



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL**

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES

Tema:

**"SISTEMA DE CONTROL PARA EL MOTOR DEL PROTOTIPO DE UN
AUTO ELÉCTRICO BIPLAZA UTA-CIM17"**

Trabajo de Graduación. Modalidad: Proyecto de Investigación, presentado
previo la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y
Comunicaciones

SUBLINEA DE INVESTIGACION: Electrónica de Potencia

AUTOR: David Alejandro Paz Hinojosa

TUTOR: Ing. Patricio Germán Encalada Ruiz M. Sc.

Ambato - Ecuador

Junio, 2018

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del Trabajo de Investigación sobre el tema: SISTEMA DE CONTROL PARA EL MOTOR DEL PROTOTIPO DE UN AUTO ELÉCTRICO BIPLAZA UTA-CIM17, del señor DAVID ALEJANDRO PAZ HINOJOSA, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el numeral 7.2 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato junio, 2018

EL TUTOR

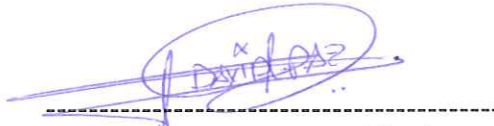


Ing. Patricio Encalada M. Sc.

AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado: SISTEMA DE CONTROL PARA EL MOTOR DEL PROTOTIPO DE UN AUTO ELÉCTRICO BIPLAZA UTA-CIM17 es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato junio, 2018



David Alejandro Paz Hinojosa
CC: 0503142119

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ambato junio, 2018



David Alejandro Paz Hinojosa
CC: 0503142119

APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes Ing. Patricio Córdova y el Ing. Mario García, revisó y aprobó el Informe Final del Proyecto de Investigación titulado SISTEMA DE CONTROL PARA EL MOTOR DEL PROTOTIPO DE UN AUTO ELÉCTRICO BIPLAZA UTA-CIM17, presentado por el señor David Alejandro Paz Hinojosa de acuerdo al numeral 9.1 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.



Ing. Mg. Elsa Pilar Urrutia Urrutia
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL



Ing. Patricio Córdova
DOCENTE CALIFICADOR



Ing. Mario García
DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA:

*Dedico este trabajo, a mis padres,
quienes me inculcaron siempre
los valores, haciéndome cada vez
una mejor persona,
mediante la buena actitud,
la perseverancia y el trabajo honesto.*

*Mis hermanas que
mediante su apoyo incondicional
y sus consejos, permitieron
continuar con mi propósito
durante los momentos
más difíciles de mi vida.*

David Alejandro Paz Hinojosa

AGRADECIMIENTO

*Agradezco a la universidad
que me brindó los
conocimientos necesarios
para realizar este
proyecto de investigación;
también a mi tutor
Ing. Patricio Encalada
que con su guía
me brindó el apoyo
necesario que me ayudo
ejecutar este proyecto.*

David Alejandro Paz Hinojosa

INDICE GENERAL

RESÚMEN.....	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
CAPÍTULO I.....	5
EL PROBLEMA	5
1.1 Tema.....	5
1.2 Planteamiento del problema.....	5
1.3 Delimitación.....	6
1.4 Justificación.....	7
1.5 Objetivos	8
1.5.1 Objetivo General	8
1.5.2 Objetivos Específicos.....	8
CAPÍTULO II	9
MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS.....	9
2.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	10
2.2.1 Movilidad Eléctrica.....	10
2.2.2 Autos eléctricos.....	10
2.2.3 Renault Biplaza	11
2.2.4 Baterías.....	12
2.2.5 Motor Eléctrico	12
2.2.6 Sensores	12
2.2.7 Botoneras	12
2.2.8 CAN BUS	13
2.2.9 Controlador	13
2.2.10 Interfaces de Visualización	14
2.3 PROPUESTA DE SOLUCIÓN	14

CAPÍTULO III.....	15
METODOLOGÍA	15
3.1 MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	15
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	16
3.3 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	16
3.4 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	16
3.5 DESARROLLO DEL PROYECTO	16
CAPITULO IV.....	18
DISEÑO DE LA PROPUESTA.....	18
4.1 Selección de componentes	19
4.1.1 Valoración de Características.....	19
4.1.2 Características del Prototipo	19
4.1.3 Justificación de la selección del Motor Eléctrico.....	21
4.1.4 Selección del Controlador para el Motor Eléctrico.....	31
4.1.5 Proceso de Selección de las Baterías para el Sistema Eléctrico.....	38
4.1.6 Selección del Cable de conexión del sistema.....	44
4.2 Implementación del Sistema	45
4.2.1 Ubicación del sistema eléctrico.....	45
4.2.2 Ubicación del motor.....	49
4.2.3 Distribución del banco de baterías	51
4.3 Pruebas del Sistema.....	52
4.4 Operación del Prototipo	57
CAPITULO V	60
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	60
5.1 CONCLUSIONES	60
5.2 RECOMENDACIONES	61
Bibliografía	62
ANEXOS	64

INDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1 Diagrama de Bloques de un vehículo eléctrico	11
Figura 4. 1 Proceso de implementación del sistema	18
Figura 4. 2 Geometría de Ackerman.	24
Figura 4. 3 Diseño de la parte posterior del prototipo UTA CIM17	26
Figura 4. 4 Motor eléctrico de corriente continua MotEnergy ME-1003	29
Figura 4. 5 Soporte del motor MotEnergy ME-1003.....	30
Figura 4. 6 Representación del controlador del motor.....	31
Figura 4. 7 Controlador PM48301 de Kelly Controllers.....	33
Figura 4. 8 Panel frontal del controlador Kelly Controllers PM48301	34
Figura 4. 9 Zócalos correspondientes a los pines J1 y J2.....	35
Figura 4. 10 Conexión a los zócalos de los pines J1 y J2	37
Figura 4. 11 Implementación de la placa de aluminio debajo del controlador	38
Figura 4. 12 Baterías DACAR GC2-6/240.	40
Figura 4. 13 Dimensiones de las baterías DACAR GC2-6/240.....	40
Figura 4. 14 Ejemplo de conexión en serie de baterías.....	40
Figura 4. 15 Conexión del banco de baterías	41
Figura 4. 16 Instalación de terminales de cobre en los cables de alto rendimiento ...	41
Figura 4. 17 Instalación los terminales del cargador en el banco de baterías	42
Figura 4. 18 Cargador de baterías de 48 V convencional de alta frecuencia.....	42
Figura 4. 19 Circuito de pruebas de Autonomía de las baterías del vehículo.....	43
Figura 4. 20 Indicador del estado de carga de las baterías.....	43
Figura 4. 21 Montaje del sistema a la estructura.....	45
Figura 4. 22 Circuito de conexión de materiales complementarios del controlador..	46
Figura 4. 23 Circuito de control del sistema instalado a su caja correspondiente	46
Figura 4. 24 Adaptación del potenciómetro al pedal de aceleración	48
Figura 4. 25 Adaptación del final de carrera al pedal del freno	49
Figura 4. 26 Ubicación del motor al vehículo.....	50
Figura 4. 27 Montaje del motor al sistema de transmisión	50
Figura 4. 28 Distribución de los 2 grupos del banco de baterías	51
Figura 4. 29 Ubicación del banco de baterías	51

Figura 4. 30 Ubicación del punto de medición dentro de la configuración del circuito	52
Figura 4. 31 Conexión del sensor de corriente en la configuración del circuito.....	53
Figura 4. 32 Medición de corriente mediante un sensor de corriente no invasivo.....	53
Figura 4. 33 Proceso de medición de corriente desde la cabina del vehículo.....	53
Figura 4. 34 Una persona a bordo del vehículo para pruebas de funcionamiento del sistema eléctrico	54
Figura 4. 35 Valor de corriente de salida del controlador al motor con 1 persona a bordo	54
Figura 4. 36 Gráfica del valor de corriente con 1 persona, tomado mediante el sensor de corriente no invasivo	55
Figura 4. 37 Dos personas a bordo del vehículo para pruebas de funcionamiento del sistema eléctrico	55
Figura 4. 38 Valor de corriente de salida del controlador al motor con 2 personas a bordo	56
Figura 4. 39 Gráfica del valor de corriente con 2 personas, tomado mediante el sensor de corriente no invasivo	56
Figura 4. 40 Ajuste del Asiento	57
Figura 4. 41 Encendido del Sistema.....	58
Figura 4. 42 Puesta en Marcha para Adelante	58
Figura 4. 43 Puesta en Marcha de Reversa	59
Figura 4. 44 Alertas Visuales	59

INDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 Especificaciones técnicas del Renault Twizy	11
Tabla 4. 1 Características técnicas del prototipo UTA-CIM17.....	20
Tabla 4. 2 Argumentos para la utilidad de un motor de Corriente Continua	21
Tabla 4. 3 Componentes del prototipo UTA-CIM17	22
Tabla 4. 4 Coeficientes de rozamiento.....	23
Tabla 4. 5 Coeficientes de resistencia aerodinámica de diferentes formas de los vehículos.	25
Tabla 4. 6 Características de los motores de corriente continúa.	29

Tabla 4. 7 Características del motor MotEnergy ME-1003.	30
Tabla 4. 8 Argumentos para la utilidad de un motor de Corriente Continua.....	32
Tabla 4. 9 Catálogo de controladores para motores de corriente continua de imán permanente de Kelly Controllers.	33
Tabla 4. 10 Pines correspondientes al zócalo J1	35
Tabla 4. 11 Pines correspondientes al zócalo J2.....	36
Tabla 4. 12 Catálogo de baterías	39
Tabla 4. 13 Catálogo de cables según el calibre AWG.....	44
Tabla 4. 14 Catalogo de cables según el calibre AWG.....	45
Tabla 4. 15 Elementos utilizados en el circuito aplicado.....	47

RESÚMEN

En el siguiente trabajo se realiza el proceso de implementación de un sistema de control a un auto eléctrico, el cual durante la construcción se añadieron los componentes eléctricos necesarios en el chasis del auto; obteniendo el uso de energías alternativas para el transporte, con el propósito de disminuir la contaminación al medio ambiente por parte de los automotores tradicionales de combustión interna, reduciendo también el ruido por parte de los componentes de propulsión del vehículo y con un mantenimiento más accesible y fácil de realizar.

Mediante el análisis y estudio se integraron distintos componentes que forman parte de esta implementación, las cuales se encargan de propulsar al vehículo mediante el motor eléctrico.

El sistema se compone por un controlador, un motor de corriente continua, un banco de baterías y los elementos complementarios de protección y control de accionamiento; en donde el funcionamiento del vehículo es posible mediante el pedal de aceleración el cual está vinculado al controlador y adaptado a la carrocería metálica, la cual es encargado de regular la potencia requerida mediante las baterías hacia el motor eléctrico y un interruptor para elegir la dirección de marcha adelante y marcha hacia atrás. Las pruebas de funcionamiento fueron satisfactorias de acuerdo a los resultados obtenidos con un manejo cómodo, logrando transportarnos a una velocidad máxima de 50 Km/h de un lugar a otro con seguridad.

ABSTRACT

In the following work the process of implementation of a control system to an electric car is performed, which during the construction was added the necessary electrical components in the chassis of the car; obtaining the use of alternative energies for transport, in order to reduce pollution to the environment by traditional internal combustion vehicles, also reducing noise from the propulsion components of the vehicle and with more accessible maintenance and easy to make

Through the analysis and study, different components that are part of this implementation were integrated, which are responsible for propelling the vehicle through the electric motor.

The system consists of a controller, a direct current motor, a battery bank and the complementary protection and control elements of the drive; where the operation of the vehicle is possible by the acceleration pedal which is linked to the controller and adapted to the metal body, which is responsible for regulating the power required by the batteries to the electric motor and a switch to choose the direction of march forward and march backwards. The performance tests were satisfactory according to the results obtained with a comfortable handling, managing to transport us at a maximum speed of 50 km / h from one place to another safely.

INTRODUCCIÓN

Las tecnologías alternativas para propulsar autos eléctricos que hoy en día son cada vez más comunes frente al fenómeno de la contaminación del medio ambiente, son muy importantes saber dónde aplicarlos, pues mantenerse con el tipo de vehículos existentes sin ningún tipo de cambio podrían provocar serios problemas a largo plazo en la naturaleza; sin embargo los sistemas de control desenvuelven un papel muy importante frente al desempeño del vehículo basados en fundamentos mecánicos automotrices; dependiendo en el entorno que se vayan a desenvolver; es posible calcular la capacidad del vehículo, el tipo de baterías, la tecnología que se utiliza y la velocidad que se puede alcanzar dentro de las condiciones de diseño.

Con este proyecto se ha logrado establecer referencias sólidas frente a las próximas generaciones que desarrollarán este tipo de máquinas, intentando aplicar diferentes técnicas de control mediante los pedales de aceleración, los cuales son adaptados a los distintos métodos en los vehículos, que se rigen a los diferentes tipos de diseño.

Las técnicas que representan el control y correcto funcionamiento de la propulsión del vehículo depende mucho de la ejecución correcta por parte del sistema de control del vehículo y consecuentemente adaptado al sistema de propulsión, integrando el motor con el diferencial del vehículo con seguridad. En donde la gestión de la energía mediante el controlador es realizada de modo seguro y provocando un ahorro proporcional para alargar la autonomía de las baterías, utilizando los métodos correctos de control y buen funcionamiento del vehículo con toda la comodidad para el usuario por parte del diseño del prototipo.

Dentro del desarrollo de este proyecto en el primer capítulo se indican las diferentes problemáticas que existen en nuestro medio y las soluciones que se tienen para poder enfrentarlas, indicando las posibilidades existentes para hacer uso en este trabajo en el país en la actualidad.

En el segundo capítulo se muestra la fundamentación teórica necesaria para finalizar la implementación de este proyecto mediante distintos ejemplos ejecutados en distintas

instituciones educativas en diferentes países; en donde todos los textos citados tienen en común los contenidos de los distintos accionamientos y dispositivos de propulsión eléctrica como una alternativa de motores a combustión interna tradicional y las distintas técnicas eficientes utilizadas, que hacen frente a la contaminación del medio ambiente

A continuación en el tercer capítulo mediante la metodología utilizada se indica los procedimientos adecuados, el tipo de investigación, el análisis de los datos recopilados y las actividades que muestran ordenadamente el proceso por el cual se ejecutó el proyecto de investigación

En el diseño de la propuesta que corresponde al cuarto capítulo se muestran las características básicas del prototipo como tal, la selección de los componentes principales que van a ser útiles en la implementación del sistema, indicando puntualmente que cada componente tiene su respectiva justificación técnica; que finalmente se indican las pruebas que arrojaron resultados que coinciden con el estudio realizado previamente.

Por último mediante conclusiones los cuales corresponden al quinto y último capítulo; puntualmente se indican parámetros especiales y observaciones importantes, explicando razones de funcionamiento importantes; así como también existen diferentes recomendaciones técnicas que son importantes para el correcto funcionamiento del prototipo y un tiempo de vida estimado de acuerdo a los fabricantes de los distintos dispositivos utilizados.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Tema

“Sistema de control para el motor del prototipo de un auto eléctrico biplaza UTA-CIM17”

1.2 Planteamiento del problema

A nivel mundial la demanda de los autos eléctricos que utilizan los usuarios en las autopistas de las ciudades se va incrementando paulatinamente, dejando atrás los autos de combustión a gasolina o diésel donde el usuario debe abastecer combustible suficiente para el automóvil.

El desarrollo de los autos eléctricos fue discontinuado durante los últimos años; a razón de los bajos costos del petróleo y fácil acceso a su combustible, haciendo que los autos de combustión interna sean preponderantes en los últimos años, en comparación de los autos con motores eléctricos los cuales en anteriores épocas no contaban con un desarrollo adecuado de su batería para su propulsión [1].

Afortunadamente los sistemas basados en motores eléctricos siguieron avanzando mediante aplicaciones que no estaban basadas en fundamentos mecánicos automotrices de sistemas de motores a combustión, teniendo en cuenta el desarrollo de potencia y eficiencia de los mismos, tomaron el control de la industria, esto se debe al desarrollo de la electrónica de potencia, se puede describir el control de torque y aceleración de los motores eléctricos manteniendo la eficiencia de los mismos; es importante indicar que la tracción eléctrica fue parte del desarrollo de trenes eléctricos

y buses con motores eléctricos, además estos equipos dependían de la red eléctrica; por tal motivo era imposible superar los autos con motores de combustión interna.

En Sudamérica los combustibles fósiles y el petróleo es un recurso limitado, pues en este lugar del continente la economía depende mucho de este medio, en donde se sabe que es un mercado inestable y en la actualidad ya no es tan abundante en el planeta, puede implicar una falta de abastecimiento y costos elevados en un mediano plazo, esto puede provocar problemas políticos y sociales en los países que están sujetos a su producción.

La contaminación en el medio ambiente mediante la acumulación de gases en la atmósfera, lo que ha provocado el cambio climático en el planeta, últimamente ha incidido una conciencia con tendencia más ambientalista, ha provocado que la demanda de los vehículos con motores eléctricos y no contaminantes sean una opción más viable para una posible compra [1].

