



**Diseño y construcción de un módulo de entrenamiento del tren de potencia de un
vehículo eléctrico**

Buitrón Pilamonte, Bryan David

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Automotriz

Ing. Cevallos Carvajal, Alex Santiago

16 de febrero del 2023

Latacunga

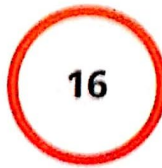


TESIS_BUITRON PILAMONTE, BRYAN DAVID.pdf

Scanned on: 21:1 February 16, 2023 UTC



Overall similarity score



Results found



Total words in text

	Word count
Identical	266
Minor Changes	169
Paraphrased	852
Omitted	0

Ing. Cevallos Carvajal, Alex Santiago

C.C.: 050253044-7



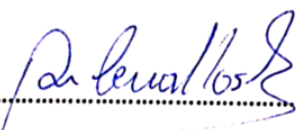
Departamento de Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación: **"Diseño y construcción de un módulo de entrenamiento del tren de potencia de un vehículo eléctrico"** fue realizado por el señor **Buitrón Pilamonte, Bryan David**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 16 de febrero de 2023


.....
Ing. Cevallos Carvajal, Alex Santiago
C.C.:050253044-7



Departamento de Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Buitrón Pilamonte, Bryan David**, con cédula de ciudadanía n°100361419-3, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“Diseño y construcción de un módulo de entrenamiento del tren de potencia de un vehículo eléctrico”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 16 de febrero de 2023

.....
Buitrón Pilamonte, Bryan David

C.C.: 100361419-3



Departamento de Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Autorización de Publicación

Yo, **Buitrón Pilamonte, Bryan David**, con cédula de ciudadanía n°100361419-3, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: "**Diseño y construcción de un módulo de entrenamiento del tren de potencia de un vehículo eléctrico**" en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 16 de febrero de 2023

.....
Buitrón Pilamonte, Bryan David

C.C.: 100361419-3

Dedicatoria

A quien creyó y a quien no, a quien valoro lo que la vida le dio, y pensó que su vida acabo, a quien nunca dejo de luchar a pesar de que muchas veces llego a fallar, a quien ama la victoria, pero acepta la derrota, a quien anduvo perdido por vivir la vida de otra, a quien dejo de creer a pesar de ver, a quien busca la redención a pesar de no tener perdón, a quienes sus cicatrices marcaron sus destino pues forjaron su camino, a aquel que solo le gusta fardar, pues solo así con él llega a hablar.

Buitrón Bryan

Agradecimiento

Ante todo, a mi familia, a todos y cada uno de ellos un sincero gracias, en especial a mis padres pues a pesar de todo siguen creyendo y confiando en mí, a mis hermanos que aun en la necesidad me impulsan a continuar, a mis abuelos que, aunque no se encuentren presentes forjaron quien soy.

A mi mejor amigo Juan que siempre estuvo presto a escuchar, aun a pesar de que ni él ni yo seamos buenos para aconsejar, a mis maestros quienes gracias a sus enseñanzas y conocimiento formaron mi vida profesional.

Al Ing. Alex Cevallos por su ayuda en la culminación del presente trabajo de titulación

Buitrón Bryan

ÍNDICE DE CONTENIDO

Carátula.....	1
Reporte de verificación de contenido.....	2
Certificación	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de publicación.....	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento.....	7
Índice de contenido	8
índice de tablas.....	13
índice de figuras	14
Resumen.....	18
Abstract	19
Capítulo I: Marco metodológico de la investigación.....	20
 Planteamiento del Problema.....	20
 <i>Macro</i>.....	21
 <i>Meso</i>.....	23

<i>Micro</i>	25
<i>Árbol de Problemas</i>	27
<i>Formulación del problema</i>	29
Antecedentes	29
Justificación del Problema	31
Objetivos.....	32
<i>Objetivo General</i>	32
<i>Objetivos Específicos</i>	32
Variables de Investigación.....	32
Hipótesis.....	32
Capítulo II: Fundamento teórico.....	34
Definición e historia del coche eléctrico	34
<i>Las tres eras del coche eléctrico</i>	36
Clasificación del coche eléctrico	36
Elementos principales del tren de potencia del coche eléctrico.....	38
<i>Motores eléctricos</i>	38
<i>Inversor y transformador</i>	46

Baterías	49
Baterías de Ion – Litio.....	50
Capítulo III: Diseño y construcción del módulo de entrenamiento.....	51
Diseño del módulo de aprendizaje del tren de potencia de un vehículo eléctrico	51
Proceso de modelado del módulo de entrenamiento de un vehículo eléctrico.....	53
Selección del perfil	54
Selección de electrodo	55
Selección de componentes.....	56
Batería	56
Selección del motor y controlador	59
Selección del acelerador.....	61
Selector de velocidades y pulsador de freno.....	62
Diagrama de conexión del tren de potencia eléctrico.....	62
Disposición de componentes para el módulo de entrenamiento.....	63
Construcción del módulo de entrenamiento.....	63
Corte del tubo estructural	64
Soldadura de la estructura.....	65

<i>Tratamiento superficial</i>	66
<i>Elaboración de la mesa de trabajo</i>	66
<i>Verificación de los componentes</i>	67
<i>Ensamble de los componentes del módulo de entrenamiento</i>	68
<i>Aplicación de distintivos en el módulo de entrenamiento</i>	68
Capítulo IV: Pruebas experimentales y diseño de manuales	69
Recopilación de datos	69
<i>Batería</i>	69
<i>Control</i>	69
<i>Motor</i>	70
<i>Prueba de descarga de la batería</i>	71
<i>Prueba de carga de la batería</i>	72
Manual de usuario y de practicas	73
<i>Manual de usuario</i>	73
<i>Gestor de prácticas</i>	78
Capítulo V: Marco administrativo	93
Recursos	93

<i>Recursos humanos</i>	93
<i>Recursos tecnológicos</i>	93
<i>Recursos materiales</i>	95
Presupuesto	97
Financiamiento.....	100
Capítulo VI: Conclusiones y recomendaciones	101
Conclusiones	101
Recomendaciones	103
Bibliografía	104
Anexos	109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Materiales utilizados</i>	64
Tabla 2 <i>Datos de la batería</i>	69
Tabla 3 <i>Datos del control del motor</i>	70
Tabla 4 <i>Datos del Motor</i>	70
Tabla 5 <i>Datos de la descarga de la batería por volteos</i>	71
Tabla 6 <i>Datos de carga de la batería por volteos a 1.2 amperios</i>	72
Tabla 7 <i>Recursos humanos</i>	93
Tabla 8 <i>Recursos tecnológicos</i>	94
Tabla 9 <i>Recursos materiales</i>	95
Tabla 10 <i>Costo de construcción e implementación</i>	98

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Preocupaciones al adquirir un vehículo electrónico</i>	24
Figura 2 <i>Desarrollo de la competencia profesional: “De principiante a experto”</i>	25
Figura 3 <i>Árbol de problemas</i>	28
Figura 4 <i>Motor eléctrico del mundo de Ányos Jedlik</i>	35
Figura 5 <i>Tipo de Vehículos Eléctricos</i>	37
Figura 6 <i>Principio del campo magnético giratorio</i>	39
Figura 7 <i>Motor síncrono de imanes permanentes</i>	40
Figura 8 <i>Motor síncrono de reluctancia variable</i>	42
Figura 9 <i>Principio de funcionamiento del motor BLCD</i>	43
Figura 10 <i>Estator de un motor BLDC</i>	44
Figura 11 <i>Generación de la fuerza electromotriz de un motor sinusoidal (a) y trapezoidal (b)</i>	45
Figura 12 <i>Rotor y estator de un motor BLDC</i>	46
Figura 13 <i>Accionamiento de sensores Hall, voltaje fase, torque fuente</i>	48
Figura 14 <i>Secuencia de conmutación de las bobinas</i>	49
Figura 15 <i>Altura de una mesa de escritorio según el tipo de trabajo</i>	51
Figura 16 <i>Profundidad de la superficie de trabajo</i>	52

Figura 17 <i>Estructura del módulo de aprendizaje de un vehículo eléctrico</i>	53
Figura 18 <i>Catálogo de tubo estructural cuadrado</i>	54
Figura 19 <i>Catálogo de perfil estructural de acero</i>	55
Figura 20 <i>Composición química del electrodo 6011</i>	56
Figura 21 <i>Capacidad de voltaje y carga de las celdas de ion litio</i>	57
Figura 22 <i>Simulación en Proteus de la conexión de las celdas en la batería</i>	59
Figura 23 <i>Conexionado del controlador del motor brushless</i>	60
Figura 24 <i>Sensor de posición del acelerador APP</i>	61
Figura 25 <i>Simulación del diagrama de conexión del tren de potencia eléctrico en Proteus 8.9</i>	62
Figura 26 <i>Ensamble de los componentes del módulo de entrenamiento</i>	63
Figura 27 <i>Medición y corte de tubo estructural cuadrado</i>	65
Figura 28 <i>Soldadura de los ángulos de acero</i>	65
Figura 29 <i>Armado de la estructura del módulo de entrenamiento</i>	66
Figura 30 <i>Corte y perforación de la mesa de trabajo</i>	67
Figura 31 <i>Verificación del motor brushless</i>	67
Figura 32 <i>Armado de los componentes del módulo de entrenamiento</i>	68

Figura 33 <i>Disposición de los componentes del módulo de entrenamiento</i>	74
Figura 34 <i>Tablero de control</i>	75
Figura 35 <i>Conectores de toma de datos</i>	76
Figura 36 <i>Alimentación del módulo</i>	77
Figura 37 <i>Accionamiento del módulo</i>	78
Figura 38 <i>Motor Brushless de corriente continua</i>	79
Figura 39 <i>Detección y activación de los sensores de posicionamiento</i>	80
Figura 40 <i>Menú principal del módulo de entrenamiento</i>	80
Figura 41 <i>Toma de datos de la batería en accionamiento</i>	81
Figura 42 <i>Pantalla de selección de salida de la practica</i>	82
Figura 43 <i>Segundo menú del módulo de entrenamiento</i>	82
Figura 44 <i>Bornes de conexión del motor</i>	83
Figura 45 <i>Accionamiento de un sensor de tipo Hall Bipolar</i>	84
Figura 46 <i>Captura del osciloscopio cuando se media una bobina en activación</i>	85
Figura 47 <i>Bornes de conexión de la batería</i>	86
Figura 48 <i>Datos de la celda 18650</i>	87
Figura 49 <i>Bornes de conexión del control del motor</i>	89

Figura 50 *Señal de sensor tipo Hall lineal*.....90

Figura 51 *Captura del osciloscopio en la activación del pedal del acelerador*.....91

Resumen

El diseño y construcción de un módulo de entrenamiento del tren de potencia eléctrico de un vehículo eléctrico está diseñado con la finalidad de comprender de mejor manera el funcionamiento que tiene este nuevo tipo de electromovilidad que se encuentra cada vez más presente en el mercado Ecuatoriano, de esta manera solventar la creciente necesidad de técnicos capacitados en esta tecnología emergente de vehículos eléctricos, el módulo permitirá a su usuario comprender de mejor manera el accionamiento que tiene un motor sin escobillas de corriente continua a través de su gestor de prácticas, el cual por medio de conceptos básicos y la verificación de datos por parte del operario incidirá en el conocimiento del mismo, para que pueda comprender cada uno de los elementos que conforma el tren de potencia de un vehículo eléctrico con motor sin escobillas de corriente continua, mismo que es el motor con el análisis de sus bobinados, verificación de los sensores de efecto Hall de activación bipolar, señales de onda PWM para variar su velocidad, en el caso de las baterías poder calcular voltajes de su celda y total, amperajes y capacidad de carga, en el caso de control verificar las conexiones y señales que me dan las velocidades y el pulsador de freno así como el sensor lineal de efecto hall ubicado en el pedal de acelerador y la variación de su señal dependiendo el ángulo de activación del mismo. Es con esto que se puede comprender su accionamiento y entender de mejor manera a los vehículos eléctricos, en la transformación hacia la electromovilidad.

Palabras clave: electromovilidad, motor sin escobillas, módulo de entrenamiento

Abstract

The design and construction of a training module for the vehicle's electric power train is designed for better understanding about the operation of this new type of electromobility that is increasingly present in the Ecuadorian market, In this way, to solve the growing need for technicians trained in this emerging technology of electric vehicles , the module will allow to the user understand the DC motor's function through the practice program, which through of basic concepts and the verification of data by the operator, so that it can understand each of the elements that make up the power train of an electric vehicle with a brushless direct current motor, the analysis of its windings, verification of double activation Hall effect sensors, PWM wave signals to vary the speed, in the case of batteries, We be able to calculate cell and total voltages, amperages and load capacity, in the case of control, We can verify the connections and signals that give it, the speeds and brakes and their hall effect linear sensor located on the accelerator pedal and the variation of its signal of activation angle. It is with this that it is possible to understand its operation and better understand electric vehicles, towards a transformation of electromobility.

Keyword: electromobility, brushless motor, training module

Capítulo I

Marco metodológico de la investigación

Planteamiento del Problema

Ante el inminente avance tecnológico y la implementación de nuevas tecnologías, la llegada de los vehículos eléctricos está cada vez más presente a nivel mundial así como lo redacta (Santirso, 2021) en su artículo “Por qué China lidera la carrera del coche eléctrico” quien sustenta que china es el primer mercado de vehículos electrónicos al contar con más de (1,2 millones) de unidades vendidas para el 2019 siendo más que el resto del mundo junto con (1,05 millones) de unidades vendidas para esa época y con una propuesta para el 2035 las matrículas de ese tipo de vehículos sean el 50% del total.

En Ecuador, las ventas de vehículos híbridos y eléctricos registraron un aumento exponencial con respecto a lo suscitado el año pasado como establece (Serrano, 2022) en su artículo “Venta de vehículos híbridos creció 172% en el último año” quien según la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE), en su reporte mensual el crecimiento de ventas de los vehículos híbridos tuvo un crecimiento de 172% y la de vehículos eléctricos tuvo un incremento de 417% entre abril de 2022 y el mismo mes del año pasado, denotando un aumento exponencial en la demanda de este tipo de vehículos, a pesar de representar el 5% de participación en ventas por tipo de combustibles.

Por ende, se espera una transición tecnológica importante con la llegada de la electromovilidad al Ecuador, a pesar de la elevada tasa de subsidio a los combustibles, por su temprana experiencia en la implementación de beneficios fiscales a la importación de vehículos híbridos, tiene el parque de vehículos híbridos más grande de Sudamérica según (Isla, Singla, Rodriguez, & Granada, 2019) en su “Análisis De tecnología, industria, y mercado para Vehículos eléctricos en américa latina y el caribe”, en donde la oferta de vehículos 100%

electrónicos es aún reducida siendo monopolizada por BYD y KIA quienes han asumido el rol de instalar la infraestructura de carga publica ante una demanda de autos eléctricos en aumento (pp. 60-62).

En aras de comprender el funcionamiento de un vehículo eléctrico, el diseño y construcción de un módulo de entrenamiento del sistema de control electrónico de un vehículo eléctrico permitirá comprender de mejor manera a los estudiantes de la materia de vehículos eléctricos impartida en octavo semestre de la carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad De Las Fuerzas ESPE sede Latacunga, subsanando de esta manera la incertidumbre generada por este tipo de electromovilidad, a la vez de generar personal capacitado que pueda atender las necesidades de este mercado emergente.

El diseño y construcción de un módulo de entrenamiento del tren de potencia de un vehículo eléctrico es el punto de partida para comprender el funcionamiento de un vehículo eléctrico, a su vez que permitirá ser fuente de investigación e innovación a futuros prototipos desarrollados por la carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad De Las Fuerzas ESPE sede Latacunga, logrando de esta manera incentivar el conocimiento de los vehículos electrónicos.

Macro

Cada vez son más los países que buscan alternativas sustentables de transporte alrededor del mundo como nos explican (Isla, Singla, Rodriguez, & Granada, 2019) en su “Análisis De tecnología, industria, y mercado para vehículos eléctricos en América Latina y el Caribe” denotando el interés por parte de los países y empresas automotrices hacia la electromovilidad, ya sea por el impacto de los vehículos de combustión en donde el transporte representa más del 20% de emisiones totales de CO₂ (Dióxido de Carbono) de la región, o lo

rápido que están avanzando las tecnologías en electromovilidad, en donde la disminución de precios y el incremento de la autonomía de los vehículos eléctricos se volverán cada vez más competitivos en el mercado, en un región con la necesidad de abordar difíciles problemas de movilidad y altos niveles de contaminación, en conjunto con la industria automotriz regionalmente consolidada impulsando la electromovilidad en la región y la proliferación de emprendimientos relacionadas con la movilidad eléctrica, resultando de una inminente transición tecnológica hacia la electromovilidad.

De acuerdo con (Bermejo, 2020) en su artículo “Los coches eléctricos no tienen quien los repare” prevé que ni siquiera los talleres oficiales están preparados para su reparación, puesto que al ser un mercado emergente los primeros vehículos eléctricos no necesitan de reparación, y la experiencia de un mecánico no le permite afrontar el mantenimiento de un coche eléctrico, a pesar de encontrarnos en una transición tecnológica hacia la electromovilidad, esto debido a que la electricidad es una amenaza mortal indetectable y los mecánicos suelen trabajar con tenciones de 6 a 24 voltios en contraste a los 340 o 450 voltios en el caso de los coches eléctricos, sin embargo los coches eléctricos no deberían convertirse en un inconveniente para los talleres al contar con menos piezas y tener menos mantenimiento que un vehículo convencional, sin embargo es imprescindible que cuente con conocimientos en alta tensión.

(Warner, 2018) en una entrevista al equipo de carreras eléctricas de Princeton redacta que los inicios de la competencia fueron debido a la falta de grupos prácticos de ingeniería en Princeton y como la práctica fomenta la base de sus conocimientos, mejorando el diseño y la producción a través de los coches de carreras por medio de los desafíos que se presentan en su construcción, así como lo gratificante que les resulta conducir un vehículo desarrollado por sí mismo, “Este es un incentivo adicional para hacer que el coche sea lo más infalible y seguro

posible". En la actualidad cada vez son más frecuentes el estudio de vehículos eléctricos, en donde las nuevas tecnologías desarrolladas en conjunto a prestaciones y eficiencia permiten desarrollar competiciones utilizando la energía de manera responsable.

