motor eléctrico. En 1998, Toyota lanzó la primera generación del Toyota Prius, un modelo que se mantiene todavía como un referente y como un ejemplo de éxito comercial. Tras muchos años de desarrollo, General Motors lanzó su contraataque con la comercialización, en 2010, del Chevrolet Volt, un coche eléctrico de rango extendido. Poco a poco, el mercado se ha ido abriendo a las fuentes de energía alternativa (SUSTAINABLE MOBILITY, 2011j).

A principios de la primera década del siglo XXI las baterías disponibles para los coches eléctricos seguían dependiendo del níquel o el plomo, con las baterías de NiCd (níquel-cadmio) y NiMH (níquel-hidruro metálico) como únicas opciones. El problema es que estas baterías no tenían la potencia suficiente para dar una buena autonomía a los coches de producción en masa. Por esto, los fabricantes no tenían otra opción más que generar la energía a bordo del vehículo a través de pilas de combustible de hidrógeno. A pesar de las dificultades para almacenar el hidrógeno a bordo del vehículo, se ha conseguido alcanzar los 500 km de autonomía conservando intacto el espacio interior del coche. (SUSTAINABLE MOBILITY, 2011k)

Por otra parte, durante las dos últimas décadas se ha avanzado considerablemente en el desarrollo de las células de membrana intercambiadora de protones, pero la producción en masa de este tipo de vehículos se ha ido retrasando con frecuencia. Mientras que las soluciones tecnológicas todavía no han alcanzado un grado óptimo de maduración, los costes de producción siguen siendo altos y las infraestructuras para la distribución del hidrógeno están todavía en estado embrionario. Con todo, la llegada de los primeros coches eléctricos alimentados por pila de combustible no está prevista para antes de 2015 y es más que probable que no se vea hasta pasado 2020. (SUSTAINABLE MOBILITY, 2011l)

Mientras tanto, otra gran innovación tecnológica inyectará sangre nueva en el desarrollo del coche 100% eléctrico: las baterías de litio. Esta tecnología, importada de la electrónica de consumo

portátil, hizo su primera aparición en el mundo del automóvil en 1996 en el prototipo Nissan Prairie Joy. Estas nuevas baterías son más estables y por consiguiente más seguras. No tienen efecto memoria y han conseguido estirar la autonomía del coche eléctrico en un rango que va desde los 150 hasta los 300 km, dependiendo del modelo. Estas baterías van a dar un nuevo soplo de aire fresco al desarrollo del coche eléctrico comparándolas con las anteriores baterías de níquel o plomo, desestimando la idea de que la pila de hidrógeno es la única solución en términos de autonomía. (SUSTAINABLE MOBILITY, 2011m)

El desarrollo de estas baterías ha dado un nuevo potencial a los coches 100% eléctricos y alimentados por baterías, lo que ha llevado a la creación de nuevos prototipos y pruebas a pequeñas escalas mientras los fabricantes empiezan a imitarse unos a otros. La empresa Tesla Motors causó sensación en 2005 con su deportivo Tesla Roadster, equipado con baterías de ión-litio, convirtiendo al coche eléctrico en algo con lo que soñar. Los primeros coches de producción equipados con baterías de ión-litio en llegar al mercado, en 2010, fueron el Th!nk City, el Citroën C-Zero y el Peugeot iOn, además del Nissan Leaf, elegido como Coche del Año en Europa 2011. La alianza Nissan-Renault, que ha invertido cuatro mil millones de euros en su proyecto de desarrollo del coche eléctrico se está preparando para lanzar al mercado cuatro modelos eléctricos de Renault: el Renault Fluence Z.E., Renault Kangoo Express Z.E., el cuadriciclo eléctrico Renault Twizy y para 2012 llegará el Renault ZOE. Por otro lado, el fabricante francés Bolloré, quien ganó el concurso público del proyecto Autolib' en París, cuenta con la tecnología de baterías de litio-ión polímero en su proyecto BlueCar, diseñado por Pininfarina. (SUSTAINABLE MOBILITY, 2011n)

Estamos en un momento en que la capacidad de suministro de las empresas productoras de componentes y la competencia entre los fabricantes llegan a niveles nunca vistos y las apuestas a favor del coche eléctrico están muy por encima de como nunca han estado. Es posible que su momento, el del coche eléctrico, por fin haya llegado. (SUSTAINABLE MOBILITY, 2011ñ)

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Vehículo eléctrico

Un vehículo eléctrico necesariamente utiliza un motor eléctrico para su movilidad parcial o total en cual está equipado con baterías recargables por corriente. La energía química acumulada por la batería se transformará en energía eléctrica por medio reacciones químicas para posteriormente convertirse en energía mecánica por impulso del motor. (Rosero & Lopez, 2018a)

Entre las características principales de un automóvil eléctrico tenemos:

Tiene a su disposición una fuente de energía que puede ser química o electroquímica transportable.

El impulso y la fuerza de movimiento la provee un motor eléctrico.

2.2.2. Sistema de propulsión

El sistema de propulsión de un vehículo convencional, así como el de un vehículo eléctrico resulta ser el mismo para dar movilidad al vehículo, es decir transmiten la energía mecánica a las ruedas y como resultado se obtiene el desplazamiento del vehículo (Rosero & Lopez, 2018b)

El tren motriz de un vehículo convencional es el conjunto mecánico que permite la propulsión del vehículo y está constituido por el motor, transmisión y diferencial. (Ugalde, 2013a)

2.2.2.1. Elementos principales que componen el tren de propulsión eléctrica

Motor Eléctrico

Es una máquina que transforma la energía eléctrica en energía mecánica. Estos motores cuentan con múltiples ventajas, entre ellas tenemos: economía, limpieza, comodidad y seguridad de funcionamiento, debido a estas ventajas se ha remplazado otras fuentes de energía que no son nada amigables con el ambiente. (Ugalde, 2013b)

a) Motor CC. Derivación

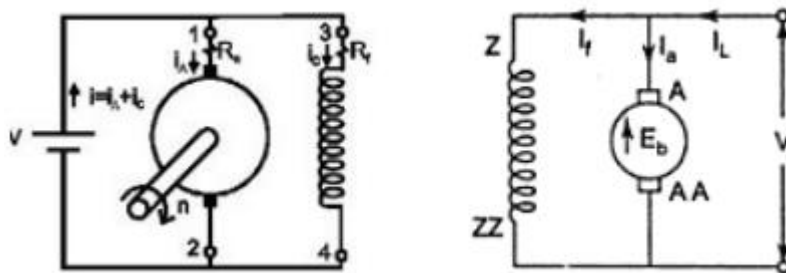


Figura 1-2: Esquema Motor CC. Derivación

Fuente: (Valenzuela, 2013)

En este tipo de motores, el devanado inductor y el inducido se encuentran conectados entre sí en paralelo como se muestra en la Figura 1-2 y ambos a una línea eléctrica de corriente continua de

voltaje, de forma que la corriente que circula por el devanado de excitación permanece constante. (Valenzuela, 2013a)

b) Motor CC. Excitación Independiente

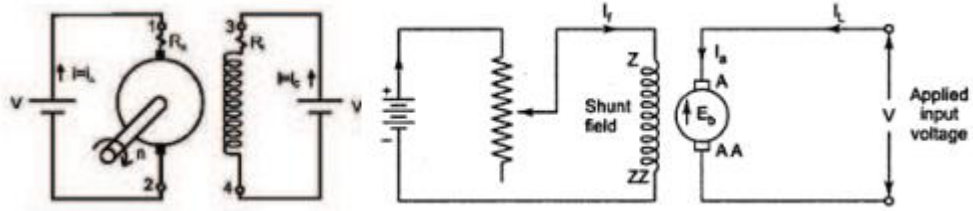


Figura 2-2: Esquema Motor CC. Excitación Independiente

Fuente: (Valenzuela, 2013)

Se trata de un motor con las mismas características que el motor CC. Derivación, la única diferencia está en que el devanado inductor se conecta a una fuente diferente de la utilizada para el devanado inducido. Esta diferencia en las conexiones sigue permitiendo que la intensidad que circula por el inductor sea constante, por lo que sus características serán las mismas que las del motor CC. Derivación. (Valenzuela, 2013b)

c) Motor CC. Serie

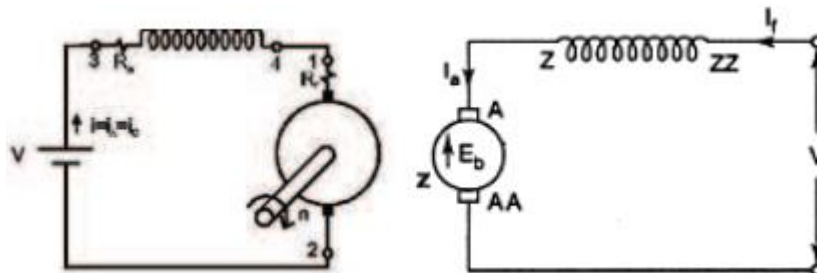


Figura 3-2: Esquema Motor CC. Serie

Fuente: (Valenzuela,2013)

En este tipo de motor, el devanado inductor y el inducido están conectados en serie entre sí, de forma que ambos estarán recorridos por la misma intensidad. Como se observa en la Figura 3-2 si disminuye la carga también la corriente que se absorbe con el consiguiente aumento de la velocidad de embalará, lo que quiere decir, es que el motor aumenta teniendo al infinito su velocidad hasta llegar hasta un punto de autodestruirse por su propio exceso de velocidad. Por otro lado, si se sobrecarga el motor la situación es inversa la velocidad disminuye, llegando a detener el motor. (Valenzuela, 2013c)

d) Motor CC. Compuesto

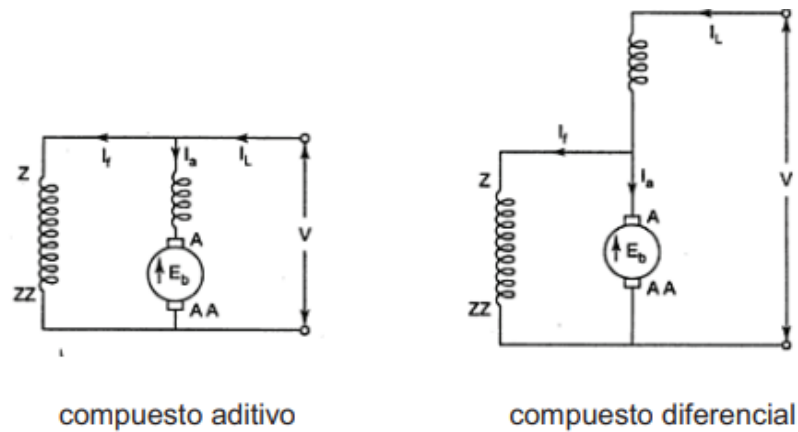


Figura 4-2: Esquema Motor CC. Compuesto

Fuente: (Valenzuela)

Es la combinación de las conexiones en serie y en derivación. Los motores compuestos tienen un campo serie sobre el tipo del bobinado del campo derivación. Según como se lleve a cabo la conexión se puede diferenciar entre conexión compuesta corta y compuesta larga. En la conexión compuesta larga la corriente que circula por el devanado inductor en serie es la misma que la que circula por el devanado inducido. Por otro lado, en la conexión compuesta corta la corriente que circula por el devanado inductor en serie es la intensidad total de alimentación del motor. A su vez, los flujos magnéticos generados por los devanados inductores pueden tener el mismo sentido, y hablaremos de motor de excitación compuesta aditiva, o distinto sentido y hablaremos de motor de excitación compuesta diferencial. (Valenzuela, 2013d)

e) Motor de Imanes Permanentes

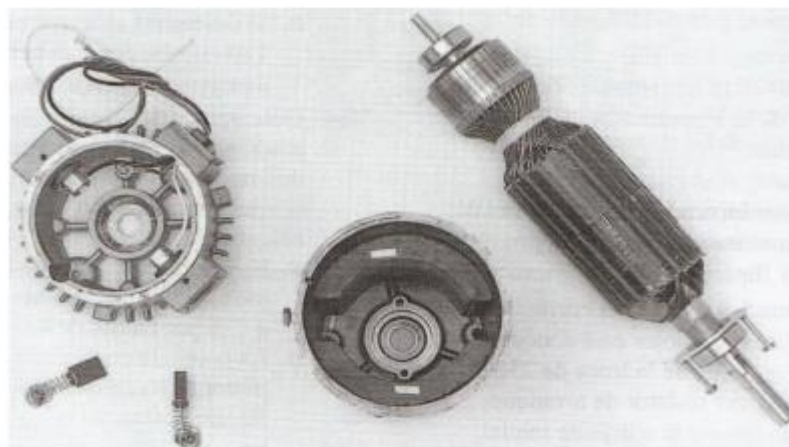


Figura 5-2: Esquema Motor de imanes permanentes

Fuente: (Valenzuela, 2013)

Los motores de imanes permanentes se usan para bajas potencias. Constan de algunas ventajas respecto a los del tipo de campo devanado. No se necesitan de alimentaciones de energía eléctrica para excitación ni el devanado asociado. Tiene mayor confiabilidad, ya que no existen bobinas excitadoras de campo que fallen y no hay probabilidad de que se presente una sobre velocidad debida a perdida de campo. Se mejoran la eficiencia y el enfriamiento por la eliminación de perdida de potencia del campo excitador. A si mismo la característica par contracorriente de este tipo de motor se aproxima más a lo lineal. (Valenzuela, 2013e)

f) Motor Brushless



Figura 6-2: Motor Brushless

Fuente: (Nichese, 2016)

Este tipo de motor brushless no utiliza escobillas. Esta siempre asociado a un regulador de tensión o un variador, dependiendo del tipo de motor con el que nos encontremos. En el mercado encontraremos un sin número de formas y de construcciones de este tipo de motor, pero la filosofía de su principio de funcionamiento siempre va a ser la misma. (Nichese, 2016a)

El flujo de corriente eléctrica suministrada por los acumuladores de energía (baterías) generalmente circulan directamente por las bobinas ubicadas en el estátor. Esta corriente circula por las bobinas la cual genera pequeños campos magnéticos que obligan al rotor a girar. La constitución de este motor es por imanes permanentes fabricados por regla general con tierra raras, pero estos imanes también pueden ser de ferrita. (Nichese, 2016b)

Como ya se mencionó anteriormente este tipo de motores van asociados con un variador. La función de este variador es enviar la tensión de alimentación a las bobinas de forma secuencial, tal alimentación provocara que los polos del rotor se vayan moviendo según el campo magnético generado por las bobinas de forma secuencial. La velocidad del rotor y su eje, dependerá de la velocidad de secuenciación del variador. Cabe tener en cuenta que la función del variador no se

limita solamente a cambiar la velocidad de secuencia de alimentación, sino que también aumenta o disminuye la tensión de alimentación de las bobinas con el fin de obtener el máximo rendimiento al motor. (Nichese, 2016c)

Baterías

La batería es un dispositivo de acumulación que convierte energía química en energía eléctrica mediante un proceso de reacción redox. La celda es la unidad básica electroquímica de este acumulador, está formada por tres elementos: el ánodo, o electrodo negativo; el cátodo, o electrodo positivo, y el electrolito, que es el conductor iónico que proporciona el medio físico para la transferencia de carga. (Iglesias et al., 2012, p. 7)

La batería está constituida por un conjunto de celdas, en estas celdas tiene lugar una reacción química reversible en la que se produce un intercambio de iones y electrones entre sus dos polos. (Artés, 2012)

Las baterías se clasifican en:

- a) Baterías de plomo-ácido (Pb-ácido).