En el Ecuador en el futuro, el panorama de abastecimiento de un vehículo con motor eléctrico cambie, por el aumento de la demanda de los mismos. Esta implementación de implementación a largo plazo depende mucho de asuntos políticos, en donde se necesitan planes de desarrollo de las ciudades de nuestro país en donde se requieren planificaciones muy importantes de acuerdo a los requerimientos que implican este tipo aplicaciones [1].

1.3 Delimitación

Delimitación de contenidos:

Área académica: Física y Electrónica

Línea de investigación: Sistemas de Control

Sublínea de Investigación: Electrónica de Potencia

Delimitación Espacial

El proyecto de investigación se desarrollará en la Universidad Técnica de Ambato, en la ciudad de Ambato provincia de Tungurahua.

Delimitación Temporal

La presente investigación se desarrollará en el periodo Octubre/2017 – Agosto/2018 de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Graduación para Obtener el Título Terminal de Tercer Nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

1.4 Justificación

En la actualidad la implementación del prototipo de auto eléctrico biplaza UTA-CIM17 se lo realizó en la Universidad Técnica de Ambato mediante la integración de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial y la Facultad de Ingeniería en Civil y Mecánica, el mismo que necesita de un sistema de control eléctrico que sea capaz de gestionar la energía de las baterías hasta su sistema de propulsión; mediante las técnicas necesarias de acuerdo al sistema de control eléctrico.

La investigación es muy importante dentro del ámbito de lo relacionado a la Electrónica de Potencia, ya que de acuerdo a su implementación se diseñó un sistema moderno, mediante el uso de diagramas y recursos necesarios para el prototipo, para el correcto funcionamiento del mismo; esta técnica propone ventajas sobre sistemas experimentales convencionales en proyectos similares, los cuales pueden proponer ahorro de energía, y optimización en los recursos del prototipo.

La implementación del sistema de control eléctrico para el motor del prototipo es muy importante para el desarrollo tecnológico y progreso de la institución y de la Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial, por esta razón los beneficiarios del proyecto de investigación son los miembros del departamento de Investigación y los estudiantes de pre-grado, conjuntamente con los miembros del departamento de Investigación y los estudiantes de pre-grado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

En el presente trabajo de investigación se implementará el sistema de control eléctrico de un vehículo eléctrico bajo el modelo y especificaciones básicas de un Renault Twizy, en donde se gestiona la eficiencia de energía proporcionada por las baterías correspondientes, así como también el control de velocidad, cambio de giro del motor; refiriéndose a la aplicación del controlador del motor en cuestión, el cual estará disponible en el prototipo.

La investigación resulta factible, porque se pueden disponer de una gran variedad de dispositivos electrónicos que se encuentran en el mercado y benefician directamente al desarrollo del proyecto de investigación, fuentes bibliográficas físicas y digitales, y también se cuenta con el apoyo de los profesores docentes de la Facultad de Ingeniería en sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Implementar un sistema de control para el motor del prototipo de un auto eléctrico biplaza UTA-CIM17

1.5.2 Objetivos Específicos

- Analizar los procedimientos técnicos del sistema de control eléctrico del prototipo.
- Determinar los requerimientos técnicos del sistema de control eléctrico del prototipo.
- Diseñar el sistema de control eléctrico para la propulsión del vehículo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

En la bibliografía disponible se han encontrado diversos documentos, los cuales hacen referencia al diseño y construcción de sistemas que controlan eficientemente los componentes de un auto eléctrico, los mismo nos servirán como guía para el desarrollo del proyecto de investigación presente.

Juan Alejandro Vargas Fabre, en el 2012 realizó la “Conversión a auto eléctrico basada en un accionamiento trifásico; diseño, modelación e implementación” mediante el desarrollo de un controlador de un motor de inducción mediante la aplicación de un inversor de potencia, integrando en si distintos sistemas de un vehículo eléctrico, consiguió indicar que el control eléctrico utiliza circuitos de control en donde es posible programar estrategias de control y estabilidad del auto [1].

Jorge Enrique Alcívar García, en el año 2006 por medio del “Diseño, implementación y análisis de un prototipo de un vehículo híbrido” mediante la combinación de un motor de combustión interna y un motor eléctrico en donde ambos componentes indicados contribuyen en la tracción del vehículo indicando que el motor de combustión produce máxima capacidad entre los dos motores, consigue indicar que el motor eléctrico depende de un banco de baterías, los cuales al final del día puede ser recargados en una toma de 110v [2].

Gerardo Israel Palafox Alvarado, en el año 2009 mediante el “Diseño y construcción de un vehículo eléctrico con variador de velocidad mediante un convertidor CD – CD” por medio de dispositivos semiconductores el cual es administrado mediante un microcontrolador y un acoplamiento en la etapa de potencia, consiguió regular la velocidad de un motor de corriente directa conjuntamente con la construcción de un chasis adecuado para el automóvil [3].

Alex Geovanny Córdova España, en el año 2015 por medio de la “Factibilidad para la integración de vehículos eléctricos al sistema de distribución eléctrico” indica los distintos tipos de recarga de los autos eléctricos, pero toma en cuenta los diferentes horarios de demanda eléctrica del país, analizando las maneras que pueden afectar a la red eléctrica este tipo de dispositivos mediante la utilidad de horarios establecidos de horas pico [4].

Edison Ortiz Medrano, en el presente año mediante la “Adaptación de un Buggy con motor de combustión interna a un sistema eléctrico” basados en un chasis adecuado para el automóvil y un motor eléctrico DC y su respectivo controlador integrando componentes mecánicos y eléctricos, consiguió propulsar un buggy basado en un motor en combustión interna con un motor eléctrico [5].

2.2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.2.1 Movilidad Eléctrica

La movilidad eléctrica aparece por la preocupación del medioambiente que son producidos por el uso de vehículos particulares a gasolina. Permite el transporte de personas o cargas ligeras y medianas, mediante un motor eléctrico en lugar de un motor de combustión interna. Este motor es alimentado por baterías que proporciona energía para su movimiento [6].

2.2.2 Autos eléctricos

Este tipo de accionamientos implican que el sistema de propulsión usa uno o más motores con altos coeficientes de corriente.

Son propulsados por electricidad almacenada en baterías de larga vida. Estos vehículos de tracción eléctrica cuentan principalmente con un motor eléctrico acoplado al eje de

las ruedas o a su vez con motores independientes acoplados a cada una de las ruedas para dar el movimiento a las mismas [5].

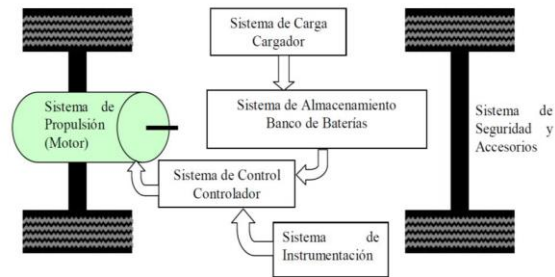


Figura 2. 1 Diagrama de Bloques de un vehículo eléctrico. [5]

2.2.3 Renault Biplaza

Todas las variantes de estos autos, basan su propulsión en un motor eléctrico. Las dimensiones de todos ellos son iguales, y el peso varía ligeramente en función del nivel de equipamiento [7].

Tabla 2. 1 Especificaciones técnicas del Renault Twizy. [7]

CARACTERISTICAS COMUNES	ESPECIFICACIONES	
TIPO DE VEHÍCULO	BIPLAZA	
LONGITUD	2337 mm	
ANCHURA	1191 mm	
ALTURA	1461 mm	
POTENCIA MÁXIMA DEL MOTOR	13 KW	
PAR	57 Nm	
AUTONOMÍA	100 Km	
NÚMERO DE ASIENTOS	2	
PESO EN VACÍO	450 Kg	
MOTOR ELÉCTRICO	3CG ASÍNCRONO	
TIPO DE CORRIENTE	AC	
VELOCIDAD MÁXIMA	80 Km/h	
CONSUMO ELÉCTRICO	63 Wh/Km	
TRACCIÓN	DELANTERA	
TIPO DE BATERÍA	LITIO	
TIPO DE CARGADOR (CONECTOR)	SHUCKO 230 V	

Tabla 2. 2

Componentes del auto eléctrico

A continuación se indican los componentes del auto eléctrico que serán puestos en consideración en la implementación, de acuerdo a sus capacidades eléctricas y electrónicas que son aprovechadas.

2.2.4 Baterías

Las baterías para vehículos eléctricos están siendo desarrolladas por Nissan y por la cooperación Sony. Las características generales que poseen son: alta energía específica, alta potencia, no sufre el efecto de memoria y la vida de la batería es de 1000 ciclos. Las desventajas son su alto costo y el sistema de ventilación que necesitan para mantener las baterías frías. Se usan en teléfonos móviles, ordenadores portátiles, reproductores y cámaras, y probablemente en la siguiente generación de vehículos híbridos y eléctricos puros conectados a la red [5].

2.2.5 Motor Eléctrico

Es una máquina eléctrica que destina a transformar energía eléctrica en energía mecánica por medio de la variación de campos electromagnéticos. Algunos de estos motores son reversibles, puede transformar energía mecánica en energía eléctrica funcionando como generadores. Se pueden utilizar en instalaciones industriales, comerciales y particulares. Además pueden funcionar conectados a una red de suministros eléctrico o a baterías [8].

2.2.6 Sensores

Son los dispositivos encargados de monitorear condiciones de operación del automóvil, y de enviar información al controlador para que esta ordene a los actuadores a operar sobre ciertos parámetros, de acuerdo a las condiciones cambiantes de funcionamiento del motor. Convierten las condiciones de funcionamiento del motor (temperatura, presión, movimientos mecánicos, etc.) en niveles de voltaje eléctrico que es enviado a la central para ser procesado y comparado con su memoria [9].

2.2.7 Botoneras

Una botonera es un conjunto de botones o interruptores que, una vez instalado dentro de un gabinete, tablero o cualquier otro sitio permite tener un fácil acceso y vista

general de los mandos que modifican el comportamiento de algún proceso mediante el envío de una señal, generalmente eléctrica, y accionan o desactivan diferentes elementos [10].

Interruptor (Switch)

Tiene como función de abrir o cerrar un circuito. Este interruptor va colocado en el tablero del vehículo que será el mismo interruptor giratorio del volante para el accionamiento por parte del conductor [5].

2.2.8 CAN BUS

Cuando se incluye una red común para todos los dispositivos controlados electrónicamente. Corresponde a las mismas técnicas basadas en un microprocesador, pero con protocolos optimizados, espacios más reducidos y menos componentes, gracias a la multiplexación [9].

2.2.9 Controlador

Las funciones del controlador son regular la velocidad y el par del motor eléctrico. El objetivo es limitar el arranque del motor eléctrico, ya que puede existir enorme intensidad eléctrica. También controla el extensor de autonomía, encendido y apagado cuando sea preciso. Pueden ser programables de acuerdo a las características de voltaje y corriente utilizada por el motor eléctrico [5]; existen diferentes tipos de controladores disponibles, entre ellos existen como ejemplo uno que pertenece a la serie Arduino llamado ArduECU.

ArduECU

Reviste a la placa Arduino de todo lo necesario para resistir golpes o las inclemencias del clima. Esto hace que podamos situar nuestra placa Arduino en cualquier situación, incluso debajo del agua y no verse afectado lo más mínimo, incluso pudiendo funcionar perfectamente. Como indica la figura 2.2, ArduECU no sólo tiene una cubierta rugerizada sino que también cuenta con la certificación IP69 sobre golpes y resistencia al agua [11].



Figura 2. 2 ArduECU. [11]

2.2.10 Interfaces de Visualización

Las interfaces establecen la comunicación entre la unidad central y el proceso, filtrando, adaptando y codificando de forma comprensible para dicha unidad las señales procedentes de los elementos de entrada, y decodificando y amplificando las señales generadas durante la ejecución del programa antes de enviarlas a los elementos de salida. Tiene conexión directa a sensores y actuadores del proceso o 90% fallas en circuitos

Clasificación por tipo de señales:

- Digitales de 1 bit: lógicas o binarias.
- Digitales de varios bits: palabras o Analógicas [11].

2.3 PROPUESTA DE SOLUCIÓN

El Sistema de control para el motor del prototipo de auto eléctrico biplaza UTA-CIM17, permitirá el control de señales analógicas y digitales del vehículo eléctrico, con seguridad, y así como gestionar el flujo de energía necesaria para partes específicas, según la configuración de la central electrónica.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

El presente proyecto tendrá una modalidad de investigación aplicada porque se desarrollará utilizando los conocimientos adquiridos a lo largo de la formación en la carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato; para comprender, analizar y resolver la adaptación del sistema eléctrico al vehículo.

La investigación será Bibliográfica debido a que la explicación científica de las variables del tema de investigación, la resolución del problema planteado y la propuesta de solución será sustentada consultando en libros, revistas, artículos técnicos, artículos tecnológicos, publicaciones en internet etc., de tal forma que se sustente el informe final de ingeniería

Investigación de Campo se apoyará en información que proviene de observaciones. Se utilizará la observación directa, misma que permitirá determinar las diferentes necesidades y poder obtener resultados que solucionen posibles problemas que se generen.

Investigación Experimental debido a que se desarrollarán varias pruebas hasta conseguir el sistema eléctrico correcto.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

Por las características de la presente investigación. No se requiere población y muestra.

3.3 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Para el presente proyecto de investigación se recopilará información utilizando, la observación, además de artículos científicos, tesis, revistas, libros, páginas de internet, etc.

3.4 PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Una vez seleccionada la información necesaria se seguirá el siguiente procedimiento:

- Revisión crítica de la información recolectada.
- Interpretación de la información.
- Optimización de datos e información.
- Pruebas piloto.
- Control de errores.
- Presentación de resultados.

3.5 DESARROLLO DEL PROYECTO

En el desarrollo e implementación del sistema de control eléctrico para el motor del prototipo de un auto eléctrico biplaza UTA-CIM17 en la Universidad Técnica de Ambato de la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua, se procederá con la siguiente estructura de actividades:

1. Comparar los diferentes tipos de sistemas eléctricos para vehículos que existen en la actualidad.
2. Examinar métodos utilizados por las organizaciones de servicios de sistemas eléctricos para vehículos.
3. Establecer la efectividad de las técnicas actuales utilizadas para la implementación de sistemas eléctricos para vehículos.
4. Seleccionar dispositivos eléctricos y electrónicos que permitan interactuar con otros sistemas.
5. Buscar acerca de los procedimientos técnicos de los sistemas eléctricos para vehículos eléctricos.

6. Comparar los diferentes procedimientos que corresponden a los sistemas eléctricos para vehículos.
7. Analizar los diagramas eléctricos, para abastecer de energía a los dispositivos.
8. Diseñar el sistema eléctrico.
9. Diseñar los diagramas y la configuración del sistema eléctrico.
10. Implementar el sistema eléctrico en el vehículo.
11. Pruebas del prototipo y corrección de errores.
12. Elaborar el informe final del proyecto de investigación.

CAPITULO IV DISEÑO DE LA PROPUESTA

En el presente capítulo se muestran las características básicas del prototipo, la selección de componentes principales que van a ser útiles en la implementación del sistema. Es importante indicar que cada componente tendrá su respectiva justificación. A continuación está el proceso por el cual se realizó la implementación del sistema de control, indicando los procedimientos realizados, a partir de una etapa de diseño en función a las especificaciones del prototipo que fueron razón de estudio por parte de la facultad de Ingeniería de Civil y Mecánica en donde se diseñaron los componentes mecánicos necesarios en su totalidad; en la figura 4.1 se observa el proceso mediante el cual se implementó el sistema en el prototipo UTA CIM17.

