

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



**Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.
Carrera de Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico.**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN Y ALMACENAMIENTO
DE ENERGÍA PARA EL MEJORAMIENTO EN LA AUTONOMÍA DE UN
TRANSPORTE ELÉCTRICO TIPO SCOOTER EN LA CIUDAD DE IBARRA.**

Trabajo de grado presentado ante la Universidad Técnica del Norte previo a la obtención del título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico.

Autor:

Cristian Ricardo Galeano Castillo

Director:

PhD. Miguel Emilio Vivert Del Pino

IBARRA - ECUADOR

2022



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1.- IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que se publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100398402-6		
APELLIDOS NOMBRES:	Galeano Castillo Cristian Ricardo		
DIRECCIÓN:	Ibarra-Barrio La Florida-Calle Los Lirios y Las Retamas.		
EMAIL:	crgaleanoc@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	2 631-699	TELÉFONO MÓVIL:	0997149414

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE ENERGIA PARA EL MEJORAMIENTO EN LA AUTONOMÍA DE UN TRANSPORTE ELÉCTRICO TIPO SCOOTER EN LA CIUDAD DE IBARRA.
AUTOR:	Galeano Castillo Cristian Ricardo
FECHA:	03/08/2022
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTAN:	Ingeniería en Mantenimiento Eléctrico
ASESOR/ DIRECTOR:	Ing. Miguel Emilio Vivert Del Pino, MSc.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

**AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA
DEL NORTE**

2. CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 03 días del mes de agosto de 2022.

EL AUTOR:

Cristian Ricardo Galeano Castillo



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO ELÉCTRICO

CERTIFICACIÓN

En calidad de Director del Trabajo de Grado titulado: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE ENERGIA PARA EL MEJORAMIENTO EN LA AUTONOMIA DE UN TRANSPORTE ELÉCTRICO TIPO SCOOTER EN LA CIUDAD DE IBARRA.”**, certifico que ha sido desarrollado en su totalidad y bajo mi supervisión, por el señor Cristian Ricardo Galeano Castillo, con cédula de ciudadanía 100398402-6, para optar por el título de Ingeniero en Mantenimiento Eléctrico.

Ibarra, a los 03 días del mes de agosto de 2022.

Atentamente:

.....
PhD. Miguel Vivert Del Pino, MSc.

Director de Tesis

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero y profundo agradecimiento a Dios, por darme la oportunidad de culminar mis estudios.

Gracias a la Universidad Técnica del Norte, a la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, por haberme abierto las puertas y permitirme adquirir los conocimientos académicos durante mi proceso de estudio.

A todos los docentes de la carrera que a lo largo de estos años han tenido la pasión y paciencia para hacer de mi un profesional y una mejor persona.

A toda mi familia, especialmente a mis padres, quienes me han apoyado en todo momento. De todo corazón, muchas gracias.

Cristian Ricardo Galeano Castillo

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi padre Rubén y madre Elvia, por ser el motor que impulsa en todo momento mi bienestar y porvenir. Les agradezco por poner la confianza en mí y todas sus palabras de aliento cuando me vieron en un mal momento, me dieron el coraje suficiente para demostrarle a la vida que con esfuerzo y disciplina todo es posible.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	XIV
ABSTRACT	XV
INTRODUCCIÓN	XVI
Contextualización.....	XVI
Planteamiento del problema.....	XVII
Justificación.	XVIII
Alcance.	XIX
Objetivo general.	XIX
Objetivos específicos.....	XIX

CAPÍTULO 1

Fundamentos teóricos del sistema de un scooter eléctrico

1.1 Movilidad sostenible	19
1.1.1 Contaminación ambiental	19
1.1.2. Consumo energético	19
1.1.4 Vehículos eléctricos como movilidad	20
1.2. Scooter eléctrico	21
1.2.1. Tipos de scooter eléctricos	21
1.2.1.2. Scooter eléctrico tipo bicicleta.....	22
1.2.1.3. Scooter eléctrico tipo patinete.....	22
1.3. Componentes de un scooter eléctrico.....	23
1.3.1. Baterías.....	23
1.3.2. Motor eléctrico.....	27
1.3.3. Convertidor dc-dc.....	29
1.3.4. Controlador de carga de la batería.....	31
1.4. Métodos para el cálculo del estado de carga.....	34
1.5. Acoplamiento de baterías.....	35
1.5.1. Asociación en serie.....	35

1.5.2. Asociación en paralelo.....	36
1.5.3. Asociación mixta.....	36
1.6. Operacionalización de variables e indicadores.....	36

CAPÍTULO II

Diseño del sistema de almacenamiento y generación de energía

2.1. Marco Metodológico.....	38
2.2. Estructura del sistema de generación y almacenamiento de energía.....	39
2.3. Selección del Scooter eléctrico.....	40
2.3.1 Geometría básica del scooter eléctrico.....	41
2.4. Selección del motor-generator.....	45
2.4.1. Características de las alternativas a usarse como generador.....	¡Error!
Marcador no definido.	
2.4.2. Motor-generator escogido.....	48
2.5. Selección del acumulador de energía.....	51
2.5.1. Parámetros de una batería.....	52
2.5.2. Baterías de plomo-ácido escogidas.....	53
2.6. Selección del controlador de carga.....	56
2.6.1. Estrategias del controlador de carga en la batería.....	57
2.6.2. Opciones disponibles de controladores de carga.....	58
2.7. Diseño del sistema de carga.....	61
2.7.1. Rectificación de la corriente alterna.....	62
2.7.2. Control de la señal rectificada.....	65
2.7.3. Almacenamiento de la energía generada.....	66
2.7.4. Cálculos de otros parámetros.....	67

CAPITULO III

Implementación y pruebas de funcionamiento

3.1. Conexión eléctrica final.....	69
3.2. Etapa de obtención mecánica de energía eléctrica.....	69
3.2.1. Modificación del eje para la rueda delantera.....	70

3.3. Etapa de rectificación trifásica	72
3.4. Etapa de control de carga	72
3.5. Etapa de acumulación de energía.	73
3.5.1. Fabricación caja para baterías.	73
3.5.2. Protección de los componentes.....	73
3.5.3. Encendido y apagado del sistema.	¡Error! Marcador no definido.
3.6. Aspecto final del vehículo eléctrico.	74
3.6.1. Análisis del peso añadido en el scooter eléctrico.¡Error! Marcador no definido.	no definido.
3.7. Pruebas de recorrido del scooter eléctrico.	74
3.7.1. Pruebas apagado el sistema de mejora de autonomía.	75
3.7.2. Pruebas encendido el sistema de mejora de autonomía.....	77
3.8. Tiempos en la recarga de la batería.	¡Error! Marcador no definido.
3.9. Cálculo de porcentaje de mejora en la autonomía.	81
3.9.1. Cálculos del consumo eléctrico y a gasolina. ..	¡Error! Marcador no definido.
3.9.2. Presupuesto Total.	82
CONCLUSIONES	84
RECOMENDACIONES	85
REFERENCIAS.....	86
ANEXOS.....	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Consumo total porcentual de energía multisectorial del año 2017.....	20
Figura 2: Principio de trabajo en una batería	24
Figura 3: Batería de litio marca Golden Motor	24
Figura 4: Batería de plomo-ácido	26
Figura 5: Comportamiento de una batería de ácido-plomo según la temperatura ..	26
Figura 6: Circuito básico de un convertidor Buck	29
Figura 7: Circuito básico del convertidor Boost	30
Figura 8: Circuito básico de un convertidor Buck-Boost	30
Figura 9: Variación de la capacidad de una batería por temperatura	32
Figura 10: Curva del voltaje en función de la capacidad de una batería.	34
Figura 11: Esquema de conexiones de baterías en serie	35
Figura 12: Esquema de conexiones de baterías en paralelo.....	36
Figura 13: Tipos de asociación de baterías mixtas.....	36
Figura 14: Diagrama de bloques de las etapas del sistema	39
Figura 15: Diagrama de flujo del sistema de generación y almacenamiento.....	40
Figura 16: Geométrica mecánica del scooter eléctrico	41
Figura 17: Modelo seleccionado para la implementación	42
Figura 18: Diagrama eléctrico	44
Figura 19: Conversión de energías	45
Figura 20: Generador con engranajes	45
Figura 21: Motor de engranaje por cadena.....	46
Figura 22: Motor de cubo sin escobillas.....	47
Figura 23: Motor Brushless tipo hub	48
Figura 24: Representación de los diámetros de la rueda	49
Figura 25: Verificación de bobinas	51
Figura 26: Baterías de ácido plomo	53
Figura 27: Etapas de carga de Baterías de ácido plomo	54

Figura 28: Configuración inicial de las baterías del scooter adquirido.....	55
Figura 29: Configuración en serie de baterías de ácido plomo	55
Figura 30: Ubicación de caja para baterías	56
Figura 31: Sistema de control general.....	57
Figura 32: Controlador de carga SI-MQP.....	59
Figura 33: Controlador de carga Prostar Everexceed	60
Figura 34: Etapas del sistema de carga y almacenamiento	61
Figura 35: Circuito rectificador trifásico de onda completa.....	62
Figura 36: Rectificador trifásico de onda completa.....	62
Figura 37: Circuito rectificador trifásico en software Proteus.....	63
Figura 38: Análisis de señal en emulador de osciloscopio.....	63
Figura 39: Rectificador trifásico de onda completa.....	65
Figura 40: Menú de configuración del controlador.....	66
Figura 41: Conexión final de los elementos del sistema.....	69
Figura 42: Verificación del funcionamiento en modo generador.....	70
Figura 43: Modificación del eje central de la rueda frontal	70
Figura 44: Modificación del cableado interno del motor	71
Figura 45: Cableado interno del sistema	71
Figura 46: Instalación del rectificador trifásico.....	72
Figura 47: Indicador gráfico al entrar en modo de carga	72
Figura 48: Medición de la conexión en serie de las baterías	73
Figura 49: Instalación de protecciones eléctricas	74
Figura 50: Pintura y acabados finales del scooter eléctrico	74
Figura 51: Prueba de recorrido sin implementar el sistema	75
Figura 52: Prueba de recorrido sin activar el sistema implementado	76
Figura 53: Recorrido del trayecto 1.....	77
Figura 54: Recorrido del trayecto 2.....	78
Figura 55: Gráfica de la relación velocidad/recorrido.....	79
Figura 56: Medición de señales eléctricas de carga.....	80

Figura 57: Grafica de la relación velocidad/corriente	80
Figura 58: Grafica de la relación distancias /mejoramiento	82
Figura 59: Vehículo ensamblado y funcional	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Scooter eléctrico tipo moto.....	21
Tabla 2: Scooter eléctrico tipo bicicleta.	22
Tabla 3: Scooter eléctrico tipo patinete.	23
Tabla 4: Características de los motores brushless y con escobillas.	27
Tabla 5: Clasificación de controladores.	32
Tabla 6: Métodos de estimación del SOC.....	33
Tabla 7: Operacionalización de variables.....	37
Tabla 8: Características del scooter eléctrico.	42
Tabla 9: Componentes implementados del scooter eléctrico.....	43
Tabla 10: Parámetros adicionales.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 11: Características del generador de imán permanente, 350w-36v.	46
Tabla 12: Características del motor sin escobillas 500w 48v.....	46
Tabla 13: Características del motor de cubo sin escobillas 350w 48v 14.”.....	47
Tabla 14: Características del motor tipo hub de imanes permanentes	49
Tabla 15: Velocidades en rpm del eje del motor.	50
Tabla 16: Medición de resistencia de las bobinas de carga.....	51
Tabla 17: Comparativa de las especificaciones de las baterías.....	52
Tabla 18: Características de las baterías seleccionadas.....	53
Tabla 19: Características de controlador de carga marca SI-MQP.	59
Tabla 20: Características de controlador de carga Prostar Everexceed.....	60
Tabla 21: Señales electricas del generador de imán permanente.....	¡Error! Marcador no definido.

RESUMEN

El aumento en el uso de medios de transporte eléctricos crece de manera significativa en el parque automotor del Ecuador, siempre ha sido una limitante en estos vehículos el tiempo de la duración de su batería lo que ocasiona una reducción en la distancia de recorrido, por lo cual el propósito del presente trabajo es implementar un sistema de generación y almacenamiento de energía que aprovecha el movimiento de un generador tipo hub colocado en la rueda frontal de un scooter eléctrico el cual produce una carga que es almacenada en unas baterías de reserva siendo dicha energía utilizada cuando se requiera. Al reunir las bases teóricas necesarias se consiguió obtener el cálculo de los parámetros para la selección de los componentes eléctricos que conforman el sistema; se implementó cada elemento por etapas empezando por la obtención de energía, su rectificación, el control de carga y por último el almacenamiento en las baterías de reserva. Como resultado se obtuvo el correcto acoplamiento del sistema en el vehículo eléctrico sin afectar su funcionalidad mecánica, a su vez se realizó las pruebas de funcionamiento resultando en una mejora en la autonomía del scooter eléctrico en un 22,78%, es decir se tiene un aumento en la distancia de recorrido aproximadamente de 10 kilómetros más para movilizarse en la ciudad de Ibarra.

Palabras claves: sistema de generación, rectificación, control de carga, autonomía, baterías de reserva.

ABSTRACT

The increase in the use of electric means of transport grows significantly in the automotive fleet of Ecuador, the duration of its battery has always been a limitation in these vehicles, which causes a reduction in the travel distance, therefore which the purpose of this work is to implement an energy generation and storage system that takes advantage of the movement of a hub-type generator placed on the front wheel of an electric scooter which produces a charge that is stored in reserve batteries, said energy being use when required. By gathering the necessary theoretical bases, the calculation of the parameters for the selection of the electrical components that make up the system will be obtained; Each element was implemented in stages, starting with obtaining energy, its rectification, load control and finally storage in the reserve batteries. As a result, the correct blocking of the system in the electric vehicle was obtained without affecting its mechanical functionality, in turn, the operating tests were carried out that gave us an improvement in the autonomy of the electric scooter by 22.78%, that is, we have an increase in the travel distance of approximately 10 kilometres more to mobilize in the city of Ibarra.

Keywords: generation system, rectification, load control, autonomy, reserve batteries.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

Los vehículos eléctricos necesitan realizar recargas de electricidad para funcionar normalmente, la gran parte de transportes eléctricos incluyen un sistema de carga semirápida que tarda aproximadamente 4 horas, a futuro las estaciones de carga de baterías reemplazarían a las gasolineras actuales. (Santana, 2016).

La eficiencia de los vehículos eléctricos es aproximadamente 3 veces más que los de combustión ya que no consume energía cuando no está en movimiento, a diferencia de los motores actuales, que continúan funcionando incluso estando en ralentí. Los vehículos eléctricos también tienen largos tiempos de recarga en comparación con el proceso de recarga de un tanque de combustible generando una necesidad de mejorar su autonomía cada vez más. (Varela, 2011)

Cuando se realiza un acoplamiento a un sistema el funcionamiento de una máquina de corriente continua depende de la forma de operación, ya sea en modo de motor o en modo de generador, y esto se debe a la dirección que toma la energía. (Enríquez, 2004).

El scooter eléctrico es un medio de transporte que se acciona mediante un motor eléctrico colocados ya sea en su rueda delantera o trasera, la energía para su funcionamiento se encuentra almacenada en una batería. Su principal característica es su diseño sencillo y de uso simple para el usuario. (Avilés, 2017).

El principal tema de análisis de un vehículo eléctrico es la emisión de cero contaminantes sin producir daño al medio ambiente, siendo así un tipo de tecnología muy atractivas para el cuidado del medio ambiente. (Frías Marin & Perales, 2019)

La contaminación sonora es uno de los graves problemas que afectan a las ciudades modernas originado por los vehículos; al mejorar la autonomía del scooter eléctrico en base a energía eléctrica se logra que el ruido se reduzca debido a que este no genera ningún tipo de contaminación auditiva. (OEFA, 2016)

Un vehículo eléctrico tiene una mayor ventaja con uno de combustión, debido a los costos eléctricos y beneficios ambientales. De este modo un motor eléctrico puede ser adecuado a varias disciplinas y tecnologías emergentes en baterías (Hoyos, Montoya, Diez, & Bohórquez, 2014)

Cuando se habla de las características técnicas de un vehículo eléctrico son necesarios los componentes del sistema de alimentación, así como también se analiza la autonomía del vehículo con factores externos como la inclinación de la vía, la carga y uso de accesorios. (Zuñiga, 2014).

Las baterías de Ion-litio son la nueva tecnología y ofrecen una densidad de energía de 3 veces la de una batería plomo-ácido. Al ser baterías más compactas permiten manejar más carga, pero hay que tener en cuenta que para lograr vehículos eléctricos prácticos con sistemas más eficientes se debe reducir los tiempos de carga y ampliar la autonomía de los vehículos. (Dufour, 2009)

Planteamiento del problema

Actualmente la movilidad es afectada por el gran número de vehículos que diariamente se introducen al parque automotor ocasionando el aumento de contaminación ambiental y auditiva.

A consecuencia de esto se ha introducido en el mercado nuevas formas como medio de transporte que son los vehículos eléctricos, siendo una gran opción por su bajo índice de daño ambiental, en torno a esta tecnología se encuentra en auge el vehículo eléctrico tipo scooter, este como los demás también depende de una fuente de almacenamiento de energía conocido como batería.

Las baterías son el principal inconveniente en este vehículo de transporte, dependen de una cierta capacidad de carga según el fabricante, hace que el usuario no logre completar grandes distancias de recorrido.

La duración de la batería es el punto débil en estos vehículos y resulta una pérdida de tiempo el cual se emplea al momento de recargar, además si a esto le se agrega una conducción agresiva, peso del usuario y el relieve del terreno, se tiene un agotamiento aún mayor en la vida útil de la batería.

Por lo general las baterías eléctricas ofrecen una menor autonomía que un motor de combustión, por lo que se realiza menos kilómetros de recorrido, el scooter eléctrico al ser un vehículo que cuenta con pocos puntos de carga accesibles, resulta difícil y molesto para los usuarios al tener que realizar la carga en su hogar tratando de calcular el uso que pueden darle al scooter para completar el recorrido y así no quedar varados por falta de energía en las baterías.

Justificación

El uso del scooter eléctrico es una alternativa de movilidad menos contaminante, influye en la población a dejar de depender de los automotores que con sus emisiones de gases perjudican al medio ambiente.

El parque automotor cada vez aumenta más en número de vehículos, lo cual produce no solo contaminación ambiental, sino también auditiva por la emisión de ruido que se produce. Por lo cual en los últimos años se han desarrollado vehículos eléctricos que sean capaces de sustituir a los de combustión interna.

Actualmente se presentan varios medios de transporte eléctricos que son amigables con el ambiente, uno de los que se encuentra en auge es el scooter eléctrico, siendo una de las mejores opciones para movilizarse en la ciudad de manera ágil contrarrestando el tráfico.

El motivo de esta investigación es el aporte a los usuarios de este medio de transporte eléctrico a tener un mejor rendimiento para que aumente con este sistema de generación y almacenamiento las distancias de recorrido con el scooter eléctrico.

Este tipo de vehículo al ser eléctrico promueve el objetivo 3 del (Plan Nacional del Buen Vivir, 2017-2021), en el cual una de sus políticas es el promover buenas prácticas ambientales que aporten a la reducción de la contaminación, a la conservación, a la mitigación y a la adaptación a los efectos del cambio climático, e impulsar las mismas en el ámbito global.

Igualmente, en la visión a largo plazo del (Plan Nacional del Buen Vivir ,2017-2021) menciona sobre fortalecer el transporte alternativo, con énfasis en los medios no motorizados, dando espacios propios para estas alternativas y planificando las ciudades de manera amigable e integral, no centrándose en los automóviles particulares.

Con la presente investigación se aborda la problemática actual sobre la autonomía de estos vehículos de movilidad eléctrica, ya que mediante un sistema de generación y almacenamiento para la carga de baterías se logra una mejora en las prestaciones que brinda este vehículo, al conseguir aumentar la distancia de recorrido las personas se interesan en este medio de transporte logrando así una movilidad sostenible.

Alcance

El presente proyecto está enfocado a prolongar la distancia de recorrido (autonomía de la batería) de un vehículo eléctrico tipo scooter, para lo cual se implementa un sistema de generación eléctrica y almacenamiento en las baterías de un scooter eléctrico.

El sistema se acoplará a un scooter eléctrico que tiene originalmente un motor eléctrico brushless de 350 vatios con una batería de 48 voltios /12 amperios hora, el cual se encuentra disponible en el mercado.

Para realizar este sistema de generación y almacenamiento se implementará un segundo motor que opera en modo generador tipo brushless de 350 vatios, el cual carga una batería de ácido plomo (de reserva) de 48 voltios / 12 amperios hora, esta batería secundaria se acopla al sistema de manera manual cuando lo requiera el usuario del scooter eléctrico.

Al momento de agotarse la batería principal se puede activar el funcionamiento de la batería de reserva, el vehículo al movilizarse por pendientes su generador de la rueda frontal gira por inercia produciendo electricidad para la carga de las baterías. El sistema de control de carga se desacoplará de manera manual cuando se visualice que el porcentaje de carga sea suficiente en la batería, además se realizarán pruebas del estado de carga de las baterías en función a la autonomía mejorada en el vehículo para así obtener el mayor rendimiento energético posible y extender las distancias de recorrido del scooter eléctrico.

Objetivo general

Implementar un sistema de generación y almacenamiento de energía para la carga de baterías de reserva en un scooter eléctrico mediante el diseño de un dispositivo electromecánico de carga.

