



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE
PROPULSIÓN Y CONTROL DE UN VEHÍCULO MONOPLAZA
PARA LA MOVILIDAD DE PERSONAS EN SILLA DE RUEDAS”**

ASTO GUAMÁN CRISTIAN ROBINSON

VACA GUEVARA OSCAR ROBERTO

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: Propuesta Tecnológica

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

RIOBAMBA-ECUADOR

2018

ESPOCH

Facultad de Mecánica

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

2018-05-04

Yo recomiendo que el trabajo de titulación preparado por:

ASTO GUAMÁN CRISTIAN ROBINSON

Titulado:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PROPULSIÓN Y
CONTROL DE UN VEHÍCULO MONOPLAZA PARA LA MOVILIDAD DE
PERSONAS EN SILLA DE RUEDAS”**

Sea aceptada como total complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Milton Israel Quinga Morales
DIRECTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

Ing. Jorge Mauricio Néjer Guerrero
ASESOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

ESPOCH

Facultad de Mecánica

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

2018-05-04

Yo recomiendo que el trabajo de titulación preparado por:

VACA GUEVARA OSCAR ROBERTO

Titulado:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PROPULSIÓN Y
CONTROL DE UN VEHÍCULO MONOPLAZA PARA LA MOVILIDAD DE
PERSONAS EN SILLA DE RUEDAS”**

Sea aceptada como total complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Milton Israel Quinga Morales
DIRECTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

Ing. Jorge Mauricio Néjer Guerrero
ASESOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: CRISTIAN ROBINSON ASTO GUAMÁN

TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PROPULSIÓN Y CONTROL DE UN VEHÍCULO MONOPLAZA PARA LA MOVILIDAD DE PERSONAS EN SILLA DE RUEDAS”

Fecha de Examinación: 2018-10- 29

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Milton Israel Quinga Morales DIRECTOR			
Ing. Jorge Mauricio Néjer Guerrero ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: VACA GUEVARA OSCAR ROBERTO

TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PROPULSIÓN Y CONTROL DE UN VEHÍCULO MONOPLAZA PARA LA MOVILIDAD DE PERSONAS EN SILLA DE RUEDAS”

Fecha de Examinación: 2018-10- 29

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Milton Israel Quinga Morales DIRECTOR			
Ing. Jorge Mauricio Néjer Guerrero ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de titulación denominado “**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PROPULSIÓN Y CONTROL DE UN VEHÍCULO MONOPLAZA PARA LA MOVILIDAD DE PERSONAS EN SILLA DE RUEDAS**” que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación técnica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Asto Guamán Cristian Robinson

Cédula de Identidad: 060355935-2

Vaca Guevara Oscar Roberto

Cédula de Identidad: 060477389-5

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Asto Guamán Cristian Robinson y Vaca Guevara Oscar Roberto, declaramos que el presente trabajo presentado es de nuestra autoría y los resultados alcanzados en los diferentes análisis son auténticos y son únicos en cuanto al estudio realizado en el presente trabajo. En la parte investigativa se utilizaron textos y figuras de varios autores los cuales han sido referenciados y citados correctamente. Somos conscientes del hecho de no respetar derechos de autoría y hacer plagio, por lo tanto, asumimos con gran responsabilidad de cualquier irregularidad presentada por el incumplimiento de lo declarado.

Asto Guamán Cristian Robinson

Cédula de Identidad: 060355935-2

Vaca Guevara Oscar Roberto

Cédula de Identidad: 060477389-5

DEDICATORIA

Mi dedicación del presente trabajo a Dios por darme la vida, salud y sabiduría para cumplir con mis metas, por bendecirme en cada momento de la vida y en cada decisión tomada, por darme la fortaleza necesaria para vencer cualquier obstáculo y sobresalir, ante todo.

De todo corazón a mi padre Luis, la persona más importante en mi vida, que con su ejemplo de trabajo, responsabilidad y perseverancia ha sabido guiarme por el camino del bien, a mi madre Carmita que igual me ha estado apoyando, a mis tíos que en cada momento han sabido aconsejarme y a mis hermanos Sandra y Franz que me han apoyado en el transcurso de mis estudios de alguna u otra manera.

Con mucho afecto de cariño a toda mi familia en conjunto.

ASTO GUAMÁN CRISTIAN ROBINSON

El presente trabajo se lo dedico principalmente a Dios, por haberme brindado la fortaleza necesaria para seguir adelante a pesar de las dificultades y haberme guiado durante todos estos años.

A mis Padres, Amparito y Guido por su incondicional apoyo y su ejemplo de responsabilidad que me han inculcado desde pequeño, además de enseñarme que con la bendición de Dios todo es posible.

A mí querida hermana Nadsheli por haber estado siempre conmigo para brindarme palabras de apoyo y fortaleza para jamás rendirme.

VACA GUEVARA OSCAR ROBERTO

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por darme la salud, vida y sabiduría necesaria para cumplir con la meta de ser un profesional en la Ingeniería Automotriz.

Con todo mi corazón le doy gracias a la persona incondicional y ejemplo en mi vida mi padre, por saber educarme de la mejor manera inculcándome buenos valores fundamentales en la vida de cada persona, además que gracias a su esfuerzo he podido alcanzar una meta más en mi vida. A mi madre que me ha sabido enseñar buenos principios en mi niñez y ser una persona de bien. A mis hermanos por brindarme ese cariño de amistad y amor de familia.

Infinito agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y Carrera de Ingeniería Automotriz por abrirme las puertas para poder ser un profesional de bien.

ASTO GUAMÁN CRISTIAN ROBINSON

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a todos los docentes y autoridades de mi querida escuela de Ingeniería Automotriz que durante todo este camino han sabido inculcar en mi conocimientos y valores que me ayudarán a ser un gran profesional.

De igual manera a todos a mis amigos y futuros colegas que me han brindado su ayuda de una manera desinteresada.

Y por último a mi apreciada Escuela Superior Politécnica de Chimborazo que ha sido el lugar que me brindó la oportunidad de crecer a nivel personal y profesional.

VACA GUEVARA OSCAR ROBERTO

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I	1
1. MARCO REFERENCIAL.....	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	1
1.3. Justificación.....	2
1.3.1. <i>Justificación teórica</i>	2
1.3.2. <i>Justificación metodológica</i>	2
1.3.3. <i>Justificación Práctica</i>	2
1.4. Objetivos.....	3
1.4.1. <i>Objetivo General</i>	3
1.4.2. <i>Objetivos Específicos</i>	3
CAPÍTULO II	4
2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Sistema de Propulsión.....	4
2.1.1. <i>Evolución Histórica del Vehículo Eléctrico</i>	4
2.2. Tipos de Propulsión.....	8
2.2.1. <i>Propulsión Térmica</i>	8
2.1.2. <i>Propulsión híbrida:</i>	9
2.1.3. <i>Propulsión eléctrica:</i>	9
2.3. Motores eléctricos.....	10
2.3.1. <i>Tipos de Motores eléctricos</i>	10
2.4. Sistema Electrónico.....	15
2.4.1. <i>Baterías</i>	15
2.4.2. <i>Cargadores de Batería</i>	21
2.4.3. <i>Controladores de motores eléctricos.</i>	25
2.4.4. <i>Mandos electrónicos</i>	28

2.4.5.	<i>Mandos eléctricos</i>	30
2.5.	Sistema Eléctrico	30
2.5.1.	<i>Iluminación Eléctrica</i>	30
2.5.2.	<i>Velocímetro</i>	32
2.6.	Modelo Matemático del sistema motriz	32
2.6.1.	<i>Fuerza de fricción entre la superficie y los neumáticos (Frr)</i>	33
2.6.2.	<i>Fuerza de fricción con el viento. (Fad)</i>	33
2.6.3.	<i>Componente del peso del vehículo en la pendiente. (Fhc)</i>	33
2.6.4.	<i>Fuerza de tracción para impulsar al vehículo. (Fte)</i>	34
2.7.	Relación de la propulsión eléctrica con respecto a las demás.....	34
CAPITULO III		35
3.	DISEÑO DEL SISTEMA DE PROPULSIÓN.....	35
3.1.	Parámetros de diseño	35
3.2.	Fuerzas actuantes sobre el vehículo monoplaza en pendiente más elevada de la ruta. 37	
3.2.1.	<i>Cálculo de la fuerza de fricción entre superficie a rodar y neumáticos (Frr)</i>	37
3.2.2.	<i>Cálculo de la fuerza de fricción con el viento (Fad)</i>	38
3.2.3.	<i>Cálculo del peso del vehículo en la pendiente seleccionada (Fhc)</i>	39
3.2.4.	<i>Cálculo de la fuerza de tracción eléctrica total (Fte)</i>	40
3.2.5.	<i>Cálculo para el torque necesario (Tn)</i>	40
3.2.6.	<i>Cálculo de la velocidad angular (ω)</i>	40
3.3.	Cálculo de potencia y selección del motor	41
3.3.1.	<i>Cálculo de potencia (Pcalculada)</i>	41
3.3.2.	<i>Parámetros necesarios de selección de un motor eléctrico</i>	41
3.4.	Selección del motor	42
3.4.1.	<i>Especificaciones del motor seleccionado</i>	43
3.5.	Parámetros de selección del controlador	43
3.6.	Selección del Controlador	44
3.6.1.	<i>Funcionamiento del controlador</i>	44
3.6.2.	<i>Especificaciones del controlador seleccionado</i>	45

3.6.3.	<i>Conexiones del controlador.</i>	46
3.6.4.	<i>Circuito de conexión.</i>	50
3.6.5.	<i>Led Indicadoras del controlador</i>	51
3.7.	Selección de Baterías	54
3.8.	Cálculo del tiempo de carga de cada batería	57
3.9.	Cálculo de autonomía teórica.	58
3.10.	Diseño del circuito electrónico del sistema de propulsión.	59
3.11.	Diseño del circuito eléctrico del sistema de luces	61
3.12.	Diseño y análisis de los elementos de anclaje al motor	62
3.12.1.	<i>Diseño de los componentes</i>	62
3.12.2.	<i>Análisis de los componentes</i>	64
CAPÍTULO IV		67
4.	CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PROPULSIÓN	67
4.1.	Implementación del sistema de alimentación.	67
4.2.	Construcción de los discos de sujeción.	67
4.3.	Construcción de las platinas de soporte	68
4.4.	Implementación del motor.	69
4.5.	Implementación de controladores y Batería	70
4.6.	Implementación del circuito de control.	71
4.7.	Implementación de luces y accesorios al prototipo.	73
4.8.	Pruebas de funcionamiento y resultados	75
CAPÍTULO V		80
5.	ANÁLISIS DE COSTO Y PRESUPUESTO	80
5.1.	Costos directos	80
5.2.	Costos Indirectos.	82
5.3.	Costos Totales.	82
CAPÍTULO VI		83
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	83
6.1.	Conclusiones.	83
6.2.	Recomendaciones	84

BIBLIOGRAFÍA

PLANOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Comparación de los tipos de baterías.....	21
Tabla 2-2: Cantidad, ubicación y color de las luces indicadoras delanteras.	31
Tabla 3-2: Cantidad, ubicación y color de las luces indicadoras posteriores.	31
Tabla 4-2: Relación de la propulsión eléctrica con respecto a las demás propulsiones	34
Tabla 1-3: Porcentaje de pendientes y grados de pendientes.....	37
Tabla 2-3: Peso Parcial y total del prototipo.	39
Tabla 3-3: Fuerza, Torque Y Potencia motor.	42
Tabla 4-3: Modelo y características de los motores Brushless.	42
Tabla 5-3: Parámetros y especificaciones del motor Brushless seleccionado.....	43
Tabla 6-3: Especificaciones de controladores para motores Brushless.....	44
Tabla 7-3: Parámetros y especificaciones del controlador KEB48201X seleccionado.....	45
Tabla 8-3: Código de encendido de led rojo y verde en el controlador.	51
Tabla 9-3: Código de intermitencia de encendido del led rojo.	51
Tabla 10-3: Características de la batería Phomsu 12N9-4B-BS 12V 9Ah.....	55
Tabla 11-3: Características de la batería Ion Litio E-bike 48V 20Ah.....	56
Tabla 1-4: Resultados de pruebas en superficie plana, recta con carga baja.	76
Tabla 2-4: Resultados de pruebas en superficie plana, recta con carga media.....	77
Tabla 3-4: Resultados de pruebas en superficie plana, recta con carga alta.	77
Tabla 4-4: Resultados relevantes de las pruebas elaboradas en superficie plana y recta.	77
Tabla 5-4: Cargos tarifarios únicos ENERO- DICIEMBRE.	79
Tabla 1-5: Costo de materiales.	80
Tabla 2-5: Costo de alquiler de equipos.	81
Tabla 3-5: Costos de mano de obra.	81
Tabla 4-5: Costos indirectos.....	82
Tabla 5-5: Costo de implementación del sistema de propulsión y de luces del vehículo.....	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Primer modelo de vehículo eléctrico Anyos Jedlik	4
Figura 2-2: Modelo de vehículo eléctrico Electrobat.	5
Figura 3-2: Modelo de vehículo eléctrico nombrado Baker Electric	5
Figura 4-2: Modelo de vehículo espacial desarrollado por la NASA	6
Figura 5-2: Modelo de vehículo eléctrico Enfield 8000	6
Figura 6-2: Toyota RAV4 EV	7
Figura 7-2: Tesla Roadster	7
Figura 8-2: Nissan Leaf	8
Figura 9-2: Esquema vehículo con motor térmico	8
Figura 10-2: Esquema vehículo con motor térmico	9
Figura 11-2: Esquema vehículo con motor térmico	10
Figura 12-2: Ejemplo motor monofásico	11
Figura 13-2: Simbología de un motor en serie	12
Figura 14-2: Simbología de un motor en derivación	12
Figura 15-2: Simbología de un motor en derivación	13
Figura 16-2: Interior de un motor brushed	13
Figura 17-2: Pequeños motores brushless	14
Figura 18-2: Representación de los imanes del motor brushless	14
Figura 19-2: Baterías	15
Figura 20-2: Tipos de baterías de Ion Litio.	19
Figura 21-2: Cargador de carga lenta.	22
Figura 22-2: Cargador con temporizador.	22
Figura 23-2: Cargador inteligente.	23
Figura 24-2: Cargador rápido.....	23
Figura 25-2: Cargador Portátil.	24
Figura 26-2: Cargador por pulsos.	24
Figura 27-2: Cargador Inductivo.....	25
Figura 28-2: Esquema controlador Multiswich.	26
Figura 29-2: Controlador CURTIS estado sólido.....	27
Figura 30-2: Controlador Kelly Controller.	27
Figura 31-2: Interruptor palanca On/Off 3 pines.....	29
Figura 32-2: Acelerador de puño.	29
Figura 33-2: Acelerador de botón.	30
Figura 34-2: Mandos eléctricos de motoneta.	30
Figura 35-2: Conjunto de fuerzas aplicadas a un vehículo.....	32
Figura 1-3: Vista lateral del vehículo monoplaza.....	35

Figura 2-3: Ruta más exigente para el prototipo.	36
Figura 3-3: Recorrido del vehículo monoplaza.	36
Figura 4-3: Sección transversal.	38
Figura 5-3: Controlador KEB48201X seleccionado.....	46
Figura 6-3: Significado de las letras del controlador KEB48201X seleccionado.	46
Figura 7-3: Cuadro de conectores del controlador KEB48201X.....	47
Figura 8-3: Conector J2	48
Figura 9-3: Interfaz estándar del conector RS232.....	49
Figura 10-3: Diagrama de circuito de conexión.	50
Figura 11-3: Circuito electrónico del sistema de propulsión.	59
Figura 12-3: Circuito simplificador de voltaje.	60
Figura 13-3: Pines identificados de los controladores y batería.	60
Figura 14-3: Pines de relés (5v) y relés (12v).	60
Figura 15-3: Circuito de luces y accesorios. Livewire	61
Figura 16-3: Diagrama de bloques de sistema de luces y accesorios.	62
Figura 17-3: Discos de sujeción diseñados en software SolidWorks	63
Figura 18-3: Platinas diseñadas en software SolidWorks.....	63
Figura 1-4: Placa dimensionada.	67
Figura 2-4: Ubicación de baterías.	67
Figura 3-4: Disco de acero ASTM36.	68
Figura 4-4: Eliminando irregularidades de corte con la ayuda de una pulidora.....	68
Figura 5-4: Taladrado en platinas	69
Figura 6-4: Acople de discos de acero al rin y motor eléctrico.	69
Figura 7-4: Adaptación de platinas al eje y brazos de la suspensión delantera.....	70
Figura 8-4: Montaje de platinas en el motor, y brazos de la suspensión.	70
Figura 9-4: Taladrado en la platina para el primero controlador.	71
Figura 10-4: Soldadura de la placa porta batería y controlador en el bastidor.....	71
Figura 11-4: Identificación de pines del Controlador Kelly.	72
Figura 12-4: Conexión de pines del controlador Kelly Controller.....	72
Figura 13-4: Conexión del módulo relé.	73
Figura 14-4: Orificios de 3/8 en la estructura mediante el uso de taladro.	73
Figura 15-4: Generación del cableado para luces y accesorios.	74
Figura 16-4: Instalación de luces direccionales.....	74
Figura 17-4: Instalación del claxon.....	74
Figura 18-4: Instalación de retrovisores.....	75
Figura 19-4: Conexiones de luces y accesorios.....	75

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2: Fases de un motor trifásico	11
Gráfico 2-2: Energía específica y densidad específica de baterías	21
Gráfico 1-3: Pendiente de la ruta crítica.....	37
Gráfico 2-3: Capacidad vs Número de ciclos de carga/descarga.....	57
Gráfico 3-3: Fuerzas y soportes aplicados para el análisis	64
Gráfico 4-3: Deformación Total.....	65
Gráfico 5-3: Deformación Elástica.....	65
Gráfico 6-3: Tensión equivalente (Von Mises)	66
Gráfico 7-3: Factor de Seguridad	66

RESUMEN

El diseño e implementación de un sistema de propulsión requerido para desplazar un vehículo monoplaza, capaz de transportar personas que hacen uso de silla de ruedas, incluye los subsistemas de: alimentación, luces, accesorios y control de motor eléctrico, que se dimensionaron con la ayuda de software de diseño, simulación y circuitos eléctricos y/o electrónicos. El desarrollo de esta propuesta tecnológica inició con una revisión bibliográfica y recolección de información, a fin de identificar los requerimientos de los usuarios y los parámetros técnicos del vehículo monoplaza como son peso, torque, potencia y velocidad, que permitió la selección de un motor tipo *BRUSHLESS*, un set de baterías de *ion litio 48v 20Ah* y un control electrónico del sistema. Una vez seleccionados los elementos que se encargarán de la propulsión, se continuó con el ensamble y configuración de estos, diseñando acoples adecuados tanto para el motor de la rueda delantera como la suspensión en el eje del motor. Estos acoples fueron sometidos a cargas críticas en una simulación mediante software, donde se obtuvieron esfuerzos por debajo al límite elástico, concluyendo que la deformación es despreciable, con un factor de seguridad que garantiza la integridad del usuario hasta en casos extremos basados en peso y carga aplicados en caso de impacto. Adicionalmente, se incluyó el sistema de control y alimentación, mismo que permite el control digital del sistema de propulsión, luces y accesorios para uso nocturno del vehículo monoplaza. Los mandos del sistema y subsistema fueron implementados y acoplados, acorde a la necesidad de los usuarios. Se recomienda considerar un mapeo de rutas con la finalidad de elegir la más adecuada para la movilización del vehículo monoplaza, haciendo más eficiente y seguro el traslado del usuario.

PALABRAS CLAVE: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <PROPULSIÓN>, <VEHÍCULO MONOPLAZA>, <SISTEMA DE CONTROL>, <MOTOR BRUSHLESS>, <BATERÍA ION LITIO>.

ABSTRACT

The design and implementation of a propulsion system required to move a single-seat vehicle, capable of transporting people who use a wheelchair, it includes the subsystems of: power, lights, accessories and electric motor control, which were sized with the help of design software, simulation and electrical and / or electronic circuits. The development of this technological proposal began with a bibliographic review of information collection, in order to identify the requirements of the users and the technical parameters of the single-seater vehicle such as weight, torque, power, and speed, which allowed the selection of a motor type BRUSHLESS, a set of 48v 20 Ah lithium ion batteries and an electronic system control. Once selected the elements that will be responsible for the propulsion, it continued with the assembly and configuration of these, designing suitable couplings for both the front wheel motor and the suspension on the motor shaft. These couplings were subjected to critical loads in a software simulation, where efforts were obtained below the elastic limit, concluding that the deformation is negligible, with a safety factor that guarantees the integrity of the user even in extreme cases based on weight and load applied in case of impact. Additionally, the control and power system was included, which allows the digital control of the propulsion system, lights and accessories for night use of the single-seat vehicle. The controls of the system and subsystem were implemented and coupled, according to the needs of the users. It is recommended to consider a mapping of routes in order to choose the most suitable for the mobilization of the single-seat vehicle, making the transfer of the user more efficient and safe.

KEY WORDS: <TECHNOLOGY AND SCIENCE OF ENGINEERING>, <PROPULSION>, <SINGLE-SEAT VEHICLE>, <CONTROL SYSTEM>, <BRUSHLESS MOTOR>, <ION LITHIUM BATTERY>

INTRODUCCIÓN

Uno de los más grandes inconvenientes que presentan las personas con discapacidad física en el Ecuador es la movilidad, esto por la dificultad de acceder al transporte público debido a que no cuentan con mecanismos apropiados que ayuden al acceso de dichos usuarios o a vehículos adaptados a sus necesidades; por lo que sus derechos como personas se ven vulnerados debido a que no se brinda las garantías para su movilidad.