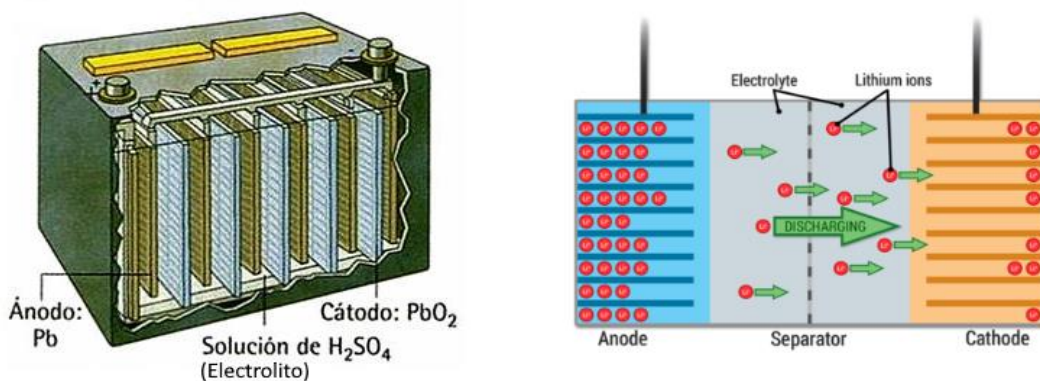


Figura 7-2: Baterías de plomo ácido y funcionamiento

Fuente: (VTBatteriesSL, 2021)

Es uno de los acumuladores más antiguos y la más utilizada en la totalidad de los vehículos convencionales. Suelen ser de 6 y 12 voltios. Son utilizadas principalmente para dar los primeros impulsos de arranque del vehículo, iluminación o circuitería del vehículo. La ventaja es su bajo costo y una buena respuesta en frío; pero entre sus desventajas se encuentran su peso excesivo, toxicidad, y mantenimiento periódico. Posee una energía específica de 40 Wh/kg. (RACE, 2019a)

b) Baterías de níquel-hidruro metálico (NiMh)



Figura 8-2: Baterías de níquel hidruro metálico

Fuente: (Periódico de la energía, 2015)

Estas baterías son similares a las de níquel-cadmio, con la ventaja que poseen un efecto de memoria mucho menor, además de generar menos impacto ambiental. Los problemas que tienen estas baterías es su constante mantenimiento para conservar la vida útil de la misma y su deterioro frente a elevadas temperaturas, las corrientes de descarga o sobrecargas son elevadas. Estas baterías generan calor elevado y se recargan lentamente. Su energía específica es de 60 Wh/kg. (RACE, 2019b)

c) Baterías de níquel-cadmio (NiCd)



Figura 9-2: Batería Níquel cadmio

Fuente: (MARINE)

Muy utilizadas en la industria automotriz, pero su alto costo de adquisición hace que se ocupe con mayor frecuencia en aviones, helicópteros o vehículos militares, dado su gran rendimiento a bajas temperaturas. Una de las ventajas más relevantes es su tamaño reducido y alta eficiencia energética; poseen una energía específica de 125Wh/kg. (RACE, 2019c)

d) Litio-cobalto (LiCoO₂)

Estas baterías son nuevas en el mercado está constituida por un electrolito de sal de litio y electrodos de litio, cobalto y oxido. Una de las ventajas que tiene esta en relación a las demás es que tienen más del doble de densidad energética a pesar de que son un tercio más pequeñas que las mencionadas anteriormente. En la actualidad, se han logrado posicionar como la mejor

solución para un vehículo eléctrico. Pero igualmente poseen desventajas, la principal desventaja es su elevado costo de producción; son muy frágiles, pueden explotar por el sobrecalentamiento y deben ser almacenadas con sumo cuidado, necesitan de un ambiente frío y deben estar parcialmente cargadas. (Rabadán, 2018). La energía específica que entrega esta batería es de 170-185 Wh/kg. (RACE, 2019d)

e) Baterías de ion-litio



Figura 10-2: Batería Ion litio

Fuente: (Solar, 2019)

En la actualidad estas baterías aún presentan un largo recorrido de mejora y hay muchas líneas de investigación trabajando en el estudio de las mismas. El ánodo suele ser de base carbono o litio – titanato. El cátodo por su parte presenta una mayor variabilidad y dependiendo de esto la batería tendrá unas características u otras, algunos ejemplos de los cátodos investigados son: (Cuesta, 2017a, p. 26)

- i. Litio – Ion Manganeso (LiMn_2O_4)
- ii. Litio – Fosfato de hierro (LiFePO_4)
- iii. Litio – Oxido de cobalto (LiCoO_2)

Entre sus principales características están: presenta una densidad energética tres veces superior a las otras baterías recargables, estas baterías no presentan efecto memoria, su nivel de autodescarga es bajo, soporta un rango muy elevado de temperaturas por excesivo trabajo de las mismas, así como un número elevado de ciclos de carga y descarga. Además, debido a su extendida demanda se ha reducido el precio de fabricación, su toxicidad medioambiental es menor que las demás. (Cuesta, 2017b)

f) Litio-níquel-cobalto-manganeso (Li NixCoyMnzO_2)

Este tipo de batería están siendo utilizadas por marcas como Chevrolet, Volkswagen, Renault y varias marcas reconocidas. Posee un gran rendimiento y costo exequible, además de poseer una

vida útil extendida en relación a las baterías de Litio. La energía específica que entregan las baterías de este tipo son de 155 – 190 Wh/kg. (Artés, 2012a)

g) Sodio-metal-cloruro (Na-MCl).

Este tipo de baterías también son conocidas como “ZEBRA”, y poseen un electrodo positivo de azufre; poseen la desventaja de funcionamiento a una temperatura de los 300 grados centígrados, además de una entrega de energía específica de 90-120 Wh/kg. La ventaja de estas baterías es su corto mantenimiento y su costo relativamente razonable. (Artés, 2012b)

h) Zinc-Aire.

Su comportamiento se ha visto mejorado en relación con la potencia específica 10 veces mayor a las baterías expuestas anteriormente. Las combinaciones entre el zinc con el oxígeno forman óxido de zinc. La principal ventaja es su facilidad de carga que es rápida y sin muchas complicaciones; entrega una energía específica de 230 Wh/kg. (Artés, 2012c)

En la actualidad existen varios tipos de acumuladores de energía, como se puede observar en la siguiente tabla comparativa de las principales características que se deben tomar en cuenta para una correcta elección y posterior uso: (G.Artés, 2012d)

Tabla 1-2: Tipos y características de las baterías

Tipo/Características	Energía específica	Densidad de energía	Potencia específica	Ciclos de vida	Proyección de costo
	(Wh/kg)	(Wh/l)	(W/kg)	(ciclos)	(\$/kWh)
Plomo-acido	31-46	60-90	200-300	400-600	150
Ion-litio	119	140-200	250-450	800-1200	>200
Polímero de litio	156	220	315	600	>200
Níquel-cadmio	40-61	20-110	150-350	600-1200	300
Níquel-hidruro metálico	59-69	130-170	150-300	600-1200	200-350
Sodio-metal-cloruro	101	150	200	800	250-450
ZEBRA	120	186	167	1000-2000	230-350
Zinc-aire	180-220	269	105	No aplica	90-120

Fuente: (Morochó Ganzhi et al, 2020)

Cargador de baterías

Este dispositivo tiene como función, el abastecer del voltaje necesario al banco de baterías, las cuales se descargan cuando el vehículo está en movimiento. Estos cargadores poseen características específicas de trabajar con un solo voltaje de carga el cual dependerá de la tensión que requiera la batería.

Es común mencionar que las baterías generan un desgaste en su voltaje al abastecer de la tensión necesaria que ocupan los dispositivos del prototipo durante su movimiento, y por eso es muy necesario del abastecimiento de un cargador. (Morocho Ganzhi & Rivera Altamirano, 2020)



Figura 11-2: Cargador de baterías

Realizado por: Galarza, D.; Sailema, B. 2021

Sistema de transmisión de movimiento

- Transmisión por engranajes

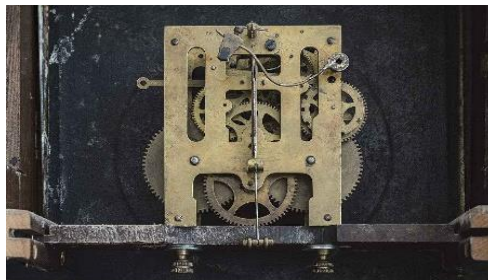


Figura 12-2: Transmisión por engranajes

Fuente: *(Fundamentos de las Transmisiones por Engranajes, 2019)*

Las transmisiones por engranajes son mecanismos formados por ruedas dentadas que se acoplan diente a diente entre sí, y reciben el nombre corona (la mayor) y piñón (la pequeña). Una ejerce de motriz o conductora y la otra de conducido. Este tipo de transmisión son ampliamente utilizadas en maquinaria de precisión debido a la exactitud de la misma. (CLR, 2019)

- Transmisión por correas



Figura 13-2: Transmisión por correas

Fuente: (OpenCourseWare)

Este tipo de transmisión utiliza correas los cuales son elementos flexibles que se emplean para transmitir la potencia entre ejes situados a ciertas distancias. Esta transmisión es silenciosa, barata, de poco mantenimiento y fácilmente reemplazables, transmiten el giro por rozamiento correa-polea, para garantizar este rozamiento las correas deben montarse tensionadas en las poleas. (Abasolo et al., 2020, pp. 1-26)

- Transmisión por cadena



Figura 14-2: Transmisión por cadena

Fuente: (Nieto Quijorna.)

Una transmisión por cadena se usa a menudo en casos donde los altos niveles de torque o alta temperatura impiden uso de correas, esta transmisión es una solución económica. Las cadenas son de acero las mismas que pueden operar y resisten cualquier ambiente hostiles de carácter ya sea químico o térmico.

Las características básicas de las transmisiones de cadena incluyen una relación constante de velocidad, puesto que no hay resbalamiento o estirado; larga vida o duración y la capacidad para impulsar cierto número de ejes desde una sola fuente de potencia o fuerza motriz. (Carreño Aguillón et al., 2012a)

2.3. Marco Legal

En Ecuador, el consumo de combustibles fósiles en los medios de transporte, la energía y la industria son fuentes primarias para la contaminación del aire en las ciudades. En especial los datos de Quito y Cuenca indican un nivel moderado de contaminación del aire, donde los niveles de partículas en suspensión exceden las normas nacionales y de la OMS. Los impactos en la salud por la contaminación del aire han sido documentados en Ecuador; los estudios encontraron vínculos entre contaminación atmosférica y enfermedades respiratorias, déficits neuroconductuales, condiciones cardiovasculares y altos costos relacionados con estas enfermedades. (Petersen, 2019a)

Para hacer frente a la contaminación del aire, se están desarrollando colaboraciones, recolección de datos, campañas y planes de acción a nivel internacional. En Ecuador se están realizando investigaciones, desarrollando regulaciones, planes y programas relacionados. En Quito, en lo referente al tema de consumo de combustibles, se ha establecido una red de monitoreo, regulación y restricción de cuándo y dónde se pueden usar los vehículos. Un programa de investigación sobre la contaminación del aire, aplicado en toda la ciudad entre 2002 y 2007, disminuyó con éxito los niveles de monóxido de carbono, lo que conllevó la reducción de la frecuencia de enfermedades respiratorias en menores de edad. (Petersen, 2019b)

El Estado Ecuatoriano en su artículo 14 de la Constitución del Ecuador reconoce el derecho a la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir o *sumak kawsay*. (León, 2015, p.23)

El Ecuador es uno de los países de Latinoamérica más avanzados en el fomento de la movilidad eléctrica. Así lo indican al menos sus cuerpos legales. Incluso se llega a declarar de interés público a la movilidad eléctrica y sostenible.

La Constitución, el Código Orgánico del Ambiente, la Ley de Eficiencia Energética y la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial, son los pilares fundamentales que dictan al Estado tomar acciones en favor del uso de vehículos eléctricos. (Brenp, 2022)

2.3.1. *Movilidad Eléctrica en el Ecuador*

La penetración de autos eléctricos en el mundo ha crecido en los últimos años debido a diversos factores, entre los más relevantes se puede citar: la necesidad de utilizar energías limpias para ir

disminuyendo la emisión de gases de efecto invernadero, promover la eficiencia energética, la preocupación global por la reducción de las reservas de petróleo lo cual podría producir un incremento de precios de los combustibles, los avances tecnológicos en el desarrollo de baterías y la mejora en la gestión de la energía. (AGENCIA DE REGULACION Y CONTROL DE ENERGIA, 2020)

En el marco conceptual, el vehículo eléctrico corresponde al medio de transporte que sirve para la movilidad de carga y personas, y puede estar impulsado por uno o más motores eléctricos acoplados dentro del vehículo. (AGENCIA DE REGULACION Y CONTROL DE ENERGIA, 2020)

El Ecuador se halla inmerso en un proceso de cambio de la matriz energética, sustituyendo el consumo de combustibles fósiles por el de energía limpia y renovable.