Objetivos específicos

- Describir los componentes eléctricos que conforman el sistema de carga de las baterías y el funcionamiento del scooter eléctrico.
- Diseñar el sistema de generación y almacenamiento de energía para producir la carga en las baterías de un scooter eléctrico.
- Implementar el sistema de generación y almacenamiento en un scooter eléctrico en la ciudad de Ibarra.

CAPÍTULO 1

Fundamentos teóricos del sistema de un scooter eléctrico

En el presente capítulo se dispone de los conceptos relacionados a los vehículos eléctricos y sus componentes, en el mismo se puede encontrar información de los parámetros de funcionamiento del sistema que influye en la generación y almacenamiento de energía.

1.1 Movilidad sostenible

La movilidad sostenible es el desplazamiento de personas a través de medios de transporte de bajo coste social, ambiental y energético, en base a esta definición la movilidad es la acción de trasladarse reduciendo los efectos negativos en el medio ambiente. (Real Academia Española, 2014)

1.1.1 Contaminación ambiental

El cambio climático es considerado por los expertos como el mayor problema ambiental que afronta el planeta. La emisión de GEI (gas de efecto invernadero), que afecta de lleno al sector transporte, tiene efectos locales en el caso del monóxido de carbono, los hidrocarburos no quemados y el plomo; y efectos globales en el caso del dióxido de carbono emitido por los vehículos motorizados. El transporte es la industria responsable de la mayor y más acelerado crecimiento de las emisiones de gases de efecto invernadero que son los que causan contaminación ambiental (Federación Europea de transporte y medio ambiente, 2018).

El consumo de petróleo del sector transporte ha ido en incremento debido a las exigencias de los vehículos con motores de combustión interna que son los que emiten los gases de efecto invernadero y que provocan problemas ambientales, efectos sobre la salud y el consumo excesivo de energía, debido a ello se visualiza a la movilidad eléctrica sostenible como una alternativa que ayuden a minimizar los efectos negativos de los vehículos contaminantes. (Alegre, 2017)

1.1.2. Consumo energético

El modelo de transporte actual tiene su dependencia del 98%, de energías fósiles no renovables, y la degradación ambiental asociada con la producción, transformación y consumo final de esa energía. En el 2030 el sector del transporte será el principal consumidor de energía, por delante de la industria. Entonces, el mundo consumirá dos veces más energía que en la actualidad, y la mayor parte corresponderá a los países en desarrollo. (Posso, 2020)

La demanda de petróleo durante 10 años entre (2007-2017), se ha incrementado en un 43,8% lo que equivale a más de 63 millones de barriles de petróleo en los 2007 y 86,2 millones de barriles de petróleo en el año 2017. El sector del transporte ha sido el mayor demandante de energía, con un valor promedio de 34 millones de barriles de petróleo. (Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables, 2017)

En términos porcentuales, el sector de mayor consumo fue el de transporte con 52.39%, seguido por el consumo energético de electricidad con 17,22%, el sector industrial con 14,90%, el sector residencial con 14,12% y otros sectores en general con 1,47%, según se muestra en la Figura 1.

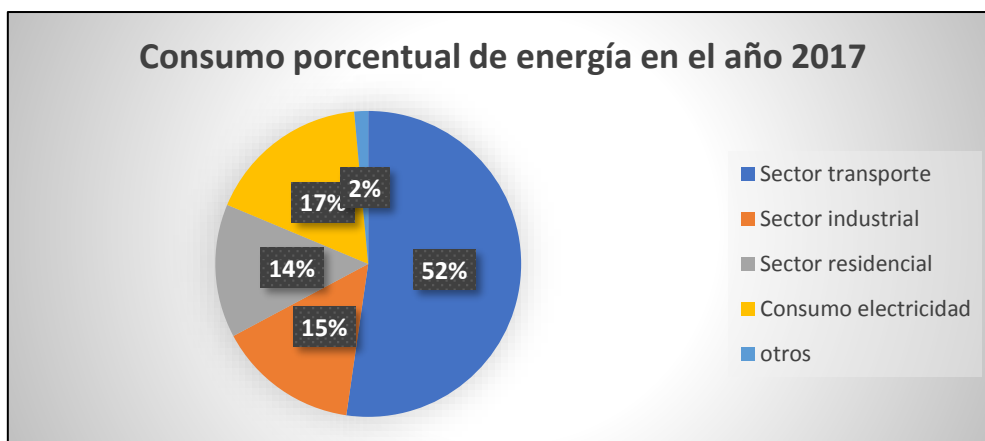


Figura 1: Consumo total porcentual de energía multisectorial del año 2017
Fuente: Autor

1.1.4 Vehículos eléctricos como movilidad

El vehículo eléctrico es una tecnología que puede satisfacer las necesidades de movilidad de una gran parte de la población y se lo quiere expandir en transportes públicos de grandes capacidades como lo es el autobús, aún se necesita solucionar el problema de autonomía que tienen las baterías, así como implementar una red de recarga pública, sin embargo, el vehículo eléctrico tiene una gran acogida y proyecciones a futuro. (Bazante, 2020)

En cuanto al futuro de los vehículos eléctricos serán una tecnología prometedora para la reducción del consumo de energía fósil, de emisiones de gases de efecto invernadero y de la contaminación del aire. (Isla, Martin, Manuel, & Isabel, 2019)

1.2. Scooter eléctrico

Un scooter eléctrico se lo considera como un vehículo de dos ruedas ligero y fácil de transportar cuyo mecanismo de movimiento depende de un motor eléctrico alimentado por una batería, por decirlo de manera sencilla es el combustible del scooter eléctrico. (Albert, Nefzger, & Sorge, 2018) menciona que, este dispositivo se lo puede guardar de manera cómoda en espacios pequeños y darle uso cuando requiera transportarse a una cierta distancia, consecuentemente se espera que los scooters eléctricos ayuden a disminuir el tráfico y los grandes parqueaderos de las ciudades. (CENERGIA, 2018)

1.2.1. Tipos de scooter eléctricos


Actualmente se encuentra gran variedad de modelos en scooters eléctricos para gustos del usuario que adquiere este tipo de vehículo de transporte, entre los que más se destacan en el mercado son en modelos de tipo moto, bicicleta y el patinete. (Twenergy, 2019)

1.2.1.1. Scooter eléctrico tipo moto

Este diseño se basa en el modelo de una motocicleta, en este caso depende del diseño del fabricante para conseguir el repuesto. Tiene un mayor peso debido a sus componentes extras y su costo de operación es más bajo en comparación a una moto a gasolina. (Twenergy, 2019)

Las características de este modelo se describen en la Tabla 1.1.

TABLA 1.1 Scooter eléctrico tipo moto

Modelo de referencia	Características
	<p>Potencia= 350 - 1500 W Velocidad = 25 - 60 Km/h Autonomía= 25 - 60 Km Peso= 40 - 150 Kg Material fabricación= Acero y aluminio Precio en el mercado = \$500</p>

Fuente: (ECOMOVE, 2020)

1.2.1.2. Scooter eléctrico tipo bicicleta

Este tipo es una mezcla entre una bicicleta convencional y se encuentra integrado de un sistema eléctrico el cual se acopla un motor que ayuda al usuario a realizar menos esfuerzo físico, las bicicletas eléctricas son una solución para evitar las congestiones de tránsito que ocasionan los vehículos particulares debido a su tamaño y sencillez de manejo en trayectos cortos. (Ciclosfera, 2012)

Las características que más destacan a este vehículo se encuentran descritas en la Tabla 1.2.

TABLA 1.2 Scooter eléctrico tipo bicicleta

Modelo de referencia	Características
	<p>Potencia= 250 - 1500 W Velocidad =15 - 45 Km/h Autonomía= 20 - 45 Km Peso= 30 - 50 Kg Material fabricación=Acero y aluminio Precio en el mercado = \$700 - 1600</p>

Fuente: (ECOMOVE, 2020)

1.2.1.3. Scooter eléctrico tipo patinete

Su diseño es el más sencillo de los anteriores, ya que tiene menos componentes por lo cual mejor en peso y tamaño. Al tener menor espacio también reduce la posibilidad de incorporar una batería de gran tamaño lo que hace que disminuya su autonomía para distancias largas. (Twenergy, 2019)

El modelo patinete es el más elegido para transportarse en zonas urbanas de las ciudades ya que la mayoría traen consigo llantas pequeñas con labrado adecuado para carreteras que se encuentren en buenas condiciones además de su portabilidad para ser cargado por el usuario. (Navas, 2019)

Las principales características se muestran en la Tabla 1.3.

TABLA 1.1 Scooter eléctrico tipo patinete

Modelo de referencia	Características
	<p>Potencia= 250 - 1500 W Velocidad =25 - 50 Km/h Autonomía= 20 - 45 Km Peso= 25 - 50 Kg Material fabricación= Acero y aluminio Precio en el mercado = \$300 - 900</p>

Fuente: (ECOMOVE, 2020)

1.3. Componentes de un scooter eléctrico.

Los principales componentes son los que intervienen en el sistema eléctrico, aunque los scooters eléctricos vienen en varios diseños, la mayoría contienen los mismos componentes, aunque con diferentes características. (Navas, 2019)

1.3.1. Baterías.

La batería es un dispositivo que permite almacenar energía gracias a un proceso electroquímico que transforma la energía química en eléctrica además es uno de los principales componentes de los vehículos eléctricos ya que genera la electricidad necesaria para el funcionamiento de los motores por lo tanto es un almacén de energía eléctrica capaz de cargarse y descargarse cientos de veces. (Domínguez & Ferrer, 2019)

Las tres principales características para definir una batería son:

- La cantidad de energía que puede almacenar.
- La máxima corriente que puede entregar (descarga).
- La profundidad de descarga que puede sostener.

Cuando se habla de baterías también es necesario conocer que existen las industriales y las recargables, estas primeras pueden generar electricidad, pero no recargarse nuevamente sus celdas, a diferencia de las recargables las cuales pueden volver a usarse. (Sales, 2019).

Durante la descarga de una batería se generan reacciones electroquímicas en los electrodos y la generación de flujo de electrones a través del circuito externo del ánodo. En la recarga un potencial externo es aplicado a través de electrodos, invirtiéndose las reacciones antes mencionadas, tal como se muestra en la Figura 2, durante este proceso los electrones son extraídos del cátodo, oxidando las especies electroactivas de la zona del cátodo. Estas son regeneradas de su estado reducido al oxidado perdiendo electrones y, a través del circuito exterior, el flujo de estos electrones es inyectado en el ánodo para reducir las especies electroactivas de la zona del ánodo. Estas especies son regeneradas de su estado oxidado al reducido, ganando electrones. De esta forma, la celda electroquímica acumula energía eléctrica en forma de energía química, que posteriormente podrá suministrar como electricidad. (Mayoral, 2019).

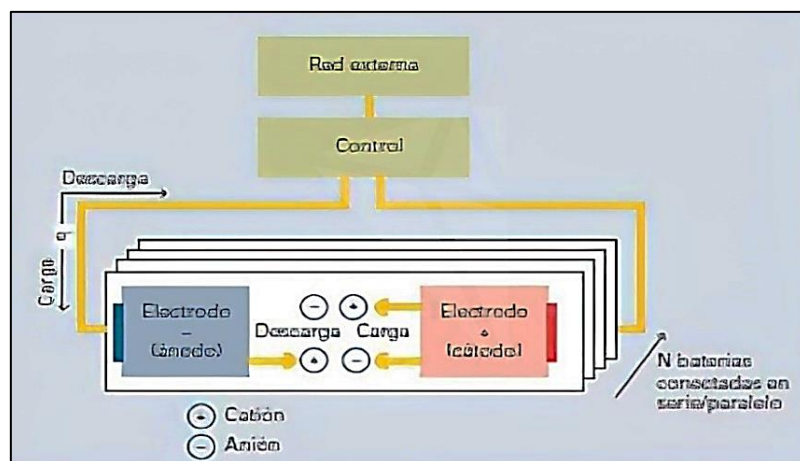


Figura 2: Principio de trabajo en una batería

Fuente: (Mayoral, 2019)

1.3.1.1. Batería de Litio



Figura 3: Batería de litio marca Golden Motor

Fuente: (Golden Motor, 2017)

Las baterías de litio son de un metal más ligero y de menor peso además producen un flujo de los electrones que desgastan la carga, este proceso es reversible siempre y cuando se le proporcione un voltaje de recarga por lo que volverá a su estado inicial las veces que sea necesario. (Robles & Robles, 2019)

La utilización de las baterías de litio se extendió con el uso de los ordenadores portátiles y los móviles ya que ofrece una densidad energética importante, actualmente esta tecnología se está empezando a usar en los vehículos eléctricos, su descarga es no es limitada en el tiempo y no tiene efecto memoria. Las baterías de litio desde sus inicios presentaron el doble de acumulación que las de níquel consiguiendo capacidades mayores y reduciendo su peso y tamaño. También su voltaje incrementó por lo que necesita menos células con las que se reduce más aun su espacio, tienen una gran demanda por su bajo precio y funcionalidad. (Abbata & Moya, 2013)

- **Ventajas**

Una de las ventajas adicionales es el excelente comportamiento de reversibilidad durante los procesos de carga y descarga que es característico actualmente de las baterías de ion-litio, además tienen mayor vida útil, calculada en un promedio de 4000 ciclos con el 80% de profundidad de descarga, en su contra parte una batería de plomo ácido esta entre 500 a 2000 ciclos. (Mayoral, 2019)

Las baterías de litio tienen en comparación con las baterías de plomo ácido tres veces más densidad de energía por unidad de peso, por lo tanto son capaces de almacenar tres veces la energía que una batería de plomo. (Quintero, 2021)

- **Desventajas**

Una de las desventajas de las baterías de ion-litio es su degradación al descargarse por debajo de los 2V, al igual que al momento de sobrecargarse se empiezan más bien a descargar. (Fenercom, 2015)

Las baterías de litio no tienen un buen funcionamiento a temperaturas extremas, así como otra desventaja de estas baterías es que normalmente necesitan circuitos electrónicos o mecánicos para la regulación de carga y descarga excesiva. (Quintero, 2021)

1.3.1.2. Batería de plomo ácido

En estas baterías los electrones están formados por plomo y óxido de plomo en el ánodo y cátodo. Son las más empleadas en sistemas fotovoltaicos por su bajo precio, pero requieren mantenimiento y condiciones de trabajo adecuados para su duración presentando así una menor vida útil. (Alba & Muñoz, 2017)



Figura 4: Batería de plomo-ácido
Fuente: (Technosun, 2010)

Las baterías de plomo-ácido tienen una rápida capacidad para descargarse lo que la hace idónea para su uso en los automóviles a la hora de arrancar su motor de combustión, se encuentran formadas por ácido sulfúrico y en su interior contiene las placas de plomo, de igual forma son de fácil acceso y su costo es bajo. (Technosun, 2010)

Presentan un mal comportamiento a bajas temperaturas como se muestra en la Figura 5 se incrementa o baja su capacidad dependiendo de la temperatura, además tienen una vida útil alrededor de (500-800 ciclos de carga) y en caso de ocurrir una sobrecarga emiten gases tóxicos por lo que deben ser manipuladas con precaución. (Sales, 2019).

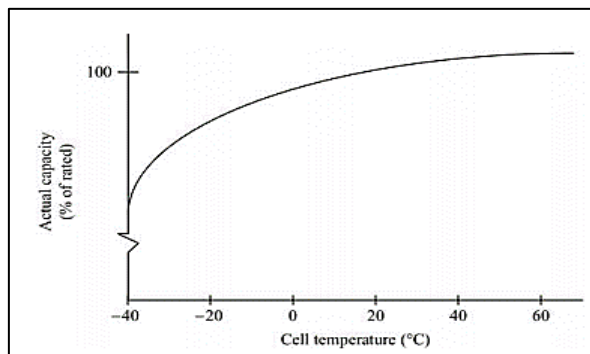


Figura 5: Comportamiento de una batería de ácido-plomo según la temperatura
Fuente: (Sales, 2019)

1.3.2. Motor eléctrico

Estos motores transforman la energía eléctrica en mecánica mediante campos electromagnéticos, existen varios motores eléctricos son reversibles, es decir actúan también como generadores transformando de manera viceversa la energía mecánica en eléctrica. (Jimbo Tacuri, 2015)

Antes de diferenciar los tipos de motores es necesario conocer que pueden trabajar en corriente alterna y directa por lo que dentro de estas categorías se menciona los más importantes en Tabla 1.4:

TABLA 1.4 Características de los motores brushless y con escobillas

Características	Motor Brushless	Motor con escobillas
Conmutación	Conmutación electrónica basada en sensores de posición de efecto Hall.	Conmutación por escobillas.
Mantenimiento	Mínimo.	Periódico.
Durabilidad	Mayor.	Menor.
Curva de velocidad / par	Operación a todas las velocidades con carga definida.	Moderada en altas velocidades la fricción de las escobillas se incrementa, reduciendo el par.
Eficiencia	Alta. Sin caída de tensión por las escobillas.	Moderada.
Potencia de salida / tamaño	Alta. Con mejores características térmicas al estar en la carcasa tienen una mejor disipación de calor.	Baja. El calor producido en la armadura es disipado en el interior aumentando la temperatura.
Inercia del rotor	Baja. Debido a los imanes permanentes en el rotor.	Alta. Limita las características dinámicas.
Rango de velocidad	Alto. Sin limitaciones mecánicas impuestas por escobillas / conmutador.	Bajo. El límite lo imponen principalmente las escobillas.
Ruido eléctrico generado	Bajo.	Arcos en las escobillas.
Costo de construcción	Alto. Debido a los imanes permanentes.	Bajo.
Control	Complejo y caro.	Simple y barato.
Requisitos de control	Requiere de un controlador para mantener el motor funcionando.	No se requiere control si no se necesita variar la velocidad.

Fuente: Master Ingenieros S.A

Como se pudo observar en la Tabla 1.4, si bien es cierto que un motor con escobillas es más barato, el motor brushless presenta mejores características eléctricas ya que al no

tener escobillas elimina los problemas de sobrecalentamiento, mantenimientos constantes y otros daños. (Martínez, 2021)

1.3.2.1. Motor brushless

Actualmente los motores brushless (sin escobillas) están siendo cada vez más implementados en distintas aplicaciones como en electrodomésticos de eficiencia A o en sistemas de transporte como bicicletas o sillas de ruedas, gracias a la electrónica de potencia con la que se los controla lo cual permite que a partir de una señal trifásica modulada se controle la velocidad de rotación del motor sin perder torque. (Agotegaray & Montes, 2020).

- **Componentes**

Los motores brushless están compuestos por una parte móvil que es el rotor y es donde se encuentran los imanes permanentes, y una parte fija denominada estator o carcasa, sobre la cual van dispuestos los bobinados, estos motores no utilizan escobillas para conmutar, con esto reduce la fricción al girar por lo que mejora su rendimiento, se los puede encontrar en versiones con sensores hall o con electrónica integrada para el control de velocidad y posicionamiento. (Jimbo Tacuri, 2015)

- **Funcionamiento**

En este tipo de motor la corriente eléctrica pasa directamente por los bobinados del estator o carcasa, por lo tanto, no son necesarias las escobillas ni el colector. Esta corriente eléctrica genera un campo electromagnético que interacciona con el campo magnético creado por los imanes permanentes del rotor, haciendo que aparezca una fuerza que hace girar al rotor y por lo tanto al eje del motor. (Martínez, 2021)

Al no tener escobillas para el cambio de polaridad del rotor el elemento que controlará que el rotor gire sea cual sea su posición será un variador electrónico, lo que hace básicamente es ver en qué posición se encuentra el rotor en cada momento, para hacer que la corriente que le llega sea la adecuada para provocar el movimiento de rotación. (Bueno, 2017).

1.3.3. Convertidor dc-dc

Los convertidores parten de una fuente de tensión continua fija o variable, tratando de conseguir un valor de salida estable y se componen de semiconductores que se abren o cierran para convertir el nivel de tensión en otro diferente. Existen modos de control como es la modulación por ancho de pulsos (PWM) en el cual su ciclo de trabajo es una relación del tiempo de conducción del semiconductor y el periodo sigue siendo variable, en este método se genera una señal que regula la tensión manteniendo la amplitud y frecuencia constantes (Ramos, 2017).

Algunas veces la tensión nominal de algunas cargas o consumos de corriente continua son diferentes, por lo que para adaptar el nivel de tensión de la batería a la tensión de dichas cargas es necesario usar el convertidor dc-dc. (Gálvez, 2017)

1.3.3.1. Convertidor Buck o reductor

Como su nombre lo dice este convertidor es el tipo de fuente conmutada que reduce el voltaje con el cual el sistema es alimentado, esto quiere decir que el voltaje de salida siempre va a ser menor al de entrada. Este tipo de convertidor tiene 2 modos de conducción, lo cual depende del estado de su bobina. En el modo de conducción continua la corriente que pasa por el inductor nunca alcanza el valor de cero, mientras que el modo de conducción discontinua en algunos intervalos de tiempo la corriente que circula por la bobina es nula o cero. (Gutiérrez & Rosales, 2019).