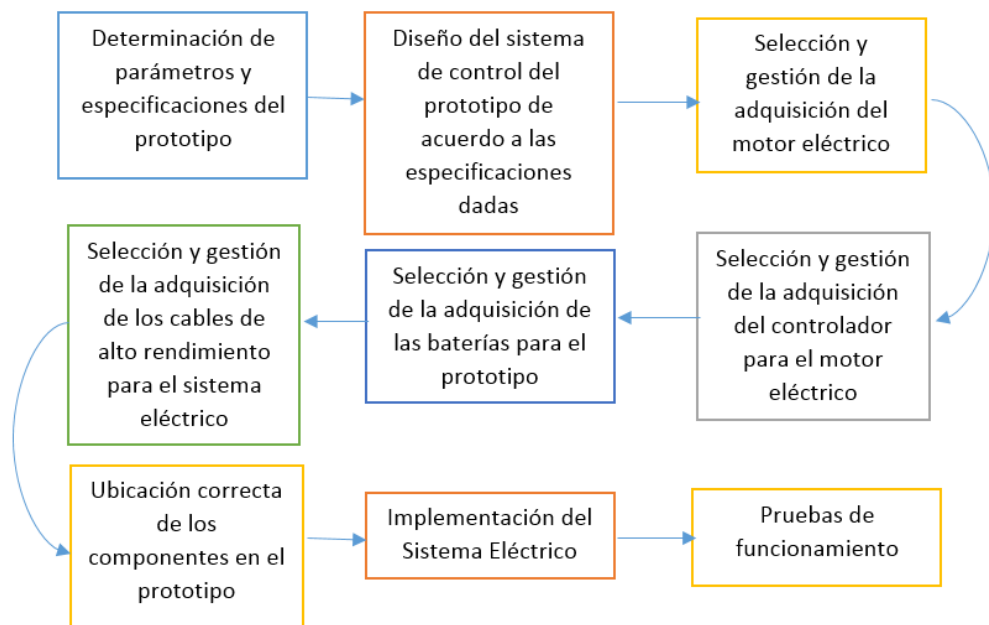


Figura 4. 1 Proceso de implementación del sistema

Fuente: Investigador

4.1 Selección de componentes

4.1.1 Valoración de Características

Se toma en cuenta ciertos criterios generales del prototipo que son tomados en consideración importante durante y después de la implementación [5]:

- **Costo**

Este parámetro fue importante al momento de seleccionar los componentes, porque en el mercado existen mucha variedad de marcas que indican las mismas características que son necesarias en este sistema

- **Disponibilidad**

El sistema tiene componentes de fácil adquisición, para que puedan ser reemplazados con facilidad, evitando gastos excesivos en caso de un mantenimiento correctivo

- **Tamaño**

Se necesitaron componentes que en conjunto forman un sistema compacto y de dimensiones pequeñas, con respecto al espacio disponible e idóneo dentro de la carrocería del prototipo

- **Velocidad**

Según las características del prototipo se requirió una velocidad media, al no tratarse de un vehículo de alta velocidad

- **Facilidad**

Involucra una simplificación relativa en el montaje y desmontaje de los elementos mecánicos con materiales disponibles en el mercado local, con el propósito de realizar mantenimientos preventivos y correctivos del sistema

- **Mantenimiento**

El mantenimiento del sistema es vital para prolongar la vida útil del prototipo, ya que todos los sistemas que conforman el prototipo se relacionan en el funcionamiento normal, indicando que los componentes del sistema están sujetos a fallas establecidas desde la fábrica, de tal forma que exista la posibilidad de ser reparados o reemplazados permitiendo la accesibilidad al sistema y realizar su mantenimiento correspondiente

4.1.2 Características del Prototipo

El prototipo UTA-CIM17 es un vehículo biplaza propulsado por un sistema eléctrico; que posee un motor eléctrico alimentado por un banco de baterías que cumplen para

el umbral de funcionamiento del motor y el controlador del mismo. Se indican algunas características básicas del prototipo las cuales fueron útiles para la implementación:

- Tracción trasera propulsada mediante un motor eléctrico y adaptado a un diferencial a medida.
- Carrocería liviana de hierro galvanizado
- Espacio apto para la implementación del sistema eléctrico, baterías, el controlador y los componentes necesarios.

A continuación en la tabla 4.1 se describe las características básicas del prototipo.

Tabla 4. 1 Características técnicas del prototipo UTA-CIM17

CARACTERISTICAS TÉCNICAS		
MODELO	UTA-CIM17	
N-0 PLAZA	2	
TIPO	ELÉCTRICO PURO	
DIMENSIONES	LARGO	2075 mm
	ANCHO	1235 mm
	ALTURA	1400 mm
MOTOR	MOTOR	MotEnergy Drive 5 ME 1003
	POTENCIA	6 a 9 KW
	VOLTAJE	48 V
	PESO	17Kg
TRANSMISIÓN	ACOPLE DEL MOTOR	Por cadena
BATERIAS	MARCA	DACAR
	TECNOLOGÍA	Ciclo Profundo
	CAPACIDAD (Ah)	240 (Ah)
	VOLTAJE	6 V
	PESO	29.02 Kg
	DIMENSIONES	260mm x 180mmx 243mm
CARACTERISTICAS	VELOCIDAD	50 Km/h
	AUTONOMÍA	8 horas



Elaborado por: Investigador

4.1.3 Justificación de la selección del Motor Eléctrico

Dentro del funcionamiento del vehículo se puede seleccionar entre un motor de corriente alterna, o un motor de corriente continua, de esta variedad de motores que existen y son útiles para nuestra aplicación, por tal razón se eligió un motor de corriente continua por los siguientes argumentos:

Tabla 4. 2 Argumentos para la utilidad de un motor de Corriente Continua

ITEM	APLICACIÓN	ARGUMENTO	OBSERVACION
1. USO	Rendimiento	Va a ser de uso exclusivo de la Universidad Técnica de Ambato (Campus Huachi).	No requiere Altas velocidades.
2. UTILIDAD	Más económicos, menor espacio y peso	Los motores DC son mucho más económicos que los motores AC, por los componentes que necesitan para su acoplamiento	Necesitan un espacio relativamente más reducido, significa un ahorro de peso
3. FACILIDAD	Idóneo para este tipo de aplicaciones	Es muy eficiente sin generar mucho calor	No necesita un sistema de refrigeración adicional
4. VERSÁTIL	Fácil manejo	Se facilita el manejo para accionamiento de marcha adelante y reversa	Evitamos usar una caja de cambios

Elaborado por: Investigador

Cálculo de componentes

Para la implementación del sistema de control eléctrico del prototipo se consideraron el grupo de componentes como baterías, controlador, contactores, actuadores y cables de alto rendimiento con la finalidad de conocer las fuerzas de resistencia a las que el vehículo va a ser sometido.

Diseño del Sistema

Previamente al diseño es importante poner en consideración las especificaciones de mayor importancia, en donde se deben realizar cálculos en donde estén relacionados dichos parámetros:

- **El peso del Prototipo:** Este parámetro influye directamente en la selección del motor que se va a utilizar, debido a la potencia necesaria para propulsar el vehículo en condiciones normales incluyendo la tripulación que comprende 2 personas.
- **Velocidad deseada:** La selección del motor está relacionado directamente con la velocidad que se requiere, en donde influye también la aerodinámica del prototipo; en donde se pretende alcanzar una velocidad máxima de 50 km/h como está especificado anteriormente en la Tabla 4.1.

En la tabla 4.3 se tienen las magnitudes del prototipo tomando en cuenta todos los componentes como los son carrocería, sistema de control eléctrico, tripulación (peso promedio) valores que son tomados en cuenta para los cálculos necesarios en la selección de componentes.

Tabla 4. 3 Componentes del prototipo UTA-CIM17

COMPONENTES DEL VEHÍCULO	PESO (Kg)
Carrocería	113
Sistema eléctrico	200
Tripulación	156
TOTAL	469

Elaborado por: Investigador

Fuerza de ascenso

Esta fuerza representa al peso total del vehículo que actúa a lo largo del eje x, el cual incluye a todos los componentes considerados en el prototipo expresada en la ecuación 4.1 [12]; tomando en cuenta que se utiliza un ángulo de 5 grados, por aplicación dentro del campus Huachi de la Universidad Técnica de Ambato.

$$F_w = m * g * \text{sen}\theta \quad \text{Ec. 4.1}$$

En donde:

m= masa total (kg)

g=gravedad (m/s²)

θ=ángulo de inclinación aproximado (grados)

$$F_w = 469kg * \frac{9.8m}{s} * \text{sen } 5$$

$$F_w = 400.59N$$

Fuerza de Fricción (Fr)

Esta fuerza indica la fricción que provoca los neumáticos y la superficie en donde se desplaza el vehículo expresada por la ecuación 4.2 [13].

$$Fr = U_{c-a} * m * g * \cos\theta \quad \text{Ec. 4.2}$$

En donde:

Fr= fuerza de fricción

U_{c-a} = Coeficiente de rozamiento caucho asfalto (0.016)

m=masa total (kg)

g=gravedad (m/s^2)

θ =ángulo de inclinación (grados)

$$Fr = 0.016 * 469kg * \frac{9.8m}{s} * \cos 5$$

Fr=73.26N

El coeficiente de rozamiento tiene por medio de tablas valores diferentes de acuerdo al tipo de automóvil, en donde se tomó en cuenta el coeficiente de asfalto por las características de vialidad dentro del campus Huachi de la Universidad Técnica de Ambato, en la tabla 4.4 se indica los coeficientes de rozamiento [5].

Tabla 4. 4 Coeficientes de rozamiento. [5]

TIPO	SUPERFICIE		
	ASFALTO / HORMIGON	DUREZA MEDIA	ARENA
TURISMO	0.016	0.08	0.3
CAMIONES	0.012	0.06	0.25
TRACTORES	0.02	0.04	0.2

$$\mu_{c-a} = 0.0085 + \frac{0.018}{p} + \frac{1.59 \times 10^{-6}}{p} x V^2 \quad \text{Ec. 4.3}$$

En donde:

P= Presión de los neumáticos de 2.5 bares

V= Velocidad (km/h)

$$\mu_{c-a} = 0.0085 + \frac{0.018}{2.5} + \frac{1.59 \times 10^{-6}}{2.5} \times 30^2$$

$$\mu_{c-a} = 0.016$$

Geometría de Dirección del Automóvil (Teoría Ackerman)

Esta teoría es aplicada para evitar el desgaste irregular y una posible deficiencia en el agarre de las llantas en el asfalto; estos factores pueden provocar un aumento de consumo innecesario de energía por parte del motor, lo cual determina el desempeño del vehículo por parte del sistema eléctrico con respecto a la eficiencia frente a las baterías, en la figura 4.2 observamos la representación de la geometría de Ackerman. [14].

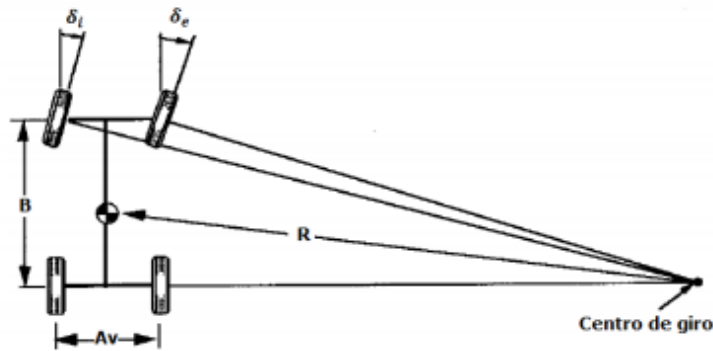


Figura 4. 2 Geometría de Ackerman. [14]

Los ángulos de giro de las ruedas en la representación gráfica vienen dadas por las ecuaciones siguientes:

Angulo de giro interno [15]:

$$\partial_i = \text{tg}^{-1} \frac{B}{(R + \frac{Av}{2})} \quad \text{Ec. 4.4}$$

Angulo de giro externo [15]:

$$\partial_e = \text{tg}^{-1} \frac{B}{(R - \frac{Av}{2})} \quad \text{Ec. 4.5}$$

En donde:

B= Batalla (m) (Distancia entre ejes delanteros y traseros)

R= Radio de giro (m)

Av= Ancho de la vía

∂_i = Angulo de giro interno

∂_e = Angulo de giro externo

Fuerza Aerodinámica

Este tipo de coeficiente representa la fuerza que sufre el vehículo al momento de moverse a travez del viento, la cual es aplicada en la sección transversal del auto y por la razón de que el vehículo va contra el viento es negativa. Cuando el viento está en el mismo sentido del vehículo es una fuerza positiva, pero en consideraciones de diseño se toma en cuenta la fuerza negativa teniendo en cuenta la Ecuación 4.6. [5].

$$F_a = \frac{1}{2} * \rho * A * C_d * v^2 \quad \text{Ec. 4.6}$$

En donde:

ρ = Densidad del aire (1.1159 Kg/m³)

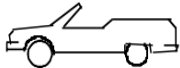

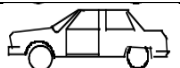

A= Sección transversal del vehículo








Cd= Coeficiente de rozamiento aerodinámico

V= Velocidad del vehículo

Existen varios coeficientes de resistencia aerodinámica que dependen del tipo de vehículo el cual se muestra en la tabla 4.5 [5].

Tabla 4. 5 Coeficientes de resistencia aerodinámica de diferentes formas de los vehículos. [5]

TIPO DE VEHICULO	REPRESENTACION	COEFICIENTE DE RESISTENCIA AERODINAMICA
Convertible abierto		0.5 - 0.7
Van Body		0.5 - 0.7
Cuerpo Ponton		0.4 - 0.55
Los faros y parachoques del cuerpo están		0.3 - 0.4

integrados en el cuerpo, cubiertos por el dependiente, flujo de aire de refrigeración optimizado		
Los faros y todas las ruedas en el cuerpo, cubierto por debajo de la carrocería		0.2 – 0.25
En forma de k (sección de la pequeña brecha)		0.23
Diseño optimizado óptimo		0.15 – 0.20
Camiones, trenes de carretera		0.80 – 1.5
Buses		0.6 – 0.7
Autobuses continuos		0.3 – 0.4
Motocicletas		0.6 – 0.7

A= Sección transversal del vehículo

$$A = ancho * altura$$

Ec. 4.7



Figura 4. 3 Diseño de la parte posterior del prototipo UTA CIM17

Fuente: Investigador

En donde:

$$A = (1.59 * 1.54)m$$

$$A = 2.45m^2$$

Utilizamos el coeficiente A en la ecuación 4.4

$$F_a = \frac{1}{2} * \rho * A * C_d * v^2 \quad \text{Ec. 4.6}$$

$$F_a = \frac{1}{2} * (1.1159 \frac{Kg}{m^3}) * (2.45 m^2) * (0.7) * (8.33)^2 \frac{m}{s}$$

$$F_a = 66.45 N$$

Para caminos planos sin pendientes se recomienda velocidades máximas de 50 km/h es decir 13.88 m/s

Mientras que la velocidad que fue tomada en cuenta en la fuerza aerodinámica con el viento fue de 30 Km/h o el coeficiente de 8.33 m/s por motivos de ahorro de energía, velocidad recomendada en una pendiente en caso de existir.

Fuerza de Tracción Eléctrica

Este tipo de coeficiente representa la fuerza que genera el movimiento, es decir la tracción que el motor necesita para poder impulsar el vehículo; entonces tenemos la ecuación 4.8 [5].

$$ft = m * a + F_R + F_W + F_a \quad \text{Ec. 4.8}$$

En donde:

$$m = 469 \text{ Kg}$$

$$a = 0.06m/s^2$$

$$F_R = 74.51 \text{ N}$$

$$F_W = 400.58 \text{ N}$$

$$F_a = 66.45 \text{ N}$$

$$ft = 469 \text{ kg} * 0.06 \frac{m}{s^2} + 74.51 \text{ N} + 400.58 \text{ N} + 66.45 \text{ N}$$

$$ft = 569.68 \text{ N}$$

Calculo de Potencia

Se obtiene el valor de la potencia que requiere el motor eléctrico para impulsar el vehículo en condiciones de una pendiente, pues en este panorama se requiere el mayor desempeño del motor mediante la aplicación de la ecuación 4.9 [5].

$$P_{calculada} = F_t * v_{max} \quad \text{Ec. 4.9}$$

En donde:

$$F_t = 569.68 \text{ N}$$

$$v_{max} = 8.33 \text{ m/s}^2$$

$$P_{calculada} = 569.68 \text{ N} * 8.33 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$P_{calculada} = 4745.44 \text{ W}$$

Potencia del Motor

Los motores eléctricos tienen como especificación de fábrica la eficiencia estimada del 80% al 90%, en donde se entiende que las pérdidas de rendimiento de energía oscilan entre el 10% y 20%; entonces calculamos la potencia del motor con la eficiencia estimada del 80% en la ecuación 4.10 [13].

$$P_{motor} = \frac{P_{calculada}}{\text{eficiencia}} \quad \text{Ec. 4.10}$$

En donde:

$$P_{calculada} = 4745.44 \text{ W}$$

$$\text{Eficiencia} = 0.80 \%$$

$$P_{motor} = \frac{4775.44 \text{ W}}{0.80}$$

$$P_{motor} = 5931.8 \text{ W} = 5.93 \text{ Kw} = 7.95 \text{ HP}$$

Selección del Motor

Luego de realizar el cálculo de la potencia necesaria del motor, se realizó una investigación acerca de los fabricantes de este tipo de motores eléctricos y con este tipo de especificaciones, en donde apuntamos a motores de Corriente Continua por las razones ya justificadas, en la tabla 4.6 establecemos una comparativa de motores de este tipo que son aplicados en proyectos similares para autos eléctricos que proveen

motores de distintas especificaciones, las cuales resultan muy útiles para nuestro proyecto.

