

Implementation of the power and transmission system of a prototype of an electric formula SAE competition vehicle for the higher technology career in automotive mechanics at the ESPE Armed Forces University

Implementación del sistema de potencia y transmisión de un prototipo de vehículo de competición formula SAE eléctrico para la carrera de tecnología superior en mecánica automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

Ángel Arias Pères¹ Abrahan Jorque Rea² Alexander Montufar Marcalla³ Andrés Moreno Constante⁴

¹Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Latacunga, Ecuador
E-mail: axarias@espe.edu.ec

²Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador
E-mail: abrahan.jorque@epn.edu.ec

³Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador
E-mail: amontufar@uce.edu.ec

⁴Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador
E-mail: amoreno@uce.edu.ec

RESUMEN

En el presente proyecto se presentó y se realizó la implementación de un sistema de potencia y transmisión del prototipo en un auto eléctrico de competición formula SAE para la Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Con el objetivo sirva de base a todo el campo automotriz para que estos tipos de vehículos sean implementados y fabricados de tal manera que estos resalten y sean muy utilizados por la sociedad en un futuro cercano e incluso que estos vehículos puedan servir de motivación para la búsqueda continua de mejoras en el medio ambiente. La aplicación, que fue desarrollada a partir de estudios teóricos de vehículos eléctricos, permitirá el análisis de las

diferentes transmisiones y propulsores que utilizan estos vehículos. Esto da la oportunidad de elegir los componentes más adecuados para el prototipo de vehículo. En la selección de componentes se realizó una comparación y se seleccionó el motor y la batería de acuerdo a los requerimientos del prototipo; En cuanto a la transmisión, es la encargada de transferir la fuerza motriz a las ruedas, lo cual depende del tamaño del vehículo. La implementación se basa en el chasis, sobre el cual se instala el componente de transmisión de tracción y motor eléctrico, regulador y soporte de batería, y se realiza la conexión motor-controlador-batería-acelerador-pedal. Se realizó pruebas de autonomía, pruebas de velocidad, pruebas de potencia con resultados de funcionamientos buenos y correcta instalación.

Palabras clave— Electromovilidad, SAE, Potencia, Transmisión, Vehículos.

ABSTRACT

In the present project, the implementation of a power and transmission system of the prototype was presented and carried out in an electric car of the SAE competition formula for the Higher Technology Career in Automotive Mechanics of the University of the Armed Forces ESPE. With the aim of serving as a basis for the entire automotive field so that these types of vehicles are implemented and manufactured in such a way that they stand out and are widely used by society in the near future and even that these vehicles can serve as motivation for the search continuous improvement in the environment. The application, which was developed from theoretical studies of electric vehicles, will allow the analysis of the different transmissions and propellers used by these vehicles. This gives the opportunity to choose the most suitable components for the prototype vehicle. In the selection of components, a comparison was made and the motor and battery were selected according to the requirements of the prototype; As for the transmission, it is in charge of transferring the driving force to the wheels, which depends on the size of the vehicle. The implementation is based on the chassis, on which the traction transmission component and electric motor, regulator and battery support are installed, and the motor-controller-battery-accelerator-pedal connection is made.

Key Words— Electromobility, SAE, Power, Transmission, Vehicles.

1. INTRODUCCIÓN

El combustible, como se le conoce, se extrae del petróleo a través de un proceso de destilación a alta temperatura y se utiliza para producir gasolina y combustible diésel, y se considera la energía más utilizada en la actualidad.

Cabe señalar que el petróleo cada vez es menos y el precio es muy alto, pero también se está convirtiendo en un factor contaminante ambiental. Es por ello que la industria de la automoción siempre está intentando introducir nuevos combustibles alternativos, teniendo en el punto de mira la electricidad, el GLP, el hidrógeno, los biocombustibles, el gas natural, etc.

Teniendo como base la implementación de combustibles alternativos, se ha diseñado motores con el objetivo de disminuir la contaminación ambiental y encontrar nuevos sistemas de potencias ideales en el caso de que el petróleo en un futuro sea difícil de conseguir.

Los vehículos con motor de combustión interna es el más usado en el mercado porque se utiliza combustible como fuente de energía y la mayoría de los vehículos funcionan con gasolina o diésel. El uso de este tipo de combustible como método de combustión produce durante el proceso gases inocuos y contaminantes, estos últimos son, por ejemplo, CO, CO₂ y NO_x, que afectan la salud de la población y contribuyen a la destrucción del medio ambiente. . Por lo tanto, la capa de ozono aumenta la contaminación ambiental, haciendo que el aire sea irrespirable.