El Ministerio de Coordinación de la Producción, Empleo y Competitividad - MCPEC, el MERNNR y la ARCONEL han realizado análisis y pruebas operativas de diferentes modelos de vehículos eléctricos en las tres principales ciudades, Quito, Guayaquil y Cuenca, que permite concluir que no existe limitación de uso del vehículo eléctrico por la orografía de las ciudades. (AGENCIA DE REGULACION Y CONTROL DE ENERGIA, 2020)

La ARCONEL y el MERNNR han desarrollado estudios sobre el impacto de los autos eléctricos en los sistemas de generación de electricidad, llegando a determinar que considerando un ingreso de 292472 vehículos eléctricos hasta el año 2032 el impacto es de 1,71% en potencia y 1.79% en energía sobre los valores proyectados de potencia y energía para el año 2017 de acuerdo al Plan Maestro de Electrificación –PME-, lo cual no llega ni al valor considerado como parámetro de seguridad del sistema de generación (20% en potencia y 10% en energía). (AGENCIA DE REGULACION Y CONTROL DE ENERGIA, 2020)

2.3.2. *Tren de potencia*

El tren de potencia se puede adaptar a cualquier mecanismo de transmisión. Ya sea por ruedas dentadas, engranajes, poleas, convertidores de par, embragues, transmisiones por correa, transmisiones por embrague y motores eléctricos, ya sea cualquier tipo transmisión a utilizar deben estar equipados con protectores, destinados a proteger la humanidad de las piezas de transmisión en caso de fallo o avería (SAE, 2020)

CAPITULO III

3. MARCO METODOLOGICO

3.1. Diagrama de etapas del proyecto

El ciclo de vida del presente proyecto se ha estructurado en base a ciertas etapas principales y fundamentales como los representamos en el siguiente flujograma:

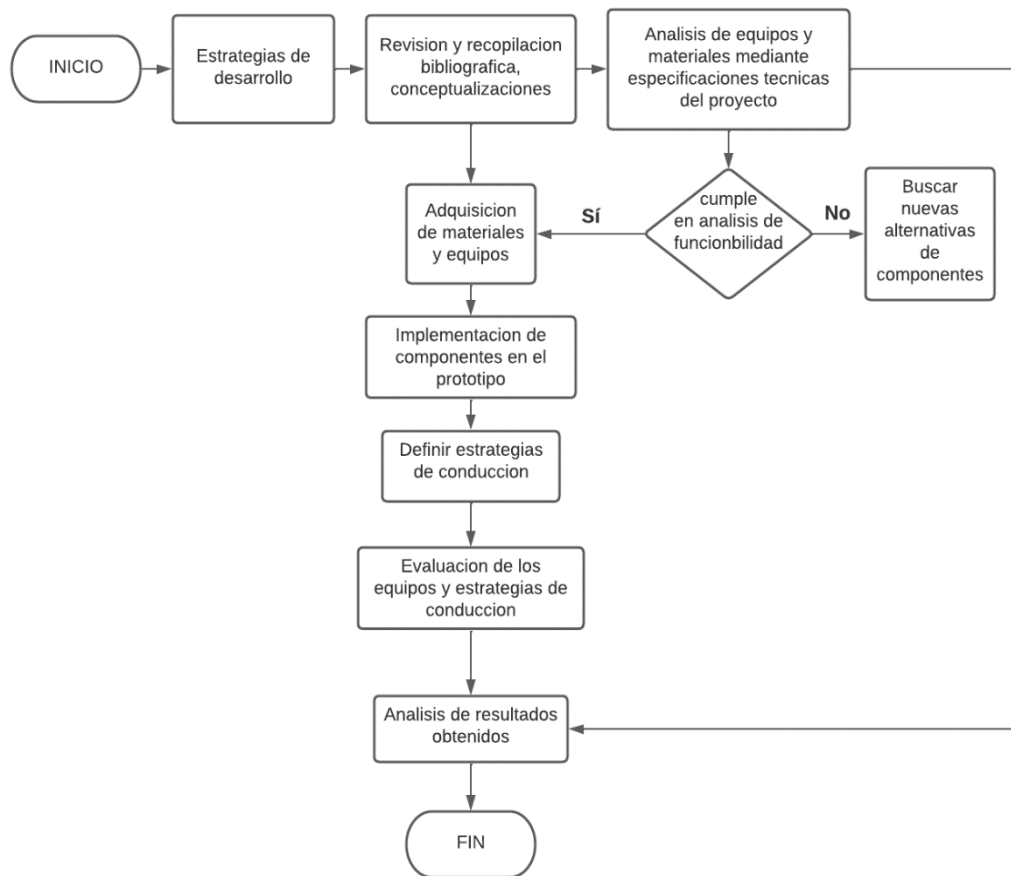


Figura 1-3: Diagrama de Etapas del proyecto

Realizado por: Galarza, L.; Sailema, B. 2022

3.2. Metodología de investigación a realizar

En este espacio se describe las metodologías optadas para llegar a los objetivos propuestos, las cuales se menciona en la Tabla 1-3.

Tabla 1-3: Tipos de Investigaciones Aplicadas

Tipo	Método	Herramientas
Bibliográfica	Verificación de material bibliográfico, contiene selección de orígenes de investigación, concede créditos a autores.	Bibliotecas, libros, bibliotecas virtuales, sitios web, repositorios de Universidades.
Experimental	Establece la causa y efecto, mantiene serie de variables y los compara	Utiliza software.
Aplicada	Resuelve problemas concretos y reales, aporta conocimientos teóricos.	Realiza pruebas de funcionamiento con el objetivo de conocer su alcance.

Realizado por: Galarza, L.; Sailema, B. 2022

3.2.1. Tipos de Investigación

3.2.1.1. Investigación Bibliográfica

Es la primera etapa del proceso investigativo que brinda conocimientos de varias investigaciones ya existentes, de forma sistemática, mediante una amplia búsqueda de conocimientos, técnicas e información de un tema determinado.

3.2.1.2. Investigación Aplicada

La investigación aplicada, por tanto, permite solucionar problemas reales. Además, se apoya en la investigación básica para conseguirlo. Esta le aporta los conocimientos teóricos necesarios para resolver problemas o mejorar la calidad de vida. (Arias, 2020a)

Para determinar el comportamiento de los componentes y establecer estrategias que el conductor debe aplicar para una mejor manipulación del prototipo.

3.2.1.3. Investigación Experimental

El objetivo de la investigación experimental, por tanto, es conocer los cambios que se dan en una variable dependiente al modificar una o varias independientes. Pero eso sí, las demás se mantienen constantes. (Arias, 2020b)

Para obtener los diferentes datos se ha empleado e instalado sensores y módulos capaces de captar y compilar información el cual permita reducir el consumo.

3.3. Desarrollo del proyecto

3.3.1. Cronograma

Un cronograma de actividades no es más que un calendario en el cual se establece tiempos en el que se debe cumplir o culminar el proyecto o serie de actividades a ejecutar.

El cronograma de actividades de puede poner en práctica en muchas circunstancias, ejemplos: en el trabajo ya que se lleva a cabo a un proceso para cumplir una tarea, generalmente de forma inconsciente sino por intuición.

En la siguiente Tabla 2-3, se especifican el número de actividades y el tiempo destinado para cada uno de los mismos.

Tabla 2-3: Tabla de Actividades

TIEMPO (SEMANAS)	ACTIVIDADES
1	Obtención de información y revisión amplia para determinar de manera exacta los diferentes componentes los cuales conformaran el tren motriz.
2	
3	Investigar y cotizar el precio de los componentes antes ya seleccionados
4	Adquirir los elementos seleccionados y cotizados.
5	
6	
7	Diseño y desarrollo analítico del tren motriz
8	
9	
10	
11	Ensamble del tren motriz
12	
13	
14	

15	Llevar a cabo las diferentes pruebas para determinar el correcto funcionamiento del sistema eléctrico implementado y realizar las correcciones necesarias en caso de existir algún inconveniente.
16	Recopilación de datos y justificación con cálculos matemáticos
17	Análisis de resultados

Realizado por: Galarza, L.; Sailema, B. 2022

3.3.2. Recursos y materiales

3.3.2.1. Presupuesto

Una vez seleccionado y presupuestado los diferentes elementos que componen el tren motriz eléctrico justificando bajo cálculos matemáticos y parámetros técnicos, se procede a la adquisición de los mismos mediante la importación los cuales se detallan a continuación en la Tabla 3-3.

Tabla 3-3: Gastos Directos

#	CANTIDAD	PRODUCTO	PRECIO
1	1	Kunray motor 48v 1000w	139.9
		Brush DC. Motor Controller	
2	2	Baterías LiPo Powerhobby 6S 22.2V 5200mAh	169.95
3	2	Bolsas de seguridad DerBlue para baterías LiPo	10.99
4	1	Cable #14	2
5	1	Interruptor de encendido	4
6	3	Terminales de conexión	0.6
7	1	Caja de madera	5
8	1	Manguera corrugada negra	2
9	6	Pernos, tornillos y arandelas	6.6
10	1	Pintura	5
11	1	Ángulo de 1/2	5
12	1	Tubo de 1/2	5
13	1	Engranaje motriz	70
14	1	Engranaje conducido	15
15	1	Cadena	5
16	20	Correas plásticas	5
		SUMA	451.04

Realizado por: Galarza, L.; Sailema, B. 2022

Tabla 4-3: Gastos Indirectos

DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO
Impuestos y gastos de importación	646.78
	TOTAL	646.78

Realizado por: Galarza, L.; Sailema, B. 2022

Tabla 5-3: Gastos Totales

DESCRIPCION	TOTAL
Gastos directos	451.04
Gastos indirectos	646.78
TOTAL	1097.82

Realizado por: Galarza, L.; Sailema, B. 2022

3.3.2.2. *Talento humano*

Cuando se habla de Administración de Recursos Humanos, se toma como referencia la administración de las personas que participan en las organizaciones, en las cuales desempeñan determinados roles. Las personas pasan la mayor parte de su tiempo viviendo o trabajando en organizaciones. La producción de bienes y servicios no pueden llevarla a cabo personas que trabajen aisladas. (Chiavenato, 1999, p. 81)

Tabla 6-3: Asignación de responsabilidades

ROL	FUNCION	RESPONSABLE
Investigador	Es quien dirige el proyecto en diversas y progresivas etapas. Busca y revisa fuentes bibliográficas confiables para obtener la información concreta y necesaria. Recopila y analiza datos para informar sobre los resultados al tutor.	Sr. Byron Sailema Sr. Danilo Galarza

Planificador	<p>Dispone quien, como y donde realizar las diferentes tareas o actividades.</p> <p>Estima la fecha destinada a dichas actividades.</p> <p>Realiza compras de los elementos a usar en el proyecto.</p>	Sr. Byron Sailema
Desarrollador	Realiza todas las actividades o tareas cumpliendo diferentes procesos haciendo uso de la metodología para alcanzar los objetivos propuestos.	<p>Sr. Byron Sailema</p> <p>Sr. Danilo Galarza</p>
Revisión y aprobación	<p>Solicita informes de los diferentes avances del proyecto.</p> <p>Solicita cambios ya sea en el escrito o como también en lo práctico.</p> <p>Verifica minuciosamente el documento digital y también la elaboración física del proyecto.</p>	<p>Ing. Milton Quinga</p> <p>Ing. Cristian Santiana</p>

Realizado por: Galarza, L.; Sailema, B. 2022

3.3.2.3. Equipos y materiales

Tabla 7-3: Materiales utilizados en el proyecto

Material	Cantidad	Descripción
Electrodos 6011	1 libra	Electrodo utilizado para soldar bases o soportes.
Broca 3/8	1 unidad	Utilizado para perforar las bases del motor y la caja que contiene las baterías.
Estaño para soldar	½ libra	Para soldar los cables de conexión que componen el tren motriz
Pasta para soldar	1 unidad	Utilizada para soldar estaño.

Realizado por: Galarza, L.; Sailema, B. 2021

Tabla 8-3: Equipos utilizados en el proyecto

Equipo	Descripción
Amoladora	Es otra de los equipos más versátiles del mercado. Vista ya como herramienta de corte, también puede ser utilizada para desbastar las superficies de elementos de la carrocería. La amoladora se utiliza para decapar la superficie y poder llegar hasta la zona en la que se encuentran los puntos de unión o dejar limpia para posibles operaciones a realizar antes del corte. (Montes, 2012).
Taladro de mano	Maquina con la que se mecanizan agujeros a través de brocas a las piezas en los diferentes talleres. La principal ventaja de esta máquina es que posee una potencia bastante elevada y su rendimiento es constante.
Soldadora eléctrica	Es una máquina que se utiliza para la fijación de materiales, mediante la fundición de un material de aporte que, mientras se funde va uniando las piezas y cuando se enfría se convierte en una unión fija y resistente.
Soldadora MIG	Se la conoce también como soldadura de hilo. El cual suelda por fusión por arco que utiliza alambre electrodo macizo, el gas y el baño de soldadura se protegen por medio de gas (gas inerte) suministrado de una fuente externa

Realizado por: Galarza, L.; Sailema, B. 2021

3.3.3. *Desarrollo del proyecto*

3.3.3.1. *Cálculos preselección de materiales*

Para el desarrollo del presente trabajo se empleó una transmisión por cadena, ya que es una de las más comunes empleadas en estos tipos de trabajos. Entonces se efectuó cálculos matemáticos para justificar la elección de dichos componentes que conforman el tren motriz.

Relación de transmisión

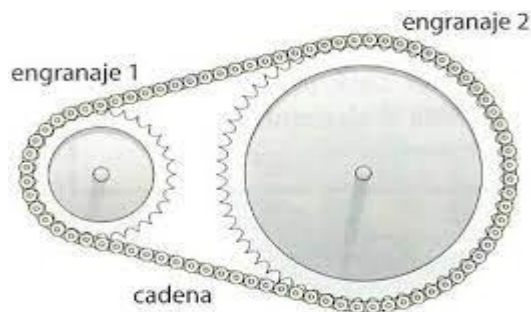


Figura 2-3: Relación de transmisión

Realizado por: Galarza, L.; Sailema, B. 2021

$$p2 = 34$$

$$p1 = 11$$

$$i = \frac{d2}{d1} = \frac{n1}{n2} = \frac{p2}{p1}$$

Donde:

d2= diámetro del piñón 2

d1= diámetro del piñón 1

n1= velocidad del piñón 1

n2= velocidad del piñón2

p2= número de pasos del piñón 2

p1= número de pasos del piñón 1

Teniendo en cuenta que tenemos como datos el número de dientes del piñón motriz como también del piñón conducido, aplicamos la siguiente formula

$$i = \frac{p2}{p1}$$

$$i = \frac{34}{11}$$

$$i = 3$$

Para el cálculo del número de revoluciones en la que gira el piñón conducido aplicamos la ecuación de relación de transmisión en función del número de revoluciones, en el cual despejamos W2 que es velocidad angular del piñón conducido.

$$i = \frac{W1}{W2}$$

$$W2 = \frac{W1}{i}$$

$$W2 = \frac{3000 \text{ RPM}}{3}$$

$$W2 = 970 \text{ RPM}$$

$$W2 = 970 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} * \frac{1 \text{ min}}{60\text{s}} = 101,58 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Ahora se aplica la fórmula de velocidad lineal para obtener el mismo

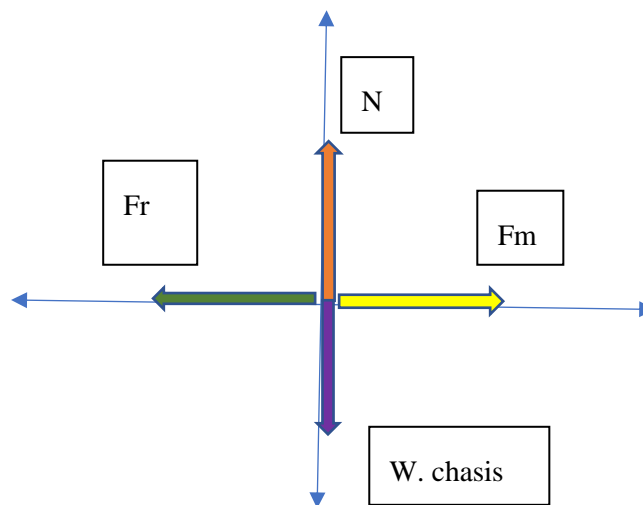
$$V = W * r$$

$$V = 101,58 \frac{rad}{s} * 0,5m$$

$$V = 50,70 \frac{m}{s}$$

Ahora mediante el diagrama de cuerpo libre se procede a calcular la fuerza del motor y la potencia la cual debe ejercer para poder movilizar al prototipo sin tomar en cuenta el peso del piloto.