Tabla 4. 6 Características de los motores de corriente continua. [16]

MOTORES	MODELO	VELOCIDAD RPM MAX	VOLTAJE DE OPERACION	POTENCIA (KW)	EFICIENCIA	PESO (KG)	CARGA MAX (KG)
	DRIVE MotEnergy y ME- 1004	3700	24 - 48 V	7.4 NOMINA L a 16 MAX	90	14	800
	DRIVE MotEnergy y ME- 0708	3500	48 V	5.8 NOMINA L a 12 MAX	90	13	450
	DRIVE MotEnergy y ME- 1003	5000 a 72 v 2600 a 48 v	48 - 72 V	12 NOMINA L a 22 MAX	90	17	600
	DRIVE MotEnergy y ME- 0909	3500	12 – 48 V	3 - 9.5 KW	90	13	400
	DRIVE MotEnergy y ME- 0709	3700	24 – 72 V	5.9 NOMINA L a 14 KW	90	16	500

De acuerdo a las características presentadas en la tabla obtenemos muchos tipos de motores que van de acuerdo a distintos tipos de aplicaciones, pero el motor que se ajusta a nuestros requerimientos luego de obtener valores específicos es el motor eléctrico MotEnergy ME-1003 el cual se lo indica en la figura 4.4.



Figura 4. 4 Motor eléctrico de corriente continua MotEnergy ME-1003. [17]

Este tipo de motor posee imanes permanentes con escobillas con la carcasa abierta, en su diseño tiene un ventilador para su refrigeración correspondiente; en la tabla 4.7 indicamos las características más importantes del motor MotEnergy ME-1003 [17].

Tabla 4. 7 Características del motor MotEnergy ME-1003. [17]

CARACTERISTICA	DETALLE
EFICIENCIA	90 %
VOLTAJE	48 a 72 V
PESO	17 Kg
CORRIENTE CONTINUA MAXIMA	400 A / 1min
TORQUE MAXIMO	27.16Nm a 48 V
ROTACION MAXIMA	2600 rpm a 48 V
DIAMETRO	28 cm
MAXIMA TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO	155 °C
CAPACIDAD DE CARGA	600 Kg

Implementación de un soporte a medida

Para la instalación del motor a la estructura del vehículo, es necesario un soporte a medida; consiguiendo estabilidad evitando golpes y daños del motor proporcionando seguridad al vehículo durante su uso normal, en donde se utilizan pernos de media pulgada para su ajuste correspondiente, en la figura 4.5 se indica el respectivo soporte metálico.

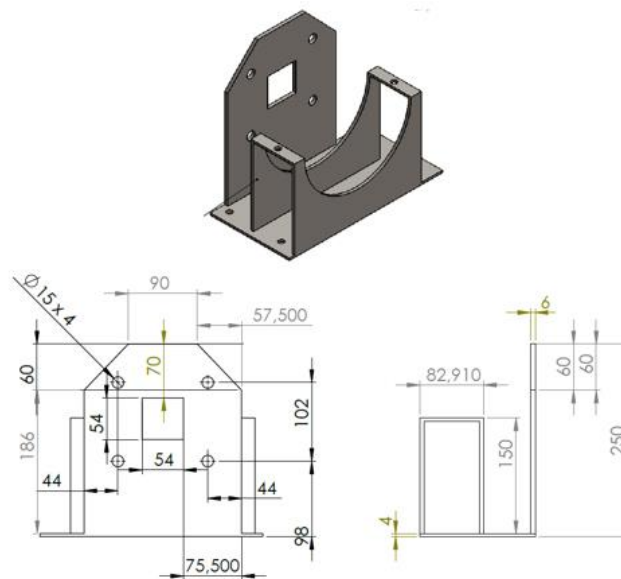


Figura 4. 5 Soporte del motor MotEnergy ME-1003

Fuente: Investigador

4.1.4 Selección del Controlador para el Motor Eléctrico

Este dispositivo funciona a través de las variaciones de corriente que suministran las baterías hacia el motor eléctrico; su función primordial es regular la variación de corriente a través de un potenciómetro conectado al controlador; el cual de acuerdo a su posición determinada consigue la potencia requerida para nuestro motor eléctrico. El controlador del motor entrega toda la tensión cuando el conductor del vehículo acciona el pedal del acelerador el cual está adaptado a nuestro potenciómetro, o cualquier nivel intermedio de posición del pedal a través de las variaciones del ancho de pulso (PWM); y también cuando se suelte el pedal o es decir cuando no se entregue potencia así como lo podemos observar en la figura 4.6.

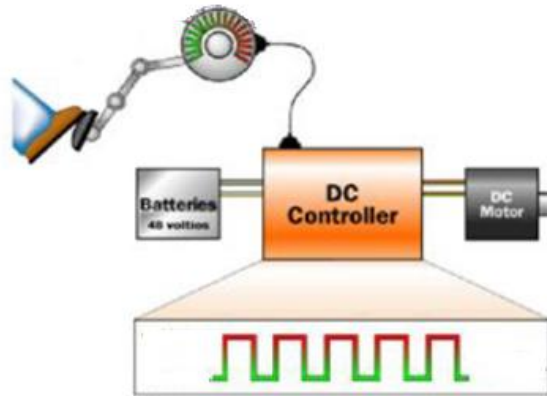


Figura 4. 6 Representación del controlador del motor. [18]

La modulación por ancho o de pulso (o en inglés pulse width modulation PWM) es un tipo de señal de voltaje utilizada para enviar información o para modificar la cantidad de energía que se envía a una carga. Este tipo de señales es muy utilizada en circuitos digitales que necesitan emular una señal analógica [18].

Es importante tener en cuenta las características de nuestro motor eléctrico, para la selección del controlador y fijarnos la compatibilidad de operación entre ellos; ya que para cada tipo de motor y sus especificaciones existe un controlador que satisface dichos requerimientos; entonces se siguieron varias pautas para la selección del controlador.

4.1.4.1 Pautas para la selección del controlador del motor

Las pautas necesarias para la selección del controlador se las muestran en la tabla 4.8 y se las escogieron en base a los requerimientos básicos del proyecto como:

Tabla 4. 8 Argumentos para la utilidad de un motor de Corriente Continua

ITEM	PAUTAS	OBSERVACIÓN
1. Capacidad eléctricas necesarias	Debe tener una tensión de funcionamiento de 48 V y una capacidad de corriente de 300 A	Especificaciones son tomadas a partir de los requerimientos del motor
2. Idóneo para el tipo de motor utilizado	Este tipo de controlador debe ser apto para motores DC de imán permanente	Existen controladores para otros tipos de motores
3. Inversión de Giro	Debe tener la capacidad de inversión de giro para los motores DC	Se utiliza para ser aplicado para poner el auto en marcha hacia adelante y reversa sin necesidad de una caja de cambios
4. Sistema de enfriamiento	Debe tener como propiedad un método de disipación de calor	El sistema de control está expuesto a altas temperaturas

Elaborado por: Investigador

4.1.4.2 Selección del controlador del motor

Por cuestiones de facilidad de adquisición y manejo se toma en cuenta el fabricante Kelly Controllers, el cual se dedica específicamente en la fabricación de controladores para motores de todo tipo, dentro de su catálogo de productos ofrecen una variedad de dispositivos, en donde podemos observar en la tabla 4.9 la opción elegida de acuerdo al tipo de motor.

Tabla 4. 9 Catálogo de controladores para motores de corriente continua de imán permanente de Kelly Controllers. [19]

Kelly full bridge Permanent Magnet DC Motor Controller				
Model	1 minute Current	Continuous Current	Rated Voltage	Voltage Range
PM24101	100A	40A	24V	12V-24V
PM24201	200A	80A	24V	12V-24V
PM24301	300A	120A	24V	12V-24V
PM36101	100A	40A	36V	24V-36V
PM48101	100A	40A	48V	24V-48V
PM48201	200A	80A	48V	24V-48V
PM48301	300A	120A	48V	24V-48V
PM48301B	400A	160A	48V	24V-48V
PM48501B	500A	200A	48V	24V-48V
PM72101	100A	40A	72V	24V-72V
PM72201	200A	80A	72V	24V-72V
PM72301	300A	120A	72V	24V-72V
PM72401B	400A	160A	72V	24V-72V
PM72501B	500A	200A	72V	24V-72V
PM12101H	100A	40A	120V	24V-120V
Female plugs of J1&J2				

El dispositivo seleccionado es el controlador PM48301; por ser el más idóneo para nuestra aplicación en función de los requerimientos ya establecidos, la figura 4.7 se muestra la representación del controlador seleccionado.



Figura 4. 7 Controlador PM48301 de Kelly Controllers. [19]

Descripción del controlador Kelly Controllers PM48301

Este tipo de dispositivo es ajustable mediante una interfaz gratuita con el usuario mediante un puerto analógico RS232, con el propósito de ajustar parámetros que se requieran; proporcionando un control suave y silencioso en este tipo de aplicaciones; con una eficiencia del 97% realiza el control mediante un conjunto de transistores de tipo Mosfet de potencia, formando un puente H controlando la señal de entrada, control de giro de motor y la posición del potenciómetro adaptado al acelerador del vehículo mediante el control de variación del ancho del pulso PWM [5].

Este tipo de configuración del puente H hace posible el control de las variaciones de ancho de pulso PWM, permitiendo también la operación del cambio de giro de nuestro motor DC [5].

Este dispositivo posee un tablero de indicadores, conectores, 1 puerto RS232 y 2 zócalos de conexión para el manejo de los recursos del controlador, en la figura 4.8 se indica el grafico del panel frontal mencionado.

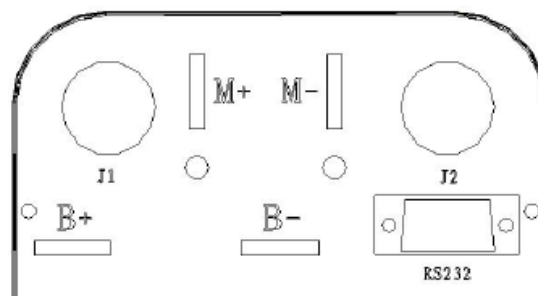


Figura 4. 8 Panel frontal del controlador Kelly Controllers PM48301. [19]

- Los conectores corresponden a las siguientes funciones:

- **B+:** Polo positivo de la batería
- **B-:** Polo negativo de la batería
- **M+:** Polo positivo del motor
- **M-:** Polo negativo del motor

Cada conector en esta descripción vienen con depósitos para ajustes con pernos y tuercas, y es necesario un aislamiento necesario por la corta distancia entre ellos y se recomienda la utilización de cinta autofundente estándar para evitar puntos calientes y daños por corto circuitos.

- Se tiene 1 puerto RS232 para ajustar los parámetros de potencia mediante una conexión serial a un computador, existen parámetros de fábrica previamente asignados a este tipo de motor y aplicaciones.
- Los terminales J1 y J2 son las señales de entrada de operación en la interpretación del circuito que se va a utilizar en función de los elementos que se usan para el controlador PM48301, a continuación en la figura 4.9 se indican los zócalos correspondientes.



Figura 4. 9 Zócalos correspondientes a los pines J1 y J2. [19]

La descripción de los pines J1 y J2 se los indica correspondientemente en las tablas 4.10 y 4.11. [19]

Zócalo J1: El propósito del zócalo J1 en su pin 1 es alimentar al controlador para que funcione normalmente, en donde el resto de sus pines ejecutan funciones de alertas visuales de correcto e incorrecto funcionamiento mediante el color verde y rojo respectivamente, y alertas sonoras cuando se ejecuta la función de reversa del vehículo.

- Pines de conexión al zócalo J1

Tabla 4. 10 Pines correspondientes al zócalo J1

# PIN	SIMBOLO	FUNCIONES
1	PWR	FUENTE DE ALIMENTACION DEL CONTROLADOR DE SALIDA
2	CURRENT METER	MEDIDOR DE CORRIENTE
3	MAIN CONTACTOR DRIVER	CONTACTOR PRINCIPAL DEL CONTROLADOR
4	ALARM	ALARMA
5	RTN	SENAL DE RETORNO
6	GREEN LED	INDICACION DE EJECUCION
7	RTN	SENAL DE RETORNO

8	RS232	RECEPTOR
9	RS232	TRANSMISOR
10	RESERVADO	RESERVADO
11	RESERVADO	RESERVADO
12	RESERVED	RESERVADO
13	RTN	RETORNO DE SENAL
14	RED LED	INDICACION DE FALLO

Elaborado por: Investigador

Zócalo J2: El propósito del zócalo J2 son las funciones de control del motor mediante el potenciómetro que en este caso funciona como acelerador del vehículo, encendido del sistema, alimentación de 5v a los sistemas complementarios del vehículo, cambio de giro del motor para accionar la función de reversa mediante un interruptor.

- Pines de conexión al zócalo J2

Tabla 4. 11 Pines correspondientes al zócalo J2

# PIN	SIMBOLO	FUNCION
1	PWR	FUENTE DE ALIMENTACION DEL CONTROLADOR ENTRADA
2	RTN	RETORNO DE SENAL
3	RTN	RETORNO DE SENAL
4	HIGH LEVEL BRAKE AND MOTOR TEMPERATURE INPUT	FRENOS DE ALTO NIVEL Y LA ENTRADA DE TEMPERATURA DEL MOTOR
5	THROLE ANALOG INPUT	ENTRADA ANALOGICA DEL ACELERADOR
6	BRAKE ANALOG INPUT	ENTRADA ANALOGICA DEL FRENO
7	5V SUPPLY OUTPUT	SALIDA DE LA FUENTE DE 5 V
8	MICRO_SW	ENTRADA DEL INTERRUPTOR DEL ACELERADOR
9	REVERSING SWITCH INPUT	ENTRADA DEL INTERRUPTOR DE REVERSA
10	BRAKE SWITCH INPUT	ENTRADA DEL INTERRUPTOR DEL FRENO
11	RESERVED	RESERVADO
12	RESERVED	RESERVADO
13	RESERVED	RESERVADO
14	RTN	RETORNO DE SENAL

Elaborado por: Investigador

En la implementación de la conexión de cableado en los pines J1 y J2 fue necesario utilizar multi borneras plásticas, también se procedió a etiquetar cada pin de acuerdo a su función; para agilizar las conexiones y conseguir una estética aceptable dentro del tablero de conexión del circuito que corresponde al controlador PM48301, en la figura 4.10 se observa las conexiones a los zócalos de pines J1 y J2



Figura 4. 10 Conexión a los zócalos de los pines J1 y J2

Fuente: Investigador

Recalentamiento del controlador Kelly Controllers PM48301

El dispositivo cuando realiza operaciones normales en el vehículo, sus componentes internos sufren desgastes y tienden a subir su temperatura normalmente, pero existe la posibilidad de que excedan el peso establecido en el vehículo y provoque un sobrecalentamiento ocasionando daños internos en los circuitos que conformen el controlador, para evitar este tipo de inconvenientes el controlador está equipado con su disipador de calor en aluminio; sin embargo adicionalmente se implementó una placa de aluminio de 20 x 30 cm y ½ pulgada de espesor uniéndola a la base mediante una grasa térmica de 225 grados Centígrados de tolerancia industrial, con este complemento el controlador está protegido ante posibles fallos por sobrecalentamientos, en la figura 4.11 observamos la placa de aluminio instalada debajo del controlador.



Figura 4. 11 Implementación de la placa de aluminio debajo del controlador

Fuente: Investigador

4.1.5 Proceso de Selección de las Baterías para el Sistema Eléctrico

Las baterías dentro del vehículo eléctrico son un componente esencial dentro del sistema eléctrico, teniendo en cuenta que para adquirirlas no deben exceder en dimensiones en cuanto a peso y espacio al tener limitaciones dentro del vehículo; y tomando en cuenta las especificaciones de voltaje y potencia nominal para alimentar el motor eléctrico mediante el controlador correspondiente; la investigación acerca de distintos tipos de baterías existentes deben cumplir determinados parámetros de operación

- Potencia nominal de 6000 W
- Voltaje de trabajo de 48 V
- Capacidad (Ah) suficiente que satisfaga las necesidades del motor eléctrico
- No ser de materiales contaminantes al medio ambiente
- De bajo costo
- Tener una vida útil prolongada
- De mantenimiento accesible

Se toma en cuenta el cálculo de la capacidad mínima (Ah) de las baterías para un correcto funcionamiento mediante la ecuación 4.11 [5].

$$I_{bateria} = \frac{P_{motor} + n_{motor}}{V_{bateria} + \%descarga} \quad \text{Ec. 4.11}$$

En donde:

Potencia del motor = 6000 W

Eficiencia del motor = 0.9 (90%)

V batería = 48 V

% descarga = 0.8 (80%)

$$I_{bateria} = \frac{6000W * 0.9}{48V * 0.8}$$

$$I_{bateria} = 140.7 \text{ Ah}$$

En la tabla 4.12 se indican las opciones de baterías más probables de implementar en el proyecto de acuerdo a las especificaciones establecidas.