Las personas usuarios de sillas de ruedas por lo general dependen de terceras personas para poder movilizarse y acceder a algún tipo de transporte, esto se puede deber a que en el país los vehículos de transporte público carecen de mecanismos como rampas o elevadores para garantizar la movilidad de personas con discapacidad, y de igual manera los pocos vehículos que cuentan con estos espacios destinados para personas en silla de ruedas no son respetados por otros usuarios del transporte, por lo cual, un medio de transporte adaptado a sus necesidades le brindará mayor ergonomía e independencia.

El diseño e implementación del sistema de propulsión para un vehículo monoplaza para usuarios de silla de ruedas será una alternativa de solución de movilidad destinado al uso dentro de las instalaciones de la ESPOCH; para el desarrollo del presente trabajo se utiliza conocimientos científicos por medio de recolección de información de fuentes bibliográficas y una investigación a nivel exploratorio para el sustento en busca de una solución viable.

Mediante el presente trabajo de titulación como una propuesta tecnológica aportará a la investigación para el desarrollo de vehículos inclusivos que se adapten a las necesidades de todo tipo de usuarios y amigables con el medio ambiente.

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes

Según datos del CONADIS, (Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades, 2018), en el Ecuador existen actualmente 202216 personas con algún tipo de discapacidad física, en la ciudad de Riobamba existen 2909 personas con esta condición, a pesar de ser un número considerable y el derecho al transporte de las personas con algún tipo de discapacidad está contemplado en la Constitución de la República del Ecuador en la Ciudad no existe transporte inclusivo que facilite su movilidad.

Debido a la falta de un sistema de propulsión adecuado que garantice la movilidad de personas en silla de ruedas en el prototipo construido se ha visto en la necesidad de diseñar e implementar un sistema de propulsión que cubra esta necesidad y permita al usuario tener mayor independencia y autonomía en sus actividades diarias. El presente proyecto es de gran importancia para la sociedad ya que permitirá la inclusión de personas con discapacidades físicas al derecho a la movilidad brindando igualdad de condiciones y oportunidades; además que servirá como un punto de partida para la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías de transporte inclusivo, amigable con el medio ambiente y que se adapte a las necesidades de los usuarios para proporcionar la autonomía suficiente.

1.2. Planteamiento del problema

El acceso al transporte público ha sido uno de los mayores problemas que han tenido que afrontar las personas con discapacidades físicas en el país por lo que dependen de terceros para poder moverse, esto ha dificultado su inserción al medio laboral por lo que no cuentan con los recursos económicos suficientes para adquirir un vehículo adaptado a sus necesidades, otro inconveniente debido a la falta de autonomía es el acceso a la educación superior debido a la falta de medios de transporte inclusivos no pueden trasladarse a sus respectivos centros de estudio limitando su vida social y la igualdad de oportunidades.

En la ESPOCH al generar un medio de transporte inclusivo destinado para el uso de personas discapacitadas usuarios de sillas de ruedas que facilitan su movilidad se ha visto conveniente la realización de un sistema de propulsión que satisfaga las condiciones de diseño del bastidor y componentes de sistemas mecánicos, que cumpla con los estándares de potencia, consumo de energía y además sea amigable con el medio ambiente.

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación teórica

Mediante el presente trabajo de titulación se establecerá y estudiará conceptos relacionados al área de la ingeniería automotriz, que junto con la utilización de software de diseño y circuitos eléctricos y/o electrónicos permitirán conceptualizar el diseño del sistema de propulsión del vehículo monoplaza y su posterior implementación mediante procesos de manufactura estudiados, que facilite la movilidad de personas usuarios de silla de ruedas.

Además, se busca que el presente trabajo de titulación sea un aporte teórico para futuras investigaciones en el desarrollo de sistema de propulsión para vehículos inclusivos y otras alternativas de transporte que faciliten la movilidad de personas usuarios de silla de ruedas.

1.3.2. Justificación metodológica

El estudio corresponde a un proyecto de tipo propuesta tecnológica que mediante una profunda investigación va orientado a la aplicación de conocimientos científicos para el sustento de la propuesta de solución a un problema relacionado a la inclusión de personas con discapacidad física, en este caso para la formulación de un diseño e implementación de un sistema de propulsión para un vehículo ortopédico monoplaza.

Con el sistema de propulsión del monoplaza para personas en sillas de ruedas se espera generar resultados que elimine o disminuya el problema mencionado, para lo cual corresponde una investigación de tipo bibliográfica, de campo y exploratoria, con el fin de recopilar toda la información necesaria que nos ayuden a sustentar el presente trabajo; junto con una investigación de campo a nivel exploratorio que implica la participación del investigador en el lugar del objeto de estudio con el objetivo de analizar y evaluar los elementos a observar.

El presente trabajo parte de la recolección de información para poder identificar la necesidad los usuarios para posteriormente conceptualizar el diseño del sistema de propulsión y seleccionar los elementos óptimos, los mismos deben ser analizados y seleccionados cumpliendo ciertas condiciones, mediante el cual, garantice su correcto funcionamiento, y finalmente su implementación.

1.3.3. Justificación Práctica

El presente trabajo de titulación se desarrolla debido a la falta de un sistema de propulsión en un vehículo monoplaza inclusivo de la ESPOCH que permita el acceso y facilite la movilidad de personas usuarios de silla de ruedas, por lo que se ha visto en la necesidad de diseñar e implementar un sistema de propulsión y control para el vehículo monoplaza; tomando en cuenta que el vehículo es de uso interno en la institución con lo cual facilite al usuario tener mayor independencia y autonomía en sus actividades diarias.

Es importante para la sociedad ya que permitirá la inclusión de personas con discapacidades físicas al derecho a la movilidad brindando igualdad de condiciones y oportunidades; además que servirá como un punto de partida para la investigación para el desarrollo de nuevas tecnologías de transporte inclusivo, amigable con el medio ambiente y que se adapte a las necesidades de los usuarios para proporcionar la autonomía suficiente.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Diseñar e implementar un sistema de propulsión y control para un vehículo monoplaza mediante el uso de herramientas tecnológicas que garanticen la movilidad del vehículo monoplaza y su ocupante en silla de ruedas.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Identificar los requerimientos del vehículo para la movilidad en la zona urbana en términos de potencia y eficiencia mediante el uso de planos correspondientes al vehículo monoplaza y sus valores de peso.
- Dimensionar el sistema de propulsión mediante software electrónico y selección de baterías con el propósito de tener un esquema de funcionamiento.
- Implementar un control de mando por medio de un circuito electrónico que ayude a la manipulación de la propulsión del vehículo ortopédico.
- Implementar el sistema mediante procesos de ensamblaje adecuados que garantice la seguridad de los usuarios y su fácil acceso para las reparaciones.
- Instalar el sistema de luces y accesorios mediante procesos de ensamblaje adecuados para brindar mayor seguridad al ocupante.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Sistema de Propulsión

Es aquel sistema que utiliza un vehículo para desplazarse y generalmente está compuesto de varios componentes como son el motor, sistema de transmisión, ejes de transmisión, baterías y/o tanques de combustible y ruedas. Pero no siempre fue así por lo cual vamos a repasar la evolución de estos sistemas en vehículos eléctricos.

2.1.1. Evolución Histórica del Vehículo Eléctrico

A partir del siglo XIX varios inventores buscaban una manera de reemplazar el transporte por tracción animal, al mismo tiempo se daban grandes saltos en materia de electromagnetismo en un momento donde dos tecnologías se disputaban el puesto: los motores eléctricos y los motores térmicos. (Benavente, 2014)

En el año 1820 se construyó el primer motor eléctrico que fue implementado en un modelo con ruedas, pero debido a que no fue publicado sino años posteriores no fue considerado como influencia en invenciones posteriores. (Benavente, 2014)

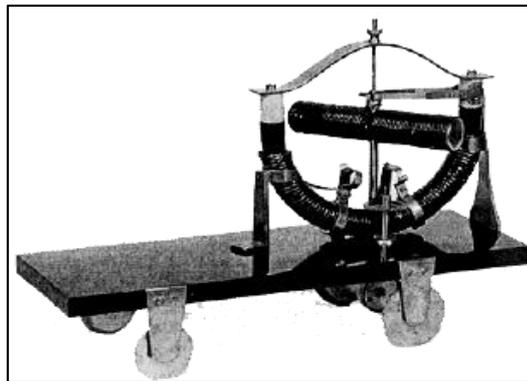


Figura 1-2: Primer modelo de vehículo eléctrico Anyos Jedlik

Realizado por: (Benavente, 2014)

En el año de 1834 el estadounidense Thomas Davenport exhibió el primer vehículo eléctrico que incluía una batería no recargable que alcanzaba a recorrer hasta 30 kilómetros. A partir de 1881 los ingleses John Perry y William Ayrtton ejecutan el primer modelo de triciclo eléctrico, que poseía baterías con diez células de ácido dando una potencia de 12 HP, este coche llegaba a desplazarse hasta los 40 kilómetros a una velocidad de 15 Km/h. (Benavente, 2014)

Henry Morris y Pedro Salom en 1894 fueron los que inventaron el electrobat que fue un vehículo que poseía un par de motores de 1,5 Hp cada uno, y que a una velocidad de 32Km/h lograba recorrer aproximadamente 40 kilómetros. (Benavente, 2014)

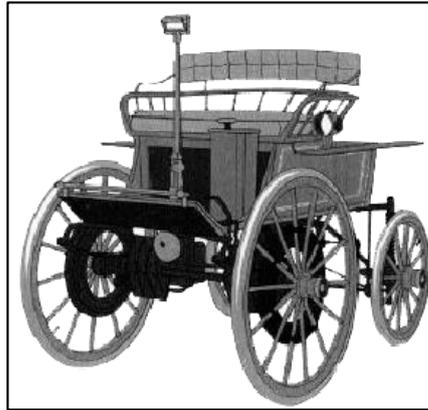


Figura 2-2: Modelo de vehículo eléctrico Electrobat.

Realizado por: (Benavente, 2014)

En 1898 Gastelon de Chasseloup Laubat llega a batir un record de velocidad de un vehículo eléctrico al llegar a la velocidad de 63,13 Km/h, lo que le valió el mote de Electric Count (Conde Eléctrico). A partir del año 1889 la Baker Motor Vehicle Company emprenden la construcción de dos modelos de vehículo eléctricos con baterías de 12 células y lo denominan Baker electric y llegaba a desplazarse hasta 160 kilómetros a una velocidad de 35km/h. (Benavente, 2014)

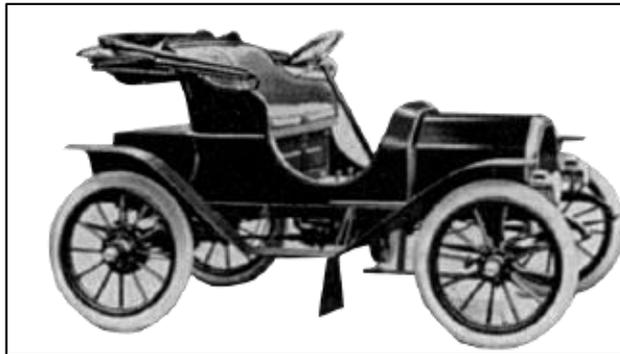


Figura 3-2: Modelo de vehículo eléctrico nombrado Baker Electric

Realizado por: (Benavente, 2014)

En la primera década del siglo XX se venden al público cerca de 40.000 vehículos eléctricos en Estados Unidos, pero debido al bajo costo de combustibles fósiles y la mayor eficacia de motores térmicos eso sumado a la gran producción en masa de vehículos por parte de empresas como Ford, no llega a generar la aceptación esperada por el mercado. A partir de

1950 la Nasa reactiva el interés y las investigaciones en materia de nuevas fuentes de energía y colectores de energía. (Benavente, 2014)

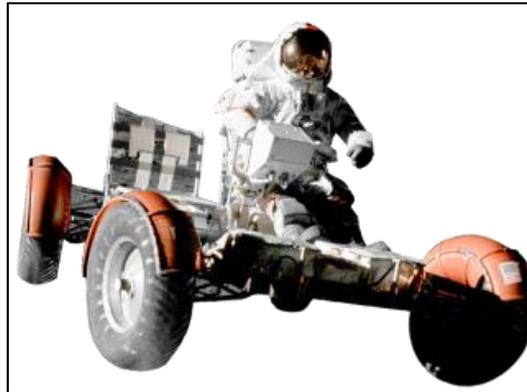


Figura 4-2: Modelo de vehículo espacial desarrollado por la NASA

Realizado por: (Benavente, 2014)

En 1959 la National Union Electric Company en asociación con Henney Coachworks dan inicio a la producción del Henney Kilowat que alcanzaba una velocidad de 97km/h y podía recorrer casi 100 km, pero al tener un alto precio limitó sus ventas. A partir de 1973 el Enfield 8000, fabricado por una compañía inglesa llamada Enfield Automotive, alcanzaba una velocidad máxima de 77 km/h y podía recorrer alrededor de 64 kilómetros por cada carga. Posteriormente fue adquirido por la griega Greek Neorion, pero por motivos legales no podía ser vendido en ese país. (Benavente, 2014)



Figura 5-2: Modelo de vehículo eléctrico Enfield 8000

Realizado por: (Benavente, 2014)

En 1991 se fabrica el Kewet, el cual es un pequeño coche eléctrico elaborado en su 100% en Noruega y contaba con lugar para tres ocupantes, no fue hasta el año 2007 que recibió tuvo un cambio de denominación a Buddy, este vehículo se desplazaba cerca de 80 Km por cada

carga con una velocidad de 80 Km/h. En el año de 1996 la firma japonesa Toyota saca al mercado la RAV4 EV, que es la versión eléctrica del muy conocido RAV4, la misma se encontraba disponible de manera limitada, además podía recorrer hasta 150Km por cada carga a una velocidad de 126 Km/h. (Benavente, 2014)



Figura 6-2: Toyota RAV4 EV

Realizado por: (Benavente, 2014)

En el año de 1999 la compañía Honda saca al mercado el Honda Insight y el mismo año la empresa japonesa Toyota lanza el Prius, ambos salieron a la venta en Norte América, estos son considerados automóviles híbridos donde poseían un motor eléctrico y otro de gasolina, son considerados los primeros automóviles híbridos del mercado desde el año de 1917. A partir del 2006 la compañía Tesla Motors mostró el Tesla Roadster, en el que la empresa trabajó por varios años, es considerado un vehículo deportivo 100% eléctrico que llega a desplazarse cerca de 400 kilómetros con cada carga de baterías y llegaba a alcanzar una velocidad de 200 km/h. (Benavente, 2014)



Figura 7-2: Tesla Roadster

Realizado por: (Benavente, 2014)

A partir de 2009 la empresa Tesla lanza al mercado su vehículo sedán eléctrico modelo S, este vehículo logra desplazarse hasta 480 Km por cada carga y llega alcanzar una velocidad

de 210 km/h, desde su lanzamiento al mercado fue considerado uno de los mejores vehículos eléctricos producidos en masa en el mundo. Posteriormente en el año 2014 El Nissan Leaf se convierte en el primer coche eléctrico que vende más de 100.000 unidades desde su lanzamiento en el 2010 en los Estados Unidos y Japón, este vehículo cuenta con una autonomía de 121 kilómetros y puede llegar alcanza una velocidad máxima de 145 Km/h. (Benavente, 2014)



Figura 8-2: Nissan Leaf

Realizado por: (Benavente, 2014)

2.2. Tipos de Propulsión

Con el paso de los años los fabricantes de vehículos han buscado el mayor aprovechamiento de los recursos, es por ello que durante sus investigaciones han logrado desarrollar diferentes tipos de sistemas de propulsión como son los siguientes:

2.2.1. Propulsión Térmica: Son aquellos vehículos que poseen un sistema de propulsión con motor térmico que funciona gracias a la quema de combustibles derivados del petróleo.



Figura 9-2: Esquema vehículo con motor térmico

Realizado por: (ANDRINO, 2016)

Tanto en los motores de gasolina, así como diésel es imprescindible la inyección directa con control electrónico y el turbocompresor. Aun así, la contaminación sigue siendo excesiva. (Astudillo, 2014)

Debido a los altos niveles de contaminación que proporciona este sistema y con las nuevas normas de contaminación se puede asumir que este sistema con este tipo de motor en algún momento será considerado obsoleto.

2.1.2. Propulsión híbrida: Este tipo de propulsión combina el motor térmico con otro eléctrico alimentado por baterías. Según las circunstancias de circulación se pueden adaptar el tipo de propulsión, lo que permite la reducción de contaminación e incluso cierto recorrido con uso exclusivamente eléctrico, es decir sin contaminación y amigable con el ambiente. (Astudillo, 2014)

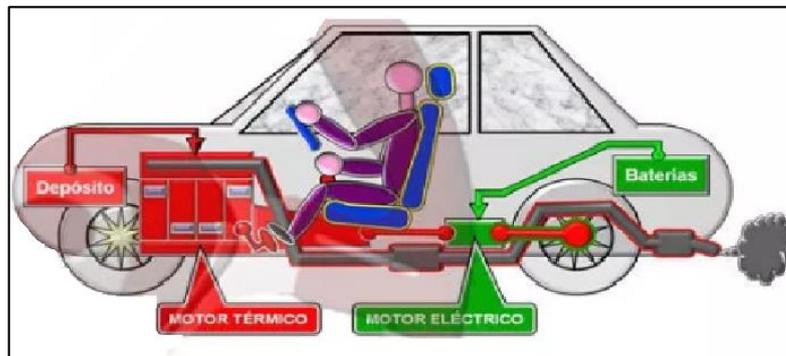


Figura 10-2: Esquema vehículo con motor térmico

Realizado por: (ANDRINO, 2016)

2.1.3. Propulsión eléctrica: Es aquel tipo de propulsión donde se utiliza uno o más motores eléctricos alimentados por baterías.

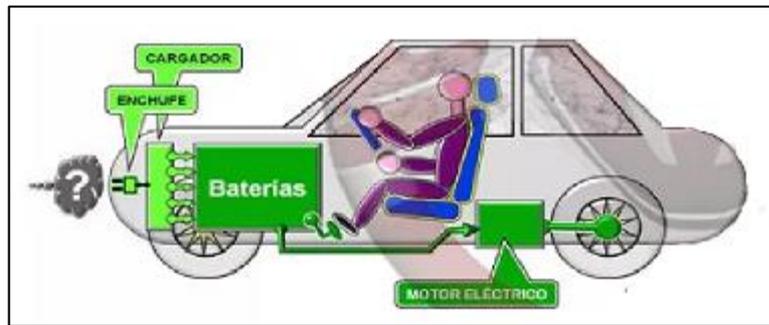


Figura 11-2: Esquema vehículo con motor térmico

Realizado por: (ANDRINO, 2016)

La investigación de nuevas tecnologías en baterías sigue su curso y veremos si en el futuro hay cambios sustanciales. Esta situación es la misma que hizo elegir el motor térmico de gasolina en vez del eléctrico en los inicios del automóvil. El vehículo eléctrico no contamina al circular, pero al recargar las baterías puede generar algo de contaminación, pues depende de cómo se genere la electricidad que se utiliza. (Astudillo, 2014)

2.3. Motores eléctricos

Un motor, es un receptor que, al ser alimentado mediante una corriente eléctrica, produce un movimiento giratorio en su eje que, a través de los acoplamientos mecánicos adecuados, es aprovechado para efectuar diferentes trabajos en el sector industrial y doméstico.

2.3.1. Tipos de Motores eléctricos

Según la NEMA (National Electrical Manufacturers Association) los motores eléctricos se dividen en dos grandes grupos que son Motores de corriente directa (DC) y motores de corriente alterna (AC).

2.3.1.1. Motores de Corriente Alterna (AC)

- **Motores Monofásicos**

Son motores de fácil construcción y bajo costo que por lo general se encuentran en electrodomésticos o en aparatos que no requieran de una potencia mayor a 3KW, por eso los podemos encontrar en taladros, aspiradoras o secadoras de cabello.

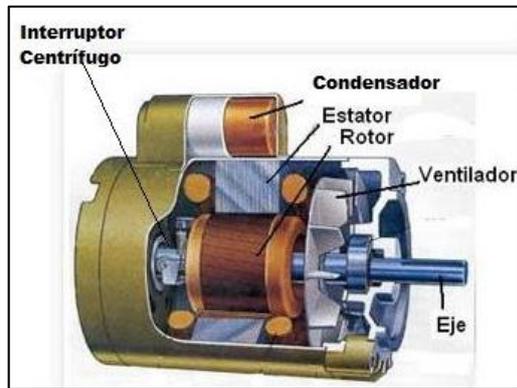


Figura 12-2: Ejemplo motor monofásico

Realizado por: (Area Tecnología, 2017)

- **Motores trifásicos**

Este tipo de motores producen un campo giratorio y son denominados trifásicos debido a que operan mediante tres fases de corriente alterna donde la frecuencia por lo general es de 50 o 60Hz y mantienen un desfase de 120° .

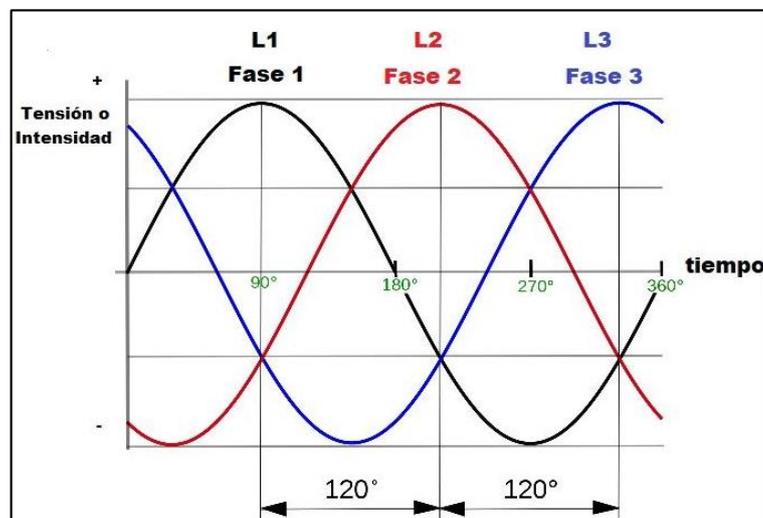


Gráfico 1-2: Fases de un motor trifásico

Realizado por: (Area Tecnología, 2017)

2.3.1.2. Motores de Corriente Directa (DC)

- **Motor en Serie:**

En este tipo de motores el rotor y el estator se encuentran conectados en serie con el fin de que la corriente que pase por ambos sea la misma y por lo general este tipo de conexión se la realiza en motores que se requiera un gran par de arranque.