Diagrama de cuerpo libre



Realizado por: Galarza, L.; Sailema, B. 2021

$$N = W_{chasis}$$

$$N = 91,63 \text{ Kg}$$

$$Fm - Fr = 0$$

$$Fm = Fr$$

$$Fm = \mu * N$$

$$Fm = 0,02 * 91,63 \text{ kg} * 9,8 \frac{m}{s^2}$$

$$Fm = 17,96 \text{ N}$$

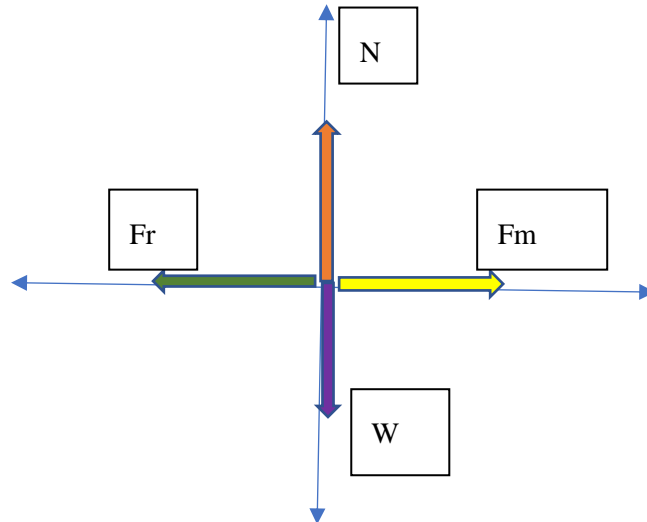
$$P = Fm * V$$

$$P = 17,96 \text{ N} * 50,70 \frac{m}{s}$$

$$P = 910,57 W$$

De igual manera ahora se calcula la fuerza del motor, torque y velocidad en la que el prototipo debe circular ahora tomando en cuenta el peso del piloto.

Diagrama de cuerpo libre



Realizado por: Galarza, L.; Sailema, B. 2021

$$N - W_{chasis} - W_{persona} = 0$$

$$N = W_{chasis} + W_{persona}$$

$$N = 198,68 Kg$$

$$F_m - F_r = 0$$

$$F_m = F_r$$

$$F_m = \mu * N$$

$$F_m = 0,065 * 198,68 Kg * 9,8 \frac{m}{s^2}$$

$$F_m = 126,65 N$$

$$Torque = F * d$$

$$Torque = 126,65 N * 0,02m$$

$$Torque = 2,533 Nm$$

$$P = F * V$$

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

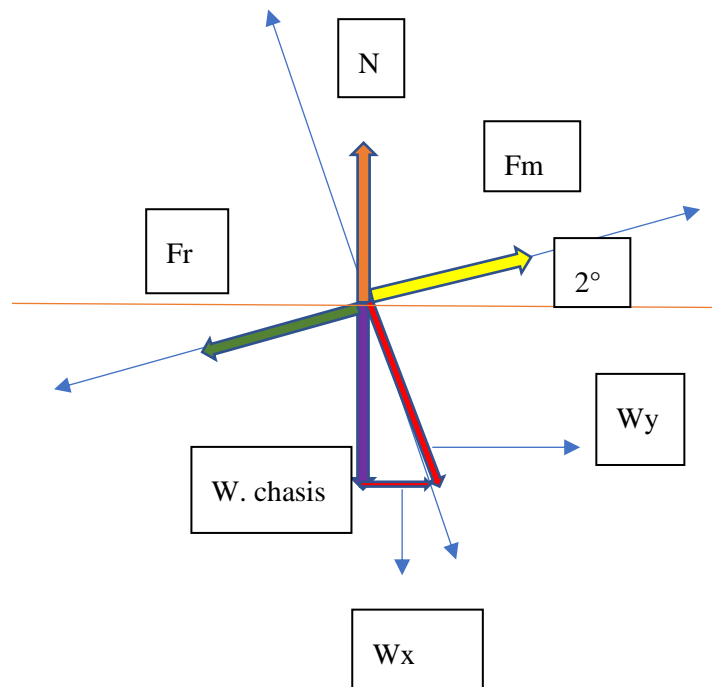
$$V = \frac{1000 \text{ W}}{126,65 \text{ N}}$$

$$V = 7,9 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$V = 28,44 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Ahora se considera una pendiente a 2° y de igual manera se calcula la fuerza del motor que ejerce para poder movilizar el prototipo con el piloto a bordo. Se obtiene también la velocidad en la que circula.

Diagrama de cuerpo libre



Realizado por: Galarza, L.; Sailema, B. 2021

$$Wt = 198,68 \text{ Kg}$$

$$Wx = Wt * \text{sen}2^\circ$$

$$Wy = Wt * \text{cos}2^\circ$$

$$N = Wy$$

$$N = Wt * \text{cos}2^\circ$$

$$N = 198,68 \text{ Kg} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * \cos 2^\circ$$

$$N = 1945,88 \text{ N}$$

$$Fm - Fr - Wx = 0$$

$$Fm = Fr + Wx$$

$$Fm = \mu \cdot N + Wx$$

$$Fm = 0,065 * 1945,88 \text{ Kg} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} + 198,68 \text{ Kg} * \sin 2^\circ * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$Fm = 210,63 \text{ N}$$

$$P = F * V$$

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

$$V = \frac{1000 \text{ W}}{210,63 \text{ N}}$$

$$V = 4,75 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$V = 17,1 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

También se ha calculado la autonomía de las baterías. Mediante la siguiente fórmula.

$$P. \text{ bat} = V. \text{ bat} * I. \text{ bat}$$

$$P. \text{ bat} = 44,4 \text{ V} * 15 \text{ Ah}$$

$$P. \text{ bat} = 666 \text{ W}$$

$$P. \text{ cons.} = V. \text{ bat} * I. \text{ cons.}$$

$$P. \text{ cons.} = 44,4 \text{ V} * 28 \text{ A}$$

$$P. \text{ cons.} = 1243,2 \text{ W}$$

$$T = \frac{P. \text{ bat}}{P. \text{ cons}}$$

$$T = \frac{666}{1243,2}$$

$$T = 0,53 \text{ h}$$

Donde:

$P.bat = potencia de la batería$

$V.bat = voltaje de la batería$

$I.bat = intensidad de la batería$

$P.cons. = potencia del consumidor$

$I.cons. = intensidad del consumidor$

3.3.3.2. Selección de materiales

a) Motor Eléctrico

Para la correcta selección de los materiales (motor y baterías), se utilizó el método ordinal corregido de criterios ponderados; a través de este método se obtendrá resultados significativos, sin tener la necesidad de evaluar los parámetros de cada propiedad y sin tener que estimar numéricamente el valor de cada criterio.

Este método consiste en tablas, en las cuales se confronta cada criterio con los resultantes criterios o soluciones; y su método de evaluación es el siguiente:

0 si el criterio o solución de las columnas es inferior o peor al criterio de las columnas.

0,5 si el criterio o solución de las columnas es equivalente o igual al criterio de las columnas.

1 si el criterio o solución de las columnas es mayor o mejor al criterio de las columnas.

Tabla 9-3: Evaluación del peso específico de cada criterio para el motor.

Potencia > Eficiencia > Velocidad > Peso > Precio							
Criterio	Potencia	Eficiencia	Velocidad	Peso	Precio	$\Sigma+1$	Ponderación
Potencia		1	1	1	1	5	0,333
Eficiencia	0		1	1	1	4	0,267
Velocidad	0	0		1	1	3	0,200
Peso	0	0	0		1	2	0,133
Precio	0	0	0	0		1	0,067
Suma						15	1

Realizado por: Galarza, L.; Sailema, B. 2022

En la tabla 10-3 se logra apreciar el análisis de los criterios que se tomaron en cuenta para la evaluación de los pesos específicos, analizando desde los criterios más relevantes hasta los de menor importancia.

Para la selección del motor se tomaron en cuenta tres tipos de motores los cuales mencionaremos a continuación:

- Motor A: Kunray 1000w 48V motor de cc cepillado de alta velocidad
- Motor B: L-Faster motor para bicicleta eléctrica 48V
- Motor C: Turnigy Rotomax 1.20 Brushless Outrunner

Las tablas a continuación muestran en de las distintas soluciones para cada criterio se realiza mediante las tablas siguientes 10-3, 11-3, 12-3, 13-3 y 14-3.

La tabla 10-3, se observa la evaluación de criterios con respecto a la potencia de salida del motor, como se muestra a continuación.

Tabla 10-3: Evaluación del peso específico del criterio potencia de salida del motor

Motor Rotomax > Motor Kunray > Motor L-Faster					
Potencia	Motor A	Motor B	Motor C	$\Sigma+1$	Ponderación
Motor A	0	1	0	2	0,333
Motor B	0	0	0	1	0,167
Motor C	1	1	0	3	0,500
Suma				6	1

Realizado por: Galarza, L.; Sailema, B. 2022

Según la evaluación del peso específico del criterio de eficiencia del motor se puede observar en la Tabla 11-3 se tiene como mejor opción al motor Kunray.

Tabla 11-3: Evaluación del peso específico del criterio eficiencia del Motor

Motor Kunray > Motor L-Faster > Motor Rotomax					
Eficiencia	Motor A	Motor B	Motor C	$\Sigma +1$	Pondera
Motor A	0	1	1	3	0,500
Motor B	0	0	1	2	0,333
Motor C	0	0	0	1	0,167
Suma				6	1

Realizado por: Galarza, L.; Sailema, B. 2022

En la Tabla 12-3, según el método ordinal corregido de criterios ponderados cuantifica claramente al motor Rotomax como mejor opción en el criterio de velocidad de salida, cabe recalcar que no se debe desestimar a la fuerza en relación a la velocidad ya que es un factor de importancia para la puesta en marcha del prototipo.

Tabla 12-3: Evaluación del peso específico del criterio velocidad del motor

Motor Rotomax > Motor Kunray > Motor L-Faster					
Velocidad	Motor A	Motor B	Motor C	$\Sigma+1$	Pondera
Motor A		1	0	2	0,333
Motor B	0		0	1	0,167
Motor C	1	1		3	0,500
Suma				6	1

Realizado por: Galarza, L.; Sailema, B. 2022

De acuerdo a la Tabla 13-3 de la evaluación del criterio menor peso se puede notar que el motor Rotomax puntúa como mejor opción en este parámetro puesto que el peso es un factor de importancia en términos de competencia, pues mientras menos peso tenga el prototipo mayor serán las posibilidades de ganar.

Tabla 13-3: Evaluación del peso específico del criterio menor peso del motor

Motor Rotomax > Motor Kunray > Motor L-Faster					
Menor Peso	Motor A	Motor B	Motor C	$\Sigma+1$	Ponderación
Motor A		1	0	2	0,333
Motor B	0		0	1	0,167
Motor C	1	1		3	0,500
Suma				6	1

Realizado por: Galarza, L.; Sailema, B. 2022

Para el siguiente análisis del criterio menor peso se obtuvo al motor A como mejor opción en la Tabla 14-3 de comparación siendo este un criterio a ser tomado en cuenta ya que debe adaptarse a nuestro presupuesto y objetivos.

Tabla 14-3: Evaluación del peso específico del criterio menor precio del motor

Motor Kunray > Motor L-Faster > Motor Rotomax					
Menor Precio	Motor A	Motor B	Motor C	$\Sigma+1$	Ponderación
Motor A		1	1	3	0,500
Motor B	0		1	2	0,333
Motor C	0	0		1	0,167
Suma				6	1

Realizado por: Galarza, L.; Sailema, B. 2022

Para terminar, en la Tabla 15-3 se puede observar un esquema de conclusiones para determinar que motor tiene mayor prioridad en relación a las demás en este caso los motores A y C han logrado obtener la misma prioridad, posteriormente se deberá seleccionar la mejor opción teniendo en cuenta las necesidades expuestas en este proyecto.

Tabla 15-3: Conclusiones de prioridad del motor

Conclusión	Potencia	Eficiencia	Velocidad	Peso	Precio	$\Sigma+1$	Prioridad
Motor A	0,111	0,134	0,067	0,044	0,034	0,389	1
Motor B	0,056	0,089	0,033	0,022	0,022	0,222	2
Motor C	0,167	0,045	0,100	0,067	0,011	0,389	1
Suma						1	

Realizado por: Galarza, L.; Sailema, B. 2022

b) El controlador

Para el caso del controlador no se realizó ningún tipo de selección ya que el controlador vino junto con el Motor.

c) La Batería

Para la elección de las baterías se tomaron en cuenta los siguientes tipos de baterías de las cuales se elegirá la mejor opción mediante el método ordinal mencionado anteriormente en la elección del motor:

- Baterías A: Powerhobby (6S, 22.2V, 5200mAh, 50C)
- Baterías B: Fconegy (4S, 8000mAh, 100C, 14.8V)
- Baterías C: Povway Power (6S, 22.2V, 4500mAh, 50C)

Luego de haber seleccionado 3 tipos de baterías se procede a la elección de la mejor mediante el método ordinal de criterios ponderados.

Tabla 16-3: Evaluación del peso específico de cada criterio de la batería

Criterio	Peso	Descarga	Voltaje	Precio	$\Sigma+1$	Ponderación
Peso		1	1	1	4	0,4
Descarga	0		0,5	1	2,5	0,25
Voltaje	0	0,5		1	2,5	0,25
Precio	0	0	0		1	0,1
Suma					10	1

Realizado por: Galarza, L.; Sailema, B. 2022

En la tabla 16-3, se evaluó el peso específico de cada criterio de la batería para los cual se tomaron en cuenta los criterios de mayor importancia para una correcta elección.

Tabla 17-3: Evaluación del peso específico del criterio peso de la batería

Batería Powerhobby > Batería Povway > Batería Fconegy					
Menor Peso	Batería A	Batería B	Batería C	$\Sigma+1$	Ponderación
Batería A		1	1	3	0,5
Batería B	0		0	1	0,167
Batería C	0	1		2	0,333
Suma				6	1

Realizado por: Galarza, L.; Sailema, B. 2022

En la tabla 17-3, se logra apreciar claramente que la batería A tiene el menor peso en comparación a las demás, por lo cual será tomado en cuenta en la posterior selección ya que el peso cumple un factor importante en la autonomía del prototipo.

Tabla 18-3: Evaluación del peso específico del criterio voltaje de la batería

Batería Powerhobby = Batería Povway > Batería Fconegy					
Voltaje	Batería A	Batería B	Batería C	$\Sigma+1$	Ponderación
Batería A		1	0,5	2,5	0,357
Batería B	0		1	2	0,286
Batería C	0,5	1		2,5	0,357
Suma				7	1

Realizado por: Galarza, L.; Sailema, B. 2022

El voltaje de la batería cumple un papel importante al momento de la elección de las baterías, puesto que entre menor sea el voltaje más baterías se necesitará para abastecer el voltaje que necesita tanto el motor como el controlador, aumentando también así su peso, en la Tabla 18-3, se puede observar la batería Powerhobby y Batería Povway con igual ponderación.

Tabla 19-3: Evaluación del peso específico del criterio descarga de la batería

Batería Pwerhobby > Batería Povway > Batería Fconegy					
Menor Descarga	Batería A	Batería B	Batería C	$\Sigma+1$	Ponderación
Batería A	1	0	0	1	0,500
Batería B	0	1	0	1	0,167
Batería C	0	0	1	2	0,333
Suma				6	1

Realizado por: Galarza, L.; Sailema, B. 2022

El criterio descarga es de igual importancia que los anteriores, en la Tabla 19-3, se observa como mejor opción la batería Powerhobby con una ponderación de 0,5 siendo esta la batería que menor descarga tendrá.