Meso

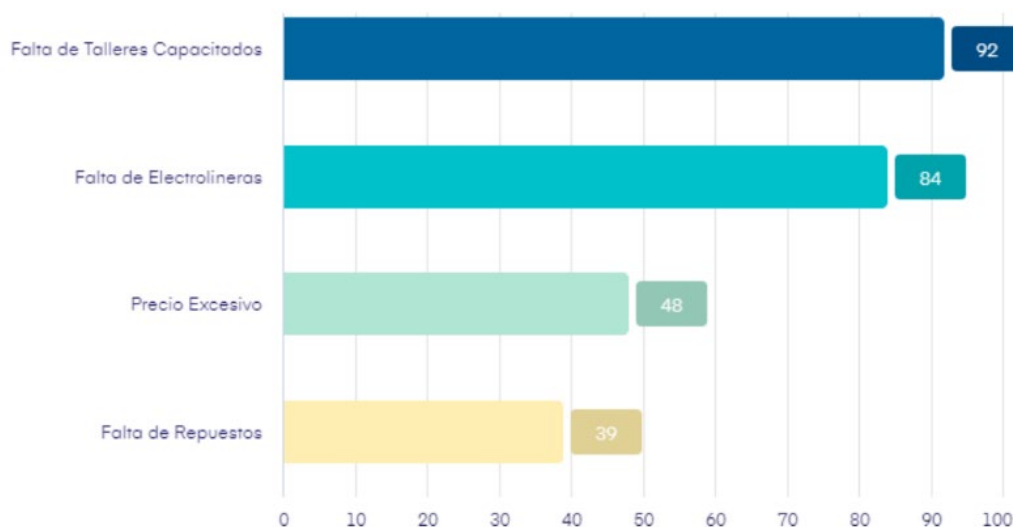
El uso de vehículos eléctricos en pichincha era de 144 en mayo del 2017 según la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE) como nos cuenta la redacción de (Elcomercio, 2021), que en una entrevista a Custode Roberto, experto en movilidad, la baja demanda de vehículos eléctricos es debido a la nula infraestructura para su recarga, a pesar de que su uso implica menos gastos en combustibles y ahorro en mantenimientos. Es por esto que para noviembre del 2022 Quito tendrá 20 electrolinerías para autos eléctricos, según (Mantilla, 2022) que en una entrevista a Yépez Hernando, gerente comercial de EPMMOP, la demanda de vehículos de movilidad sostenible, (híbridos o eléctricos) ha registrado un incremento del 263% con respecto a años anteriores, en donde la demanda de autos eléctricos está cada vez en aumento comercializándose alrededor de 48 vehículos cada mes, "Contar con estas estaciones de servicio gratuito para la ciudadanía permite impulsar a que más quiteños opten por una solución amigable para el ambiente".

(Reyes, Guanuche, Pulles, & Aguirre, 2021) en su Estudio de la percepción de vehículos eléctricos en la ciudad de Quito, denotan las diferentes variables que influyen en la población de Quito a la hora de adquirir un vehículo eléctrico, al encontrarse en una etapa inicial de desconocimiento e incertidumbre la mayor parte de la población mira con recelo estos vehículos, ignorando las ventajas de utilizar los mismos, en aras de denotar la percepción de posibles consumidores y personal operativo de los principales concesionarios que ofertan esta nueva tecnología, se realizó una encuesta visualizando la predisposición a adquirir este tipo de movilidad a la par de su preocupación de no encontrar en Ecuador talleres capacitados para su

reparación así como la presencia de electrolineras que sirvan de abastecimiento para los vehículos como lo podemos observar en la Figura 1 (pp. 937-958).

Figura 1

Preocupaciones al adquirir un vehículo electrónico



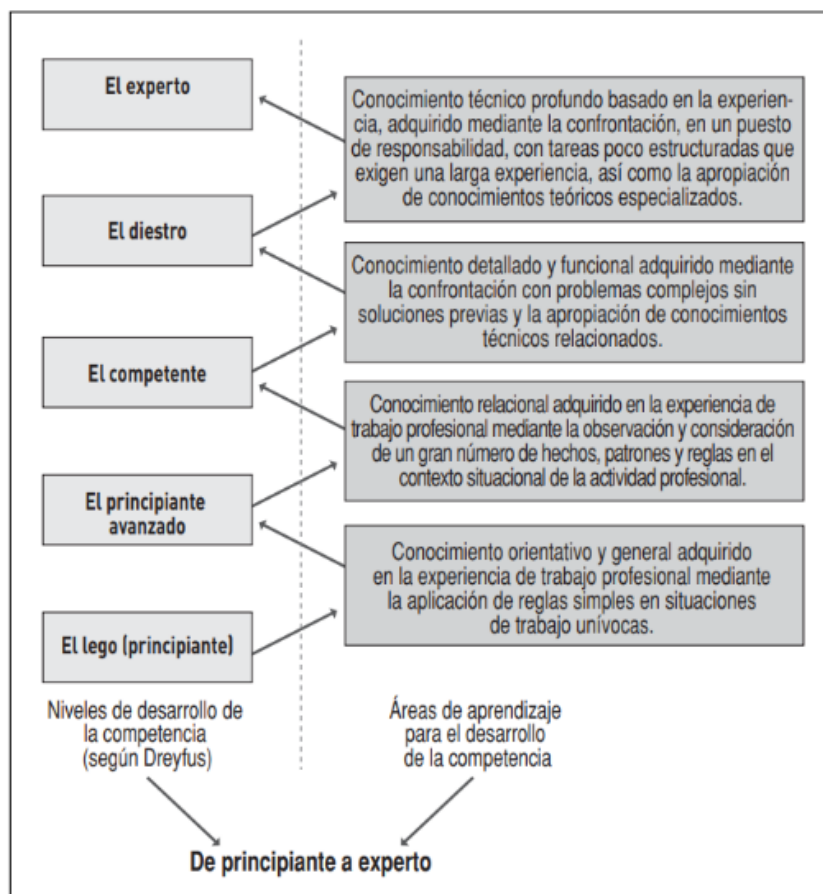
Nota. Se presenta mediante un gráfico de barras las principales preocupaciones al adquirir un vehículo eléctrico. Tomado de (Reyes, Guanuche, Pulles, & Aguirre, 2021).

(Rauner, 2007) en su artículo de investigación “El conocimiento práctico y la competencia de acción en la profesión”, redacta sobre la importancia de la correlación entre el conocimiento práctico aquel que lo denomina subjetivo, pues se basa en la experimentación y el conocimiento teórico o denominado objetivo pues tiene un sentido implícito de lo que quiere lograr, dependiendo mutuamente en el desarrollo de competencias profesionales, pues el hecho de entender ayuda a la confrontación de la tarea asignada, siendo en su ejecución en donde adquiere destrezas y competencias permitiéndole afrontar adversidades así un futuro profesional como lo podremos apreciar a través de los cinco niveles de desarrollo de las

competencias y las cuatro áreas de aprendizaje relacionadas propuestas por Hubert, L, &, Dreyfus, S las cuales se representan en la Figura 2 (pp. 58-73).

Figura 2

Desarrollo de la competencia profesional: “De principiante a experto”



Nota. El desarrollo de las competencias y las áreas del aprendizaje. Tomado de (Rauner, 2007)

Micro

Cada vez son más las investigaciones e innovaciones que se desarrollan relacionadas con formas de movilidad amigables con el medio ambiente, este es el caso de la Universidad de las Fuerzas Armadas que en su haber cuenta con varias propuestas de electromovilidad,

como el “diseño y construcción de un mini vehículo eléctrico de drifting denominado (crazy kart)” desarrollado por (Tapia & Velasquez, 2015) los cuales en busca de un vehículo de recreación desarrollan un monoplaza electrónico que les permite movilizarse a la par de divertirse, incitando de esta manera el desarrollo de proyectos relacionados, otro proyecto el de (Flores & Gamboa, 2014) con su “Diseño y construcción de un kart eléctrico utilizando materiales mixtos para el laboratorio de autotrónica” indaga acerca de la construcción de un chasis de estructura mixta entre acero ASTM A-36 y bambú cambiando la concepción en la implementación de alternativas ecológicamente responsables para un vehículo de propulsión eléctrica, a la vez que denota la importancia del diseño en la elaboración de este tipo de prototipos.

Si bien los centros de formación profesional aportan gran parte del conocimiento a través de sus aulas de manera teórica, es necesario complementarlo a través de la práctica como nos cuenta (Espinoza, 2010) en su trabajo de grado previo al título de ingeniería electrónica en sistemas industriales, desarrollando un módulo de entrenamiento, basado en circuitos y elementos de electrónica de potencia, denotando a través de la realización del mismo la importancia no solo de la electrónica de potencia si no de la implementación de un lugar de práctica para los estudiantes de la universidad pues a través de él pudieron solventar incertidumbres que fueron generadas en su construcción.

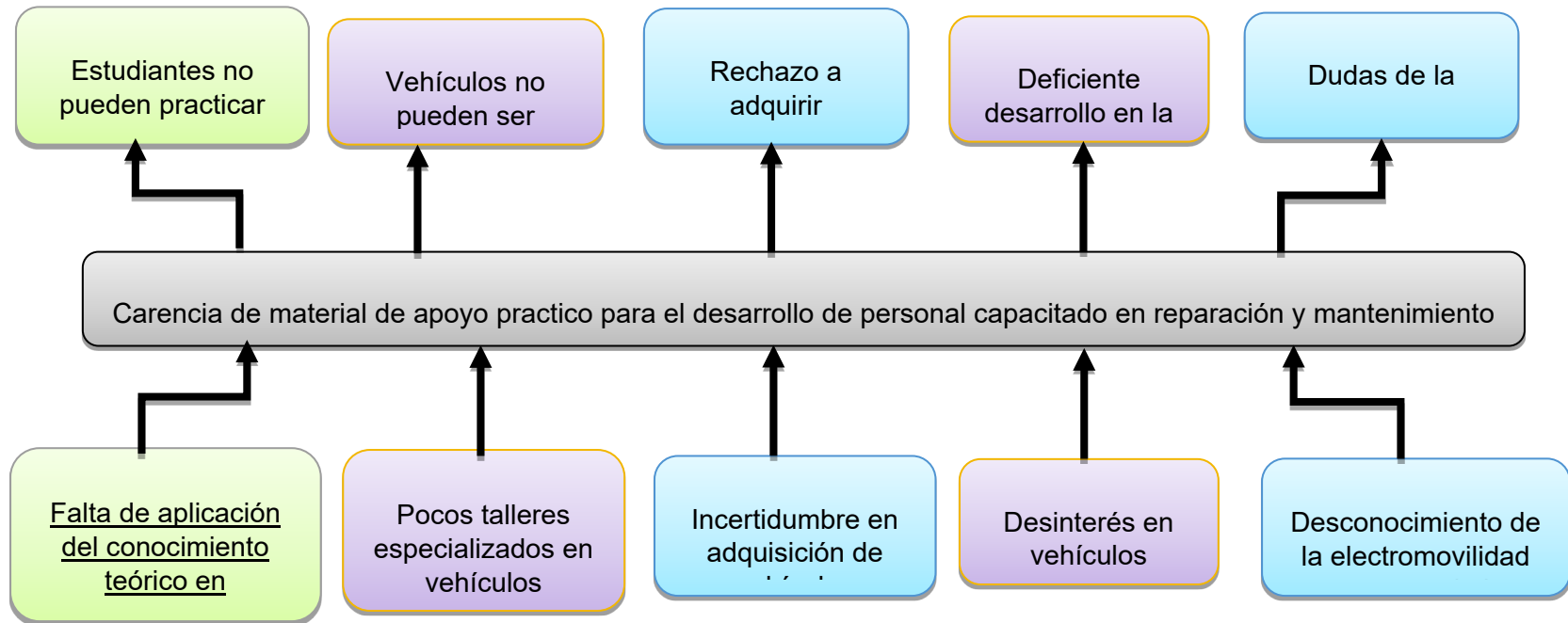
El diseño y construcción de módulos de entrenamiento, tableros de aprendizaje, simuladores o material de apoyo han sido desde siempre una de las formas de aplicar el conocimiento adquirido en las aulas, de manera práctica a la vez de generar recursos de aprendizaje para futuras generaciones de estudiantes, de esta manera no solo solventas las dudas generadas durante su construcción, sino que permites ser un punto de aprendizaje e innovación para todo aquel que en aras de aprender pueda utilizar los equipos construidos a la

vez le permita aprender y avanzar en futuras investigaciones generando conocimiento, ante la llegada de la electromovilidad es pertinente que cada vez exista lugares de aprendizaje que fomenten su comprensión e innovación, solventando las necesidades de un mercado emergente cuya tendencia es superar a los vehículos de combustión, no solo por efectos ambientales si no que los hidrocarburos no son una fuente inagotable de energía y en algún punto se terminarían, dado paso de esta manera a la transición que no es un futuro si no un presente hacia la electromovilidad.

Árbol de Problemas

En base al planteamiento del problema y su contextualización se puede inferir que existe la necesidad de incentivar a los estudiantes hacia la electromovilidad como medio de desarrollo e investigación a través de la práctica generando conocimiento sobre los vehículos eléctricos que se encuentran cada vez más presentes en el mercado ecuatoriano. En base a ello se realiza el siguiente árbol de problemas:

Figura 3

Árbol de problemas

Formulación del problema

¿El diseño y construcción de un módulo de entrenamiento del tren de potencia de un vehículo eléctrico incidirá en el desarrollo del conocimiento y aptitudes de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad De Las Fuerzas ESPE sede Latacunga?

Antecedentes

A pesar de la percepción por parte de la sociedad que los vehículos eléctricos forman parte de la época actual, la verdad es que son incluso más antiguos que los coches a combustión, como nos cuenta (Frías, 2019, pp. 11-20) en su artículo “Vehículo Eléctrico situación actual y perspectivas futuras” donde redacta como la electrificación de los sistemas de transporte comenzó a finales del siglo XIX, sin embargo al carecer de suficiente autonomía fue superado por el modelo T de Ford, en la actualidad esta tendencia a cambiado gracias a la llegada de empresas como Tesla en el 2009, que apuestan por la electromovilidad desarrollando vehículos con mejores prestaciones que puedan competir con el vehículo a combustión, la electromovilidad está cada vez más presente en la sociedad, no solo por las restricciones hacia los hidrocarburos o las políticas ambientales en favor de los coches eléctricos, sino porque es orientado a las nuevas generaciones de consumidores, amantes de la tecnología y con una clara responsabilidad medio ambiental, países como Noruega para el 2018 cerca del 45% de las nuevas ventas de turismo son electrónicas y se espera que para el 2025 sean del 100% estando cada vez más presente la transición hacia la electromovilidad.

En el Ecuador, la venta de vehículos híbridos y eléctricos aumenta exponencialmente, como nos cuenta la (Redacción El Mercurio, 2022) “Entre enero y julio de 2022 se comercializaron 4.052 vehículos híbridos mientras que los autos eléctricos sumó 175 unidades, lo que representa un incremento del 134 % y 62 % respectivamente en relación al mismo

periodo de 2021” (párr. 1), esto según los datos de la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE), experimentando un crecimiento sostenido en el mercado a pesar de la llegada de la pandemia, Álvarez María Rosa, asesora comercial para la línea de vehículos livianos del Grupo Mavesa, resaltó los proyectos de electromovilidad entre varios Municipios del país, siendo Quito y Manta en donde más se venden este tipo de vehículos, “Las familias ecuatorianas eligen este vehículo, en parte por aportar al medio ambiente, además por la economía del combustible”, en donde según el modelo del automóvil, cargar un vehículo eléctrico bordea los 6 dólares con una autonomía de alrededor de 520 kilómetros, una de las preocupaciones de los usuarios de vehículos eléctricos son la escasez de electrolinerías en el país, sin embargo muchos municipios están implementado soluciones a este tipo de problemas, como entre Azuay y Cañar se implementó la primera ruta de electrolinerías hacia Guayaquil o Cuenca quien fue la primera en tener una electrolinería en 2019, busca convertirse en pionera en electromovilidad, la transición a la movilidad eléctrica no será a corto plazo, pero es necesario crear las condiciones para lo que pueda pasar dentro de 10 o 15 años.

El Ecuador está en una etapa inicial de desconocimiento e incertidumbre ante la llegada de nuevas tecnologías como son los vehículos eléctricos, así lo denota (Reyes, Guanuche, Pulles, & Aguirre, 2021, pp. 937-958) en su Estudio de la percepción de vehículos eléctricos en la ciudad de Quito, conociendo de esta manera la percepción y las diferentes variables que influyen en la sociedad al momento de adquirir un vehículo eléctrico, puesto que cada vez está más presente la electromovilidad en el Ecuador, para conocer que influye al momento de adquirir este tipo de vehículos, se realizó una encuesta en donde la predisposición a adquirir este tipo de vehículos es alta en especial por los jóvenes de entre (20 a 30) años, pero también la incertidumbre por si el país está listo para este tipo de transición hacia la movilidad eléctrica en especial la falta de talleres capacitados y electrolinerías como las principales causas de preocupación al momento de adquirido

Justificación del Problema

El presente proyecto partirá de la investigación enfocada en la construcción de un módulo de entrenamiento del tren de potencia de un vehículo eléctrico para los estudiantes de vehículos eléctricos de la carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad De Las Fuerzas ESPE sede Latacunga mismo que aportará material de estudio practico para sus estudiantes, a su vez que será fuente de investigación a futuros proyectos relacionados con la electromovilidad.

Esta investigación es de mucha importancia tanto para los estudiantes de la carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad De Las Fuerzas ESPE sede Latacunga como para la comunidad académica y la sociedad en general, puesto que se abordarán temas relacionados con la electromovilidad que se encuentra cada vez más presente en la comunidad, que permitirá a sus estudiantes entender el funcionamiento de los vehículos eléctricos, mismos que puedan ser empleados posteriormente en su reparación, contrarrestando de esta manera la incertidumbre por parte de la sociedad de centros de servicio técnico de vehículos eléctricos.