En la Figura 6 se observa el diagrama del circuito básico reductor que al trabajar en el modo 1 la corriente elevada pasa por el inductor L, luego por el capacitor C hacia la carga. En el modo 2 SE corta la conducción en Q1 y debido a la energía almacenada en el inductor el diodo conduce a través del capacitor y la carga. (Vargas Morales, y otros, 2015)

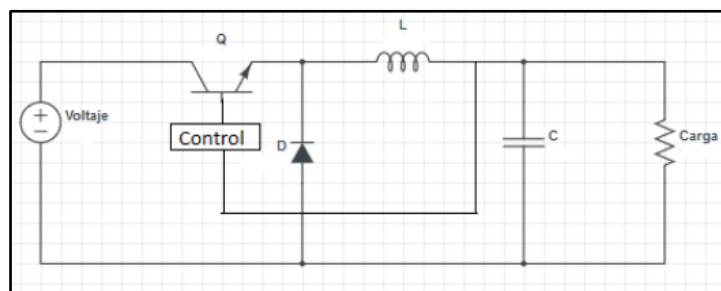


Figura 6: Circuito básico de un convertidor Buck
Fuente: (Vargas Morales, y otros, 2015)

1.3.3.2. Convertidor Boost o elevador

Este tipo de convertidor se encarga de elevar el voltaje de entrada, lo cual quiere decir que el voltaje de salida va a ser mucho mayor. Al igual que el convertidor Buck, tiene dos modos de conducción. El modo de conducción continua se origina cuando la corriente que circula por la bobina nunca llega a valores de cero, mientras que en el modo de conducción discontinua, en ciertos intervalos de tiempo la corriente que pasa por el inductor se hace cero o es nula. (Ramos, 2017).

En la Figura 7 se presenta el circuito básico del convertidor Boost con el que se puede elevar el voltaje de la fuente, dependiendo del dispositivo que se quiera alimentar.

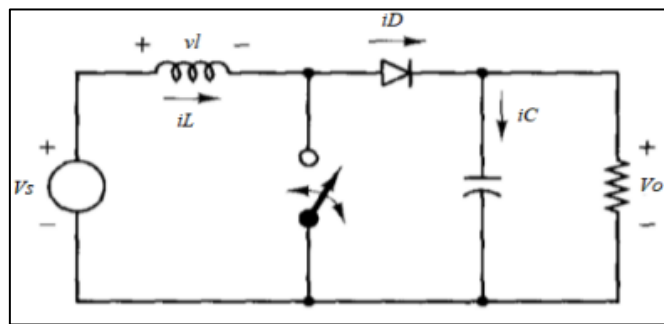


Figura 7: Circuito básico del convertidor Boost

Fuente: (Ramos, 2017)

1.3.3.3. Convertidor Buck-Boost (Reductor o Elevador).

Estos convertidores son capaces tanto de aumentar como reducir el voltaje de entrada, lo cual depende únicamente del valor de ciclo de trabajo que se le asigne. En la Figura 8 se muestra el circuito básico que puede ser controlado ajustando la variable de ciclo de trabajo del transistor de conmutación, este convertidor puede operar de dos maneras según sea el sentido de la corriente al pasar por el diodo D sin tener pérdidas de potencia. (Cardenas, 2015)

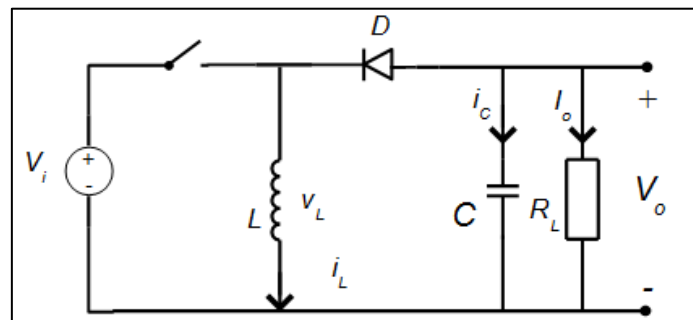


Figura 8: Circuito básico de un convertidor Buck-Boost

Fuente: (Ramos, 2017)

1.3.4. Controlador de carga de la batería

Es un dispositivo que convierte un voltaje variable a un voltaje constante y adecuado para usarse en la carga de baterías, además regulan los ciclos de carga y descarga de las mismas, el controlador regula las baterías para tener un mejor aprovechamiento en la carga de energía. Debido al comportamiento variable de la energía renovable es necesario un sistema de almacenamiento como lo son las baterías para amortiguar las oscilaciones de la potencia generada, este almacenamiento se lo realiza controlando el punto máximo de carga de las baterías. (Ramos, 2017).

La principal función del controlador de carga es evitar situaciones de sobrecarga de la batería y bloquear la corriente inversa además es el que envía la energía necesaria al motor para que se produzca el movimiento controlando el ingreso de voltajes y corrientes variables. (Direnergy, 2020)

Las funciones principales son las siguientes:

Regulación de velocidad: debe ser controlada según la necesidad de velocidad del conductor.

Regulación del par: al momento de arrancar el vehículo, el motor realiza un mayor esfuerzo e igualmente en bajadas el motor debe mantener regulada su fuerza.

Protecciones: el equipo debe mantenerse protegido contra caídas de voltaje que se produzcan en el motor eléctrico.

Disipación de calor: al realizar un mayor esfuerzo se eleva la temperatura de los componentes por lo cual debe disiparse de manera adecuada para evitar el daño del controlador.

Frenado: el controlador debe desactivar el funcionamiento del motor, para evitar el daño del mismo.

Los controladores más avanzados cuentan con sistemas anti derrape para evitar que la rueda gire bruscamente al avanzar la marcha, el parámetro de la temperatura afecta directamente a la capacidad de una batería, como se muestra en la Figura 9 si la temperatura es muy alta su capacidad aumenta pero se reduce la vida útil, caso contrario si es muy baja disminuye su capacidad, lo recomendable es mantenerse entre los 20 °C y 30 °C. (Máscaros, 2015).

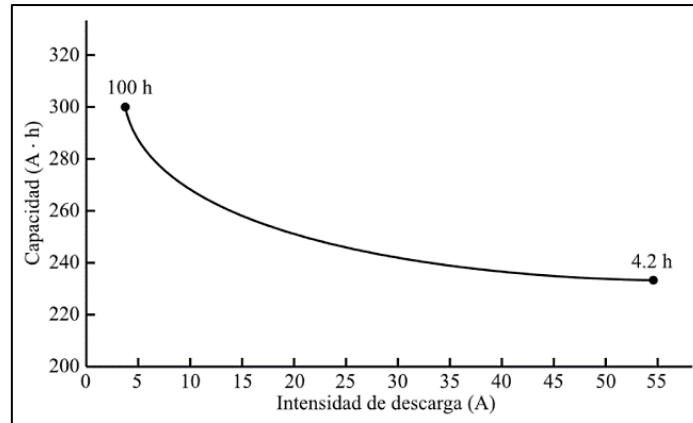


Figura 2: Variación de la capacidad de una batería por temperatura

Fuente: (Máscaros, 2015)

La vida útil de una batería depende del número de ciclos de cargas y descargas que ha tenido, es recomendable no llegar a un punto de descarga total de la batería ya que se puede ver afectada para su próxima recarga, el controlador reduce el proceso de la descarga de la batería para evitar daños en la misma. (Ortiz, 2018)

Los controladores pueden ser PWM o MPPT, al hablar de sistemas fotovoltaicos los PWM son dispositivos sencillos que actúan como interruptores entre las placas fotovoltaicas y la batería, además controla el voltaje que necesita la batería para su carga o descarga, mientras que regulador solar MPPT es capaz de separar la tensión de funcionamiento de un grupo de módulos solares, respecto de la tensión de la batería. Esto le permite situar la tensión de las placas solares en el punto óptimo para obtener la máxima potencia en cada momento. (Prosumidores, 2018)

En la Tabla 1.5 se muestra la clasificación de los controladores más conocidos.

TABLA 1.5 Clasificación de controladores

Clasificación	Tipo de controlador
Según la tecnología del interruptor	-Relé electromecánico -Relé de estado solido
Según la gestión de la energía	-PWM (Modulación por ancho de pulsos) -MPPT (Seguimiento de punto de máxima potencia)
Según la posición del interruptor	-Serie -Paralelo

Fuente: (Prosumidores, 2018)

1.3.4.1. Estimación de estados de carga (SOC)

Existen diferentes métodos para determinar el estado de carga dependiendo del tipo de batería, no solo importa la información de cuanta carga tiene sino estimar en cuanto tiempo puede ser consumida dicha energía y a su vez que el usuario la pueda interpretar. (Bertran, 2017)

Se muestra en la Tabla 1.6 las principales técnicas para la estimación de dichos parámetros, así como algunas de sus aplicaciones.

TABLA 1.6 Métodos de estimación del SOC

Método de estimación	Ventajas	Desventajas	Aplicaciones
Métodos de 2 pulsos	-Rápido de implementar. -Resultados consistentes.	Dificultad en la estimación para encontrar los coeficientes.	Banco de baterías.
Conteo de Coulomb	-Implementación sencilla. -Alta eficiencia a potencia media.	-Es sensible a desbalances de carga, temperatura y pérdidas internas. -Problema para determinar valores iniciales.	Computadoras, equipos médicos, elementos portátiles.
Técnica de voltaje circuito abierto	Fácil implementación	Interrupción de las funciones del sistema.	Aplicaciones domésticas.
Filtro de Kalman	Dinámico	-Cálculo complejo se necesita un modelo de la batería. -Problemas al determinar parámetros iniciales.	Aplicaciones Fotovoltaicas.
Impedancia espectroscópica	Precisión	-Requiere de tiempo. -Complejidad al interpretar los resultados.	Aplicaciones químicas.

Fuente: (Contreras, 2018)

1.4. Métodos para el cálculo del estado de carga

Para calcular el estado de carga depende del tipo de batería y de las condiciones del sistema, la información puede ser dada en Amperios-hora o en porcentaje. (Bertran, 2017)

Entre los principales métodos se encuentran los siguientes:

1.4.1. Medida directa

Se trata de un método intuitivo sobre una corriente de descarga constante no es muy viable ya que puede ser variable y solo sirve para saber el estado de carga cuando la batería ya se haya descargado por completo. (Bertran, 2017)

1.4.2. Medida de la gravedad específica

Es conocido como medida de densidad relativa, y para usarlo es necesario tener acceso al electrolito líquido interno de la batería. Por lo tanto, midiendo la densidad del electrolito se obtiene una estimación del estado de carga de la celda. Aunque se trata de un método bastante preciso, no es capaz de determinar la capacidad total de la batería. (Bertran, 2017)

1.4.3. Impedancia interna

La batería internamente está compuesta de químicos que tras tener ciclos de carga y descarga van variando su composición, su medida es más difícil mientras está en funcionamiento la batería y a su vez depende de la temperatura en la que se encuentre para lograr una mejor precisión en la medida del estado de carga. (Bertran, 2017)

1.4.4. Estimaciones basadas en voltaje

Este método resulta no tan preciso ya que se consigue a través del voltaje, el cual no todo el tiempo es lineal, teniendo así caídas de voltaje que dificultan su medición, en la Figura 10 se muestra como el pico de voltaje va en descenso aproximándose a la descarga total de la batería. (Bertran, 2017)

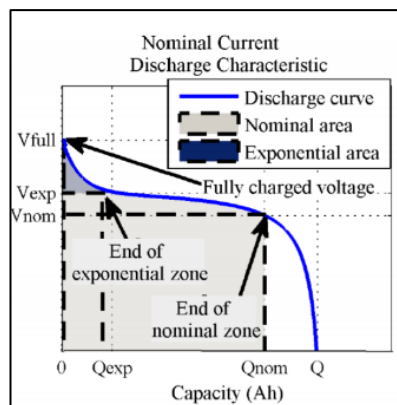


Figura 10: Curva del voltaje en función de la capacidad instantánea de una batería.

Fuente: (Bertran, 2017)

1.4.5. Estimación basada en la intensidad

Esta metodología consiste en calcular en el tiempo que se cargan y descargan las celdas consiguiendo ser almacenada en las mismas, es una medición más precisa para estimar el estado de carga ya que cuentan las cargas que entran y salen de las celdas de la batería. (Bertran, 2017)

1.5. Acoplamiento de baterías

Si el scooter eléctrico no requiere de mucha potencia en su funcionamiento se suele usar baterías tipo monoblock que por lo general es una sola, ocupa menos espacio y su conexión es sencilla, caso contrario si se necesita mejorar su potencia se recomienda emplear una o dos baterías adicionales de las mismas características, pueden ser conectadas entre sí de diferentes maneras ya sea en serie o paralelo para conseguir un banco de baterías que de la capacidad según las necesidades del sistema. (Máscaros, 2015).

Los tipos de acoplamiento son los siguientes:

1.5.1. Asociación en serie

Se debe conectar el terminal positivo al negativo de la batería lo cual permite aumentar la tensión eléctrica en la salida y mantiene el valor de la corriente, por ejemplo si se conectan 2 baterías de 12V en serie la salida es de 24V, de igual manera como se observa en la Figura 11 si se conectan 4 baterías de 12V en serie la salida del banco es de 48V. (Awalt, 2019)

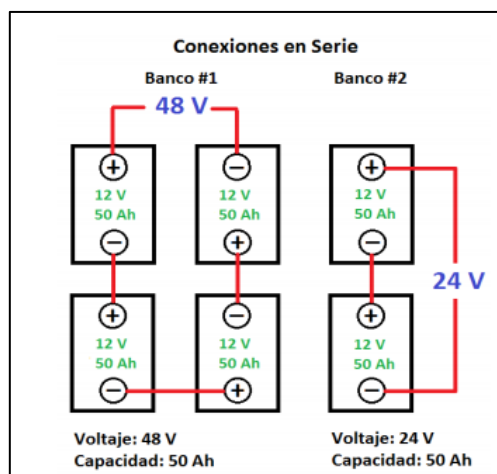


Figura 11: Esquema de conexiones de baterías en serie
Fuente: (Prosumidores,2017)

1.5.2. Asociación en paralelo

Los terminales positivos se conectan entre sí y de igual manera todos los terminales negativos, esto permite aumentar la capacidad de la corriente y mantener el valor de la tensión eléctrica como se muestra en la Figura 12. (Awalt, 2019)

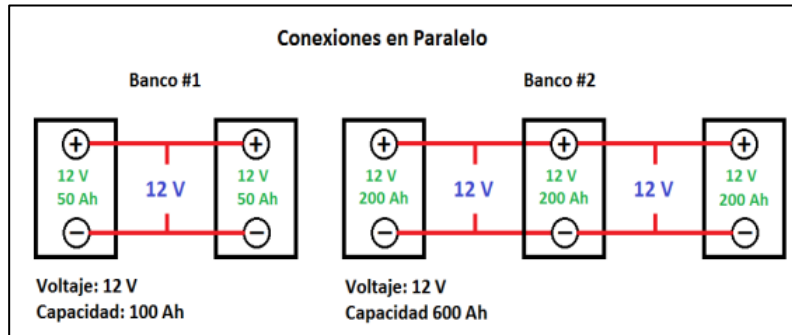


Figura 12: Esquema de conexiones de baterías en paralelo.

Fuente: (Prosumidores,2017)

1.5.3. Asociación mixta

Para conectar las baterías se usa la analogía escalera en la que se unen por los laterales los terminales positivos y negativos, con esto permite aumentar la corriente nominal y la tensión eléctrica a la salida, como se muestra en la Figura 13 mediante esta configuración se expone a una carga de 24V y 2A. (Awalt, 2019)

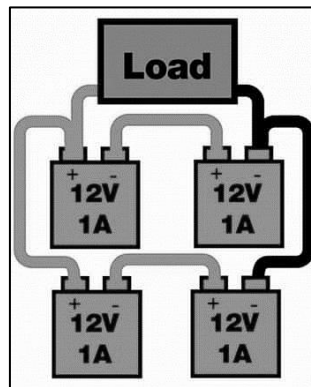


Figura 13: Tipos de asociación de baterías mixtas

Fuente: (Awalt, 2019)

1.6. Operacionalización de variables e indicadores

Es necesario tener un concepto claro acerca de las señales eléctricas de tensión, corriente y potencia eléctrica, así como las variables de velocidad y kilómetro recorrido por parte del vehículo eléctrico, se muestra de manera general en la Tabla 1.7.

TABLA 1.7 Operacionalización de variables

Variables	Conceptos	Dimensiones	Indicadores
Potencia eléctrica	La ley de watt dice que la potencia eléctrica es directamente proporcional al voltaje y la intensidad de corriente eléctrica.	Corriente Voltaje	Amperios Voltios
Autonomía del scooter eléctrico	La autonomía de un vehículo eléctrico está definida por la distancia en kilómetros de recorrido.	Distancia recorrida a media velocidad	Km/h
		Distancia recorrida a velocidad alta	Km/h

Fuente: (Saavedra, 2019)

El indicador principal en un vehículo eléctrico es el porcentaje de carga de la batería la cual depende directamente del voltaje y corriente que mantiene almacenada en su interior la batería, mediante estas dimensiones se visualiza la carga y descarga del mismo. La autonomía del scooter eléctrico depende directamente de las velocidades que se exija en el manejo del vehículo, es decir se incrementa el gasto de energía en las baterías lo que provoca que el voltaje vaya disminuyendo progresivamente. Los parámetros de voltaje y corriente se traducen a una interfaz gráfica en donde el usuario visualiza la carga de la batería a medida que el vehículo la consume con el movimiento, si una batería tiene una gran capacidad de amperios hora la distancia de recorrido en el scooter eléctrico aumenta.

CAPÍTULO II

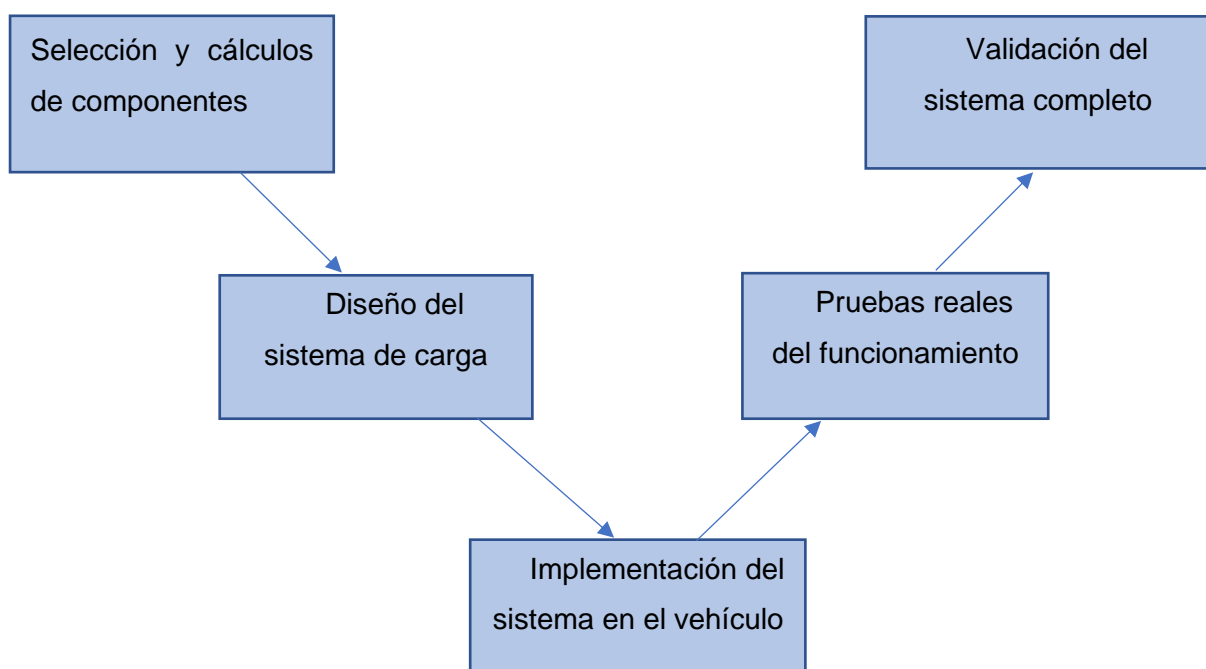
Diseño del sistema de generación y almacenamiento de energía

En este capítulo se explica con más detalle los parámetros necesarios para la selección de los componentes que forman parte en el diseño del sistema de generación y almacenamiento en el scooter eléctrico, de igual forma se detalla cada una de las etapas de funcionamiento del sistema.

2.1. Marco Metodológico

El presente proyecto se lo realizó con la metodología del modelo en V, en donde se empieza por las especificaciones del modelo de scooter necesario para adaptar el sistema, de esta manera se procede a seleccionar los componentes adecuados identificando sus características técnicas.

Una vez seleccionados los componentes se diseña la etapa de control del sistema según los parámetros establecidos por los cálculos matemáticos, luego se realiza la modificación estructural del vehículo para incorporar los componentes del sistema y por último se realiza la validación del sistema completo con pruebas reales del funcionamiento cumpliendo así con la mejora en la autonomía del scooter eléctrico.



2.2. Estructura del sistema de generación y almacenamiento de energía

Los dispositivos deben interconectarse simultáneamente entre sí, de manera tal que cada una de las etapas en este proyecto puede ser analizada ya sea en conjunto o de manera individual.

Se muestra en la Figura 14 el diagrama de bloques general que representa el sistema de generación y almacenamiento.