Tabla 20-3: Evaluación del peso específico del criterio precio de la batería

Batería Povway > Batería Pwerhobby > Batería Fconegy					
Menor Precio	Batería A	Batería B	Batería C	$\Sigma+1$	Ponderación
Batería A	1	0	0	2	0,333
Batería B	0	1	0	1	0,167
Batería C	0	0	1	3	0,500
Suma				6	1

Realizado por: Galarza, L.; Sailema, B. 2022

En la tabla 20-3, el precio juega un papel muy importante en la elección de la batería puesto que los componentes que conforman un paquete de batería son de elevado costo, por ende, su precio elevado, en este proyecto se elegirá un precio razonable y objetivo de acuerdo a las necesidades del mismo.

Tabla 21-3: Conclusiones de prioridad de las baterías

Conclusión	Peso	Descarga	Voltaje	Precio	$\Sigma+1$	Prioridad
Batería A	0,200	0,125	0,089	0,033	0,448	1
Batería B	0,067	0,042	0,071	0,017	0,196	3
Batería C	0,133	0,083	0,089	0,050	0,356	2
Suma					1	6

Realizado por: Galarza, L.; Sailema, B. 2022

3.3.3.3. Presentación Final

Resultados de selección

De acuerdo a los parámetros de funcionamiento del tren de propulsión eléctrica y a los criterios utilizados para la selección del motor y baterías mediante el uso del método ordinal corregido de criterios ponderados se obtuvo los siguientes resultados:

a) Motor

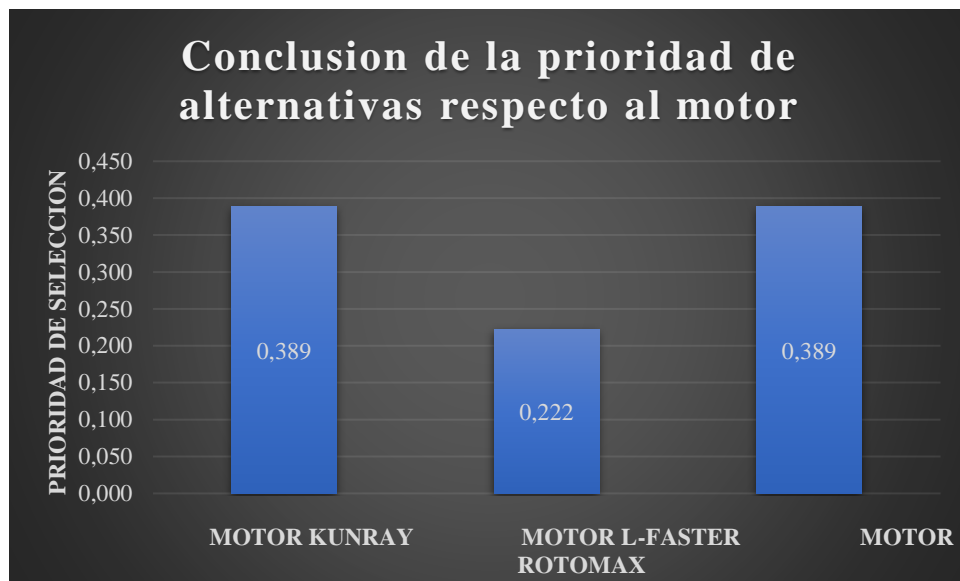



Gráfico 1-3: Grafica de conclusión de la prioridad de alternativas respecto al motor.

Realizado por: Galarza, L.; Sailema, B. 2021

En el Gráfico 1-3. Se puede visualizar claramente que el motor Kunray y el motor Rotomax tienen el mismo valor de prioridad, para este proyecto se elegirá al motor Kunray 1000w 48V motor de cc cepillado de alta velocidad por la eficiencia con la que cuenta el mismo, el bajo peso, y los resultados obtenidos en el ítem 3.3.3.1. factores importantes que sin duda alguna serán de gran aporte para el funcionamiento, autonomía y desempeño del tren motriz eléctrico.

Tabla 22-3: Datos técnicos del motor Kunray 48v 1000w.

Motor:	KUNRAY motor 48v 1000w 
Potencia de salida:	1000W- 1,4 HP
Velocidad nominal:	3 000 – 3 360 RPM
Tensión nominal:	48 V DC
Corriente Clasificada:	27 A
Corriente sin carga:	≤ 2,8 A
Eficiencia máxima a 48 V	80%
Piñón:	9 dientes para cadena T8F de 8mm

Fuente: (Amazon)

b) Baterías

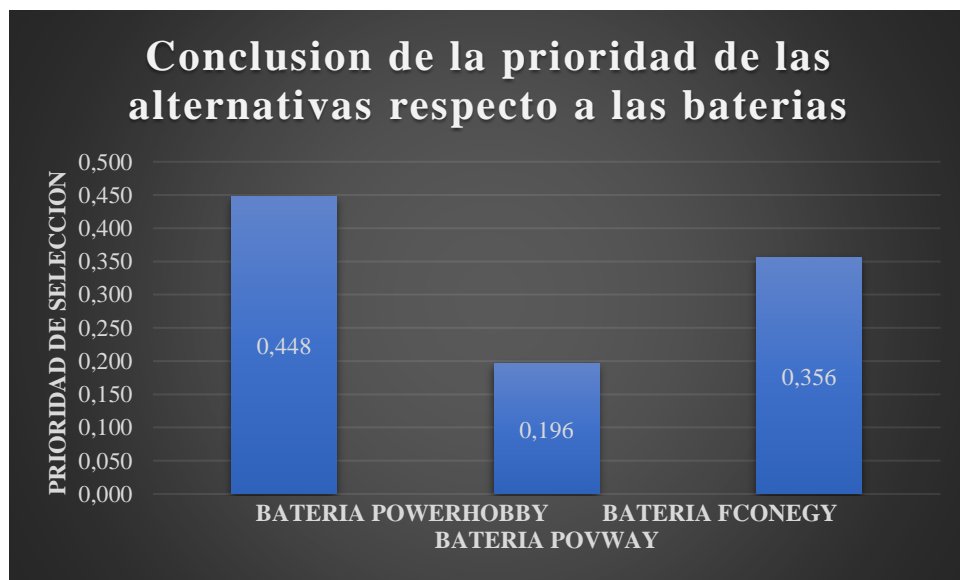



Gráfico 2-3: Grafica de conclusión de la prioridad de alternativas respecto a baterías

Realizado por: Galarza, L.; Sailema, B. 2021

En el Grafico 2-3, se nota claramente la prioridad de la batería Powerhobby (6S, 22.2V, 5200mAh, 50C), la cual se ha elegido como mejor opción mediante los resultados obtenidos de las tablas del método ordinal corregido de criterios ponderados y el cálculo matemático antes expuesto en el ítem 3.3.3.1. Con este paquete de baterías se abastecerá todo el sistema de propulsión eléctrico, permitiendo un rendimiento óptimo del mismo.

Tabla 23-3: Datos técnicos del paquete de Baterías

<p>Paquete de Baterías Powerhobby (6S, 22.2V, 5200mAh, 50C)</p>	
Capacidad:	5200mAh
Recuento de celdas:	6
Voltaje:	22.2V
Descarga constante:	50C
Descarga máxima (3s):	100C
Peso:	0,060 kg

Fuente: (Powerhobby)

3.3.3.4. *Ensamble*

Una vez adquirido los elementos seleccionados previamente por el método antes mencionado y mediante la justificación de los mismos utilizando cálculos matemáticos. Se realiza la implementación de los elementos que conforman el tren motriz.

Primero se optó por incorporar el piñón conducido en la rueda posterior ajustándole debidamente. Luego se incorporó en el eje en el cual va a girar. Posterior se procede a perforar el chasis para la colocación de la base del motor. Con la ayuda de un taladro de mano se efectuó dicho trabajo.

Ahora se procede a la colocación del motor, sujetándolo con pernos y tuercas antes seleccionados. Con la ayuda de llaves #13 se ajusta tomando las debidas precauciones.



Figura 3-3: Perforación del chasis

Realizado por: Galarza, L.; Sailema, B. 2021

Como siguiente se coloca la cadena alineando el motor junto con los dos piñones (motriz, conducido).



Figura 4-3: Alineación e instalación de cadena

Realizado por: Galarza, L.; Sailema, B. 2021

En el siguiente proceso se realiza la colocación de la caja que contiene las baterías. Al igual con la ayuda del taladro de mano se perfora y luego se coloca la caja.



Figura 5-3: Perforación y colocación de caja contenedor de baterías.

Realizado por: Galarza, L.; Sailema, B. 2021

Ahora se procede a instalar el interruptor de encendido y también el acelerador en el volante.



Figura 6-3: Acelerador e interruptor de encendido

Realizado por: Galarza, L.; Sailema, B. 2021

Una vez colocado los componentes del tren motriz se procede a realizar la instalación eléctrica del prototipo.

Con la ayuda del diagrama eléctrico y tomando las debidas precauciones se conecta cada uno de los componentes.

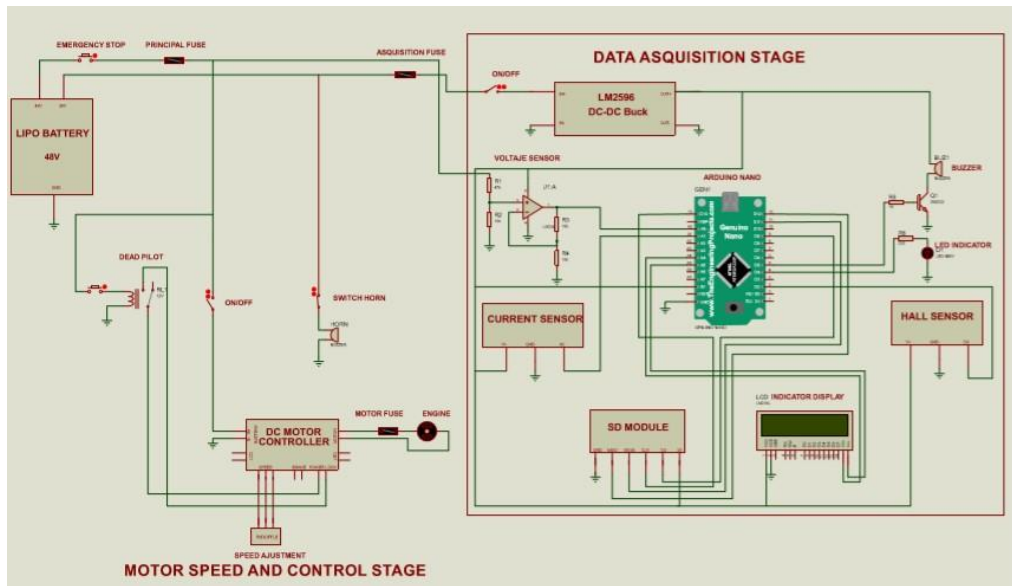


Figura 7-3: Diagrama eléctrico

Realizado por: Galarza, L.; Sailema, B. 2021

Las baterías están cubiertas con unas bolsas ignífugas para protegerlas de cualquier peligro que tengan. Están conectadas en serie el cual se obtuvo un voltaje nominal de 44,4V.

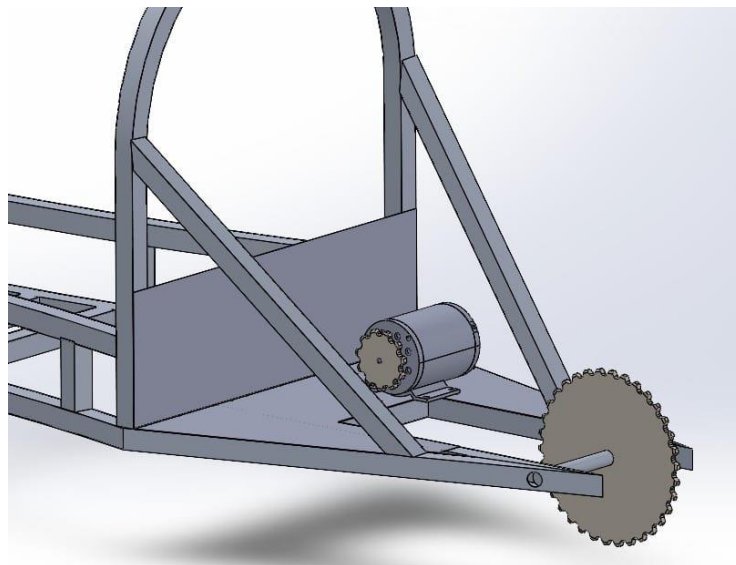


Figura 8-3: Ensamble diagonal

Realizado por: Galarza, L.; Sailema, B. 2021

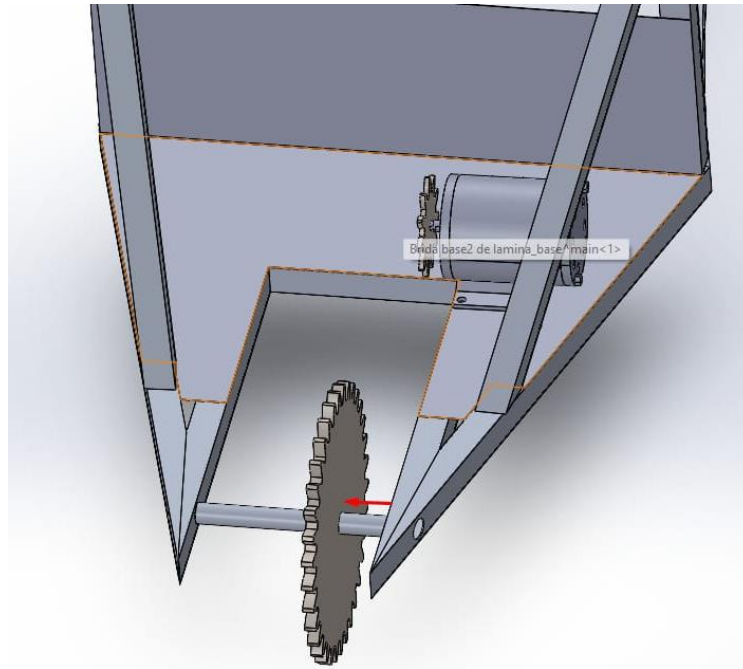


Figura 9-3: Ensamble vista parte superior

Realizado por: Galarza, L.; Sailema, B. 2021

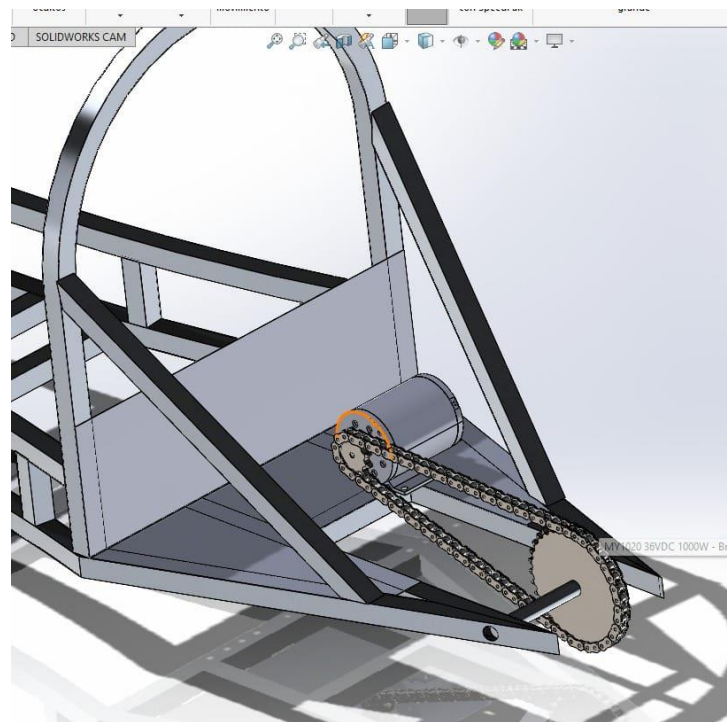


Figura 10-3: Ensamble resultado final

Realizado por: Galarza, L.; Sailema, B. 2021

CAPITULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Obtención de resultados

4.1.1. *Practica Experimental*

Con respecto a la estimación de equipos y estrategias de conducción se refiere al desarrollo de prácticas experimentales y el análisis de datos.