Los vehículos que funcionan con combustibles alternativos, LPG (Gas Licuado de Petróleo) y CNG (Gas Natural Comprimido) han llamado la atención recientemente ya que los fabricantes han decidido comercializarlos ya que el proceso de combustión produce menos contaminación, pero la desventaja

es que, a diferencia de MCI, menos energía y más el consumo de combustible.

Dentro de los vehículos eléctricos se detalla que su fuente de energía es la electricidad, por lo que es un método más respetuoso con el medio ambiente que sustituye al motor de combustión interna y puede reducir en mayor medida las emisiones contaminantes. Además de que la electricidad se puede producir a partir de fuentes de energía renovables (eólica, solar, hidráulica, etc.), estos motores son una de las mejores alternativas ecológicas para la movilidad del futuro.

Es importante detallar fundamentos sobre tren de potencia que es donde se encuentra un conjunto de elementos que tienen la misión de trasladar energía hacia las ruedas con mucha eficiencia y controlando todo el tiempo la etapa de potencia.

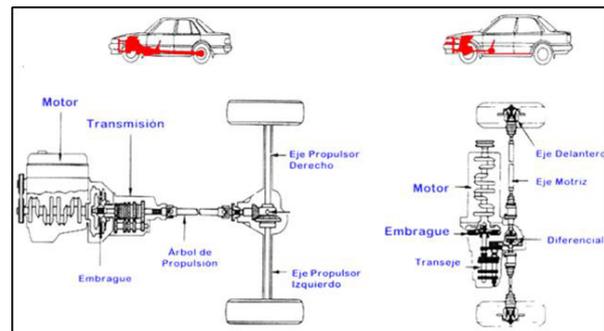


Figura 1: Ejemplos de Tren de Potencia Convencional
Fuente: Mahmood, 2012

Cuando se trata de transferir movimiento de un lugar a otro, cada componente debe estar perfectamente sincronizado y coordinado para que el vehículo se mueva sin problemas y bajo control. Al comparar el proceso de producción de energía de los motores de combustión interna y los vehículos eléctricos, las diferencias saltan a la vista. A diferencia de los automóviles convencionales, que requieren varias marchas, los automóviles eléctricos utilizan una transmisión de una sola velocidad porque el motor eléctrico puede producir su par máximo a velocidades muy bajas.

1.1.1. Componentes del tren de potencia

El tren de potencia para vehículos eléctricos cuenta con mecanismos similares a los vehículos con motores MCI, en la mayor parte del tiempo vienen a ser los mismos o ya bien pueden llegar a ser adaptados.

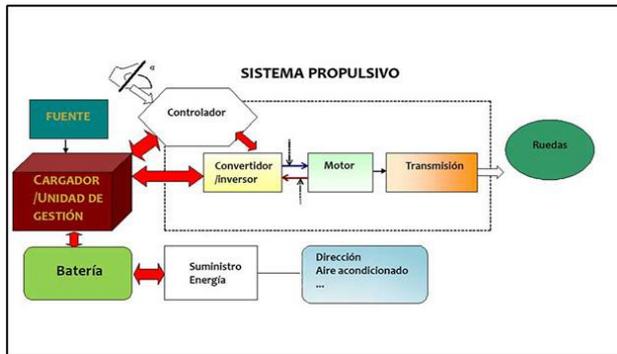


Figura 2: Ejemplos de Tren de Potencia Convencional Fuente: López Martínez, 2018

1.1.2. Motores eléctricos

Los motores eléctricos son dispositivos diseñados para convertir la energía obtenida por medio de la batería en energía mecánica e impulsar el desplazamiento del auto. (Renault, 2022)

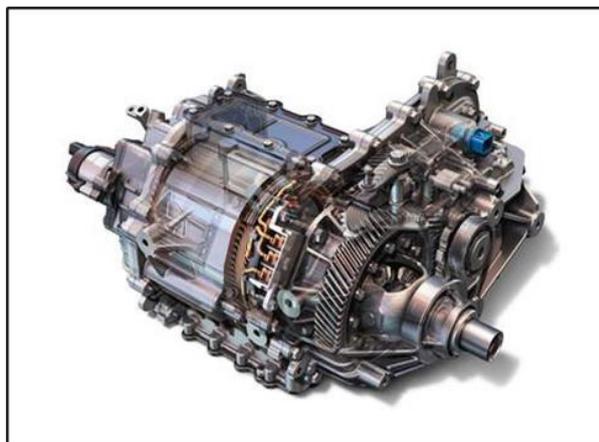


Figura 3: Ejemplos de Tren de Potencia Convencional Fuente: Murias, 2019

1.1.3. Motores eléctricos

Según (GSL Industries, 2021), hay dos ramas principales de motores eléctricos, a saber, motores

de CC y motores de CA, que nuevamente son diferentes entre sí.