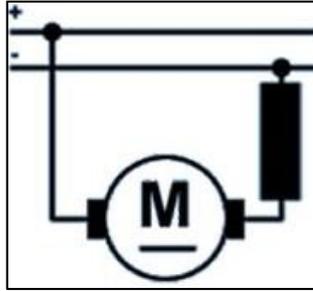


Figura 13-2: Simbología de un motor en serie

Realizado por: Autores

- **Motor en derivación o Shunt**

Este motor posee el rotor y el estator en paralelo y generalmente son usados para dar movimiento a máquinas de gran carga industriales.

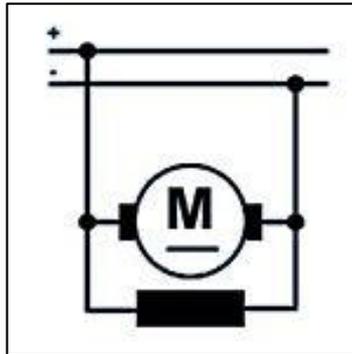


Figura 14-2: Simbología de un motor en derivación

Realizado por: Autores

- **Motor compuesto**

Como su nombre lo dice se trata de un motor de tipo compuesto ya que posee una conexión en serie del rotor y el estator y otra donde el rotor y el estator se encuentran en paralelo. Generalmente este tipo de motores son usados en montacargas o en máquinas donde se desee elevar algún tipo de carga.

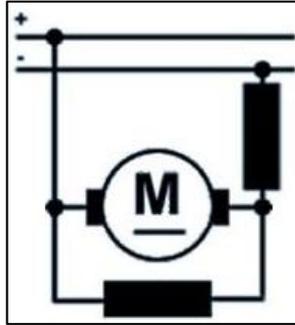


Figura 15-2: Simbología de un motor en derivación

Realizado por: Autores

- **Motores Brushed.**

Es un motor donde su funcionamiento se da gracias a un campo electromagnético producido entre el estator y el rotor, gracias al paso de corriente por el bobinado del rotor que por lo general consta de dos polos y sobre estos se encuentra un colector y escobillas que durante el paso de corriente realizarán el cambio de polaridad del rotor debido a que estas escobillas son las encargadas de conmutar mecánicamente la corriente de las bobinas.

En este tipo de motores será suficiente invertir la polaridad de las escobillas para lograr que el motor gire en sentido opuesto al habitual; esto también debido a que no es necesario de una tarjeta electrónica integrada a un controlador para lograr el funcionamiento del motor.



Figura 16-2: Interior de un motor brushed

Realizado por: (Vergara, 2016)

- **Motores Brushless**

Motores brushless o más conocidos como motores sin escobillas son un tipo de motores que funcionan con corriente directa y con la característica esencial que necesitan de una

tarjeta electrónica integrado en su controlador que regule el funcionamiento del motor tal como su sentido de giro, potencia, velocidad y torque.



Figura 17-2: Pequeños motores brushless

Realizado por: (Roldán, 2014)

Constitución de un motor brushless:

Por lo general los motores brushless tienen una constitución sencilla donde resaltan una parte fija que es denominada estator y una parte móvil que es el conjunto rotor donde se encuentran integrados los imanes permanentes que al recibir el estímulo de un campo electromagnético producido por los bobinados del estator producen un movimiento rotatorio.

En la siguiente figura se muestra el esquema de un motor brushless.

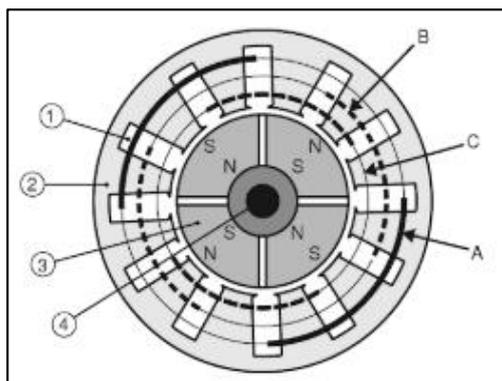


Figura 18-2: Representación de los imanes del motor brushless

Realizado por: (Roldán, 2014)

Donde:

1. Bobinado (A-B-C)
2. Circuito Magnético
3. Conjunto rotor. Imanes permanentes
4. Eje del motor

Tipos de Motores Brushless:

Hay varios tipos de motores brushless basados en la utilización de diversos materiales con los que se fabrican los imanes que incorporan estos motores; algunos de estos se relacionan a continuación. (Roldán, 2014)

- Con imanes de tierras raras y f.e.m. sinusoidal inducida. Campo de par: 0,5 hasta 5Nm.
- Con imanes de tierras raras y f.e.m. trapezoidal inductiva. Campo de par: 0,8 hasta 30Nm.
- Con imanes cerámicos de alta inercia y f.e.m. sinusoidal inductiva. Campo de par: 3,2 hasta 90Nm

2.4. Sistema Electrónico

2.4.1. Baterías

La batería es un elemento que es de utilidad para almacenar energía de una manera electroquímica, es el dispositivo más utilizado que acumula la cantidad de energía necesaria para un gran número de aplicaciones.

Su importancia es fundamental ya que necesita de una gran autonomía para el cumplimiento de su objetivo que es almacenar energía suficiente.

Este acumulador de energía almacena mediante procesos electroquímicos, a través de un proceso con mínimas pérdidas para poder alcanzar el 100 %.



Figura 19-2: Baterías

Realizado por: (TodoBatería, 2016)

2.4.1.1 Parámetros eléctricos correspondientes a baterías recargables.

- **Fuerza electromotriz o Voltaje inducido (E)**

Se denomina al voltaje de una celda electroquímica que se da por la diferencia entre los potenciales red ox de los materiales activos del cátodo y ánodo, esta fuerza electromotriz de las celdas y las baterías se miden en voltios (V). (Pérez, 2010 pág. 119)

- **Capacidad específica (Q)**

Capacidad o cantidad total de la carga eléctrica existente que almacena una batería. Mediante una comparación entre baterías con distintos avances tecnológicos, es muy útil normalizar el valor de la capacidad a la masa total (Ah/kg) o al volumen total (Ah/l) de la batería. Se designa para su expresión el Amperio-Hora (A-h). (Pérez, 2010 pág. 119)

- **Energía específica (W)**

Al almacenar energía en la batería indica el total de dicha energía, es un parámetro de gran importancia ya que reúne a la capacidad específica y a la fuerza electromotriz. Así, la energía específica másica de una batería se calcula como $W_m = E \cdot Q / \text{Peso de la batería}$. La energía específica volumétrica o densidad de energía, lo cual se determina mediante la expresión $W_v = (E \cdot Q) / \text{volumen de la batería}$. Las Unidades utilizadas para ambas son Wh/kg y Wh/l respectivamente. (Pérez, 2010 pág. 119)

- **Ciclos de vida.**

Se denomina a los números de ciclos de carga y descarga que se puede llevar a cabo hasta que la capacidad de la batería sea alrededor de un 80% de su valor nominal. (Pérez, 2010 pág. 119)

Cabe mencionar que las baterías con más de 500 ciclos de vida son utilizadas en los vehículos eléctricos. Y además que para la selección de las baterías es importante tener en cuenta el impacto medioambiental o que las baterías sean fácilmente reciclables, además de que deben tener un precio moderado. (Pérez, 2010 pág. 120)

- **Temperatura de trabajo.**

La temperatura de trabajo de las baterías afecta de manera importante tanto a la vida útil de la batería, así como a los ciclos de vida y a la retención de carga, ya que se deben a las reacciones químicas.

- **Características de las baterías en vehículos eléctricos.**

Teniendo como base a Comisión Nacional Para el ahorro de energía, identificamos que las baterías se consideran fundamentales como fuentes de alimentación para los vehículos eléctricos teniendo características como:

- Prolongado ciclo de vida.
- Alta potencia específica.
- Seguridad.
- Bajo costo.
- Proporcionar una correcta estimación de la energía remanente.
- Un mantenimiento simple.
- Ser recargada rápidamente.
- Sin riesgo de contaminación ambiental cuando sean desechadas. (CONAE, 2015)

- **Tipos de baterías:**

- **Batería de plomo-ácido:**

La mayormente utilizada y la más antigua de todas.

Su bajo coste le hace ideales, esto para funciones como, arranque, iluminación, como un soporte eléctrico, también siendo así usadas dentro de los vehículos.

Además, tiene desventajas como su peso excesivo, el plomo y su toxicidad, su carga lenta, hay que notar que esas características no ayudan para que sean ideales para un vehículo eléctrico.

- **Batería Níquel-Cadmio:**

Son usadas en la industria automotriz, pero su alto coste de adquisición de sus elementos hace que estas no sean elegidas por los fabricantes, ya que son orientadas a usar en aviones, helicópteros o en vehículos de fuerzas militares, ya que su rendimiento máximo alcanza a bajas temperaturas, además su capacidad se ve reducida con cada recarga que se le haga.

- **Baterías Níquel-Hierro:**

Llamadas baterías de ferroníquel, no son usadas en los automóviles en la actualidad ya que carecen de potencia y eficiencia, su densidad es similar a la de plomo ácido.

- Batería Níquel-Hidruro metálico:

Mejoran las capacidades de las baterías de níquel-cadmio, además reducen el efecto memoria, son menos agresivas con el medio ambiente, entre unas desventajas sería el constante mantenimiento y el deterioro en altas temperaturas, altas corrientes de descargas y sobrecargas, además se recargan lentamente y generan una gran cantidad de calor.

- Batería Ion-Litio (LiCoO₂):

Son unas baterías que se forman por un electrolito de sal de litio y además de electrodos de litio, cobalto y óxido.

Mediante el uso de litio se ha permitido conseguir unas altas energías específicas, así como una alta eficiencia y además la eliminación del efecto memoria, evitar el mantenimiento y la facilidad a la hora de poder reciclar los desechos de Ion-Litio.

Estas baterías disponen del doble de densidad energética en base a las baterías níquel-cadmio y además con un tamaño del orden de un tercio.

Son baterías de gran mejora ya que tiene un bajo peso atómico 6,9 vs 209 para las baterías de plomo.

Cuenta con un voltaje alto por celda de 3.5 v, esto reduce el número de celdas en serie para alcanzar cierto voltaje, esto en parte reduce su costo de manufactura.

Entre sus desventajas es su alto coste de producción, aunque últimamente este se ha venido reduciendo, como otra desventaja también se tiene que son frágiles y que pueden explotar por un sobrecalentamiento y también deben ser almacenadas con mucho cuidado.

Estas baterías son de uso exclusivo para los vehículos eléctrico (VE). Al ser estas baterías de una tecnología no madura totalmente y en desarrollo, los avances le hacen tener una mejora grande.

- Batería LiFePO₄

Estas baterías Ion-Litio es de mucha coincidencia con la anterior, aunque tiene la diferencia de que no utiliza cobalto, por lo que tiene una mayor estabilidad y una seguridad en su uso.

Otras ventajas de estas baterías son el ciclo de vida más largo y también además una mayor potencia.

Como una desventaja se puede decir que cuenta con menor densidad energética y también su alto coste.

- Batería Polímero de litio:

Otra batería es la de Ion-Litio con una mejora en lo que se refiere a la densidad energética ya que es mayor y por ende la potencia es mayor.

Son más ligeras, eficientes y además no tienen el efecto memoria.

Las desventajas están en que su coste es elevado y que su ciclo es bajo, es un aspecto blando por el polímero y en si por el Litio, esta es una opción no muy extendida en la actualidad.

Principales características:

Contienen densidad de energía entre 5 y 12 veces en comparación a las de Ni-Cd o Ni-MH con un peso igual.

A una capacidad igual, estas baterías son típicamente cuatro veces más ligeras que las de Ni-Cd.

Como desventaja es que requieren un trato mucho más delicado, ya que pueden llegar a su ignición o explosión.

Cuentan con un voltaje nominal de 3.7 v y no se debe descargar por debajo de los 3.0 v por celda y además no se la debe cargar más allá de 4.3 v por celda.

Aplicaciones:

Este tipo de baterías son utilizadas para el almacenamiento de la energía en vehículos como el Hyundai Sonata desde el año 2011.

También son utilizadas estas baterías en computadoras portátiles Apple, iPod, iPhone, muy usadas en teléfonos móviles y PDAs.



Figura 20-2: Tipos de baterías de Ion Litio.

Realizado por: (baterías)

- Batería ZEBRA:

También denominadas de sal fundida, trabajan a temperatura de 250 grados centígrados, cuenta como electrolito cloro aluminato de sodio triturado.

Esta es una batería muy compleja, con mayor contenido químico, pero que mediante ello se consigue características de energía y potencia interesantes. Cuentan con el mejor ciclo de vida útil de todas las baterías, pero estas requieren ocupar mucho espacio y además su potencia es baja.

- Batería de Aluminio –Aire:

Denominadas como “pilas combustibles”, estos por la necesidad de reemplazar los electrodos de metal gastados por unos nuevos. Cuentan con una capacidad de almacenamiento de hasta diez veces mayor que las de tipo Ion-Litio y una densidad energética fuera del alcance del resto.

No tiene buena aceptación comercial debido a problemas de recarga y fiabilidad, estas baterías se encuentran en fase experimental.

- Baterías Zinc-Aire:

Desarrolladas por una compañía suiza, se encuentra en fase experimental, pero más avanzadas que la de aluminio-aire.

Este tipo de baterías necesitan obtener el oxígeno de la atmosfera para poder generar corriente. Cuenta con alto potencial energético y fiabilidad, además son capaces de almacenar 3 veces más en relación a las baterías de ion-Litio en el mismo volumen y con la mitad del coste, en base a expertos se dice que el zinc puede ser posicionado como el combustible eléctrico del futuro.

La explicación química del funcionamiento de los diferentes tipos de batería para coche eléctrico es que esta aprovecha la energía que se desprende de reacciones de oxidación-reducción para producir una corriente eléctrica. Esto sería fundamentalmente el proceso de descarga, siendo a la inversa, mediante el uso de una corriente eléctrica para producir un cambio químico, el proceso de carga.

2.4.1.2 Comparación entre baterías:

Tabla 1-2: Comparación de los tipos de baterías.

TIPO:	Energía/peso	Tensión por elemento (v)	Duración (número de descargas)	Tiempo de recarga.	Auto descarga por mes (% de total)
Plomo	30-50 Wh/kg	2 v	1000	8-10 h	5%
Ni-Cd	48-80 Wh/kg	1,25 v	500	10-14h	30%
Ni-Mh	60-120 Wh/kg	1,25 v	1000	2-4 h	20%
Li-Ion	110-160 Wh/kg	3,16 v	4000	2-4 h	25%
Li-Po	100-130 Wh/kg	3,7 v	5000	1-1,5 h	10%

Fuente: (baterías)

Realizado por: Autores

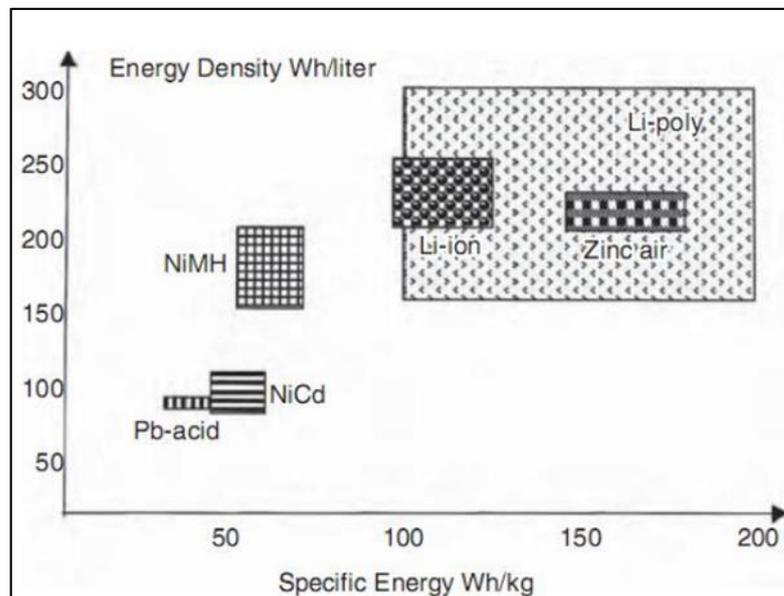


Gráfico 2-2: Energía específica y densidad específica de baterías

Realizado por: (baterías)

2.4.2. Cargadores de Batería

El cargador de batería es un aparato que se destina a recargar una batería, mediante la circulación de una corriente continua, y con un voltaje ligeramente superior a la de la batería en un sentido contrario al de la corriente de descarga.

En el mercado existen varios tipos de cargadores de baterías que varían en características tanto de potencia como de funcionamiento.

2.4.2.1. Tipos de cargadores de baterías:

- Carga lenta:

Es un cargador que carga la batería acorde al auto descarga que tenga la batería, este es un cargador lento, tiene como ventaja que la batería siempre se mantendrá cargada sin sobrecarga ni mucho menos con sobre temperatura, estos cargadores son utilizados en sistemas desatendidos.



Figura 21-2: Cargador de carga lenta.

Fuente: (Armengol, 2016)

- Con temporizados:

Este tipo de cargador se caracteriza por generar un corte de corriente en un tiempo determinado, estos son utilizados para pilas específicas, en caso de intentar recargar otro tipo de pilas podría sufrir ciertos daños como sobrecalentamientos o sobrecargas.

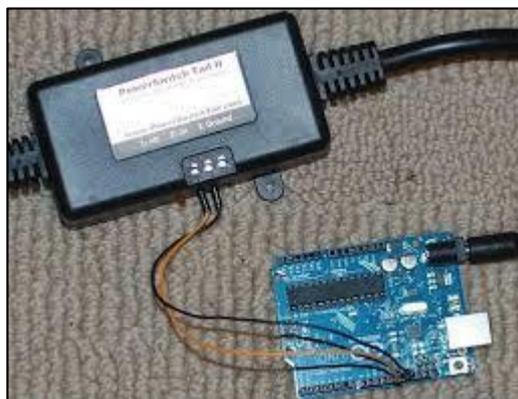


Figura 22-2: Cargador con temporizador.

Realizado por: (Askix)

- Inteligentes:

Estos cargadores generan la corriente adecuada acorde a la necesidad de la batería, este tipo de cargador controla ciertos parámetros de las baterías a recargar, como su temperatura, voltaje y tiempo de carga, cuenta con una carga de batería de hasta un 85% en poco tiempo, y el resto puede durar horas en recargarse.



Figura 23-2: Cargador inteligente.

Realizado por: (FASE.COM.AR)

- Rápido:

Consigue una carga rápida evitando el daño de la batería, suelen tener un ventilador para mantener controlada la temperatura.



Figura 24-2: Cargador rápido.

Realizado por: (Herramientaprofesional)

- Portátil:

Este tipo de cargadores permite cargar en cualquier momento pilas, baterías de celulares, de laptops, etc.



Figura 25-2: Cargador Portátil.

Realizado por: (Reynaldestore, 2016)

- Por pulsos:

Genera pulsos de corriente continua, estos pulsos son controlados con gran precisión en lo que se refiere a frecuencia, periodo y su amplitud, y así evitar sobrecalentar la batería. En baterías de plomo ácido, los pulsos descomponen cristales de sulfato de plomo formados, de esta manera aumentando la vida útil de la batería.



Figura 26-2: Cargador por pulsos.

Realizado por: (FONDEAR, 2008)

- Inductivos:

Genera la carga de baterías mediante la inducción electromagnética, se genera mediante energía electromagnética enviada a un dispositivo eléctrico el cual se encarga de distribuir a las baterías la energía, la carga es generada sin contacto físico por lo que como ventaja tendríamos que no generaría electrocución.



Figura 27-2: Cargador Inductivo.

Realizado por: (Unieuro)

2.4.3. Controladores de motores eléctricos.

Como un elemento de fundamental importancia para el funcionamiento de un motor eléctrico, y en la actualidad la mayoría de controladores son denominados de gran eficiencia.

Su principal objetivo: Limita el arranque del motor eléctrico, para evitar la enorme intensidad eléctrica que se proporciona, tanto como las baterías o la fuente de alimentación se lo permitan. (Vargas, 2015 pág. 31)

Tienen como objetivos principales.

- Regular la velocidad.
- Regular el par.

2.4.3.1. Controlador multistitching.

Es el más simple en la limitación de la velocidad. Es un controlador que usa filas de baterías separadas por paquetes que suministran tensiones. Por ejemplo, si nos fijamos en un paquete con un total de 120 V este puede ser separado en cuatro secciones, cada sección daría una tensión independiente de 30 V, en un inicio, una sección de baterías está activada, dando 30 V, lo que limita la tensión y la corriente en el comienzo. A medida que el vehículo comienza a desplazarse, otra sección de baterías se conecta añadiendo 30 V, este paquete de cuatro secciones (Figura 29) nos indica que el controlador tiene 4 velocidades. (Vargas, 2015 pág. 31)

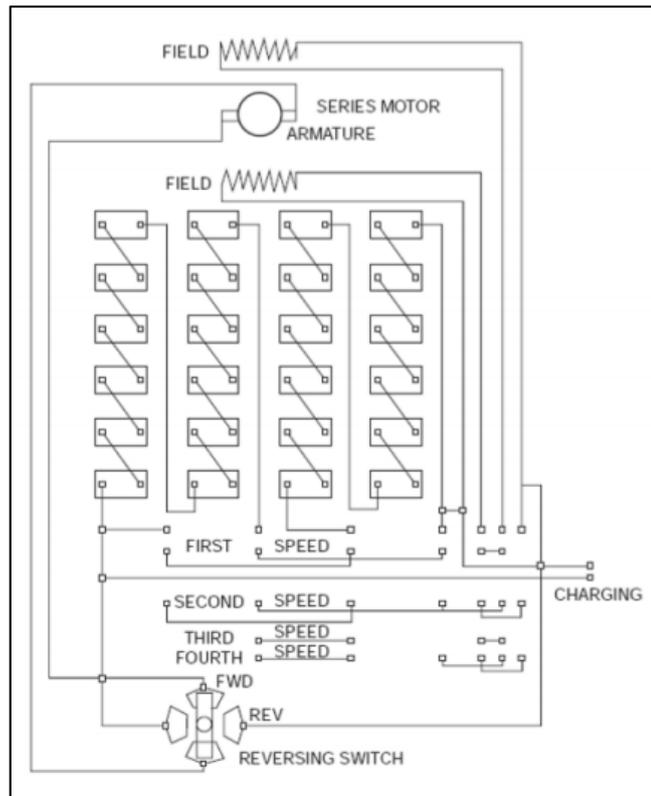


Figura 28-2: Esquema controlador Multiswich.