Tabla 4. 12 Catálogo de baterías

BATERIAS	Ultracell Range	Ultracell VRA	Excide	DACAR GC2-6	DACAR GC3-6
CAPACIDAD (Ah)	120	100	140	240	280
VOLTAJE (V)	12	12	12	6	6
PESO (Kg)	37	31	48	21	32
DIMENSIONES	240x177x225	330x173x212	513x223x223	256x162x260	273x185x285

Elaborado por: Investigador

Una vez con la información de la capacidad de 140.7 Ah mínimos de trabajo, entonces realizamos una investigación en el mercado acerca de los diferentes tipos de baterías disponibles; en donde se encontraron una variedad de alternativas que reúnen este tipo de requerimientos; escogiendo las baterías DACAR GC2-6/240 de origen ecuatoriano; las cuales consideramos las más idóneas en función de las especificaciones necesarias de operación, teniendo en cuenta que este tipo de baterías tienen una capacidad de 240 Ah, esto hace muy eficiente nuestro sistema por la prolongada autonomía que representa, en donde conseguimos un banco de baterías de 8 unidades de 6V cada una, teniendo un total de 168 Kg de masa, en la figura 4.12 observamos las baterías GC2-6/240 DACAR



Figura 4. 12 Baterías DACAR GC2-6/240. [20]

A continuación en la figura 4.13 podemos observar las dimensiones de las baterías proporcionadas por el fabricante

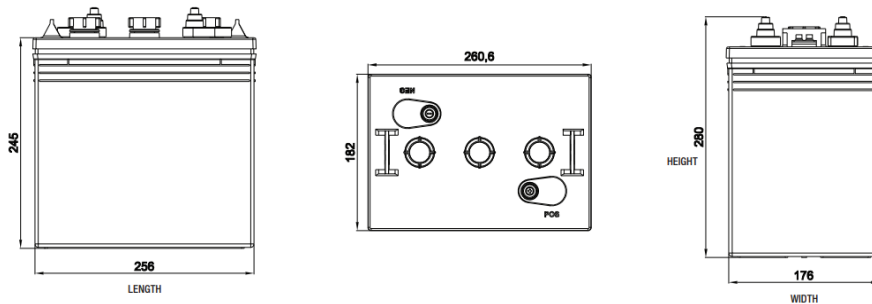


Figura 4. 13 Dimensiones de las baterías DACAR GC2-6/240. [20]

Conexión del Banco de baterías

Para completar el voltaje total de operación el cual corresponde a 48 V fue necesario utilizar la técnica de conexión en serie, por el motivo de poseer baterías de 6 V y proceder agruparlas de acuerdo a la posición dentro la estructura del vehículo.

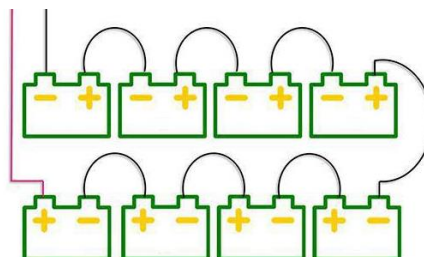


Figura 4. 14 Ejemplo de conexión en serie de baterías.

Fuente: Investigador

Una vez con las baterías disponibles, se utilizaron cables de alta tensión con terminales de cobre para su conexión (se indican en la figura 4.14) en las borneras correspondientes con perno #11 en donde por especificación del fabricante, en la figura 4.15 se indica la conexión de las baterías para el sistema



Figura 4. 15 Conexión del banco de baterías

Fuente: Investigador



Figura 4. 16 Instalación de terminales de cobre en los cables de alto rendimiento

Fuente: Investigador

Carga de las baterías

Para proceder con la carga de las baterías se tiene un cargador estándar de 48 voltios de alta frecuencia lo cual cumple con las condiciones necesarias del banco de baterías armado; en donde su conexión se la debe realizar de acuerdo a la figura 4.17, señalando que debe coincidir la pinza roja en el polo positivo y correspondientemente la pinza negra en el polo negativo, y necesita una alimentación de 110 v convencional.

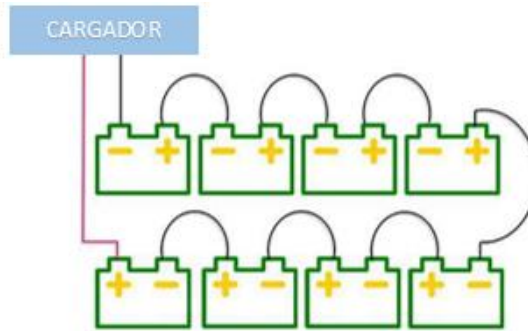


Figura 4. 17 Instalación los terminales del cargador en el banco de baterías

Fuente: Investigador

En la figura 4.18 podemos apreciar el cargador adquirido con sus pinzas como accesorios complementarios



Figura 4. 18 Cargador de baterías de 48 V convencional de alta frecuencia

Fuente: Investigador

Pruebas de Desplazamiento

- **Prueba de Autonomía**

Para realizar el cálculo de autonomía de las baterías se utiliza la ecuación 4.12 [16].

$$Autonomía = \frac{I_{baterías} * V_{Promedio}}{I_{promedio}} \quad \text{Ec. 4.12}$$

En donde:

I baterías = 240 Ah

Velocidad promedio= 20 Km

I promedio= 100 Ah

$$Autonomía = \frac{240 \text{ Ah} * 20 \text{ Km/h}}{100 \text{ Ah}}$$

$$Autonomía = 48 \text{ km}$$

Las pruebas se las realizaron en la ciudad de Salcedo en el barrio La Tebaida en un circuito de 2 Km aproximadamente como se muestra en la figura 4.19, con las baterías cargadas según nuestro medidor instalado en el tablero de instrumentos; en donde se completaron 22.75 vueltas al circuito mencionado, dándonos una totalidad de 45.50 Km, en donde nuestro indicador de batería apunta a una recarga de baterías.

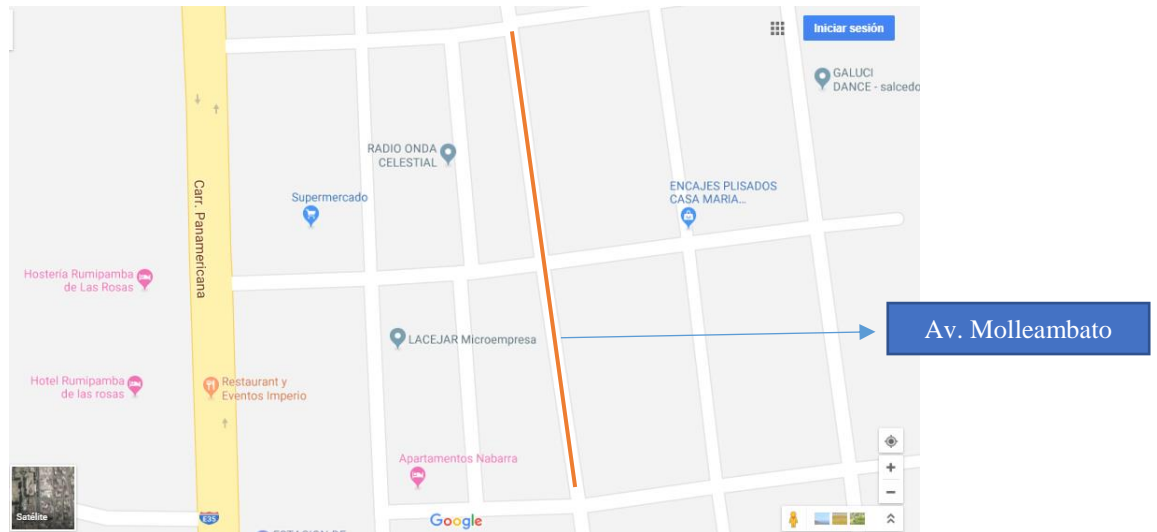


Figura 4. 19 Circuito de pruebas de autonomía de las baterías del vehículo

Fuente: Investigador

- **Tiempo de Carga y Descarga**

El banco de baterías debe estar en un 80%, es decir que cuando se conecte un voltímetro y marque 43 V o el indicador del tablero este en el sector final de color verde según la figura 4.20.

Según las especificaciones del fabricante el tiempo de carga debe realizarse en 7 horas con 41 minutos a una temperatura de 25 °C [20], mientras tanto las baterías se las cargaron dentro de un rango de tiempo que va entre 7 horas con 30 minutos y 8 horas con 0 minutos aproximadamente.



Figura 4. 20 Indicador del estado de carga de las baterías

Fuente: Investigador

4.1.6 Selección del Cable de conexión del sistema

Para el sistema es necesario tener en cuenta la elección del tipo de conductores eléctricos que se van a utilizar en la implementación, considerando el tipo de aislante que tenga, la cantidad de temperatura que soporte y el grado de potencia que sean capaces de conducir; dentro del sistema existen dos tipos de conductores que se utilizan, cables de alta tensión y de baja tensión, en las tablas 4.13 y 4.14 se muestran los calibres correspondientes según AWG. [21]

- **Conductores de alta tensión**

Son los encargados de transportar la energía desde las baterías hasta el motor, y también en interconectar el banco de baterías con sus respectivos terminales de cobre, para lo cual se utiliza las especificaciones determinadas del motor para realizar su cálculo específico y seleccionar el calibre AWG necesario para esta aplicación. [21].

$$i = \frac{p}{v} \quad \text{Ec. 4.13}$$

En donde:

P= potencia del motor = 9500 W

V= voltaje máximo del motor = 48 V

$$i = \frac{9500W}{v48} = 198A = 200A \text{ (AWG)}$$

En la tabla 4.12 se puede observar que el tipo de cable que coincide es el cable 0

Tabla 4. 13 Catálogo de cables según el calibre AWG. [21]

AWG	Dia-mils	TPI	Dia-mm	Circ-mils	Ohm s-kft	Ft/Oh m	Ft/Lb	Ohms/Lb	Lb/Kft	*Amps	Max/Amps
0	324.85	3.07	8.25	165531	0.09	10175	3.1365	0.6663	319.44	146.71	211.66
1	289.29	3.45	7.34	83600	0.12	8869.5	3.9475	0.0805	253.33	111.59	167.38
2	267.62	3.88	6.54	66369	0.15	6399.4	4.9777	0.6668	266.96	88.492	132.74
3	229.42	4.35	5.82	52633	0.19	5075.0	6.2767	0.0012	159.32	70.177	105.27
4	264.30	4.89	5.18	41746	0.24	4024.7	7.9148	0.0026	126.33	55.653	83.486
5	181.94	5.49	4.62	33101	0.31	3191.7	9.9804	0.0031	100.20	44.135	66.203

- **Conductores de baja tensión**

Los cables correspondientes para el complemento del sistema eléctrico; son para la interconexión de salidas de los pines del controlador, la interconexión de las luces de los faros delanteros y traseros, conexión de indicadores en el tablero de

instrumentos; los cuales necesitan una capacidad relativamente baja de corriente en su nivel máximo y un voltaje de 12 V necesarios para condiciones normales de funcionamiento, los cuales se indican en la tabla AWG en la tabla 4.13. [21]

Tabla 4. 14 Catalogo de cables según el calibre AWG. [21]

AWG	Dia-mils	TPI	Dia-mm	Circ-mils	Ohms-kft	Ft/Ohm	Ft/Lb	Ohms/Lb	Lb/Kft	*Amps	Max/Amps
10	101.90	9.81	2.58	10383	0.9989	1001.1	31.819	0.0318	31.428	13.844	20.765
11	90.741	11.02	2.30	8233.9	1.25	793.93	40.122	0.0505	24.924	10.973	16.468
12	80.507	12.37	2.05	6529.5	1.58	629.61	50.593	0.0564	19.765	8.7064	13.060
13	71.961	13.89	1.82	5178.3	2.00	499.31	63.797	0.1278	6.9045	6.9045	10.357

4.2 Implementación del Sistema

4.2.1 Ubicación del sistema eléctrico

Para proceder con la implementación del sistema, se utilizó una caja fabricada a medida que va a ser ubicada en la parte posterior del vehículo para el sistema eléctrico debidamente sujeta a la estructura; en donde se debe asegurarse que el sistema eléctrico este protegido, en la figura 4.21 se puede observar el montaje a la estructura correspondiente.

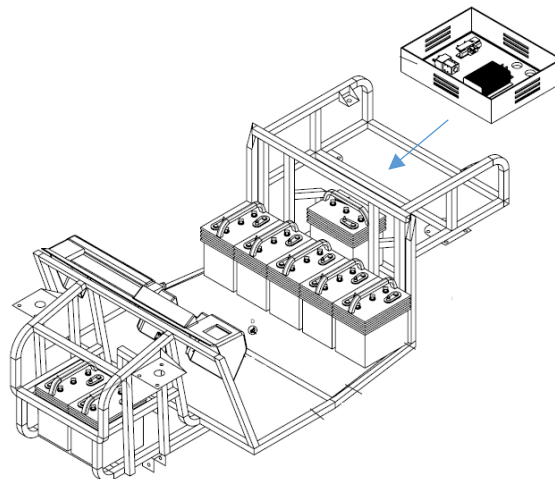


Figura 4. 21 Montaje del sistema a la estructura

Fuente: Investigador

El sistema de control del motor se basa en la operación correcta del controlador y los elementos complementarios del circuito elegido para esta aplicación, indicando la velocidad requerida de acuerdo a la posición del potenciómetro adaptado al pedal de aceleración, también es importante la elección correcta de los materiales que entran en

operación y conseguir un correcto funcionamiento por parte del dispositivo controlador y evitar sobrecalentamientos, en la figura 4.22 podemos observar el circuito elegido.

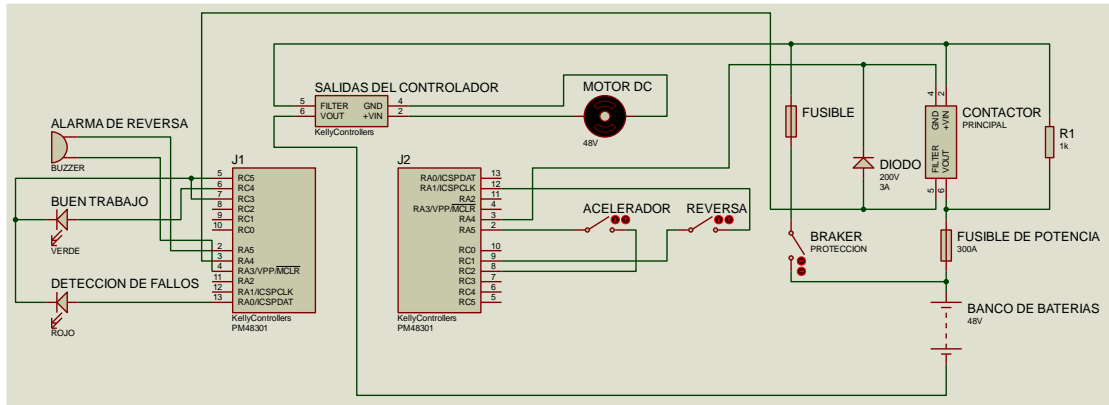


Figura 4. 22 Circuito de conexión de materiales complementarios del controlador

Fuente: Investigador

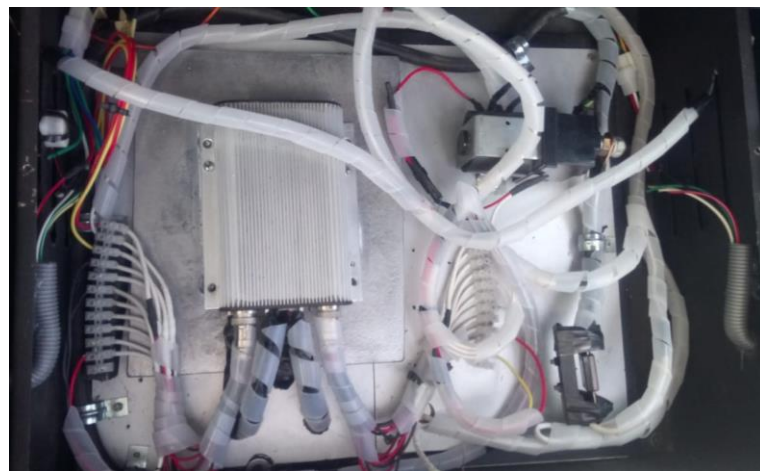


Figura 4. 23 Circuito de control del sistema instalado a su caja correspondiente

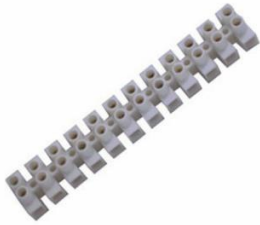


Elaborado por: Investigador

Componentes seleccionados

En la siguiente tabla 4.14 mostramos los elementos seleccionados dentro del circuito aplicado en el vehículo, indicando la descripción de funcionamiento que proporciona cada uno de ellos dentro del vehículo.

Tabla 4. 15 Elementos utilizados en el circuito aplicado

COMPONENTE	GRAFICO	DESCRIPCION
MOTOR		Motor MotEnergy ME1003 de tipo DC con imán permanente adaptado a un diferencial para propulsión del vehículo, necesita 48V para su funcionamiento normal
CONTROLADOR		Controlador Kelly PM48301 mediante PWM regula el flujo de energía al motor de acuerdo a la posición del potenciómetro adaptado al pedal de aceleración
BATERIAS		Baterías de ciclo profundo, las cuales forman un banco de baterías por 8 unidades, con una capacidad total de 48v y 240 Ah
POTENCIOMETRO		Potenciómetro Curtis de 5K adaptado al pedal de aceleración mediante un cable de acero
CONTACTOR		Cuando el usuario de vehículo mediante un interruptor acciona se encarga de permitir el paso de corriente al controlador y permitir su operación dentro del rango establecido
FUSIBLE		Protege la integridad del circuito colocado antes del contactor principal cortando el paso de energía cuando se excede un límite de 200 A
INTERRUPTOR		Permite accionar o apagar el circuito, está colocado en un caso de emergencia, cuando sucede algún fallo ocasionado en el circuito este dispositivo cierra su paso de corriente.