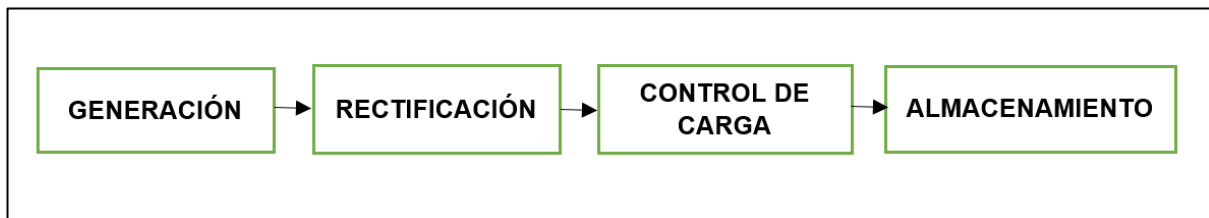


Figura 14: Diagrama de bloques de las etapas del sistema

Fuente: Autor

En la Figura 14 se puede ver que el sistema de generación y almacenamiento está compuesto por diferentes etapas que inicialmente convierten la energía mecánica en energía eléctrica, luego el voltaje generado es rectificado y regulado correctamente por el controlador para finalmente ser almacenado en las baterías de reserva.

Todo el procedimiento se dividió en etapas, cada una de estas se muestran de manera gráfica mediante un diagrama de flujo en la Figura 15.

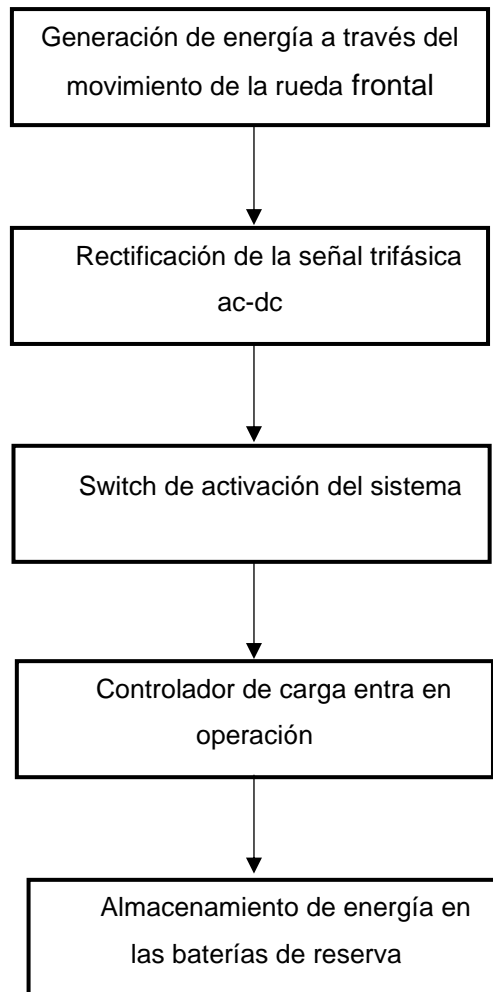


Figura 15: Diagrama de flujo del sistema de generación y almacenamiento

Fuente: Autor

Como primer paso mediante el giro de la rueda se genera electricidad la cual mediante un rectificador trifásico pasa de ac a dc, mediante un switch de activación entra en funcionamiento el controlador de carga destinado para almacenar esa energía generada en las baterías de reserva, a su vez si no está en operación el sistema también puede trabajar normalmente mediante su cargador a 110V.

2.3. Selección del Scooter eléctrico

Al elegir el scooter adecuado para este proyecto, se debe tener en cuenta algunos aspectos generales como los siguientes:

- El peso promedio del usuario.
- El relieve geográfico de la ciudad de Ibarra.
- Autonomía (Distancia de recorrido).

- Calidad, costo y uso real.

2.3.1 Geometría básica del scooter eléctrico

Al seleccionar el modelo adecuado del scooter, se analizó las modificaciones mecánicas para que el diseño original no se vea afectado tanto estética como estructuralmente ya que, al existir un incremento significativo en el peso del vehículo, es necesario ubicar los componentes como se muestra en la Figura 16.

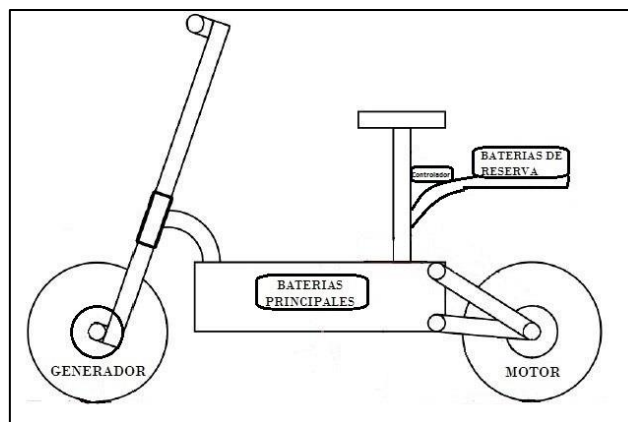


Figura 16: Geometría mecánica del scooter eléctrico

Fuente: Autor

2.3.1.1. Análisis Físico

Las modificaciones que se van a realizar deben ser adecuadas para que los componentes a ensamblar sean ubicados de manera tal que no afecte en el sistema mecánico, así como no debe dificultar la maniobrabilidad al conductor del scooter eléctrico.

2.3.1.1.1. Selección del Modelo

Entre los tipos de scooter eléctricos vistos en el mercado se compara las características de cada uno de los modelos en los que se puede implementar el sistema de generación y almacenamiento. Se decide seleccionar el modelo tipo moto ya que ofrece un mejor espacio para el posicionamiento de los componentes por añadir. En ciudad de Quito se encuentra una gran variedad de scooters funcionales y económicos por lo que se optó en comprar un vehículo nuevo para garantizar su buen estado.

Basados en las características del modelo, el chasis más apropiado para esta implementación es el que se muestra en la Figura 17.



Figura 17: Modelo seleccionado para la implementación

Fuente: Autor

2.3.1.1.2. Especificaciones técnicas del scooter seleccionado

El scooter eléctrico adquirido cuenta con varios elementos que conforman su estructura que se detallan en la Tabla 2.1.

TABLA 2.1 Características del scooter eléctrico

Especificaciones	Características
Marca	MTG
Capacidad	1 persona adulta y 1 niño
Velocidad	25-35 Km/h
Autonomía	20-35 Km
Tamaño de rueda	14 pulgadas
Potencia nominal del motor	350W
Motor	Brushless de imanes permanentes
Batería	48V 12Ah Plomo ácido
Tiempo de carga	4 a 6 horas

Fuente: (Electroparc, 2020)

2.3.1.1.3. Peso Total del vehículo

Al implementar los componentes al scooter eléctrico varia al peso inicial que tenía, por lo que es necesario medir al vehículo en una balanza digital la cual arroja los datos que se muestran en la Tabla 2.2.

TABLA 2.2 Componentes implementados del scooter eléctrico

Componentes	Peso (Kg)
Chasis y accesorios	47,5
Generador acoplado	6
Baterías de reserva	8
Controlador	1
Peso de persona promedio	60
Total	122,5

Fuente: (Electroparc, 2020)

Al finalizar la implementación de los elementos el vehículo debe ser pesado nuevamente para tener una relación del peso añadido, por lo cual el scooter eléctrico fue llevado a una balanza digital dando como resultado su peso total de 47,5 Kg.

Como dato adicional existen algunos parámetros que influyen en el desplazamiento del scooter eléctrico en las vías de circulación como, por ejemplo: psi de las llantas, ángulo de inclinación de la vía, tipo de terreno y la congestión vehicular en el trayecto. Todas las variables mencionadas anteriormente hacen que el vehículo se traslade de un lugar a otro con mayor facilidad teniendo así un menor desgaste en el consumo de energía.

2.3.1.2. Análisis Eléctrico

El análisis eléctrico da a conocer los componentes que se encuentran interconectados por un cableado que distribuye la energía en todo el sistema.

2.3.1.2.1. Criterios de selección de los componentes implementados

- **Generador:** Debe tener la capacidad para realizar las cargas a una velocidad moderada especialmente en rutas con desnivel.

- **Controlador:** Deberá tener como mínimo protecciones contra fugas de corriente para evitar daños en los demás componentes electrónicos, además de permitir cargar y suspender el almacenamiento de energía en las baterías.
- **Baterías:** La acumulación de energía se realiza a través de baterías las cuales posterior a su carga entran en uso alimentando el motor principal.
- **Sistema de carga:** Está compuesto por un rectificador y regulador de la energía generada transformando la energía mecánica a eléctrica direccionada a las baterías.

2.3.1.2.2. Diagrama eléctrico del sistema

En el sistema eléctrico se encuentran los componentes que se encargan de generar, regular y controlar la carga hacia las baterías de reserva. El principio de funcionamiento en este diagrama es mediante el movimiento que realiza el rotor sobre el estator del motor el cual transforma la energía mecánica en energía eléctrica.

El voltaje que sale del generador es regulado por el controlador de carga a valores adecuados para producir la carga en la batería, adicionalmente mediante un switch se activa y desactiva el sistema según el usuario lo requiera como se muestra en la Figura 18.

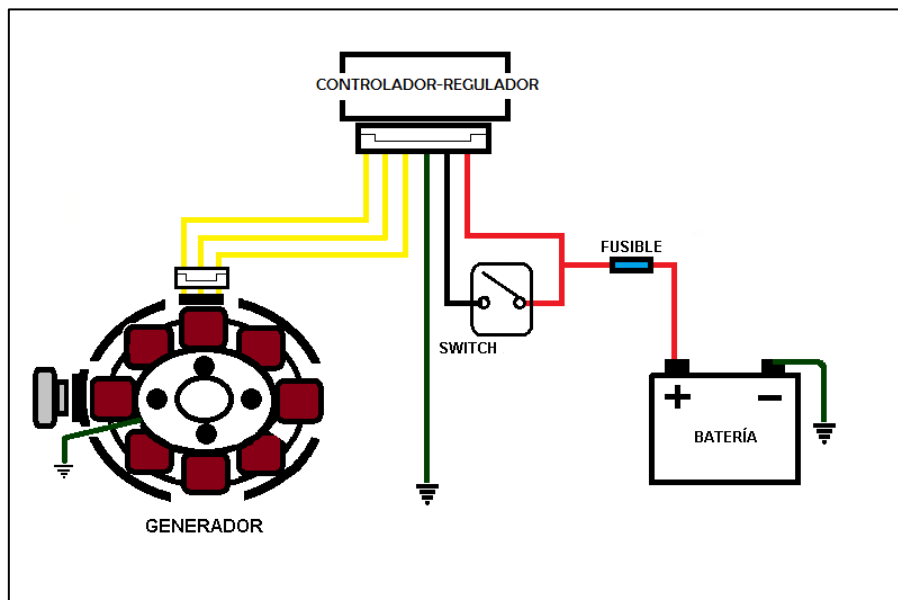


Figura 18: Diagrama eléctrico
Fuente: (Jmotoblogs, 2020).

2.4. Selección del motor-generador

El generador es el dispositivo que convierte energía mecánica que mediante el giro de su eje produce las señales eléctricas para realizar la carga correcta de las baterías como se puede observar en la Figura 19.

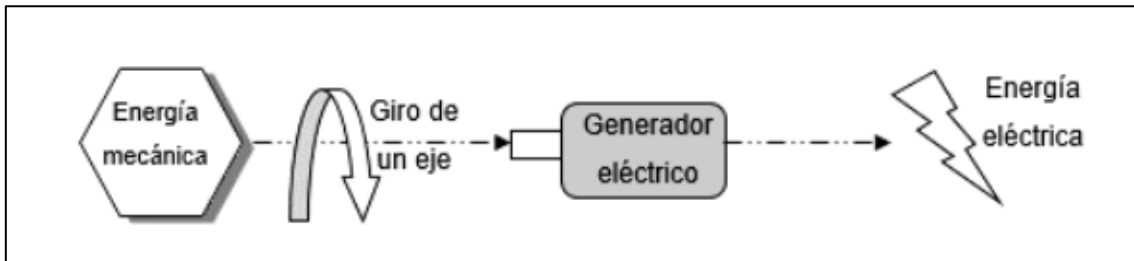


Figura 19: Conversión de energías

Fuente: (García, 2017)

Entre las opciones disponibles en el mercado los siguientes generadores presentan las características más adecuadas para la implementación en el vehículo:

Generador de CC de imán permanente de alta potencia y baja velocidad, 12V, 24V, 36V, 250W/350W



Figura 20: Generador con engranajes

Fuente: (Aliexpress, 2020)

Se muestra en la Tabla 2.3 las características del generador eléctrico.

TABLA 2.3 Características del generador de imán permanente de 350W-36V

Especificaciones	Características
Construcción	Imán permanente
Tipo de motor	Motor de engranaje
Protecciones	A prueba de explosiones
Potencia de salida	350W
Tensión	36V
Uso	Bici/moto eléctrica

Fuente: (Aliexpress, 2020)

Motor eléctrico sin escobillas 500W 48V



Figura 21: Motor de engranaje por cadena

Fuente: (Aliexpress, 2020)

TABLA 2.4 Características del motor sin escobillas 500w 48v

Especificaciones	Características
Construcción	Imán permanente de reducción
Tipo de motor	Motor de engranaje para cadena

Protecciones	A prueba de explosiones
Potencia de salida	500W
Tensión	48V
Velocidad nominal	2800rpm
Uso	Bici/scooter eléctrico

Fuente: (Aliexpress, 2020)

Motor de cubo sin escobillas 350W 48V de 14 pulgadas



Figura 22: Motor de cubo sin escobillas

Fuente: (nbelectricmotor, 2022)

TABLA 2.5 Características del motor de cubo sin escobillas 350w 48v 14"

Especificaciones	Características
Construcción	Imán permanente
Tipo de motor	Motor de cubo sin escobillas
Protecciones	IP54
Potencia de salida	350W
Tensión	48V
Velocidad nominal	620rpm
Uso	Bici/scooter/ silla de ruedas eléctrico

Fuente: (nbelectricmotor, 2022)

2.4.2. Motor-generator escogido

Una vez identificadas las características entre los motores disponibles en el mercado, la opción adecuada es el de tipo cubo debido a las siguientes ventajas:

- Acoplamiento directo al eje de la rueda.
- Las pérdidas por calentamiento son mucho menores que otros motores y no requiere refrigeración.
- Su tensión se ajusta a través de la velocidad de giro.
- Buena relación potencia/peso.
- Alta eficiencia mejorando la duración de las baterías.
- No necesita mantenimiento al no tener escobillas ni engranajes.

El motor se encuentra conformado por una carcasa de aluminio resistente que en su interior contiene imanes permanentes los cuales generan el campo magnético, además a través de su eje central cruza internamente el cableado de las tres fases y puede así girar libremente la rueda como se muestra en la figura 23.



Figura 23: Motor Brushless tipo hub

Fuente: Autor

Las características del motor seleccionado se muestran en la Tabla 2.6.

TABLA 2.6 Características del motor tipo hub de imanes permanentes 350W 48V 14"

Especificaciones	Características
Marca	MTG
Construcción	Imán permanente
Tipo de motor	Motor hub sin escobillas
Protecciones	IP65 Waterproof
Potencia de salida	350W
Tensión	48V
Velocidad nominal	600/700 rpm
Uso	Scooter eléctrico

Fuente: (Electricbike, 2015)

2.4.2.1. Revoluciones por minuto del eje del generador

La velocidad del eje del generador es proporcional al diámetro de la rueda, mediante el proceso de transmisión de velocidad se obtiene un valor de revoluciones por minuto en el sistema, al conseguir aumentar las rpm del generador aumenta la energía eléctrica producida por el sistema mecánico.

Para dar un valor estimado de las revoluciones por minutos de la rueda frontal del scooter se toma las medidas del diámetro del generador y de la llanta como se muestra en la Figura 24.



Figura 24: Representación de los diámetros de la rueda

Fuente: Autor

En la ficha técnica del motor brushless adquirido indica que su velocidad máxima es de 35km/h, girando entre 600 a 700 rpm por lo que se realiza el cálculo matemático en función de la velocidad.

2.4.2.2. Cálculo de la velocidad angular

Se emplea la ecuación para el cálculo de la velocidad angular:

$$\omega = \frac{V_{\text{máx}}}{R} = \frac{9,72 \text{ m/s}}{0,14 \text{ m}} = 69,42 \text{ rad/s} \quad (1)$$

Dónde:

ω : velocidad angular

Vmax: velocidad máxima

R: radio de la rueda

Se realiza la conversión a rpm mediante la ecuación:

$$R_{\text{pm}} = \frac{\omega(60)}{2\pi} = \frac{69.42 \text{ rad/s}(60)}{2\pi} = 662.9 \text{ rpm} \quad (2)$$

La relación de las rpm en función de velocidad se muestra en la Tabla 2.7.

TABLA 2.7 Velocidades en rpm del eje del motor

Km/h	Rpm
10	189.4
15	284.1
20	378.8
25	473.5
30	568.2
35	662.9

Fuente: Autor

2.4.2.3. Comprobación de resistencia en las bobinas del motor-generador trifásico

Es necesario realizar las mediciones con el multímetro del ohmiaje de las bobinas, debido al tamaño y potencia de la rueda este motor cuenta 3 bobinas en conexión estrella, cada una contiene 16 polos por cada fase dando un total de 48 polos los mismos que son intercalados Norte -Sur- Norte indicando la polaridad de cada uno.

En la salida se encuentran tres cables gruesos para cada fase que se distingue por su color verde, amarillo y azul logrando tres combinaciones posibles en las que se realizó la medición identificando los polos del estator como se muestra en la Figura 25.

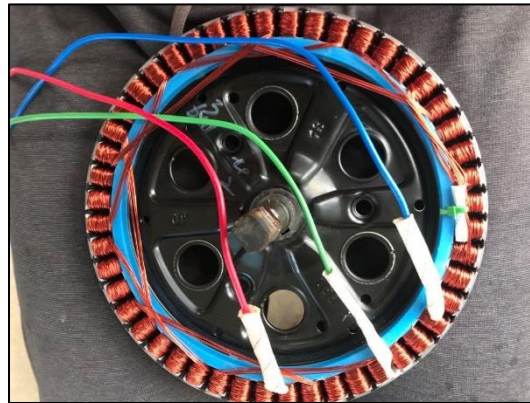


Figura 25: Verificación de bobinas

Fuente: Autor

Al combinar las fases se mide el valor de su resistencia como se muestra en la Tabla 2.8.

TABLA 2.8 Medición de resistencia de las bobinas de carga

Combinaciones de fases	Resistencia (Ω)
1-2	0.8
1-3	0.8
2-3	0.8

Fuente: Autor

2.5. Selección del acumulador de energía

La batería es un dispositivo que almacena la energía eléctrica a manera de un tanque de combustible para el scooter eléctrico, usa un determinado número de ciclos de carga llevando a cabo un proceso reversible que de manera electroquímica se recarga para poder suministrar electricidad nuevamente.

2.5.1. Parámetros de una batería

- a) La tensión es el primer valor a considerarse ya que entre más elevado sea, mayor es la cantidad de trabajo a desarrollarse.
- b) Lo amperios hora representan la cantidad de energía en una batería, por ejemplo en los vehículos a combustión sería la capacidad en litros del depósito de gasolina, es por eso que cuanto mayor sean los Amperios-hora en una batería se tiene una mayor duración que en este caso representa la mejora de autonomía.
- c) La capacidad eléctrica se refiere al tiempo en que tarda una batería en cargarse o descargarse totalmente.
- d) La energía que proporciona una batería se mide en Wh (vatios-hora), también es importante tener en cuenta la capacidad de la corriente de carga y el tiempo necesario para la restitución de energía.

Actualmente existe una infinidad de baterías en el mercado por lo que se realiza una comparación de las alternativas más adecuadas para la implementación en el scooter eléctrico, se toma en cuenta no solo parámetros eléctricos sino también físicos para no ser afectado el modelo del vehículo, se presenta la comparación de varios tipos de baterías en la Tabla 2.9.

TABLA 2.9 Comparativa de las especificaciones de las baterías

Tipo	Energía Específica (Wh/kg)	Densidad de energía (Wh/Kg)	Potencia específica (W/kg)	Ciclos de vida	Autonomía (millas)	Tiempo de carga (horas)	Eficiencia energética (%)
Ácido-plomo	33	30	130	2000	60	8 a 17	65
Ni-Cd	57	56	200	1000	120	8	65
Ni-Fe	55	50	100	1000	110	4 a 8	60
Ni-MH	70	80	250	600	250	<6	90
Litio-ion	100	100	300	1200	195	<3	90

Fuente: (Gozalez, Ramos, Mendez, Gonzalez, & Cortés, 2010)

Como se puede observar anteriormente en la Tabla 2.9 las baterías de ion-litio tienen muchas prestaciones a favor, pero en relación al costo económico y a la configuración original con el que vino incorporado el scooter eléctrico, se opta por baterías de ácido plomo de similar capacidad que pueden alimentar al sistema de igual manera.

2.5.2. Baterías de ácido-plomo escogidas

Las baterías de ácido- plomo tienen un costo accesible y se adaptan de forma correcta al sistema que tiene originalmente el scooter eléctrico, estas baterías son libres de mantenimiento porque son selladas y pueden ser ubicadas juntas en lugares de poca ventilación como se observa en la Figura 26.



Figura 26: Baterías de ácido plomo

Fuente: (RENOVAENERGIA, 2009)

Se muestra en Tabla 2.10 las características de la batería seleccionada.