1.1.4. Motores de corriente continua (CC)

Su clasificación depende del tipo de conexión que exista entre el inductor y el inducido, por lo que se encuentra cuatro subdivisiones, a saber: Motores de Excitación en Serie, Motores en Derivación, Motores de Excitación Combinada y Motores de Imanes Permanentes. Se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1 Definición de los tipos de motores de CC

Motor de Excitación en Serie	Motor de Excitación en Paralelo	Motor de Excitación Compuest a	Motor de Imán Permanente
Es un tipo de motor eléctrico DC en el cual el inducido y el devanado inductor o de excitación van conectados en serie.	Es un motor eléctrico cuyo bobinado inductor principal está conectado en derivación o en paralelo.	Es un motor eléctrico DC cuya excitación es originada por dos bobinados inductores independientes.	El suministro DC está conectado directamente a los conductores de la armadura mediante las escobillas.

Fuente: (Contreras Villamizar & Sánchez Rodríguez, 2010)

1.1.5. Motores de corriente alterna (AC)

A diferencia de un motor de CC, como su nombre indica, funciona con CA. En general, debido a la facilidad de uso e instalación, estos coches son los más utilizados de los coches eléctricos. (Autonotación, 2021)

Estos motores tienen sus características basadas en tres categorías:

Motor asíncrono o de inducción, motor síncrono y motor bobinado en serie. Sus características se

describen en la Tabla 2.

Tabla 2

Definición de los tipos de motores de AC

Motor de inducción.	Motor Síncrono	Motor de arrollamiento en serie
Constituye en que se conecta la fuente de energía y un devanado polifásico secundario, un devanado en jaula de ardilla secundario.	Son máquinas eléctricas cuya velocidad de rotación está vinculada rígidamente con la frecuencia de la red AC con la cual trabaja.	Es un motor de conmutador, donde el inductor y el inducido están conectados en serie.

Fuente: (Contreras Villamizar & Sánchez Rodríguez, 2010)

1.1.6. Motores eléctricos

Se denomina batería a un dispositivo que almacena y suministra energía eléctrica de la que se deriva la principal fuente de energía para hacer funcionar el vehículo.

Las baterías deben cumplir con los siguientes requisitos: rendimiento, energía específica, impacto ambiental, seguridad y potencia específica para aceleración o escalada.



Figura 4: Batería de la marca Bosch utilizada en vehículos de combustión
Fuente: (BOSCH, 2022)

1.1.7. Características

Elegir la batería adecuada permitirá optimizar el tamaño del disco, por lo que es necesario conocer ciertas características de la batería y así asegurarse de que cumple con los requerimientos de cada situación. Las principales características de las baterías a tener en cuenta son:

1.1.8. Características de batería

La capacidad de la batería es una medida de cuánta energía puede almacenar la batería, es decir, la energía que tendrá el motor y otros componentes del vehículo, medida en amperios por hora (Ah).

1.1.9. Energía específica

Se mide en kWh/kg e incluye dos opciones muy importantes: peso y capacidad energética.

1.1.10. Densidad energética

Su unidad de medida es Wh/L, esta nos indica la relación entre el volumen ocupado por la batería y su capacidad de almacenamiento.

1.1.11. Ciclo de vida

El ciclo de vida de una batería será determinado por el número de cargas y descargas completas que es capaz de soportar, se dará a conocer los ciclos de carga y descarga mediante el tipo de batería que utilizaremos. (Cuesta Capellan, Caracterización del tren de potencia de un vehículo eléctrico de categoría L7 tipo Smart, 2017)

Tabla 3

Resumen del Ciclo de Vida de los Diferentes Tipos de Batería

Tipo de batería	Numero de ciclos (aprox.)
Ion-Litio	1200
ZEBRA	1000

Níquel-Hidruro metálico	750-1200
Níquel-Cadmio	800
Plomo-Ácido	500-900

Fuente: (Cuesta Capellan, Caracterización del tren de potencia de un vehículo eléctrico de categoría L7 tipo Smart, 2017)

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Implementación del Sistema de Potencia Eléctrico y Transmisión.

A continuación, se detalla todos los componentes que conforman el sistema de potencia eléctrico y de transmisión, donde se selecciona el más conveniente de acuerdo a lo que se quiere obtener del proyecto para su posterior implementación.