La comunidad académica podrá hacer uso de este documento de investigación como punto de referencia a futuros proyectos relacionados con la electromovilidad, de esta manera solventar dudas que puedan surgir sobre la elaboración de un módulo de entrenamiento del tren de potencia de un vehículo eléctrico a la par de motivar a los estudiantes sobre el uso de energías amigables con el medio ambiente.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar y construir un módulo de entrenamiento del tren de potencia de un vehículo eléctrico como medio de estudio para los estudiantes de octavo semestre de la carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad De Las Fuerzas ESPE sede Latacunga.

Objetivos Específicos

- Indagar acerca de el tren de potencia de vehículos eléctricos, así como el motor eléctrico, módulo de control y baterías necesarias para su funcionamiento.
- Realizar el análisis y diseño de los circuitos eléctricos que cuenta el módulo de entrenamiento del tren de potencia de un vehículo eléctrico.
- Seleccionar los componentes con los que cuenta el tren de potencia del vehículo eléctrico.
- Construir un módulo de entrenamiento para que los estudiantes de la carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad De Las Fuerzas ESPE sede Latacunga puedan practicar.

Variables de Investigación

Variable Dependiente: Sistemas del tren de potencia eléctrico

Variable Independiente: Módulo de entrenamiento.

Hipótesis

Hipótesis Alternativa (H1): El diseño y construcción de un módulo de aprendizaje del tren de potencia de un vehículo eléctrico si aporta en el conocimiento de los estudiantes de octavo

semestre de la carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad De Las Fuerzas ESPE sede Latacunga.

Hipótesis Nula (H0): El diseño y construcción de un módulo de aprendizaje del tren de potencia de un vehículo eléctrico no aporta en el conocimiento de los estudiantes de octavo semestre de la carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad De Las Fuerzas ESPE sede Latacunga.

Capítulo II

Fundamento teórico

Como sustento del presente trabajo investigativo, es pertinente comprender conceptos esenciales del tren de potencia de un vehículo eléctrico, a pesar de existir una amplia gama de componentes que pueden variar dependiendo del fabricante, debido a la constante evolución de los mismos, la mayoría de fabricantes emplea el mismo principio de ejecución para la fabricación de sus vehículos, por lo que en la investigación se toma su historia, principales motores, controladores, baterías entre otros que son importantes para conocer de mejor manera el funcionamiento del tren de potencia de un vehículo eléctrico, para lo que se explicará conceptos, teorías de autores que han aportado con sus investigaciones.

Definición e historia del coche eléctrico

En la actualidad los vehículos eléctricos han adquirido un gran interés por parte de la sociedad, como una alternativa a la movilidad, por lo que es cada vez más común ver este tipo de vehículos transitando por las vías y cada vez son más desarrollados tecnológicamente.

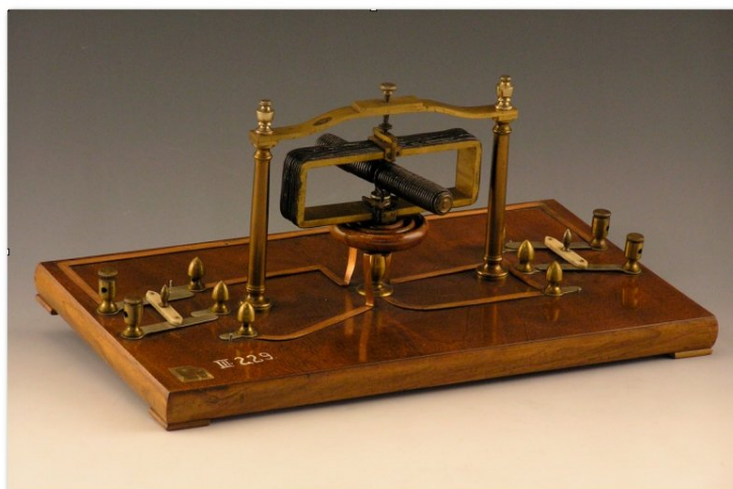
Sin embargo, este concepto de vehículo eléctrico, aunque parezca innovador se remonta hace ya muchas décadas atrás, incluso antes de la aparición del vehículo de combustión interna, con el desarrollo del motor eléctrico como nos cuenta (Giraldo, 2004).

En 1821 Faraday hizo rotar elementos por interacción de corriente eléctrica y campos magnéticos en un hecho que se considera como la invención del motor eléctrico. En 1831 después de varios años de intentos infructuosos, tuvo éxito en la producción de corriente eléctrica de origen mecánico al generar un voltaje entre el centro y el borde de un disco conductor que rotaba entre los polos de un imán. Inventaba así, en su forma primitiva el dinamo o generador eléctrico. (pag.144).

De esta manera consolidando el primer paso hacia la creación de motor eléctrico, el mismo que se le atribuye al inventor húngaro Ányos Jedlik quien entre 1828 y 1832 fue el que desarrollo un pequeño modelo de automóvil impulsado por un motor eléctrico como se puede apreciar en la Figura 4 según (BBVA, 2019). A su vez el herrero americano Thomas Davenport, en 1834, construiría un artilugio similar que se podría considerar como un vehículo eléctrico, el cual rodaba en una pista circular y electrificada.

Figura 4

Motor eléctrico del mundo de Ányos Jedlik



Nota. El primer motor eléctrico del mundo de Ányos Jedlik. Tomado de (BBVA, 2019)

Un par de años más tarde, en 1834, el matrimonio Thomas & Emily Davenport construyeron un artefacto similar que operaba sobre una corta pista electrificada circular como nos cuenta (Torrent, 2015). Así mismo en 1835, el profesor holandés (Países Bajos) Sibrandus Stratingh de Groninga y su asistente Christopher Becker crearon un automóvil eléctrico de pequeña escala, impulsado por celdas primarias no recargables.

Sin embargo, se atribuye como pionero del vehículo eléctrico al químico Robert Davidson de Aberdeen (Reino Unido). Quien entre los años de 1837-1841 construye los primeros coches eléctricos a gran escala, Su prototipo no era más que la evolución natural de un carruaje, pero alimentado por celdas eléctricas. Desarrollado para que funcionara con células galvánicas, el más grande (de 7 toneladas de peso) fue construido en 1841 y era capaz de tirar de un peso de 6 toneladas a una velocidad de 4 millas por hora durante aproximadamente una milla y media, (Torrent, 2015).

Las tres eras del coche eléctrico

Actualmente estamos viviendo el resurgimiento de los vehículos eléctricos en lo que podríamos considerar como la tercera era del coche eléctrico, pues desde su producción a gran escala en 1840, tubo presencia en las carreteras de Estados Unidos, inclusive en 1915 llegando a tener una flota de taxis en nueva York. donde llego a ser el tipo de vehículo más comercializado en Estados Unidos, llegando a una cuota de mercado del 28% sobre los coches a combustión y los vehículos tirados por caballos debido a la reducción de costes de mantenimiento, sin embargo, se vio desplazado por el coche de combustión en la década de 1930. (Torrent, 2015). Hubo una segunda y breve aparición en la década de 1990, en parte a la crisis del petróleo de 1973, y a políticas ambientales que trataban de impulsar energías alternativas.

Clasificación del coche eléctrico

En forma general, un vehículo eléctrico (VE) puede ser considerado como aquel que esta propulsado por uno o más motores eléctricos.

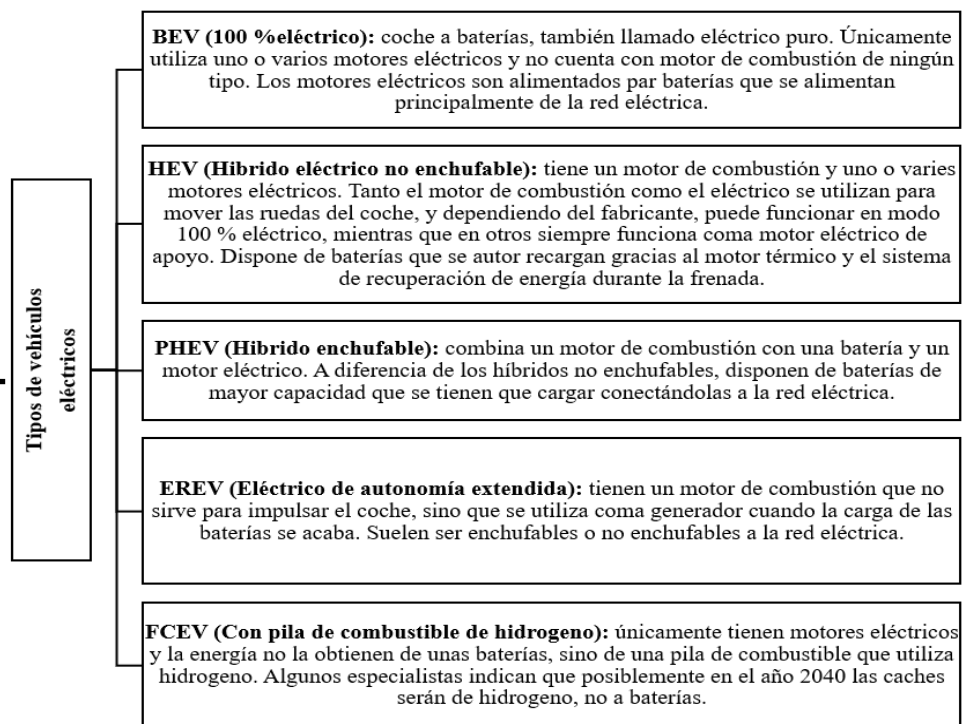
De acuerdo con, (TRASHORRAS MONTECELOS, 2019). En su libro *Vehículos Eléctricos*, entiende a los coches eléctricos como:

Un vehículo impulsado por uno o más motores eléctricos que utilizan la energía eléctrica almacenada en baterías recargables y la transforman en energía mecánica, cuya tracción puede ser proporcionada hacia sus ruedas o hélices por motores rotativos, en el caso de no contar con motores rotativos, como los motores lineales, motores inerciales, o la aplicación del magnetismo como fuente de propulsión, siendo esta de corriente continua o alterna. Aunque existe muchos tipos de vehículos eléctricos (como motos, bicicletas, entre otros), principalmente nos referiremos al coche eléctrico.

Dependiendo del grado de electrificación existe varios tipos de vehículos eléctricos como lo podemos apreciar en la Figura 5.

Figura 5

Tipo de Vehículos Eléctricos



Nota. Clasificación de Vehículos Eléctricos. Tomado de (TRASHORRAS MONTECELOS, 2019)

Elementos principales del tren de potencia del coche eléctrico.

El objetivo principal del presente proyecto investigativo se basa en el diseño y construcción del tren de potencia de un vehículo eléctrico, a tal efecto indagaremos los principales componentes de este y las diferentes opciones tecnológicas disponibles para cada caso.

Motores eléctricos

La principal clasificación para los motores de vehículos eléctricos se hace según qué tipo de corriente necesaria para su accionamiento. Es decir, se clasifican motores de corriente alterna (AC) y en motores de corriente continuo (DC), además de contar con uno o varios dependiendo de su diseño.

Los tipos de motores que se emplean en los coches eléctricos, pueden ser los siguientes

Motor asíncrono o de inducción (AC)

Se trata de un motor de corriente alterna cuyo principio se basa en el campo magnético giratorio.

Según (Hernández, 2022) en su trabajo final del master universitario de ingeniería mecatrónica nos cuenta acerca de ellos como:

La característica principal de este tipo de motores asíncrono o de inducción es que la frecuencia de giro del rotor no corresponde a la velocidad de giro del campo magnético producido por el estator y todos estos componentes están dentro de la

correspondiente carcasa es decir no es síncrono con ella, de ahí el origen de su nombre.

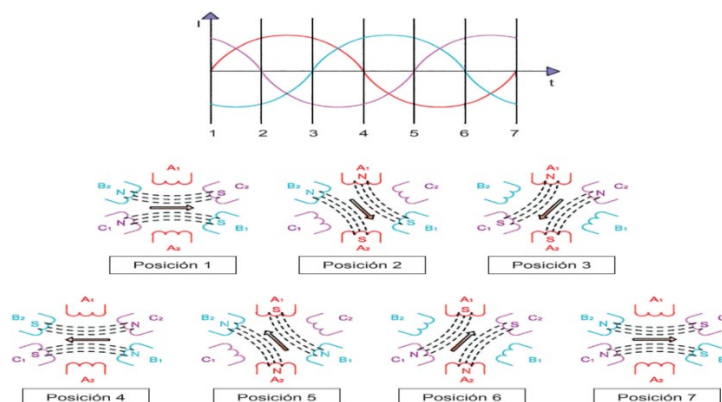
De acuerdo a (TRASHORRAS MONTECELOS, 2019) en su libro vehículos eléctricos:

En cuanto al campo magnético giratorio, si se hace girar un imán (electroimán o imán permanente) de tal modo que sus polos describan un círculo, se crea un campo magnético giratorio. Empleando corriente trifásica, se puede generar también un campo giratorio (rotativo), sin necesidad de movimiento mecánico. Tres bobinas situadas a 120° una de otra y recorridas por corriente alterna trifásica originan un campo magnético rotativo.

Por lo que las bobinas se encuentran en el estator, los polos se forman cuando circula corriente por el devanado, creando un campo magnético giratorio al girar un imán o al circular una corriente trifásica por el devanado trifásico.

Figura 6

Principio del campo magnético giratorio



Nota. Funcionamiento del campo eléctrico giratorio. Tomado de (TRASHORRAS MONTECELOS, 2019)

Motor síncrono de imanes permanentes (AC)

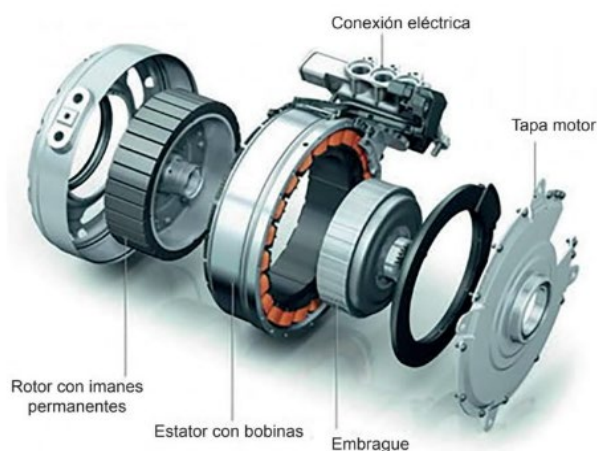
Es un tipo de motor eléctrico que utiliza imanes permanentes normalmente de neodimio y cuya velocidad de giro del rotor es igual a la generada por el campo magnético en el estator como nos cuenta (Hernández, 2022).

El motor síncrono de imanes permanentes puede ser de dos tipos: de flujo radial (más extendidos) o de flujo axial, dependiendo de la posición del campo magnético, que puede ser perpendicular o paralelo al eje de giro del rotor, respectivamente.

Aunque menos usados, los de flujo axial permiten ser integrados directamente en la rueda del vehículo, optimizando el espacio y simplificando los acoplamientos mecánicos entre motor y rueda como se puede apreciar en la Figura 7. (p. 13)

Figura 7

Motor síncrono de imanes permanentes

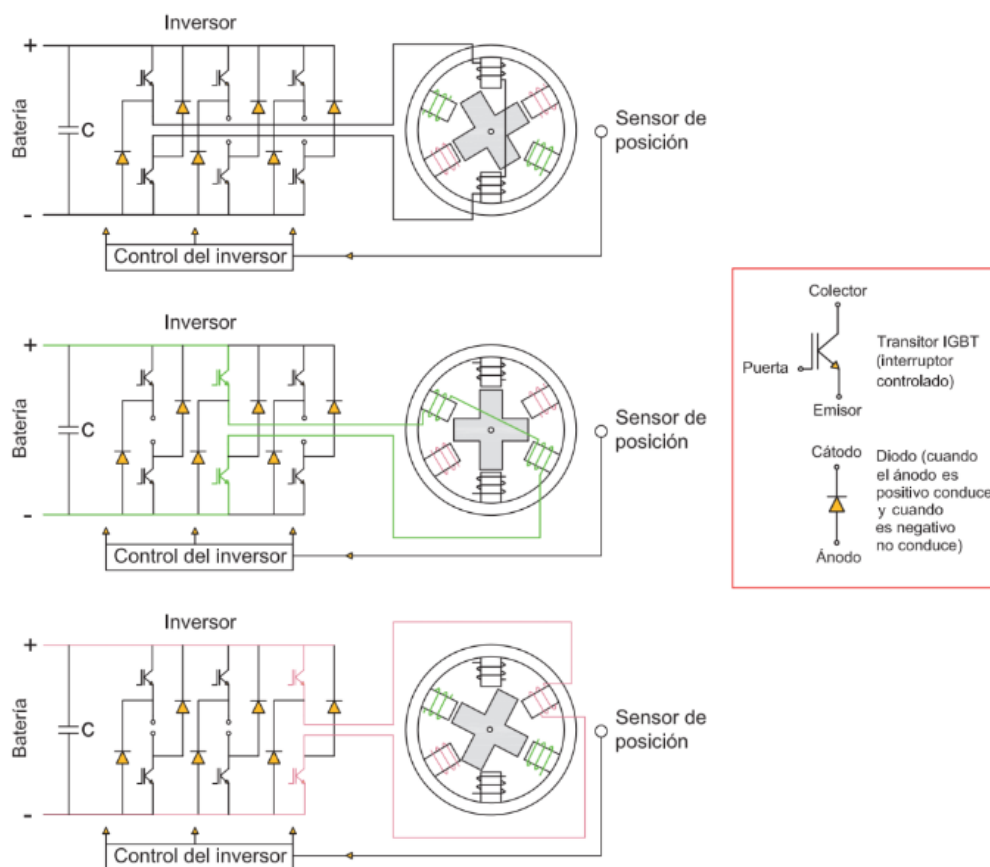


Nota. Motor síncrono de imanes permanentes de Audi. Tomado de (TRASHORRAS MONTECELOS, 2019)

Motor síncrono de reluctancia conmutada o variable (AC)

Se define como reluctancia a la resistencia que un campo magnético deba enfrentar como nos cuenta (Hernández, 2022).