Realizado por: (Vargas, 2015)

2.4.3.2. Controlador de estado sólido:

Mediante el rectificador de silicio (SCR) junto con la técnica de la modulación por ancho de pulso fue la que provocó el desarrollo del controlador de estado sólido. Su funcionamiento se da a frecuencia de conmutación baja alrededor de 400Hz. Son muy útiles para modificar la velocidad de un motor y el cambio repentino de encendido y apagado. (Vargas, 2015)

A fines de 1970, los modulantes de ancho de pulso fueron avanzando tecnológicamente en el desarrollo de controladores, principalmente de metal óxido-semiconductor (MOSFET) lo que dio un funcionamiento suave y eficiente para controlar el motor. (Vargas, 2015 pág. 32)

A diferencia de controladores de SC, estos operan en 15000 a 18000 Hz, por encima del rango de audición humana, al tener una frecuencia de conmutación más alta, se crea una operación suave al motor, haciendo que sean silenciosos, por lo general incluyen un tipo de limitador de corriente para proteger el motor contra daños causados por diferentes agentes como elevadas temperaturas entre otros. (Vargas, 2015 pág. 33)



Figura 29-2: Controlador CURTIS estado sólido.

Realizado por: (Vargas, 2015)

2.4.3.3. Controlador moderno electrónico:

Se denominan controladores electrónicos a los controladores PWM (modulación por ancho de pulso) este tipo de controlador es común en la mayoría de los vehículos eléctricos. Estos controladores al encenderse y apagarse a velocidades muy elevadas controlan con rapidez deseada y eficiente.

Este dispositivo sólido utiliza un modulador de ancho de pulso, envía cortos ráfagas de corriente al motor en pulsos a una tasa de 15KHz. Este tipo de controladores cuentan con seguridad como ejemplo:

- Cortes por baja tensión.
- Condiciones de sobrecalentamiento.

Incluso reduciendo la corriente de alimentación o incluso una desconexión temporal si es necesario, esto con el fin de autoprotección de los elementos del controlador.



Figura 30-2: Controlador *Kelly Controller*.

Realizado por: (Kellycontroller)

2.4.3.4. Corte por baja tensión:

Existen controladores actuales que cuentan con cortes por baja tensión, los cuales en algunos casos son programables.

Este corte de baja tensión permite que al momento de que un vehículo se detiene, las baterías, después de un corto tiempo que esta entre 15 a 20 minutos, tengan poder para poder de recorrido de un cierto kilometraje para poder recargarlas nuevamente.

2.4.3.5. Sobretemperatura:

El control de la sobretemperatura es una característica que cuentan los controladores, ya que evita que sufra quemaduras e incluso evitar un incendio provocado por la electricidad.

Este controlador proporciona un tono audible mediante el cual alerta de la sobre temperatura, reduciendo la potencia y de esta manera permitiendo que el controlador alcance la temperatura adecuada de trabajo.

En caso de que la temperatura siga en aumento y llegue a límites excesivos, el controlador se apagará automáticamente, esto como característica de la funcionalidad del controlador, además si el controlador sufre de sobrecalentamiento muy seguido en su funcionamiento normal, esto quiere decir que el controlador no es el adecuado para el tipo de vehículo que se este utilizando, ya que sería un controlador insuficiente.

2.4.3.6. Freno regenerativo:

Este tipo de controladores permite el accionamiento de un freno regenerativo, el cual permite reducir la velocidad, transformando su energía cinética en energía eléctrica, basándose en que un motor eléctrico puede ser un generador.

2.4.4. Mandos electrónicos

2.4.4.1. Interruptores:

Son dispositivos que son de fundamental importancia para el acabado de equipos que tienen como misión el accionamiento de las mismas.

Básicamente pueden dividirse en:

- Pulsadores o de acción momentánea:

Este dispositivo permite o interviene el paso de flujo de corriente al momento de mantener accionada una fuerza de accionamiento.

- Interruptores o conmutadores de enclavamiento:

Este tipo de dispositivo permite o interviene el paso de flujo de corriente con la diferencia que, al permitir el cambio de estado del interruptor, este cambio va a permanecer hasta que se regrese al estado original.



Figura 31-2: Interruptor palanca On/Off 3 pines.

Realizado por: (ABCelectronica)

2.4.4.2. Aceleradores:

Existen varios tipos de aceleradores electrónicos que nos ayudan para la manipulación de motores eléctricos.

- Acelerador de puño:

Este acelerador para su funcionamiento es indispensable presionar una palanca del acelerador hacia al frente mediante el uso del dedo pulgar, lo que en las bicicletas no es recomendable ya que al presionar por un tiempo significativo tiende a entumecer el dedo y puede llegar a ser molesto o doloroso.



Figura 32-2: Acelerador de puño.

Realizado por: (Bikelec, 2015)

- Acelerador de botón

Existen aceleradores conocidos como de botón los cuales son utilizados para bicicletas netamente eléctricas, comúnmente funciona de accionamiento de encendido y apagado, este tipo de acelerador normalmente viene en kits de bicicletas eléctricas.

Cabe recalcar que los tipos de aceleradores funcionan de la misma manera en las bicicletas eléctricas. Acorde a las comodidades de los usuarios.



Figura 33-2: Acelerador de botón.

Realizado por: (Bikelec, 2015)

2.4.5. Mandos eléctricos

2.4.5.1. Mandos de motonetas

Son destinados al control de todo el sistema eléctrico de las motonetas como ejemplo las direccionales, las luces de parqueo, las luces altas, bajas, de stop y bocina.



Figura 34-2: Mandos eléctricos de motoneta.

Realizado por: (SUZUKI MOTOR CORPORATION, 2012)

2.5. Sistema Eléctrico

2.5.1. Iluminación Eléctrica

El sistema de iluminación eléctrica es muy esencial en todo tipo de vehículos, no solo en ambientes de poca luz sino para garantizar ser visualizados por todos los usuarios de la vía y con esto se anticipe a los posibles movimientos de los automotores es por eso que los dividimos en dos grupos.

2.5.1.1. Iluminación delantera del automotor

La función primordial de los faros instalados en la parte delantera del vehículo es alumbrar eficazmente la calzada, para que el conductor pueda observar el tráfico y reconocer con la debida anticipación los obstáculos que se presenten. Además, advierten de nuestra presencia a los conductores que circulan en sentido contrario. (Bosch, 2005)

Tabla 2-2: Cantidad, ubicación y color de las luces indicadoras delanteras.

LUCES INDICADORAS DELANTERAS	CANTIDAD MIN. POR CADA LADO	UBICACIÓN	COLOR
Luces de posición	1	Incorporadas o próximas a los faros delanteros y vértices de la carrocería a no más de 400mm de los extremos laterales y entre 350mm y 1500mm de altura respecto del suelo	Blanco o ámbar

Fuente: NTE INEN 1 155:2009 (Instituto Ecuatoriano de Normalización Norma Técnica 1155 Segunda Revisión)

Realizado por: Autores

2.5.1.2. Iluminación posterior del automotor

Las luces encendidas en la parte trasera del vehículo en función de las condiciones atmosféricas señalan la posición del vehículo. También indican cómo se está moviendo el vehículo y en qué dirección, p.ej. si marcha en línea recta sin frenar, si está frenando, si el conductor va a cambiar de dirección de marcha o si existe una situación de peligro. Las luces de marcha atrás iluminan la calzada mientras el vehículo circula marcha atrás. (Bosch, 2005)

Tabla 3-2: Cantidad, ubicación y color de las luces indicadoras posteriores.

LUCES INDICADORAS POSTERIORES	CANTIDAD MIN.	UBICACIÓN	COLOR
Luces de posición	1	A no más de 400 mm de los extremos laterales y entre 350mm y 1500 mm de altura respecto de la calzada (Hasta 2100mm cuando la carrocería no lo permita)	Rojo
Luces direccionales	1 por lado	Lo más cercano en los extremos mismos a no más de 400 mm de los extremos	Ámbar o rojo

		laterales y entre 350 mm y 1500 mm de altura respecto del suelo	
Luz de freno central	1	Central en su parte posterior	Rojo

Fuente: NTE INEN 1 155:2009 (Instituto Ecuatoriano de Normalización Norma Técnica 1155 Segunda Revisión)

Realizado por: Autores

2.5.2. Velocímetro

Es un elemento principal en un tablero de instrumentos de todo tipo de vehículos debido a que sirve para calcular la distancia recorrida y a qué velocidad se recorre por la misma. Existen de varios tipos, pero los más comunes son los analógicos y los digitales.

Para que la velocidad sea transmitida a la pantalla se debe poseer algún elemento conectado directamente en la llanta y este transmitir por algún medio ya sea alámbrico o inalámbrico a una pantalla justo al frente del conductor.

2.6. Modelo Matemático del sistema motriz

Una forma de poder entender a un sistema es mediante la obtención de un modelo matemático, éste se obtiene por la aplicación de leyes físicas que rigen su comportamiento ante distintas condiciones de operación. Se basa en un conjunto de ecuaciones que interpretan el funcionamiento aproximado que tiene el sistema. (Ogata pág. 211)

El desempeño del vehículo en pendiente deberá cumplir con la segunda ley de Newton, en donde la sumatoria de las fuerzas en el eje x es igual a la masa por la aceleración que el vehículo monoplaza tenga. En el cálculo de la fuerza de tracción se incluyen las siguientes ecuaciones tomadas de: (Lowry, 2003 págs. 184-187)

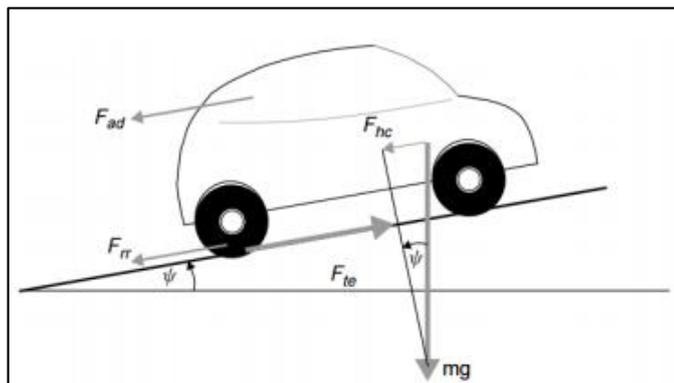


Figura 35-2: Conjunto de fuerzas aplicadas a un vehículo.

Fuente: (Lowry, 2003)

$$F_{te} - F_{rr} - F_{ad} - F_{hc} = m * a$$

Ecuación 1.2

Donde:

F_{te} = Fuerza de tracción que impulsa a todo el vehículo monoplaza. [N]

F_{rr} = Fuerza de fricción entre la superficie y los neumáticos utilizados. [N]

F_{ad} =Fuerza de fricción con incluido el viento. [N]

F_{hc} = Componente del peso en una ruta con pendiente. [N]

2.6.1. Fuerza de fricción entre la superficie y los neumáticos (F_{rr}).

Es la fuerza que se opone al movimiento del vehículo produciendo fricción y rozamiento entre los neumáticos y la superficie de desplazamiento.

$$F_{rr} = U_{rr} * m * g * \cos(\phi)$$

Ecuación 1.2

Donde:

$U_{rr} = 0,015$ (coeficiente de fricción neumático – hormigón)

m = Masa total del prototipo

ϕ = Angulo en base a la pendiente de 15 %

2.6.2. Fuerza de fricción con el viento. (F_{ad}).

Aplicada a la sección transversal del vehículo ya que éste estará en movimiento, y además estará opuesta al avance, por lo que es una fuerza negativa.

$$F_{ad} = \frac{1}{2} * \rho * A * C_d v^2$$

Ecuación 2.2

ρ = Densidad del aire.

A = Área transversal del vehículo.

C_d = Coeficiente aerodinámico entre 0,3 a 0,8 en vehículos turismo.

v^2 = Producto de la velocidad (mayor velocidad, mayor fuerza)

2.6.3. Componente del peso del vehículo en la pendiente. (F_{hc})

Se encuentra constituido por las fuerzas más exigentes al motor eléctrico, ya que al incrementar fuerza del peso también incrementa al mismo tiempo el ángulo de pendiente. Ésta fuerza es la componente del peso del vehículo en el eje x al momento de desplazarse por una pendiente.

$$F_{hc} = m * g * \sen(\phi)$$

Ecuación 3.2

Donde:

m = Masa correspondiente al vehículo eléctrico. [Kg]

g =Gravedad [$\frac{m}{s^2}$]

\emptyset = Ángulo de la pendiente de lugar de desplazamiento [°]

2.6.4. Fuerza de tracción para impulsar al vehículo. (F_{te})

Es la fuerza con la cual impulsa al vehículo y debe ser proporcionada por el motor eléctrico. Al despejar la fuerza de tracción del vehículo de la ecuación (2.1) tenemos la siguiente ecuación:

$$F_{te} = (m * a) + F_{rr} + F_{ad} + F_{hc} \quad \text{Ecuación 4.2}$$

2.7. Relación de la propulsión eléctrica con respecto a las demás.

Tabla 4-2: Relación de la propulsión eléctrica con respecto a las demás propulsiones

	Propulsión Eléctrica	Propulsión Térmica	Propulsión Híbrida
Eficiencia	Cercana al 90%	Entre el 20% y 40%	90% en uso de motor eléctrico 30% en uso de motor térmico
Autonomía	Alrededor de los 200km por cada recarga sin sistema regenerativo.	Dependerá del número de tanques y capacidad	Dependerá del número de tanques y baterías usadas
Combustible usado	Electricidad	Combustibles fósiles	Combustibles fósiles y electricidad
Interacción con el medio ambiente	Amigable con el medio ambiente	Potencialmente contaminante	Respeto el medio ambiente
Ruido y vibraciones	Relativamente bajo	Alto	Medio
Costo de mantenimiento	Medio	Medio	Alto

Fuente: (Pérez, 2010)

Realizado por: Autores

CAPITULO III

3. DISEÑO DEL SISTEMA DE PROPULSIÓN

3.1. Parámetros de diseño

Para el diseño del sistema de propulsión se consideró varios parámetros que permitan cumplir con las necesidades de un usuario del vehículo en silla de ruedas que presente paraplejía. Uno de los principales parámetros que se tomó en cuenta son las dimensiones del vehículo como para no exceder estas dimensiones y no reducir mayormente el espacio que ocupará la persona en silla de ruedas.

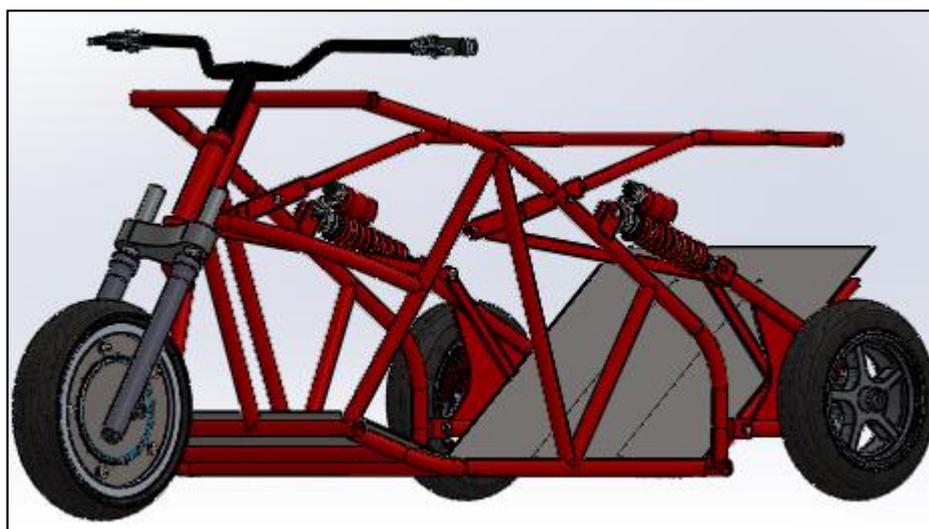


Figura 1-3: Vista lateral del vehículo monoplaza.

Realizado por: Los autores

Además, se tomó en cuenta parámetros como:

- Peso total del prototipo (incluido el ocupante)
- Velocidad de circulación del prototipo
- Duración de la batería
- Porcentaje de pendiente que va a subir el prototipo

Para el cálculo de la potencia necesaria que ayudaría a impulsar el vehículo monoplaza se requirió plantear en base a las condiciones de mayor importancia y exigencia como son las vías con mayor pendiente que conectan a toda las facultades y departamentos de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, esto representa que deberá impulsar a una persona con paraplejía con su respectiva silla de ruedas (90 Kg persona aproximadamente, 20 Kg silla de ruedas) en una pendiente del 15% (ver tabla 1-3), a una velocidad promedio de 10 km/h. Si esta condición se cumple, entonces podemos asumir que el prototipo monoplaza podrá

cumplir con las demás condiciones del recorrido, debido a que el recorrido electo mostrado en la Figura 2-3, presenta un mayor reto para el sistema de propulsión.



Figura 2-3: Ruta más exigente para el prototipo.

Realizado por: Los autores



Figura 3-3: Recorrido del vehículo monoplaza.

Realizado por: Los autores

Tabla 1-3: Porcentaje de pendientes y grados de pendientes.

Porcentaje dependiente (%)	Grado de pendiente (°)	Porcentaje de pendiente (%)	Grado de pendiente (°)
5%	2,86 °	55%	28,81 °
10%	5,71 °	60%	30,96 °
15%	8,53 °	65%	33,02 °
20%	11,31 °	70%	34,99 °
25%	14,04 °	75%	36,87 °
30%	16,70 °	80%	38,66 °
35%	19,29 °	85%	40,36 °
40%	21,80 °	90%	41,99 °
45%	24,23 °	95%	43,53 °
50%	26,57 °	100%	45,00 °

Fuente: (Regrables, 2011)

Realizado por: Autores



Gráfico 1-3: Pendiente de la ruta crítica.

Realizado por: Los autores

3.2. Fuerzas actuantes sobre el vehículo monoplaza en pendiente más elevada de la ruta.

3.2.1. Cálculo de la fuerza de fricción entre superficie a rodar y neumáticos (F_{rr})

Para la realización del cálculo utilizamos la ecuación 2.2 correspondiente a la fuerza entre superficie y neumáticos elegidos.

En donde:

$$F_{rr} = U_{rr} * m * g * \cos(\phi)$$

- $U_{rr} = 0,015$ (coeficiente de fricción neumático – hormigón)
- $m = 249,32 \text{ kg}$ masa total del prototipo
- $\phi = 8,53$ en base a la pendiente de 15 %

$$F_{rr} = 0,015 * 210 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * \cos(8,53)$$

$$F_{rr} = 30,56 \text{ N}$$

3.2.2. Cálculo de la fuerza de fricción con el viento (F_{ad}).

Para este cálculo se requiere de una velocidad equivalente a 10 km/h equivalente a 2,78 m/s, se toma esta consideración ya que en la ruta que hemos tomado es una velocidad apropiada al subir la pendiente, además en superficies planas la velocidad máxima se estima que será de 32 km/h.

Estos datos serán utilizados para aumentar y ahorrar la energía eléctrica.

Se requiere calcular la sección transversal del prototipo, estos datos son los datos reales existentes:

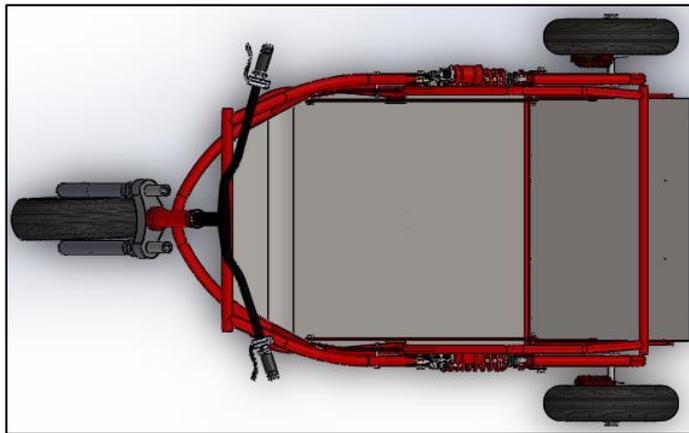


Figura 4-3: Sección transversal.

Realizado por: Los autores

$$A = \text{Ancho} * \text{Alto}$$

$$A = 1,3\text{m} * 0,98\text{m}$$

$$A = 1,274\text{m}^2$$

- **Ecuación del cálculo de la fuerza de fricción del viento** (Ecuación 3.2).

$$F_{ad} = \frac{1}{2} * \rho * A * C_d v^2$$

- ρ = corresponde a la densidad del aire existente en la ciudad de Riobamba
- ρ = con una altitud de 2754 m. s.n.m el valor de 0,834 kg/m³
- A = es el área del prototipo.
- C_d = 0,5 que es el coeficiente numérico de arrastre
- $v = 2,78 \frac{m}{s}$ la velocidad máxima en pendiente

$$F_{ad} = \frac{1}{2} * 0,834 \frac{kg}{m^3} * 1,274m^2 * 0,5 * (2,78 \frac{m}{s})^2$$

$$F_{ad} = 2,053 N$$

3.2.3. Cálculo del peso del vehículo en la pendiente seleccionada (F_{hc})

El peso usado para este estudio es el peso total, incluyendo el pasajero y las baterías seleccionadas, tal como se muestra a continuación.