BORNERAS		Permite la organización de los cables de baja tensión dentro del circuito y evita el contacto entre ellos evitando corto circuitos
FINAL DE CARRERA		Este tipo de elemento el cual activa o desactiva los focos del freno cuando su contacto se mueve en el pedal del freno del vehículo
INTERRUPTOR DE REVERSA		Este tipo de elemento conecta los pines del controlador establecidos para realizar el cambio de giro del motor

Elaborado por: Investigador

Adaptación del pedal de aceleración al potenciómetro

Nuestro potenciómetro Curtis seleccionado para variar la velocidad del motor se lo adapta a un pedal de aceleración ubicado para proporcionar al conductor la comodidad del caso, esto implica que su altura y versatilidad sea conseguida fácilmente, por ello se adapta estos dos elementos que son importantes mediante un pequeño sistema de poleas, las cuales están ubicadas de tal modo que consigue que el movimiento del pedal sea el movimiento del potenciómetro, en la figura 4.24 observamos la el método de adaptación realizado.

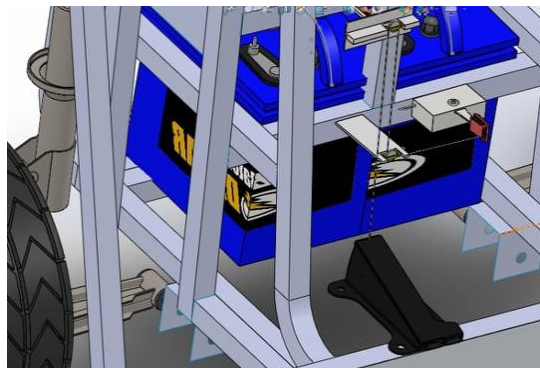


Figura 4. 24 Adaptación del potenciómetro al pedal de aceleración

Fuente: Investigador

Adaptación del final de Carrera al pedal de freno

Para conseguir que los faros rojos traseros se activen mediante el accionamiento del pedal del freno es necesario colocar el final de carrera en la parte posterior de dicho elemento, adaptándolo de una forma segura y versátil, tratando de no mostrarlo y comprometer a la estética del interior del vehículo, en la figura 4.25 se muestra la adaptación realizada.



Figura 4. 25 Adaptación del final de carrera al pedal del freno

Fuente: Investigador

4.2.2 Ubicación del motor

La ubicación del motor elegido para el vehículo es muy importante, por su peso y para proporcionar la protección suficiente, evitando exponer a humedad, agua y golpes que pueden alterar la correcta operación de este componente, también se tomó en cuenta que la posición elegida del motor esté relacionada directamente a la caja del circuito eléctrico; procurando que la distancia entre ambos sea la menor posible; por razones de seguridad; tomando en cuenta que van a existir casos en donde se va a entregar la totalidad del potencia desde las baterías cuando el vehículo este a su máxima velocidad, sabiendo que por los cables de conexión va a circular toda de la capacidad de nuestro banco de baterías evitando que dichos cables sean lo más cortos posibles y estén en una zona donde su acceso sea nula y así evitar accidentes; procurando también que la instalación del sistema de propulsión sea la as adecuada posible y su alineamiento mecánico sea correcto con el diferencial de las ruedas traseras y obtener

un buen trabajo: en la figura 4.26 podemos observar la ubicación del motor por medio de su soporte

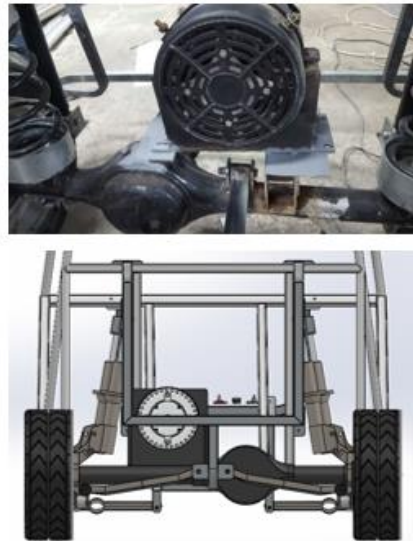


Figura 4. 26 Ubicación del motor al vehículo

Fuente: Investigador

Montaje del motor al sistema de propulsión

El montaje del motor por medio del soporte debe ser adaptado a un sistema de propulsión que fue diseñado a medida para esta aplicación, con el fin de conseguir movimiento del vehículo de acuerdo a la aceleración determinada por medio del controlador, en este punto se lo adapta por medio de una cadena mecánica lubricada, la cual posee la tensión y alineamiento necesarios para evitar zafarse al instante de conseguir los giros necesarios por medio del motor. En la figura 4.27 podemos observar el motor correctamente empotrado al diferencial encargado de la propulsión de nuestro vehículo conectado por medio de una cadena metálica.



Figura 4. 27 Montaje del motor al sistema de transmisión

Fuente: Investigador

4.2.3 Distribución del banco de baterías

La distribución del banco de baterías dentro de la implementación es un punto muy importante que considerar, debido al peso que representa y el reducido espacio disponible, sabiendo que el tamaño de las baterías es considerable en conjunto; tratando de conseguir seguridad y cuidar la estética dentro de la cabina, estableciendo cierto equilibrio entre la parte delantera y trasera.

El banco de baterías está parcialmente conectado en 2 grupos, de acuerdo a los espacios disponibles, en el grupo delantero tenemos 6 unidades y las unidades restantes están en la parte delantera, con esta distribución conseguimos un equilibrio determinado que facilita el correcto funcionamiento del sistema; en la figuras 4.28 y 4.29 observamos los dos grupos que conforman el banco de baterías.



Figura 4. 28 Distribución de los 2 grupos del banco de baterías

Fuente: Investigador

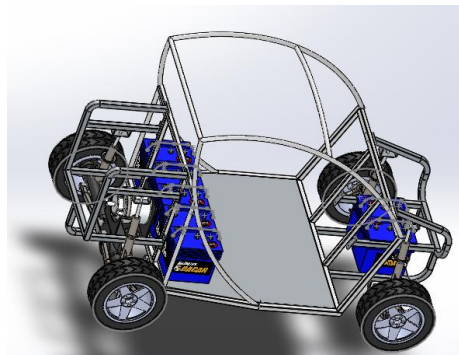


Figura 4. 29 Ubicación del banco de baterías

Fuente: Investigador

4.3 Pruebas del Sistema

Las pruebas respectivas se las realizaron una vez instalado al vehículo, teniendo en cuenta todos los puntos necesarios para conseguir un buen funcionamiento; se procedieron específicamente a realizar pruebas de capacidad de carga por parte del motor alimentado por medio del sistema eléctrico el cual se encarga de proporcionar la potencia requerida de acuerdo a la posición del acelerador.

En las pruebas se va añadiendo peso al vehículo y se procede a medir corriente en las salidas del controlador, con el propósito de observar una variación en los resultados y compararlos entre ellos, para establecer condiciones normales de funcionamiento; dentro de la configuración del circuito mostramos en la figura 4.30 donde nos indica la ubicación de medición de corriente mediante una pinza amperimétrica estándar.

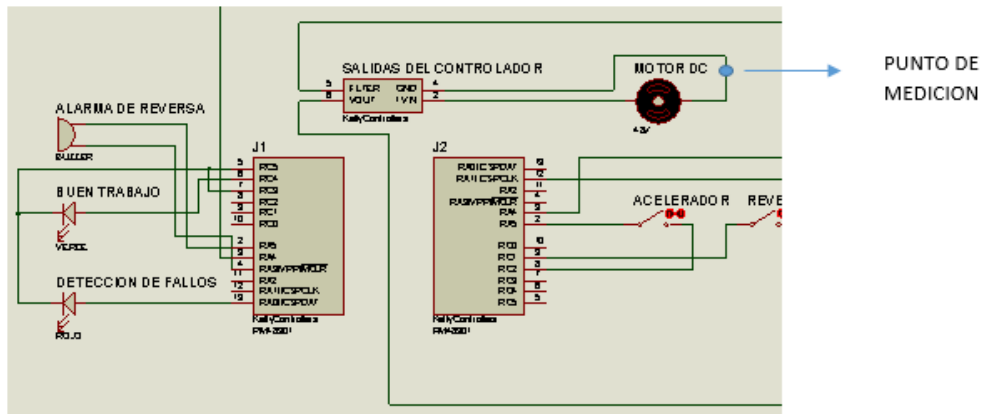


Figura 4. 30 Ubicación del punto de medición dentro de la corriente en la configuración del circuito

Fuente: Investigador

También se utilizó un sensor de corriente no invasivo en el mismo punto en donde se midió anteriormente, con el propósito de establecer gráficos que van de acuerdo con las mediciones realizadas con la pinza amperimétrica, en la figura 4.30 se muestra el circuito complementario que va con el sensor de corriente aplicado, y en la figura 4.31 se observa el sensor en posición y los instrumentos necesarios para proceder a la medición correspondiente

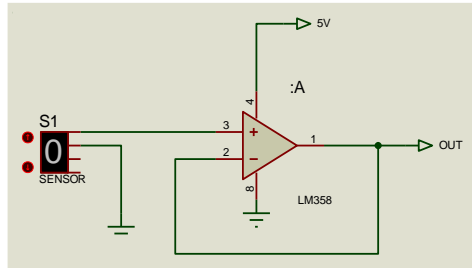


Figura 4. 31 Conexión del sensor de corriente en la configuración del circuito

Fuente: Investigador



Figura 4. 32 Medición de corriente mediante un sensor de corriente no invasivo

Fuente: Investigador

Dentro de la medición de corriente mediante el sensor de corriente no invasivo se utiliza la interfaz gráfica de arduino, en donde mientras se conduce el vehículo se procede a la medición, en la figura 4.33 se indica el proceso de medición desde la cabina del vehículo.



Figura 4. 33 Proceso de medición de corriente desde la cabina del vehículo.

Fuente: Investigador

A continuación se muestran fotografías las cuales indican las distintas pruebas que fueron sometidas el sistema de control eléctrico del motor instalado al vehículo, mostrando también los resultados de cada prueba respectivamente:

1. Con 1 persona

En el vehículo están a bordo 1 persona (como se indica en la figura 4.34) con un peso aproximado de 78 Kg, teniendo en cuenta que hablamos de condiciones normales de funcionamiento



Figura 4. 34 Una persona a bordo del vehículo para pruebas de funcionamiento del sistema eléctrico

Fuente: Investigador

Una vez sometido el sistema a la primera prueba con 1 persona a bordo, obtuvimos como resultado 1.3 A en la salida del controlador hacia el motor, podemos observar en la figura 4.35 el valor de corriente por medio de la pinza amperimétrica

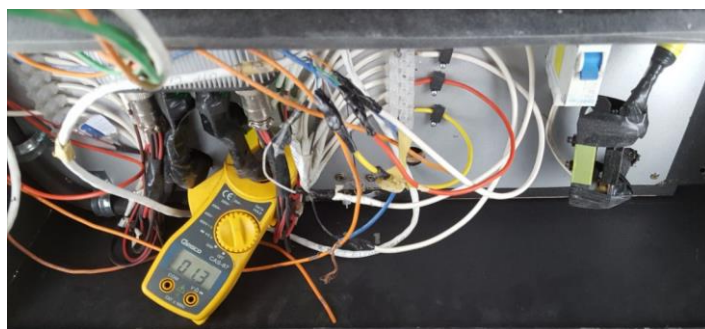


Figura 4. 35 Valor de corriente de salida del controlador al motor con 1 persona a bordo

Fuente: Investigador

En la figura 4.36 se muestra la gráfica de corriente realizada cuando está a bordo 1 persona mediante la aplicación del sensor de corriente no invasivo en la salida del

controlador; es decir en el mismo punto de donde se tomó la medida por medio de la pinza amperimétrica, en las mismas condiciones de peso; en donde podemos apreciar que existe un pico de corriente, lo cual indica el arranque del motor y no excede los 6 A lo cual indica la corriente nominal del motor.

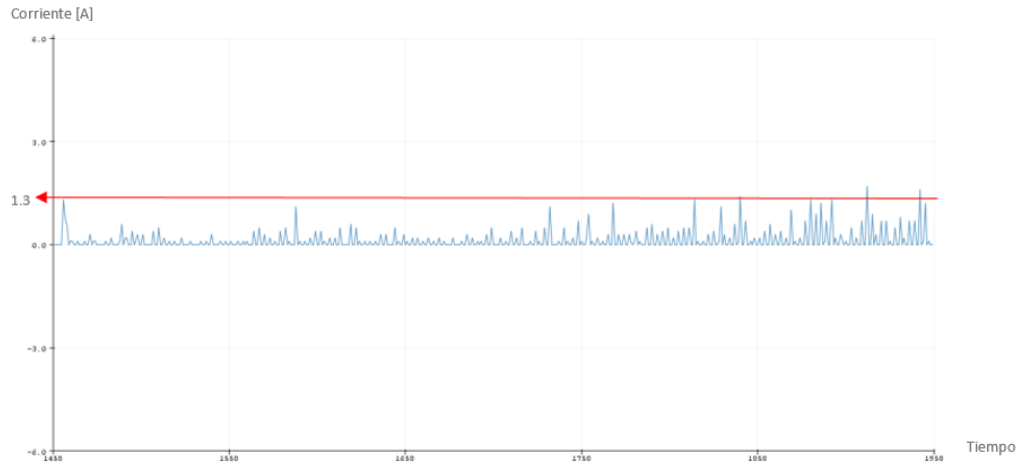


Figura 4. 36 Gráfica del valor de corriente con 1 persona, tomado mediante el sensor de corriente no invasivo

Fuente: Investigador

2. Con 2 personas

En el vehículo están a bordo 2 personas (como se indica en la figura 4.37) con un peso aproximado de 156 Kg, teniendo en cuenta que hablamos de condiciones normales de funcionamiento.



Figura 4. 37 Dos personas a bordo del vehículo para pruebas de funcionamiento del sistema eléctrico

Fuente: Investigador

Una vez sometido el sistema a la primera prueba con 2 personas a bordo, obtuvimos como resultado 1.7 A en la salida del controlador hacia el motor, podemos observar en la figura 4.38 el valor de corriente por medio de la pinza amperimétrica



Figura 4. 38 Valor de corriente de salida del controlador al motor con 2 personas a bordo

Fuente: Investigador

En la figura 4.39 se muestra la gráfica de corriente realizada cuando está a bordo 2 personas mediante la aplicación del sensor de corriente no invasivo en la salida del controlador; es decir en el mismo punto de donde se tomó la medida por medio de la pinza amperimétrica, en las mismas condiciones de peso; en donde podemos apreciar que existe un pico de corriente, lo cual indica el arranque del motor y no excede los 6 A lo cual indica la corriente nominal del motor.

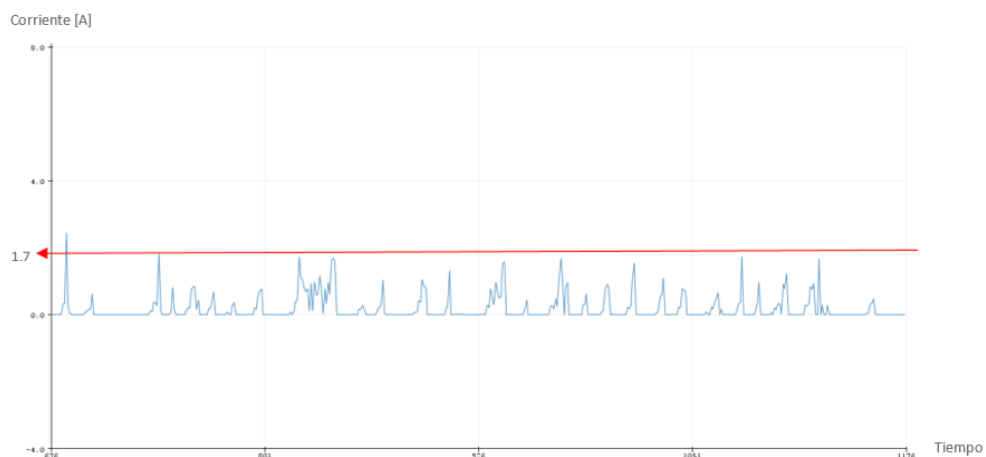


Figura 4. 39 Gráfica del valor de corriente con 2 personas, tomado mediante el sensor de corriente no invasivo

Fuente: Investigador

Cabe decir que estos valores están tomados con valores aproximados de peso de personas en condiciones normales, y es posible que podrían variar ligeramente con la diferencia entre personas con distintas texturas, pero con los resultados obtenidos podemos definir que el sistema eléctrico funciona sin problemas cuando no excede en su peso.