Cuando se alimenta el estator con una fuente AC, el motor se comporta como uno asíncrono de inducción, es decir, la corriente es conmutada entre las bobinas de cada fase del estator hasta crear un campo magnético que gira. Cuando el rotor alcanza una velocidad aproximadamente el 75% de la de sincronismo, se desconecta el devanado auxiliar del motor y se queda trabajando el devanado principal. Así, el motor sigue acelerando hasta casi alcanzar la velocidad de sincronismo, momento en el que aparece el par de reluctancia. El rotor se coloca en la posición de reluctancia mínima (los polos del rotor se alinean con los polos bobinados del estator), alcanzando la velocidad de sincronismo, momento en el que el par provocado por la inducción desaparece y domina el giro el par de reluctancia como se puede apreciar en la Figura 8. (p. 15)

Figura 8**Motor síncrono de reluctancia variable**

Nota. Accionamiento del motor síncrono de reluctancia variable. Tomado de (TRASHORRAS MONTECELOS, 2019)

Motor sin escobillas de imanes permanentes (DC)

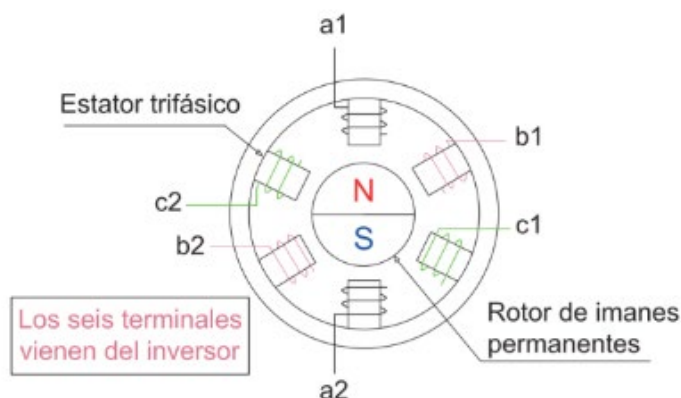
También conocido como motor brushless, cuenta con imanes permanentes en el rotor

Los llamados motores DC sin escobillas o BLCD son máquinas eléctricas con imán permanente en el rotor y bobinas en el estator (tres o más fases), como nos cuenta (TRASHORRAS MONTECELOS, 2019) en su libro de vehículos eléctricos. Estas son

alimentadas con un conjunto de tensiones polifásicas alternas (sinusoidales o trapezoidales), generadas por medio de un circuito inversor controlado de forma que las características de operación de la maquina eléctrica emulen las de un motor DC convencional (motor DC con escobillas) en lo referente a las relaciones par/ corriente y velocidad angular/ voltaje. La alimentación en corriente continua simplifica la electrónica del inversor como se puede ver en la Figura 9. Aunque son usados mayormente en vehículos híbridos, los motores brushless ofrecen algunas ventajas para su uso en VE, su bajo ruido y rozamiento, robustez y ausencia de mantenimiento.

Figura 9

Principio de funcionamiento del motor BLCD



Nota. Principio de funcionamiento de un motor de DC con imanes permanentes y sin escobillas.

Tomado de (TRASHORRAS MONTECELOS, 2019)

Motor BLDC

El motor de corriente continua sin escobillas BLDC por sus siglas en inglés (brushless direct current) es un motor como su nombre lo dice sin escobillas cuyo funcionamiento se basa

en la utilización de imanes permanentes en el rotor como nos cuenta (Galvis López & Madrid V, 2016) en su artículo científico;

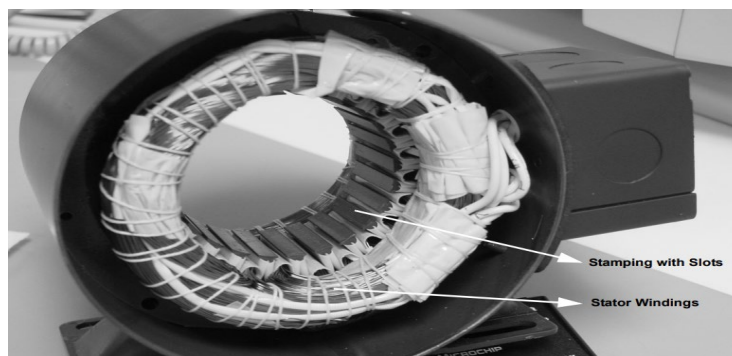
El devanado de los motores BLDC se encuentra en el estator, y el imán permanente se encuentra en el rotor. El motor conmuta por medio de la posición de rotor detectada por un sensor (sensor Hall). Estas máquinas son la opción perfecta en aplicaciones que requieren alta confiabilidad, alta eficiencia y una buena relación potencia-tamaño (p. 44)

Estator

El estator de un motor BLDC está conformado por láminas de acero con devanados que se encuentran apiladas axialmente a lo largo de la periferia del estator como se puede ver en la Figura 10

Figura 10

Estator de un motor BLDC

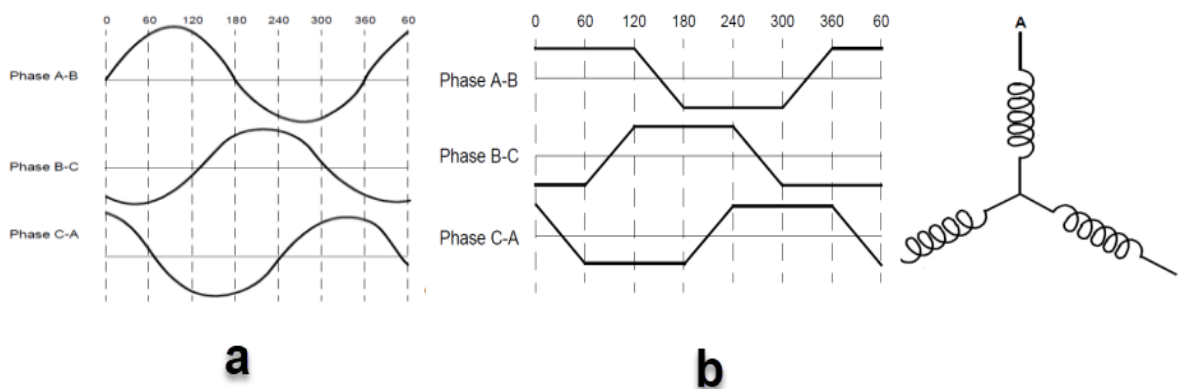


Nota. Láminas de acero y devanado dispuestos en la periferia de un motor BLDC. Tomado de (Padmaraja, 2003)

Hay dos tipos de configuraciones para el estator la trapezoidal y la sinusoidal según (Jimbo Tacuri, 2015) el cual nos cuenta que la diferencia radica en la conexión de los devanados en el estator, siendo la trapezoidal la más económica en su fabricación, pero con una fabricación de onda más violenta puesto que está en forma de escalón como se puede ver en la Figura 11

Figura 11

Generación de la fuerza electromotriz de un motor sinusoidal (a) y trapezoidal (b)



Nota. Generación de la fuerza electromotriz de un motor sinusoidal (a) y trapezoidal (b).

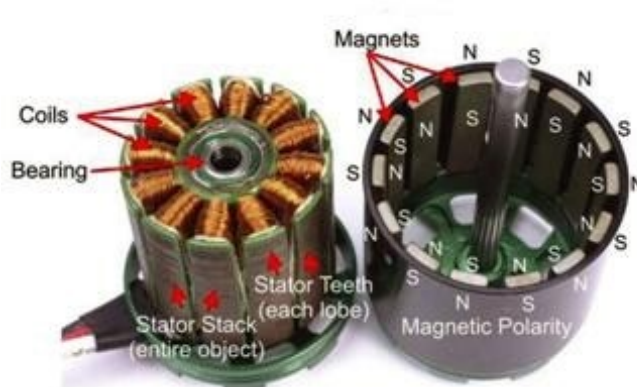
Tomado de (Padmaraja, 2003)

Rotor

El rotor es el componente encargado de transformar la fuerza electromagnética en cinética o movimiento a través de imanes permanentes colocados de manera alternada como sus polos magnéticos Norte (N) y Sur (S) como nos cuenta (Jimbo Tacuri, 2015). Y como se puede apreciar en la Figura 12

Figura 12

Rotor y estator de un motor BLDC



Nota. Estator y rotor con imanes permanentes intercalando su polaridad magnética. Tomado de (Laschewski, 2019)

Inversor y transformador

El inversor y el transformador son los componentes encargados de realizar las conversiones necesarias, adaptando voltajes y formas de onda para alimentar al motor convenientemente a partir de la energía almacenada en las baterías. (Cuesta Capellan, 20017)

Inversores: transforman la corriente continua en alterna, por medio de capacitores e inductores, logrando modelar o filtrar la onda cuadrada en senoidal para el correcto trabajo del motor (Wendt, 2017)

Convertidores: transforman la corriente alterna en corriente continua a través de rectificadores los cuales pueden ser de media onda que es de baja potencia debido a la pérdida del 55% de la onda de entrada, o rectificadores de onda completa (Wendt, 2017)

Controlador

Para (Jimbo Tacuri, 2015) en su trabajo previo a la obtención del título de ingeniero automotriz el controlador es:

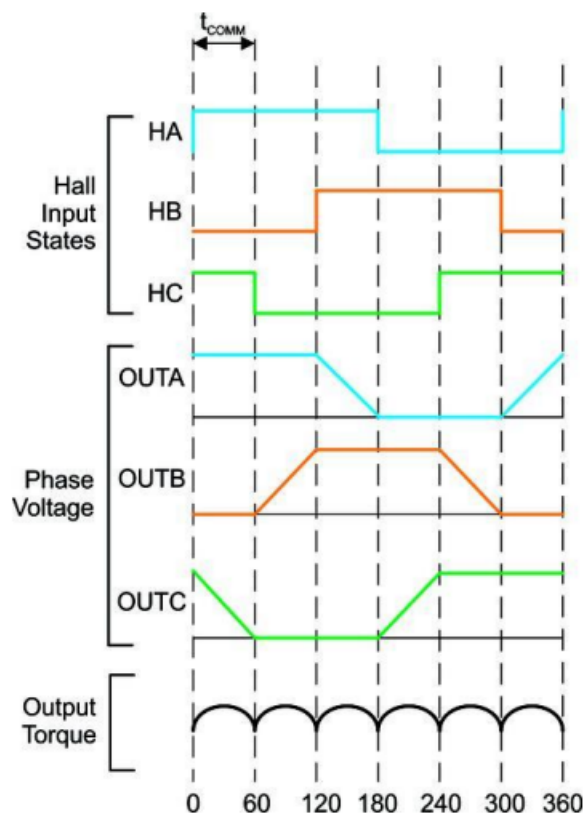
El controlador de un motor BLDC es aquel que debe excitar continuamente los devanados de manera que genere un campo magnético perpendicular a la dirección del rotor. Es por eso que para su control requiere conocer la posición del rotor por medio de sensores de efecto Hall, a la vez que posea un sistema de como conmutar los devanados del estator, mientras que para controlar su velocidad es necesario una señal PWM para el control de la potencia al motor.

Control por comunicación trapezoidal

la comunicación trapezoidal es el método más simple y el más empleado para controlar un motor sin escobillas según (Jimbo Tacuri, 2015). Para emplear este método de conmutación es necesario el empleo de sensores de efecto Hall, los cuales son utilizados para estimar la posición del rotor, de esta manera el controlador puede comandar las fases de conmutación del bobinado en un determinado instante la corriente que circula por dos de sus devanados serán de igual magnitud mientras que en el tercer devanado no circulara corriente eléctrica (pp. 37 - 43). Como se puede apreciar en la Figura 13.

Figura 13

Accionamiento de sensores Hall, voltaje fase, torque fuente



Nota. Accionamiento del controlador por medio de las referencias de los sensores de efecto Hall. Tomado de (Jimbo Tacuri, 2015)

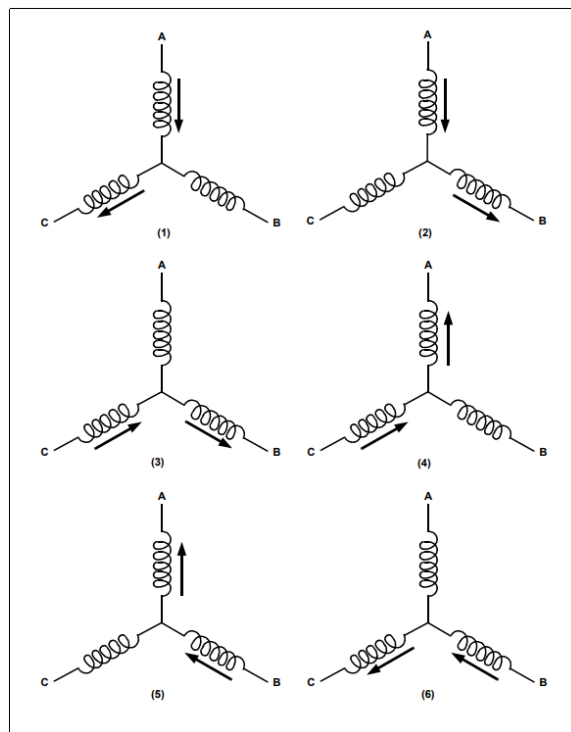
Secuencia de conmutación

Las señales enviadas por los sensores de efecto Hall permiten conocer la posición del rotor según (Jimbo Tacuri, 2015). De esta manera poder energizar los dos bobinados que corresponden dejando al tercero en desconexión como se muestra en la Figura 14 en el cual podemos apreciar el orden de los 6 pasos de activación de las bobinas de un motor BLDC, así

como el flujo de corriente entre sus bobinas generando de esta manera el cambio de polaridad magnética entre las mismas (p. 39)

Figura 14

Secuencia de conmutación de las bobinas



Nota. El flujo de corriente entre las distintas bobinas permite generar los campos magnéticos requeridos para el accionamiento del motor. Tomado de (Padmaraja, 2003)

Baterías

Las baterías son el elemento destinado a almacenar la energía que necesitará el motor, las cuales deben cubrir las necesidades del motor durante una cantidad elevada de kilómetros sin presentar un peso o un volumen desproporcionados, así como aguantar ciclos de carga y descarga continuos. (Cuesta Capellan, 20017)

Baterías de Plomo – ácido

Son baterías normalmente utilizadas en vehículos convencionales a combustión, esto debido a la excelente descarga que tiene el cual es aprovechado por el motor de arranque de ese tipo de vehículos, a pesar de su principal desventaja el cual es el peso superior en relación a otro tipo de baterías. (Peña Ordoñez, 2011)

Baterías de Níquel – Cadmio

Este tipo de baterías utilizan hidróxido de níquel como cátodo y un compuesto de cadmio y un electrolito de hidróxido de potasio como ánodo. Tienen un buen rendimiento a bajas temperaturas, una vida útil larga y una velocidad de carga elevada. Debido a que su densidad de energía es de tan solo 50Wh/kg. Por lo que también admite sobrecargas, puede seguir siendo cargada a pesar de no almacenar la energía recibida (Peña Ordoñez, 2011)

Baterías de Níquel – Hidruro metálico

Es presente comercialmente desde finales del siglo XX comuna alternativa a su predecesora que utilizaba cadmio, reduciendo de esta forma el impacto ambiental negativo de la batería, siendo su principal característica una evolución respecto a las de Níquel – Cadmio. El cátodo es una aleación de hidruro metálico mientras que el ánodo hidróxido de níquel. logrando de esta forma una disminución en su peso y en el efecto memoria.

Baterías de Ion – Litio

En la actualidad son las más utilizadas por los vehículos eléctricos. El ánodo suele ser de base carbono o litio – titanato. A pesar de que existen diversos tipos de baterías de iones de litio, por lo general suelen tener una tensión de 3.6V

Capítulo III

Diseño y construcción del módulo de entrenamiento

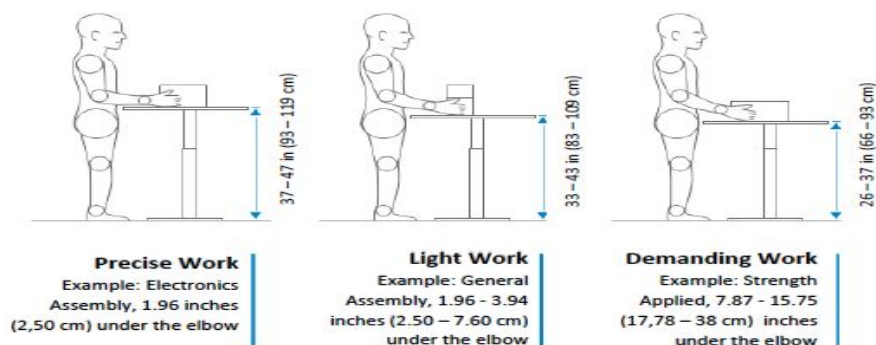
Diseño del módulo de aprendizaje del tren de potencia de un vehículo eléctrico

El presente módulo está diseñado con el objetivo de que los estudiantes puedan aprender y sentirse cómodos con el mismo, por lo que partiendo de este aspecto para su realización se basa en un diseño ergonómico de una mesa de trabajo evitando de esta manera un posible problema de postura.