Tabla 2-3: Peso Parcial y total del prototipo.

COMPONENTES	PESO EN KG
Carrocería	90Kg
Chasis	10Kg
Motor eléctrico	11Kg
Batería	9Kg
Silla de ruedas	20Kg
Pasajero	70Kg
Total	210Kg

Fuente: (Voilamart, 2015)

Realizado por: Autores

Para este cálculo utilizamos la ecuación 2.4 anteriormente descrita.

$$F_{hc} = m * g * \text{sen}(\theta)$$

$$F_{hc} = 210kg * 9,81 \frac{m}{s^2} * \text{sen}(8,53)$$

$$F_{hc} = 305,57 N$$

3.2.4. Cálculo de la fuerza de tracción eléctrica total (F_{te}).

Este cálculo se refiere a la ecuación 2.5 expuesta, lo cual es la fuerza que se necesita para el impulso del triciclo mediante la propulsión del motor eléctrico.

La aceleración designada para el cálculo es de $0,04\text{m/s}^2$ según (Lowry, 2003) ya que es una pendiente lo que va a subir el vehículo eléctrico es necesario mantener una aceleración pequeña alcanzando una velocidad de 10 Km/h.

$$F_{te} = m * a + F_{rr} + F_{ad} + F_{hc}$$

$$F_{te} = (210\text{kg}) * \left(0,04 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) + (32,16 \text{ N}) + (2,053 \text{ N}) + (307,02 \text{ N})$$

$$F_{te} = 349,63 \text{ N}$$

3.2.5. Cálculo para el torque necesario (T_n).

Para realizar el cálculo del torque necesario, depende de la dimensión de la rueda que se va implementar y también va a tener relación la fuerza de empuje: (Becerril Sandoval, 2014)

$$T_n = R * F$$

Ecuación 2.3

Donde:

T_n = Torque necesario. [Nm]

R = Radio de la rueda. [m]. el radio del neumático utilizado es de 13 in (0,1651 m)

F = Fuerza de empuje. [N]

$$T_n = 0,1651\text{m} * 349,63 \text{ N}$$

$$T_n = 57,72 \text{ Nm}$$

3.2.6. Cálculo de la velocidad angular (ω)

Para el cálculo de la velocidad angular debemos utilizar la expresión siguiente

$$\omega = \frac{V_{max}}{R} \quad \text{Ecuación 3.3}$$

En donde:

ω = Velocidad angular. [$\frac{\text{rad}}{\text{s}}$]

V = Velocidad máxima alcanzada por el motor eléctrico (32km/h) lo que es igual a $8,89 \frac{m}{s}$

R = Radio del neumático [m]

$$\omega = \frac{8,89 \text{ m/s}}{0,1651 \text{ m}}$$

$$\omega = 53,87 \text{ rad/s}$$

Ya que la velocidad angular se da en rpm, se debe realizar la conversión pertinente.

$$\omega_{rpm} = \frac{\omega(60)}{2\pi} \quad \text{Ecuación 4.3}$$

$$\omega_{rpm} = \frac{53,87 \text{ rad/s}(60)}{2\pi}$$

$$\omega_{rpm} = 514,44 \text{ rpm}$$

3.3. Cálculo de potencia y selección del motor

3.3.1. Cálculo de potencia ($P_{calculada}$).

La potencia indica el producto de la fuerza de tracción adecuada para la movilización del prototipo monoplaza y la velocidad tope que alcanzará. (La velocidad alcanzada en pendiente 10 km/h = 2,78 m/s) para este cálculo utilizamos la ecuación siguiente.

$$P_{calculada} = F_{te} * v_{max} \quad \text{Ecuación 5.3}$$

$$P_{calculada} = 349,63 \text{ N} * 2,78 \text{ m/s}$$

$$P_{calculada} = 971,97 \text{ W}$$

Si suponemos que un 20% existe de pérdida de energía, decimos que tiene una eficiencia del motor de un 80% para lo cual tenemos que utilizar la siguiente ecuación:

$$P_{mot} = \frac{971,97 \text{ W}}{0,80}$$

$$P_{mot} = 1214,96 \text{ W}$$

3.3.2. Parámetros necesarios de selección de un motor eléctrico.

Fueron varios los factores tomados en cuenta, para obtener como resultado un motor eficiente con todos los requerimientos del prototipo monoplaza y que su funcionamiento sea el adecuado.

3.3.2.1. Potencia y torque

Para la determinación de estos parámetros del motor eléctrico implementado en el prototipo monoplaza debe cumplir ciertas consideraciones:

Tabla 3-3: Fuerza, Torque Y Potencia motor.

PARÁMETROS.	VALORES.
Fuerza de tracción total (<i>Fte</i>).	349,63 N
Torque (<i>Tn</i>).	57,72 Nm
Potencia (<i>Pmotor</i>)	1214,96W

Fuente: Autores

Realizado por: Autores

3.3.2.2. Resistencia a diversas rutas.

Se denomina así a la resistencia que tendrán los materiales partes del sistema de propulsión a los agentes encontrados en las diversas rutas, como: agua, impurezas como polvo, lodo, asfalto, agentes detergentes, ya que estos serán parte de un medio en donde exista transporte.

3.3.2.3. Eficiencia

En los motores que queman combustible fósil la eficiencia es aproximadamente del 20% al 40%; la meta de el sistema es aprovechar la eficiencia del motor.

3.4. Selección del motor

Con los parámetros que fueron calculados de torque y potencia del motor, se tuvieron varias opciones en el mercado como los motores brushless entre 750W y 2000 W de potencia, con lo cual se realizó un analisis de las características de los mismos como su costo y utilidad para cumplir adecuadamente con el propósito de impulsar el prototipo monoplaza con una persona en silla de ruedas.

Tabla 4-3: Modelo y características de los motores Brushless.

TIPO DE MOTOR	VOLTAJE (V)	POTENCIA (W)	VELOCIDAD	PESO	CAPACIDAD DE CARGA	PAR MÁXIMO (Nm)
EBV-48V750WF N	48v	750 W	38 Km/h	9Kg	60Kg	45Nm

EBV- 48V1000W FN	48v	1000 W	45 Km/h	10Kg	85Kg	45Nm
EBV- 48V1500W FN	48v	1500 W	55 Km/h	11Kg	250Kg	48Nm
MY1020	48v	2000 W	65 Km/h	13 Kg	260Kg	50Nm

Fuente: (Voilamart, 2015)

Realizado por: Autores

De acuerdo con la tabla 4-3 se seleccionó un motor Brushless EBV-48V1500WFN debido a que cumple con todas las características que se obtuvo en los cálculos de potencia, además de ello desempeña la potencia calculada.

3.4.1. Especificaciones del motor seleccionado

A continuación, se detalla cada una de las especificaciones del motor seleccionado además de la gráfica del mismo.

Tabla 5-3: Parámetros y especificaciones del motor Brushless seleccionado.

PARÁMETRO	ESPECIFICACIÓN
Tipo de motor	Motor brushless
Tipo de imanes	Imanes de tierras raras
Voltaje (V)	48V
Potencia (W)	1500W
Corriente máxima (A)	36 A
Velocidad máxima (Km/h)	55Km/h
Torque (Nm)	48Nm
Peso (Kg)	11Kg

Fuente: (Voilamart, 2015)

Realizado por: Autores

3.5. Parámetros de selección del controlador

Como se mencionó anteriormente para el funcionamiento de los motores brushless es necesario de una tarjeta electrónica integrada a un controlador por lo cual este debe cumplir con varios parámetros como son:

3.5.1.1. *Peso*

Es comúnmente conocido que los controladores de este tipo de motores no son muy pesados, sigue siendo estrictamente esencial la ligereza de estos para un mejor desempeño del sistema de propulsión

3.5.1.2. *Voltaje y potencia nominal*

Este parámetro es de gran importancia debido a que los controladores no son universales, por lo cual están fabricados para ciertos tipos de motores con estrictos valores de voltaje y potencia para garantizar un correcto desempeño.

3.5.1.3. *Dimensiones*

Es muy importante tomar en cuenta este factor debido a que el controlador ocupará un espacio dentro del habitáculo del usuario en silla de ruedas por lo que es primordial que este no interfiera en la manipulación de los mandos.

3.6. Selección del Controlador

3.6.1. *Funcionamiento del controlador*

El controlador cumplió todos los parámetros propuestos además de funciones específicas que se detallan a continuación.

- El prototipo tiene la capacidad de invertir el giro del motor brindándole la capacidad de desplazarse hacia adelante y hacia atrás.
- Funciona con voltajes entre 24 y 48V, además de trabajar con motores brushless de hasta 2000W.
- Permite la modificación de varios factores como la corriente suministrada al motor, velocidad del motor y la sensibilidad del control del acelerador.

Para la elección correcta del controlador se recurrió a la página del fabricante de controladores Kelly la cual posee varios modelos que nos ayudaron a escoger el más adecuado para nuestro motor, a continuación, se presenta varios modelos de controladores Kelly con sus características más relevantes.

Tabla 6-3: Especificaciones de controladores para motores Brushless.

MODELO	RANGO DE VOLTAJE	AMPERAJE MÁXIMO	POTENCIA MÁXIMA	FRENO REGENERATIVO
KEB48201X	24-48V	150 A	2000W	Si
KEB48300X	24-48V	200 A	3000W	No
KEB48301X	24-48V	200 A	3000W	Si

KEB48400X	24-48V	280 A	4000W	No
KEB48401X	24-48V	280 A	4000W	Si

Fuente: (KellyController, 2018)

Realizado por: Autores

Analizados los diferentes modelos de controladores con sus características se optó por el controlador KEB48201X debido a que este cumple con todos los parámetros planteados anteriormente además de poseer características únicas que brindar un mejor aprovechamiento del motor.

3.6.2. Especificaciones del controlador seleccionado

Tabla 75-3: Parámetros y especificaciones del controlador KEB48201X seleccionado.

PARÁMETRO	ESPECIFICACIÓN
Frecuencia de Operación	16.6kHz
Corriente de la batería en espera	<0.5mA
Rango de voltaje de alimentación del controlador	18V a 90V
Corriente de alimentación del sensor de 5V	40mA.
Corriente de suministro	150A
Rango de funcionamiento máximo	18V a 60V
Rango de temperatura de funcionamiento	-30 °C a 90 °C
Límite de corriente de fase continua	60A

Fuente: (KellyController, 2018)

Realizado por: Autores

Además de los parámetros especificados se puede recalcar lo siguiente:

El controlador de velocidad del motor puede funcionar con una batería relativamente pequeña, pero proporciona una buena aceleración y ascenso de pendientes. El controlador de velocidad del motor BLDC utiliza MOSFET de alta potencia, PWM para lograr una eficiencia del 99%. En la mayoría de los casos, el potente microprocesador brinda un control completo y preciso a los controladores de motor BLDC. (KellyController, 2018)



Figura 5-3: Controlador KEB48201X seleccionado

Fuente: (KellyController, 2018)

El significado de cada una de las letras del modelo del controlador se detalla a continuación:

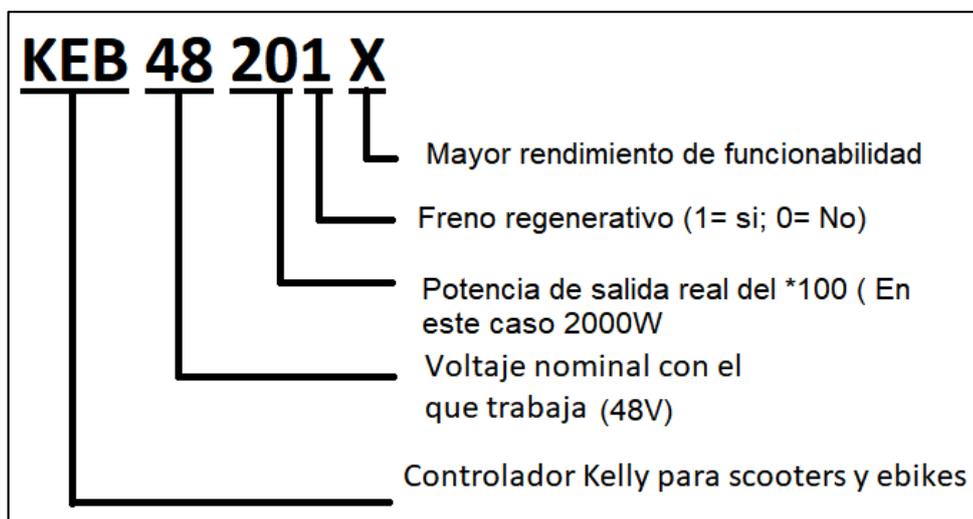


Figura 6-3: Significado de las letras del controlador KEB48201X seleccionado.

Fuente: (KellyControls, 2016)

3.6.3. Conexiones del controlador.

El controlador posee todas sus conexiones en su parte frontal donde encontramos un conector J2 que es el usado para la comunicación entre el controlador, mandos y el motor; además posee un puerto RS232 que se usó para la comunicación entre el controlador y el programa instalado en una computadora para su programación. Adicional a esto posee 5 barras de metal; 2 para conexión directa a la batería y 3 para la conexión de las tres fases del motor, y por

último esta parte frontal posee dos luces led que nos servirán de ayuda para verificar el estado del controlador.

3.6.3.1. Conectores A, B, B+, B- y C

Estos conectores son barras de metal con orificios en la mitad para la sujeción de cables mediante tornillos y cada uno está destinado para una función específica como se detalla a continuación.

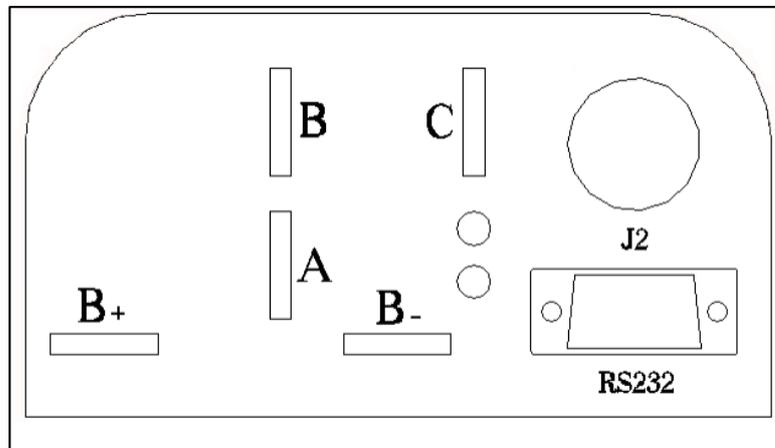


Figura 7-3: Cuadro de conectores del controlador KEB48201X

Fuente: (KellyControls, 2016)

Donde:

B+= Entrada positivo de la batería 48V

B-= Entrada negativo de la batería 48V

A= Fase A

B= Fase B

C= Fase C

3.6.3.2. Conector J2

Este conector también denominado Pin es el que permite la comunicación entre el controlador, batería y accionadores. A continuación, se detalla cada uno de los pines de conexión.

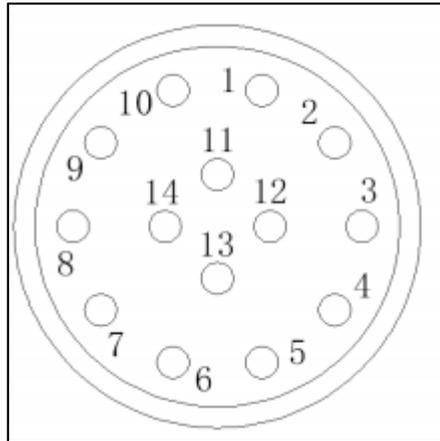


Figura 8-3: Conector J2

Fuente: (KellyControls, 2016)

Definición:

1 PWR= Señal de entrada de alimentación del controlador

2 RTN= Señal de tierra de alimentación

3 RTN= Tierra la señales:

4= Entrada de temperatura del motor

5= Entrada 5V del acelerador

6= Entrada 5V de frenos

7= Salida de alimentación de 5V

8 Micro SW= Entrada señal del interruptor del acelerador.

9= Inversión de entrada del interruptor

10= Entrada de señal del interruptor de freno

11= Fase C

12= Fase B

13= Fase A

14 RTN= Regreso señal de tierra fases.

3.6.3.3. Puerto de comunicación RS232

Este puerto de comunicación servirá para la configuración y la calibración del controlador mediante un software instalado en una computadora.

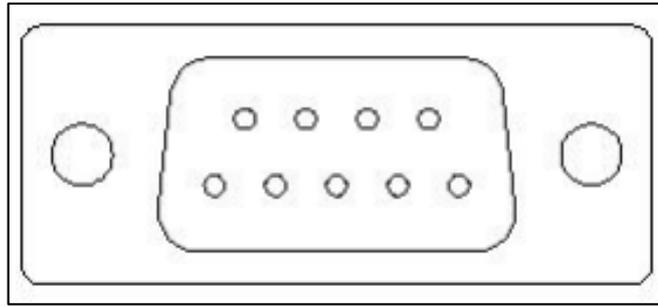


Figura 9-3: Interfaz estándar del conector RS232

Fuente: (KellyControls, 2016)

3.6.4. Circuito de conexión.

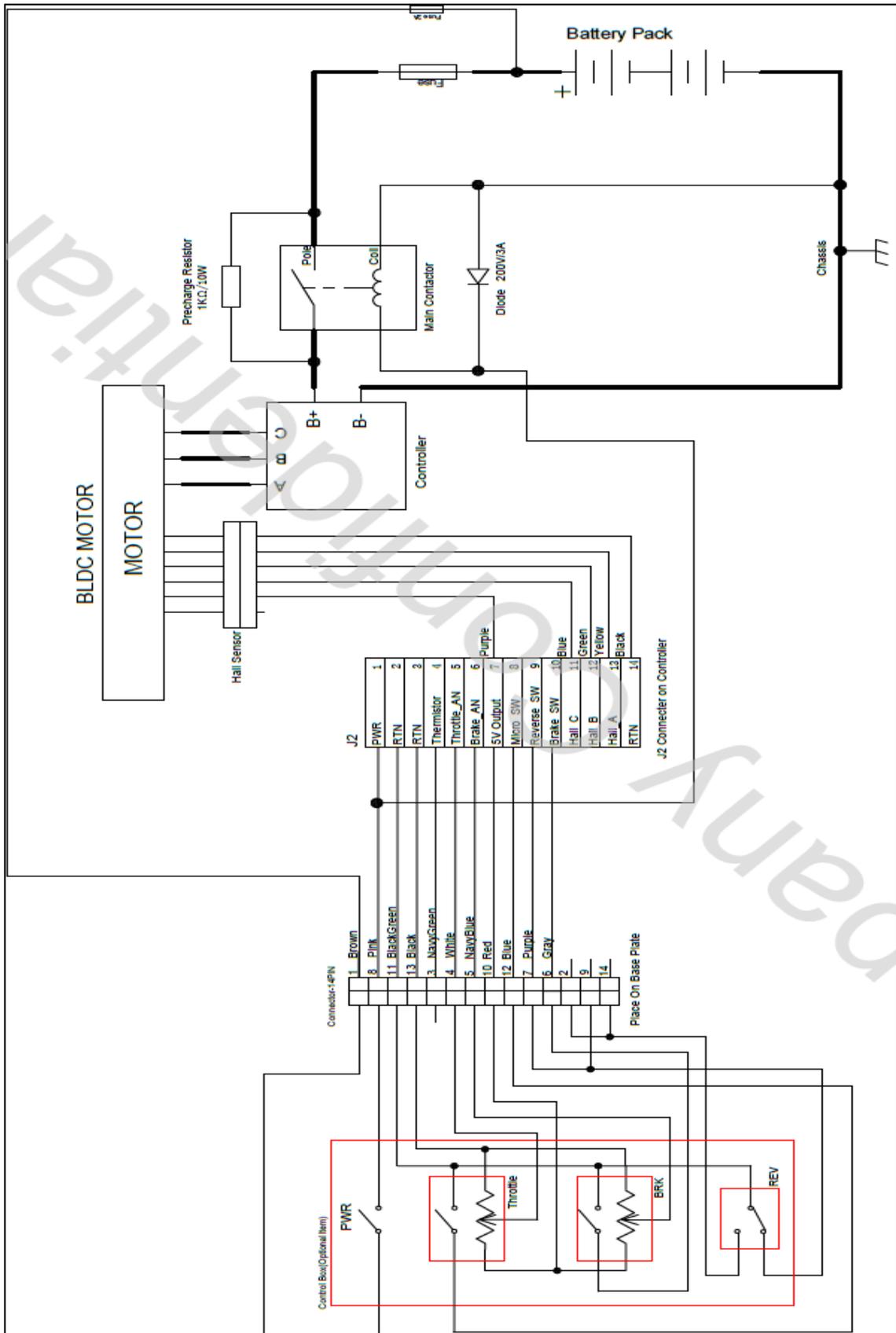


Figura 10-3: Diagrama de circuito de conexión.

Fuente: (KellyControlls, 2016)

3.6.5. Led Indicadoras del controlador

Para verificar el correcto funcionamiento del controlador y todos los elementos conectados a él, cuenta con 2 luces led una de color rojo y otra de color verde que se encenderán o se apagarán dependiendo el funcionamiento del sistema y se detallan a continuación.

Tabla 86-3: Código de encendido de led rojo y verde en el controlador.