Tabla 4
Tren de potencia de un vehículo eléctrico

Sistema de Potencia Eléctrico	Sistema de Transmisión
Motor eléctrico	Diferencial
Controlador	Juntas homocinéticas
Batería	
BMS	
Pedal del acelerador	

Fuente: (Cuesta Capellan, Caracterización del tren de potencia de un vehículo eléctrico de categoría L7 tipo Smart, 2017)

2.2. Selección del sistema de transmisión

Como cualquier vehículo eléctrico, no se dispone de caja de cambios para lo cual se debe implementar una relación de transmisión directa entre el diferencial y el motor eléctrico. Al tener un motor potente, la velocidad que vamos a obtener es alta pero también se debe priorizar el arranque y pruebas en pendientes para lo cual la relación de transmisión y el diámetro de los neumáticos que se implementara en el prototipo influirán en aquellos aspectos buscando obtener una velocidad mínima

de al menos 90 km/h. Los neumáticos que se van a implementar en el prototipo son de Rin 12 teniendo las siguientes características:

-
- Neumático de asfalto
- Rin de aluminio

Tomando en cuenta el arranque y pruebas en pendientes que se debe realizar al prototipo, se propuso definir la siguiente relación de transmisión. En la figura 26 se observa el piñón de 10 dientes que se lo va a implementar al motor. En la figura 27 se observa el piñón de 45 dientes implementado en el diferencial.



Figura 5: Batería de la marca Bosch utilizada en vehículos de combustión
Fuente: (Autores)



Figura 6: Batería de la marca Bosch utilizada en vehículos de combustión
Fuente: (Autores)

2.3. Velocidad angular

Para encontrar la velocidad angular del prototipo se necesita obtener primero las rpm que se

obtendrán del prototipo utilizando los siguientes datos:

- Relación de transmisión: 45/10
- Rpm que alcanza el motor: 5000 rpm

$$Rpm \text{ obtenida: } Rpm \text{ del motor} \div \frac{\text{Conducido}}{\text{Conductor}}$$

$$Rpm \text{ obtenida: } 5000 \div \frac{45}{10}$$

$$Rpm \text{ obtenida: } 1111 \text{ rpm}$$

Para encontrar la velocidad angular se debe transformar las revoluciones por minuto en $\frac{rad}{s}$

$$1111 \text{ rpm} \times \frac{rev}{min} \times \frac{min}{60s} \times \frac{2\pi rad}{rev} = 116,34 \frac{rad}{s}$$

2.4. Velocidad lineal

Para encontrar la velocidad angular del prototipo se utilizará los siguientes datos:

$$\text{Velocidad angular (W): } 116,34 \frac{rad}{s}$$

$$\text{Radio de neumático rin 12 (en m): } 0,215 \text{ m}$$

Velocidad lineal en m/s

$$116,34 \frac{rad}{s} \times 0,215 \text{ m} = 25,01 \frac{m}{s}$$

Velocidad lineal en km/h

$$25,01 \frac{m}{s} \times \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = 90,03 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

2.5. Relación de transmisión

Se obtuvo una velocidad lineal de 90,03 km/h lo cual es adecuado para el arranque y pruebas de funcionamiento que se vaya realizar en el prototipo. De esta manera queda estipulado:

$$\text{Relación de transmisión: } 45/10$$

$$\text{Rin de neumático: Rin 12}$$

2.6. Selección de motor

Para la selección del motor que se va a usar en el prototipo de competencia SAE eléctrico, se referenció de acuerdo con motores en el mercado, es así como se realizó una comparativa principalmente en potencia/peso. A continuación, se especificarán tres tipos de motores, de los cuales uno será el seleccionado para ser implementado en el prototipo.

Para la selección del motor eléctrico el cual se va a implementar en el prototipo de competición SAE se tomará en cuenta los parámetros que queremos conseguir: una velocidad máxima de 6000 rpm, una potencia de 10KW, la eficiencia (>90%) y el precio económico. Es por esta razón que en la siguiente tabla se compara las características de los motores anteriormente mencionados y se seleccionara el adecuado.

Tabla 4
Tren de potencia de un vehículo eléctrico

Parámetro	Motor 3000W	Motor 5000W	Motor 10000W
Voltaje (72V)	✓	✓	✓
Potencia (10KW)	X	X	✓
Velocidad máxima (6000 rpm)	X	✓	✓
Eficiencia (<90%)	✓	✓	✓
Peso (=18-20 Kg)	✓	✓	✓
Precio	✓	✓	✓

Fuente: (GoldenMotor, 2022)

Una vez analizada la tabla comparativa entre las tres opciones de motor eléctrico, el elegido para ser implementado en el prototipo es el HPM-10KW -- High Power BLDC Motor refrigerado por aire, el cual cumplirá las expectativas deseadas en el proyecto a desarrollar.

Para la implementación se planteó construir una

base para el motor para lo cual se empieza por diseñar soportes en el bastidor utilizando soldadura MIG ubicados en la parte posterior del ocupante y en los cuales ira alojado el motor con su base respectiva.