Según (Larrañaga, 2019) en su artículo acerca de la ergonomía en los puestos de trabajo oficina y taller comenta sobre la necesidad de adaptar la mesa de trabajo según la actividad que se vaya a desarrollar, pues no es lo mismo un trabajo de precisión que necesita su mesa de trabajo más cerca de su cuerpo y ojos a una que sea más pesada, que requiera una parte superior más baja, que reduzca el peso empujado o tirado por el operador como lo podemos apreciar en la Figura 15

Figura 15

Altura de una mesa de escritorio según el tipo de trabajo



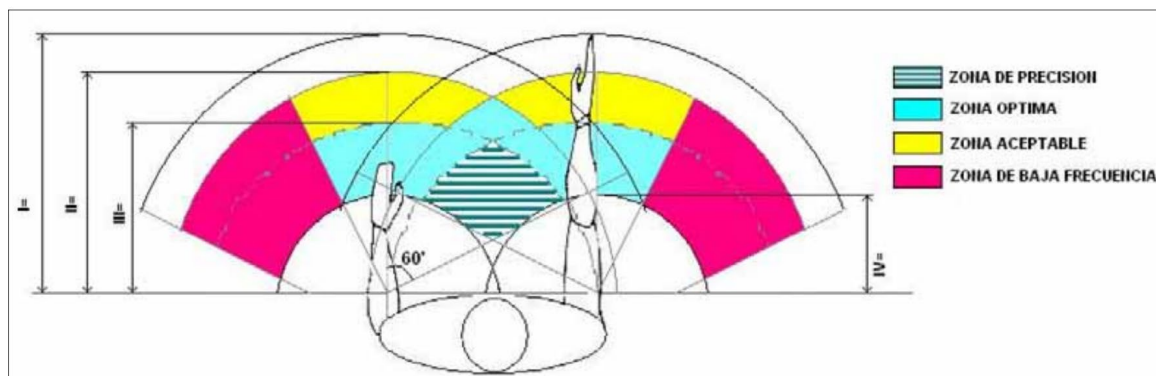
Nota. Se representa las medidas necesarias para una mesa de trabajo, según la actividad que se desempeñe. Tomado de(Larrañaga, 2019)

De acuerdo con el gráfico se puede observar que la medida adecuada para el módulo de entrenamiento es entre 83 y 109 centímetros, puesto que el trabajo realizado no representa esfuerzo o fatiga por parte del operario.

Para el caso de la superficie de trabajo es necesario conocer el alcance que puede tener una persona, ya que para el caso del módulo de trabajo no se diseñó para alguien en concreto se toma valores promedio, en el caso de una mujer puede variar entre 59.5 y 61 centímetros mientras que para los hombres puede ser entre 63.5 y 66 centímetros según (escuelaing, 2011). Siendo la superficie óptima la que se encuentra en el antebrazo como se puede apreciar en la Figura 16.

Figura 16

Profundidad de la superficie de trabajo



Nota. Se puede apreciar en I. el alcance máximo, II. Alcance máximo de agarre, III. Alcance mínimo, IV. Alcance normal. Tomado de (escuelaing, 2011).

Por lo tanto, para el diseño de la mesa de trabajo del módulo de entrenamiento se toma 83 centímetros como altura y un máximo de 60 centímetros de profundidad para el uso de los

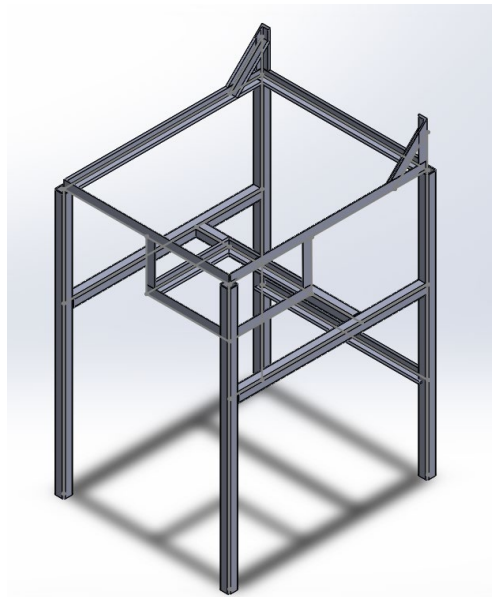
controles, ubicando los sockets o tomas de conexión a una distancia entre 35 y 45 centímetros de distancia, misma que es la zona optima de maniobrabilidad.

Proceso de modelado del módulo de entrenamiento de un vehículo eléctrico

En el presente existen diversos programas que facilitan el modelado de cualquier pieza o estructura, este es el caso de SolidWorks, el cual es un entorno de diseño y modelado que permite visualizar de mejor manera el objeto que se desea crear, en este caso la estructura del módulo de entrenamiento, para lo cual partiendo de los datos obtenidos en la ergonomía del mismo se precede a diseñar diversas estructuras con el fin de encontrar la que mejor se adapte a las prestaciones requeridas por el mismo, llegando a la que se puede observar en la Figura 17 la cual cuenta con una altura de 80 cm. Una profundidad de 60 cm. Y un ancho de 50 cm.

Figura 17

Estructura del módulo de aprendizaje de un vehículo eléctrico



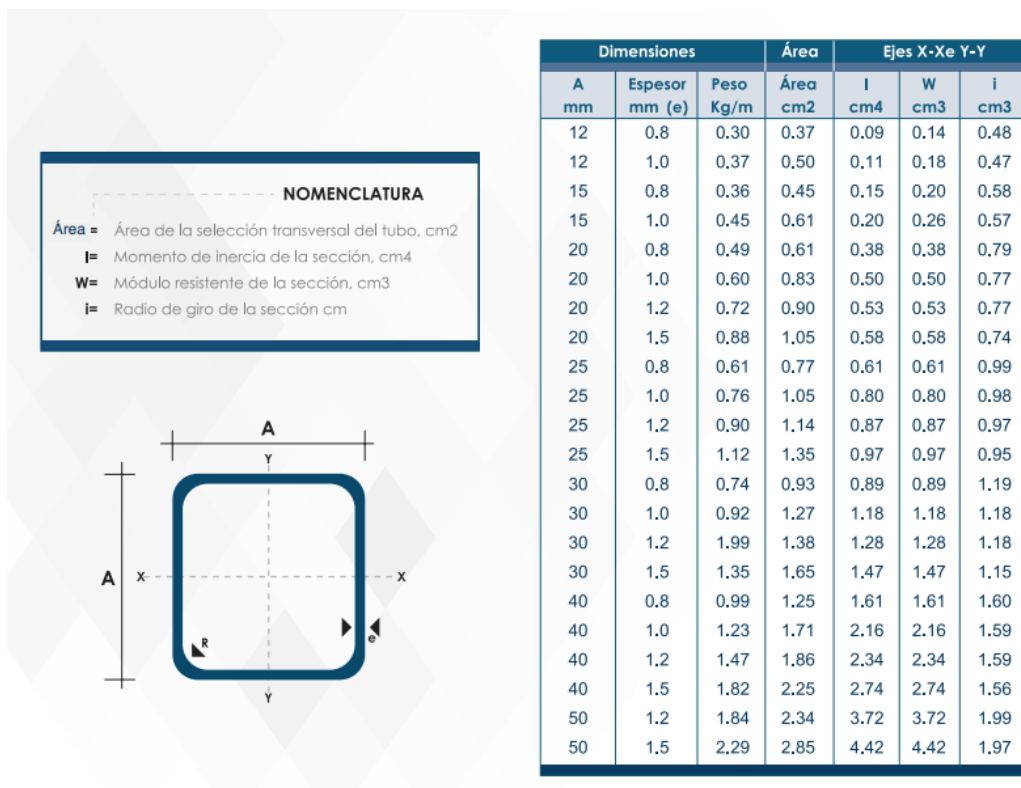
Nota. Diseño estructural del módulo de entrenamiento dibujado en SolidWorks.

Selección del perfil

Previo a la elaboración de la estructurar del módulo es necesario conocer el perfil necesario para su elaboración, en este caso es necesario de un tubo estructural cuadrado y un ángulo de hierro, de los cuales según el catálogo de Dipac cuenta con un tubo de (30 x 30) milímetros y un espesor de 1.5 milímetros como se puede apreciar en la Figura 18

Figura 18

Catálogo de tubo estructural cuadrado



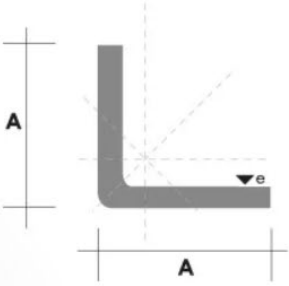
Nota. Dimensiones y espesor de tubos estructurales cuadrados tomados de (DIPAC, 2020)

El tubo estructural cuadrado será empleado en la construcción de las patas del módulo, así como en los travesaños laterales, con la finalidad de obtener mejor sujeción y adherencia del módulo al piso mientras que para el marco de la mesa y el marco de sujeción de la batería

se utilizara ángulos de hierro de 25 milímetros con un espesor de 2 milímetros, mismos que también se encuentran en el catálogo de Dipac como se puede ver en la figura 19

Figura 19

Catálogo de perfil estructural de acero



Denominación	mm		kg/m	kg/6m	cm ²
	A	e			
AL 20X2	20	2	0.60	3.62	0.76
AL 20X3	20	3	0.87	5.27	1.11
AL 25X2	25	2	0.75	4.56	0.96
AL 25X3	25	3	1.11	6.68	1.41
AL 25X4	25	4	1.45	8.75	1.84
AL 30X3	30	3	1.36	8.13	1.71
AL 30X4	30	4	1.77	10.63	2.24
AL 40X3	40	3	1.81	11.00	2.31
AL 40X4	40	4	2.39	14.34	3.04
AL 40X6	40	6	3.49	21.34	4.44
AL 50X3	50	3	2.29	13.85	2.91
AL 50X4	50	4	3.02	18.33	3.84
AL 50X6	50	6	4.43	26.58	5.64
AL 60X6	60	6	5.37	32.54	6.84
AL 60X8	60	8	7.09	42.54	9.03
AL 65X6	65	6	5.84	35.25	7.44
AL 70X6	70	6	6.32	38.28	8.05
AL 75X6	75	6	6.78	40.65	8.64
AL 75X8	75	8	8.92	54.18	11.36
AL 80X8	80	8	9.14	56.95	11.60
AL 100X6	100	6	9.14	56.95	11.64
AL 100X8	100	8	12.06	74.05	15.36
AL 100X10	100	10	15.04	90.21	19.15
AL 100X12	100	12	18.26	109.54	22.56

También en galvanizado e inoxidable

Nota. Dimensiones y espesor de perfil estructural de acero. Tomado de (DIPAC, 2020)

Selección de electrodo

El material utilizado para la construcción del módulo es de hierro carbono o también denominado (acero dulce), por lo que es necesario la implementación de un electrodo que aporte el mismo tipo de material a la fundición, de esta manera el electrodo seleccionado es el 6011 al contar con la misma composición que el material base o la estructura a ser soldada como se puede apreciar en la Figura 20

Figura 20

Composición química del electrodo 6011

COMPOSICION QUIMICA DEL METAL DEPOSITADO	
C	0,11%
Mn	0,41%
Si	0,23%
P	0,010%
S	0,017%

Nota. Tabla de porcentajes de la composición química del electrodo 6011. Tomado de (INDURA, 2020)

Selección de componentes

Batería

En el caso de la batería se opta por la utilización de celdas de ion de litio las cuales han adquirido mayor relevancia en vehículos eléctricos a diferencia de las baterías tradicionales de plomo ácido, esto debido a su mayor eficiencia un 30% más que las baterías tradicionales, además de una densidad de energía mucho mayor por lo que puede almacenar más energía ocupando menos espacio y con un peso menor (Llera, 2022)

El módulo de entrenamiento requiere una batería de 48 voltios para su correcto funcionamiento mientras que cada celda cuenta con 3.7 voltios cada una por lo que es necesario aumentar celdas en serie para aumentar su voltaje mientras que para aumentar el amperage es necesario aumentar las baterías en paralelo para lo que tomaremos a cada celda como 2.5 amperios de capacidad como se puede apreciar en la Figura 21

Figura 21

Capacidad de voltaje y carga de las celdas de ion litio



Nota. Las celdas cuentan con un voltaje de 3.7 voltios y 2.5 amperios de capacidad. Tomado de (DIY Baterías LiFePO4 ESP, s.f.)

Cálculo del número de celdas necesarias para la batería

Según (baterías y amperios, s.f.). la conexión en paralelo de dos baterías iguales, permite obtener una salida del doble de la capacidad de las baterías individuales, mientras que si la conexión es en serie se sumaran los valores de tensión de las mismas.

Donde:

- Voltaje de batería = 48V.
- Voltaje de celda = 3.8V.
- Amperaje de la celda = 2.5Amp.
- Amperaje de la batería = 15Amp.

Voltaje de batería = voltaje de celda * numero de celdas en serie

$$\text{numero de celdas en serie} = \frac{\text{Voltaje de batería}}{\text{voltaje de celda}}$$

$$\text{numero de celdas en serie} = \frac{48 \text{ V.}}{3.8 \text{ V.}}$$

$$\text{numero de celdas en serie} = 12.63$$

teniendo como numero de celdas en serie 12 para un voltaje de 48 voltios

Amperaje de la batería = Amperaje de la celda * número de celdas en paralelo

$$\text{numero de celdas en paralelo} = \frac{\text{amperaje de batería}}{\text{amperaje de celda}}$$

$$\text{numero de celdas en paralelo} = \frac{15 \text{ Amp.}}{2.5 \text{ Amp.}}$$

$$\text{numero de celdas en paralelo} = 6$$

por lo que el número total de celdas requeridas por la batería son el número de celdas en serie por el número de celdas en paralelo

número total de celdas = numero de celdas en serie * numero de celdas en paralelo

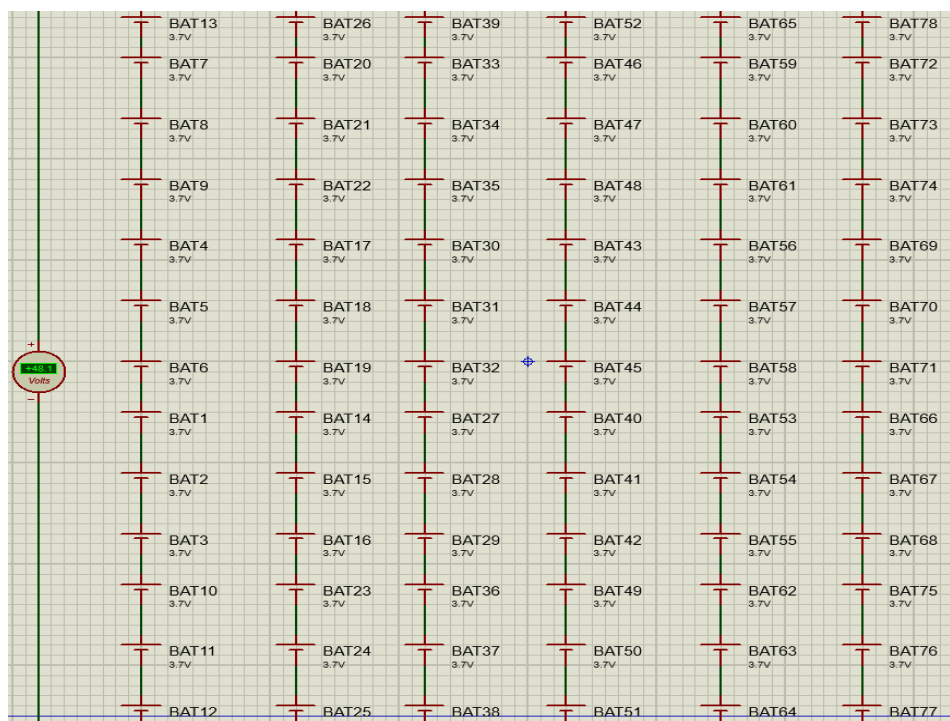
$$\text{número total de celdas} = 12 * 6$$

$$\text{número total de celdas} = 72$$

denotando el número total de celdas necesarias para el circuito de 78 como se puede observar en la figura 22

Figura 22

Simulación en Proteus de la conexión de las celdas en la batería



Nota. Las celdas se encuentran conectadas en columnas de 13 conectadas en serie y 6 filas conectadas en paralelo generando un voltaje de 48.1 volteos

Selección del motor y controlador

Es importante que la selección del motor y el controlador sean tomados a la par pues dependen mutuamente para su funcionamiento, en el caso del motor sin escobillas de imanes permanentes o también denominado busheles es imperante que cuente con tres bobinados y

tres sensores de posición para su adecuado funcionamiento, de no ser el caso ninguno de los dos funcionara.

Para el caso del módulo de entrenamiento constara de un controlador y un motor de 350 watts de capacidad los cuales fueron adquiridos en conjunto para no tener problemas al momento de su conexión, el controlador además permitirá variar velocidades, desconexión al momento del frenado y control de velocidad a través del pedal de aceleración como se logra apreciar en la figura 23

Figura 23

Conexión del controlador del motor brushless



Nota. El controlador cuenta con alimentación de 48 voltios (rojo-negro). Motor brushless (3 gruesos: verde, amarillo, azul, 5 finos: rojo, negro, verde, amarillo, azul). Frenos: celeste, negro. Acelerador: rojo, negro, verde. Selector de velocidades (negro, café, café-línea blanca).

Tomado de (Motor para bicicleta, s.f.)

Selección del acelerador

Se utiliza el sensor del pedal del acelerador APP como se logra apreciar en la Figura 24. El cual detecta la posición del acelerador a través del voltaje suministrado por el sensor el cual puede variar de 0.3 a 4.8 Voltios a manera descendente o ascendente según (Auto Avance, 2021) anterior mente se utilizaba sensores resistivos, pero en la actualidad estos sensores son de tipo hall que para el caso del módulo utiliza un censo SS49E mismo que es un sensor de efecto hall digital.

Figura 24

Sensor de posición del acelerador APP



Nota. Se implementa este sensor al corresponder con el mismo voltaje de operación del controlador el cual se encuentra entre los 0.5 y 4.5 voltios. Tomado de (Auto Avance, 2021).