4.4 Operación del Prototipo

La forma de operación del prototipo depende mucho del método del cual fue diseñado, y una de las razones de diseño incluye, que está hecho para que se pueda operar con facilidad cualquier persona, y no necesita conocimientos de electrónica o mecánica para poder manejarlo; dentro de la cabina de mando se utilizan instrumentos que son muy comunes en un automóvil convencional y es muy fácil de encender y apagar, marcha adelante y marcha hacia atrás en los siguientes sencillos pasos:

1. Ubicar correctamente el asiento, ajustándolo con la perilla inferior procurando que los pies lleguen con facilidad a los pedales sin comprometer la visión de la parte exterior del automóvil.



Figura 4. 40 Ajuste del Asiento

Fuente: Investigador

2. Encender el sistema mediante un selector (a la derecha) colocado al lado derecho inferior del volante o timón de dirección.



Figura 4. 41 Encendido del Sistema

Fuente: Investigador

3. Para activar la puesta en marcha hacia adelante, simplemente procedemos la aceleración mediante su pedal respectivo (derecho), es importante verificar que ninguna alerta sonora o visual se active para su normal operación.



Figura 4. 42 Puesta en Marcha para Adelante

Fuente: Investigador

4. Para activar la reversa del vehículo activamos el switch de color verde e inmediatamente se accionara una sirena de activación de esta función, y lo controlamos con el pedal de aceleración de velocidad.



Figura 4. 43 Puesta en Marcha de Reversa

Fuente: Investigador

5. Existen 2 alertas visuales que corresponden a 2 leds de color rojo y verde respectivamente:
- LED VERDE: Correcto funcionamiento, es decir el vehículo está operando correctamente y está listo para cualquier acción
 - LED ROJO: Algún fallo dentro del sistema y se recomienda apagarlo y no usarlo de ningún modo y acudir al personal adecuado, indicaciones disponibles en el ANEXO B.



Figura 4. 44 Alertas Visuales

Fuente: Investigador

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Durante el desarrollo e implementación del presente proyecto se pueden llegar a las siguientes conclusiones:

- Para finalizar la implementación del sistema de control del motor eléctrico se cumple el diseño propuesto del proyecto, sin asumir otros parámetros, evitando comprometer la estética y funcionalidad del vehículo.
- En el aspecto tecnológico se puede decir que este tipo de proyecto es innovador frente al tipo de tecnología alternativa; las cuales son amigables con el medio ambiente, sin generar ruido y con un mantenimiento fácil y versátil.
- El consumo de energía del motor eléctrico está relacionado con la carga a la cual sea sometido el vehículo, es decir mientras mayor peso soporte, más energía consume, relativamente hablando con los límites establecidos del vehículo; en donde según las pruebas realizadas con una persona señala 1.3 A y con dos personas señala 1.7 A.
- La eficiencia del vehículo depende mucho del nivel de carga del banco de baterías, es decir que mientras tenga su carga máxima, su desempeño en velocidad y rendimiento va a ser mucho más alto que cuando el nivel de carga vaya disminuyendo.
- El controlador que se aplica en este proyecto de investigación se lo escogió por cuestiones de confiabilidad de la marca, precio y la disponibilidad en el país; sabiendo que cumple con las especificaciones establecidas con los elementos relacionados.

5.2 RECOMENDACIONES

- Es preciso aislar todos los cables a su paso en el chasis y cabina del vehículo, por ser de material metálico, para evitar danos por cortocircuitos, agua o por el deterioro del tiempo.
- Por ser un vehículo compacto y su espacio reducido, es necesario tener precauciones por la presencia de numerosos cables y contactos eléctricos de alta y baja tensión, los cuales pueden entrar en contacto entre sí.
- Es recomendable evitar pendientes durante el trabajo del vehículo, para conseguir una mayor duración de autonomía de las baterías.
- Por ninguna razón se puede exceder el número de pasajeros establecido por el diseño del vehículo, para evitar sobrecalentamientos y una mayor autonomía por parte del banco de baterías; sin embargo se realizaron pruebas con hasta 3 personas, pero por seguridad y diseño es recomendable 2 personas.
- Las características de fábrica del cargador del banco de baterías recomienda cargar hasta 4 horas en modo de “carga lenta” para evitar sobrecalentamiento de las baterías y no reducir el tiempo de vida de las mismas.
- El sobrecalentamiento del controlador fue corregido mediante la implementación de una placa de aluminio debajo del mismo durante las pruebas realizadas, en caso de persistir el problema es recomendable reemplazar la placa por una con un espesor proporcionalmente mayor con grasa térmica adecuada.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. Vargas, «Conversión de un auto eléctrico basada en un accionamiento trifásico: diseño, modelación e implementación,» Santiago de Chile, 2012.
- [2] J. Alcivar, «Diseño e implementación y análisis de un prototipo de un vehículo híbrido,» Guayaquil, 2006.
- [3] G. Palafox, «Diseño y construcción de un vehículo eléctrico con variador de velocidad mediante un convertidor CD - CD,» Huajuapán de León, 2009.
- [4] A. Córdova, «Factibilidad para la integración de vehículos eléctricos al sistema de distribución eléctrico,» Quito, 2015.
- [5] E. Ortiz Medrano, «Adaptación de un buggy con motor de combustión interna a un sistema eléctrico,» Ambato, 2017.
- [6] J. Torres, «Estudio de viabilidad en la implementación de vehículos eléctricos en la Ciudad de Cuenca,» Cuenca, 2015.
- [7] Renault Motors, «Características Técnicas del Renault Twizy,» 26 Junio 2017. [En línea]. Available: <http://www.renaulttwizy.org/renault-twizy-caracteristicas.php>.
- [8] J. P. B. Cox y C. L. G. Durán, «Implementación de un sistema Híbrido en un Cuadrón Convencional,» Quito, 2011.
- [9] Taller Mecánico, «Los sensores del automóvil,» 28 Junio 2017. [En línea]. Available: <http://www.tutallermecanico.com.mx/Uploads/TP11-03.pdf>.
- [10] Linux0, «Interfaces de Entrada y Salida,» 29 Junio 2017. [En línea]. Available: <http://linux0.unsl.edu.ar/~rvilla/c3m10/tema5.pdf>. [Último acceso: 29 Junio 2017].
- [11] dirind, «Automatización y Electrónica,» 29 Junio 2017. [En línea]. Available: https://www.dirind.com/dae/monografia.php?cla_id=4. [Último acceso: 29 Junio 2017].
- [12] J. Larminie y J. Lowry, «Electric Vehicle Technology Explained,» 2003.
- [13] I. E. Cunalata Chuquiana, «Diseño e implementación del tren motriz con motor eléctrico y transmisión CVT,» Latacunga, 2014.
- [14] Gallardo Tonato Wilmer Omar, «Selección e Implementación del Sistema de Dirección para el prototipo de auto Eléctrico biplaza UTA-CIM17,» Ambato, 2018.

- [15] C. Albán, «Diseño y Construcción de un Sistema de Dirección para un vehículo tipo Fórmula para la escuela de Ingeniería Automotriz,» Riobamba, 2016.
- [16] E. Drives, «Conversion Motors,» 12 Julio 2010. [En línea]. Available: http://www.evdrives.com/category_s/1869.htm. [Último acceso: 2017 Junio 13].
- [17] ev Drives, «Conversion Motors,» 12 Julio 2010. [En línea]. Available: http://www.evdrives.com/category_s/1869.htm. [Último acceso: 12 Julio 2010].
- [18] Arduino UTFSM, «Modulación por Ancho de Pulso,» 12 Julio 2010. [En línea]. Available: <http://www.arduino.utfsm.cl/modulacion-por-ancho-de-pulso-pwm>. [Último acceso: 12 Julio 2010].
- [19] DC Motor Controllers Users Manual, «Kelly Full Bridge Permanent Magnet V3.4,» 2016. [En línea]. Available: <http://kellycontroller.com/mot/downloads/KellyPMUserManual.pdf>. [Último acceso: 2017 Junio 23].
- [20] Baterías Dacar, «BATERIAS DACAR DEEP CYCLE MODELO CG2-6/240,» 24 Marzo 2018. [En línea]. Available: <http://www.bateriasdacar.com/img/espeticnica/GC2-240.pdf>. [Último acceso: 24 Marzo 2018].
- [21] lcardaba, «Tabla de Grosos AWG,» 28 Julio 2018. [En línea]. Available: <http://www.lcardaba.com/articles/awg.htm>. [Último acceso: 28 Julio 2018].
- [22] hw Libre, «ArduECU,» 27 Junio 2017. [En línea]. Available: <https://www.hwlibre.com/arduecu-arduino-vez-mas-cerca-del-automovil/>. [Último acceso: 27 Junio 2017].
- [23] Kelly Controllers, «Kelly Controllers Lead to Clean World,» 21 Marzo 2018. [En línea]. Available: <http://kellycontroller.com/pm48301300a24-48vwith-regen-p-572.html>. [Último acceso: 21 Marzo 2018].
- [24] Autosolar, «BATERIA ROLLS 6V S550 Ah C100,» 24 Marzo 2018. [En línea]. Available: <https://autosolar.es/baterias-estacionarias/bateria-rolls-6v-s550-550ah-c100>. [Último acceso: 24 Marzo 2018].
- [25] D. A. Crespo Iñiguez y F. A. Bravo Feicán , «Implementación de un sistema de propulsión eléctrica a un vehículo liviano,» Cuenca, 2012.

ANEXOS

ANEXO A
DISEÑO FINAL DEL PROTOTIPO DE AUTO ELECTRICO UTA-CIM17



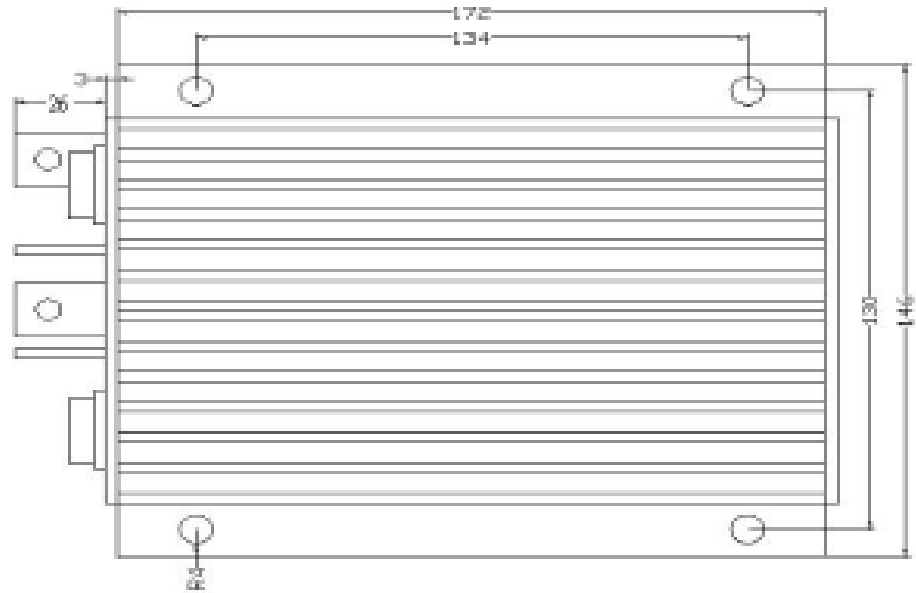
ANEXO B
MANUAL DEL CONTROLADOR KELLY PM48301

Kelly Full Bridge Permanent Magnet Dc Motor Controller User's Manual

PM24101
PM24201
PM24301
PM36101
PM48101
PM48201
PM48301
PM48401B
PM48501B
PM72101
PM72201
PM72301
PM72401B
PM72501B
PM12101H

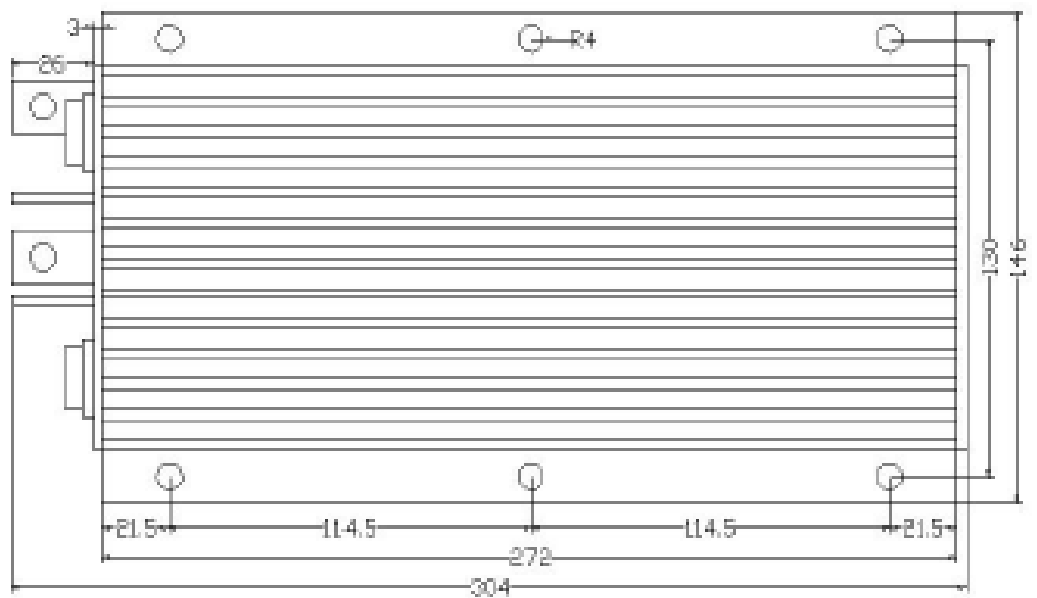
Rev.3.4
Dec. 2016

Kelly Full Bridge Permanent Magnet DC Motor Controller					
Model	1 minute Current	Continuous Current	Rated Voltage	Voltage Range	Regen
PM24101	100A	40A	24V	12V-24V	Yes
PM24201	200A	80A	24V	12V-24V	Yes
PM24301	300A	120A	24V	12V-24V	Yes
PM36101	100A	40A	36V	24V-36V	Yes
PM48101	100A	40A	48V	24V-48V	Yes
PM48201	200A	80A	48V	24V-48V	Yes
PM48301	300A	120A	48V	24V-48V	Yes
PM48401B	400A	160A	48V	24V-48V	Yes
PM48501B	500A	200A	48V	24V-48V	Yes
PM72101	100A	40A	72V	24V-72V	Yes
PM72201	200A	80A	72V	24V-72V	Yes
PM72301	300A	120A	72V	24V-72V	Yes
PM72401B	400A	160A	72V	24V-72V	Yes
PM72501B	500A	200A	72V	24V-72V	Yes
PM12101H	100A	40A	120V	24V-120V	Yes
Female plugs of J1&J2 will be shipped for free.					



Height: 62 millimeters

Figure 1: mounting holes' dimensions (dimensions in millimeters)



Height: 62 millimeters

Figure 2: PM-B mounting holes' dimensions (dimensions in millimeters)

3.2 Connections

3.2.1 Front Panel of PM Motor Controller:

Four metal bars and two plugs (J1, J2) are provided for connecting to the battery, motor and control signals in the front of the controller shown as Figure 3.