TABLA 2.10 Características de las baterías seleccionadas

Especificaciones	Características
Composición de las celdas	Ácido- plomo
Forma	Batería cuadrada
Tamaño	151x98x94mm
Voltaje nominal	12V
Capacidad nominal	12Ah
Número de celdas	6
Peso	2 Kg
Carga a voltaje constante	14,4 ~ 14,9V
Corriente de carga máxima	3.6A
Max. Corriente de descarga	180A (5s)

Fuente: (RENOVAENERGIA, 2009)

2.5.2.1. Proceso de carga de baterías de ácido plomo

El tiempo en que demore cargar la batería depende de la velocidad a la que pueda girar el generador, especialmente en bajadas en donde la intensidad de carga que proporciona el sistema será mayor. La carga se produce cuando dicha corriente generada circula en sentido contrario para que los electrones regresen a su estado inicial, este proceso de carga y descarga es llamado ciclo y depende mucho de la composición interna de la batería, es por eso que algunas baterías soportan más o menos ciclos de carga.

El proceso de carga de las baterías se divide en 3 etapas:

- Etapa Bulk.
- Etapa de absorción.
- Etapa de flotación.

En la primera etapa la batería absorbe una gran cantidad de energía ya que la tensión va incrementando en función de la corriente y la temperatura alcanzando los 2.40V por cada celda. En la segunda etapa de absorción la corriente de carga disminuye y se demora más tiempo por la recuperación del electrolito, por último, en la etapa de flotación la batería se encuentra totalmente cargada manteniendo una tensión de 2.1V por celda, con ello se evita la autodescarga y sulfatación en los bornes de la batería.

La batería se autodescarga a pesar de no estar en funcionamiento debido a la temperatura, es por eso que si la batería va a tener poco uso es recomendable ser guardada a bajas temperaturas. El cambio de tensión y corriente en cada una de las etapas depende del tipo de batería y del estado en que se encuentre su vida útil como se puede observar en la Figura 27.

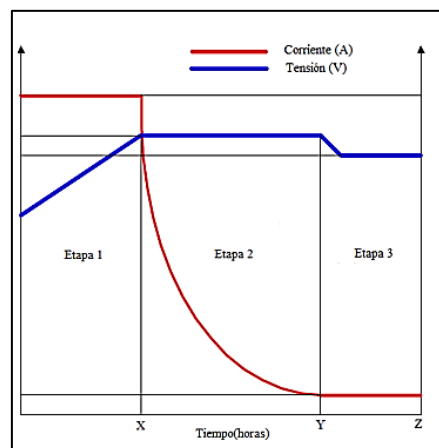


Figura 27: Etapas de carga de baterías de ácido plomo

Fuente: (Aguilar, 2017)

El scooter eléctrico adquirido indica en la ficha técnica del fabricante que consta de 4 baterías de ácido plomo de 12V/12Ah que conectadas en serie suman los 48V/12Ah y en

relación a su motor de 350W produce una velocidad máxima entre 25–35 Km/h con una autonomía similar de 20–35 Km que depende de varios factores como lo es el peso del ocupante, modo de manejo, paradas, relieve del terreno etc.

Por lo tanto, en el sistema de generación se implementó unas baterías de reserva con características idénticas a las principales, ya que posteriormente entran en funcionamiento y deben acoplarse de manera similar al controlador y motor del scooter eléctrico.

Las baterías originales traen una conexión en serie que abastece a todo el sistema como se observa en la Figura 28.



Figura 28: Configuración inicial de las baterías del scooter adquirido
Fuente: Autor

2.5.2.2. Configuración de la conexión de las baterías

Al conectar baterías en serie se suman los voltajes, pero los Ah se mantienen constantes, el scooter originalmente vino con cuatro baterías de 12V y 12Ah, por lo que se obtiene 48V y 12Ah. Con el hecho de que funcione a mismos valores de operación, se colocó cuatro baterías de reserva de 12V 12Ah con similar capacidad de carga. Las baterías trabajan en conjunto cuando todas tengan energía, si se agota solamente una de las cuatro no tendrá la suficiente capacidad para alimentando a todo el sistema como se muestra en la Figura 29.

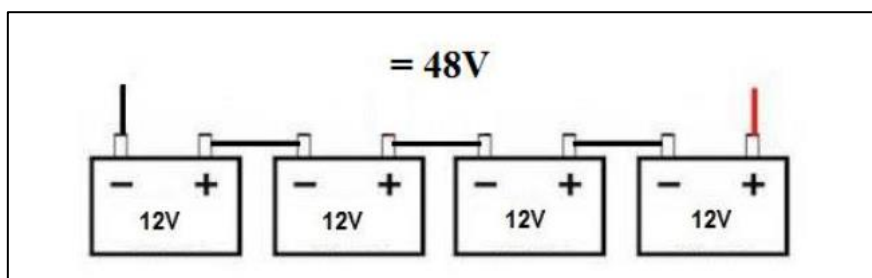


Figura 29: Configuración en serie de baterías de ácido plomo
Fuente: (Baterías y Amperios, 2014)

2.5.2.3. Ubicación para las baterías de reserva

La ubicación debe ser la indicada para no afectar la estética del vehículo y equilibrar el peso adicional de las baterías de reserva en el scooter eléctrico. Se fabricó una estructura metálica de 30x20x15cm para que las baterías sean colocadas en dirección idéntica a las principales y fue sujeta con pernos al chasis del vehículo.

Las 4 baterías conjuntas tienen un peso de 8Kg, son colocadas al interior del soporte manteniéndose así protegidas del ambiente exterior y de la inseguridad, la ubicación de las baterías quedó establecida como se muestra en la Figura 30.



Figura 30: Ubicación de caja para baterías

Fuente: Autor

La caja de las baterías es ubicada donde originalmente el scooter tenía un asiento extra destinado para un pasajero, por lo que el peso añadido por la caja de baterías no genera un incremento en el peso inicial que tenía el vehículo.

2.6. Selección del controlador de carga

El dimensionamiento del controlador es el determinante para conseguir el almacenamiento de energía ya que debe manipular la tensión y corriente generados por el sistema, para seleccionar el dispositivo se toman en cuenta los parámetros adecuados de cada uno de los componentes como lo son el generador, rectificador, controlador de carga y las baterías, se toma en cuenta que el dispositivo debe ser capaz de soportar toda la energía producida por el motor- generador al moverse el vehículo. De esta manera el sistema se lo puede representar en el diagrama mostrado en la Figura 31.

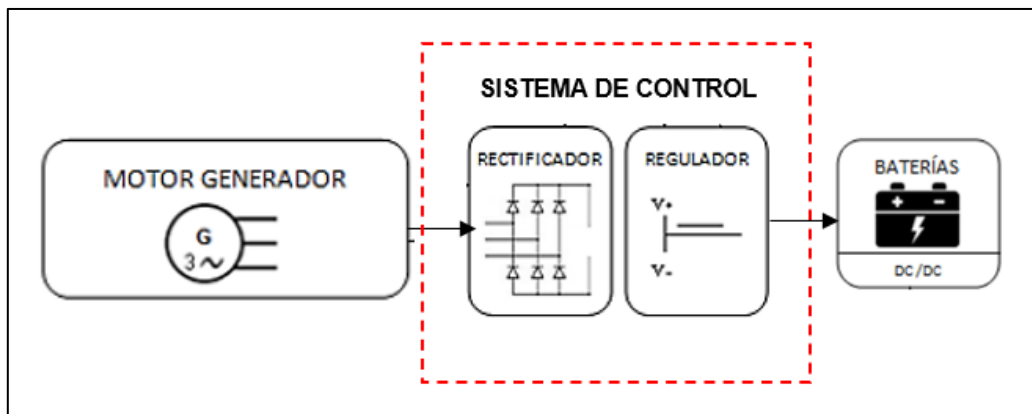


Figura 31: Sistema de control general

Fuente: Autor.

2.6.1. Estrategias del controlador de carga en la batería

El controlador de carga gestiona el suministro y recepción de energía en las baterías, además limita la velocidad de carga o descarga de la batería evitando la sobrecarga y previniendo la sobretensión. Cuando la batería se ha cargado más del tiempo debido se reduce el rendimiento o la vida útil de la batería y puede suponer un riesgo para la seguridad de la persona. El controlador regula la carga midiendo continuamente el voltaje y la corriente, si estos parámetros son lo suficientemente estables funcionará de dos formas posibles:

- Corta la corriente a la batería.
- Deja que pase solo una parte manteniéndose sin exceder la carga completa.

Al llegar a una carga total el controlador puede desactivar el sistema cortando el ingreso de corriente a las baterías, como segunda opción el controlador puede mantenerse suministrando una corriente mínima cuando la batería está completamente cargada y solo recibe la energía suficiente para mantenerla en este estado durante mucho tiempo compensando la autodescarga.

2.6.1.1. Parámetros de selección del sistema de control

Este dispositivo analiza los parámetros de voltaje y corriente, en caso de requerirse envía la carga producida a un acumulador o batería, una vez el porcentaje de carga llegue a su totalidad se suspende el suministro, para esto es necesario tomar en cuenta los rangos que pueden soportar a máxima carga los elementos que conforman el sistema de generación y almacenamiento.

Los parámetros que definen al controlador son:

- **Tensión máxima admisible o tensión máxima regulada:** es el valor máximo de tensión nominal que el regulador permite aplicar a la batería.
- **Intervalo de histéresis superior:** Es la diferencia entre la tensión máxima regulada y la tensión que el regulador deja pasar toda la corriente generada por el panel solar. Para el valor de voltaje intermedio, una parte de la corriente generada por el regulador a través del panel fotovoltaico, cuanto más cerca esté el voltaje del terminal de la batería al valor máximo de regulación, menor será la corriente.
- **Voltaje de desconexión:** el voltaje al que la carga del usuario se desconecta automáticamente para evitar una descarga excesiva de la batería.
- **Intervalo de histéresis inferior:** es la diferencia entre la tensión de desconexión y la tensión que permite volver a conectar los consumibles a la batería.

2.6.2. Opciones disponibles de controladores de carga

Para seleccionar el controlador se debe tener en cuenta la cantidad de energía generada y la capacidad de acumulación en las baterías, es necesario conocer las fichas técnicas del motor y de las baterías, con estos valores se busca el controlador que pueda operar sin dificultad dentro del rango y de una manera eficiente.

Se describe dos opciones de controladores de carga disponibles en el mercado los cuales cumplen con las especificaciones necesarias para el sistema.

Opción 1

Controlador De Carga Solar Mppt

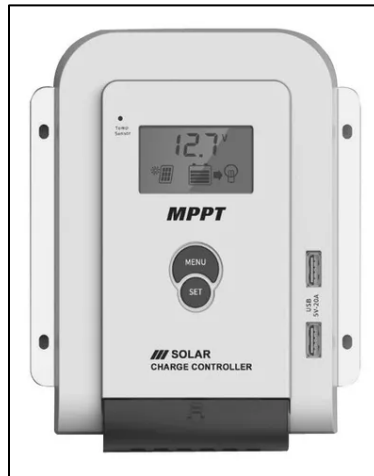


Figura 32: Controlador de carga SI-MQP

Fuente: (mercadolibre, 2021)

TABLA 2.11 Características de controlador de carga marca SI-MQP

Especificaciones	Características
Modelo	SI. MPPT110D
Corriente de carga máxima	30A
Voltaje del sistema	12V/24V/48V automático
Tipo de batería	AGM, GEL, LifePO4, Litio
Voltaje máximo del generador	150V
Carga de absorción	14.6V
Carga flotante	13,8V
Dimensión	175x139x42mm
Peso	410g
Eficiencia	98%
Etapas de carga	(MPPT, absorción, flotación, ecualización)
Precio	\$ 59.00

Fuente: (mercadolibre, 2021)

Opción 2

Controlador De Carga Solar PWM Prostar Everexceed



Figura 33: Controlador de carga Prostar Everexceed

Fuente: (mercadolibre, 2021)

Se muestra en la Tabla 2.12 las características del controlador de carga.

TABLA 2.12 Características de controlador de carga Prostar Everexceed

Especificaciones	Características
Modelo	PV2420U
Corriente de carga máxima	30A
Voltaje del sistema	12V/24V automático
Tipo de batería	Acido plomo, Gel.
Carga de absorción	15V
Carga flotante	13,7V
Dimensión	13.3 x 7 x 3.5 cm
Protección electrónica	Sobrecarga, sobre descarga, sobre temperatura y corto circuito
Voltaje de la salida del USB	5V/3A
Etapas de carga	(MPPT, absorción, flotación, ecualización)
Precio	\$ 35.00

Fuente: (mercadolibre, 2021)

Al conocer las características de los controladores se escogió la opción 2 ya que es adecuado para voltajes de 12V/24V según sea la conexión de las baterías y también puede bajar o aumentar la tensión de carga automáticamente con sus debidas protecciones de sobrecarga, mediante cálculos según sus especificaciones este controlador permite estar dentro del rango para realizar la carga de las baterías de reserva.

2.7. Diseño del sistema de carga

El sistema consta de 4 etapas que son la de generación, rectificación, control de carga y almacenamiento, todo inicia con el movimiento mecánico de la rueda frontal la cual trabaja como un generador, que en función de la velocidad de rotación puede producir energía para la carga de las baterías.

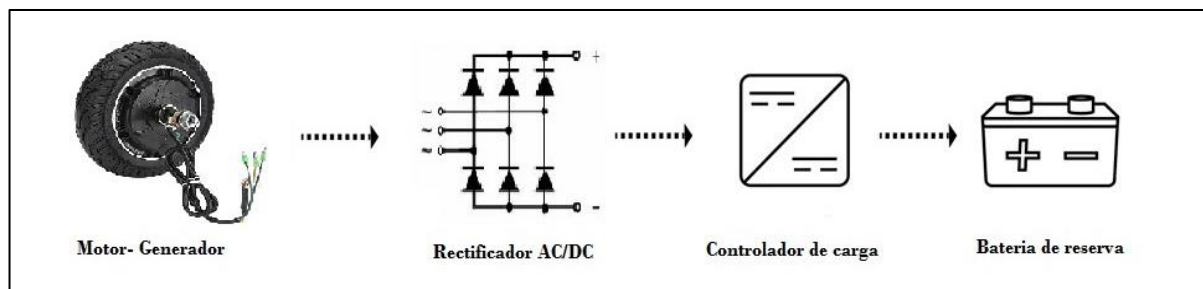


Figura 34: Etapas del sistema de carga y almacenamiento

Fuente: Autor

La señal eléctrica generada pasa por una etapa de rectificación trifásica, para luego llegar al controlador de carga el cual consta en su circuito un convertidor dc-dc, el cual tiene la función de mantener estas señales de salida en forma contante y continua, luego en la etapa de almacenamiento estos valores permitirán la carga de las baterías.

Para la selección del controlador de carga se parte de los datos más importantes del sistema, primero el voltaje de alimentación proveniente del generador a una velocidad de 35km/h en la que la rueda gira a 600 rpm da aproximadamente un valor de 50V, el fabricante de la batería recomienda cargar a 2.25V/celda ya que cada batería de ácido plomo de 12V está conformada por 6 celdas, como resultado se tiene que cada batería se debe cargar a un valor de 13.7V.

La visualización de los niveles de carga del sistema se observa en la pantalla del controlador, este indica si la batería se encuentra cargada al máximo o si necesita seguir en funcionamiento el sistema.

2.7.1. Rectificación de la corriente alterna

Mediante un puente rectificador trifásico de diodos se transforma la corriente alterna generada por el motor en corriente directa ya que es la indicada para cargar la batería de reserva y alimentar el resto de los componentes electrónicos del scooter eléctrico, en su interior los diodos son los que regulan la salida de voltaje como se observa en la Figura 35.

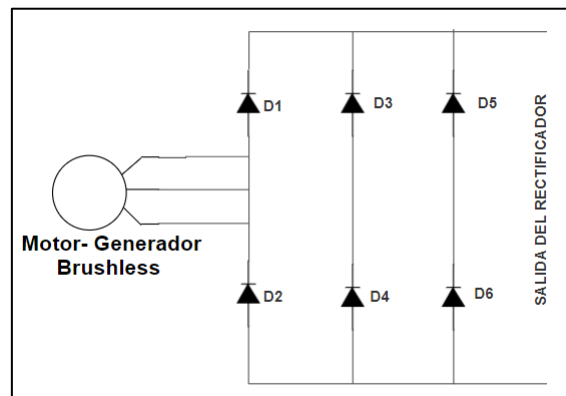


Figura 35: Circuito rectificador trifásico de onda completa.
Fuente: Autor.

El diodo rectificador corrige las señales de onda negativas dejando solo las positivas por lo que a su salida se tiene la onda resultante que muestra la Figura 36.

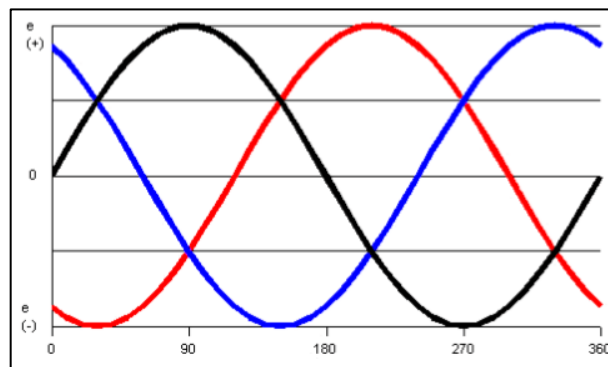


Figura 36: Rectificador trifásico de onda completa.
Fuente. (Tolocka, 2016)

Para una mayor comprensión se simuló en el software Proteus el funcionamiento del rectificador trifásico de onda completa, se puede observar en el osciloscopio la onda sinusoidal generada por el motor y la salida de la señal dc.

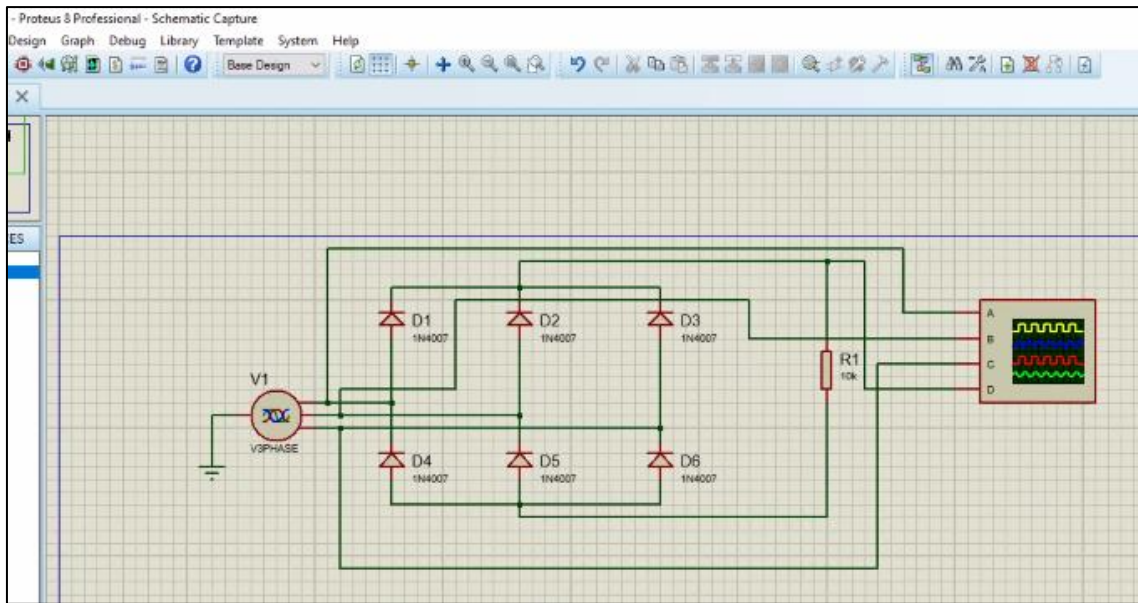


Figura 37: Circuito rectificador trifásico en software Proteus.

Fuente: Autor

Mediante la simulación en el software se puede observar las formas de onda generadas por el motor, de igual manera en su salida la señal ya es rectificada por el puente de diodos como se muestra en la Figura 38.

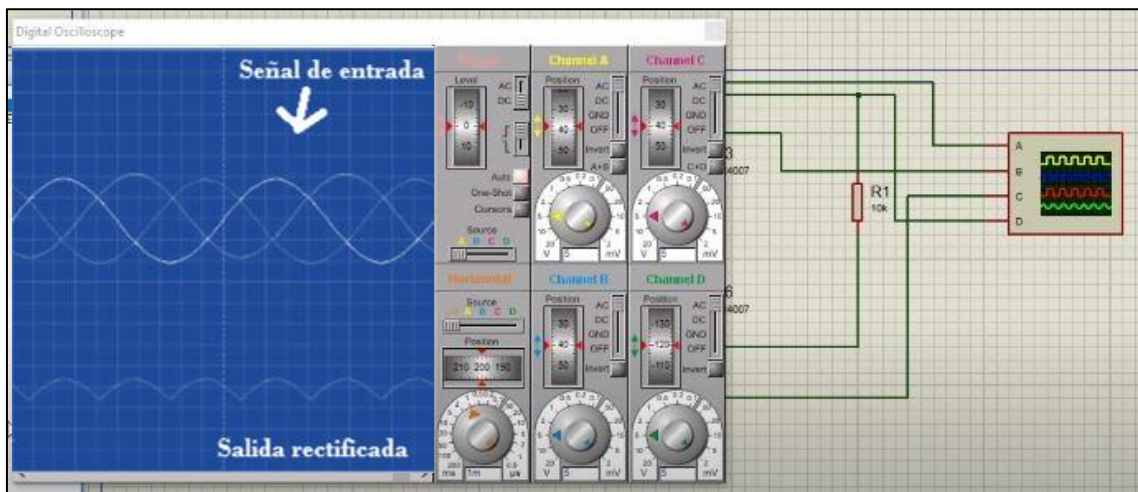


Figura 38: Análisis de señal en emulador de osciloscopio.