Figura 7: Implementación del diferencial en el prototipo.
Fuente: (Autores)

Se colocó el motor conjuntamente con su base en los soportes de manera horizontal con el piñón ubicado de lado derecho en una vista posterior esto debido al sentido de giro del motor. Por último, se conectó el motor con el diferencial mediante la cadena de transmisión.



Figura 8: Implementación del motor eléctrico en el bastidor.
Fuente: (Autores)

2.7. Selección de batería

La batería de nuestro prototipo, deberá tener una capacidad de almacenaje de energía de aproximadamente de 30 Ah, con esta cantidad lograremos obtener la autonomía necesaria para el desarrollo de las actividades para la que está

destinado.

Tabla 5
Características de Batería Litio

Ítem	Descripción
Voltaje	72 V
Capacidad	30 Ah
Corriente de descarga	400 Ah
Corriente constante	150 Ah

Fuente: (GoldenMotor, 2022)

Al momento de tener un valor referencial de la capacidad con la que debe contar nuestra batería, escogeremos una en concreto ya que el mercado es muy extenso en cuanto a marcas y tipos de baterías.

Mediante el estudio de los diferentes tipos de baterías existentes ya descritos anteriormente se realiza una matriz de decisión que nos ayudará a determinar el tipo de batería de acuerdo a nuestras necesidades.

Teniendo en cuenta la matriz que muestra las características de las baterías que existen en el mercado se optó por escoger la batería de Li-Ion (72V y 30A) por su precio en el mercado y por sus características que permiten realizar un buen trabajo. Pero para que esta batería funcione de manera correcta y permita que el prototipo no tenga dificultades al andar, se deberá modificar el BMS para que el prototipo tenga un buen rendimiento. Para la instalación de la batería se diseñó una base de madera con soportes a los costados para mantener la estabilidad de la batería, estos soportes de la base fueron soldadas en el bastidor.



Figura 8: Implementación de base de batería.
Fuente: (Autores)

2.8. Selección de pedal de acelerador

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



Figura 9: Implementación de base de batería
Fuente: (Aliexpress, 2022)

En la figura anterior se detalla el pedal del acelerador el cual será incluido en el prototipo. Se colocó una pequeña base para el pedal del acelerador en la parte delantera del prototipo que mediante la ayuda de las barrenaciones que ya tenía el pedal se lo atornillo al chasis.



Figura 10: Instalación del pedal de aceleración en parte delantera del bastidor.

2.9. Conexión de componentes

2.9.1 Diagrama de conexión de componentes

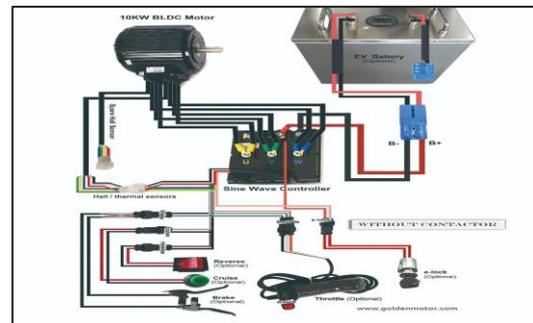


Figura 10: Instalación del pedal de aceleración en parte delantera del bastidor.
Fuente: (Autores)

Una vez instalados los componentes en su posición se procedió a la identificación de los cables, sus colores y realizar las conexiones pertinentes entre componentes de manera organizada para evitar intervenir en el funcionamiento de otros sistemas del prototipo de competición.

- Conexión de motor y controlador
- Conexión de controlador y batería
- Conexión de pedal de aceleración y controlador

3. RESULTADOS

Se realiza la prueba en vacío desacoplando la cadena del piñón del motor y diferencial lo cual hará que gire únicamente el eje del motor, y no se

accionara ningún mecanismo el cual llegue a generar algún peso. El consumo que se mide es del circuito completo, es decir lo que consume el controlador, motor y la batería del prototipo, la cual no sobrepasará los 20 A.

3.1 PRUEBAS DE PROTOCOLO

Al finalizar con la instalación de todos los componentes que conforman el sistema de tren de potencia eléctrico y transmisión en el prototipo de competición formula SAE eléctrico, debemos comprobar el funcionamiento de cada componente es por esta razón que se empezó realizando 5 vueltas como pruebas de protocolo de manera que se pueda identificar inconvenientes que puedan afectar posteriormente las pruebas de funcionamiento.



Figura 10: Instalación del pedal de aceleración en parte delantera del bastidor.