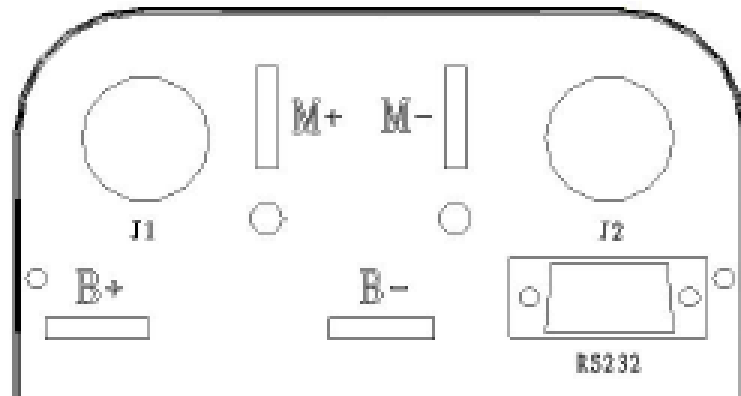
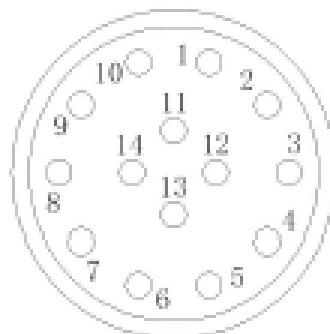


Figure 3: Front panel of PM motor controller

B+: Battery positive
 B-: Battery negative
 M+: armature positive
 M-: armature negative

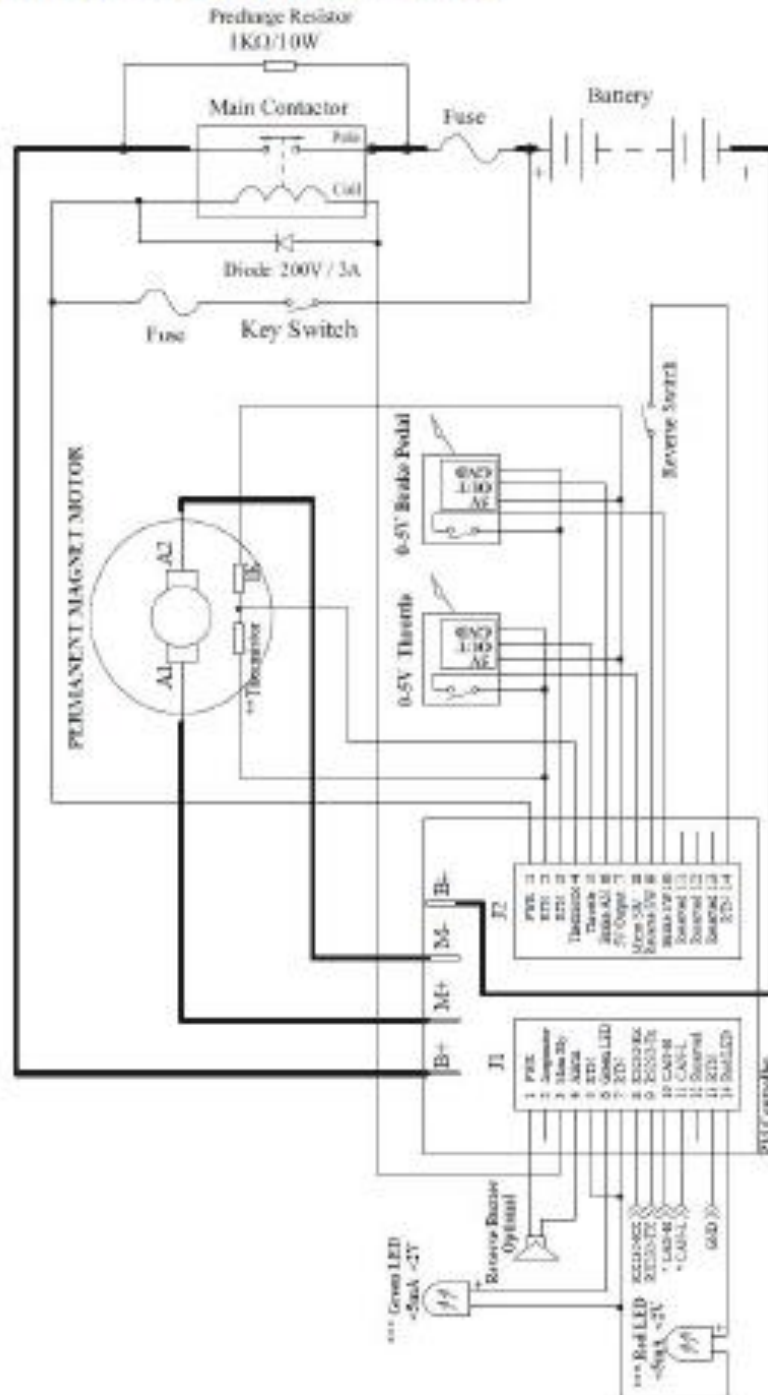
Figure 4: The connecting diagram of J1 and J2



J1 Pin Definition

- 1- PWR: Controller power supply (output). The pin is Red LED for S/N less: 08XXXXXX.
- 2- Current meter <200mA.
- 3- Main contactor driver <2A.
- 4- Alarm: To drive reverse beeper. <200mA
- 5- RTN: Signal return
- 6- Green LED: Running Indication
- 7- RTN: Signal return

3.2.2 Standard Wiring of PM Motor Controller



NOTE: Precharge time can be used to output 6.5V.
 The brake input is necessary for non-regen mode.
 Please connect the B- battery after wiring. Never use contactor or break on B-.
 * 6.5V has to be deenergized for 40ms.
 ** Thermal is optional item. Default is KTY34-120.
 --- When you contact us, thermal LED, the LED four pins height will be reduced.

Figure 5: PM motor controller standard wiring

Table 1: LED CODES

Green LED Code

LED Code	Explanation	Solution
Green Off	No power or switched off	1. Check if all wires are correct. 2. Check fuse and power supply.
Green On	Normal operation	That's great! You got solution!
Green & Red are both On		1. Software still upgrading. 2. Supply voltage too low or battery too high 3. The controller is damaged. Contact Kelly about a warranty repair.

Red LED Code

1,2	▣ ▣▣	Over voltage error	1. Battery voltage is too high for the controller. Check battery volts and configuration. 2. Regeneration over-voltage. Controller will have cut back or stopped regen. 3. This only accurate to $\pm 2\%$ upon Overvoltage setting.
1,3	▣ ▣▣▣	Low voltage error	1. The controller will clear after 5 seconds if battery volts returns to normal. 2. Check battery volts & recharge if required.
1,4	▣ ▣▣▣▣	Over temperature warning	1. Controller case temperature is above 90°C. Current will be limited. Reduce controller loading or switch Off until controller cools down. 2. Clean or improve heatsink or fan.
2,2	▣▣ ▣▣	Internal volts fault	1. Measure that B+ & PWR are correct when measured to B- or RTN. 2. There may be excessive load on the +5V supply caused by too low a value of Regen or throttle potentiometers or incorrect wiring. 3. Controller is damaged. Contact Kelly about a warranty repair.
2,3	▣▣ ▣▣▣	Over temperature	The controller temperature has exceeded 100 °C . The controller will be stopped but will restart when temperature falls below 80°C .
2,4	▣▣ ▣▣▣▣	Throttle error at power-up	Throttle signal is higher than the preset 'dead zone' at Power On. Fault clears when throttle is released.
3,1	▣▣▣ ▣	Frequent reset	May be caused by over-voltage, bad motor intermittent earthing problem, bad wiring, etc.

3,2	••• ••	Internal reset	May be caused by some transient fault condition like a temporary over-current, momentarily high or low battery voltage. This can happen during normal operation.
3,3	••• •••	Hall throttle is open or short-circuit	When the throttle is repaired, a restart will clear the fault.
3,4	••• ••••	Non-zero throttle on direction change	Controller won't allow a direction change unless the throttle or speed is at zero. Fault clears when throttle is released.
4,1	•••• •	Regen or Start-up over-voltage	Motor drive is disabled if an over-voltage is detected at start-up or during regen. The voltage threshold detection level is set during configuration. The max threshold is about 1.25 times of controller rated voltage. I.e. you may set threshold lower than 60V for 48V controller.
4, 3	•••• •••	Motor over-temperature	Motor temperature has exceeded the configured maximum. The controller will shut down until the motor temperature cools down.
<p>The Red LED flashes once at power on as a confidence check and then normally stays Off. "1, 2" means the Red flashes once and after a second pause, flashes twice. The time between two flashes is 0.5 second. The pause time between multiple flash code groups is two seconds.</p>			

Contact Us:

Kelly Controls

Home Page:

<http://www.kellycontroller.com>

E-mail:

support@kellycontroller.com

Phone:

(01) 224 637 5092

ANEXO C
MANUAL DE BATERIAS GC2-6/240 DACAR

Baterías DACAR
MODELO: GC2-6/240 DEEP CYCLE

Voltage / Voltaje:	6 V.
Material & Technology / Material y Tecnología:	Polypropylene, case high impact / Polipropileno, caja de alto impacto
Dimensions / Dimensiones:	Inches / Pulgadas
Battery / Batería:	Deep Cycle Flooded / wet Lead-Acid Battery / Cíelo Profundo, Electrolyto libre, Batería Plomo Acido
Color / Color:	Standard Black / Negro Estándar



PRODUCT + PHYSICAL SPECIFICATIONS / PRODUCTO + ESPECIFICACIONES FÍSICAS

ICI Group Size / Tamaño de grupo ICI	Type / Tipo	Voltage / Voltaje	Cell (s) / Célula (s)	Capacity Minutes / Capacidad en Minutos		Cap. Amp-Hr (AH) / Cap. en Amp-Hr (AH)	Dimensions / Dimensiones (mm)			Weight lbs. (kg) / Peso en Lib. (kg)
				@ 25 Amps	@ 75 Amps		Length	Width	Height	
GC2	GC2 6/240	6 V	3	400	130	240	356	136	200	66 (30)

CHARGING INSTRUCTIONS / INSTRUCCIONES DE CARGA

CHARGER VOLTAGE SETTINGS (AT 77°F/25°C) / AJUSTE DE VOLTAJE PARA CARGADORES EN 77°F/25°C					
SYSTEM VOLTAGE	6V	12V	24V	36V	48V
Bulk Charge / Carga Máxima	7.41	14.82	29.64	44.46	59.28
Float Charge / Carga de Flotación	6.75	13.50	27.00	40.50	54.00
Equalize Charge / Carga Equalizada	8.10	16.20	32.40	48.60	64.80

Do not install charge batteries in a sealed or non-ventilated compartment. Consult owner or recharging volt. damage the battery and shorten its life as with any battery.
No instalar ni cargar baterías en un compartimento cerrado o no ventilado. Si condiciones de tipo sobrecarga volt. dañará batería y acortará su vida útil como cualquier otra batería.

CHARGING TEMPERATURE COMPENSATION / COMPENSACIÓN DE TEMPERATURA DE CARGA

ADD / AÑADIR	SUBTRACT / RESTAR
0.005 volt per cell for every 1°C below 25° C 0.0028 volt per cell for every 1°F below 77° F	0.005 volt per cell for every 1°C above 25° C 0.0028 volt per cell for every 1°F above 77° F
0.005 volt per cada célula 1°C debajo de 25° C 0.0028 volt per cada célula 1°F debajo 77° F	0.005 volt per cada célula 1°C por encima de 25° C 0.0028 volt per cell for every 1°F por encima de 77° F

OPERATIONAL DATA / DATOS OPERACIONALES

OPERATING TEMPERATURE / TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO	SELF DISCHARGE / AUTO DESCARGA
-4°F to 113°F (-20°C to +45°C). At temperatures below 32°F (0°C) maintain a state of charge greater than 60%.	5-15% per month depending on storage temperature conditions.
-4°F to 113°F (-20°C to +45°C). En temperaturas debajo de 32°F (0°C) mantener un estado de carga mayor que 60%.	5-15% por mes dependiendo de las condiciones de temperatura de almacenamiento.

STATE OF CHARGE MEASURE OF OPEN-CIRCUIT VOLTAGE / MEDIDA DE ESTADO DE CARGA DE CIRCUITO DE VOLTAJE ABIERTO

PERCENTAGE CHARGE / CARGA DE PORCENTAJE	SPECIFIC GRAVITY / DENSIDAD ESPECÍFICA	CELL VOLTAGE / VOLTAJE DE CÉLULA	6 VOLT / 6 VOLTS
100	1.277	2.125	6.37
90	1.258	2.103	6.31
80	1.238	2.083	6.25
70	1.217	2.062	6.19
60	1.195	2.040	6.12
50	1.172	2.017	6.05
40	1.148	1.993	5.98
30	1.124	1.969	5.91
20	1.098	1.943	5.83
10	1.073	1.918	5.75

TERMINAL CONFIGURATION / CONFIGURACIÓN DEL TERMINAL

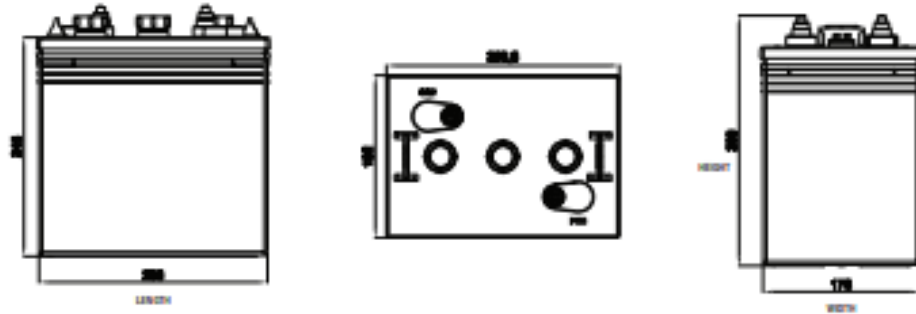
EMBEDDED LOW PROFILE TERMINAL / TERMINAL INCRUSTADO DE PERFILE BAJO

Terminal Height Inches (mm) 1.22 (31)
Torque Values In-lb (Nm) 95 - 100 (11 - 12)
Bolt 5/16"

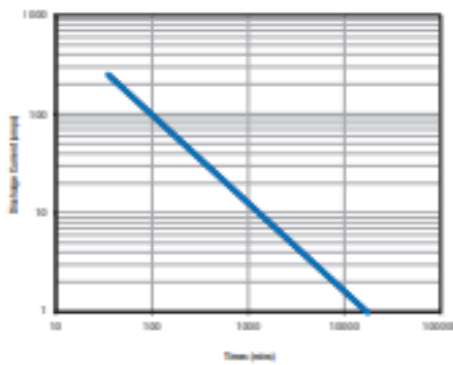
MADE IN ECUADOR

Máxima Duración

BATTERY DIMENSIONS / DIMENSIONES DE BATERÍA

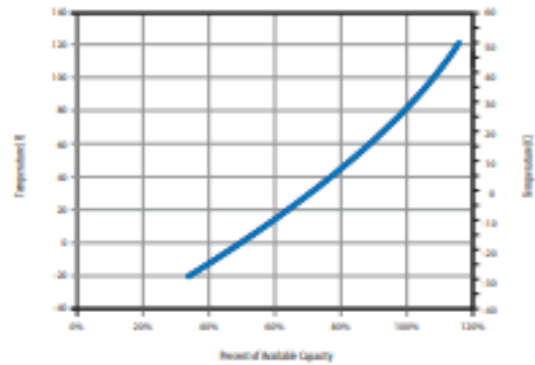


DACAR GC2 PERFORMANCE / DACAR GC2 - RENDIMIENTO



Estimation Purposes Only
Estimación Aproximada

PERCENT CAPACITY VS. TEMPERATURE / CAPACIDAD DE PORCENTAJE VS TEMPERATURA



**MADE IN
ECUADOR**

Máxima Duración

ANEXO D

ESPECIFICACIONES MOTOR MOTENERGY ME-1003

Motenergy, Inc	Product Information ME1003	Rev:	
		Date:	05/03/11
		Check By:	JF

Features

- Permanent Magnet Brush-Type motor
- High Efficiency approaching 90%
- Brush life of 1500 hours at 200 Amps
- Open Frame, Fan Cooled design
- Adjustable Brush Timing
- Speed range 0-5000 RPM
- Easy removal of Brush Holder without disturbing the motor bearings
- Neodymium magnets rated for 150 C.



Applications

- Electric motorcycle
- Electric golf car or utility vehicle
- Electric outboard and inboard boat drive
- Micro car
- Hydraulic pumps
- Floor burnishers

Description

The ME1003 is an Open Frame, Fan Cooled version of the 8" diameter family of brush-type dc motors. The motor offers a small volume and a high power to weight ratio.

The ME1003 can be used in 96V, 72V, 60V, 48V, 36V and 24V DC application with and without a speed controller.

Some applications require variable speed and a speed control is required. For constant speed operation, a contactor is all that is required to run the motor.

This motor has two brushes per holder to carry more current than the standard brush-type dc motors.

Motenergy, Inc	Product Information ME 1003	Rev:	
		Date:	05/03/11
		Check By:	JF

Motor Electrical Parameters

Electrical Parameter	Unit	Parameter
Operating Voltage Range	VDC	0 minimum to 96 maximum
Rated Continuous Current	ADC	200
Peak Current	ADC	500 (10 sec) 400 (30 sec), 300 (1 minute)
No Load Current (I_{NL})	ADC	6 amps typical at neutral timing
Peak Stalled Current	Arms	500
Voltage Constant	V/RPM	0.02
Armature Resistance (L-L)	Ohm	0.01
Turns	Turns	1
Inductance	uH	93 at 120 Hz
Torque Constant	Nm/A	0.2
Maximum Continuous Power	KW	16 (96V), 14.3 (84V), 12.6 (72V)
Macimum Case Temperature	F	250

Motor Mechanical Parameters

Mechanical Parameter	Unit	Parameter
Rated Speed	RPM	3000 (at 72 VDC0)
Maximum Speed	RPM	5000
Rated Torque	Lb-in	39 (200 amps)
Continuous Stalled Torque	Lb-in	20 (100 amps)
Peak Torque	Nm	98 (at 500 amps)
Operating Ambient Temperature	C	-40 to 40 (for these ratings)
Armature Inertia	kg.cm ²	268
Motor Winding Insulation	Class	F
Max. Winding Operating Temperature	C	155
Shaft Configuration		See Drawing
Face Mounting Details		See Drawing
Tightening Torque for Terminals		See Drawing
Weight	lb	39
Direction of Rotation	I	Bi-directional fan (CCW Timed)
Storage Temperature	C	-30 to 150
Materials of Construction		Standard
Number of Brushes		16

ANEXO E
CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO UTA CIM-17





ANEXO E
EQUIPO UTA CIM-17