Fuente: Autor.

Para el cálculo del voltaje dc en la salida del rectificador se aplica la ecuación por ser un motor trifásico.

Dónde:

V_{dc}=Voltaje de salida

$$V_{dc} = \frac{3*\sqrt{3}}{\pi} * V \text{ fase} \quad (3)$$

$$V_{dc} = \frac{3*\sqrt{3}}{\pi} * 12V = 19,8 V$$

El motor tiene una potencia de 350W y el controlador está diseñado para soportar hasta 480W a 30A, de igual forma las baterías que se cargan deben estar conectadas de forma tal que tengan entre 12/24V por lo que se calcula mediante la ecuación la corriente que debe soportar el puente rectificador trifásico.

Dónde:

I_{dc}=Corriente de salida.

$$I_{dc} = \frac{P}{V} \quad (4)$$

$$I_{dc} = \frac{350W}{24V}$$

$$I_{dc} = 14,5A$$

Se calcula la corriente que pasa por cada diodo mediante la ecuación:

Donde:

I_{dc Diodo} =Corriente en cada diodo.

$$I_{dc \text{ Diodo}} = \frac{I_{dc}}{3} \quad (5)$$

$$I_{dc \text{ Diodo}} = 9,66A$$

2.7.1.1. Selección del rectificador trifásico de diodos

Una vez obtenidos los valores de voltaje y corriente se debe seleccionar el puente rectificador trifásico que cumpla con las características para acoplarse al motor-generador de imanes permanentes, mediante el giro de la rueda se genera fácilmente tensiones alrededor de 50V, como se indicó anteriormente para cargar las baterías una por una solo necesita 13.7V , el puente rectificador comercial que más se acerca a estos valores es el de la marca Moxal mostrado en la Figura 39 el cual soporta voltajes de 0 a 100V y regula a su salida para cargar baterías de 12V como lo realiza comúnmente en una motocicleta.



Figura 39: Rectificador trifásico de onda completa
Fuente. Mercadolibre.com

El controlador mostrado tiene un disipador de temperatura en su carcasa y consta de cinco cables de los cuales tres son las entradas para cada fase del motor-generador y los dos cables restantes son las salidas rectificadas que van hacia el controlador de carga.

2.7.2. Control de la señal rectificada

En esta etapa la señal rectificada se acopla al controlador de carga, este dispositivo va a ser el encargado de mantener la tensión de salida en un valor adecuado para la carga de la batería, lo cual se configura el controlador según el menú de funciones.

Este regulador PWM gestiona automáticamente el funcionamiento del generador y la batería ya que su microprocesador verifica el voltaje que entra y sale del sistema, además contiene una pantalla led en donde se puede observar los componentes conectados, también

cuenta con una la botonera para modificar los parámetros tales como: tipo de batería, modo de trabajo, voltaje de carga, conexión y desconexión por descarga de las baterías según sea necesario. Mediante la interfaz grafica se observan los parámetros en los que se encuentra la batería como se muestra en la Figura 40.

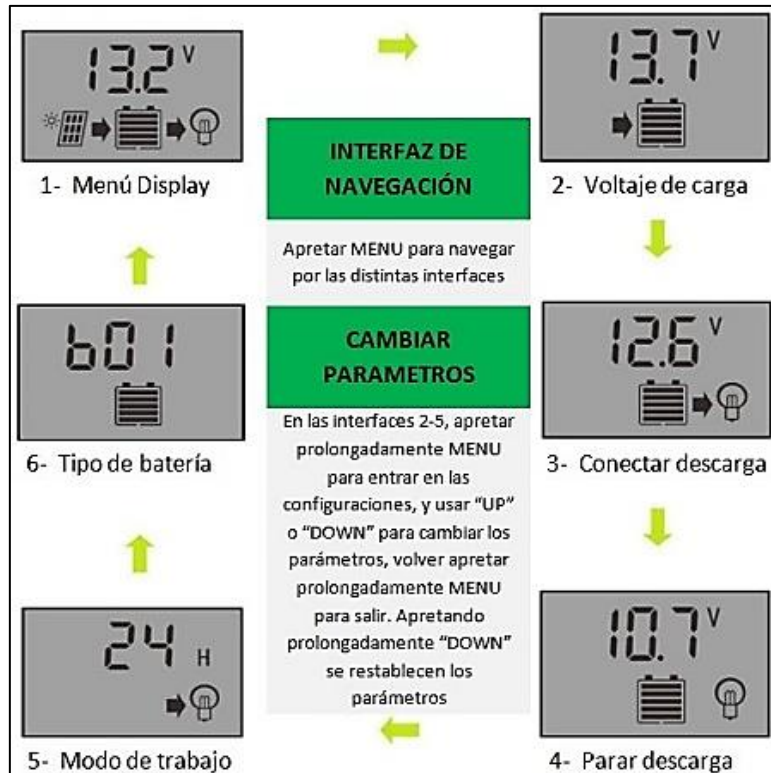


Figura 40: Menú de configuración del controlador

Fuente: (Generatuluz, 2018)

Al conectar las baterías se enciende automáticamente la pantalla del controlador indicando en su menú display la conexión de las mismas ya sea en 12 o 24V, cuando empieza a generarse energía se observa en la pantalla una gráfica de un panel solar que parpadea indicando que se están cargando las baterías, esto se puede verificar al girar la rueda suspendiéndola en el aire la cual indica que está operando el controlador de carga.

2.7.3. Almacenamiento de la energía generada

La batería de reserva que se optó por implementar son las de ácido plomo ya que tienen aproximadamente 2000 ciclos de vida útil y un bajo costo que resulta accesible para incorporar a cualquier sistema como se muestra en la Tabla 2.9

El controlador detecta el voltaje que tiene la batería según la conexión que tenga verifica constantemente el estado de la misma para ajustarse automáticamente y proporcionar la cantidad correcta de carga hacia la batería.

2.7.4. Cálculos de otros parámetros

Para el cálculo de la autonomía se lo realiza mediante la ecuación:

$$\text{Autonomía}_{\text{Km}} = \frac{\text{Voltios} \times \text{Corriente} \times \text{Velocidad máxima}}{\text{Potencia del motor}} \quad (6)$$

$$\text{Autonomía}_{\text{Km}} = \frac{48\text{V} \times 12\text{A} \times 35\text{km/h}}{350\text{W}} = 56,7 \text{ Km}$$

Mediante la ecuación se realiza el cálculo de la capacidad de la batería:

$$\begin{aligned} \text{Capacidad batería} &= V * \text{Ah} & (7) \\ &= 48\text{V} \times 12\text{Ah} \\ &= 576\text{Wh} \end{aligned}$$

Mediante la ecuación se estima aproximadamente el tiempo de carga necesario para las baterías:

$$\text{Tiempo de carga}_{(\text{hora})} = \frac{\text{capacidad de la batería (Ah)}}{\text{capacidad de intensidad producida}} = \frac{12 \text{ Ah}}{3 \text{ A}} = 4 \text{ horas} \quad (8)$$

Para el cálculo de la capacidad de carga se utiliza la ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Capacidad de carga} &= \text{Voltaje de la batería} \times \text{Intensidad de la batería} & (9) \\ &= 48\text{V} \times 12\text{Ah} = 576\text{W} \text{ (representan 57 Km de autonomía)} \end{aligned}$$

Con la ecuación se calcula la intensidad que consume el motor con las baterías principales:

$$\text{Intensidad del motor} = \frac{\text{Potencia(W)}}{\text{Voltaje(V)}} = \frac{350\text{W}}{48\text{V}} = 7,29\text{A} \quad (10)$$

En el caso de no tener una carga constante se debe calcular la duración de la energía almacenada en la batería en ese periodo de tiempo mediante la ecuación:

$$\text{Autonomía} = \frac{\text{Voltaje batería x Intensidad batería}}{\text{Voltaje batería x Intensidad consumida por el motor}} = \frac{576W}{336W} = 1.7 \text{ horas} \quad (11)$$

Mediante la ecuación se realiza el cálculo de la autonomía mínima:

$$\text{Autonomía}_{\min} = \frac{\text{Voltaje de la batería x Intensidad de la batería x Velocidad max del scooter}}{\text{Potencia del motor del scooter electrico}} \quad (12)$$

$$\text{Autonomía}_{\min} = \frac{48V \times 12Ah \times 25Km/h}{350W} = 41 \text{ Kilómetros}$$

Según los cálculos vistos anteriormente se puede mejorar la autonomía del scooter por medio del sistema de generación el cual alimenta a las baterías de reserva y permite incrementar la cantidad de kilómetros de recorrido, se debe considerar que los cálculos fueron basados en condiciones de funcionamiento perfectas por lo que están sujetos a cambios ya que el motor no siempre estará encendido y dependerá de la cantidad de bajadas que se encuentren en el trayecto de recorrido. El voltaje al final irá cayendo hasta que el sistema ya no tenga suficiente energía para seguir funcionando, en las baterías de ácido plomo cae aproximadamente a los 10.5V, momento en el cual se necesita cargar nuevamente las baterías.

Entre los elementos seleccionados se tienen 4 baterías de 12V 12Ah, un motor tipo hub de 350W, un controlador de carga solar de 30A y un rectificador trifásico que conjuntamente forman el sistema de generación y almacenamiento, todos los componentes anteriormente mencionados cuentan con sus protecciones eléctricas para un correcto funcionamiento.

CAPITULO III

Implementación y pruebas de funcionamiento

En el presente capítulo se detalla el proceso de implementación en el scooter eléctrico con los componentes que fueron seleccionados anteriormente, fue necesario realizar las pruebas respectivas y verificar el correcto funcionamiento de todo el sistema de generación y almacenamiento.

3.1. Conexión eléctrica final

A partir de los componentes seleccionados se realiza el diagrama eléctrico de la conexión del sistema de mejora de autonomía en el scooter, la conexión de los dispositivos cuenta con las protecciones eléctricas necesarias para tener una instalación segura y extender su adaptación a más scooters eléctricos vistos en el mercado. En la Figura 41 se muestra la conexión eléctrica de todo el sistema.

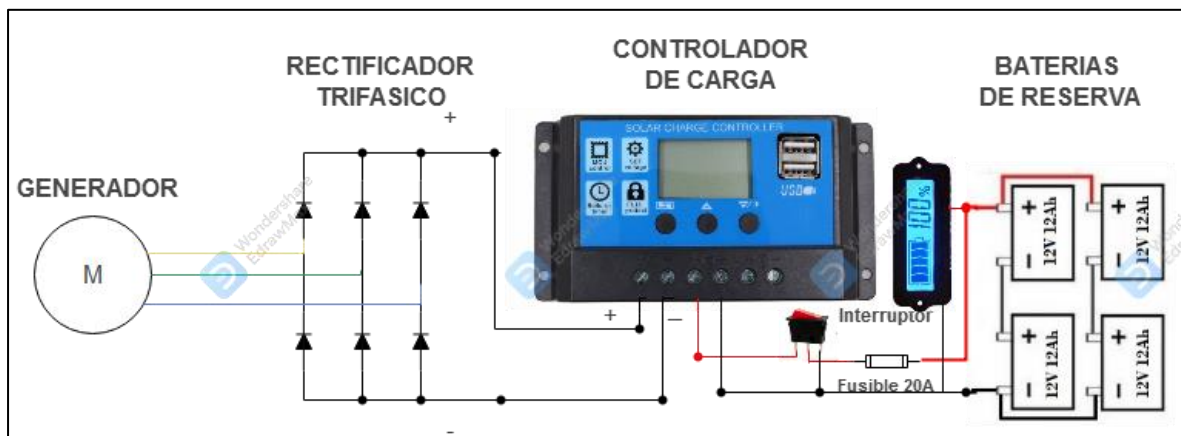


Figura 41: Conexión final de los elementos del sistema

Fuente: Autor

3.2. Etapa de obtención mecánica de energía eléctrica

Fue necesario realizar los cálculos necesarios para la selección del motor que pueda trabajar a su vez como generador ya que no todos pueden trabajar de ambas formas, el motor utilizado fue uno tipo hub de imanes permanentes, sin escobillas y con una potencia de 350W /48V.

Antes de la compra fue necesario revisar si el motor puede operar de tal modo que genere electricidad con el movimiento, ya que inclusive al ser nuevo algunos presentan fallas de fábrica. Mediante un indicador luminoso y el multímetro se giró el motor manualmente induciendo a que los campos magnéticos den una señal eléctrica y como resultado se enciende el foco, con ello se verifica que el motor puede operar en modo generador como se muestra en la Figura 42.



Figura 42: Verificación del funcionamiento en modo generador

Fuente: Autor

3.2.1. Modificación del eje para la rueda delantera

En este modelo de scooters tipo moto los motores vienen en su mayoría incorporados en la llanta trasera, se tuvo el inconveniente de la longitud del eje central del motor ya que no entraba con la holgura suficiente en la suspensión delantera por lo que fue necesario suspender el freno y modificar las cubiertas para adelgazar el ancho del motor, también se cortó el eje para evitar quedar sobreexposto a sus laterales, como resultado la rueda encaja en el centro como se muestra en la Figura 43.



Figura 43: Modificación del eje central de la rueda frontal

Fuente: Autor

Una vez acoplado su eje fue necesario retirar el sensor hall del motor y cambiar los cables de las 3 fases por unos de mayor calibre ya que en modo generación produce mayor corriente que podría sobrecalentar el conductor con el que vino el cual era muy delgado, el cable que sale del eje fue recubierto para su protección ya que gira conjuntamente con la rueda como se muestra en la Figura 44.



Figura 44: Modificación del cableado interno del motor

Fuente: Autor

El cableado que contiene las tres fases es recubierto por un aislante térmico como protección del ambiente externo y fue enviado internamente por la estructura del chasis hasta llegar a un conector de tres terminales del rectificador trifásico como se muestra en la Figura 45.



Figura 45: Cableado interno del sistema

Fuente: Autor

3.3. Etapa de rectificación trifásica

El rectificador fue ubicado con pernos en el chasis para derivar la corriente sobrante a masa además su carcasa tiene un dissipador de calor protegiéndolo de temperaturas de hasta 75 grados, el rectificador quedó instalado como se muestra en la Figura 46.

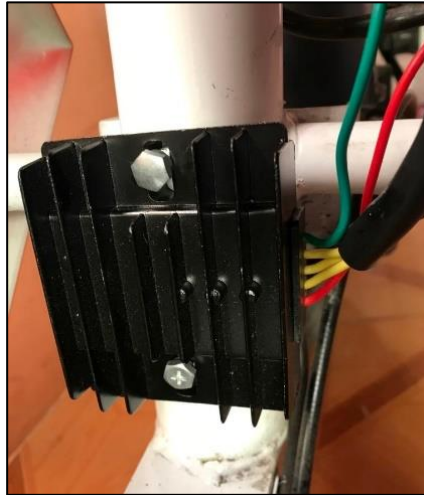


Figura 46: Instalación del rectificador trifásico

Fuente: Autor

3.4. Etapa de control de carga

Para evitar daños en el controlador primero se conecta el cable positivo y negativo proveniente de la batería y se ajusta en la bornera del controlador, luego se conecta los dos cables de la salida del rectificador. Para verificar de manera inicial la correcta conexión se suspende la rueda frontal en el aire y se la hace girar de forma manual a lo que inmediatamente se visualiza el gráfico de carga del sistema como se muestra en la Figura 47.



Figura 47: Indicador gráfico al entrar en modo de carga

Fuente: Autor

El controlador fue ubicado en la parte inferior del asiento del conductor, a pesar de que cuenta con su cubierta este lugar es el más adecuado para mantener resguardada su placa electrónica del ambiente exterior, además el usuario necesita visualizar en su pantalla la carga de las baterías, el dispositivo también cuenta dos puertos USB con salida de 5V que pueden ser usados para cargar dispositivos móviles.

3.5. Etapa de acumulación de energía

Finalmente, toda la energía llega a la etapa de almacenamiento en las baterías de reserva, fue necesario usar la configuración en serie para no sobrepasar los parámetros del del sistema y sus protecciones teniendo así una carga proporcional de las 4 baterías, para esta conexión se usó cable calibre 14 y terminales planos de batería. Las uniones de los cables llevan suelda de estaño y recubrimiento de cinta térmica, se realizó la medición para comprobar su correcta conexión como se muestra en la Figura 48.



Figura 48: Medición de la conexión en serie de las baterías

Fuente: Autor

3.5.1. Protección de los componentes

El controlador de carga trae consigo protecciones para sobrecargas y cortocircuitos, adicionalmente se colocó interruptores de corriente y fusibles para el encendido y apagado del sistema implementado, el usuario decide si mantiene en funcionamiento la carga de las baterías de reserva o conduce el scooter de manera normal.

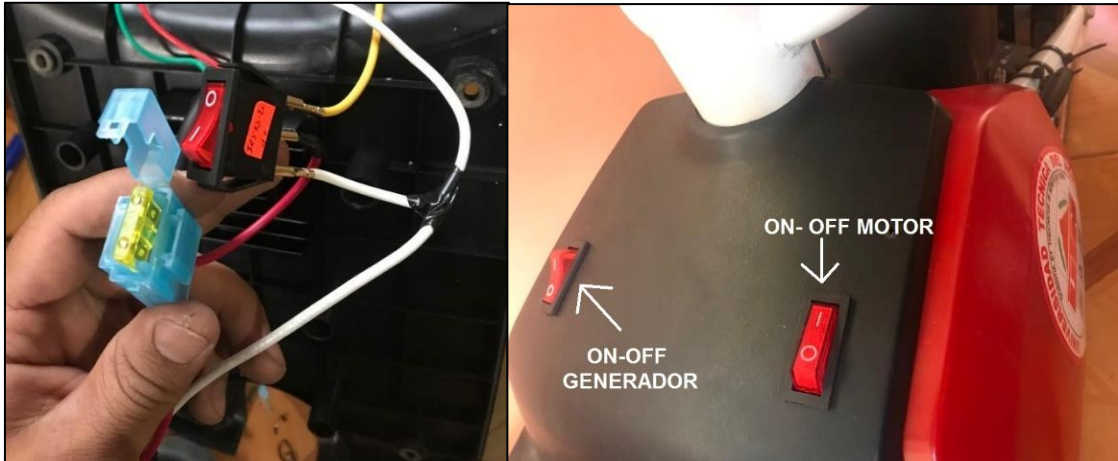


Figura 49: Instalación de protecciones eléctricas
Fuente: Autor

3.6. Aspecto final del vehículo eléctrico

Los componentes implementados no afectan la maniobrabilidad del conductor, además se decidió desarmar por completo el vehículo para cambiar el color del vehículo ya que representa un proyecto realizado para la universidad, finalmente con las modificaciones e implementación del sistema en el scooter eléctrico se tiene un peso total de 55 Kg.



Figura 50: Pintura y acabados finales del scooter eléctrico
Fuente: Autor

3.7. Pruebas de recorrido del scooter eléctrico

Se realizaron pruebas del mejoramiento de la autonomía mediante la aplicación móvil Strava y un ciclocomputador inalámbrico con el cual se registró por GPS la ruta geográfica, distancia de recorrido y la velocidad a la que puede moverse el scooter con o sin el sistema implementado, además se registró el incremento del porcentaje energético obtenido en las

baterías de reserva, las pruebas de recorrido fueron realizadas en los sectores de la ciudad de Ibarra:

Recorridos: Se realizó pruebas especialmente en bajadas en donde el sistema aprovecha la generación de energía debido a la inercia que tiene el vehículo al descender, los recorridos fueron realizados desde la Panamericana Norte sector San Antonio hasta la entrada de Ibarra sector La Florida que comprende una distancia de 4 Km y como segunda prueba se la realizó en la Av. El Retorno hasta el sector de los Ceibos con una distancia de 3,56 Km.

Peso: El vehículo tiene un peso de 47.5 Kg y el peso del conductor no varía ya que todas las pruebas realizadas fueron con la misma persona la cual pesa 70 Kg.

Carga de baterías: Las pruebas se realizaron con las baterías principales totalmente cargadas y las baterías de reserva descargadas.

Velocidad del vehículo: Debido al grado de inclinación de la vía se logra llegar a una velocidad máxima de 31 Km/h manteniendo la misma condición en todas las pruebas.

3.7.1. Pruebas sin el sistema de mejora de autonomía

Las pruebas fueron realizadas sin la implementación del sistema en el vehículo es decir como vino originalmente ensamblado, las mediciones obtenidas de autonomía fueron con una completa carga de las baterías principales las cuales inicialmente sumaban 54V, en un recorrido diario del scooter por toda la ciudad de Ibarra se tuvo una duración aproximada de 3 horas movilizándose a una velocidad promedio de 15 Km/h, se logró recorrer una distancia de 32 Km agotando totalmente las baterías, se realizaron varias pruebas ya que las paradas y aceleraciones del scooter varían según el tráfico vehicular. El punto verde indica el inicio e igualmente fue la llegada del trayecto recorrido por la ciudad de Ibarra.