3.2 PRUEBAS DE POTENCIA

Las pruebas de funcionamiento se las realizó al sur de la ciudad de Quito específicamente en el barrio El Inca realizando una vuelta con una recorrido de 2 km. Como se observa en la figura 48, el trayecto marcado posee curvas, pendientes, rectas, y bajadas lo cual nos será de gran ayuda para determinar de mejor manera el comportamiento del prototipo de competición SAE eléctrico.

Una vez concluidas las pruebas de protocolo, se verifico que todos los componentes estén funcionando correctamente al igual que estén bien colocados y sujetos al bastidor para poder empezar a realizar las pruebas de potencia, velocidad y autonomía, pero antes se diseñó la ruta en donde se pondrá a prueba el prototipo.

Tabla 5

Resultados obtenidos prueba de potencia

Ítem	Descripción
Potencia	9360 W
Amperaje	130 A
Voltaje	72 V

Fuente: (Autores)

3.1 PRUEBAS DE VELOCIDAD

Para las pruebas de velocidad se usó la aplicación Torque la cual brinda ciertos parámetros como la longitud, latitud, altitud, velocidad, tiempo y entre otros parámetros. Los parámetros que se tomó en cuenta fue la velocidad y el tiempo, por lo que en el trayecto de los 2 km se obtuvo los resultados de la figura 10.

Como se observa en la figura 10 al realizar la prueba se determinó que a una carga de batería del 84% y teniendo en cuenta no superar los 130 amperios, se alcanzó una velocidad máxima de 9.28 m/s que en kilometraje es 33.41km/h en un tiempo de 337 segundos.



Figura 10: Instalación del pedal de aceleración en parte delantera del bastidor.

3.2 PRUEBAS DE AUTONOMIA

Como anteriormente se mencionó, al iniciar las

pruebas la batería tenía una carga del 84% y luego de realizar el recorrido de la pista alrededor de 3 vueltas, la carga de la batería disminuyó en un 7%, es decir, al finalizar las pruebas la carga final de la batería fue de 74%. Por lo que, mediante una relación entre el porcentaje de batería, el kilometraje y el tiempo de prueba, se determinó que la autonomía aproximada del prototipo con una batería cargada al 100% es de más 3 a 4 horas a una velocidad entre 30 km/h y 40 km/h.

3.1 PRUEBAS DE VELOCIDAD

Tabla 6
Estado de funcionamiento de componentes

Ítem	Componentes	Estado		Observación
		Malo	Bueno	
1	Diferencial		✓	Ninguna
2	Junta homocinética		✓	Ninguna
3	Motor eléctrico		✓	Ninguna
4	Controlador		✓	El controlador empezó a calentarse después de terminar con las pruebas de potencia y velocidad
5	Batería		✓	Después de 130 A, el motor no brindaba suficiente velocidad.
6	BMS		✓	Ninguna
7	Pedal de aceleración		✓	Ninguna

Fuente: (Autores)

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se investigó los tipos de motores eléctricos y los tipos de transmisión que se pueden emplear en un prototipo de vehículo de competición fórmula SAE eléctrico de acuerdo a sus características y

beneficios que puede aportar al proyecto teniendo en cuenta de elegir el más óptimo de acuerdo a su costo y beneficio.

Se dimensionó y se colocó los componentes eléctricos y electrónicos diseñando bases para los mismos y empleando soldadura para la sujeción en el bastidor del prototipo.

Se realizó pruebas de funcionamiento del prototipo de vehículo de competición fórmula SAE eléctrico en un recorrido de 2km donde se le evidenció un buen rendimiento en curvas, pendientes, rectas y bajadas.

5. BIBLIOGRAFÍA

Automania. (s.f.). ksae.org. Obtenido de <https://www.ksae.org/jajak/func/download.php?path=L2hvbWUvdmlldHVhbC9rc2FIL2h0ZG9jcy8vamFqYWsvdXBsb2FkL0pfZXRjL0pfZXRjXzE1NjY5OTkwMDEyODY0OV81MjY4MC5wZGY=&filename=71Ks7JeF7ISx67Cc7ZGc67O06rOgX+q4iOyYpOqzteqvOuMgO2Vmeq1kF/snbTsirns07wucGRm>

Autonoción. (06 de Agosto de 2021). Tipos de motores eléctricos. Obtenido de <https://www.autonocion.com/tipos-de-motores-electricos/>

BOSCH. (2022). Bateria 42 FE S4. Obtenido de <https://www.boschecuador.com/shop/producto?id=2186>

Buchmann, I. (2003). ¿Las baterías de plomo-ácido pueden ser competitivas actualmente? Obtenido de <http://blog.technosun.com/puede-ser-competitiva-actualmente-la-bateria-de-plomo-ácido/>