ENCENDIDO DE LED	EXPLICACIÓN	SOLUCIÓN
Verde apagado	No hay alimentación o está apagado	1. Compruebe si todos los cables son correctos. 2. Revise el fusible y la fuente de alimentación
Verde encendido	Operando con normalidad	Ninguna
Verde y rojo encendidos		1. Software sigue actualizando. 2. Tensión de alimentación demasiado baja o la batería demasiado alta 3. El controlador está dañado. Póngase en contacto con Kelly acerca una reparación en garantía

Fuente: (KellyController, 2018)

Realizado por: Autores

Además, la luz led roja posee códigos de intermitencia que tienen su propio significado que se detalla a continuación:

Tabla 97-3: Código de intermitencia de encendido del led rojo.

CÓDIGO DE LED	EXPLICACIÓN	SOLUCIÓN
1,2	⊠ ⊠⊠	1. El voltaje de la batería es demasiado alto para el controlador. Compruebe la tensión de la batería y la configuración. 2. Sobretensión de regeneración. Controlador tendrá que cortar o detener la regeneración.

			3. Esto solo es exacto a $\pm 2\%$ en caso de sobretensión. ajuste
1,3	☒ ☒☒☒	Error de bajo voltaje	1. El controlador se borrará después de 5 segundos si el voltaje de la batería vuelve a la normalidad. 2. Verifique los voltios de la batería y recárguelos si es necesario.
1,4	☒ ☒☒☒☒	Advertencia exceso de temperatura	1. La temperatura de la caja del controlador es superior a 90°. La corriente será limitada. Reducir controlador cargando o apagando hasta que el controlador se enfríe 2. Limpie o mejore el disipador de calor o el ventilador.
2,1	☒☒ ☒	Motor no arrancó	El motor no alcanzó 25 rpm en 2 segundos de puesta en marcha. El sensor Hall o el cableado de fase con problema.
2,2	☒☒ ☒☒	Fallo interno de voltaje	1. Mida que B + y PWR son correctos cuando se mida a B- o RTN. 2. Puede haber una carga excesiva en el + 5V Suministro causado por un valor demasiado bajo de Regeneración o Potenciómetros de acelerador o cableado incorrecto. 3. El controlador se encuentra averiado. Póngase en contacto con servicio al cliente de Kelly.
2,3	☒☒ ☒☒☒	Exceso de temperatura	La temperatura del controlador ha superado los 100°. El controlador se detendrá pero se reiniciará

			cuando la temperatura cae por debajo de 80°.
2,4	☒☒☒☒☒	Error de aceleración al Encender	<p>1. La señal del acelerador es más alta que la predeterminada "muerta" zona 'en Power On. La falla se despeja cuando el acelerador sea liberado.</p> <p>2. Configure el modelo del acelerador como acelerador "Hall Active" en la GUI si utiliza ese tipo de acelerador.</p>
3,1	☒☒☒ ☒	Reinicio frecuente	<p>1. El controlador dejará de conducir cuando lo detecte muchos reinicios. 2. Principalmente debido a B- o al cableado de retorno. Utilizar el Cables de retorno más pesados y limpios. Para Controladores dual, enlace B- de ambos controladores juntos con un cable pesado o una tira de cobre.</p> <p>3. Puede ser causado por sobre corriente. Establecer la corriente máxima para ser menor.</p> <p>4. Un reinicio borrará la falla.</p> <p>5. Por favor, póngase en contacto con Kelly si sucede repetidamente.</p>
3,2	☒☒☒☒ ☒☒	Reinicio interno	<p>Puede ser causado por alguna condición de falla transitoria como una sobre corriente temporal, momentáneamente alta o baja tensión de la batería. Esto puede suceder durante la normalidad.</p> <p>operación</p>
3,3	☒☒☒☒☒☒	El acelerador de tipo hall esta abierto o en cortocircuito	<p>Cuando se repara el acelerador, un reinicio borrará el fallo.</p>

3,4	xxxx xxxx	<p>Acelerador no cero en cambio de dirección</p>	<p>El controlador no permitirá un cambio de dirección a menos que el acelerador o la velocidad estén en cero. La falla se despeja cuando se libera el acelerador.</p>
4,1	xxxx x	<p>Regeneración o la puesta en marcha en sobretensión</p>	<p>El accionamiento del motor se desactiva si se produce una sobretensión detectado al inicio o durante la regeneración. El voltaje del nivel de detección de umbral se establece durante la configuración.</p>
4,2	xxxx xx	<p>Error del sensor Hall</p>	<p>1. Cableado incorrecto o suelto 2. También puede ser causado por el ángulo incorrecto de la configuración (60 grados o 120 grados)</p>
4,3	xxxx xxxx	<p>Motor en sobre temperatura</p>	<p>La temperatura del motor ha excedido a la configurada El controlador se apagará hasta que la temperatura del motor descienda.</p>
4,4	xxxx xxxx	<p>Rotor del motor bloqueado</p>	<p>Cuando el rotor esté bloqueado, la salida máxima de la corriente de fase del motor estará limitada al 90% de corriente previa. Una vez que este problema desaparece, la falla se borrará y la corriente de fase de salida máxima volverá a la normalidad.</p>

Fuente: (KellyController, 2018)

Realizado por: Autores

3.7. Selección de Baterías

En base a uno de los objetivos que es de reducir el peso, se opta por utilizar una sola batería recargable de Ion Litio que se encargará de la alimentación del motor ya anteriormente seleccionado.

Mientras que para el sistema eléctrico se utilizará una batería de moto el cual tendrá como accesorio su cargador independiente.

La batería especialmente la de Ion Litio no debe afectar su ciclo de trabajo, para lo cual se debe descargar máximo hasta un 80% en lo que se refiere a la carga, para lo cual se calculará la capacidad específica de la batería.

$$I_{bat} = \frac{P. motor * \eta. motor}{Vde func.* \%descarga} \quad \text{Ecuación 6.3}$$

Donde:

I_{bat} =Capacidad específica de la batería (A)

P_{motor} = Potencia del motor. (W)

η_{motor} = Eficiencia del motor.

$Vde func.$ = Voltaje para el funcionamiento del motor.

$\%descarga$ = % de descarga de la batería.

$$I_{bat} = \frac{1500W * 0,85}{48V * 0,8}$$

$$I_{bat} = 33,20 A$$

Teniendo en cuenta el peso de la batería, 9Kg, se debe calcular la energía específica másica [Wh/Kg], mediante la siguiente ecuación.

$$W_m = \frac{V * I_{bat}}{P_{bat}} \quad \text{Ecuación 7.3}$$

$$W_m = \frac{48V * 33,02Ah}{9Kg}$$

$$W_m = 176,1 \frac{Wh}{Kg}$$

En base a las especificaciones antes calculadas se procede a seleccionar la batería que permitirá el trabajo del motor, y que de esa manera el vehículo monoplaza pueda desempeñar su trabajo como se ha indicado.

A continuación, mostraremos las características de las baterías que vamos a implementar.

Tabla 108-3: Características de la batería Phomsu 12N9-4B-BS 12V 9Ah.

BATERIA PHOMSU 12N9-4B-BS 12V-9Ah	
Modelo.	12N9-4B-BS
Tipo de batería.	Ciclo profundo. Libre de mantenimiento.

	Electrolito tipo AGM
Voltaje Nominal.	12VD
Corriente de descarga máxima.	90 A
Capacidad nominal.	9Ah/10H 1,8v por celda
Dimensiones.	152mm *88mm *106 mm
Peso aproximado.	7Kg
Imagen.	

Fuente: Autores

Realizado por: Autores

Tabla 11-3: Características de la batería Ion Litio E-bike 48V 20Ah.

BATERÍA ION LITIO E--BIKE 48V-20A-h 960W/h	
Modelo.	E-bike
Tipo de batería.	Se puede dar mantenimiento. Ion Litio
Capacidades nominales.	1500w 20Ah 960Wh
Voltaje Nominal.	48VC
Peso.	9Kg
Dimensiones.	380mm x 145mm x85mm
Imagen.	

Fuente: Autores

Realizado por: Autores

Es necesario recalcar que las baterías de los automóviles están dispuestas hasta no más de 200 ciclos de trabajo si se descargan regularmente en su 50% de capacidad, mientras que las baterías de ciclo profundo pueden soportar hasta 400 ciclos de trabajo, esto en base a lo que se refiere a la batería que se usará para el sistema de accesorios y luces.

En lo que se refiere a la batería del motor eléctrico, es una batería con tecnología más avanzada, la cual nos permite llegar a más de 1200 ciclos de trabajo.

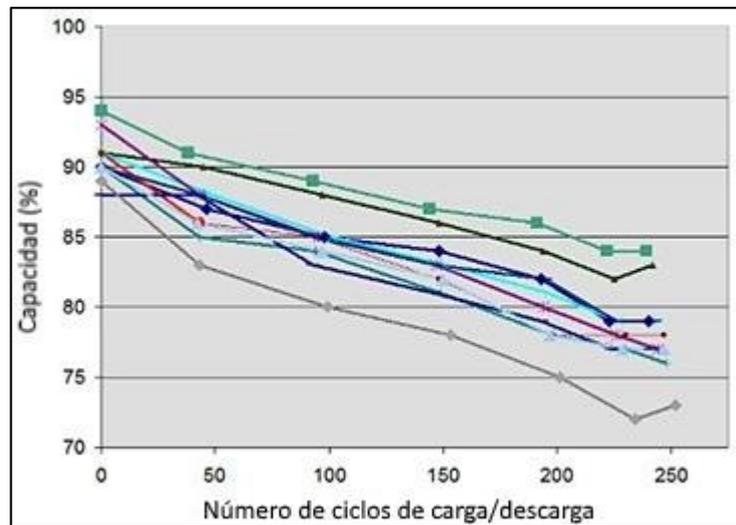


Gráfico 2-3: Capacidad vs Número de ciclos de carga/descarga.

Fuente: (CADEX, 2018)

La gráfica indica pérdida de capacidad debida a los ciclos de carga/descarga del 100 al 0%

3.8. Cálculo del tiempo de carga de cada batería

El tiempo que demore las baterías para su recarga, lo viene dado por el fabricante de las baterías.

Para el cálculo de tiempo de carga de las baterías es necesario tener en cuenta la capacidad de la batería en Ah y también relacionarlo con la capacidad del cargador de la batería en la siguiente ecuación.

$$T_{\text{tiempo de carga}} = \frac{\text{Capacidad de la batería}}{\text{Capacidad del cargador}} \quad \text{Ecuación 8.3}$$

Para el caso de la batería de 12 V la capacidad que tenemos es de 9Ah, además que su cargador cuenta con la capacidad de enviar 2A por lo que relacionando en la ecuación tenemos:

$$T_{\text{tiempo de carga}} = \frac{9Ah}{2A}$$

$$T_{\text{tiempo de carga}} = 4,5h$$

Para la batería Ion- Litio 48V la capacidad que tenemos es de 20Ah, además que si cargador cuenta con la capacidad de enviar 4A por lo que al relacionar en la ecuación tenemos:

$$T_{\text{tiempo de carga}} = \frac{20Ah}{4A}$$

$$T_{\text{tiempo de carga}} = 5h$$

3.9. Cálculo de autonomía teórica.

Para calcular el tiempo de autonomía de la batería es necesario tener presente la intensidad que suministra para la operación del motor en lo que se refiere a la batería de Ion Litio. En este caso este valor es de 30A.

Obtenido el valor de capacidad de operación procedemos a realizar el cálculo de la autonomía que viene dada de la siguiente fórmula según, (Sandoval, 2014)

$$t_o = \frac{Q}{I_B} \quad \text{Ecuación 9.3}$$

Donde:

T_o = Cantidad de tiempo de autonomía. (h)

Q = La carga de batería. (Ah)

I_B = Intensidad suministrada por el acumulador. (A)

$$t_o = \frac{60Ah}{15A}$$

$$t_o = 4h$$

Esto quiere decir que la autonomía de la batería es de 4 h en un recorrido plano con la velocidad estipulada de 32 Km/h y con una carga estipulada alrededor de 210Kg.

En caso de la batería de moto 12v- 9Ah el tiempo de autonomía va a variar acorde a los elementos que se encuentren funcionando, ya que es destinada al sistema de luces y accesorios que tiene el vehículo monoplaza.

- Autonomía en pendiente.

En una pendiente la corriente de consumo es de 30A a una velocidad promedio de 10Km/h y además se conoce la capacidad de la batería seleccionada que es de 60Ah.

$$\text{Autonomía} = \frac{C. \text{batería} * V. \text{promedio}}{C. \text{promedio}} \quad \text{Ecuación 10.3}$$

Donde:

$C. batería$ = Carga de la batería seleccionada. (Ah)

$V. promedio$ =Velocidad promedio (Km/h)

$C. promedio$ = Carga promedio. (A)

$$Autonomía = \frac{60Ah * 10km/h}{30A}$$

$$Autonomía = 20km$$

- Autonomía en superficie plana:

Se considera una velocidad de 32km/h a diferencia de la pendiente.

$$Autonomía = \frac{60Ah * 32km/h}{30A}$$

$$Autonomía = 64km$$

La autonomía variará acorde a las determinadas condiciones, como la variación de la pendiente, el estilo de conducción del vehículo monoplaza.

3.10. Diseño del circuito electrónico del sistema de propulsión

Para llegar a obtener el funcionamiento adecuado del sistema de propulsión es importante el análisis de los elementos, así como también tener en cuenta la alimentación del circuito y los mandos adecuados para su accionamiento, para lo cual se utilizó el software EAGLE.

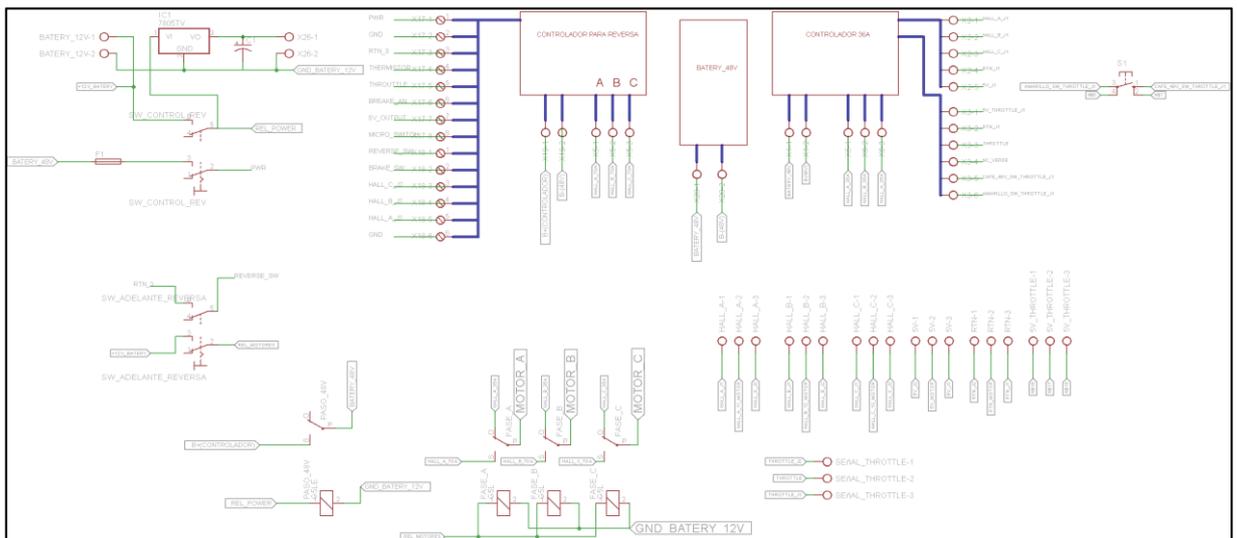


Figura 11-3: Circuito electrónico del sistema de propulsión.

Realizado por: Los autores

Transformador de voltaje de 12 a 5v.

Ya que se utilizó una placa de relés que funciona con 5v para poder accionar la reversa en el motor, se creó el circuito de reducción de voltaje.

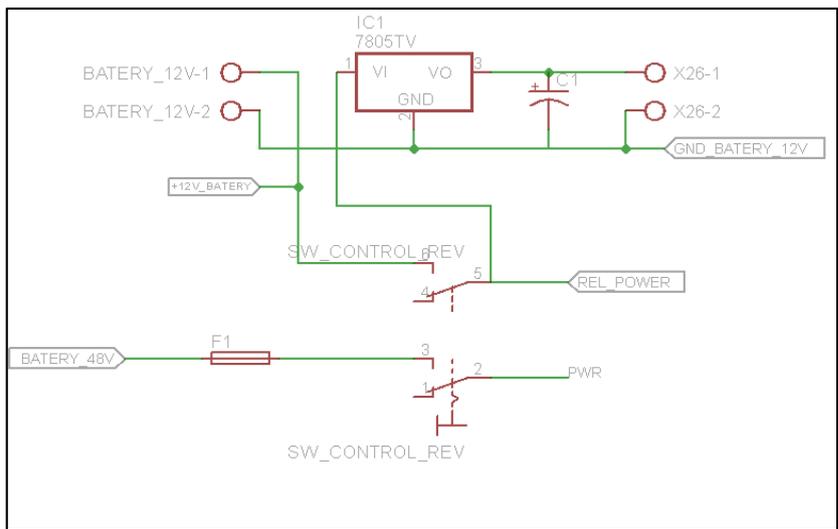


Figura 12-3: Circuito simplificador de voltaje.

Realizado por: Los autores

Además, se identificó los pines correspondientes a los controladores designados tanto para impulsar el vehículo hacia adelante y de reversa.

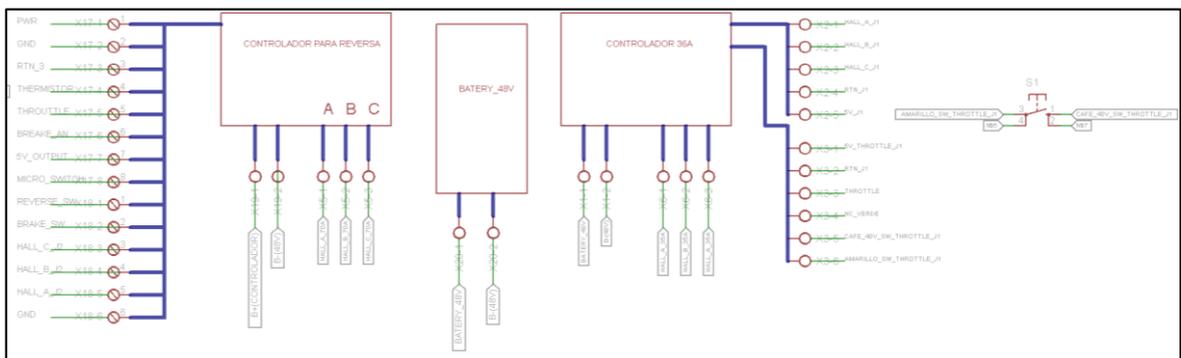


Figura 13-3: Pines identificados de los controladores y batería.

Realizado por: Los autores

Así también, se utilizó relevadores para las fases del motor, los cuales serán accionados mediante un voltaje en las bobinas de 12v y permitirá trabajar con intensidades de hasta 100A.

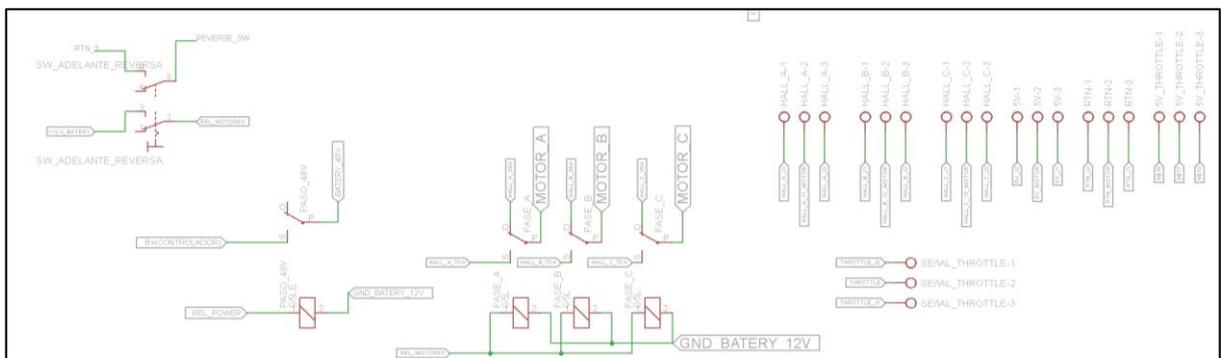


Figura 14-3: Pines de relés (5v) y relés (12v).

Realizado por: Los autores

3.11. Diseño del circuito eléctrico del sistema de luces

Para la realización del circuito eléctrico, se consideró la selección de los elementos como luces de consumo mínimo, accesorios de igual manera, para así poder obtener la autonomía adecuada para el correcto desempeño del vehículo monoplaza. Para el análisis se utilizó el software Livewire.