En consecuencia, el primer experimento luego de haber concluido con el ensamblaje de equipos consistió en realizar mediciones de variables mediante la ayuda del osciloscopio automotriz, el cual nos permitió tomar las señales que necesitaríamos como son voltajes y corrientes variando con el tiempo, en dos condiciones de trabajo del motor.

En la Figura 1-4, se puede observar el esquema general de conexión del sistema mediante el motor Brushed Kunray y el driver con todos los elementos que conforman el sistema de tracción eléctrica.

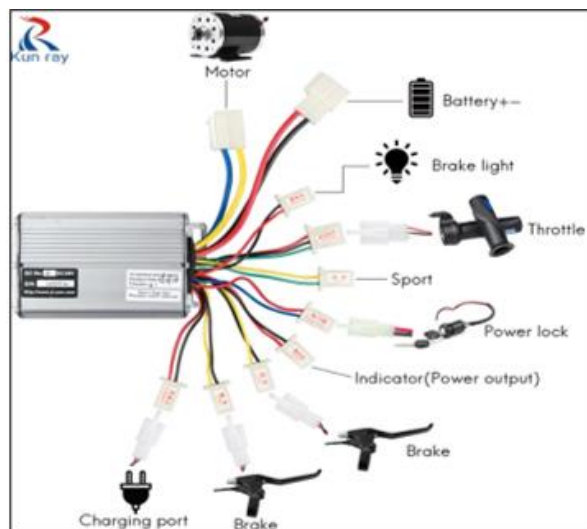


Figura 1-4: Conexión del Motor brushless

Fuente: (GISTGEAR, 2022).

4.2. Análisis de resultados

4.2.1. Evaluación de Equipos y Estrategias

Ya terminado el diseño e implementación continuamos con la experimentación de las metodologías de conducción, con el fin de comprobar que el prototipo tenga un funcionamiento eficiente.

4.2.2. Eficiencia del prototipo eléctrico

Para analizar la eficiencia se tiene un recurso que se puede entender como un modelo matemático donde se halla la energía de salida en base a datos de experimentación. Se basa en la ecuación de la energía cinemática, se calcula la energía desarrollada con la siguiente ecuación.

$$E_c = \frac{1}{2} m v$$

Se calcula la energía cinética instantánea en las medidas, mediante la obtención de datos por el sistema de sensores. Se obtiene toda la eficiencia del sistema en cada instante de tiempo. Se realizan 5 ensayos en total con los cuales la eficiencia se presenta a continuación.

$$\text{Eficiencia: } n = \frac{E_s}{E_o}$$

Ensayo 1= 89.8

Ensayo 2=89.3

Ensayo 3= 89.3

Ensayo 4= 96.7

Ensayo 5= 95.6

$$n_p = \frac{n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5}{5}$$

$$n_p = 93,54\%$$

4.2.3. Pruebas de aceleración

Se realiza la primera prueba colocando al prototipo en una pista, mediante la obtención de datos usando multímetros y pinzas amperimétrica se obtienen los resultados de la Tabla 1-4. Para esto

se busca que la velocidad sea constante durante un tiempo para poder tomar las muestras con intervalos de tiempo muy pequeños.

Tabla 1-4: Datos obtenidos en primera prueba

MUESTRA	VOLTAJE V	CORRIENTE A	POTENCIA W	VELOCIDAD KM/H
1	45.6	26.5	1208.4	23.9
2	45.5	26.7	1214.85	24.4
3	45.7	26.4	1206.48	24.1
4	45.5	26.5	1205.75	24.1
5	45.6	26.5	1208.4	24.2
6	45.6	26.5	1208.4	24.2
7	45.6	26.5	1208.4	24.2
8	45.4	26.8	1216.72	24.6
9	45.6	26.5	1208.4	24.2
10	45.7	26.6	1215.62	24.8
11	45.6	26.5	1208.4	24.2
12	45.4	26.8	1216.72	24.8
13	45.4	26.8	1216.72	24.8
14	45.6	26.5	1208.4	24.7
15	45.5	26.7	1214.85	24.8
16	45.7	26.4	1206.48	24.7
17	45.5	26.5	1205.75	24.6
18	45.6	26.4	1203.84	24.4
19	45.5	26.5	1205.75	24.4
20	45.6	26.	1185.6	23.7

Realizado por: Galarza, L.; Sailema, B.,2021

En el grafico 1-4, se observa cómo es el consumo de corriente de acuerdo a la aceleración constante, cabe señalar que las variaciones se dan por las imperfecciones de la calzada, debido a esto el conductor debe dejar de acelerar por unas milésimas de segundos.

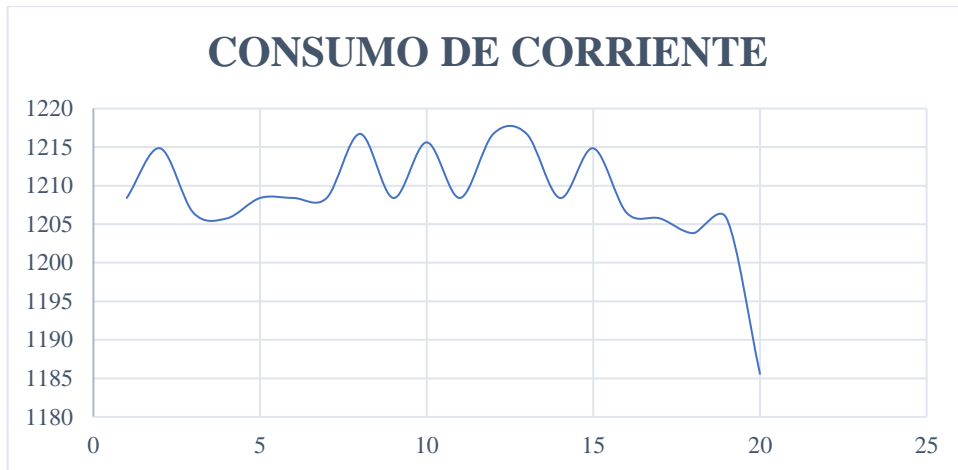


Gráfico 1-4: Comportamiento de la corriente vs aceleración

Realizado por: Galarza, D.; Sailema, B.,2021

La potencia va de la mano directamente con la corriente y voltaje, la distancia es proporcional a la velocidad al tiempo, las distancias recorridas contra la energía se pueden ver en el gráfico 2-4, en donde se observa claramente como es el comportamiento del vehículo.

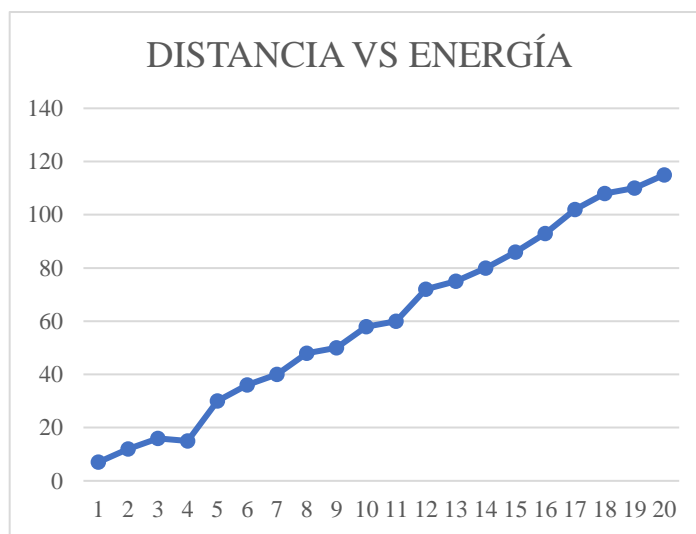


Gráfico 2-4: Distancia vs Energía

Realizado por: Galarza, D.; Sailema, B.,2021

La relación que existe entre ambas variables es directamente proporcional, para conseguir un modelo matemático con el cual interpretar este comportamiento se realiza una regresión lineal, donde se tiene en cuenta que la distancia está dada en Km en función a la energía expresada en KWh.

Como se puede observar a continuación:

$$m = 36.5 \frac{\text{K m}}{\text{K W h}} \quad f(x) = 36.07x + 0.0005$$

Distancia recorrida $d=f(x)$

Potencia, por lo tanto: $d(E)=36.07E+0.0005$ (1)

Mediante los datos experimentales de la regresión lineal, se puede obtener la gráfica mostrada a continuación.

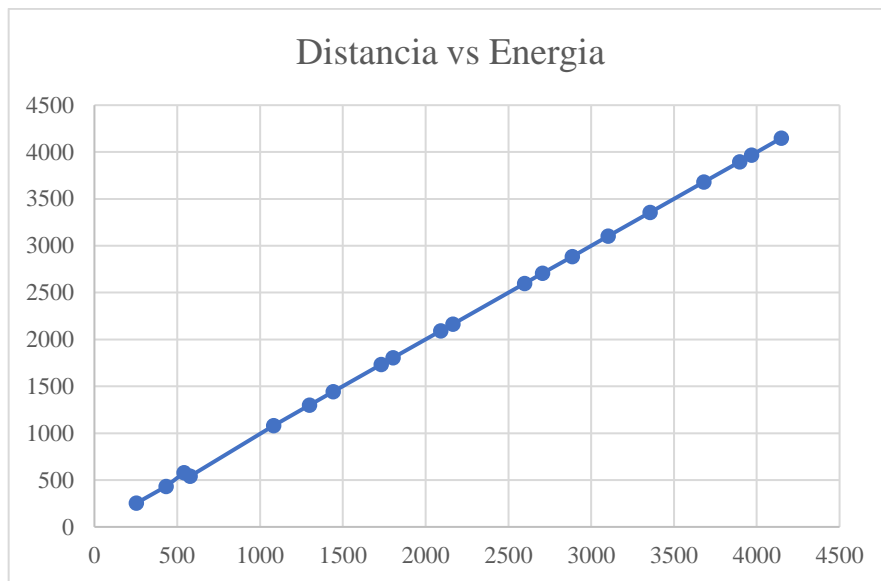


Gráfico 3-4: Distancia vs energía

Realizado por: Galarza, L.; Sailema, B.,2021

En consecuencia, a la gráfica anterior se puede identificar a la pendiente como el coeficiente numérico recorrido por cada KM en este caso y para la prueba en marcha se determina que el valor es:

$$m = 36.5 \frac{\text{K m}}{\text{K W h}}$$

Tabla 2-4: Datos para prueba con aceleración y frenado

MUESTRA	VOLTAJE V	CORRIENTE A	POTENCIA W	VELOCIDAD KM/H	DISTANCIA
1	45.6	26.5	1208.4	18	10
2	45.5	15.4	700.7	24	13
3	45.7	11.3	516.41	24	20
4	45.5	7.5	341.25	24	25
5	45.6	6.3	287.28	27	32
6	45.6	11,4	519.84	23	36
7	45.6	6.4	291.84	25	44
8	45.4	2.4	108.96	25	48
9	45.6	1.7	77.52	23	52
10	45.7	15.6	712.92	21	59
11	45.6	25.8	1176.48	19	64
12	45.4	22.3	1012.42	18	68
13	45.4	16.3	740.02	20	79
14	45.6	12.5	570	24	83
15	45.5	10.3	468.65	25	89
16	45.7	9.7	443.29	25	95
17	45.5	8.03	365.365	25	98
18	45.6	7.1	323.76	28	105
19	45.5	6.8	309.4	25	117
20	45.6	2.6	118.56	27	120

Realizado por: Galarza, L.; Sailema, B.,2021

En esta prueba se analiza el comportamiento del vehículo con los valores de la distancia vs potencia. En el grafico 3-4 se puede observar el comportamiento del vehículo.

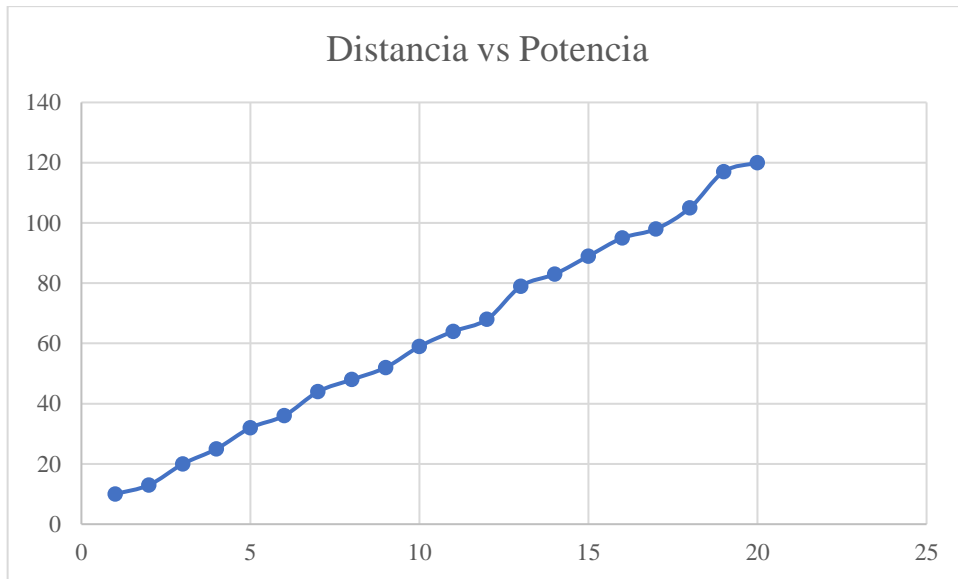


Gráfico 4-4: Distancia-Potencia

Realizado por: Galarza, L.; Sailema, B.,2021

Con respecto a la maniobra anterior se puede observar que la relación es proporcional entre las variables que se están tomando en cuenta para el análisis, el modelo matemático se obtiene mediante una regresión lineal. Como se puede observar a continuación.

$$f(x) = 43,314 x + 0.004$$

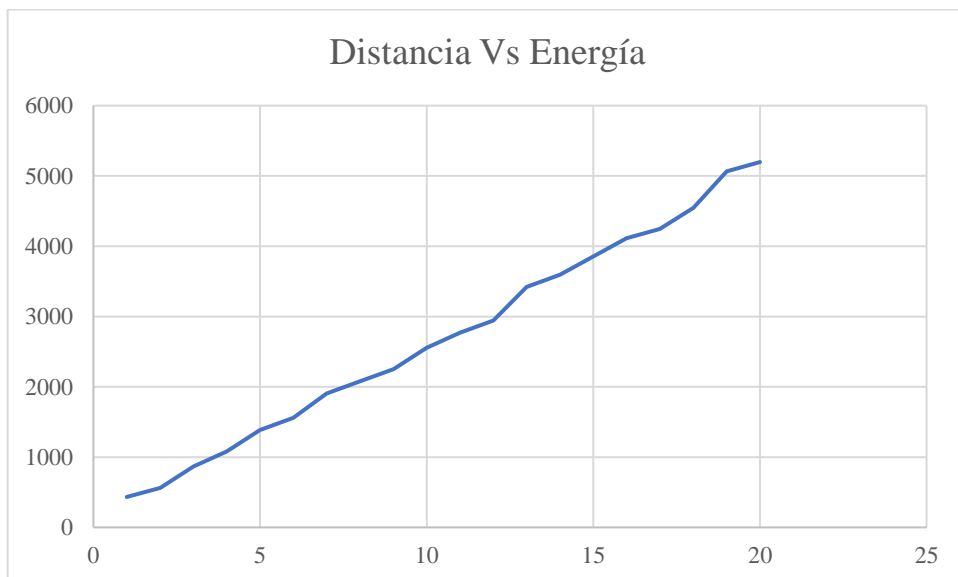


Gráfico 5-4: Energía vs distancia

Realizado por: Galarza, D.; Sailema, B.,2021

Por la gráfica anterior se puede decir que el modelo matemático tiene a la pendiente, como coeficiente numérico a la velocidad que marca en cada KWh como se muestra a continuación.

$$m = 43.3 \frac{\text{km}}{\text{kwh}}$$



Figura 2-4: Diagrama de resultados

Realizado por: Galarza, D.; Sailema, B.,2021

Para analizar el comportamiento del vehículo en un escenario real, se establece las dos formas de conducción con aceleración constante y aceleración variable. Como se muestra a continuación.