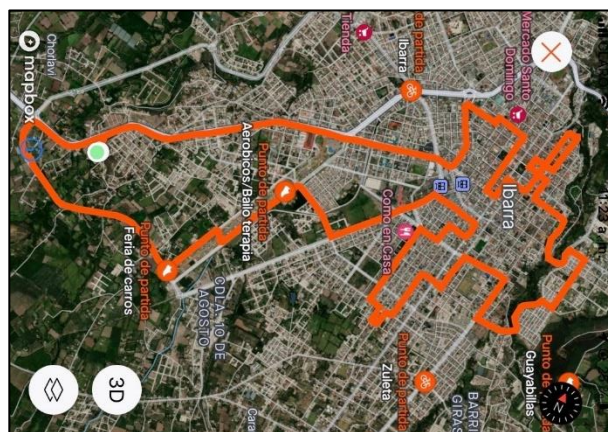


Figura 51: Prueba de recorrido sin implementar el sistema

Fuente: App Strava

En la Tabla 3.1 se muestra los resultados de velocidades, tiempos de operación, distancia de recorrido y el porcentaje de batería.

TABLA 3.1 Pruebas sin implementar el sistema de mejora de autonomía

Número de Prueba	Velocidad mínima (Km/h)	Velocidad máxima (Km/h)	Batería inicial (%)	Número de paradas	Tiempo operativo(min)	Recorrido(km)
P1	10	20	100	10	02:51:46	30
P2	12	18	100	9	03:06:24	32
P3	8	15	100	13	02:44:34	29
P4	10	15	100	17	02:36:17	27

Fuente: Autor

3.7.2. Pruebas sin activar el sistema de mejora de autonomía instalado.

Se realizó pruebas de recorrido con el sistema instalado en el scooter eléctrico, pero no fue activado para verificar como afecta el peso añadido de los componentes a su autonomía diaria en el mismo trayecto visto anteriormente, de igual forma el punto verde indica el inicio y final del recorrido como se muestra en la Figura 52.

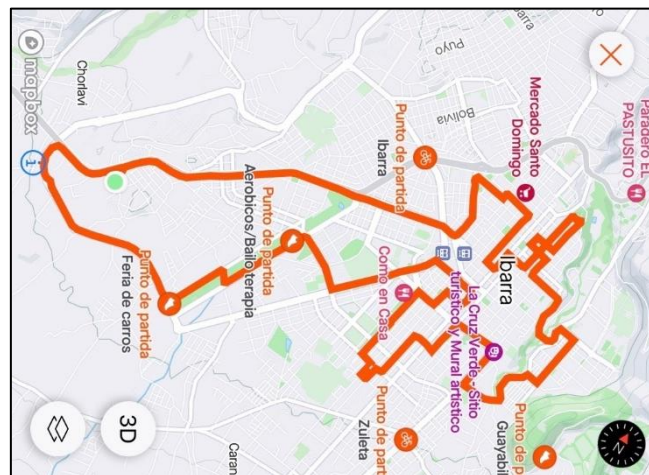


Figura 52: Prueba de recorrido sin activar el sistema implementado

Fuente: App Strava

En la Tabla 3.2 se muestra los resultados de velocidades, tiempos de operación, distancia de recorrido y el porcentaje de batería.

TABLA 3.2 Pruebas sin operar el sistema de mejora de autonomía implementado

Número de Prueba	Velocidad mínima (Km/h)	Velocidad máxima (Km/h)	Batería inicial (%)	Número de paradas	Tiempo operativo (min)	Recorrido (km)
P1	8	20	100	14	02:49:32	28
P2	10	18	100	10	03:01:23	30
P3	10	15	100	15	02:35:11	26
P4	10	15	100	18	02:28:54	24

Fuente: Autor

3.7.3. Pruebas de recorrido con el sistema de mejora de autonomía operativo.

El sistema fue activado en el primer trayecto en bajada el cual inició en sentido Noroeste desde la E35 Panamericana Norte en sector Natabuela y finalizó en el sector La Florida con una distancia total recorrida de 4 Km como se muestra en la Figura 53.

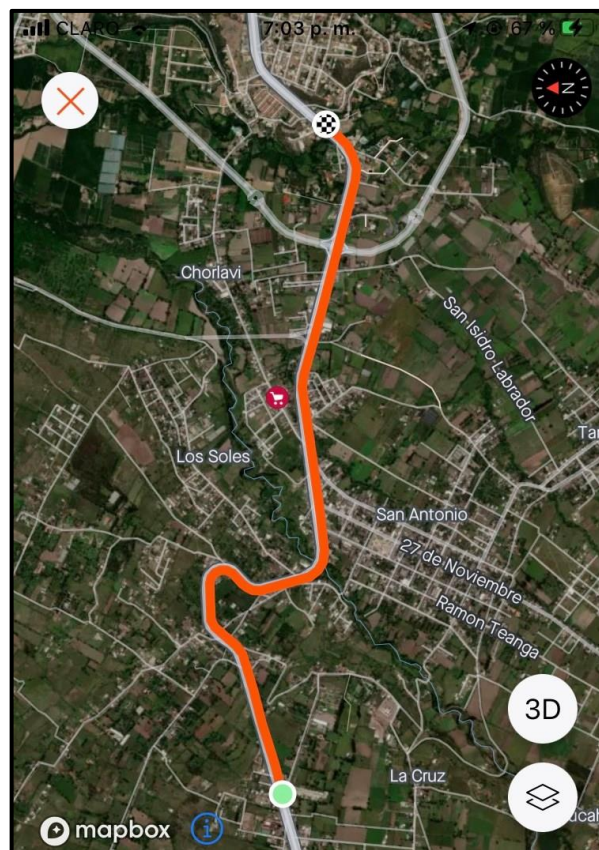


Figura 53: Recorrido del trayecto 1

Fuente: App Strava

En la Tabla 3.3 se muestra los resultados de velocidades, tiempos de operación, distancia de recorrido y el porcentaje de carga en la batería.

TABLA 3.3 Pruebas con el sistema de mejora de autonomía operativo

Número de Prueba	Velocidad mínima (Km/h)	Velocidad máxima (Km/h)	Número de paradas	Tiempo operativo(min)	Recorrido(km)	Carga de Batería (%)
P1	22	31	0	00:07:55	4	25
P2	25	30	2	00:08:10	3.98	15
P3	25	31	1	00:07:49	4	23
P4	24	30	1	00:07:52	4	21

Fuente: Autor.

Se detalla el segundo trayecto en bajada la cual inicia en sentido Sur-Norte desde la Av. El retorno en el sector La Esperanza finalizando a la altura del sector Los Ceibos lo cual comprende la distancia total de 3,56 Km, se muestra en la Tabla 3.4 los resultados obtenidos.

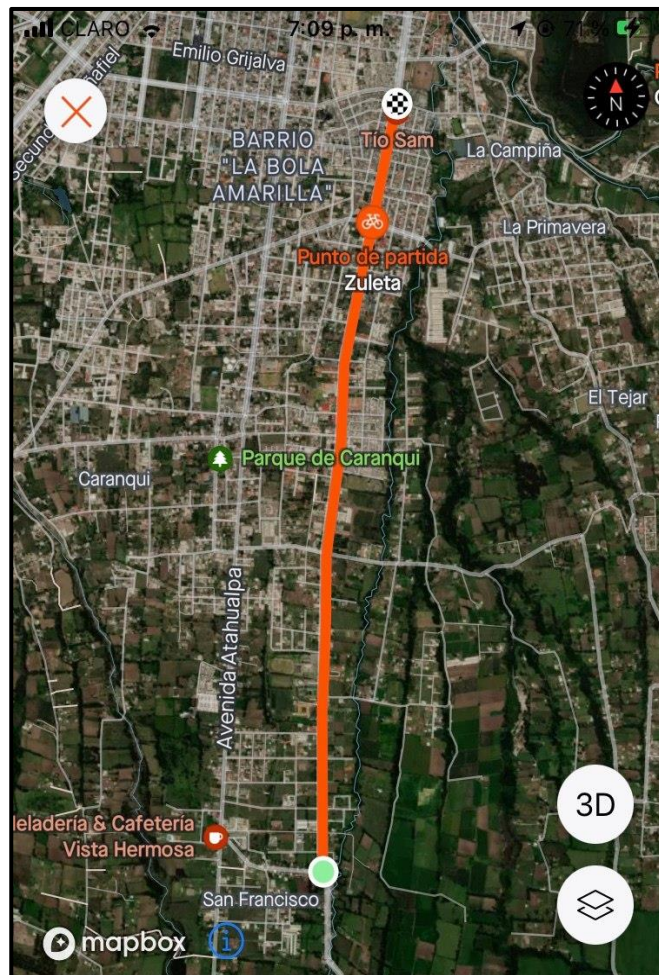


Figura 54: Recorrido del trayecto 2

Fuente: App Strava.

TABLA 3.4 Pruebas con el sistema de mejora de autonomía operativo

Número de Prueba	Velocidad mínima (Km/h)	Velocidad máxima (Km/h)	Número de paradas	Tiempo operativo(min)	Recorrido(km)	Carga de Batería (%)
P1	25	30	0	00:08:18	3.56	20
P2	24	29	0	00:08:33	3.56	17
P3	26	31	0	00:08:10	3.56	22
P4	26	28	0	00:08:36	3.56	16

Fuente: Autor

En la Figura 55 se muestra la relación entre la velocidad y la distancia de recorrido en donde se aprecia que en proporción a la velocidad se obtiene mayor autonomía, es decir se puede recorrer aproximadamente 10 kilómetros más posteriores a la descarga de su batería principal.

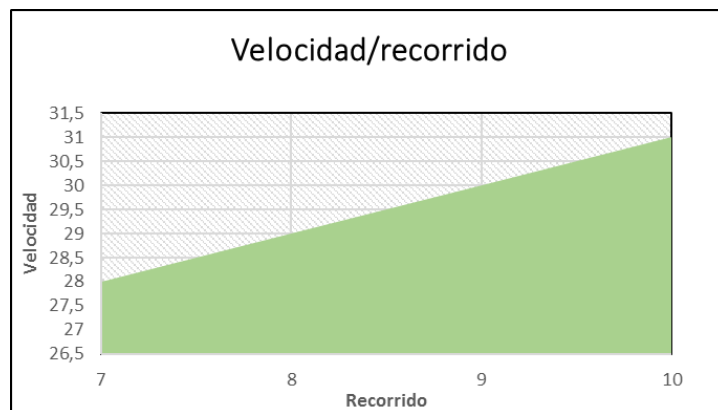


Figura 55: Gráfica de la relación velocidad/recorrido

Fuente: Autor

3.7.4. Comportamiento de las señales eléctricas respecto a la velocidad

Una vez realizadas las pruebas con el sistema operativo en los recorridos antes mencionados se pudo observar la variación de corriente y voltaje respecto a la velocidad a la que se mueve el vehículo, los valores obtenidos son medidos a la salida del controlador de carga hacia las baterías y se muestran en la Figura 56.



Figura 56: Medición de señales eléctricas de carga

Fuente: Autor

Los valores obtenidos de las mediciones se muestran en la Tabla 3.5:

TABLA 3.5 Pruebas de corriente y voltaje con el sistema operativo

Número de Prueba	Velocidad (Km/h)	Voltaje(V)	Corriente (I)	Estado de carga total(V)
P1	10	13.2	4.2	42.1
P2	15	13.7	5.1	44.6
P3	20	13.9	6.1	47.3
P4	25	14.2	8.3	49.1
P5	30	14.4	10.0	51.3

Fuente: Autor

Si la velocidad es demasiado baja no genera carga en las baterías de reserva, conforme se va incrementando su velocidad la corriente de carga se eleva hasta llegar al punto de generación como muestra la Figura 57.

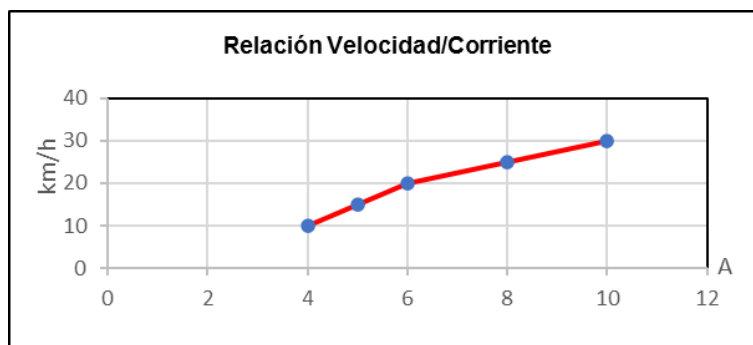


Figura 57: Gráfica de la relación velocidad/corriente

Fuente: Autor

3.8. Análisis de los resultados obtenidos en las pruebas de mejora en la autonomía

Por último, tras haber realizado diversas pruebas necesarias en el scooter eléctrico por los trayectos de la ciudad de Ibarra, se comparó el porcentaje de mejora en la autonomía que se obtuvo implementando el sistema, se tomó en cuenta las velocidades y distancias recorridas que lograron producir carga en las baterías de reserva y con ello el aumento de la distancia del recorrido mejorando así aproximadamente un 25% la autonomía del scooter eléctrico.

Los porcentajes de mejora en la autonomía son mostrados en la Tabla 3.6

TABLA 3.6 Porcentaje de la mejora de autonomía

Número de prueba	Velocidad (Km/h)	Distancia recorrida sin sistema de autonomía (Km)	Distancia recorrida con sistema de autonomía (Km)	% mejora
1	10	35	44	25,71
2	11	35	44	25,71
3	12	35	44	25,71
4	13	35	44	25,71
5	14	34	43	23,53
6	15	34	43	23,53
7	16	33	41	24,24
8	17	33	41	24,24
9	18	33	40	21,21
10	19	32	39	21,88
11	20	32	39	21,88
12	21	32	39	21,88
13	22	32	39	21,88
15	23	32	39	21,88
16	24	32	39	21,88
17	25	31	38	22,58
18	26	31	38	22,58
19	27	30	36	20,00
20	28	30	35	16,67
21	29	29	35	20,69
22	30	28	35	25,00

Fuente: Autor

Los valores anteriormente mostrados reflejan un porcentaje promedio del 22,78 % de mejora, se compara ambas distancias de recorrido con y sin el sistema implementado da como resultado un aumento de 10 Km en la autonomía del scooter eléctrico.

Como se muestra en la Figura 58 las curvas de aproximación son el resultado de las distancias recorridas en relación a la velocidad del scooter, por ende se aprecia que hay un leve decrecimiento del recorrido a medida que aumenta la velocidad, se observa un incremento en su autonomía de entre 20 a 25 % cuando está en operación el sistema con las baterías de reserva. La producción de carga en las baterías tiene variaciones por lo cual se configura y prueba el vehículo en relación a la velocidad, distancia y tiempo de carga dando así una validación al sistema implementado.

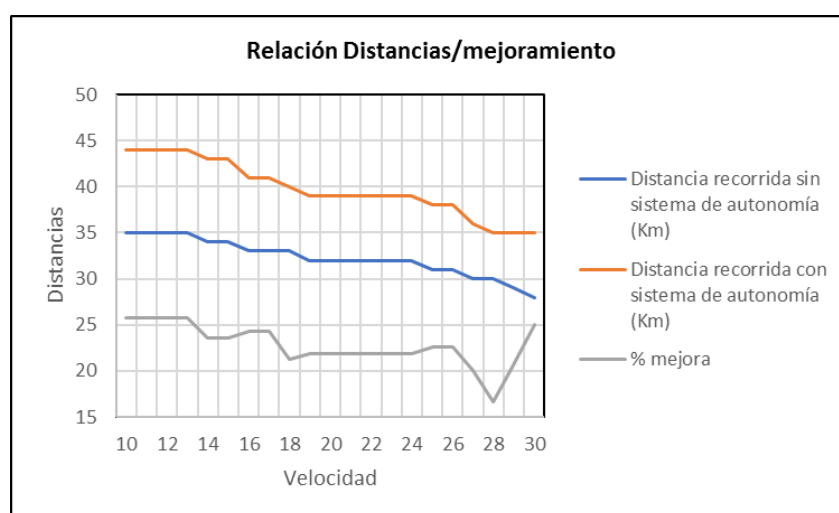


Figura 58: Grafica de la relación distancias /mejoramiento

Fuente: Autor

3.9. Presupuesto Total

Para la adquisición de los materiales se realizó un presupuesto el 4 de noviembre del 2021, se detalla en la Tabla 3.7 la lista de los mejores precios obtenidos con la ayuda de las siguientes empresas: Mundo electrónico, Yama Motos, Energy motos, Mac International Macev S.A.S, ElectroEcuador, Autec, EcoSol y ZP motos eléctricas.

TABLA 3.7 Presupuesto de la implementación del sistema

Materiales	Cantidad	Precio unitario (\$)	Total (\$)
Torneado de cubiertas del motor	2	10	20
Modificación eje de la rueda.	1	5	5
Motor Generador 350w	1	200	200

Rectificador Trifásico	1	23	23
Baterías 12V 12Ah	4	60	240
Controlador de carga	1	25	25
Cable AWG 14	5 m	4	4
Cinta Aislante	1	0.80	0.80
Cinta termo encogible	2m	3	3
Switch de 3 pines	3	0.70	2.10
Portafusibles	3	1.50	4.50
Fusibles de protección	3	0.25	0.75
Velocímetro digital	1	15	15
Caja metálica	1	25	25
Pintura en aerosol	2	3	6
Scooter eléctrico tipo moto	1	420	420
TOTAL:			994.15

Fuente: Autor

3.9.1. Fotos del vehículo y su sistema en funcionamiento

Finalmente se implementó los componentes seleccionados en el chasis del scooter eléctrico y se verifica el correcto funcionamiento de los mismos, adicionalmente se realiza un cambio de color ya que este proyecto representa a la institución en donde fue realizado. La información de las pruebas de autonomía realizadas es recopilada en base a las distancias recorridas y velocidades alcanzadas que se muestran en la Tabla 3.6 con el sistema de generación y almacenamiento operativo, el vehículo se encuentra en perfecto estado tanto estético como funcional como se muestra en la Figura 59.



Figura 59: Vehículo ensamblado y funcional

Fuente: Autor

CONCLUSIONES

- El sistema de generación y almacenamiento implementado en el scooter eléctrico genera un incremento teórico del 22,78% lo que implica un aumento de 10 Km en su autonomía tras el agotamiento de sus baterías principales.
- El scooter eléctrico con el sistema implementado logra alcanzar una velocidad máxima de 31 Km/h y transportar un peso equivalente a 80 Kg, además actualmente no existen modificaciones similares en estos vehículos, por lo tanto esta idea es innovadora y aporta en la movilidad sostenible de la ciudad.
- Las pruebas de funcionamiento realizadas permitieron verificar algunos parámetros que afectan los resultados como el tipo de calzada, modo de conducción. En ambas rutas el vehículo descendió favorablemente sin fallas en el sistema.
- Los componentes del sistema implementado tales como el motor, regulador, controlador y baterías son capaces de adaptarse fácilmente a la estructura de scooters eléctricos de dimensiones similares.

RECOMENDACIONES

- Para mejorar aún más su autonomía es necesario alivianar el peso del chasis del vehículo fabricándolo en aluminio o carbón, así como la utilización de baterías de ion litio.
- Es recomendable adquirir conjuntamente los materiales para reducir el precio al ensamblar el vehículo.
- El conductor del scooter eléctrico debe manejarlo de forma moderada ya que las aceleraciones bruscas consumen mayor cantidad de energía, de igual manera al tener subidas pronunciadas se recomienda no forzar al vehículo más allá de su límite de fabricación permitida.
- Se recomienda implementar el sistema en scooter eléctricos de mayor capacidad incentivando a la modificación y creación de nuevas tecnologías.