Selector de velocidades y pulsador de freno

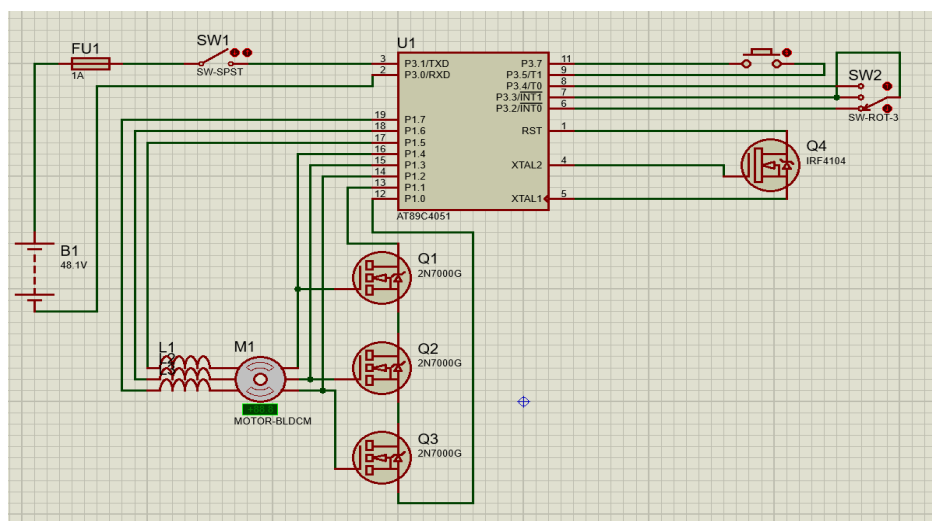
En el caso del freno se utilizará un pulsador normalmente abierto, dado que si se cierra el circuito el controlador detendrá la operación del motor. Mientras que para el selector de velocidades se implementará un interruptor de tres posiciones mismo que permitirá mediante el acople entre ellos seleccionar la velocidad del motor, cabe recalcar que en caso de desconexión o falta del mismo el controlador lo tomara siempre como en velocidad media.

Diagrama de conexión del tren de potencia eléctrico

Para lo cual se utiliza el simulador electrónico Proteus 8.9 mismo que me permite representar las partes utilizadas por el tren de potencia eléctrico del módulo y su conexión hacia el controlador como se puede apreciar en la Figura 25

Figura 25

Simulación del diagrama de conexión del tren de potencia eléctrico en Proteus 8.9



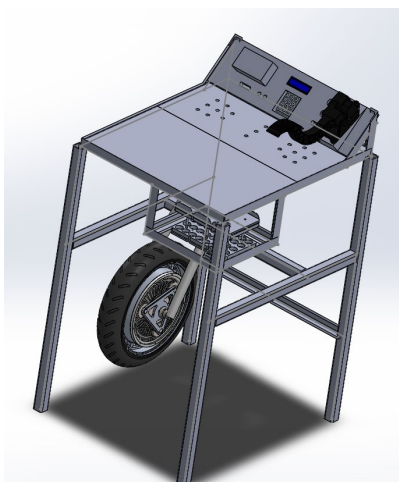
Nota. Cabe recalcar que el controlador no se encuentra en las librerías de Proteus por lo que es solo una representación gráfica del mismo y su conexión

Disposición de componentes para el módulo de entrenamiento

Se procede a disponer los elementos de control en la parte posterior a la mesa de trabajo, pero siendo todos frontales hacia el operario, la misma manera cada uno de los sockets de selección se encuentran en la parte media posterior de la mesa de trabajo, mientras que su batería se encuentra resguardada bajo la mesa, pero con cristales que faciliten su visualización, así como la del motor que se encuentra suspendido en la parte inferior a la izquierda de la mesa de trabajo. Con la finalidad de precautelar la integridad de los operarios y evitar accidentes, cada uno de los componentes principales se pueden apreciar en la figura 26

Figura 26

Ensamble de los componentes del módulo de entrenamiento



Nota. Se encuentran dibujados y ensamblados en SolidWorks con el objetivo de visualizar de mejor manera cada uno de los componentes antes de su construcción.

Construcción del módulo de entrenamiento

Previo a la construcción de la estructura del módulo de entrenamiento se toma de referencia de un plano previamente elaborado el cual consta las medidas y dimensiones, con la

finalidad de una rápida ejecución en el corte y soldado de los mismos, de esta forma se obtiene una reducción del tiempo de elaboración y pérdida de material.

La selección de material que se utilizara para la construcción estructural del módulo de entrenamiento se especifica en la siguiente Tabla 1

Tabla 1

Materiales utilizados

Especificaciones del material utilizado en la estructura	
Material	Área por espesor
Tubo estructural cuadrado	30 x 1.5mm.
Perfil estructural de acero	AL 25 x 2mm.

Nota. Materiales empleados en la construcción del módulo de entrenamiento

Corte del tubo estructural

Se procede a medir con la ayuda de un flexómetro las longitudes requeridas y con la ayuda de una escuadra metálica se marca la superficie a ser cortada, posteriormente con la ayuda de una entenalla se sujeta la pieza para que sea mucho más fácil realizar el corte como se puede apreciar en la Figura 27

Figura 27

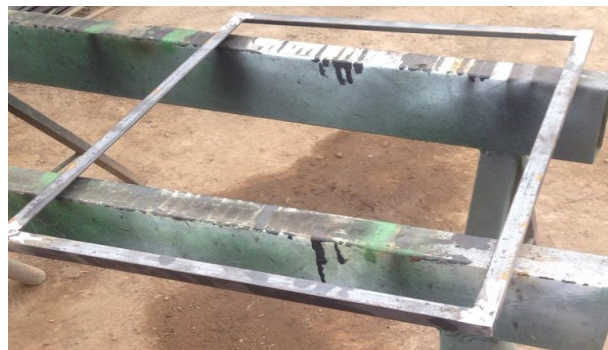
Medición y corte de tubo estructural cuadrado

***Soldadura de la estructura***

Para un trabajo más eficiente se corta primero todas las piezas necesarias antes de realizar la soldadura, posteriormente se coloca sobre una superficie plana y con la ayuda de ángulos si así lo requiere se ponen puntos de soldadura con la finalidad de verificar que todas las piezas y sobre todo los ángulos sean los adecuados, posterior a la verificación se procede a soldar un cordón de soldadura para mantener fijos todos las piezas y darle la forma a la estructura del módulo como se puede apreciar en la Figura 28

Figura 28

Soldadura de los ángulos de acero



Tratamiento superficial

Después de haber soldado cada una de las piezas con la ayuda de una soldadura de arco eléctrico SMAW y un electrodo 6011 se procede con una pulidora a retirar toda la escoria que se encuentre pegada en la estructura además de lijarla preparándola para pintarla como se puede apreciar en la Figura 29

Figura 29

Armado de la estructura del módulo de entrenamiento

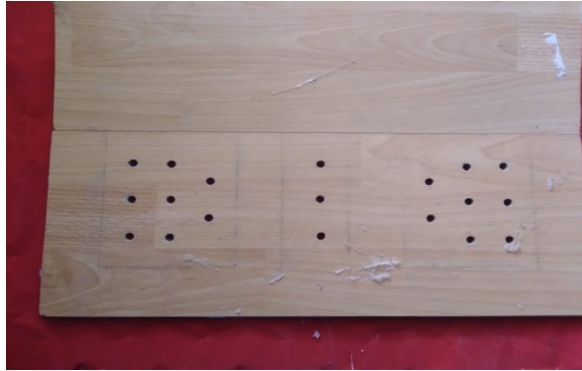


Elaboración de la mesa de trabajo

Con los planos previamente establecidos se procede a marcar en la tabla antes de proceder a cortar y perforarla según las especificaciones requeridas de esta manera evitando desperdicio de material y posibles fallas al momento de su elaboración como se puede ver en la figura 30

Figura 30

Corte y perforación de la mesa de trabajo

**Verificación de los componentes**

Antes de proceder a ensamblar en módulo de entrenamiento se verifico el correcto funcionamiento de los mismos pieza por pieza, de esta manera garantizando su adecuado desempeño al momento de ejecutar el mismo, en el caso del motor brushless se procedió a desarmarlo verificando devanados, sensores y rodamientos como se puede apreciar en la Figura 31.

Figura 31

Verificación del motor brushless



Ensamble de los componentes del módulo de entrenamiento

Con la estructura terminada y las partes lista para ser acopladas se procedió a ensamblar cada una de ellas verificando su adecuado funcionamiento al ser accionadas, cada una de las partes cuenta con sockets o acoples de conexión y desconexión que permitirán al usuario poder desmontarla en su totalidad para de esta forma pueda aprender en mayor profundidad si lo requiere, el ensamble final y funcional se puede apreciar en la siguiente figura 32

Figura 32

Armado de los componentes del módulo de entrenamiento



Aplicación de distintivos en el módulo de entrenamiento

Con la finalidad de ser más amigable con los usuarios se procedió a colocar distintivos de colores que le permitan visualizar de mejor manera cada uno de los acoples, así como la polaridad de cada uno, evitando inconvenientes al momento de su ejecución

Capítulo IV

Pruebas experimentales y diseño de manuales

Recopilación de datos

Para la recopilación de datos del módulo de entrenamiento de un vehículo eléctrico, se toma de los bornes de medición ubicados en la mesa de trabajo del módulo, se procedió a tomarlos con una carga de batería de 49.03 volteos.

Batería

Toma de datos suministrados por la batería en la Tabla 2

Tabla 2

Datos de la batería

COMPONENTES	VOLTAJE (MEDICIÓN EN VOLTEOS)
Batería sin accionamiento del módulo	49.03
Batería con accionamiento del módulo	47.88
Celda sin accionamiento del módulo	3.76
Celda con accionamiento del módulo	3.57

Control

Toma de datos proporcionados por los bornes de conexión del control como se puede apreciar en la Tabla 3

Tabla 3*Datos del control del motor*

COMPONENTES	VOLTAJE (MEDICIÓN EN VOLTEOS)
Alimentación de freno sin accionar	4.75
Alimentación de freno accionado	5.75
Masa del freno	0
Velocidades baja y alta	5.04
Alimentación del acelerador	4.36
Masa del acelerador	0
Señal del acelerador	0.65 – 3.49

Motor

Toma de datos proporcionados por los bornes de conexión del motor como se puede apreciar en la Tabla 4

Tabla 4*Datos del Motor*

COMPONENTES	VOLTAJE (MEDICIÓN EN VOLTEOS)
Alimentación del sensor de posición	4.75

COMPONENTES	VOLTAJE (MEDICIÓN EN VOLTEOS)
Masa del sensor de posición	0
Señal del sensor de posición verde	0.76 – 2.26
Señal del sensor de posición azul	2.45 – 0.51
Señal del sensor de posición amarillo	2.45 – 0.21
Devanado verde	24.41
Devanado azul	24.35
Devanado amarillo	24.34

Prueba de descarga de la batería

Toma de datos de la descarga de la batería por voltajes a máxima revolución y sin carga como se puede apreciar en la Tabla 5

Tabla 5

Datos de la descarga de la batería por voltes

Voltaje en Volteos	Tiempo
48.7	0:00
47	09:52
46	23:42

Voltaje en Volteos	Tiempo
45	29:41
44	44:19
43	1:20:33
42	1:38:43
41	1:48:35
40	1:57:16
39	2:08:11
38.5	2:42:13

Prueba de carga de la batería

Toma de datos de la carga de la batería por voltajes a 1.2 Amperios suministrados por el cargador como se aprecia en la Tabla 6

Tabla 6

Datos de carga de la batería por volteos a 1.2 amperios

Voltaje en Volteos	Tiempo
40	0:00
44	0:46

Voltaje en Volteos	Tiempo
45	3:12
46	14:05
47	36:06
48	1:22:33

Manual de usuario y de practicas

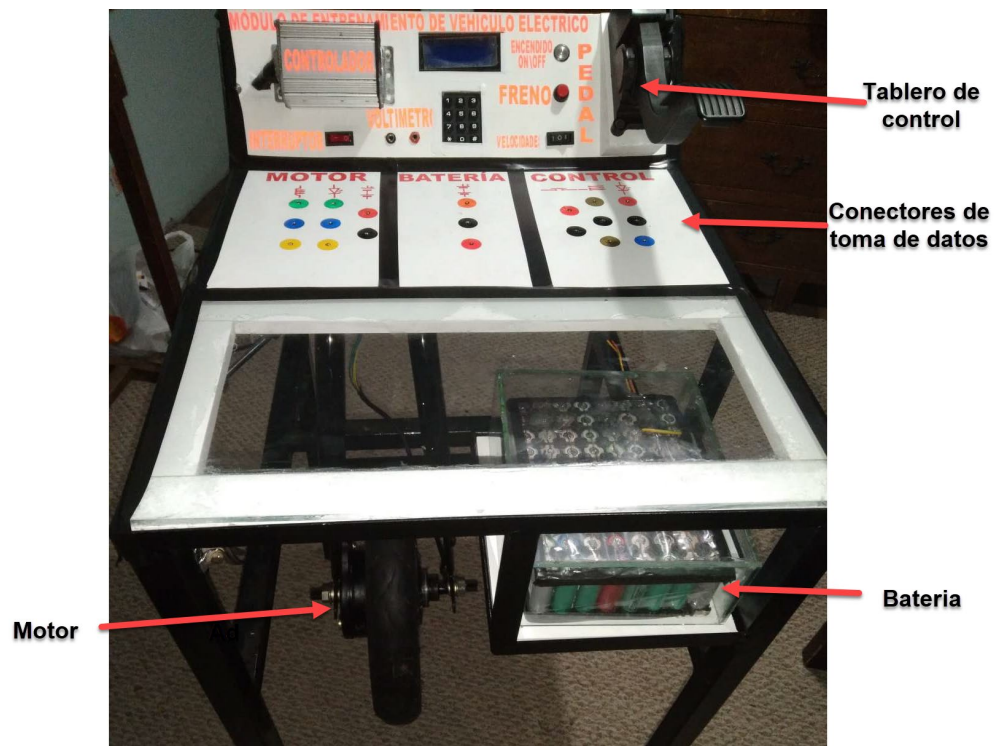
En el presente capitulo se abordará sobre la adecuada ejecución del módulo de entrenamiento con el objetivo de que el usuario pueda entender su correcto funcionamiento.

Manual de usuario

Para una mejor comprensión del mismo se procederá a dividir al módulo de entrenamiento en sesiones, logrando de esta manera discernir al mismo en partes más pequeñas y poder entender de mejor manera su funcionamiento, los componentes principales del módulo de control los podemos apreciar en la siguiente. Figura 33

Figura 33

Disposición de los componentes del módulo de entrenamiento



Tablero de control

Es la parte del módulo en donde se encuentran los comandos del módulo como se puede apreciar en la Figura 34

Figura 34

Tablero de control



El controlador: es de 350 watts de capacidad y funciona a 48 voltios de alimentación es el encargado de recibir los comandos acelerador velocidades y freno, a la vez de suministrar alimentación a él devanado del motor

Interruptor: permite el paso de corriente de la batería al controlador

Encendido: activa al controlador a través del paso de corriente de la batería al controlador

Pulsador de freno: simula la condición de frenado del vehículo interrumpiendo la energía al motor

Interruptor de velocidades: regula el nivel de energía suministrada al motor y cuenta con tres posiciones de velocidad (en caso de encontrarse desconectado se mantendrá en velocidad media)

Pedal: regula el accionamiento del motor o la energía suministrada al mismo a través de un sensor de efecto hall digital (SS49E), el cual varía la energía suministrada al controlador según la polaridad de un imán en la base del pedal

Pantalla: visualiza la práctica en la que se encuentra el usuario, así como los comandos que requiera el mismo

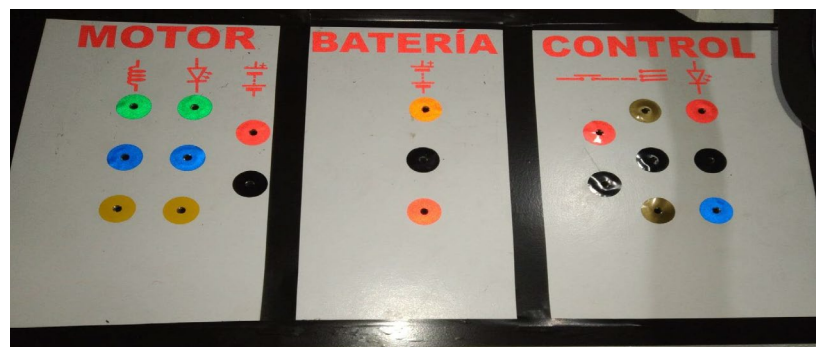
Teclado: Permite gestionar el módulo de entrenamiento de vehículos híbridos en el caso que requiera un accionamiento total o por prácticas

Conectores de toma de datos (bornes de medición)

Es la parte del módulo que suministra valores de voltaje a través de los bornes de medición que se encuentran distribuidos como se puede apreciar en la Figura 35

Figura 35

Conectores de toma de datos



Conectores del Motor: se encuentran los bornes de conexión del devanado del motor, sensor de posición y alimentación del sensor

Conectores de la Batería: se encuentran los bornes de conexión de la batería total y por celda

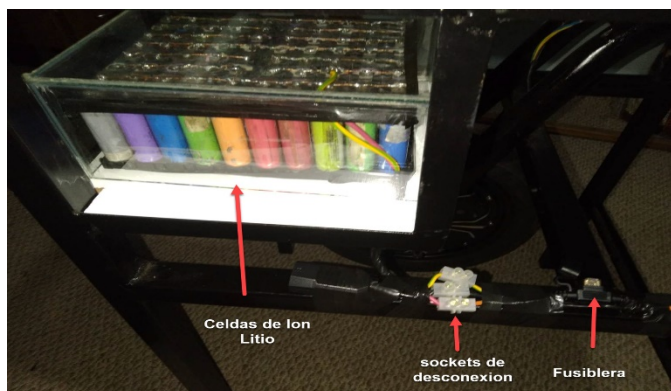
Conectores del control: se encuentra los bornes del pulsador del freno, interruptor de velocidades del motor y sensor de posición del pedal

Batería:

Suministra la alimentación al sistema y se encuentra a la izquierda del módulo además de contar con un fusible de protección como se puede apreciar en la Figura 36

Figura 36

Alimentación del módulo

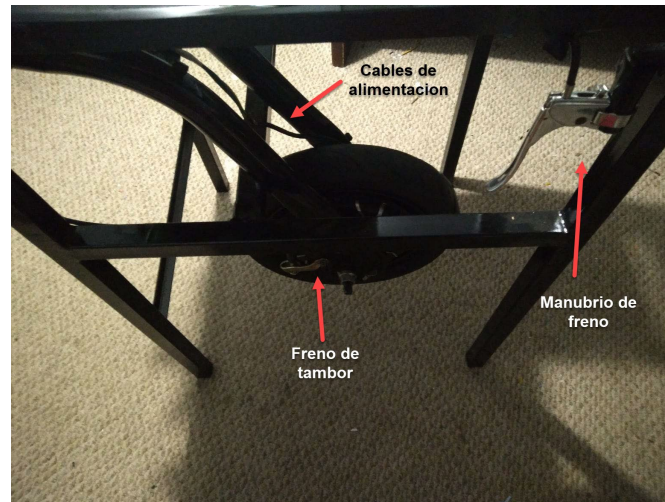


Celdas de iones de litio: Cuenta con 80 celdas de litio de 3.7 voltios cada una suministrando 48 voltios y 15 amperios de carga.