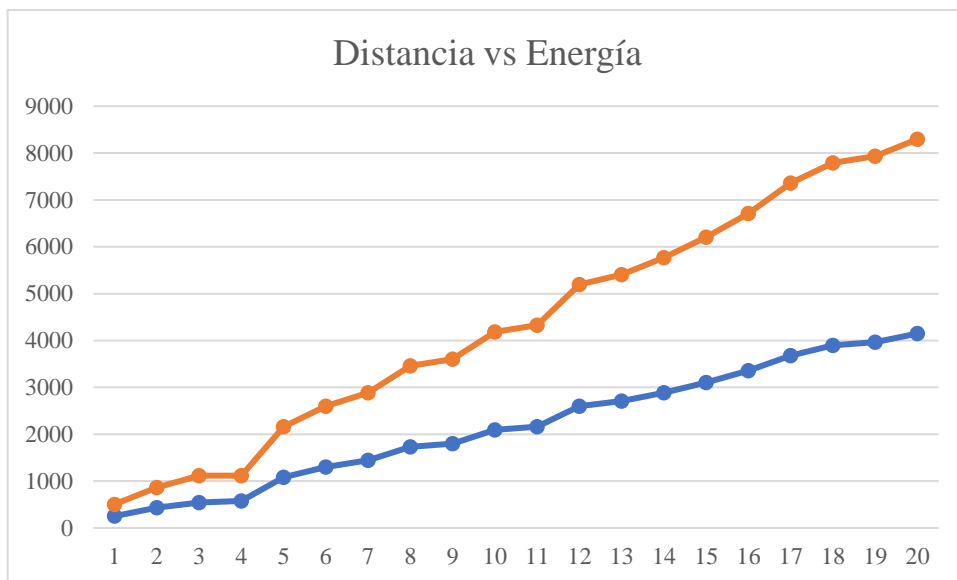


Gráfico 6-4: Comparación entre las dos pruebas de aceleración

Realizado por: Galarza, D.; Sailema, B.,2021

Se compra cuantitativamente la variación total recorrida en Km por el vehículo y la energía que se invirtió, esto en función en el valor de las pendientes obtenidas anteriormente.

En las gráficas 4-4, se puede analizar la superioridad de la estabilidad en un circuito con velocidad constante en comparación a una aceleración progresiva y variable.

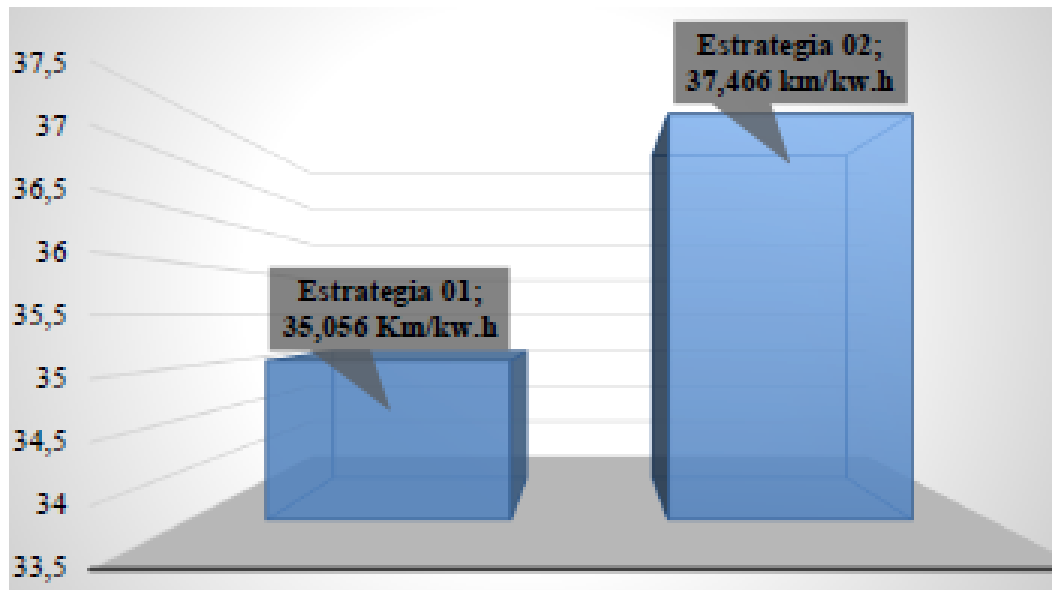


Gráfico 7-4: Comparación entre formas de aceleración

Realizado por: Galarza, D.; Sailema, B.,2021

Para el análisis se posee la referencia de un modelo matemático, en un escenario de prueba donde la distancia en función a la energía tiene como distancia de alrededor de 6.8 Km distancia recorrida para una competencia.

Basándose en ese argumento la variable dependiente es la distancia el dato a obtener es la cantidad de energía emitida en la aceleración en la pista de prueba para llegar a los 6.8 Km. Se expresa de la siguiente manera.

$$d(E) = m * E + b$$

Para el caso de aceleración constante, se obtiene la energía necesaria para completar toda la vuelta en el circuito, en la distancia de 6.8km. se establece los valores en cada escenario.

$$E_1(6.8 \text{ Km}) = \frac{6.6 - 0.003}{0.40} = 16 \text{ kw h}$$

$$E_2(6.8 \text{ Km}) = \frac{6.6 - 0.028}{0.48} = 14 \text{ kw h}$$

4.3. Especificaciones Técnicas

4.3.1. *Conexión del sistema eléctrico de tracción*

La conexión del motor y toda la tracción eléctrica, se debe realizar de acuerdo a la Figura 1-4, en la Figura



Figura 3-4: Conexión del motor

Realizado por: Galarza, D.; Sailema, B.,2021

Conexión con borneras hacia el driver y el motor. Se toma mediciones de voltaje en las borneras de la batería, las mediciones se realizan con carga y al vacío, las mediciones, a continuación, se puede observar cómo se conecta los distintos elementos.

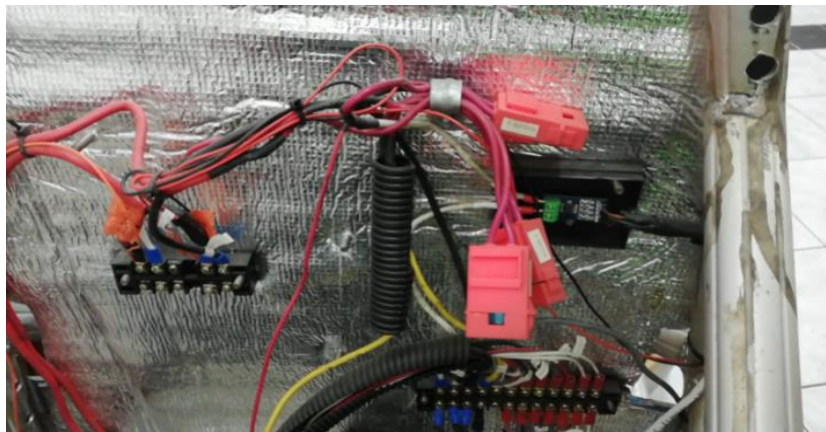


Figura 4-4: Conexión de elementos

Realizado por: Galarza, D.; Sailema, B.,2021

4.3.2. Velocidad

Las revoluciones se miden con un sensor óptico colocado en la parte posterior, cerca de la cadena utilizada para tracción, el sensor será conectado a través de un cable al módulo receptor el cual está situado cerca del volante del conductor.



Figura 5-4: Sensor de velocidad

Realizado por: Galarza, D.; Sailema, B.,2021

En la figura 5-4, se puede observar el módulo receptor en el cual ingresan los datos del vehículo y son procesados por medio de un controlador programable. el cableado sigue a la estructura del chasis realizada en aluminio. Como se puede observar en la Figura 6-4.

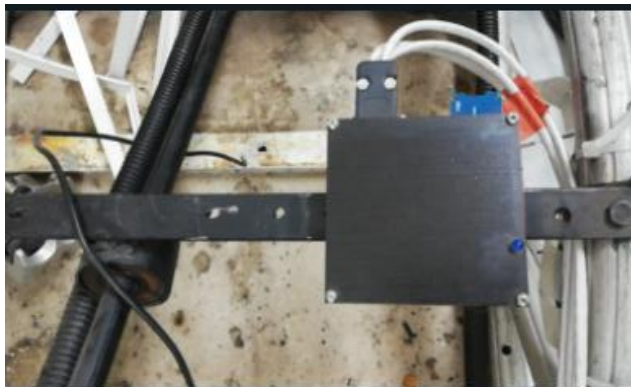


Figura 6-4: Cableado que llega al módulo receptor

Realizado por: Galarza, D.; Sailema, B.,2021

Después de poner en marcha al prototipo en una pista, se procede a medir en el escenario donde el prototipo debe acelerar y frenar, como resultado se obtiene la siguiente figura.

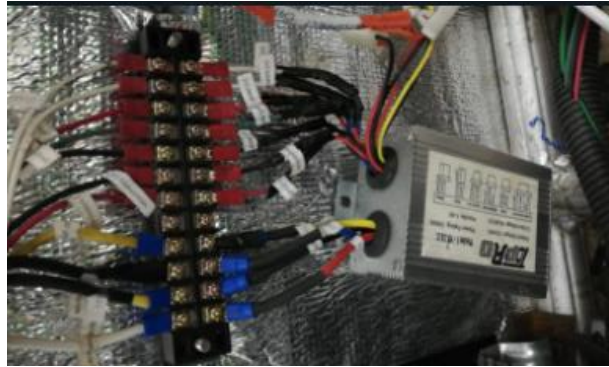


Figura 7-4: Borneras del cableado

Realizado por: Galarza, D.; Sailema, B.,2021

CONCLUSIONES

Los motores brushless sin escobillas presentan la máxima eficiencia en el mercado accesible ya que la optimización de su fabricación y el uso de controladores de gestión de energía permiten obtener la mayor cantidad de distancia recorrida por potencia reduciendo el consumo.

Los controladores eléctricos se configuran y se adaptan a las baterías que el usuario pueda disponer de esta forma el controlador protege la batería y todo el sistema eléctrico de la misma forma calcula el máximo rendimiento en base a la composición química de la batería

Analizando la potencia consumida por cada kilómetro recorrido podemos obtener el máximo el desempeño a diferentes parámetros sometidos al vehículo en cada prueba

Las pruebas de recorrido demuestran que a una aceleración constante el rendimiento es mayor al reducirse las variantes de corriente en cada cambio de aceleración, cuando el recorrido es intermitente el consumo de corriente incrementa por instantes reduciendo la capacidad de la batería

RECOMENDACIONES

Se debe proteger al banco de baterías tanto de sobre descargas como del ambiente húmedo y con lluvia, y en especial que estén protegidas con fusibles para reducir cortocircuitos con el chasis del vehículo.

Se debe tener las protecciones necesarias para evitar que la corriente dañe a ciertos equipos, o la circuitería del prototipo como tal.

Se debe iniciar el arranque en una marcha alta para evitar que el consumo de corriente sea excesivo.

GLOSARIO

Aceleración: cualquier proceso en donde la velocidad cambia.

Acumuladores de energía: aparato que funciona de forma similar a las pilas o a las baterías.

Amoladora: herramienta eléctrica y manual se usa para labores de ámbito doméstico e industrial.

Ánodo: es un electrodo positivo donde se lleva a cabo la oxidación.

Avería: daño, rotura o fallo que impide el funcionamiento del mecanismo de una máquina.

Batería: artefacto compuesto por celdas electroquímicas sirven para alimentar distintos circuitos eléctricos.

Bobina: componente pasivo de un circuito eléctrico que almacena energía.

Borneras: tipo de conector eléctrico en el que un cable se aprisiona contra una pieza metálica mediante el uso de un tornillo.

Cátodo: es un electrodo negativo donde se lleva a cabo la reducción.

Conducción autónoma: quiere decir que es capaz de guiarse por sí mismo, sin intervención humana.

Controlador: componente de software que permite al sistema operativo y un dispositivo comunicarse entre sí.

Convertidores de par: es un embrague hidráulico perfeccionado permite graduar la combinación par-velocidad según las necesidades.

Devanado: componente de un circuito eléctrico formado por un hilo conductor aislado.

Inducido: es aquel que crea fuerzas en el rotor el cual provoca que gire.

Inductor: es el encargado de crear el campo magnético.

Electrodo: varilla metálica preparada para servir como material de aporte en los procesos de soldadura.

Engranaje: conjunto de ruedas dentadas y piezas que encajan entre sí y forman parte de un mecanismo o de una máquina.

Freno: mecanismo que sirve para disminuir la velocidad de un vehículo o para pararlo.

Habitáculo: espacio de un vehículo destinado a ser ocupado por el conductor y los viajeros.

Motor: es el corazón de todo automóvil.

Motor térmico: tipo de motor que produce un movimiento macroscópico por medio del calor.

Orografía: rama de la geografía física que analiza, describe y clasifica las formas del relieve terrestre.

Peso: es una magnitud que se usa para medir la fuerza gravitatoria que actúa sobre un objeto de una determinada masa.

Polea: sistema de máquina simple que funciona por tracción, sirve para transmitir una fuerza.

Potencia mecánica: cantidad de fuerza aplicada a un cuerpo en relación a la velocidad con que se aplica

Propulsión: procedimiento que se utiliza para mover hacia adelante un vehículo mediante la expulsión de una corriente de gases, producidos a gran presión, en dirección contraria a la marcha.

Prototipo: es un primer modelo que sirve como representación o simulación del producto final y que nos permite verificar el diseño y confirmar que cuenta con las características específicas planteadas.

Redox: es una reacción de transferencia de electrones.

Ruedas dentadas: son ruedas resistentes con dientes que engranan en una cadena.

Sensor: es un dispositivo que detecta el cambio en el entorno y responde a alguna salida en el otro sistema.