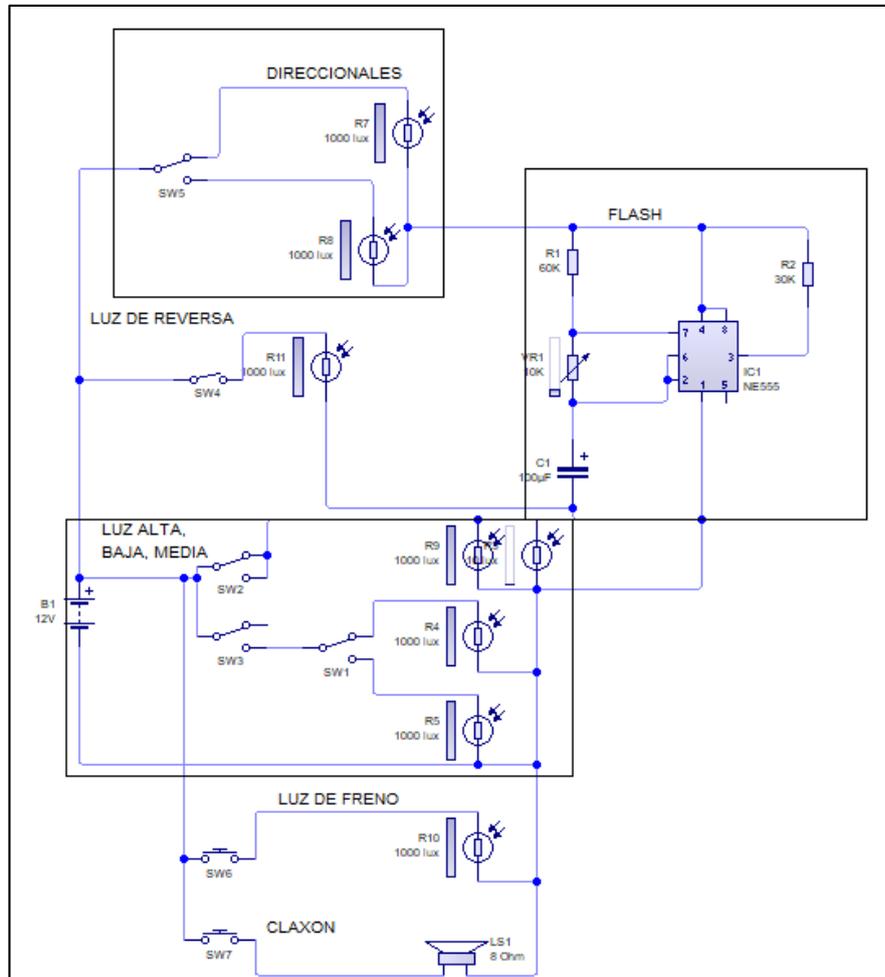


Figura 15-3: Circuito de luces y accesorios. Livewire

Realizado por: Los autores

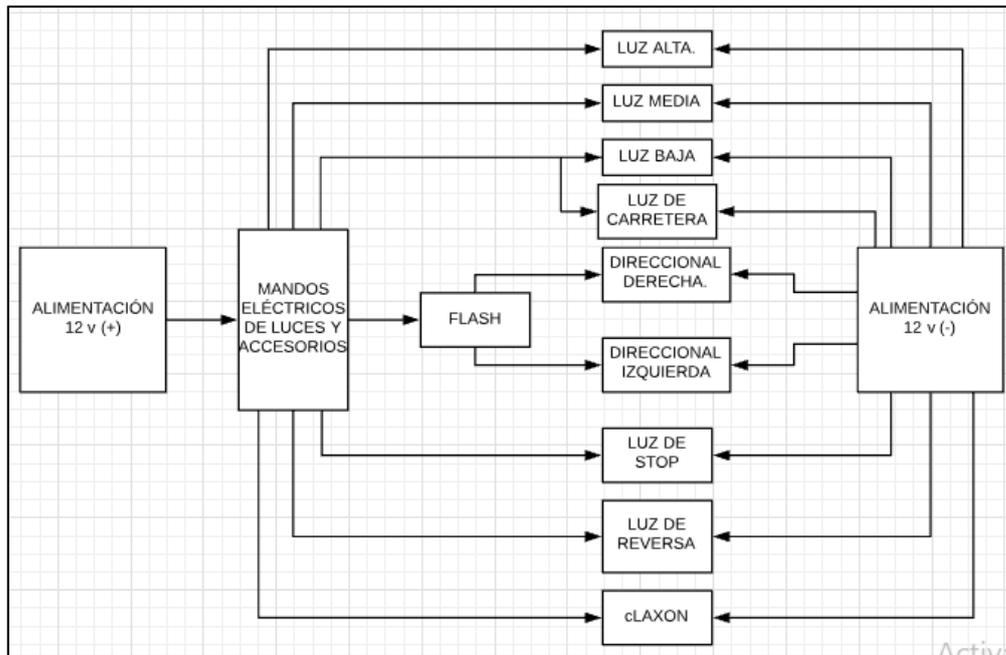


Figura 16-3: Diagrama de bloques de sistema de luces y accesorios.

Realizado por: Los autores

3.12. Diseño y análisis de los elementos de anclaje al motor

Debido a que este prototipo va a transportar a una persona es necesario garantizar que este sea seguro y se adapte a las necesidades del medio por lo cual se va a desenvolver. Por tal motivo el diseño y análisis fueron desarrollados con ayuda de software SolidWorks para el diseño y Ansys para el correspondiente análisis que se muestra con mayor detenimiento a continuación.

3.12.1. Diseño de los componentes

Debido a que se tomó la decisión que el prototipo posea el motor dentro del aro en su llanta frontal fue necesario diseñar elementos que ayuden a la sujeción del motor con el aro y con la estructura del prototipo.

- Discos de sujeción:

Se diseñó dos discos de material ASTM A36 de 6mm de espesor que sujetarán de manera segura al motor, además estos están sujetos entre sí lo que garantiza que el motor gire conjuntamente con el aro y la rueda.

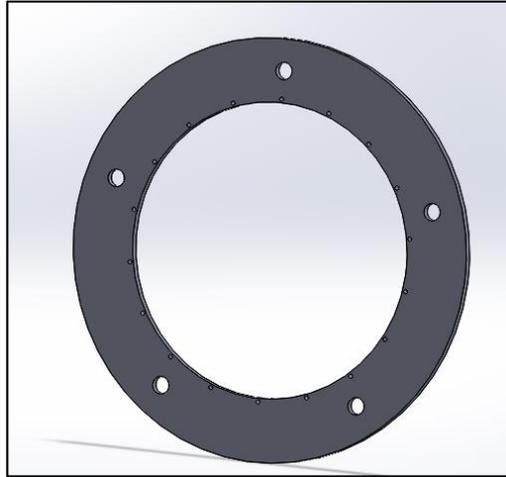


Figura 17-3: Discos de sujeción diseñados en software SolidWorks

Realizado por: Los autores

- Platina de soporte

Debido a que el eje del motor y los amortiguadores delanteros que se encuentran en el prototipo monoplaza son de dimensiones diferentes, existió la necesidad de diseñar 2 platinas con dos orificios cada una que sirvan de acople entre el motor y la suspensión delantera.

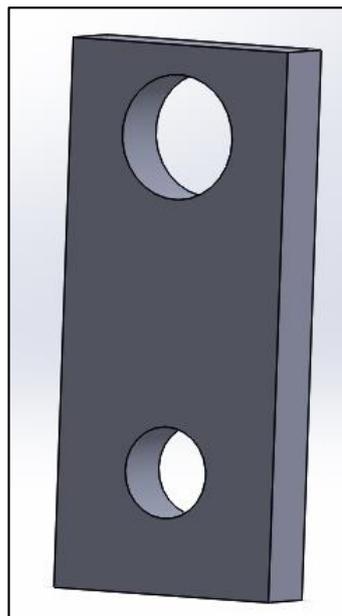


Figura 18-3: Platinas diseñadas en software SolidWorks

Realizado por: Los autores

3.12.2. Análisis de los componentes

Una vez realizado el diseño se procede a realizar el análisis estructural de todos los componentes en conjunto con la ayuda del software SolidWorks. Para este análisis se tomó en cuenta varios factores.

Transferencia de carga generada al frenar o acelerar:

Al momento de acelerar o frenar un vehículo se puede sentir como la carga se transfiere al eje contrario, debido a esto podemos asumir que si se frena la carga en el eje posterior disminuirá y posteriormente este porcentaje de carga se transferirá al neumático delantero del vehículo. De igual manera al momento de acelerar la carga en el neumático delantero disminuirá y este porcentaje perdido será ganado por el eje posterior.

Por tal motivo para nuestro análisis consideraremos el caso más extremo, donde toda la carga del vehículo sea transferida al neumático delantero.

Cargada aplicada al soporte del motor:

$$F. aplicada = W. aplicado * 9,8 \frac{m}{s^2} \quad \text{Ecuación 11.3}$$

Donde:

$F. aplicada$ = Fuerza que se ejerce al soporte del motor [N]

$W. aplicado$ = Peso aplicado al soporte del motor [Kg] = 210 [Kg]

Entonces, al remplazar valores se obtiene:

$$F. aplicada = 210Kg * 9,8 \frac{m}{s^2}$$

$$F. aplicada = 2058 N$$

Entonces la fuerza aplicada será de 1029N para cada brazo.

Se aplicó las fuerzas en cada brazo y los soportes en las paredes del motor.

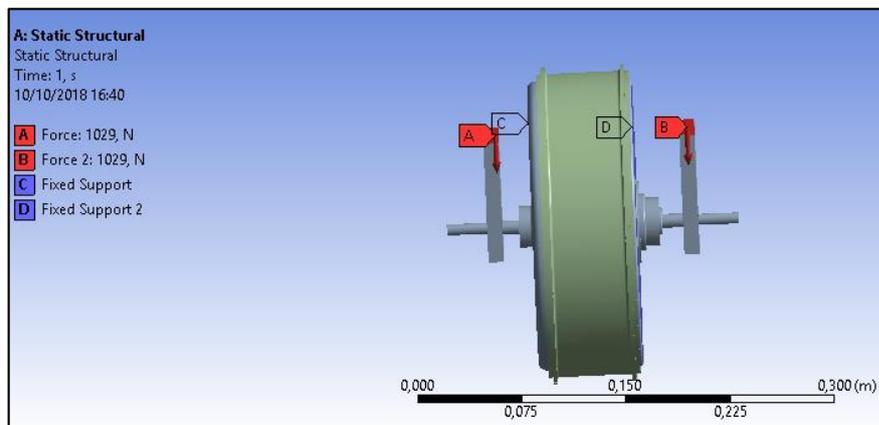


Gráfico 3-3: Fuerzas y soportes aplicados para el análisis

Realizado por: Los autores

3.12.2.1. Resultados obtenidos:

- **Deformación Total**

Deformación máxima: 0,00021626m

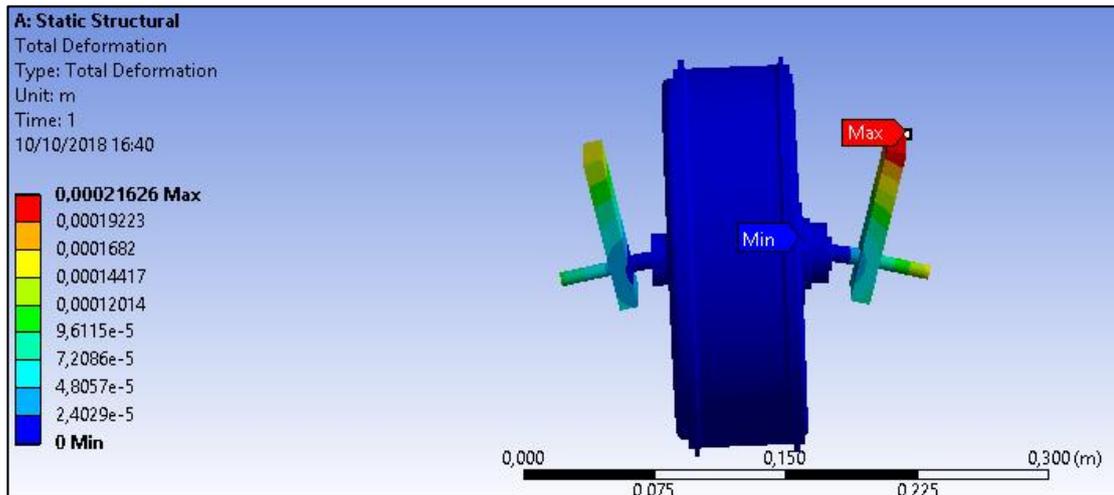


Gráfico 4-3: Deformación Total

Realizado por: Los autores

- **Deformación Elástica**

Deformación Elástica máxima: 0,0010276m

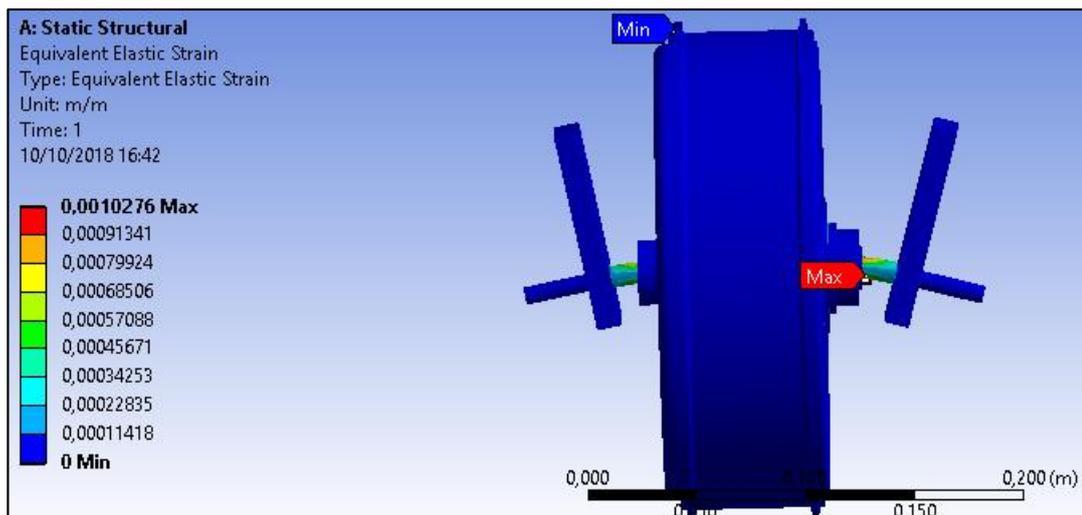


Gráfico 5-3: Deformación Elástica

Realizado por: Los autores

- **Tensión equivalente (Von Mises)**

Tensión máxima: 204,76MPa

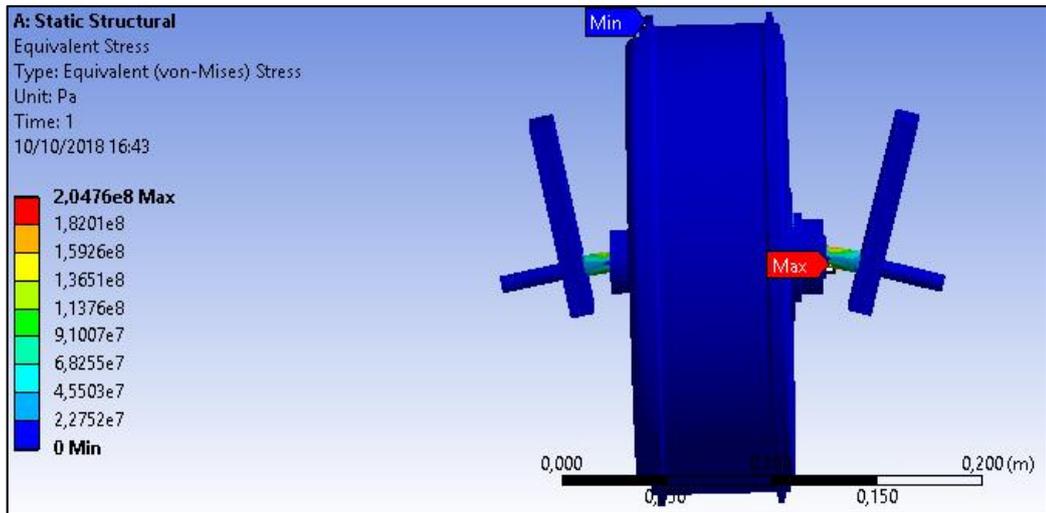


Gráfico 6-3: Tensión equivalente (Von Mises)

Realizado por: Los autores

- **Factor de Seguridad**

N= 1,2209

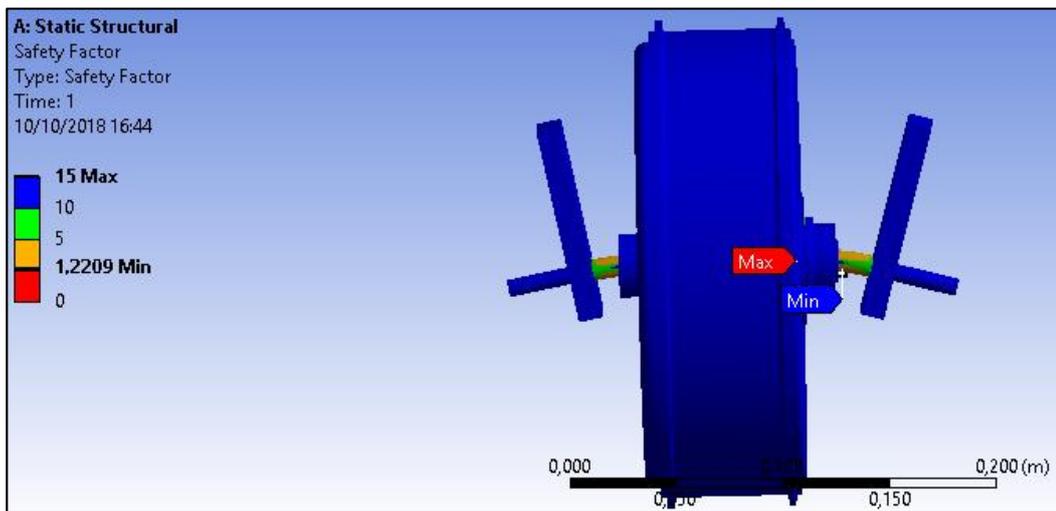


Gráfico 7-3: Factor de Seguridad

Realizado por: Los autores

3.12.2.2. Análisis de Resultados:

Según los resultados obtenidos podemos evidenciar que nuestro diseño no tiene una deformación mayor a 0.21626mm, y que su factor de seguridad es $N=1,2209$ a pesar de haber aplicado todo el peso del vehículo sobre el neumático delantero. En conclusión, podemos afirmar que nuestro diseño brinda las garantías necesarias para circular por las vías de la ESPOCH.

CAPÍTULO IV

4. CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE PROPULSIÓN

4.1. Implementación del sistema de alimentación.

Para poder implementar las baterías en el vehículo monoplaza se procedió a construir una placa y una base, ambas que se encuentran soldadas al bastidor, de dimensiones (350 (L) x 175 (W) x 550 (H)).



Figura 1-4: Placa dimensionada.

Realizado por: Los autores



Figura 2-4: Ubicación de baterías.

Realizado por: Los autores

4.2. Construcción de los discos de sujeción.

La construcción de los discos de sujeción empezó por el corte de dos platinas de forma circular de una plancha de 6mm de espesor de acero ASTM36 con la ayuda del torno, amoladora y pulidora. Posteriormente se realizó perforaciones de 1/2 de pulgada con el fin de sujetar ambos discos por medio de pernos de igual medida.



Figura 3-4: Disco de acero ASTM36.

Realizado por: Los autores



Figura 4-4: Eliminando irregularidades de corte con la ayuda de una pulidora

Realizado por: Los autores

4.3. Construcción de las platinas de soporte

Para la construcción de las platinas que irán sujetas al eje del motor y a la suspensión delantera del vehículo, se dio inicio cortando dos platinas de forma rectangular de una plancha de 11 mm de espesor de acero ASTM36 con la ayuda de una cortadora de plasma, amoladora y pulidora. Posteriormente se realizó dos perforaciones de 13/16 pulgadas y de 1/2 para la sujeción con la suspensión delantera y para el eje del motor respectivamente.



Figura 5-4: Taladrado en platinas

Realizado por: Los autores

4.4. Implementación del motor.

Teniendo en cuenta que el motor eléctrico considerado no cuenta con un eje adecuado para la implementación de la suspensión delantera del vehículo y las dimensiones del motor no son las mismas del rin a incorporar se procedió a acoplar el motor conjuntamente con los discos de sujeción con el rin y asegurarlos mediante pernos de ½ pulgada.



Figura 6-4: Acople de discos de acero al rin y motor eléctrico.

Realizado por: Los autores

Posteriormente se procedió a ensamblar el eje del motor por el primer orificio de la platina de soporte, y esta platina sujetarla a los amortiguadores del prototipo, ambos sujetos con pernos y arandelas de presión.



Figura 7-4: Adaptación de platinas al eje y brazos de la suspensión delantera.

Realizado por: Los autores



Figura 8-4: Montaje de platinas en el motor, y brazos de la suspensión.

Realizado por: Los autores

4.5. Implementación de controladores y Batería

Para implementar el primer controlador en el vehículo, así como todas las conexiones que este posee, se procedió a realizar perforaciones en la placa de metal anteriormente asegurada con suelda eléctrica en el bastidor del vehículo para sujeción de la batería de Ion-Litio.

Posteriormente este controlador fue asegurado con pernos a la placa para evitar movimientos bruscos o vibraciones.



Figura 9-4: Taladrado en la platina para el primero controlador.

Realizado por: Los autores

Para la sujeción de la placa se procedió a un cordón de soldadura en el bastidor en la parte delantera, esta placa sujetará al controlador del motor y además a la batería ion litio 48V 20Ah.



Figura 10-4: Soldadura de la placa porta batería y controlador en el bastidor.

Realizado por: Los autores

4.6. Implementación del circuito de control

Para el sistema de control requerimos de dos controladores, los cuales vamos hacerlos interactuar para poder invertir el movimiento del motor, al seleccionar un controlador de la marca Kelly Controller el circuito nos basamos en el diagrama correspondiente a dicho controlador.



Figura 11-4: Identificación de pines del Controlador Kelly.

Realizado por: Los autores

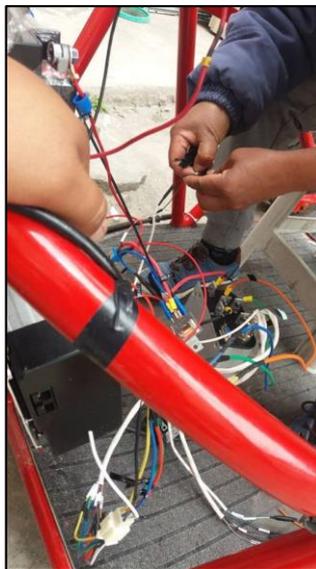


Figura 12-4 Conexión de pines del controlador Kelly Controller.

Realizado: Los autores

Mediante el uso de un conjunto de relés procedemos a abrir o cerrar el circuito realizado en el controlador Kelly Controller que será destinado para la reversa o retroceso del vehículo monoplace.