Fusiblera: tiene un fusible de 7.5 amperios que sirven de protección para la batería.

Motor:

Es un motor de corriente continua sin escobillas en el que se encuentra los cables de conexión además del freno de mano como se puede apreciar en la Figura 37

Figura 37*Accionamiento del módulo*

Motor brushless: de 350 watts de potencia y 48 voltios de alimentación

Freno de tambor: accionado mecánicamente por medio de un cable al manubrio de accionamiento ubicado en la parte frontal del módulo

Cables de alimentación: cables del devanado de accionamiento del motor eléctrico y cables de sensores de posición de efecto Hall F41

Gestor de prácticas

Módulo de aprendizaje de un vehículo eléctrico

El presente módulo permitirá a su usuario comprender de mejor manera el funcionamiento del tren de potencia de un motor sin escobillas también denominado Brushless

motor sin escobillas de corriente continua (BLDC)

También denominado motor brushless es un tipo de motor eléctrico que, a diferencia de los motores convencionales con escobillas, carece de las mismas, esto debido a que posee imanes permanentes en el rotor (que es la parte móvil del motor), y el devanado o bobinado del hilo conductor se encuentra en el estator como se puede apreciar en la siguiente Figura 38.

Figura 38

Motor Brushless de corriente continua

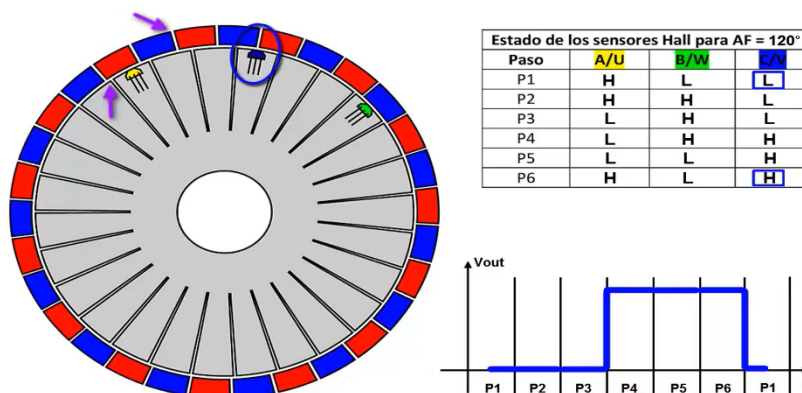


Funcionamiento

Se basa en la alimentación secuencial de cada una de las fases del estator de manera sincronizada con el movimiento del rotor, controladas a través de sensores de efecto hall 3144E mismos que dan una señal digital que activa o desactiva cada una de las fases del bobinado como se puede ver en la Figura 39

Figura 39

Detección y activación de los sensores de posicionamiento



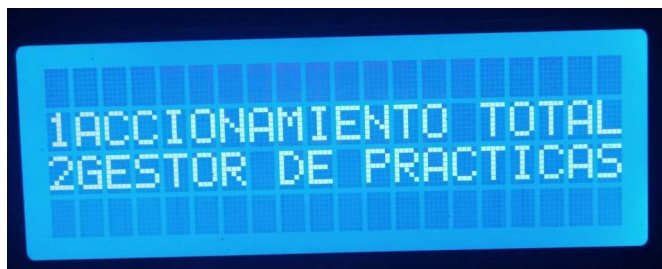
Nota. Detección y activación de los sensores de posicionamiento, en caso de encontrarse en contacto con el imán de color rojo este dará un valor alto de activación (high). Tomado de (FIXSCOOTER, 2022)

Accionamiento

El módulo permitirá al usuario poder elegir el accionamiento del mismo a través de un menú desplegado en la pantalla como se ve en la Figura 40. El mismo que contiene los comandos de accionamiento total y gestor de prácticas.

Figura 40

Menú principal del módulo de entrenamiento



Accionamiento total

Al seleccionar accionamiento total, podrá visualizar el movimiento del motor BLDC mediante el accionamiento del pedal del acelerador, constatando su funcionamiento, así como obtener la caída de tensión tanto de la batería y la celda como se muestra en la figura

Figura 41

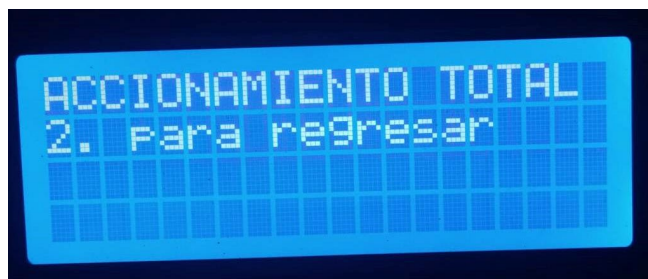
Toma de datos de la batería en accionamiento



Para salir del accionamiento total, presione 2 en el teclado como se muestra en la pantalla y lo podemos apreciar en la Figura 42. De esta manera regresara al menú principal

Figura 42

Pantalla de selección de salida de la practica

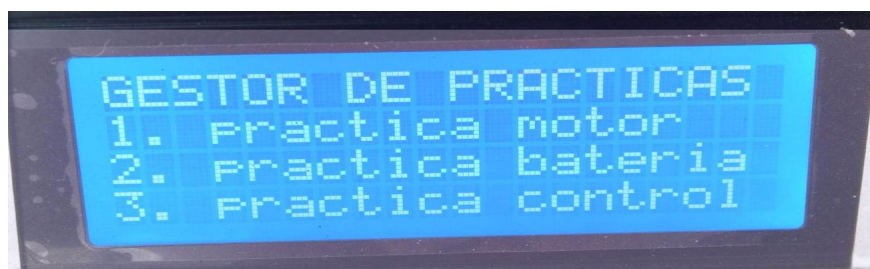


Gestor de prácticas por áreas

Al presionar 2 en el menú principal, se desplegará un menú secundario como se puede ver en la Figura 43. Mismo que permitirá al usuario poder tomar valores de tensión de los diferentes componentes como batería, motor y control por partes, de esta manera se podrá verificar valores de cada uno de ellos por separado sin el accionamiento del motor

Figura 43

Segundo menú del módulo de entrenamiento



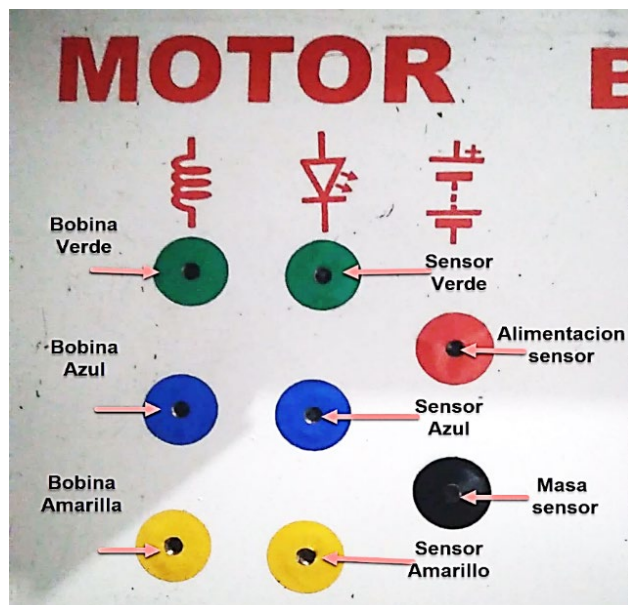
Práctica del motor

En la práctica motor cuenta con 8 bornes de conexión de los cuales 3 son del bobinado y 3 de los sensores de posición mismos que se encuentran diferenciados por el color a manera

didáctica en verde azul y amarillo, 1 borne de alimentación color rojo y uno de masa de color negro como se puede apreciar en la Figura 44

Figura 44

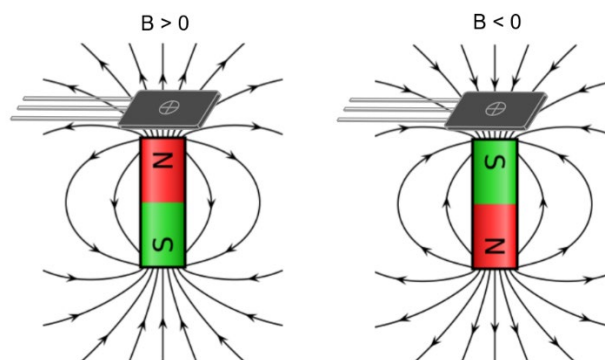
Bornes de conexión del motor



El sensor de posicionamiento de efecto hall Bipolar SS41F es un sensor de tipo digital mismo que envía un pulso o señal alto cada que pasa por el polo positivo del imán mientras que cuando pasa por el polo negativo del mismo envía una señal baja como se observa en la Figura 45. De esta manera el motor puede saber cuándo activar o desactivar el campo magnético producido por el devanado de la bobina.

Figura 45

Accionamiento de un sensor de tipo Hall Bipolar



Nota. Funcionamiento de un sensor de tipo hall bipolar dependiendo de la polaridad del imán que pase frente del mismo. Imagen tomada del artículo sobre sensores de efecto hall (Clases para todos, 2022)

Escriba los valores proporcionados por la alimentación y masa de los sensores de efecto hall, así como el valor de activación y desactivación del sensor (rote la rueda manualmente para variar el valor de activación y desactivación de los sensores)

- Voltaje de alimentación: ...4.56V
- voltaje de masa: ...0V
- Voltaje de activación del sensor: ...4.56V
- Voltaje de desactivación del sensor: ...0V

¿Cuántos sensores pueden estar activados a la vez?: ... pueden estar activado de uno a máximo 2 sensores a la vez

Las bobinas no son más que un alambre o hilo generalmente de cobre enrollado en forma de espiral, cuya función es la de almacenar energía en forma de campo magnético

cuando es atravesada por una corriente eléctrica, de esta forma a través de los imanes ubicados en el rotor convertimos la energía eléctrica en energía cinética o de movimiento, la forma de variar su velocidad es a través de la modulación por ancho de pulso o PWM por sus siglas en inglés (Pulse Width Modulation)

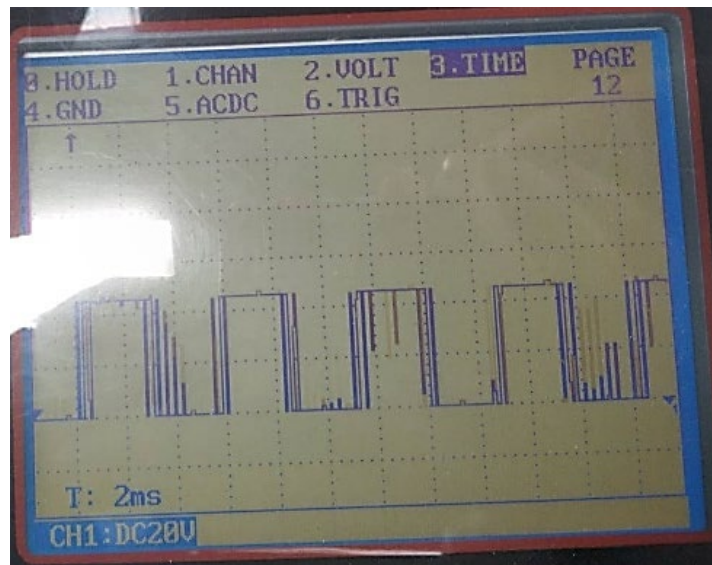
Escriba los valores proporcionados por las bobinas, en caso de contar con osciloscopio, inserte la imagen de la forma de onda generada en las bobinas

- Voltaje de las bobinas: ...23.2

Inserte la imagen suministrada por el osciloscopio como se puede apreciar en la Figura 46

Figura 46

Captura del osciloscopio cuando se media una bobina en activación



Para salir de la práctica de motor presione 2 en el teclado como se muestra en la pantalla, de esta manera regresara al menú principal

Práctica de batería

En la práctica Batería cuenta con 3 bornes de conexión que le ayudaran en la lectura de toma de datos, la celda superior de color naranja es el voltaje de celda, la de la mitad de color negro el voltaje de masa y la inferior de color rojo es el voltaje de la batería como se puede apreciar en la Figura 47

Figura 47

Bornes de conexión de la batería



Las baterías son dispositivos portátiles que producen energía eléctrica a partir de una reacción química, en el caso de las baterías de iones de litio 18650 esta reacción se basa en el potencial electroquímico, que es la tendencia del litio a perder su único electrón, las especificaciones de la batería las podemos apreciar en la Figura 48

Figura 48

Datos de la celda 18650

Model: 18650 2200mAh
Standard Voltage: 3.7V
Minimum Discharge Voltage: 2.75V
Maximum Discharge Voltage: 4.2V



Nota. Valores de voltaje y capacidad de una celda 18650. Tomado de (TENERGY CORPORATION, 2009)

Verifique el voltaje de la celda y batería

- Voltaje de celda: ... 3.86V
- Voltaje de masa: ... 0V
- Voltaje de batería: ... 45.6V

La conexión mixta de las celdas se utiliza cuando se requiere aumentar el voltaje de la batería, mientras que la conexión en paralelo permite aumentar el amperaje de las mismas, calcule el número de baterías en serie que se encuentran conectadas según el voltaje de la celda y batería obtenidos

- Numero de celdas en serie: ... 12
- Numero de celdas en paralelo: ... 6

La potencia eléctrica es un parámetro que indica la cantidad de energía eléctrica que se transfiere de una fuente en este caso la batería, a un elemento consumidor que en este caso es un motor de 125 watts, por lo que según la fórmula de Potencia eléctrica ($P = \text{tensión (V)} \times \text{Intensidad (I)}$) calcule la intensidad del módulo

- Intensidad del módulo: ...2.6amp

La capacidad de la batería es el potencial que posee una batería completamente cargada para suministrar un valor de corriente determinado (A) durante un tiempo definido (h), en el caso de las celdas es de 2200 (mAh). Sabiendo que la fórmula de la Capacidad de carga ($C = \text{Intensidad (I)} \times \text{Tiempo(t)}$), calcule la capacidad total de la batería y el tiempo que tomaría descargarla completamente

- Capacidad total de la batería: ...13200mAmp.
- Tiempo de descarga de la batería: ... 4:42 horas

Para salir de la práctica de baterías presione 2 en el teclado como se muestra en la pantalla, de esta manera regresara al menú principal

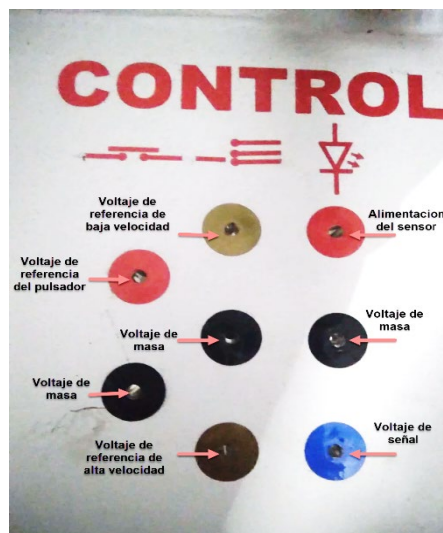
Practica de control

En la práctica de control cuenta con 8 bornes de conexión de los cuales para el pulsador ubicado a la izquierda el color rojo es de referencia y el de color negro es masa, el selector de velocidad ubicado en la mitad el borne de color negro es masa mientras que los de sus extremos de color dorado son de referencia y los bornes de conexión de la derecha son de el

sensor de posición del pedal con el de color rojo de alimentación el de color negro masa y el de color azul el voltaje de señal como se puede apreciar en la Figura.49

Figura 49

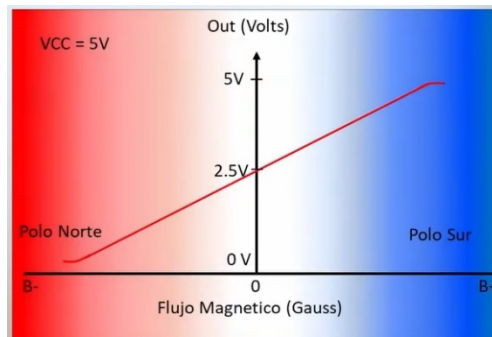
Bornes de conexión del control del motor



A diferencia del sensor de efecto hall bipolar SSF41 que era de accionamiento digital el sensor ubicado en el pedal de acelerador es un sensor de efecto hall lineal o analógico SS49E, lo que me indica la variación del voltaje dependiendo de la polaridad del imán como se puede apreciar en la Figura 50. Mismo que variara dependiendo el ángulo de inclinación del pedal

Figura 50

Señal de sensor tipo Hall lineal



Nota. Variación del voltaje suministrado por un sensor tipo Hall lineal. Tomado de (EngThink, 2021)

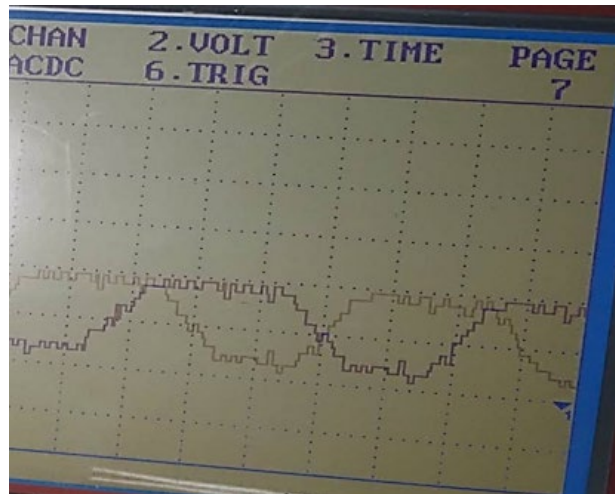
Escriba los valores de voltaje de alimentación masa y señal del sensor de efecto hall del pedal, en el caso de contar con un osciloscopio inserte la imagen que se genera en el sensor

- Voltaje de alimentación: ... 4.56V
- Voltaje de masa: ... 0V
- Voltaje de señal sin activación: ... 0.64V
- Voltaje de señal en activación total: ... 3.47V

En caso de contar con un osciloscopio inserte la imagen tomada por el mismo cuando se acciona el pedal del acelerador como se ve en la Figura 51

Figura 51

Captura del osciloscopio en la activación del pedal del acelerador



En el caso de las velocidades y el freno verifique los voltajes suministrados por los bornes de conexión sin activación y activados para poder ver su accionamiento

Pulsador de freno

- Voltaje de masa: ... 0V
- Voltaje de referencia sin activación: ... 4.75V
- Voltaje de referencia activado: ... 5.75V

Selector de velocidades

- Voltaje de masa: ...0V
- Voltaje de velocidad baja sin activación: ... 5.04
- Voltaje de velocidad baja activado: ... 0.6V
- Voltaje de velocidad alta sin activación: 5.04V
- Voltaje de velocidad alta activado: ... 0.6V

Para salir de la práctica de control presione 2 en el teclado como se muestra en la pantalla, de esta manera regresara al menú principal

Capítulo V

Marco administrativo

Recursos

Para el desarrollo del presente trabajo investigativo se ha empleado los siguientes recursos humanos tecnológicos y materiales.