Burbano Ortiz, J. F. (2018). Reparación de una Bicicleta Eléctrica. Universidad San Francisco de Quito USFQ, Colegio de Ciencias e Ingenierías, Quito. Obtenido de

<https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/7287/1/138226.pdf>

Cabrera Paredes , A. X., & Calle Pérez, C. R. (2016). Selección del Motor Eléctrico, Controlador y Batería para el vehículo fórmula SAE de la Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12753/1/UPS-CT006618.pdf>

Chuquiana, E., Torres, G., & Salazar, F. (2014). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL TREN MOTRIZ CON MOTOR ELÉCTRICO Y TRANSMISIÓN CVT, PARA UN VEHÍCULO BIPLAZA PLEGABLE. Universidad De Fuerzas Armadas ESPE, Ciencias de la Energía y Mecánica, Latacunga. Recuperado el 10 de Julio de 2022, de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/9159/1/AC-ESPEL-MAI-0490.pdf>

Contreras Villamizar, E. F., & Sánchez Rodríguez, R. (2010). Diseño y Contrucción de un banco de prácticas en Motores Eléctricos, como apoyo a la asignatura Diseño de Maquinas II. Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas, Bucaramanga. Obtenido de <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2010/133923.pdf>

Cuesta Capellan, G. (2017). Caracterización del tren de potencia de un vehículo eléctrico de categoría L7 tipo Smart. Escola Tècnica Superior, Barcelona. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/108997/tfmguillermocuestafinal.pdf>

De la fuente Gonzales, M. A. (2020). Componentes de un motor electrico. Obtenido de Mindomo: <https://www.motoresydrives.com/rebobinado-reparacion-de-motores-electricos/>

Electrotec. (2019). Fallas más frecuentes en motores eléctricos. Obtenido de <https://electrotec.pe/blog/DefectosMotoresElectricos>

Estrucplan. (25 de abril de 2014). Peligros Y Clasificación De Los Accidentes Eléctricos. Obtenido de <https://estrucplan.com.ar/peligros-y-clasificacion-de-los-accidentes-electricos/>

Evexpert. (2021). Sistema de gestión de baterías. Obtenido de <https://www.evexpert.es/eshop1/centro-de-conocimiento/sistema-de-gestion-de-baterias>

FCE. (22 de Marzo de 2022). BMS, el sistema que regula el funcionamiento de la batería en el coche eléctrico. Obtenido de <https://forococheelectricos.com/diccionario/bms>

Gold Agents. (2017). Certified 2000 Ciclo de vida de 18.650 baterías de Li-ion de litio recargable, BATERÍA E Scooter. Obtenido de <https://www.gold-agents.com/product.aspx?id=35540906>

GoldenMotor. (2022). 10 KW BLDC Motor Air Cooled. Obtenido de <https://goldenmotor.bike/product/48-volt-10kw-blcd-motor-air-cooled/>

GRUPO M3. (2012). Seguridad en Alta Tension. Obtenido de <https://www.vagindauto.com/archivos/featureds/Prevencion%20de%20riesgos%20y%20Seguridad%20vehiculos%20electricos.pdf>

GSL Industrias. (29 de Noviembre de 2021). Tipos de Motores Eléctricos. Obtenido de <https://industriagsl.com/blogs/automatizacion/ti-pos-de-motores-electricos>