Figura 13-4: Conexión del módulo relé.

Realizado por: Los autores

4.7. Implementación de luces y accesorios al prototipo.

Al implementar los accesorios nos cercioramos que el vehículo monoplaza será seguro, y que podrá ser maniobrado de una manera correcta por medio del usuario de silla de ruedas, para ello se realizó la instalación de luces y accesorios como el claxon y retrovisores laterales.

En vista de que el prototipo no cuenta con lugares adecuados para el cableado de las luces se procedió a realizar orificios los cuales nos ayudarán para tener las conexiones de una mejor manera.



Figura 14-4: Orificios de 3/8 en la estructura mediante el uso de taladro.

Realizado por: Los autores

Al tener hecho orificios en la estructura se procedió a colocar los cables correspondientes para todo el sistema de manera que no interrumpan el accionar de la rampa existente en el prototipo.



Figura 15-4: Generación del cableado para luces y accesorios.

Realizado por: Los autores

A continuación, procedemos a instalar los elementos como son luces de stop, de reversa, direccionales, luces altas bajas y claxon.



Figura 16-4: Instalación de luces direccionales.

Realizado por: Los autores

Ya que el timón de la dirección es de motoneta, procedemos a la instalación de los accesorios en los orificios correspondientes para el ensamble de los elementos.



Figura 17-4: Instalación del claxon.

Realizado por: Los autores

La instalación de los retrovisores se realiza en el conjunto de bastidor de una manera adecuada para velar la seguridad del usuario de silla de ruedas al momento de circular por la ruta designada.



Figura 18-4: Instalación de retrovisores.

Realizado por: Los autores

Se realizaron las conexiones en la parte posterior para de esta manera evitar la cantidad excesiva de cableado en la parte delantera.



Figura 19-4: Conexiones de luces y accesorios.

Realizado por: Los autores

4.8. Pruebas de funcionamiento y resultados

Las pruebas fueron realizadas con la capacidad máxima de la batería, esto con el fin de poder obtener resultados con mayor precisión. Además de incluir el peso máximo calculado incluido al pasajero y silla de ruedas (90Kg). El lugar para el desarrollo de las pruebas se ha considerado una superficie plana de asfalto.

Prueba de aceleración:

Las pruebas de aceleración en el vehículo monoplaza eléctrico

La velocidad calculada se manifiesta mediante la siguiente formula:

$$Vf = \frac{d}{t}$$

Ecuación 12.4.

Donde:

V_f = La velocidad final. (Km/h)

d = La distancia. (m)

t = tiempo en recorrer. (s)

$$V_f = \frac{50m}{12s}$$

$$V_f = 4,16 \text{ m/s}$$

Al obtener la velocidad se calculará la aceleración mediante la ecuación siguiente.

$$a = \frac{V_f - V_o}{t_f - t_o} \quad \text{Ecuación 13.4}$$

En donde:

a = Aceleración. ($\frac{m}{s^2}$)

V_f = Velocidad final.

V_o = Velocidad inicial.

t_f = Tiempo final de recorrido.

t_o = Tiempo inicial de recorrido.

$$a = \frac{4,16m/s - 0}{12s - 0}$$

$$a = 0,35 \text{ m/s}^2$$

Se ha podido determinar que la aceleración con la que va a movilizarse el vehículo monoplaza es de $0,46 \text{ m/s}^2$

Pruebas en superficie recta.

Mediante tablas se indican a continuación los valores de voltaje en la batería y amperaje consumido por el motor, en carga baja, media y a plena carga, además estos valores se obtendrán acorde al porcentaje de aceleración que se dé mediante el acelerador.

Tabla 19-4: Resultados de pruebas en superficie plana, recta con carga baja.

Porcentaje de posición del acelerador. (%)	Voltaje de batería. (V)	Amperaje usado por el motor. (A)
5	50	16,1 A
10	50	16,8 A
15	50	17,5 A
20	50	17,9 A
25	50	18,3A

Fuente: Autores

Realizado por: Autores

Tabla 210-4: Resultados de pruebas en superficie plana, recta con carga media.

Porcentaje de posición del acelerador. (%)	Voltaje de batería. (V)	Amperaje usado por el motor. (A)
30	50	19,8 A
35	50	20,1 A
40	50	21,4 A
45	50	23,2 A
50	50	24,2 A

Fuente: Autores

Realizado por: Autores

Tabla 3-4: Resultados de pruebas en superficie plana, recta con carga alta.

Porcentaje de posición del acelerador. (%)	Voltaje de batería. (V)	Amperaje usado por el motor. (A)
60	50	26,4 A
70	50	29,6 A
80	50	33,8 A
90	50	34,2 A
100	50	36 A

Fuente: Autores

Realizado por: Autores

Tabla 4-4: Resultados relevantes de las pruebas elaboradas en superficie plana y recta.

Porcentaje de posición del acelerador. (%)	Corriente consumida (I)	Caída de voltaje (V)
25	18,3 A	50
50	24,2 A	50
100	36 A	50

Fuente: Autores

Realizado por: Autores

Mediante las pruebas realizadas se indica que el voltaje de la batería y la intensidad que recibe el motor, varían directa e inversamente a medida que la posición del acelerador va cambiando. Al tener consumo de amperaje elevado al acelerar el 100%, se recomienda no trabajar al motor al 100 % ya que de esta manera mantendremos la autonomía del sistema y de la batería.

Pruebas de autonomía:

La prueba de autonomía depende netamente de las baterías seleccionadas para su funcionamiento, teniendo en cuenta la capacidad de la batería de 20Ah, además de la ruta establecida en la figura 39 del capítulo 3.

Costos de operación:

Para generar el cálculo de mantenimiento y de operación, debemos considerar el recorrido que realiza que es 64km en superficies planas y 20Km en pendiente incluida la carga completa y para

un tiempo aproximado de 5 años. Hay que mencionar que el vehículo monoplaza presentará un cargador de batería que trabaje con 110V y 4A. Permitiendo con esto una carga del 100% en un tiempo de 5 horas, al tener estos parámetros podemos calcular el consumo, iniciando mediante el cálculo de la potencia utilizada.

$$P = V * I \quad \text{Ecuación 14.4}$$

En donde:

P = Potencia utilizada. [KW]

V = Tensión. [v]

I = intensidad. [A]

Potencia de batería 48v.

$$P = 110v * 4A$$

$$P = 440 W$$

Potencia de batería 12v.

$$P = 110v * 2A$$

$$P = 220 W$$

Al tener la potencia utilizada procedemos al cálculo de la energía consumida por medio de la siguiente ecuación.

$$E = P * t \quad \text{Ecuación 15.4}$$

En donde:

E = Consumo de energía. [Wh]

P = Potencia utilizada. [W]

t = Tiempo de carga. [h]

Para batería de 48v.

$$E = 440W * 5h$$

$$E = 2200Wh \quad E = 2,2 KWh$$

Obteniendo como energía consumida 2,2 KW-h diarias, mensualmente tendremos un consumo de 66KW-h.

Para batería de 12v.

$$E = 220W * 4,5h$$

$$E = 990Wh \quad E = 0,99KWh$$

Obteniendo como energía consumida 0,99 KW-h diarias, mensualmente se tendrá un consumo de 29,7 KW-h.

Tabla 5-4: Cargos tarifarios únicos ENERO- DICIEMBRE.

Rango de consumo.	Demanda [USD/kW-mes]	Energía. [USD/kWH]
1-50		0,091
51-100		0,093
101-150		0,095
151-200		0,097
201-250		0,099
251-300		0,101
301-350		0,103
401-450		0,105

Fuente: (ARCONEL, 2018)

Realizado por: Autores

Mediante cargos tarifarios únicos ENERO-DICIEMBRE y acorde al consumo mensual obtenido de las dos baterías tendremos un consumo de energía de \$ 8,9 lo que al año tendríamos un costo de energía de \$106,80.

CAPÍTULO V

5. ANÁLISIS DE COSTO Y PRESUPUESTO

5.1. Costos directos

Los costos directos son aquellos que se basan directamente en la consecución de un producto o bien, y son necesarios para cumplir actividades específicas que involucran costos de materiales, dispositivos, mano de obra y equipos.

Tabla 111-5: Costo de materiales.

COSTOS DIRECTOS			
Cantidad	Descripción	Costo unitario	Costo total [USD]
1	KIT Motor BRUSHLESS	600,00	600,00
1	Batería Ion Litio.	900,00	900,00
1	Batería de moto 12v 9Ah	33,00	33,00
1	Cargador de batería de 12v	10,00	10,00
1	Controlador KEB	313,00	313,00
1	Aro de motocicleta Rin 13.	50,00	50,00
1	Neumáticos de motocicleta Rin 13.	40,00	40,00
1	Suspensión de dirección	25,00	25,00
2m ²	Plancha de acero de 6mm de acero	5,00	10,00
1/4m ²	Plancha de acero de 11mm	5,00	2,50
1	Mascarilla de moto (luces altas y bajas)	20,00	20,00
1	Juego de luces direccionales	5,00	5,00
1	Claxon.	3,00	3,00
1	Luz de stop y freno	5,00	5,00
1	Luz de reversa	4,50	4,50
2	Broca de acero 3/8	1,50	3,00
1	Válvula tipo L de	3,00	3,00

	neumático		
1	Acople de válvula	6,00	6,00
30	Pernos	0,15	4,50
1 Lb	Electrodos	2,00	2,00
1/2 litro	Pintura poliuretano	5,00	2,50
4	Lijas No. 180	0,25	1,00
4	Lijas No. 220	0,25	1,00
TOTAL			2044

Fuente: Autores

Realizado por: Autores

Tabla 2-5: Costo de alquiler de equipos.

COSTOS DIRECTOS			
Cantidad	No. Horas	Costo unitario	Costo total [USD]
Amoladora	5	3	15
Taladro	1	2	2
Soldadora eléctrica	1	5	5
Soldadora MIG	1	7	7
Torno	6	8	48
Equipo electrónico (cautín, impresora de etiquetas, amperímetro, multímetro)	6	6	36
TOTAL			113

Fuente: Autores

Realizado por: Autores

Tabla 3-5: Costos de mano de obra.

COSTOS DIRECTOS			
Descripción	No. Horas	Costo/Hora	Costo total [USD]
Técnico mecánico	3	6	24
Técnico soldador	2	6	12
Técnico tornero	6	7	42
Técnico en pintura	1	6	6
Técnico en electrónica	24	6	144

Técnico electricista	24	6	144
TOTAL			372

Fuente: Autores

Realizado por: Autores

5.2. Costos Indirectos

Engloban los gastos indirectos para la elaboración del presente trabajo de titulación, los cuales no son cuantificable ni medibles de una manera directa por lo cual se realiza una aproximación de los valores.

Tabla 4-5: Costos indirectos

COSTOS INDIRECTOS			
Cantida d	Descripción	Costo unitario	Costo total [USD]
1	Transporte	50,00	50,00
1	Impresiones y copias	50,00	50,00
1	Imprevistos	20,00	20,00
1	Otros gastos	100,00	100,00
TOTAL			220,00

Fuente: Autores

Realizado por: Autores

5.3. Costos Totales

Se determina mediante la suma de los costos directos e indirectos, el costo total para la realización de la presente propuesta tecnológica se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 5-5: Costo de implementación del sistema de propulsión y de luces del vehículo.

COSTOS TOTALES	
Costos de materiales	2044
Costo de alquiler de equipos	113
Costo de mano de obra	372
Costo total directo	2529
Costo total indirecto	220
Costo total	2749

Fuente: Autores

Realizado por: Autores

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Los parámetros requeridos en la propulsión para la movilidad del vehículo monoplaza se establecieron de una manera adecuada acorde a las necesidades que el usuario de silla de ruedas necesite y pueda manipular de una manera fácil y accesible además de contar con la seguridad necesaria.

El dimensionamiento del sistema de propulsión pudo ser generado y optimizado mediante circuitos electrónicos y por medio del cálculo de potencia necesitada para la selección del set de baterías y motor eléctrico, teniendo en cuenta el peso total del vehículo monoplaza incluido la persona de silla de ruedas.

El sistema de control se realizó mediante dispositivos electrónicos propios de los motores, adaptando por medio de un conjunto de relés para que el vehículo pueda tener movilidad hacia adelante y retroceso, contando también con un manual de usuario el cual indica la forma correcta de manipular el sistema.

El ensamblaje del sistema de propulsión se realizó mediante el análisis de acoples mediante software de diseño y simulación asegurando que cumplan con las especificaciones adecuadas para su correcto funcionamiento.

Al ser necesario la utilización del vehículo en la noche, se elaboró el sistema de luces y accesorios mediante procesos de ensamblajes adecuados que nos ayudarán a brindar mayor seguridad al usuario de silla de ruedas.

6.2. Recomendaciones

El acoplamiento del motor en el rin de la rueda debe mantenerse fijo de tal manera que al momento de generar revoluciones el motor no se vea afectado el rin evitando desgastes de rozamiento e incluso la ruptura.

En caso de futuros estudios se debe considerar la reducción de interruptores para su funcionamiento mediante el análisis del circuito en software, ya que así se obtendrá una mejor maniobrabilidad por medio de los usuarios.

Si el controlador genera código de problemas, acudir al manual de fallas del mismo para su respectiva verificación.

Al existir el cambio de la matriz energética en el país se deberá tomar muy en cuenta a los vehículos eléctricos para nuevos proyectos de investigación.

Se recomienda la capacitación a los estudiantes acerca de nuevas fuentes energéticas que ayudarán a la creación de nuevos estudios investigativos que ayuden a cuidar al medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA:

ABCELECTRONICA. "Interruptores de palanca". [En línea], n.d., [Consulta: 11 julio 2018]. Disponible en: <https://www.abcelectronica.net/productos/interruptores/palanca/>.

ANDRINO, Juan. "Tipos de propulsión". *Mecánica y entretenimiento simple de automóviles*. [En línea], 2016, (España). [Consulta: 14 junio 2018]. Disponible en: <http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/formacion-vial/cursos-para-profesores-y-directores-de-autoescuelas/XIX-curso-de-profesores/Mecanica-y-entretenimiento-simple-del-automovil.pdf>.

ARCONEL. "Tarifas Kwh en el Ecuador". [En línea], 2018, [Consulta: 10 octubre 2018]. Disponible en: http://www.regulacionelectrica.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/08/2018_06_13_pliego_tarifario_del_spee_2018_final_actualizado0507658001531166562.pdf.

AREA TECNOLOGÍA. *Tipos de motores eléctricos*. [En línea], 2017, [Consulta: 23 agosto 2018]. Disponible en: <http://www.areatecnologia.com/electricidad/tipos-de-motores-electricos.html>.

ARMENGOL, Josep. "Consejos de mantenimiento de una moto". *Cargadores de batería de moto*. [En línea], 2016. [Consulta: 09 junio 2018]. Disponible en: <https://www.motociclismo.es/consejos/mantenimiento/articulo/cargadores-bateria-moto>.

ASKIX. *Cargadores de baterías para automóviles*. [En línea], n.d., [Consulta: 13 junio 2018]. Disponible en: <https://www.askix.com/temporizador-para-el-cargador-de-baterias-para-automoviles.html>.

ASTUDILLO, Manuel. "Tecnología del Automóvil". *Tipos de propulsión del automóvil*. [En línea], 2014, [Consulta: 04 agosto 2018]. Disponible en: <http://autastec.com/blog/actualidad/tipos-de-propulsion-en-el-automovil/>.

BATERÍAS DE GRAFENO. "Tipos de baterías". *Baterías de Níquel-Cadmio*. [En línea], 2016, [Consulta: 12 julio 2018]. Disponible en: http://bateriasdegrafenopara.com/tipos-de-baterias/#Baterias_de_niquel_cadmio_NI-CD.

BENAVENTE, Rocío. "El Confidencial". *Evolución histórica del coche eléctrico*. [En línea], 2014, [Consulta: 23 agosto 2018]. Disponible en: https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2014-09-19/la-evolucion-historica-del-coche-electrico-dos-siglos-de-luces-y-sombras_202694/.

BIKELEC. “Acelerador o asistencia al pedaleo”. [En línea], 2015, [Consulta: 21 julio 2018]. Disponible en: <https://www.bikelec.es/blog/acelerador-o-asistencia-al-pedaleo/>.

BOSCH. "Lugar de Montaje". *Sistemas eléctricos y electrónicos para automóviles Baterías*. Stuttgart: Robert Bosch GmbH, 2000, p. 11.

BOSCH. “Manual de la técnica del automóvil”. Frankfurt: Reverté, 2005. p. 910.

CADEX. "Características de carga de baterías ion litio". [En línea], 2018, (Canadá), [Consulta: 13 Julio 2018]. Disponible en: <https://www.cadex.com/es/technology/our-technologies>.

CALVO, Rosa. "Heraldo". Ventajas tracción animal. [En línea], 2015, [Consulta: 14 agosto 2018]. Disponible en: https://www.heraldo.es/noticias/aragon/2015/10/12/huesca_pondra_valor_lasventajas_traccion_animal_560459_300.html.

CONSEJO NACIONAL PARA LA IGUALDAD DE DISCAPACIDADES. "Personas con Discapacidad Registradas". CONADIS. [En línea], 2018, [Consulta: 20 agosto 2018]. Disponible en: <http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadistica/index.html>.

FASE.COM.AR. “Cargador de batería de moto”. [En línea], n.d., [Consulta: 27 junio 2018]. Disponible en: https://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-701738460-cargador-bateria-auto-moto-black-decker-25-amp-bc25-egratis-_JM.

FONDEAR. “Cargadores por pulso”. [En línea], 2008, [Consulta: 28 julio 2018]. Disponible en: http://www.fondear.org/infonautic/Equipo_y_Usos/Electricidad_Energia/Cargadores_Pulsos/Cargadores_Pulsos.htm.

HERRAMIENTAPROFESIONAL. “Cargadores rápidos”. [En línea], n.d., [Consulta: 27 julio 2018]. Disponible en: https://www.herramientaprofesional.com/es/cargador_rapido_litio_ion_makita_dc36wa.php.

KELLYCONTROLLER. “Controlador para ebike y scooters”. [En línea], n.d., [Consulta: 01 julio 2018]. Disponible en: <http://kellycontroller.com/keb48201x24v-48v150a20kw-bike-brushless-controller-regen-p-59.html>.

KELLYCONTROLLER. “Kelly Lead to Clean World”. [En línea], 2018, [Consulta: 7 septiembre 2018]. Disponible en: <http://kellycontroller.com/ebike-brushless-controller-keb24v-84v-c-24.html>.

KELLYCONTROLS. “Kelly Ebike Brushless DC Motor Controller User’s Manual”. Shangai, s.n., 2016. p. 5-11.

LOWRY, John. “Electric Vehicle Technology Explained”. USA, John Wiley & Sons Ltd, 2003.

SUZUKI MOTOR CORPORATION. "Mandos". [En línea], 2012, (Lima- Perú) pp. 09-478 [Consulta: 22 junio 2018]. Disponible en: <https://suzuki.com.pe/motos/wp-content/uploads/2016/11/Manual-de-servicio-GW250.pdf>. 9 9 5 0 0 - 3 2 1 7 0 - 0 1.

OGATA, Katsuhiko. Ingeniería de control moderna. Madrid-España: Pearson, 2010. 978-84-8322-660-5, pp 13-881

PÉREZ, Ana Martín. Guía del vehículo eléctrico. Madrid - España: Gráficas Arias Montalvo S.A, 2010. s.n.

REGRABABLES. "Porcentaje de pendiente". [En línea], 2011, [Consulta: 09 octubre 2018]. Disponible en: <https://regrabables.wordpress.com/2011/06/24/pasar-pendientes-en-grados-a-porcentaje-y-al-reves/>.

REYNALDESTORE. "Cargador rápido". [En línea], 2016, [Consulta: 27 junio 2018]. Disponible en: https://www.herramientaprofesional.com/es/cargador_rapido_litio_ion_makita_dc36wa.php.

ROLDÁN, José. Motores de corriente continua. Madrid-España: Paraninfo, 2014. 978-84-2839-901-2, pp 343-392

SANDOVAL, Jorge. "Diseño de etapa de potencia y control para un motor Brushless de CD con frenado regenerativo aplicado a una moto deportiva eléctrica". [En línea], 2014. (México). [Consulta: 14 agosto 2018]. Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/3489/Tesis.pdf?sequence=1>.

TECNOLOGÍA DE LAS BATERÍAS. "Comparación de baterías". [En línea], pp. 21-22 [Consulta: 22 05 2018]. Disponible en: <http://www2.elo.utfsm.cl/~elo383/apuntes/PresentacionBaterias.pdf>.

TODOBATERÍA. "Tipos de baterías para autos". [En línea], 2016, (Perú). [Consulta: 10 mayo 2018]. Disponible en: <http://www.todobaterias.pe/blog/post/9/tipos-de-bateria-para-auto/>.

UNIEURO. "Tipos de cargadores". *Cargador inductivo*. [En línea], 2018, (España). [Consulta: 01 septiembre 2018]. Disponible en: <https://www.unieuro.it/online/Caricabatterie/WIRELESS-FAST-CHARGER-STAND---Apple-Samsung-and-Wireless-Smartphones-Caricabatterie-wireless-con-stand-a-carica-adattiva-Nero-pidCEEWIRELESTANDADATK>.

VARGAS, Wilson. "Diseño y construcción del sistema de propulsión de un triciclo monoplaza eléctrico para personas con discapacidad en sus extremidades inferiores". [En línea], 2015, (Ecuador). [Consulta: 10 de Enero de 2018.]. Disponible en: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10602/1/T-ESPEL-MAI-0533.pdf>.

VERGARA, R; et al. "Piloto de Dron". Madrid- España: Paraninfo, 2016. 978-8497324465 pp. 294-300.

VOILAMART. "Motor brushless". *Motores eléctricos*. [En línea], 2015. (Estados Unidos). [Consulta: 6 Septiembre 2018.]. Disponible en: <https://www.voilamart.com/electric-bicycle-kit?limit=all&mode=list>.

PLANOS