Recursos humanos

En la Tabla 7 se detalla las personas que han aportado con su conocimiento para el desarrollo de la investigación

Tabla 7

Recursos humanos

Nombre	Función
Sr. Buitrón Bryan	Investigador
Ing. Cevallos Carvajal, Alex Santiago	Colaborador científico

Recursos tecnológicos

Los recursos tecnológicos son los diferentes medios, mediante los que se realizan las distintas simulaciones de los circuitos de funcionamiento, identificados en la tabla.8

Tabla 8*Recursos tecnológicos*

Recurso	Detalle
Informáticos	Software diseño de circuitos eléctricos (Proteus 9)
	Software programación Arduino (Arduino IDE)
	Software diseño estructural (SolidWorks)
Bibliográficos	Internet
	Libros
	Revistas científicas
Herramientas y equipos	Multímetro automotriz
	Osciloscopio automotriz
	Suelda SMAW
	Taladro
	Cautín
	Destornilladores plano y estrella
	Llaves 8,10,11,19
	Llaves Allen 5mm.
	Broca 5/16
Sierra de corte	

Recursos materiales

En la Tabla 9 se redacta los recursos materiales utilizados en la construcción del módulo

Tabla 9

Recursos materiales

Material	Cantidad
Tubo estructural cuadrado 30x1.25mm.	3.9 metros
Perfil estructural de acero AL 25 X 2mm.	3.6 metros
Horquilla de bicicleta	1
Electrodo 6011	13
Triple de 12mm	1x0.5 metros
Vidrio de 6mm	50 x 30mm
Caja de cristal de 18x22x15mm	1
Tornillo colepato ½'	14
Tornillo colepato 1'	6
Perno 10	3
Silicona en tubo transparente	1
Silicona en tubo blanca	1

Material	Cantidad
Pintura en aerosol	2
Mangueta de freno	1
Cable de freno	1
Motor Rueda 350 watts	1
Controlador de motor eléctrico de 350 watts	1
Acelerador electrónico	1
Batería de ion-litio 48v.	1
Pulsador	1
Interruptor de 2 posiciones	1
Interruptor de 3 posiciones	1
Botón de encendido	1
Arduino UNO	1
LCD 20x4	1
Controlador I2C LCD	1
Teclado de 4x3	1
Módulo reductor LM2596	1
Módulo relé 4 canales	1
Cables DuPont M/M, H/H y M/H	20

Material	Cantidad
Cable de alimentación de Arduino	1
Cable AWG 14 rojo	5m
Cable AWG 14 negro	5m
Cable AWG 14 amarillo	5m
Cable AWG 14 azul	6m
Cable AWG 14 blanco	4m
Conector banana hembra	19
Canaletas eléctricas	2
Tubo corrugado	3m
Estaño	7m
Taípe	4

Presupuesto

En el desarrollo del proyecto se consideran una gran cantidad de materiales y herramientas que son necesarias para la realización del mismo, por ello se detalla el costo total de cada una de ellas, desarrollados en la Tabla 10

Tabla 10*Costo de construcción e implementación*

Detalle	Valor Total
<i>Componente del banco de pruebas</i>	
Tubo estructural cuadrado 30x1.25mm.	14.5
Perfil estructural de acero AL 25 X 2mm.	12
Horquilla de bicicleta	10
Electrodo 6011	2.5
Triple de 12mm	15
Vidrio de 6mm	10
Caja de cristal de 18x22x15mm	15
Tornillo colepato ½'	1.4
Tornillo colepato 1'	0.6
Perno 10	0.6
Silicona en tubo transparente	4.6
Silicona en tubo blanca	5.2
Pintura en aerosol	7
Mangueta de freno	5

Detalle	Valor Total
Cable de freno	7.5
Tubo corrugado	2.25
Estaño	10.5
Taípe	4.8
<i>Componentes eléctricos y electrónicos</i>	
Motor Rueda 350 watts	125
Controlador de motor eléctrico de 350 watts	60
Acelerador electrónico	45
Batería de ion-litio 48v.	200
Pulsador	0.45
Interruptor de 2 posiciones	1
Interruptor de 3 posiciones	1.25
Botón de encendido	5
Arduino UNO	22.5
LCD 20x4	11.75
Controlador I2C LCD	2.5
Teclado de 4x3	8.5
Módulo reductor LM2596	6

Detalle	Valor Total
Módulo relé 4 canales	7.5
Cables DuPont M/M, H/H y M/H	2.5
Cable de alimentación de Arduino	3
Cable AWG 14 rojo	1.5
Cable AWG 14 negro	1.5
Cable AWG 14 amarillo	1.5
Cable AWG 14 azul	1.8
Cable AWG 14 blanco	1.2
Conector banana hembra	3.8
Canaletas eléctricas	1.6
Fusible	0.5
Cargador de batería	60
Total	703.8

Financiamiento

El financiamiento requerido para el proyecto de investigación se lo realizó por parte del investigador Buitron Pilamonte, Bryan David de tal manera que la inversión fue de 703.8 dólares

Capítulo VI

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- El diseño y construcción del módulo de entrenamiento de un vehículo eléctrico permitirá generar conocimiento a través de su utilización puesto que permite tomar datos y valores en el módulo de entrenamiento que posteriormente pueden ser analizados por el estudiante mediante la implementación de su gestor de prácticas, el mismo que es una guía con conceptos básicos sobre el tren de potencia eléctrico implementado en un vehículo con un motor sin escobillas de corriente directa.
- Los conocimientos adquiridos durante la elaboración del presente trabajo investigativo permiten entender de mejor manera la evolución que tienen los coches eléctricos en el mercado, pues desde sus inicios las baterías, motores, controladores entre otros componentes que forman el tren de potencia eléctrico, han cambiado de forma que sea cada vez más factible su implementación.
- La adquisición adecuada de los componentes eléctricos es fundamental para que los mismos funcionen a cabalidad, los mismos cuentan con prestaciones como tensión y amperaje que en caso de sobrepasarlos podemos llegar a dañarlos.
- Un adecuado diseño en la elaboración del módulo permite ahorrar tiempo y recursos durante su construcción, ya que adquirir la cantidad necesaria de material evitara desperdicios y pérdida de recursos a si como un modelo predefinido guiara la construcción del mismo de una manera más clara y concisa
- La construcción del módulo de entrenamiento permitió plasmar los conocimientos adquiridos durante su diseño de manera practica a manera de reforzar los mismos.

- Considerando la presencia cada vez mayor de vehículos eléctricos en el mercado ecuatoriano, surge la necesidad de que existan nuevas fuentes de aprendizaje, que ayude a los estudiantes a comprender de mejor manera el funcionamiento de los mismos, en aras de sustentar la eminente necesidad de técnicos que produce la llegada de la electromovilidad al país.
- El diseño es muy importante en el empleo de componentes eléctricos, puesto que la carencia del mismo puede generar fallas irreparables en los componentes electrónicos al sufrir sobrecargas o falta de tensión, lo que ocasiona un mal funcionamiento del mismo.

Recomendaciones

- Mantener una carga media de baterías (3.7volts por celda) prolongara la vida útil de las mismas puesto que una carga excesivamente alta sobre los (4.2 volts) o baja (3.3 volts) puede afectar al mal funcionamiento de las mismas, llegando incluso a ocasionar incidentes o la pérdida total de las celdas de Ion-Litio 18650.
- Se recomienda tener las precauciones necesarias al momento de cargar la batería y no sobrepasarse de los 48 volts de funcionamiento normal, además de considerar un tiempo de estabilización de carga, puesto que no es un solo elemento como tal, sino que cuenta con múltiples celdas que pueden llegar a cargarse en diferente tensión a la suministrada a la entrada y salida del cargador.
- Al momento de tomar datos del módulo de entrenamiento es pertinente tener la precaución necesaria de no unir cables generando cortocircuitos que puedan afectar la integridad tanto del operario como del módulo

Bibliografía

- Auto Avance. (1 de Febrero de 2021). *Sensor Pedal Acelerador APP*. Obtenido de autoavance.co: <https://www.autoavance.co/blog-tecnico-automotriz/sensor-pedal-acelerador/#:~:text=El%20Sensor%20APP%20indica%20a,del%20Cuerpo%20de%20Aceleraci%C3%B3n%20Motorizado.>
- baterias y amperios. (s.f.). *Baterías en serie y paralelo ¿Como debo conectar?* Obtenido de bateriasyamperios.com.
- BBVA. (18 de Diciembre de 2019). *¿Quién inventó el primer coche eléctrico?* Obtenido de [bbva.com: https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/quien-invento-el-primer-coche-electrico/](https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/quien-invento-el-primer-coche-electrico/)
- Bermejo, I. (01 de Marzo de 2020). *www.larazon.es*. Obtenido de <https://www.larazon.es/economia/20200301/frj2bpv4pfcuzatxn7jmkssxma.html>
- Clases para todos. (2022). *Sensor de efecto Hall*. Obtenido de [clasesparatodos.org: https://clasesparatodos.org/sensor-de-efecto-hall/](https://clasesparatodos.org/sensor-de-efecto-hall/)
- Cuesta Capellan, G. (20017). *Caracterizacion del tren de potencia de un vehiculo electrico de categoria L7 tipo smart*. Barcelona: escuela tecnica superiorde ingenieria industrial .
- DIPAC. (2020). *Catalogo 2020*. Obtenido de <https://www.dipacmanta.com/>.
- DIY Baterías LiFePO4 ESP. (s.f.). *Como construir tu propia batería LiFePO4*. Obtenido de bateriaslifepo4.com.

Elcomercio. (03 de Mayo de 2021). *Elcomercio.com*. Obtenido de

<https://www.elcomercio.com/actualidad/quito/auto-electrico-quito-movilidad-ambiente.html>

EngThink. (23 de Octubre de 2021). *El transductor de movimiento magnético - SENSOR HALL*

49E. Obtenido de youtube.com: <https://www.youtube.com/watch?v=z7RTz4EVAUg>

escuelaing. (Enero de 2011). *Laboratorio de condiciones de trabajo* . Obtenido de

escuelaing.s3.amazonaws.com:

https://escuelaing.s3.amazonaws.com/staging/documents/8312_ergonomia_de_pie.pdf

Espinoza, H. (5 de Julio de 2010). *dspace.ups.edu.ec*. Obtenido de

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/2406/14/UPS-GT000133.pdf>

FIXSCOOTER. (15 de Junio de 2022). *Motor BLDC de scooter Xiaomi M365, la explicación con*

sus sensores Hall que nadie te ha dado antes. Obtenido de [fixscooter7386.com](https://www.youtube.com/watch?v=QuJGvRZtpsA):

<https://www.youtube.com/watch?v=QuJGvRZtpsA>

Flores, E., & Gamboa, M. (Julio de 2014). *repositorio.espe.edu.ec*. Obtenido de

<http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/8774/T-ESPEL-MAI-0467.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Frías, P. (2019). mincotur.gob.es. *Dialnet* , 11-20.

Galvis López, J. J., & Madrid V, J. I. (1 de Diciembre de 2016). *Sistema de control difuso para*

motor de corriente continua sin escobillas (BLDC) sobre hardware embebido. Obtenido

de revistas.udistrital.edu.co:

<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tekhne/article/view/11731/12452>

Giraldo, A. V. (2004). *De la técnica a la modernidad*. Colombia: Universidad de Antioquia.

Hernández, J. C. (03 de Enero de 2022). *COMPARATIVA DE MOTORES AC IMPLEMENTADOS SOBRE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO DE BATERÍA*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/>: <http://hdl.handle.net/10251/179228>

INDURA. (2020). *Catalogo de indura*. Obtenido de www.cryogas.com.co.

Isla, L., Singla, M., Rodriguez, M., & Granada, I. (Marzo de 2019). *publications.iadb.org*.

Obtenido de

https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/An%C3%A1lisis_de_tecnolog%C3%ADa_industria_y_mercado_para_veh%C3%ADculos_el%C3%A9ctricos_en_Am%C3%A9rica_Latina_y_el_Caribe_es_es.pdf

Jimbo Tacuri, J. E. (Febrero de 2015). *Caracterización del funcionamiento de un motor eléctrico de corriente continua sin escobillas Brushless con 1000 watts de potencia*. Obtenido de dspace.ups.edu.ec: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/7891>

Larrañaga, I. (12 de Diciembre de 2019). *Ergonomía en su puesto de trabajo: Oficina y Taller*.

Obtenido de <https://qualites.net/>: <https://qualites.net/ergonomia-en-su-puesto-de-trabajo-oficina-y-taller/>

Laschewski, R. (23 de Abril de 2019). *BLDC Engines Enable the Future of Motors*. Obtenido de [fierceelectronics.com](https://www.fierceelectronics.com/): <https://www.fierceelectronics.com/components/bldc-engines-enable-future-motors>

Llera, L. (3 de Octubre de 2022). *Baterías de ion litio: ¿qué son?* Obtenido de blog.toyota-forklifts.es: <https://blog.toyota-forklifts.es/que-son-las-baterias-de-litio>

Mantilla, I. (22 de Julio de 2022). *www.elcomercio.com*. Obtenido de

<https://www.elcomercio.com/actualidad/quito/epmmop-aumento-electrolineras-carga-vehiculos.html>

Motor para bicicleta. (s.f.). *Página española sobre motores y kits de conversión eléctricos para bicicleta*. Obtenido de [motorparabicicleta.com](http://www.motorparabicicleta.com):

<http://www.motorparabicicleta.com/2011/11/conexionado-controlador-ecoblue.html>

Padmaraja, Y. (2003). *Brushless DC (BLDC) Motor Fundamentals*. Obtenido de [microchip.com](http://www.microchip.com):

<http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/00885a.pdf>

Peña Ordoñez, c. (Mayo de 2011). *ESTUDIO DE BATERÍAS PARA VEHÍCULOS*

ELECTRICOS. Obtenido de e-archivo.uc3m.es: https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/11805/PFC_Carlos_Pena_Ordonez.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rauner, F. (2007). El conocimiento práctico y la competencia de acción en la profesión. *Revista Europea de Formación Profesional*, 58-73.

Redacción El Mercurio. (24 de Agosto de 2022). *elmercurio.com*. Obtenido de

<https://elmercurio.com.ec/2022/08/24/la-venta-de-vehiculos-hibridos-y-electricos-se-incrementa-en-ecuador/>

Reyes, G., Guanuche, D., Pulles, S., & Aguirre, M. (2021). Estudio de la percepción de vehículos eléctricos en la ciudad de Quito. *Dominio de las ciencias*, 937-958.

Santirso, J. (04 de Marzo de 2021). *EL PAÍS*. Obtenido de [https://elpais.com/economia/2021-](https://elpais.com/economia/2021-03-04/por-que-china-lidera-la-carrera-del-coche-electrico.html)

[03-04/por-que-china-lidera-la-carrera-del-coche-electrico.html](https://elpais.com/economia/2021-03-04/por-que-china-lidera-la-carrera-del-coche-electrico.html)

- Serrano, D. (12 de Mayo de 2022). *Elcomercio.com*. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/incremento-venta-vehiculos-hibridos-2022.html>
- Tapia, G., & Velasquez, D. (3 de Diciembre de 2015). *repositorio.espe.edu.ec*. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/11258/T-ESPE-049438.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- TENERGY CORPORATION. (2009). *18650 Datasheet*. Obtenido de DatasheetsPDF.com: <https://datasheetspdf.com/pdf/1408721/TENERGY/18650/1>
- Torrent, L. (29 de Mayo de 2015). *¿Por qué no ha tenido (aún) lugar la revolución del coche eléctrico?* Obtenido de <https://www.unitedexplanations.org/>: <https://www.unitedexplanations.org/tag/robert-anderson/>
- TRASHORRAS MONTECELOS, J. (2019). Vehiculos Electricos . En J. Trashorras Montecelos, *Vehiculos Electricos* (págs. 3-9). Madrid: Paraninfo, SA.
- Warner, J. (08 de Enero de 2018). *resources.altium.com*. Obtenido de <https://resources.altium.com/es/p/princeton-racing-electrical-team-and-formula-hybrid-competition>
- Wendt, Z. (4 de Octubre de 2017). *Conozca la diferencia entre un inversor, un convertidor, un transformador y un rectificador*. Obtenido de <https://www.arrow.com/>: <https://www.arrow.com/es-mx/research-and-events/videos/inverter-vs-converter-vs-rectifier-vs-transformer>

Anexos