Hernández Morales, E. G. (2019). Control del cuerpo de aceleración electrónico basado en el par mediante HIL. BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA, FACULTAD DE CIENCIAS DE LA ELECTRÓNICA, Puebla. Obtenido de <https://repositorioinstitucional.buap.mx/bitstream/handle/20.500.12371/5079/848219TL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Hierro, W. (26 de Octubre de 2009). Combustibles alternativos y Medio Ambiente. Obtenido de <https://www.excelenciasdelmotor.com/noticia/combustibles-alternativos-y-medio-ambiente>
- INEN. (1992). CALZADO DE TRABAJO Y DE SEGURIDAD. REQUISITOS. Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1926.pdf>
- INSST. (junio de 2014). Guantes aislantes de la electricidad . Obtenido de <https://www.insst.es/documents/94886/487826/Guantes+aislantes+de+la+electricidad>
- INSST. (2020). Guía técnica par la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la protección frente al riesgo eléctrico. Obtenido de <https://www.insst.es/documents/94886/203536/Gu%C3%ADa+t%C3%A9cnica+para+la+evaluaci%C3%B3n+y+prevenci%C3%B3n+de+los+riesgos+relacionados+con+la+protecci%C3%B3n+frente+al+riesgo+el%C3%A9ctrico/7455ad76-c68b-498a-b898-cdb8e09baa4f>
- Jumbo, D. A., & Reyes, P. L. (2012). Implementación de un motor eléctrico sobre el chasis de una motocicleta Yamaha TTR125. Universidad Politecnica Salesiana, Ingeniería Mecanica Automotriz, Cuenca. Recuperado el 11 de julio de 2022, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2915/1/UPS-CT002474.pdf>
- León García, N. (2015). Diseño de la adaptación de la electrónica y motores para un vehículo eléctrico de fórmula SAE. UNIVERSIDAD DE ALCALÁ, INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y AUTOMÁTICA INDUSTRIAL. Obtenido de <https://ebuah.uah.es/dspace/handle/10017/23218>
- Libus. (2017). PROTECTOR FACIAL CRONOS. Obtenido de <https://www.libus.com.ar/protector-facial-cronos--det--904371>
- López Martínez, J. (24 de abril de 2018). Vehículos híbridos y eléctricos. Ventajas e inconvenientes. Recuperado el 18 de mayo de 2022, de Interempresas: <https://www.interempresas.net/Sector-Automocion/Articulos/216238-Vehiculos-hibridos-y-electricos-Ventajas-e-inconvenientes.html>
- Mayz Acosta, E. (2015). Conocimientos Básicos del Automóvil. Recuperado el Julio de 2022, de <https://slideplayer.es/slide/3149765/>
- Murias, D. (10 de Octubre de 2019). Los motores son también clave en el desarrollo del coche eléctrico: no todo es cuestión de baterías. Obtenido de Motorpasion: <https://www.motorpasion.com/tecnologia/los-motores-son-tambien-clave-en-el-desarrollo-del-coche-electrico-no-todo-es-cuestion-de-baterias>
- Ojeda Montoya , P. J. (2012). Diseño y construcción de un sistema de transmisión con cadena y diferencial Torsen para un prototipo de vehículo tipo monoplaza para la competencia Formula Student. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, Latacunga. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/5156?locale-attribute=en>
- Oliva, L. (18 de Septiembre de 2018). Conoce los tipos de baterías y las ventajas de estas para tu móvil. Obtenido de SoyTecno: <https://soytecno.com/conoce-tipos-baterias-ventas-movil/>
- Palacios Espinoza, E., & Espinoza Molina, C. (2009-2013). Contaminación del aire exterior. Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad de Cuenca. Obtenido de <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/medicina/article/view/883>
- Renault. (2022). Cómo funcionan los motores eléctricos de los autos. Obtenido de <https://www.renault.cl/noticias/como-funcionan-los-motores-electricos>

Rodríguez, A. (27 de Agosto de 2021). Qué es la junta homocinética en el auto y cuál es su función. Obtenido de SiempreAuto:
<https://siempreauto.com/que-es-la-junta-homocinetica-en-el-auto-y-cual-es-su-funcion/>

Seguí Peidro, C. (15 de Octubre de 2018). Todo sobre baterías y almacenamiento de energía. Obtenido de Barrio La pinada:
<https://www.barriolapinada.es/baterias-almacenamiento-energia/>

SpullIndustrial. (25 de Noviembre de 2020). Distintos lentes de seguridad para distintos riesgos. Obtenido de
<https://www.spullindustrial.com.mx/lentes-de-seguridad-transparentes/distintos-lentes-de-seguridad-para-distintos-riesgos/>

Sumatec. (08 de junio de 2018). GUANTES DIELECTRICOS: PARA TU PROTECCIÓN MANUAL. Obtenido de <https://sumatec.co/guantes-dielectricos-para-tu-proteccion-manual/>

TECHNOSUN. (15 de diciembre de 2011). Características de las baterías de LiFePO4. Obtenido de
<http://blog.technosun.com/caracteristicas-de-las-baterias-de-lifepo4/>

TOYOTA. (03 de noviembre de 2021). Baterías de litio: Riesgos y prevención. Obtenido de <https://blog.toyota-forklifts.es/baterias-litio-riesgos-y-prevencion>

Universidad Nacional de San Luis. (2006). NORMAS ESPECÍFICA DE SEGURIDAD DE RIESGO ELÉCTRICO. Universidad Nacional de San Luis, Unidad de Gestion de Riesgos, San Luis. Obtenido de
<http://www.ugr.unsl.edu.ar/normas/electricidad2.htm#:~:text=Tensi%C3%B3n%20de%20seguridad%3A%20La%20tensi%C3%B3n,y%20h%C3%BAmedos%20es%2024%20volt.&text=%2D%20No%20es%20perceptible%20por%20los,descompone%20el%20aire%20apareciendo%20Ozono.>

Vargas, J. C. (20 de Octubre de 1995). LA CONTAMINACIÓN Y LOS VEHÍCULOS. EL TIEMPO. Obtenido de
<https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-432309>