REFERENCIAS

- Albert, A., Nefzger, E., & Sorge, N. (17 de Noviembre de 2018). *Alemania se prepara para el auge de los patinetes eléctricos*. Obtenido de <https://www.spiegel.de/wirtschaft/unternehmen/e-scooter-deutschland-ruestet-sich-fuer-den-boom-der-elektroroller-a-1238874.html>
- Aliexpress. (2020). *Generador de CC de imán permanente de alta potencia y baja velocidad, 12V, 24V, 36V, 250W/350W, batería hidráulica de pie de manivela*. Obtenido de <https://es.aliexpress.com/item/33001075691.html>
- Avilés, J. C. (Noviembre de 2017). *Movilidad Sostenible en Ecuador*. Obtenido de <https://www.emov.gob.ec/sites/default/files/Juan%20Carlos%20%C3%81viles%20-%20Movilidad%20Sostenible%20en%20Cuenca%20SIM.pdf>
- Awalt, A. (02 de Enero de 2019). *Circuitos de batería en serie y paralelo*. Obtenido de <https://www.digikey.com/es/blog/series-and-parallel-battery-circuits>
- Baterías y Amperios. (7 de Abril de 2014). *Conexiones en serie y en paralelo para varias baterías*. Obtenido de <https://bateriasyamperios.wordpress.com/2014/04/07/conexiones-en-serie-y-en-paralelo-para-varias-baterias/>
- Bertran, J. M. (Marzo de 2017). *Métodos de estimación del estado de carga de*. Obtenido de https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/104855/TFG_Jaume_Martinez_Metodos_de_estimacion_del_estado_de_carga_de_baterias_electroquimicas.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cardenas, A. (Abril de 2015). *Nómadas Electrónicos*. Obtenido de <https://nomadaselectronicos.wordpress.com/2015/04/12/convertidores-dcdc-buck/>
- Castillo, R., Martínez, R., Suárez, C., & Campos, I. (2018). *Prototipo electromecánico didáctico para apoyar en la enseñanza sobre turbinas eólicas*. Obtenido de http://www.lajpe.org/dec18/12_4_13.pdf
- CENERGIA. (20 de Marzo de 2018). *Motos Eléctricas en Perú ¿Cuánto ahorran?* Obtenido de <https://cenergia.org.pe/blog/motos-electricas-peru-cuanto-ahorran/>
- Ciclosfera. (27 de Noviembre de 2012). Obtenido de <https://ciclosfera.com/a/que-es-una-bicicleta-electrica>

- DIREENERGY. (14 de Noviembre de 2020). *¿Qué son los controladores de carga PWM y MPPT?* Obtenido de <https://www.direenergy.net/index.php/blog/cargador-bateria-solar-pwm-mppt/>
- Dufour, J. (21 de Abril de 2009). *Coche eléctrico frente al convencional mejor ven en metro.* Obtenido de Madrid +: <https://www.madrimasd.org/blogs/energiasalternativas/2009/04/21/116803>
- ECOMOVE. (2020). Obtenido de <https://ecomove.com.ec/producto/eb/>
- Electricbike. (2015). *14 pulgadas bicicleta eléctrica del motor de cubo de 30km/h 500W Bicicleta eléctrica China Kit Bicicleta eléctrica.* Obtenido de https://es.made-in-china.com/co_chinae-bicycle/product_14-Inches-Electric-Bike-Hub-Motor-30km-H-500W-Electric-Bike-China-Electric-Bike-Kit_eoeroeugy.html
- Electroparc. (2020). *Scooter MTG eléctrico.*
- EnDev/GIZ, P. (Marzo de 2013). *Manual de instalación de un sistema fotovoltaico domiciliario.* Obtenido de https://energypedia.info/images/0/0b/Gu%C3%ADa_de_instalaci%C3%B3n_de_SFD_-_2013.pdf
- Enríquez, G. (2004). *El Libro Practico De Los Generadores, Transformadores Y Motores Electricos.* Mexico: Limusa.
- Frías Marin, P., & Perales, C. (2019). *Aspectos Medioambientales del vehículo eléctrico.* Obtenido de <https://www.iit.comillas.edu/docs/IIT-19-041A.pdf>
- Garcia, M. C. (2017). *Diseño electroagnetico de un generador electrico para turbina eolica de 100km.* Obtenido de <https://1library.co/document/zw5k4g1z-diseno-electromagnetico-generador-electrico-turbina-eolica-kw.html>
- Generatuluz. (2018). *Funciones de un regulador solar PWM.* Obtenido de <https://www.generatuluz.com/tu-propia-instalacion-aislada/controladores-carga/reguladores/funciones-regulador-solar-pwm/>
- Gozalez, S., Ramos, A., Mendez, F., Gonzalez, J., & Cortés, J. (2010). *PROYECTO DE CONVERSIÓN DE UN AUTOMOVIL DE COMBUSTIÓN INTERNA EN ELÉCTRICO.* Obtenido de <https://docplayer.es/2549321-Proyecto-de-conversion-de-un-automovil-de-combustion-interna-en-electrico.html>
- Hoyos, J. F., Montoya, A., Diez, A. E., & Bohórquez, J. A. (30 de Julio de 2014). *Investigación, diseño y prototipo de una bicicleta eléctrica y tecnologías emergentes*

en baterías. Obtenido de file:///C:/Users/cristian/Downloads/Dialnet-InvestigacionDisenoYPrototipoDeUnaBicicletaElectri-5001677%20(1).pdf

Isla, L., Martin, S., Manuel, R., & Isabel, G. (Marzo de 2019). *Análisis de tecnología, industria, y mercado para vehículos eléctricos en América Latina y el Caribe.*

Obtenido de

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

Jimbo Tacuri, J. (Febrero de 2015). *Caracterización del funcionamiento de un motor eléctrico de corriente continua sin escobillas brushless con 1000 watts de potencia.* Obtenido de file:///C:/Users/cristian/Downloads/UPS-CT004742%20(9).pdf

Jmotoblogs. (2020). *DIAGRAMA ELECTRICO DE MOTOS.*

Martínez, M. A. (21 de Noviembre de 2021). *Motores con escobillas y sin escobillas: ¿Cuál es su diferencia?* Obtenido de <https://ronixtools.com/es/blog/brushless-and-brushed-motors-whats-their-difference/>

Mayoral, J. J. (2019). *TECNOLOGÍAS DE ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA CON ENFASIS EN ELECTROQUÍMICA.* Obtenido de

http://www.upt.edu.mx/Contenido/Investigacion/Contenido/TESIS/MER/2019/MER_T_2019_01_JMH.pdf

mercadolibre. (2021). *Controlador De Carga Solar Mppt 30 Amperios .* Obtenido de https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-505141642-controlador-de-carga-solar-mppt-30-amperios-30a-real-_JM

Navas, M. Á. (20 de Abril de 2019). *Patinetes eléctricos: toda la información.* Obtenido de <https://www.profesionalreview.com/2019/04/20/patinetes-electricos-toda-la-informacion/>

nbelectricmotor. (2022). *Motor de buje.* Obtenido de <http://es.nbelectricmotor.com/bldc-g geared-hub-motor-wheel/54284137.html>

OEFA. (2016). *La contaminación sonora en Lima y Callao.* Obtenido de https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=19087

Omicron. (2020). *Pruebas de diagnóstico y monitoreo de máquinas rotativas.* Obtenido de file:///C:/Users/cristian/Downloads/Rotating-Machines-Testing-and-Monitoring-Brochure-ESP.pdf

- Ortiz Perugachi, B. (06 de Febrero de 2018). *CICLO DE VIDA;BATERÍAS CONVENCIONALES*. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7911/2/ART%C3%8DCULO.pdf>
- Rangel, J. E. (2012). *ELECTRÓNICA BÁSICA EN REPARACIÓN DE MOTOCICLETAS*. Obtenido de <https://www.mecanicoautomotriz.org/1263-manual-electricidad-electronica-basica-reparacion-motocicletas>
- Real Academia Española. (2014). *Diccionario de la lengua española*. Madrid.
- RENOVAENERGIA. (2009). *Batería de ciclo profundo*. Obtenido de https://www.renova-energia.com/productos/baterias_ritar_rt12120_12v12ah-2/
- Rotofrance. (2021). *Capacitación Rotofrance: Tipos de reguladores de Voltaje*. Obtenido de <https://talleractual.com/mas-productos/moto-actual/tecnica-al-dia/8422-capacitacion-rotofrance-tipos-de-reguladores-de-voltaje>
- Santana, V. (2016). *Análisis de la implantación del uso de vehículos eléctricos como aporte al cambio de la matriz productiva y su impacto en la no utilización de combustibles fósiles en el Ecuador*. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/17744/1/VEHICULOS%20ELECTRICOS%2031-05-2016%20revisado%20TGC%20%282%29.pdf>
- Technosun. (04 de Febrero de 2010). *¿Las baterías de plomo-ácido pueden ser competitivas actualmente?* Obtenido de <http://blog.technosun.com/puede-ser-competitiva-actualmente-la-bateria-de-plomo-acido/>
- Tolocka, E. (16 de 08 de 2016). *Introducción a los sistemas trifásicos*. Obtenido de <https://www.profetolocka.com.ar/2016/09/20/introduccion-a-los-sistemas-trifasicos/>
- Twenergy. (5 de Agosto de 2019). *Tipos de Patinetes Eléctricos*. Obtenido de <https://twenergy.com/patinetes-electricos/tipos-de-patinetes-electricos/>
- Valera, L. I. (2011). *Los vehículos eléctricos*. Obtenido de https://www.nebrija.com/la_universidad/facultades/facultad-artes-letras/actividades/AulaPluriligie/articulos/LoretoRoas-coches-electricos.pdf
- Vargas Morales, I., Pérez Venzor, J., Cota Ruiz, J., Castellanos García, M., Nuñez Ortega, O., Romero González, J., & González Saucedo, A. (Abril de 2015). *Control de un convertidor CD-CD tipo buck por medio del*. Obtenido de <file:///C:/Users/cristian/Downloads/Dialnet-ControlDeUnConvertidorCDCDTipoBuckPorMedioDelMicro-7100116.pdf>

Zuñiga, V. (Octubre de 2014). *Propuesta de las características técnicas de un vehículo eléctrico para uso privado en Lima Metropolitana*. Obtenido de https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5767/ZU%C3%91IGA_VICTOR_VEHICULO_ELECTRICO_PRIVADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ANEXOS

ANEXO 1 Fabricación de la caja para baterías



ANEXO 2 Ficha Técnica del Regulador de carga solar SCC-20A-PWM-LCDg



FICHA TÉCNICA

Código: SCC-20A-PWM-LCD

REGULADOR DE CARGA SOLAR **SCC-20A-PWM-LCD**

Los paneles fotovoltaicos son una fuente de electricidad limpia y ecológica. Sin embargo, obtener esta energía plantea una serie de desafíos para los diseñadores de dispositivos. La cantidad de energía producida por el panel depende en gran medida del ángulo de incidencia y la intensidad de la luz que incide en la superficie de células. Esto, a su vez, lleva a parámetros de alimentación de salida inestables, ya que incluso el sombreado de una pequeña parte del panel puede reducir drásticamente la eficiencia.

La solución óptima a los problemas anteriores consiste en utilizar un conjunto formado por un panel fotovoltaico, una batería y un regulador de carga. Este conjunto permite garantizar parámetros de alimentación constante a las cargas, así como almacenar la energía producida de forma excesiva para poder utilizarla posteriormente.

El regulador de carga solar SCC-20A-PWM-LCD permite conectar los paneles conectados entre sí tanto en serie como en paralelo - recuerde no exceder los valores de corriente y tensión permitidos en la entrada del dispositivo. Debido a las características de trabajo de los reguladores PWM, conviene recordar que cuando los paneles están conectados en serie, la tensión de salida nominal para la carga de la batería es de 24V.

¡Nota! Los reguladores solares están adaptados para trabajar con paneles fotovoltaicos. No se deben usar con otras fuentes de energía.



Tipo de ajuste:	PWM
Voltaje nominal:	12 / 24 V
Corriente nominal:	20 A
Voltaje de entrada:	≤ 23 V para la batería de 12 V ≤ 46 V para la batería de 24 V
Corriente de carga de la batería:	max. 20 A
Corriente de carga:	max. 10 A
Algunas características:	<ul style="list-style-type: none">• 2 x Salida de alimentación USB : 5 V / 2.5 A,• El dispositivo está diseñado para cargar baterías AGM, baterías de gel y baterías de plomo-ácido únicamente,• Pantalla LCD,• Diodos LED indicadores del estado de funcionamiento del dispositivo,• Modos de funcionamiento :<ul style="list-style-type: none">- 24H - la carga se alimenta de forma continua- 1H ... 23H - la carga se alimenta durante un número seleccionado de horas después de la puesta del sol- 0H - la carga se alimenta del atardecer al amanecer
Peso:	0.13 kg
Dimensiones:	134 x 70 x 30 mm
Garantía:	2 años



DELTA-OPTI Monika Matysiak; <https://www.delta.poznan.pl>
POL; 60-713 Poznań; Graniczna 10
e-mail: delta-opti@delta.poznan.pl; tel: +(48) 61 864 69 60

2021-12-29

SCC-20A-PWM-LCD

1/1

ANEXO 3 Ficha Técnica de las baterías 12V 12Ah

FirstPower Technology Co., Ltd.

FP12120 (12V12Ah)

Specifications

Nominal Voltage		12 V
Capacity (25°C)	20HR(10.5V)	12Ah
	10HR(10.5V)	11Ah
	1HR(9.60V)	7.8Ah
Dimension	Length	151 ± 1.5mm (5.94inch)
	Width	98 ± 1mm (3.86inch)
	Height	95 ± 1mm (3.74inch)
	Total Height	101 ± 1mm (3.98inch)
Approx. Weight		3.5kg (7.92lbs) ± 5%
Terminal type		T2/T1
Internal resistance (Fully charged, 25°C)		Approx. 19mΩ
Capacity affected by temperature (20HR)	40°C	102%
	25°C	100%
	0°C	85%
	-15°C	65%
Self-discharge (25°C)	3 month	Remaining Capacity: 91%
	6 month	Remaining Capacity: 82%
	12 month	Remaining Capacity: 65%
Nominal operating temperature		25°C ± 3°C (77°F ± 5°F)
Operating temperature range	Discharge	-15°C ~ 50°C (5°F ~ 122°F)
	Charge	-10°C ~ 50°C (14°F ~ 122°F)
	Storage	-20°C ~ 50°C (-4°F ~ 122°F)
Float charging voltage(25°C)		13.60 to 13.80V Temperature compensation: -18mV/°C
Cyclic charging voltage(25°C)		14.50 to 14.90V Temperature compensation: -30mV/°C
Maximum charging current		3.6A
Terminal material		Copper
Maximum discharge current		180A(5 sec.)
Designed floating life(20°C)		10years

- ◆ Absorbent glass mat technology;
- ◆ Recognized by UL & CE;
- ◆ ABS container.

Constant Current Discharge Characteristics (A, 25°C)

F.V/TIME	10min	15min	30min	60min	2h	3h	4h	5h	8h	10h	20h
9.60V	28.8	22.8	12.7	7.80	4.26	3.06	2.45	2.08	1.35	1.13	0.61
9.90V	27.9	22.3	12.5	7.68	4.24	3.04	2.43	2.07	1.34	1.13	0.61
10.2V	26.8	21.4	12.1	7.49	4.20	3.02	2.42	2.05	1.33	1.12	0.60
10.5V	25.6	20.7	11.8	7.34	4.14	3.00	2.40	2.04	1.32	1.12	0.60
10.8V	24.2	19.6	11.4	7.11	4.03	2.91	2.33	1.98	1.28	1.09	0.59

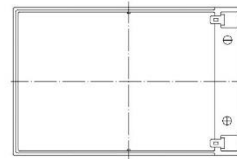
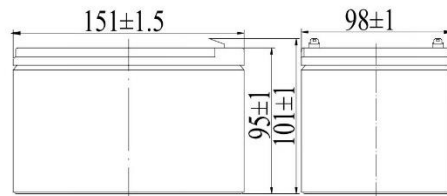
Constant Power Discharge Characteristics (Watt, 25°C)

F.V/TIME	10min	15min	30min	60min	2h	3h	4h	5h	8h	10h	20h
9.60V	325	260	146	90.3	49.9	36.4	29.2	24.8	16.2	13.6	7.31
9.90V	315	254	143	89.0	49.6	36.1	29.0	24.7	16.1	13.5	7.28
10.2V	302	244	138	86.7	49.1	35.9	28.8	24.5	16.0	13.5	7.24
10.5V	289	236	135	85.0	48.4	35.6	28.6	24.4	15.8	13.4	7.20
10.8V	273	224	130	82.4	47.2	34.6	27.7	23.6	15.4	13.1	7.06

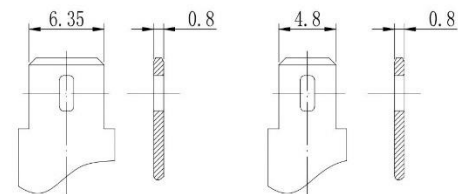
Note: The above characteristics data can be obtained within three charge/discharge cycles.



Dimensions



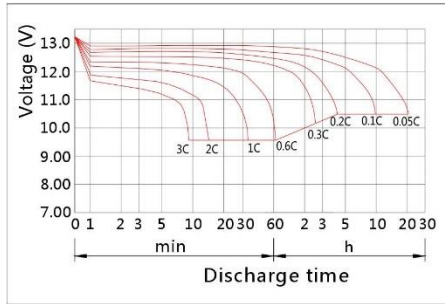
Terminal



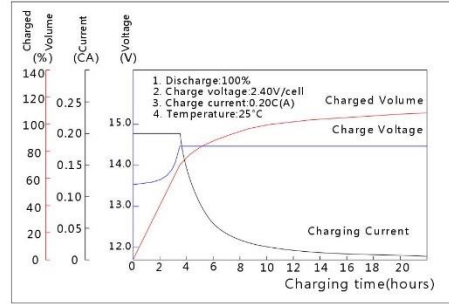
Terminal T2

Terminal T1

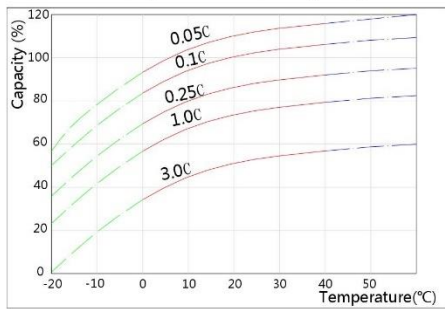
Discharge Characteristics(25°C)



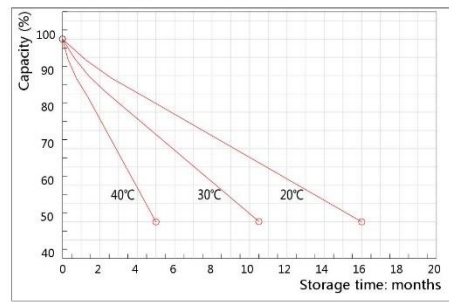
Charging Characteristics(25°C)



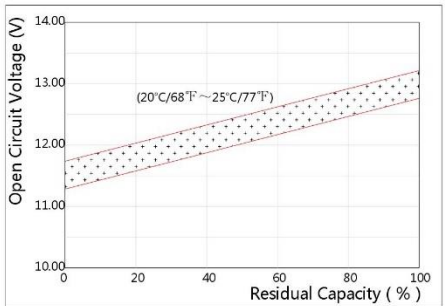
Effect of Temperature on Capacity



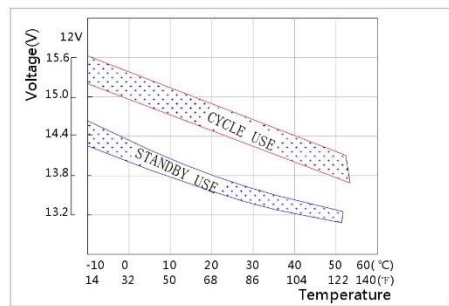
Self-discharge Characteristics



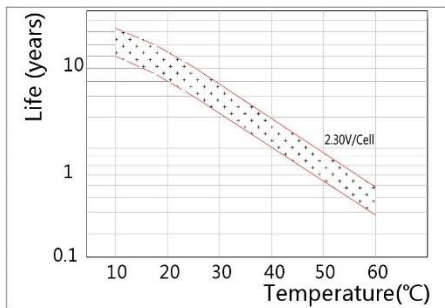
The Relationship for Open Circuit Voltage and Residual Capacity (25°C)



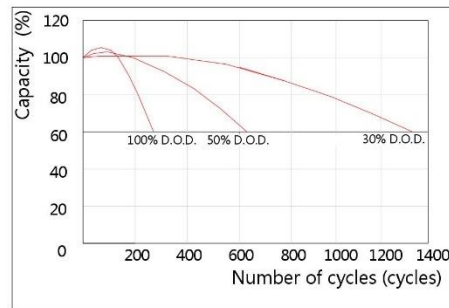
The Relationship for Charging Voltage and Temperature



Floating Life on Temperature



Cycle Life on D.O.D(25°C)



ANEXO 4 Ficha Técnica de conductores para batería.

CONDUCTORES DE COBRE

SGR



Conductor de cobre extraflexible para 600 V. aislado con caucho termoplástico (TPE) resistente a la humedad, calor elevado y luz solar.

CONSTRUCCIÓN

Los conductores tipo SGR son cableados extraflexibles y están contruidos con cobre de temple suave, están además aislados con una capa uniforme de caucho termoplástico elastomérico (TPE) resistente a la humedad. Pueden ser suministrados en colores variados según su calibre y con distintas formas de embalaje.

APLICACIONES

Los conductores extraflexibles de cobre tipo SGR son utilizados para baterías de vehículos, en instalaciones industriales y de minería donde se requiera de gran flexibilidad debido a las dificultades de trabajo y en general como cables sometidos a continuo movimiento. Este tipo de conductor puede ser usado en lugares secos y húmedos, su temperatura máxima de operación es 105 °C y su tensión de servicio para todas las aplicaciones es 600 V.

ESPECIFICACIONES

Los conductores de cobre tipo SGR fabricados por ELECTROCABLES C.A., cumplen con las siguientes especificaciones y normas:

- ▶ **ASTM B172:** Cables extraflexibles de cobre formados por manojos de cables trenzados, para conductores eléctricos.
- ▶ **ASTM B174:** Cables flexibles de cobre trenzados, para conductores eléctricos.
- ▶ **ANSI/NEMA WC-58**
ICEA S-75-381 : Cables portátiles de potencia para uso en minería y similares aplicaciones.
- ▶ **SAE J1127:** Cables vehiculares flexibles.

Además de todos los requerimientos del National Electrical Code.

CABLE DE BATERÍA (SGR)

CALIBRE (AWG)	Sección Transversal (mm ²)	CONDUCTOR		Espesor de Aislamiento (mm)	Diámetro Externo Aprox (mm)	Peso total Aprox (kg / km)
		Construcción				
		No. Hilos	Diámetro de Hilos (mm)			
8	8,367	67	0,4	1,52	7,20	101,40
6	13,3	106	0,4	1,52	8,41	152,28
4	21,15	168	0,4	1,65	10,09	233,79
3	26,62	212	0,4	1,65	10,89	287,52
2	33,62	268	0,4	1,65	11,84	355,94
1	42,4	338	0,4	2,03	13,66	455,39

ANEXO 5 Diagrama eléctrico de carga en una moto.