Torque: es la medida de la fuerza que se aplica a una varilla y sirve para hacer girar un objeto.

Torno: máquina simple que consiste en un cilindro dispuesto para girar alrededor de su eje por la acción de palancas, cigüeñas o ruedas que actúa sobre la resistencia por medio de una cuerda que se va arrollando al cilindro

Tren de potencia: es todo el circuito que recorre la energía de un vehículo eléctrico desde su entrada hasta el motor y su salida en forma de energía mecánica por ejes motores.

Variador: son sistemas que se encuentran entre la fuente de alimentación eléctrica de giro de los motores de corriente alterna.

Voltaje: potencial eléctrico, expresado en voltios.

Volante: es el componente principal del tren motriz transmite el movimiento de giro del motor a la caja de cambios.

Voltios: es la fuerza electromotriz necesaria para generar energía eléctrica dentro de un circuito.

BIBLIOGRAFÍA

ABASOLO, M. et al., "Transmision por correas". OCW – Diseño de Máquinas [En línea], 2019, 11, pp. 1-26 [Consulta: 15 mayo 2021.] Disponible en: https://ocw.ehu.es/pluginfile.php/50395/mod_resource/content/1/Tema%2011.%20Transmisi%C3%B3n%20por%20correas.pdf

AGENCIA DE REGULACION Y CONTROL DE ENERGIA. 2020. "Informe de Sustento. Proyecto de regulacion sobre modelo de contrato de suministro para los proveedores del servicio de carga que realizan la actividad de comercializacion de energia a vehiculos electricos". (2020) (Ecuador)

ARIAS, Enrique. "Investigación Aplicada". Economipedia. [En línea], 2020, . [Consulta: 7 octubre 2021.] Disponible en: <https://economipedia.com/definiciones/investigacion-aplicada.html>.

ARIAS, Enrique. "Investigación experimental". Economipedia. [En línea], 2020, [Consulta: 6 septiembre 2021.] Disponible en: <https://economipedia.com/definiciones/investigacion-experimental.html>.

ARTÉS, David. "Baterías de coches eléctricos e híbridos, hoy [estado de la tecnología del automóvil]". TECMOVIA. [En línea] 2012. [Consulta: 4 julio 2021.] Disponible en: <https://www.diariomotor.com/tecmovia/2012/03/14/baterias-de-coches-electricos-e-hibridos-hoy-estado-de-la-tecnologia-del-automovil/>.

BREN P. "Leyes que sustentan la movilidad eléctrica en Ecuador". Brenp [En línea] 2022. [Consulta: 21 mayo 2021.] Disponible en: <https://brenp.com/leyes-que-sustentan-la-movilidad-electrica-en-ecuador/>.

CLR. "Fundamentos de las transmisiones por engranajes". CLR [En línea] [Consulta: 3 agosto 2021.] Disponible en: <https://clr.es/blog/es/fundamentos-de-las-transmisiones-por-engranajes/>.

CUESTA, Guillermo. Caracterizacion del Tren de potencia de un Vehiculo electrico de categoria L7 tipo Smart. [En línea] (Trabajo de Titulación) Escuela Tecnica Superior de Ingenieria Industrial de Barcelona, Barcelona. 2017. p. 26 [Consulta: 1 octubre 2021.] Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/108997/tfmguillermocuestafinal.pdf>

CHIAVENATO, Idalberto. *Administracion de Recursos Humanos*. [En línea] Mexico: Mc Graw Hill, 1999, 9(736) p. 81 [Consulta: 21 julio 2021.] Disponible en: https://www.sijufor.org/uploads/1/2/0/5/120589378/administracion_de_recursos_humanos_-_chiavenato.pdf

FORMULA SAE. "Tren de Potencia". [En línea] 2020. [Consulta: 27 octubre 2021.] Disponible en: <https://www.fsaeonline.com/cdsweb/gen/DocumentResources.aspx>.

GISTGEAR. "Guia de compra" Kunray [En línea] 2022. [Consulta: 25 mayo 2021.] Disponible en: <https://gistgear.com/brand/Kunray%7CSportsAndOutdoors>.

HERNANDEZ SUAREZ, Cesar. *Tecnura*, Colombia: Tecnura, 2012,16(32) pp. 8-11.

IGLESIAS, R. et al., "Modelo y Simulacion de una bateria de Ion Litio comercial multicelda" Conferencia: Seminario Anual de Automática, Electrónica Industrial e Instrumentación (SAAEI 2012). [En línea] 2012, (Madrid) p. 7. [Consulta: 21 octubre 2021.] Disponible en: <file:///C:/Users/User/Downloads/ModeladoySimulacindeunaBateradeIon-LitioComercialMulticelda.pdf>

IZRURZUN, Rodrigo & GARCIA, Felix. "Los Coches Eléctricos". *El Ecologista* [En línea], 2009, p. 21. [Consulta: 16 agosto 2021.] Disponible en: <https://www.ecologistasenaccion.org/20334/>

JAIMEZ, Elena. Analisis comparativo de elementos del tren de potencia de vehiculos electricos de clase M y N. [En línea] (Trabajo Fin de Grado) Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Tecnica Superior de Ingenieros Industriales, Madrid, 2019. [Consulta: 7 junio 2021.] Disponible en: https://oa.upm.es/56743/1/TFG_ELENA_IRENE_JAIMEZ_FARNHAM.pdf

LEÓN, M. *BUEN VIVIR EN EL ECUADOR Del concepto a la medición* [En línea] Quito: Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), 2015, p.23. [Consulta: 27 julio 2021.] Disponible en: <https://www.ecuadrencifras.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/10/Buen-Vivir-en-el-Ecuador.pdf>

MARINE SABIK. Baterias de Ni-Cd Sunica. [En línea] 2019. [Consulta: 28 octubre 2021.] Disponible en: <https://marine.sabik.com/es/marine-signals-3/sunica-batteries-detail>.

MOROCHO GANZHI, Jaime & RIVERA ALTAMIRANO, Jose. Diseño e implementación del tren de propulsión eléctrica de un prototipo para la competencia Eco Shell MARathon. [en línea] (Trabajo de Titulación) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad De Mecánica, Carrera de Ingeniería Automotriz, Riobamba, 2020. [Consulta: 4 agosto 2021.] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/13825/1/65T00343.pdf>

NACIONES UNIDAS. "¿Qué es el cambio climático?". Acción por el Clima. [En línea] 2019. [Consulta: 21 julio 2021.] Disponible en: <https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change>.

NICHESE. "Motores Electricos". Nichese [En línea] 2016. [Consulta: 4 septiembre 2021.] Disponible en: <http://motores.nichese.com/brushless.html>.

PERIÓDICO DE LA ENERGÍA. "La vieja batería de hidruro de níquel-metal renace para competir con las de ion-litio". Periódico de la Energía. [En línea] 2015. [Consulta: 16 mayo 2021.] Disponible en: <https://elperiodicodelaenergia.com/la-vieja-bateria-de-hidruro-de-niquel-metal-renace-para-competir-con-las-de-ion-litio/>.

PETERSEN, D. "El aire que respiramos todos". Informador.MX. [En línea] 2019. [Consulta: 8 agosto 2021.] Disponible en: <https://www.informador.mx/ideas/El-aire-que-respiramos-todos-20190617-0036.html>.

POWERHOBBY. "Powerhobby 6S 22.2V 5200mAh 50C Lipo Battery Soft Case 6-Cell". [En línea] [Consulta: 7 julio 2021.] Disponible en: <https://www.powerhobby.com/powerhobby-4s-14-8v-5200mah-50c-lipo-battery-soft-case-4-cell-1.html.html>.

RACE. "Cómo son las baterías de los coches eléctricos". RACE. [En línea] 2019. [Consulta: 16 septiembre 2021.] Disponible en: <https://www.race.es/como-son-baterias-coches-electricos>.

ROSERO, D. & LOPEZ, E. Diseño y construcción del sistema de propulsión para un prototipo de auto eléctrico biplaza Uta-CIM17. [en línea] (Proyecto Técnico) Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica Ambato, 2018. [Consulta: 17 agosto 2021.] Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/27922/1/Tesis%20I.%20M.%20457%200-%20Rosero%20Vargas%20Darwin%20Salom%20c3%b3n%20y%20L%20c3%b3pez%20Balc%20a1zar%20Edwin%20Fernando.pdf>

SANCHEZ, I. "Cronograma de Actividades". Estado de Hidalgo: DuraSpace, [en línea] 2015. [Consulta: 7 junio 2021.] Disponible en: <https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/16696/LECT128.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

SOLAR, D. *Las baterías de ion litio*. [blog]. Lleida: 2019. [Consulta: 21 septiembre 2021.] Disponible en: https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/baterias-ion-litio_1.

SUSTAINABLE MOBILITY. "La historia del coche eléctrico: un largo proceso de desarrollo". TECMOVIA. [En línea] 2011. [Consulta: 18 mayo 2021.] Disponible en: <https://www.diariomotor.com/tecmovia/2011/07/19/la-historia-del-coche-electrico-un-largo-proceso-de-desarrollo/>.

TENELEMA, A, & SANCHEZ, J. Implementación de un sistema de tracción eléctrica aplicado al vehículo prototipo fórmula SAE de la carrera de Ingeniería Automotriz. [en línea] (Trabajo de Titulación) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad De Mecánica, Carrera de Ingeniería Automotriz, Riobamba, 2021. [Consulta: 14 agosto 2021.] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/16019/1/65T00407.pdf>

UGALDE, M. Diseño de tren motriz para vehículos de competición en Shell Eco Marathon Americas. [en línea] Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, México, 2013 [Consulta: 21 junio 2021.] Disponible en: <http://132.248.9.195/ptd2013/diciembre/0706662/0706662.pdf>

VALENZUELA, J. Manual de tipos de motores eléctricos, reconocimiento y sus aplicaciones en la industria. [En línea] (Tesis). Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2013 [Consulta: 4 octubre 2021.] Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6069/1/CD-4796.pdf>

VTBATTERIES. *Ventajas y desventajas de las baterías de plomo ácido y litio*. [blog] España: 2021, [Consulta: 16 agosto 2021.] Disponible en: <https://vtpower.es/blog/2021/05/15/ventajas-y-desventajas-de-las-baterias-de-plomo-acido-y-litio/>.

ANEXOS

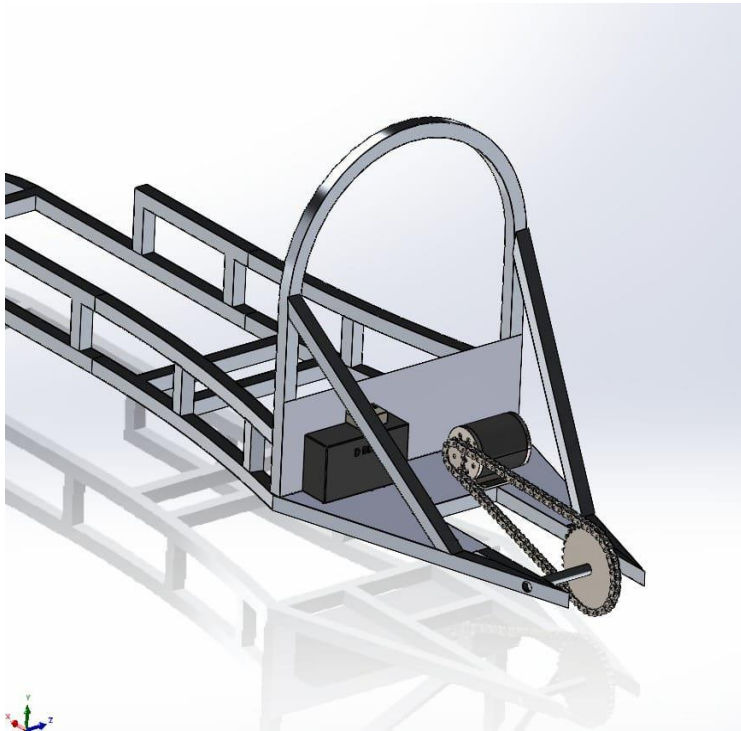
ANEXO A: INSTALACIÓN DEL MOTOR



ANEXO B: COLOCACIÓN DEL SWITCH DE ENCENDIDO



ANEXO C: DISEÑO Y DISTRIBUCIÓN DEL MOTOR, CATALINA, CADENA Y CAJA DE BATERÍAS



ANEXO D: PERFORACIÓN PARA BASE DE MOTOR KUNRAY



ANEXO E: INSTALACIÓN DE VOLANTE Y ACELERADOR



ANEXO F: INSTALACIÓN FINAL DE BATERÍAS, CONTROLADOR, MOTOR, CATALINA - CADENA Y CONEXIÓN ELÉCTRICA



ANEXO G: ELABORACIÓN DE VOLANTE



ANEXO H: INSTALACIÓN DE CAJA DE BATERÍAS



ANEXO I: SOLDADURA DE VOLANTE



ANEXO J: INSTALACIÓN DE MOTOR, CATALINA Y CADENA

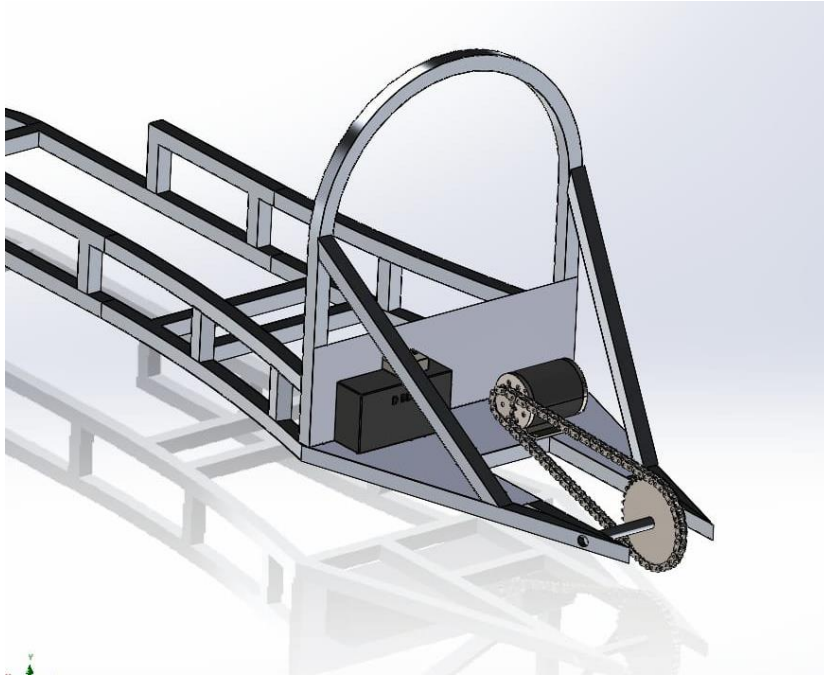


ANEXO K: INSTALACIÓN DE VOLANTE



ANEXO L: RESULTADO FINAL







**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**



**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE Y LA
INVESTIGACIÓN**

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 23/02/2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)

LUIS DANILO GALARZA GALARZA / BYRON ROLANDO SAILEMA MASAQUIZA

INFORMACIÓN INSTITUCIONAL

FACULTAD: FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA: INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

TÍTULO A OPTAR: INGENIERO AUTOMOTRIZ

f. Analista de bibliotecas responsable: