



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

## **FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE  
FRENO REGENERATIVO Y TRANSMISIÓN ELÉCTRICA  
EN UNA MOTOCICLETA CONVENCIONAL PARA LA  
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ.”**

**CHIRIBOGA CARDENAS EDISON LUIS  
VELASCO MOYANO CARLOS BLADIMIR**

## **TRABAJO DE TITULACIÓN** **TIPO: PROPUESTAS TECNOLÓGICAS**

**Previa a la obtención del Título de:**

# **INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**RIOBAMBA – ECUADOR  
2017**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

---

2016-12-05

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

**CHIRIBOGA CARDENAS EDISON LUIS  
VELASCO MOYANO CARLOS BLADIMIR**

---

Titulado:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE FRENO  
REGENERATIVO Y TRANSMISIÓN ELÉCTRICA EN UNA MOTOCICLETA  
CONVENCIONAL PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ.”**

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

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

---

Ing. Carlos José Santillán Mariño  
**DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA**

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Wilson Javier Villagrán Cáceres  
**DIRECTOR**

---

Ing. Celin Abad Padilla Padilla  
**ASESOR**

**EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** EDISON LUIS CHIRIBOGA CARDENAS

**TRABAJO DE TITULACIÓN:** “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE FRENO REGENERATIVO Y TRANSMISIÓN ELÉCTRICA EN UNA MOTOCICLETA CONVENCIONAL PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ.”

**Fecha de Examinación:** 2017-07-12

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

<b>COMITÉ DE EXAMINACIÓN</b>	<b>APRUEBA</b>	<b>NO APRUEBA</b>	<b>FIRMA</b>
Ing. José Francisco Pérez Fiallos <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Wilson Javier Villagrán Cáceres <b>DIRECTOR</b>			
Ing. Celin Abad Padilla Padilla <b>ASESOR</b>			

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

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

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

\_\_\_\_\_  
Ing. José Francisco Pérez Fiallos  
**PRESIDENTE TRIB. DEFENSA**

**EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** CARLOS BLADIMIR VELASCO MOYANO

**TRABAJO DE TITULACIÓN:** “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE FRENO REGENERATIVO Y TRANSMISIÓN ELÉCTRICA EN UNA MOTOCICLETA CONVENCIONAL PARA LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ.”

**Fecha de Examinación:** 2017-07-12

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

<b>COMITÉ DE EXAMINACIÓN</b>	<b>APRUEBA</b>	<b>NO APRUEBA</b>	<b>FIRMA</b>
Ing. José Francisco Pérez Fiallos <b>PRESIDENTE TRIB. DEFENSA</b>			
Ing. Wilson Javier Villagrán Cáceres <b>DIRECTOR</b>			
Ing. Celín Abad Padilla Padilla <b>ASESOR</b>			

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

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

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

\_\_\_\_\_  
Ing. José Francisco Pérez Fiallos  
**PRESIDENTE TRIB. DEFENSA**

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

Carlos Bladimir Velasco Moyano

---

Edison Luis Chiriboga Cardenas

## **DECLARACION DE AUTENTICIDAD**

Nosotros Edison Luis Chiriboga Cardenas y Carlos Bladimir Velasco Moyano se declara que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el texto que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

---

**Carlos Bladimir Velasco Moyano**  
Cedula de identidad: 020232326-7

---

**Edison Luis Chiriboga Cárdenas**  
Cedula de identidad: 060438550-0

## **DEDICATORIA**

Este trabajo se lo dedico a Dios, quien con su luz y sabiduría me ha guiado y dado la fuerza necesaria para ir por el buen camino y a su vez encontrar mis metas tanto personales como profesionales.

A mis padres y hermanos, ya que con su apoyo incondicional, emocional y económico que me han brindado he logrado arribar al objetivo planteado desde el inicio.

A mis tíos y primos así como a mi demás familia que me brindo la mano dándome acogida en su hogar para que pueda realizar mis estudios, a sus consejos y compañía a través de esta etapa de mi vida.

**Carlos Bladimir Velasco Moyano**

Dedico el presente proyecto de titulación a mi madre Rosa María Cardenas quien fue un pilar fundamental con su infinito amor y apoyo incondicional supo guiarme por un buen camino para lograr esta meta y a mis hermanos Carmen, Alejandro, Fernando, Salvador y Nathaly Chiriboga quienes supieron guiarme con sus consejos estando siempre pendientes de mí en el transcurso de esta etapa de preparación, aconsejándome en bien para poder cumplir con esta meta y por siempre confiar en mí.

**Edison Luis Chiriboga Cardenas**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por brindarme la fuerza y la actitud necesaria para llegar a mi meta, a mis padres y hermanos por estar siempre presente con todo su apoyo y cariño en el transcurso de mi vida universitaria, a mis tíos y primos donde viví una parte de mi vida quienes con su cariño y acogida me ayudaron a cumplir las metas propuestas.

A mi tutor Ing. Javier Villagrán y a mi asesor Ing. Celin Padilla por todo el apoyo brindado y el conocimiento impartido por el cual se ha hecho posible el desarrollo del presente trabajo de titulación.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la Escuela de Ingeniería Automotriz por todos los años de aprendizaje en sus aulas, el cual me ha formado como un profesional competente para el beneficio de la sociedad.

**Carlos Bladimir Velasco Moyano**

En primer lugar quiero agradecer a Dios por darme salud y sabiduría en el transcurso de mi vida.

A mi madre y hermanos que siempre me apoyaron y confiaron en mí a lo largo de la carrera, a los profesores quienes con sus enseñanzas me ayudaron a culminar esta gran etapa de mi vida y a mis compañeros quienes nos acompañaron a lo largo de los estudios.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Automotriz, por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles en la sociedad.

**Edison Luis Chiriboga Cardenas**



# ÍNDICE DE CONTENIDO

Nº	Contenido	Pág.
	RESUMEN	
	ABSTRACT	
	CAPÍTULO I	
1.	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1.	Antecedentes .....	1
1.2.	Justificación .....	1
1.3.	Objetivos .....	2
1.3.1.	<i>Objetivo General.</i> .....	2
1.3.2.	<i>Objetivos específicos.</i> .....	2
	CAPÍTULO II	
2.	MARCO TEÓRICO.....	3
2.1.	Motocicleta eléctrica .....	3
2.2.	Componentes de una motocicleta eléctrica .....	3
2.2.1.	<i>Power Train</i> .....	3
2.2.2.	<i>Baterías y Supercondensadores.</i> .....	4
2.2.3.	<i>BMS.</i> .....	4
2.2.4.	<i>Inverter.</i> .....	5
2.2.5.	<i>Motor.</i> .....	5
2.2.5.1.	<i>Ventajas del motor eléctrico sobre el de gasolina.</i> .....	6
2.2.6.	<i>Controlador.</i> .....	6
2.3.	Sistemas de frenado regenerativo. ....	6
2.3.1.	<i>Desarrollo histórico del freno regenerativo.</i> .....	6
2.3.2.	<i>Freno regenerativo.</i> .....	6
2.3.3.	<i>Función del freno regenerativo.</i> .....	7
2.3.4.	<i>Funcionamiento básico del KERS.</i> .....	8
2.3.5.	<i>Carga del KERS eléctrico.</i> .....	9
2.3.6.	<i>Partes indispensables del KERS.</i> .....	9
2.3.6.1.	<i>Motor-generator.</i> .....	9
2.3.6.2.	<i>Baterías.</i> .....	10
2.3.6.3.	<i>Sistemas de baterías de litio.</i> .....	11

2.3.6.4.	<i>Batería de ion de litio.</i>	12
2.3.6.5.	<i>Unidad de control.</i>	13
2.4.	Motores eléctricos.	14
2.4.1.	<i>Motores DC sin escobillas.</i>	14
2.4.1.1.	<i>Estructuras Básicas.</i>	14
2.4.2.	<i>Motor brushless.</i>	15
2.4.2.1.	<i>Componentes del motor brushless.</i>	15
2.4.2.2.	<i>Funcionamiento del motor brushless.</i>	15
2.4.2.3.	<i>Qué indica el factor "KV" en un motor Brushless:</i>	16
2.4.2.4.	<i>Frenado Regenerativo en motores Brushless.</i>	17
2.4.2.5.	<i>Freno Regenerativo.</i>	18
2.4.2.6.	<i>Interfase para un Flujo Bidireccional.</i>	18
2.4.2.7.	<i>Convertidor Step Up.</i>	19
<b>CAPÍTULO III</b>		
3.	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN.	21
3.1.	Antecedentes y beneficios de la motocicleta eléctrica.	21
3.2.	Parámetros de diseño.	21
3.2.1.	<i>Variables de diseño.</i>	21
3.2.1.1.	<i>Cálculos.</i>	21
3.3.	Marco metodológico.	23
3.3.1.	<i>Motor brushless 48V/500W.</i>	23
3.3.2.	<i>Pasos para elaborar la transmisión eléctrica y frenado regenerativo.</i>	24
3.4.	Selección de alternativas.	25
3.4.1.	<i>Transmisión eléctrica.</i>	26
3.4.1.1.	<i>Motores eléctricos.</i>	26
3.5.	Selección de Baterías.	30
3.4.2.	<i>Baterías de ciclo profundo.</i>	30
3.4.3.	<i>Conexión de baterías de 12V/20 Ah (Serie).</i>	35
3.4.3.1.	<i>Aceleradores de motocicletas eléctricas.</i>	35
3.4.3.2.	<i>Tipos de controladores.</i>	42
3.4.4.	<i>Controlador de motocicleta eléctrica 48V 500W.</i>	48
3.4.4.1.	<i>Velocímetro.</i>	50
3.4.4.2.	<i>Cargador de baterías circuito de reducción de 110 V a 48 V.</i>	52

3.4.4.3.	<i>Especificaciones de la motocicleta.</i>	53
3.6.	Pruebas y funcionamiento.	54
3.7.	Análisis de resultados.	54
3.6.1.	<i>Diagrama de flujo del sistema de freno regenerativo.</i>	55
3.6.1.1.	<i>Circuito de Recarga basado en freno regenerativo.</i>	56
3.6.2.	<i>Carga de la batería en función del tiempo conectada a la red pública de 110v.</i>	56
3.6.3.	<i>Descarga de la batería en función del recorrido.</i>	57
3.6.4.	<i>Cálculos del consumo de combustible en dólares.</i>	57
3.6.4.1.	<i>Motocicleta Eléctrica.</i>	57
3.6.4.2.	<i>Motocicleta de 125 cc a gasolina.</i>	57
CAPÍTULO IV		
4.	COSTOS DE INVERSIÓN	59
4.1.	Costos directos	59
4.2.	Costos indirectos	59
4.3.	Costo Total	60
CONCLUSIONES		61
RECOMENDACIONES		62
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

## ÍNDICE DE FIGURAS

N°	Contenido	Pág.
Figura 1-2:	Motocicleta Eléctrica. ....	3
Figura 2-2:	Power train. ....	3
Figura 3-2:	Baterías y Supercondensadores.....	4
Figura 4-2:	Motor Eléctrico. ....	5
Figura 5-2:	Freno regenerativo. ....	7
Figura 6-2:	Función del freno regenerativo. ....	8
Figura 7-2:	Motor-generator. ....	10
Figura 8-2:	Sistema de las baterías de litio. ....	11
Figura 9-2:	Batería de ion-litio. ....	12
Figura 10-2:	Estructura básica de un motor DC. ....	14
Figura 11-2:	Componentes del motor brushless. ....	15
Figura 12-2:	Diagrama de tiempo del motor brushless.....	18
Figura 13-2:	Interfase para un flujo bidireccional de freno regenerativo. ....	19
Figura 14-2:	Circuito básico del convertidor Step Up.....	19
Figura 15-2:	Circuito step cerrado. ....	20
Figura 16-2:	Circuito step abierto. ....	20
Figura 1-3:	Equipo a utilizar.....	25
Figura 2-3:	Motor sin escobillas, 500W DC 48V.....	27
Figura 3-3:	Motor QS Specification.....	28
Figura 4-3:	Motor de Cepillado: MY1020.....	29
Figura 5-3:	Motor eléctrico de cubo.....	30
Figura 6-3:	Batería de Gel de 12 Voltios 20 Amperios.....	31
Figura 7-3:	Batería Scooter Eléctrico 6-DZM-20.....	32
Figura 8-3:	Batería de plomo ácido sellada recargable.....	33
Figura 9-3:	Batería sellada de plomo noblift elegida.....	34
Figura 10-3:	Conexión de Batería en serie.....	35
Figura 11-3:	Acelerador E-bike.....	36
Figura 12-3:	Acelerador de pulgar estilo quad y ATV.....	36
Figura 13-3:	Acelerador Wuxing 24V / 36V / 48V de puño.....	36
Figura 14-3:	Wuxing Brand ignición de 24V / 36V / 48V.....	37

Figura 15-3: Acelerador E-bike/Scooter .....	37
Figura 16-3: Wuxing de 36V / 48V .....	38
Figura 17-3: Wuxing 20X lateral .....	38
Figura 18-3: Wuxing 20X frontal .....	38
Figura 19-3: Puños MOD-1638133714, frontal .....	39
Figura 20-3: Puños MOD-1638133714, lateral .....	39
Figura 21-3: Puños de aluminio .....	39
Figura 22-3: Acelerador Universal-Scooter .....	41
Figura 23-3: Acelerador Wuxing Brand .....	41
Figura 24-3: Aceleradores de mano .....	41
Figura 25-3: Controlador universal 24V 250W: MOD-711479620 .....	43
Figura 26-3: Controlador universal 36V 250W: MOD-2033084781 .....	43
Figura 27-3: Controlador universal 36V 250W: MOD-648664578 .....	44
Figura 28-3: Controlador de motor sin escobillas 24 / 36V 250W batería de litio.....	44
Figura 29-3: Controlador de litio 36V 250W sin escobillas: MOD-1508565077 .....	45
Figura 30-3: Controlador de E-bike sin escobillas 36V 350W BLDC .....	46
Figura 31-3: Controlador de escobillas 36v 350w Atv scooter eléctrico .....	46
Figura 32-3: Terminales del controlador de escobillas 36v 350w scooter eléctrico .....	47
Figura 33-3: Características del Controlador con escobillas de 36V 1000W .....	47
Figura 34-3: Sonda tacómetro magnético Pic-Up.....	50
Figura 35-3: Sonda tacómetro magnético Pic-Up instalado .....	50
Figura 36-3: Cable de Velocímetro digital Universal LCD.....	51
Figura 37-3: Pantalla indicadora del Velocímetro digital Universal LCD .....	51
Figura 38-3: Circuito de reducción de voltaje de 110V a 48V .....	52
Figura 39-3: Motocicleta a usar .....	53
Figura 40-3: Motocicleta eléctrica .....	53

## INDICE DE GRÁFICOS

<b>N°</b>	<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
	Gráfico 1-2: Par del motor .....	5
	Gráfico 2-2: Diagrama de la Unidad de Control.....	13
	Gráfico 1-3: Gráfico de la transmisión con acelerador activado. ....	23
	Gráfico 2-3: Transmisión eléctrica con acelerador desactivado. ....	23
	Gráfico 3-3: Frenada regenerativa con switch de activación en off. ....	24
	Gráfico 4-3: Frenada regenerativa con switch de activación en on. ....	24
	Gráfico 5-3: Diagrama de flujo del sistema de freno regenerativo.....	55
	Gráfico 6-3: Porcentaje de carga de la batería de la motocicleta a 110V. ....	56
	Gráfico 7-3: Descarga de la batería en función del recorrido. ....	57

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>N°</b>	<b>Contenido</b>	<b>Pág.</b>
	Tabla 1-2: Descripción de las baterías de Ion-Litio de 24V 180h. ....	12
	Tabla 1-3: Características del Motor Sin Escobillas, 500 W DC 48 V .....	26
	Tabla 2-3: Características del Motor QS Specification .....	27
	Tabla 3-3: Características del Motor de Cepillado: MY1020.....	28
	Tabla 4-3: Comparación del motor eléctrico .....	29
	Tabla 5-3: Datos Básicos Motor Brushless elegido.....	30
	Tabla 6-3: Características de la Batería de Gel de 12 Voltios 20 Amperios .....	31
	Tabla 7-3: Características de la Batería Scooter Eléctrico 6-DZM-20.....	32
	Tabla 8-3: Características de la batería de plomo ácido sellada recargable de 12v.....	33
	Tabla 9-3: Características batería sellada de plomo noblift elegida. ....	34
	Tabla 10-3: Comparación de las baterías.....	34
	Tabla 11-3: Datos técnicos acelerador.....	40
	Tabla 12-3: Comparación de aceleradores.....	42
	Tabla 13-3: Comparación de controladores.....	48
	Tabla 14-3 (Continua): Datos básicos controlador eléctrico. ....	48
	Tabla 15-3: Colores de los cables según su componente.....	49
	Tabla 16-3: Comparación de tacómetro.....	52
	Tabla 17-3: Especificaciones Motocicleta tipo scooter eléctrica.....	53
	Tabla 1-4: Costos directos .....	59
	Tabla 2-4: Costos indirectos .....	59
	Tabla 3-4: Costos Totales .....	60

## **LISTA DE ABREVIACIONES**

<b>BMS</b>	Gestor de Carga de Baterías.
<b>KERS</b>	Sistema de Recuperación de Energía Cinética.
<b>AMC</b>	American Motors Corporation
<b>F1</b>	Fórmula Uno
<b>AC</b>	Corriente Alterna
<b>DC</b>	Corriente Continua
<b>VE</b>	Vehículos Eléctricos
<b>F.E.M</b>	Fuerza Electromotriz



## **LISTA DE ANEXOS**

- A** Esquema eléctrico de la motocicleta.
- B** Esquema eléctrico del sistema de freno regenerativo.
- C** Motor eléctrico de cubo.
- D** Conexión de baterías en serie.
- E** Montaje de componentes en la motocicleta.
- F** Conexión del controlador de la motocicleta.
- G** Montaje del motor eléctrico de cubo.
- H** Pruebas para comprobar el voltaje de las bobinas.
- I** Conexión del puente rectificador de diodos.
- J** Conexión de los diodos rectificadores.
- K** Sistema de frenado regenerativo
- L** Prueba del sistema de recarga.

## RESUMEN

El presente proyecto de titulación es una propuesta tecnológica que tiene como finalidad seleccionar y adaptar componentes necesarios para una transmisión eléctrica y el posterior diseño de un tipo de freno regenerativo en una motocicleta convencional de tipo motoneta. Se tiene como primera instancia la adquisición de la estructura del vehículo de dos ruedas, en la cual se va a acoplar y montar un motor eléctrico de cubo el cual va incorporado en la misma rueda. Para la ubicación del sistema de almacenamiento de energía se va a usar la parte baja del asiento de la motoneta para la ubicación de las cuatro baterías necesarias. Con los componentes colocados ya en su lugar adecuado mediante dispositivos electrónicos, cables y conectores se realizaron las conexiones entre elementos para su funcionamiento de forma conjunta. Posteriormente se diseñó el sistema de freno regenerativo en el programa electrónico Proteus, para luego implementarlo al sistema eléctrico de la motoneta. Éste tipo de sistema aprovecha la inducción generada por las bobinas del motor eléctrico, el cual al ser tomada esta energía en forma de corriente alterna, es transformada a través de un puente rectificador de diodos a corriente continua y posteriormente es aprovechada al ser enviada de regreso hacia el conjunto de baterías. Ésta energía al ser reutilizada extendió la carga de las baterías aumentando la autonomía del vehículo en dos kilómetros y reduciendo los ciclos de carga-descarga de los acumuladores de energía en un diez por ciento. Se concluye que el proyecto es una alternativa para reducir la contaminación del ambiente ya que no emana ningún tipo de gases contaminantes y se recomienda hacer uso del cambio de la matriz energética del país.

PALABRAS CLAVE: <TRANSMISIÓN ELÉCTRICA>, <FRENO REGENERATIVO>, <MOTOR ELÉCTRICO DE CUBO> <MOTONETA>, <BATERÍA DE ION LITIO>, <INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA>, <CORRIENTE ALTERNA>, <CORRIENTE CONTINUA>.

## ABSTRACT

The present project of qualifications is a technological promise that has as purpose select and adapt components necessary for an electrical transmission and the later design of a type of brake re generative in a conventional motorcycle of type motoneta. It has as the first instance the acquisition of the structure of the vehicle of two wheels, in which it goes away to connect and to mount an electrical engine of bucket which is incorporated in the same wheel. For the location of the system of storage of energy it goes to use the low part of the seat of the motoneta for the ubication of the four batteries necessary. With the components placed already in its suitable place by means of electronic devices, wires and connectors realized the connections between elements for its operation of conjoint form. Later I design the system of brake regenerative in the program electronic Proteus, for afterwards implement it to the system eletric of the motoneta. This type of system takes advantage of the induction generated by the coils of the electrical engine, which when being taken this energy in shape of alternating current, it is transformed through a bridge rectifier of diodes to continue current and later it is taken advantage of when being sent of return to the group of batteries. This energy when being re-used extended the load of the batteries increasing the autonomy of the vehicle in two kilometers and reducing the cycles of load-download of the accumulators of energy in a ten percent. It concludes that the project is an alternative to reduce to the pollution of environment since it does not emanate any type of contaminating gases and recommends the use of the change of the energetic matrix of the country.

KEY WORDS: < ELECTRICAL TRANSMISSION>, <REGENERATIVE BRAKE>, <ELECTRIC CUBE MOTOR> <MOTONET>, <LITHIUM ION BATTERY>, <ELECTROMAGNETIC INDUCTION>, <ALTERNATING CURRENT>, <DIRECT CURRENT>.

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Antecedentes

En la actualidad una motocicleta eléctrica no es más que un vehículo al cual se le ha acoplado un motor eléctrico para así ayudar a reducir la contaminación del ambiente y cuya autonomía puede alcanzar los 70 km. (HYE, 2013)

En ocasiones es necesario reducir hasta cero la velocidad de una motocicleta, cuyo motor está girando a una cierta velocidad, para conseguir su recarga eléctrica se puede utilizar este movimiento como generador, con lo cual la energía cinética almacenada durante su movimiento puede ser transferida a las baterías como energía eléctrica mediante una conversión y de esta manera poder recargarlas.

Las motocicletas eléctricas son el futuro como medio de transporte en las ciudades del país ya que poseen más beneficios para preservar el medio ambiente sin destruirlo ni contaminarlo, las cuales alcanzan una velocidad de 70 km/h a 90km/h.

### 1.2. Justificación

Frente a la disminución de utilizar combustibles fósiles para dar movimiento a motores se motiona el uso de combustibles alternativos para los vehículos, teniendo un consumo de energías limpias y renovables, haciendo uso y siendo parte de la nueva matriz energética del país. Lo cual recae en la disminución de costos en el consumo de combustible y siendo más amigables con el ambiente.

En la transmisión eléctrica de la motocicleta se basa en lo que es el acople del motor-generador hacia la rueda para su tracción, y el freno regenerativo como método de recarga de baterías, consiguiendo que estos componentes no alteren la maniobrabilidad, estabilidad ni la estética de la motocicleta.

### **1.3. Objetivos**

#### ***1.3.1. Objetivo General.***

Diseñar e implementar un sistema de frenado regenerativo y transmisión eléctrica en una motocicleta convencional para la Carrera de Ingeniería Automotriz.

#### ***1.3.2. Objetivos específicos.***

- Diseñar el prototipo de frenado regenerativo mediante el software Proteus y simular el sistema de recarga y seleccionar el sistema de transmisión eléctrico.
- Implementar y acoplar el sistema de frenado regenerativo y sistema de transmisión eléctrica en la motocicleta convencional a través de diferentes procesos.
- Verificar el proceso de recarga de la batería de la motocicleta eléctrica mediante un tester digital para garantizar el eficiente funcionamiento del sistema de frenado regenerativo.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Motocicleta eléctrica

Una motocicleta eléctrica es aquel vehículo de dos ruedas que usa un motor eléctrico como su medio para ser propulsado es cual es alimentado por unas baterías.

En la actualidad una motocicleta eléctrica no es más que un vehículo al cual se le ha acoplado un motor eléctrico para así reducir la contaminación y cuya autonomía puede alcanzar los 70 km. (HYE, 2013)



**Figura 1-2:** Motocicleta Eléctrica.

**Fuente:** <http://www.vehiculoselenticos.com.co/index.php/regulacion-motos-bicicletas-electricas/>

#### 2.2. Componentes de una motocicleta eléctrica.

##### 2.2.1. *Power Train*

El Power train es un conjunto de componentes los cuales dan movimiento a la motocicleta al trabajar conjuntamente. Este sistema está compuesto de los siguientes componentes. (Esteve, 2015)



**Figura 2-2:** Power train.

**Fuente:** <https://motospirit.wordpress.com/2015/09/17/que-partes-tiene-una-moto-electrica>

### 2.2.2. *Baterías y Supercondensadores.*

En las baterías y supercondensadores empieza el sistema. La batería suministra energía eléctrica constante, mientras que por otra parte los supercondensadores lo realizan de manera instantánea. El conjunto formado por estos sistemas se lo conoce como acumuladores los cuales son la alimentación de la motocicleta, en la actualidad la autonomía de estos acumuladores es baja, debido a este inconveniente hay que contar con una acumulación de varias para poder administrar la corriente y voltaje requerido. (Esteve, 2015)



**Figura 3-2:** Baterías y Supercondensadores.

**Fuente:** <https://motospirit.wordpress.com/2015/09/17/que-partes-tiene-una-moto-electrica/>

Se le llama batería eléctrica, acumulador eléctrico o simplemente acumulador, al dispositivo que almacena energía eléctrica usando procedimientos electroquímicos y que posteriormente la devuelve casi en su totalidad; este ciclo puede repetirse por un determinado número de veces. Se trata de un generador eléctrico secundario; es decir, un generador que no puede funcionar sin que se le haya suministrado electricidad previamente mediante lo que se denomina proceso de carga. (García & Vásquez, 2008, pág. 35)

**Baterías Litio-Ion:** las Baterías Litio-Ion (Li-ion) utilizan un ánodo de Litio y un cátodo de Ion. Su desarrollo es más reciente, y permite llegar a densidades del orden de 115 Wh/kg. Además, no sufren el efecto memoria. (García & Vásquez, 2008, pág. 40)

### 2.2.3. *BMS.*

Es un controlador de la batería para disminuir o eliminar picos de voltaje elevados de cada celda y de esta manera proteger la instalación evitando que se queme. (Esteve, 2015)

#### 2.2.4. *Inverter.*

Es el que se encarga de alimentar al motor con corriente alterna luego de transformar la corriente continua que viene desde el acumulador. (Esteve, 2015)

#### 2.2.5. *Motor.*

Transforma la energía eléctrica procedente de la corriente alterna en energía mecánica para mover la motocicleta. En nuestro caso tenemos uno con imanes permanentes y flujo axial. (Esteve, 2015)



**Figura 4-2:** Motor Eléctrico.

**Fuente:** <https://motospirit.wordpress.com/2015/09/17/que-partes-tiene-una-moto-electrica/>

La mayor diferencia que existe entre un motor de gasolina y un eléctrico es entrega de potencia, ya que con el motor eléctrico disponemos de la mayor fuerza (par máximo) desde el inicio de funcionamiento. En el siguiente gráfico podemos observar la diferencia de fuerza, en el cual el motor eléctrico es esta de rojo y el de combustión está de morado: (Esteve, 2015)



**Gráfico 1-2:** Par del motor

**Fuente:** <https://motospirit.wordpress.com/2015/09/17/que-partes-tiene-una-moto-electrica/>



#### *2.2.5.1. Ventajas del motor eléctrico sobre el de gasolina.*

Los costes de combustible para el motor eléctrico son aproximadamente el 10% de los costes para el motor de gasolina.

- Prácticamente silencioso.
- Sin emisiones contaminantes directas.
- Se puede utilizar en interiores.
- No se necesitan viajes a la gasolinera. Se pueden recargar en el garaje.
- Mantenimiento reducido y económico. Ejemplo, no es necesario cambiar el aceite.

(García & Vásquez, 2008, pág. 50)

#### *2.2.6. Controlador.*

Como su propio nombre indica, es el que gestiona todo el proceso dependiendo de las órdenes que reciba del piloto. (Esteve, 2015)

### **2.3. Sistemas de frenado regenerativo.**

El proceso de carga de una moto eléctrica, y en general de cualquier vehículo eléctrico es muy sencillo. Basta con conectar el cargador a una toma de corriente estable, de 220 voltios, que tengamos disponible en el hogar, el garaje, o, desde hace poco tiempo, en centros comerciales o equipos de carga instalados en las calles. La carga completa se realizará en varias horas, dependiendo de la capacidad de la batería. (LECTRIC, 2014)

#### *2.3.1. Desarrollo histórico del freno regenerativo.*

Un claro ejemplo de freno regenerativo fue elaborado en 1967 para el vehículo Amitron de American Motors Corporation (AMC) y Gulton Industries. El cual era accionado completamente por baterías, las cuales se recargaban por frenado regenerativo, lo que incrementaba la autonomía del vehículo. (Guevara, 2014, pág. 11)

#### *2.3.2. Freno regenerativo.*

Aquí lo importante cuando se acciona el pedal de freno, es que en el primer tramo se usa solo la capacidad de frenada que el motor eléctrico ofrece al trabajar como generador.

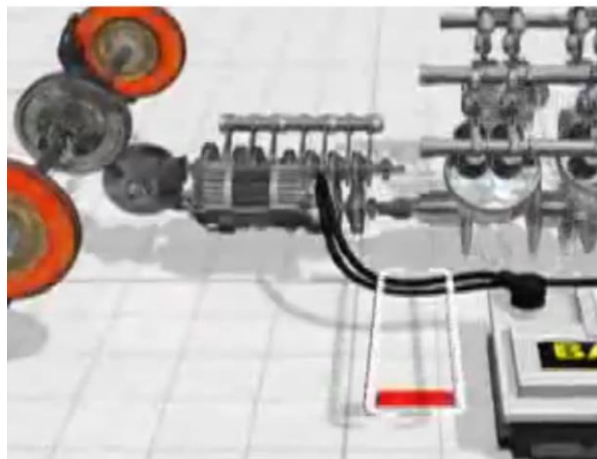
Esta electricidad se aprovecha para recargar los acumuladores. Si sigue frenando entran en juego los frenos mecánicos. (Guevara, 2014, pág. 15)

El freno regenerativo es un dispositivo que permite reducir la velocidad transformando su energía cinética en energía eléctrica. Esta energía se almacena en acumuladores o baterías para un uso posterior. En vehículos la energía es almacenada en baterías o un banco de condensadores para un posterior uso. (Guevara, 2014, pág. 21)

El freno regenerativo puede utilizarse conjuntamente con el convencional por siguientes razones:

- Reduce de manera efectiva la velocidad del vehículo.
- La cantidad de energía que se va a disipar se limita a la capacidad para absorber de ésta por parte del sistema de energía o el estado de carga del acumulador.

El frenado proviene de la disminución de energía cinética y por tanto de la velocidad ( $E_c = 1/2 mV^2$ ) que es el principio básico de conservación de la energía que dice que “la energía no se crea ni se destruye solo se transforma”. (Guevara, 2014, pág. 21)



**Figura 5-2:** Freno regenerativo.

**Fuente:** Recuperación de energía cinética por medio del freno regenerativo. (Guevara, 2014, pág. 21)

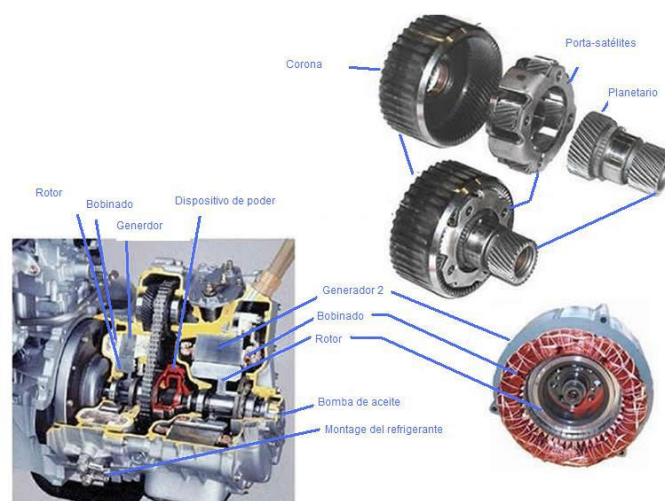
### **2.3.3. Función del freno regenerativo.**

Este freno regenerativo está diseñado y construido para almacenar gran parte de la energía cinética que se pierde con el uso de los frenos de disipación como los conocemos, que son simplemente para disminuir la aceleración del vehículo o pararlo en su totalidad. (Guevara, 2014, pág. 52)

La energía que se almacena a causa del freno regenerativo se utiliza para ayudar al motor eléctrico durante el arranque del automóvil y así se reduce la magnitud de la corriente eléctrica que se necesita de las baterías durante este proceso, por lo cual es posible prolongar los ciclos de carga- descarga si no hay manera de enchufarlo o simplemente para ahorrar energía de la red eléctrica, para así pagar menos y que aumente la vida útil de dicha batería. (Guevara, 2014, pág. 52)

Es importante decir que el sistema almacena la mayor cantidad de energía cinética del automóvil, durante el frenado provee la cantidad de energía necesaria para cargar la batería. Tiene pérdidas en los mecanismos, pero esto no implica que no sea un sistema que no esté suficientemente especializado para un buen desempeño. (Guevara, 2014, pág. 53)

La energía suministrada por el generador no depende sólo de su giro. El sistema puede variar o eliminar completamente el par resistente del generador para adecuar la energía que genera a cada condición de funcionamiento. (Guevara, 2014, pág. 53)



**Figura 6-2:** Función del freno regenerativo.  
**Fuente:** Explosión del Generador eléctrico. (Guevara, 2014, pág. 52)

### 2.3.4. *Funcionamiento básico del KERS.*

El funcionamiento básico del KERS (Kinetic Energy Recovery System) en la F1 en el 2009 consiste en recuperar la energía que antes se disipaba en forma de calor en las frenadas y almacenarla en unos dispositivos tales como baterías (KERS eléctrico) o un volante de inercia (KERS mecánico). Esa energía almacenada, cuando el piloto de un automóvil de F1 pulsa un botón en el volante, se libera y se transmite directamente a las

ruedas a través de la caja de cambios, diferencial y palieres (transmiten el movimiento desde el diferencial a las ruedas motrices), consiguiéndose una potencia extra de unos 58.83 KW durante unos 6.6 segundos por vuelta. (Guevara, 2014, pág. 25)

Este funcionamiento puede utilizarse de igual manera en vehículos para ciudad de alto y medio rendimiento en el cual la recuperación de energía cinética sea elevada para que sea almacenada en baterías y de esta manera se convierta en una óptima utilización de energía eléctrica. (Guevara, 2014, pág. 25)

### **2.3.5. Carga del KERS eléctrico.**

Se recupera la energía cinética cuando se frena para transformarla en eléctrica, lo hacemos en forma de corriente alterna, funcionando el KERS en modo de alternador, pero, cuando funciona esta parte en modo motor, necesita corriente continua de las baterías del KERS. Por ello, es necesario hacer una conversión AC/DC (alterna-continua) como cuando se cargan las baterías de ión-litio de nuestros dispositivos móviles que cotidianamente ya usa gran porcentaje de la población. (Guevara, 2014, pág. 28)

### **2.3.6. Partes indispensables del KERS.**

En esencia el sistema es simple, sólo se necesitan tres componentes principales: el motor-generator que genera la potencia en frenadas y la libera cuando se utiliza el KERS, las baterías para almacenar la energía, y la unidad de control con lo cual se utiliza la electrónica de potencia, que controla todo el proceso. (Guevara, 2014, pág. 29)

#### **2.3.6.1. Motor-generator.**

Montado en la parte delantera del motor, está unido a un engranaje colocado en la parte delantera del cigüeñal. Trabaja en dos modos, uno recuperando energía de las frenadas para convertirla en energía eléctrica que se almacena en las baterías, y otro haciendo lo contrario, devolver la energía de las baterías para funcionar como motor cuando se aprieta el botón del KERS. Por las elevadas revoluciones a las que gira y la gran corriente eléctrica generada y liberada, por lo general los equipos lo refrigeran con agua o aceite. (Guevara, 2014, pág. 29)



**Figura 7-2:** Motor-generator.  
**Fuente:** Esquema de la conexión del motor-generator. (Guevara, 2014, pág. 30)

### 2.3.6.2. Baterías.

Aunque se han desarrollado volantes de inercia para almacenar la energía, se utilizan baterías eléctricas de ion-litio y/o Níquel-Hidruro metálico. Al ser cargadas y descargadas varias veces se calientan mucho y necesitan sistemas de refrigeración por agua o aceite, incluso con su propia bomba y radiadores. (Guevara, 2014, pág. 30)

Hay dos maneras de producir electricidad para aplicarla a usos prácticos: bien mediante maquinas llamadas dinamos o generadores de corriente eléctrica, cuando se trata de un consumo apreciable para instalaciones fijas; o bien mediante el empleo de baterías de pilas secas o de acumuladores, si se trata de aparatos portátiles o vehículos eléctricos (VE).

Una pila transforma la energía química en energía eléctrica; parte de esa energía química se transforma en calor (energía calorífica) y el resto en corriente eléctrica.

Existen dos clases de almacenadores: el primario (pila), cuya carga no puede renovarse cuando se agota, excepto reponiendo las sustancias químicas de las que está compuesta, y el secundario (baterías), que sí es susceptible de reactivarse sometiéndola al paso más o menos prolongado de una corriente eléctrica continua, en sentido inverso a aquél en que la corriente de la pila fluye normalmente.

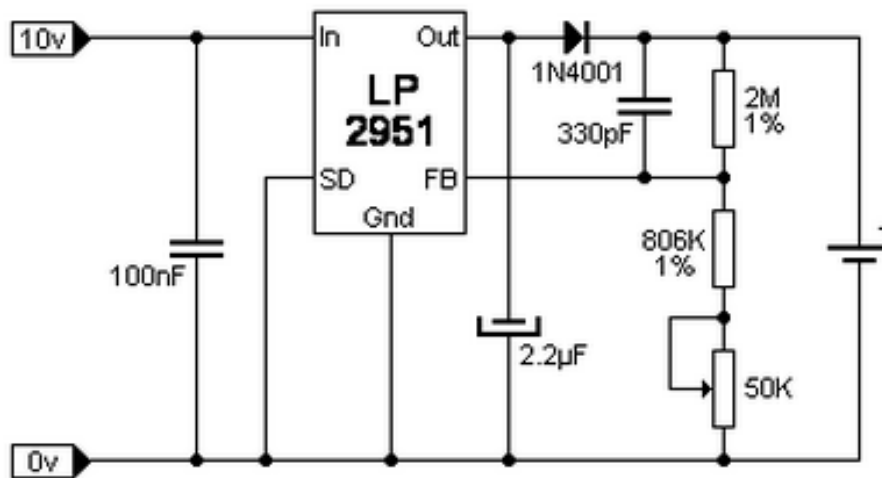
Para proporcionar una rápida aceleración y unos viajes de larga distancia, las baterías de VE han de tener una gran potencia y energía específicas, respectivamente. Además, han

de ser de bajo precio, fáciles de mantener, seguras bajo condiciones de funcionamiento y tolerantes a los abusos a que los vehículos están expuestos en el funcionamiento diario normal.

La batería de ácido-plomo continúa siendo la de mayor disponibilidad en el mercado para VE. La investigación para mejorar estas baterías se centra en incrementar la energía y potencias específicas y el ciclo de vida, y en decrementar las exigencias de mantenimiento, volumen, peso y precio.

### 2.3.6.3. *Sistemas de baterías de litio.*

Estos sistemas son capaces de permitir en las baterías energías de una densidad mayor a 100 W/Kg y otras de potencias mayores a 300 W/Kg. También son usadas a altas temperaturas y brindan valores de tensión elevados superando los 4V. En los vehículos híbridos las baterías de este material son ampliamente utilizados, teniendo una gran acogida por su efectividad. (Guevara, 2014, pág. 32)



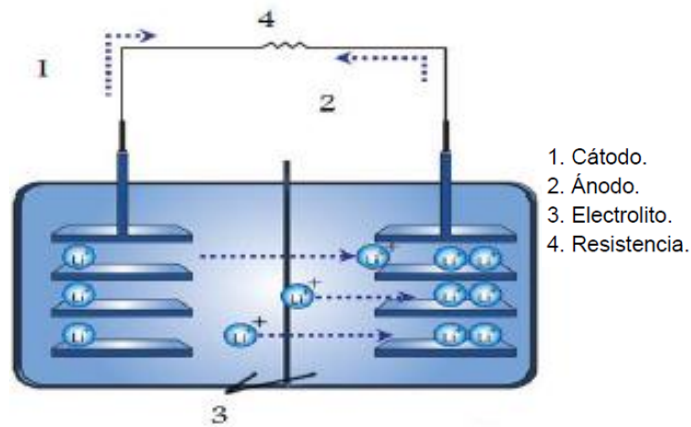
**Figura 8-2:** Sistema de las baterías de litio.

**Fuente:** Circuito básico de las baterías de ion-litio. (Guevara, 2014, pág. 32)

Al contrario que los sistemas de níquel-cadmio, los de litio no presentan el efecto memoria. No obstante, tienen el inconveniente del costo relativamente alto al que se debe hacer frente para la seguridad del sistema. Por ejemplo tiene que supervisarse cada uno de los elementos debido a su falta de capacidad de carga. Asimismo, la batería debe protegerse de una forma especial si se produce un cortocircuito, para impedir que el entorno sufra daños. (Guevara, 2014, pág. 32)

2.3.6.4. *Batería de ion de litio.*

En las baterías de ion de litio, los iones de litio del electrodo negativo se depositan en una rejilla de grafito siguiendo un progreso reversible eléctricamente. En las baterías convencionales de aparatos eléctricos, el electrodo positivo contiene como parte esencial óxido de cobalto, lo que hace que el sistema sea muy caro. Esta es la razón por la que se intenta utilizar materiales más baratos como, p.ej., el óxido de manganeso o de níquel. Como electrólito se emplea materia orgánica; no se pueden utilizar electrólitos acuosos debido a la tensa reacción química del litio con el agua. (Guevara, 2014, pág. 33)



**Figura 9-2:** Batería de ion-litio.  
**Fuente:** Representación esquemática de una batería ion-litio tradicional. (Guevara, 2014, pág. 33)

La batería de ion-litio es más ligera, almacena más carga y la retiene por más tiempo que la de níquel del mismo tamaño. Incluye obligatoriamente un circuito electrónico de gestión de la batería que evita que las celdas se carguen o descarguen por encima o por debajo de los límites recomendados. Aun haciendo uso del circuito de protección, que consume una pequeña parte de su energía. (Guevara, 2014, pág. 48)

**Tabla 1-2:** Descripción de las baterías de Ion-Litio de 24V 180h.

<b>Baterías de Ion-Litio de 24V 180h.</b>	
<b>Tecnología</b>	Fosfato de hierro y litio
<b>Tensión Nominal</b>	26.4 V
<b>Capacidad Normal</b>	180 Ah
<b>Potencia Nominal</b>	4.75 KWh
<b>Peso</b>	55 kg
<b>Potencia/peso</b>	86 Wh/kg
<b>Dimensiones</b>	625 x 195 x 355 mm

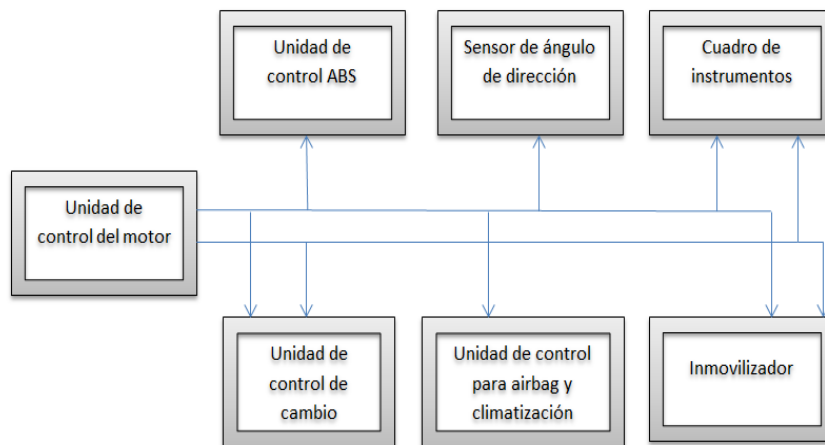
**Tabla 1-2 (Continuación):** Descripción de las baterías de Ion-Litio de 24V 180h.

<b>Tensión de corte de carga a 0.05C</b>	28.8 V
<b>Tensión de corte de descarga</b>	20 V
<b>Corriente de carga/descarga recomendada</b>	54 A (0.3C)
<b>Corriente máxima de carga (1C)</b>	180 A
<b>Corriente máxima de descarga (1.5)</b>	270 A
<b>Corriente de descarga por pulsación (10s)</b>	1000 A
<b>Cantidad de ciclos 80% DOD (0.3C)</b>	200 A
<b>Configuración de series</b>	Si, hasta 2 o más según se solicite
<b>Configuración paralela</b>	Si, fácilmente hasta 4, más paralelo si se solicita
<b>Temperatura de trabajo para carga</b>	0-45 °C
<b>Temperatura de trabajo para descarga</b>	25-55 °C
<b>Temperatura de almacenamiento</b>	25-45 °C

Fuente: Relación de trabajo de las baterías de ion-litio (Guevara, 2014)

### 2.3.6.5. Unidad de control.

Esta caja electrónica tiene dos funciones; una, la de invertir y controlar la conmutación de la corriente entre las baterías y el motor-generador, y la otra la de supervisar el estado de las celdas de la batería. Esta última función es fundamental, porque la eficiencia de las baterías se reduce si una de las celdas falla, además de que esa celda puede recalentarse y provocar problemas de seguridad. (Guevara, 2014, pág. 30)



**Gráfico 2-1:** Diagrama de la Unidad de Control.

Fuente: Diagrama de bloques de la unidad de control del motor. (Guevara, 2014)



## 2.4. Motores eléctricos.

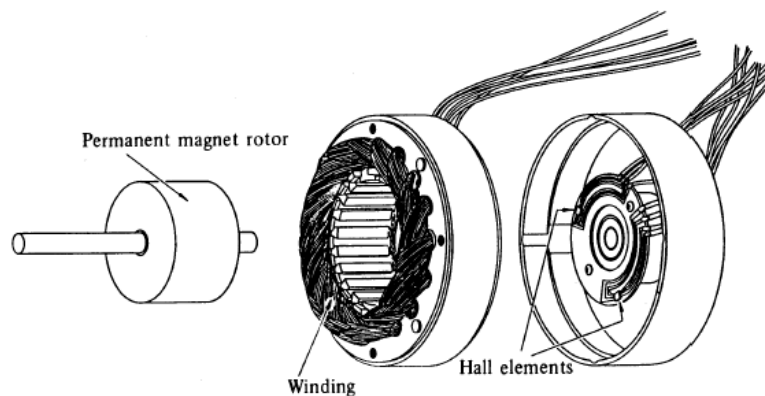
### 2.4.1. Motores DC sin escobillas.

Los motores DC con escobillas son altamente eficientes y tienen grandes características para hacerlos funcionar como servo-motores. Pese a estas grandes ventajas, cuenta con un conmutador y con unas escobillas las cuales están sujetas al desgaste y por esta razón, se hace necesario un calendario de mantenimiento de las mismas. (Escobar & Martínez, 2011, pág. 15)

La característica principal de los motores DC sin escobillas es que realiza la misma función de un motor DC normal pero reemplazando el conmutador y las escobillas por *switches* de estado sólido que funcionan con una lógica para la conmutación de los embobinados. Se puede concluir que la gran ventaja de los motores DC sin escobillas, frente a los demás motores de alimentación continua, es que no requieren de un mantenimiento periódico. (Escobar & Martínez, 2011, pág. 15)

#### 2.4.1.1. Estructuras Básicas.

La construcción de motores DC sin escobillas modernos es muy similar a la de los motores AC, que es mostrada en la siguiente.



**Figura 10-2:** Estructura básica de un motor DC.

Fuente: <http://www.cochesrc.com/attachments/snap504.jpg-f11644>

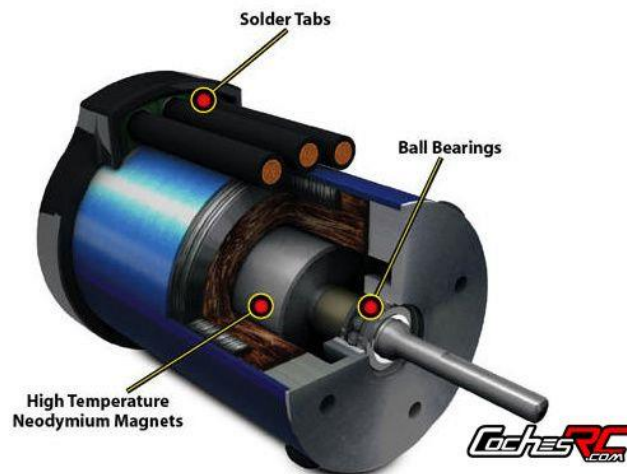
El rotor es un elemento magnético permanente, y el estator está formado por embobinados al igual que un motor AC de varias fases. La gran diferencia entre estos dos tipos de motores es la forma de detectar la posición del rotor, para poder saber cómo se encuentran los polos magnéticos y así generar la señal de control mediante *switches* electrónicos. (Escobar, y otros, 2011 pág. 16)

Este sensado de la ubicación de los polos magnéticos en los motores DC sin escobillas normalmente se hace con sensores de *efecto Hall*, aunque existen modelos que utilizan sensores ópticos, que funcionan de manera similar a los *encoders*. (Escobar & Martínez, 2011, pág. 16)

## 2.4.2. *Motor brushless.*

### 2.4.2.1. *Componentes del motor brushless.*

Éste tipo de motores sin escobillas (brushless) se componen de un rotor (parte fija), donde están presentes imanes permanentes de neodimio y una parte fija que es el estator (carcasa), donde está el bobinado de hilo. En la imagen que se muestra a continuación se encuentra un motor brushless seccionado, donde se observa el orden de bobinado y los imanes de neodimio. (www.cochesrc.com, 2013)



**Figura 11-2:** Componentes del motor brushless.  
**Fuente:** <http://www.cochesrc.com/attachments/snap504.jpg-f11644>

### 2.4.2.2. *Funcionamiento del motor brushless.*

El motor brushless es un motor que carece de escobillas por lo tanto en estos motores la corriente eléctrica va directo al bobinado de la carcasa (estator), por ende no hace falta tener escobillas ni algún elemento que recolecte como se usa en los motores con escobillas. La corriente produce un campo electromagnético que actúa con el campo electromagnético generado por los imanes de neodimio del rotor, teniendo la suficiente fuerza para hacer girar al rotor y conjuntamente al eje del motor. (Escobar & Martínez, 2011, pág. 16)

No se encuentran presentes escobillas ni colectores y tampoco existen delgas, por lo tanto existe un variador electrónico el cual es el encargado de hacer girar y controlar al rotor, pero su funcionamiento en sí, es el de ver en qué posición se encuentra el rotor a cada instante, lo que permite que la corriente utilizada sea la adecuada para que exista movimiento giratorio en el motor. (Escobar, y otros, 2011 pág. 16)

Este variador electrónico es capaz de realizar aquel movimiento ya que posee unos sensores incorporados en el motor o a su vez por los estudios y monitoreos constantes del comportamiento de la corriente que se encuentra en el motor. Por ende los variadores que se utilizan en los motores brushless son más complicados que los usados en motores brushed porque el monitoreo de los datos de funcionamiento del motor se los hace en tiempo real. (Escobar & Martínez, 2011, pág. 16)

#### 2.4.2.3. *Qué indica el factor "KV" en un motor Brushless:*

Cuando hablamos de motores brushless, hay un parámetro importante que debemos considerar, que es factor "KV". Normalmente aparece junto al número de vueltas de bobinado del motor, y lo que nos indica es el número de revoluciones por minuto a las que es capaz de girar el motor por cada Voltio de electricidad que se le aplica. (Escobar & Martínez, 2011, pág. 16)

Es decir, que si tenemos por ejemplo un motor brushless de 3000KV, y le aplicamos a sus bornes 10 voltios, la velocidad será de 30000rpm. En el mercado podemos encontrar un rango amplio para este factor. (Escobar, y otros, 2011 pág. 16)

Pero como ocurre muchas veces, no todo son ventajas. A mayores valores para el KV, mayores valores de velocidad, pero menores valores de par y viceversa. Por lo tanto se trata de encontrar una solución de compromiso entre velocidad y par teniendo en cuenta las características de nuestro modelo. (Escobar, y otros, 2011 pág. 16)

Si tenemos un buggy aligerado, optaremos por motores con valor KV más elevado, cuya respuesta en velocidad y aceleración sean mayores; pero si tenemos modelos de mayor peso, como puede ser el caso de los Short Course, quizás sería mejor optar por un valor de KV algo inferior, que tenga una velocidad y aceleración satisfactoria pero que nos proporcione un mayor valor para el par. (Escobar & Martínez, 2011, pág. 16)

#### 2.4.2.4. *Frenado Regenerativo en motores Brushless.*

Por lo general en este tipo de motores sin escobillas se aprovecha el campo magnético que se genera por la interacción entre los imanes de neodimio provenientes del rotor y los embobinados del estator, los cuales activan los sensores Hall que envían señales para el manejo del motor. El electromagnetismo dice que el campo generado es proporcional a la velocidad. (Escobar, y otros, 2011 pág. 17)

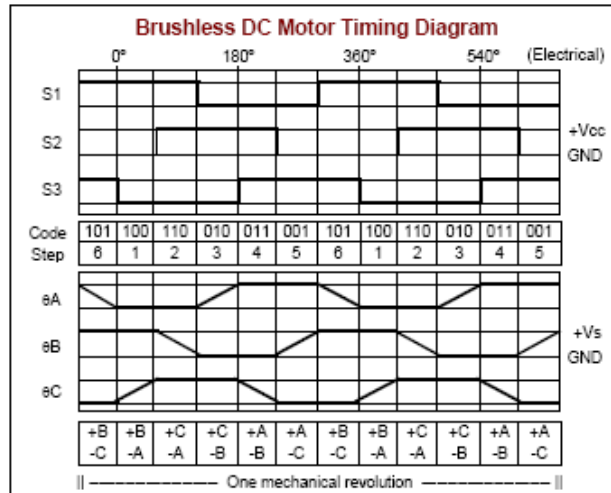
El campo magnético del que se habla proviene del bobinado el cual genera un F.E.M que regresa al embobinado. Para los motores sin escobillas la energía suministrada debe ser mayor que la F.E.M que regresa de la inducción para que el torque sea mayor que cero. (Escobar, y otros, 2011 pág. 17)

La energía generada es usada mientras el motor deja de ser inducido ya que al momento de frenar o dejar de acelerar comienza a recargar la fuente de alimentación, debido a que esta energía es proporcional a la velocidad e inercia. (Escobar, y otros, 2011 pág. 17)

Para realizar el frenado dinámico del motor *brushless DC*, es necesario, como en cualquier otro motor DC, aumentar la carga en el embobinado, de tal manera que el campo generado en éste aumente, reduciendo la velocidad del rotor. (Escobar & Martínez, 2011, pág. 16)

En el frenado regenerativo, como se expuso anteriormente, el objetivo no es disipar la energía en calor, ya sea en un freno mecánico o en una resistencia, sino por el contrario aprovechar ésta para recargar la batería que alimenta el motor, mejorando la eficiencia del sistema. (Escobar, y otros, 2011 pág. 17)

Lo anterior crea la necesidad de involucrar un bloque en el sistema, capaz de alimentar el motor y además de ofrecer un camino de descarga hacia la alimentación cuando se reduce la velocidad del motor. Este bloque generalmente se implementa con un *convertor bidireccional*, del cual existen diversas configuraciones, cada una con ventajas y desventajas que fueron estudiadas durante el desarrollo del proyecto para escoger la más adecuada para el prototipo que se desarrolló. Sin embargo, a continuación se introduce, la teoría del convertor *bidireccional*. (Escobar & Martínez, 2011, pág. 16)



**Figura 12-2:** Diagrama de tiempo del motor brushless.  
**Fuente:** <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/tesis89.pdf>

#### 2.4.2.5. Freno Regenerativo.

Durante el frenado regenerativo, el motor ya sea de corriente alterna o de corriente continua deja de consumir electricidad y comienza a generar. Para que esta energía pueda ser utilizada en un mejoramiento de eficiencia, se requiere de los dispositivos de control necesarios. En los puntos siguientes, se detallan los circuitos de electrónica de potencia necesarios para realizar esta tarea en motores de C.A. y C.C. respectivamente. (Autolibre, 2012, pág. 4)

#### 2.4.2.6. Interfase para un Flujo Bidireccional.

En ciertas aplicaciones, por ejemplo, en el manejo de motores con sistema de frenado regenerativo, el flujo de potencia a través del convertidor de interfase se invierte durante el frenado regenerativo mientras la energía cinética asociada con la inercia del motor y la carga se recupere y sea alimentado de vuelta al sistema. (Autolibre, 2012, pág. 6)

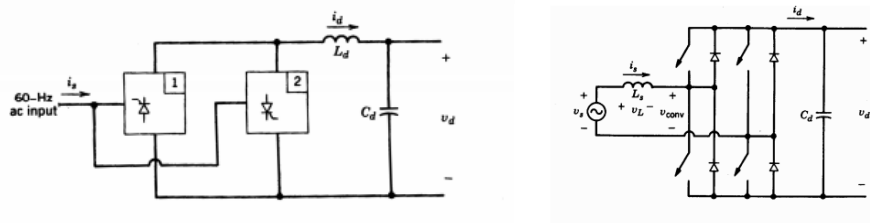
Una forma de abordar esto en el pasado fue utilizar dos convertidores en base a tiristores de frecuencia de línea conectados back to back, como aparece en la figura A. Durante el modo normal, el convertidor 1 actúa como un rectificador y la potencia fluye de la entrada AC al lado DC. Durante el frenado regenerativo, los pulsos de la compuerta (gate) al tiristor del convertidor 1 son bloqueados y el convertidor 2 opera en un modo invertido donde la polaridad de VD se mantiene igual pero la dirección de Id es invertida. (Autolibre, 2012, pág. 6)

La forma en que fue abordado esto presenta ciertas desventajas como:

- La corriente de entrada es tiene una forma de onda distorsionada y el factor de potencia es bajo.
- El voltaje de VD es limitado en el modo inverso debido al requerimiento mínimo del ángulo de excitación del convertidor 2 mientras opere en el modo inverso.
- Existe la posibilidad de falla en la conmutación en el modo inverso debido a los disturbios de la línea AC. (Autolibre, 2012, pág. 6)

Es posible sobre pasar estas limitaciones al usar un convertidor en modo de switch (switch-mode), como aparece en la figura B. (Autolibre, 2012, pág. 6)

Figura A y B respectivamente:

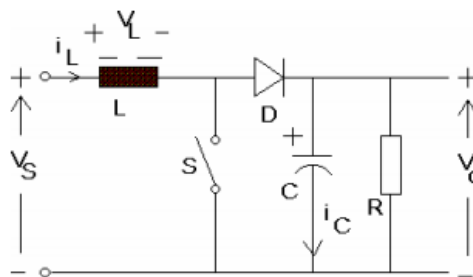


**Figura 13-2:** Interfase para un flujo bidireccional de freno regenerativo.

**Fuente:** <http://www.autolibreelectrico.com/autoContenido/uploads/2012/06/ESTUDIO-TECNICO-DEL-FRENO-REGENERATIVO-EN-V.E.pdf>. Pág. 6.

#### 2.4.2.7. Convertidor Step Up.

La figura 16-2 muestra un convertidor step-up. Su principal aplicación es en el abastecimiento de potencia regulada dc y el frenado regenerativo de los motores DC.



**Figura 14-2:** Circuito básico del convertidor Step Up.

**Fuente:** <http://www.autolibreelectrico.com/autoContenido/uploads/2012/06/ESTUDIO-TECNICO-DEL-FRENO-REGENERATIVO-EN-V.E.pdf>

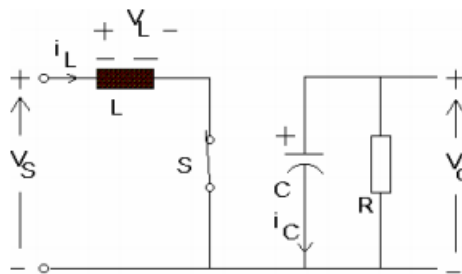
El mecanismo esencial de control de la figura 16-2 es apagar (OFF) y prender (ON) la potencia del switch semiconductor. Cuando el switch está ON, la corriente a través de la inductancia aumenta y la energía almacenada en la inductancia aumenta también.

Cuando el switch está OFF, la corriente por la inductancia sigue circulando vía el diodo. (Autolibre, 2012, pág. 7)

La red RC y de regreso a la fuente. La inductancia está descargando su energía y la polaridad del voltaje de la inductancia es tal que el terminal conectado al diodo es positivo con respecto al otro terminal conectado a la fuente. (Autolibre, 2012)

Se puede ver entonces que el voltaje del capacitor debe ser mayor que el voltaje de la fuente y por lo tanto este convertidor es conocido como “boost converter”. Se puede apreciar que la inductancia actual como una bomba, recibiendo energía cuando el switch está cerrado y transfiriendo la a la red RC cuando está abierta. (Autolibre, 2012, pág. 7)

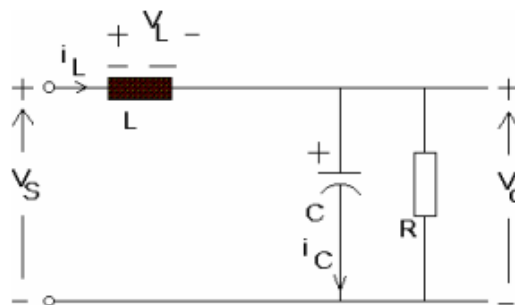
Cuando el switch está cerrado, el diodo no conduce y el capacitor sustenta el voltaje de salida. El circuito puede ser dividido en dos partes, como muestra la figura 17-2. Siempre y cuando el tiempo constante RC sea mucho mayor que el periodo de abierto del switch, el voltaje de salida se mantendrá más o menos constante. (Autolibre, 2012, pág. 7)



**Figura 15-2:** Circuito step cerrado.

**Fuente:** <http://www.autolibreelectrico.com/autoContenido/uploads/2012/06/ESTUDIO-TECNICO-DEL-FRENO-REGENERATIVO-EN-V.E.pdf>

Cuando el switch está abierto, el circuito equivalente que es aplicable corresponde a la figura 18-2. En este caso existe un único circuito conectado.



**Figura 16-2:** Circuito step abierto.

**Fuente:** <http://www.autolibreelectrico.com/autoContenido/uploads/2012/06/ESTUDIO-TECNICO-DEL-FRENO-REGENERATIVO-EN-V.E.pdf>

## CAPÍTULO III

### 3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN.

#### 3.1. Antecedentes y beneficios de la motocicleta eléctrica.

La motocicleta eléctrica es un vehículo al cual se le ha reemplazado su motor a combustión por un motor eléctrico, para así reducir la contaminación del ambiente y cuya autonomía puede alcanzar los 70 km. (HYE, 2013)

Las motocicletas eléctricas son el futuro como medio de transporte en las ciudades del país ya que poseen más beneficios para preservar el medio ambiente sin destruirlo ni contaminarlo, las cuales alcanzan una velocidad de 70 km/h a 90km/h.

La motocicleta eléctrica de hoy se basa principalmente en ser más amigable para el medio ambiente y mantener la carga suficiente de la batería para el uso diario, por eso en todas las ciudades del mundo se está implementando y concientizando el uso de vehículos eléctricos para la movilización de personas, reduciendo así la polución.

#### 3.2. Parámetros de diseño.

- Potencia del motor 500 watts que funciona con 48 voltios
- Peso de la motocicleta convencional de 85 kg

##### 3.2.1. *Variables de diseño.*

- Peso de los ocupantes del vehículo
- Duración de la batería
- Precio de los componentes

##### 3.2.1.1. *Cálculos.*

Potencia requerida para peso máximo

Datos:

$m_1 = 90,71 \text{ kg}$       masa de la motocicleta

$v = 35 \text{ Km/h}$              $v = 9,72 \text{ m/s}$



$$t = 17s \longrightarrow t = 0,005h$$

$$v = a * t \quad a = \text{aceleración} \quad (1)$$

$$a = v/t \quad t = \text{tiempo}$$

$$a = 35 \text{ Km/h} / 0,005h$$

$$a = 7000 \text{ Km/h}^2 \longrightarrow a = 0,54 \text{ m/s}^2$$

$$f = m * a \quad f = \text{fuerza} \quad (2)$$

$$a = \text{aceleración}$$

$$f = (90,71 \text{ kg}) * (0,54 \text{ m/s}^2)$$

$$f = 48,98 \text{ kg} * \text{m/s}^2$$

$$P = f * v \quad P = \text{potencia} \quad (3)$$

$$f = \text{fuerza}$$

$$v = \text{velocidad}$$

$$P = (48,98 \text{ kg} * \text{m/s}^2) * (9,72 \text{ m/s})$$

$$P = 476,09 \text{ W}$$

Potencia máxima requerida es de 476,09 Watt

Motor seleccionado es de 500 watts para pasar cualquier imprevisto en la carretera ya sean baches o subidas

Cálculos realizados con datos del motor

$$P = V * I \quad P = \text{potencia del motor} \quad (4)$$

$$V = \text{voltaje}$$

$$I = \text{intensidad}$$

$$I = P/V$$

$$I = (500W) / (48 V)$$

$$I = 10,42 A$$

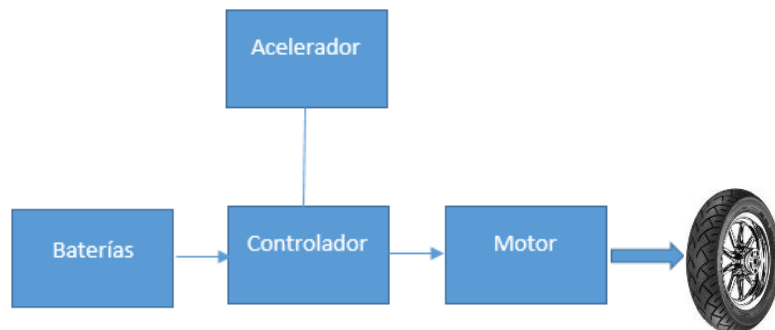
### 3.3. Marco metodológico.

- Adquisición de la Motocicleta Convencional
- Adquisición de los componentes para la transmisión eléctrica de la motocicleta los cuales son:
- 4 baterías de Ion-Litio de 12v/20Ah cada una, con conexión en serie para obtener el voltaje requerido para hacer que el motor trabaje adecuadamente.
- Transformador de 48V
- Controlador de 48 V y 30 A

#### 3.3.1. *Motor brushless 48V/500W*

#### Diagrama de bloques del sistema de la motocicleta eléctrica.

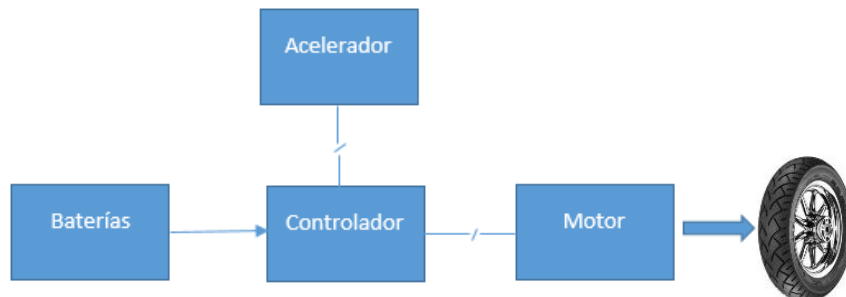
Transmisión eléctrica con acelerador activado



**Gráfico 1-3:** Gráfico de la transmisión con acelerador activado.

**Fuente:** Autores

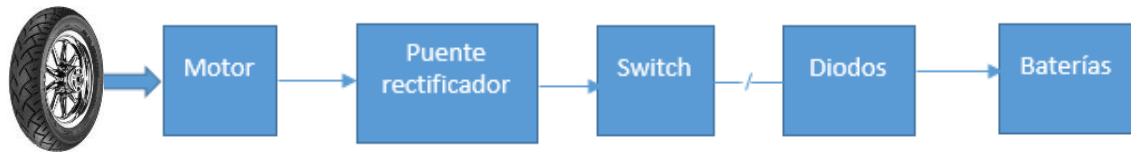
Transmisión eléctrica con acelerador desactivado



**Gráfico 2-3:** Transmisión eléctrica con acelerador desactivado.

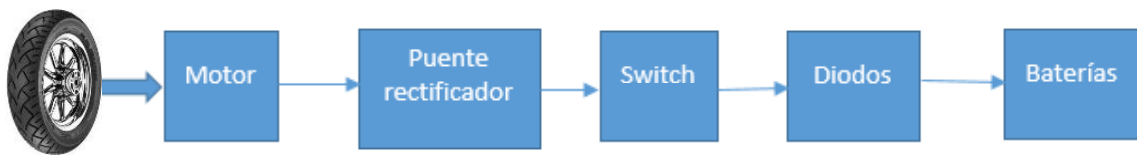
**Fuente:** Autores

### Frenada regenerativa con switch de activación en OFF



**Gráfico 3-1:** Frenada regenerativa con switch de activación en off.  
**Fuente:** Autores

### Frenada regenerativa con switch de activación en ON



**Gráfico 4-3:** Frenada regenerativa con switch de activación en on.  
**Fuente:** Autores

### ***3.3.2. Pasos para la elaboración de la transmisión eléctrica y frenado regenerativo.***

1. Adquisición y acondicionamiento de la estructura de la motocicleta.

Para conseguir el chasis de la motocicleta convencional, nos dirigimos a Quito, la cual fue de una motocicleta de tipo parola la misma que se encontraba en buen estado.

2. Selección de componentes eléctricos.

Para la selección de los componentes nos basamos en catálogos y páginas de internet de Colombia, por lo cual tuvimos que trasladarnos para adquirir los siguientes componentes:

- 4 Baterías selladas recargables de 12V.
- Motor de cubo de 500W.
- Acelerador de manilla.
- Panel de instrumentos.
- Controlador.
- Cargador.
- Regulador de 48V.
- Otros componentes eléctricos.

3. Diseño del circuito eléctrico de la motocicleta.

Para el diseño utilizamos el programa Proteus en el cual esta detallado todo el esquema eléctrico.

4. Instalación y adaptación de la transmisión eléctrica.

Después de haber realizado el esquema, se procedió a la adaptación de los componentes al chasis de la motocicleta.

5. Diseño y simulación del sistema de frenado regenerativo.

Para el diseño del sistema de freno regenerativo se usó el programa Proteus y para la simulación el programa Proteus también.

6. Instalación del sistema de frenado regenerativo.

En la instalación se usaron componentes electrónicos y aprovechando la misma generación del motor se reutilizo la energía enviándola a las baterías para será almacenadas.

### 3.4. Selección de alternativas.

Para la selección de las alternativas debemos tener presente el problema el cual se quiere solucionar tomando en cuenta las diferentes alternativas a elegir y las opciones disponibles en el mercado referente a los componentes necesarios para la elaboración del sistema de transmisión eléctrica de la motocicleta.



**Figura 1-3:** Equipo a utilizar.  
**Fuente:** [www.solostocks.com](http://www.solostocks.com)

### 3.4.1. Transmisión eléctrica.

Para la conversión de la motocicleta convencional tipo scooter a una motocicleta con transmisión eléctrica se requiere contar con el chasis de la motocicleta para en ésta realizar las adaptaciones y acoples necesarios del motor eléctrico para generar la transmisión eléctrica, para lo cual se requiere contar con los elementos siguientes para su adaptación:

- Motor eléctrico brushless de 48V y 500W.
- Controlador de 48V y 30A.
- Controlador de velocidad con mango.
- Transformador de 110V a 48V.
- 4 Baterías de Ion Litio de 12V.

#### 3.4.1.1. Motores eléctricos.

### 500 W DC 48 V Motor Sin Escobillas, BM1418ZXF, Motocicleta eléctrica

Tabla 1-3: Características del Motor Sin Escobillas, 500 W DC 48 V

Especificación	Característica
Nombre de la marca	Kun Ray
Tensión	48V
Diseño	Sin escobillas
Potencia	>400W
Tipo de motor	Brushless DC Motor

Fuente: es.aliexpress.com (AliExpress, 2016)



**Figura 2-3:** Motor sin escobillas, 500W DC 48V  
**Fuente:** es.aliexpress.com (AliExpress, 2016)

### 10 pulgadas 500 W 205 27 H V1 48 V dc sin escobillas hub motor scooter eléctrico

**Tabla 2-3:** Características del Motor QS Specification

<b>Especificación</b>	<b>Característica</b>
<b>Tipo De Motor</b>	Rotor Exterior In-Wheel Hub Motor BLDC Con Sensor Hall
<b>Marca</b>	QS Motor, QSMOTOR
<b>Diseño de Motor</b>	Doble eje con 10 pulgadas borde del ciclomotor (integrado)
<b>Tamaño de la llanta</b>	10x2.15 pulgadas (Neumático Estrecho por defecto), tire igualados: 3.0-10, 3.5-10, etc 10x3.0 pulgadas (Neumáticos De Ancho)
<b>Imán de Altura</b>	28mm, 23 pares de polos
<b>Estator</b>	Núcleo De Aluminio
<b>Potencia nominal</b>	500 W
<b>Velocidad (personalizable)</b>	Par máximo aprox. 72N.m

**Fuente:** es.aliexpress.com (AliExpress, 2016)



**Figura 3-3:** Motor QS Specification  
**Fuente:** es.aliexpress.com (AliExpress, 2016)

### **MY1020 24 V 36 V 48 V DC 500 W Motor de Cepillado**

**Tabla 3-3:** Características del Motor de Cepillado: MY1020

<b>Especificación</b>	<b>Característica</b>
<b>Nombre de la marca</b>	Kun Ray
<b>Potencia</b>	>400W
<b>Diseño</b>	Cepillado
<b>Tensión</b>	24V
<b>Tipo de motor</b>	DC brushed motor
<b>Voltaje</b>	24V 36V 48V DC
<b>Power</b>	500W
<b>STYLE</b>	Brushed

**Fuente:** <https://es.aliexpress.com/store/product> (AliExpress, 2016)



**Figura 4-3:** Motor de Cepillado: MY1020  
**Fuente:** <https://es.aliexpress.com/store/product> (AliExpress, 2016)

**Tabla 4-3:** Comparación del motor eléctrico

<b>Tipo</b>	<b>MOD</b>	<b>Marca</b>	<b>Tensión</b>	<b>Potencia</b>	<b>Diseño</b>
<b>Motor sin escobillas</b>	BM1418ZXF	Kun ray	48V	>400W	Sin escobillas
<b>Motor de cepillado</b>	MY1020	Kun ray	24V	>400W	Con escobillas
<b>Motor DC sin escobillas hub</b>	10 pulgadas	QSMOTOR	48V	500W	Sin escobillas
<b>Motor de cubo DC</b>	SLT1003	China	48V	500W	Brushless

**Fuente:** Autores

El motor eléctrico es un motor sin escobillas el cual está conjuntamente fusionado a la rueda trasera de la motocicleta permitiendo en si una mejor eficiencia.



**Tabla 5-3:** Datos Básicos Motor Brushless elegido.

<b>Especificación</b>	<b>Característica</b>
<b>Voltaje</b>	48V
<b>Tensión</b>	48V
<b>Velocidad</b>	600RPM
<b>Nombre del Producto</b>	Motor de cubo eléctrico 10 in
<b>Nombre del modelo</b>	SLT1003
<b>Potencia</b>	500W
<b>Tipo</b>	Motor de Cubo
<b>Diseño</b>	Sin escobillas
<b>Peso</b>	3.5 kg
<b>Tamaño</b>	10 in

Fuente: Autores



**Figura 5-3:** Motor eléctrico de cubo

Fuente: Autores

### **3.5. Selección de Baterías.**

#### **3.4.2. Baterías de ciclo profundo.**

Las baterías de ciclo profundo guardan energía de modo que las corrientes eléctricas puedan recargarlas por medio de alternadores, generadores de corriente, etc.

La diferencia entre una batería de recarga corta como las de los vehículos normales radica en el modo de uso y recarga de las mismas.

## Batería de GEL para Scooter Eléctrico 12 Voltios 20 Amperios

Tabla 6-3: Características de la Batería de Gel de 12 Voltios 20 Amperios

Especificación	Característica
Número de celdas	6 Unidades
Voltaje por batería	12 Voltios
Capacidad	20 Amperios en C20, ratio 1,75V por celda a 25°C
Peso	8,2 Kilos (Tolerancia +/-3%)
Máxima corriente de descarga	260 Amperios en 5 segundos.
Resistencia interna	11 Megohms
Temperatura normal en uso	25°C
Tensión de flotación	13,6V a 13,8V a 25°C de promedio
Máxima corriente de carga recomendada	5,2 A

Fuente: [www.reguero baterías.es](http://www.reguero baterías.es) (Reguero, 2016)



Figura 6-3: Batería de Gel de 12 Voltios 20 Amperios  
Fuente: [www.reguero baterías.es](http://www.reguero baterías.es) (Reguero, 2016)

## 12 V 20AH Ebike Batería Scooter Eléctrico 6-DZM-20

**Tabla 7-3:** Características de la Batería Scooter Eléctrico 6-DZM-20

Especificación	Característica
Lugar del origen	China (Continental)
Tamaño	181*77*170*171mm
Capacidad nominal	20Ah
detalles del embalaje	caja/pallet
Marca	CBB
Tipo	de plomo-ácido
Tipo de batería	6-DZM-20 batería
Color	Negro
Número de Modelo	6-DZM-20
Voltaje nominal	12V
Rendimiento de la batería	fuerza motriz fuerte
OEM	Disponible

Fuente: [www.spanish-alibaba.com](http://www.spanish-alibaba.com) (Alibaba, 2016)



**Figura 7-3:** Batería Scooter Eléctrico 6-DZM-20  
Fuente: [www.spanish-alibaba.com](http://www.spanish-alibaba.com) (Alibaba, 2016)

### **Sellada Recargable 12V 20Ah Batería de plomo ácido**

**Tabla 8-3:** Características de la batería de plomo ácido sellada recargable de 12v

Especificación	Característica
Tipo sellado	Sellado
Lugar del origen	China (Continental)
Peso	5.5Kg
Uso	UPS
Material	ABS
Tipo del mantenimiento	Libre
Marca	JYC batería
Tamaño	181*76*167*167 (TH) mm
Tipo	China Industria de las Baterías de Acceso Empresarial
Productos de la Serie	batería de plomo ácido
Voltaje	12V
Número de Modelo	GP20-12, 12 v 20ah batería de plomo ácido
Capacidad nominal	20Ah
color de la batería	negro o blanco grisáceo
Aplicación	panel solar/UPS/EPS etc.

Fuente: [www.spanish-alibaba.com](http://www.spanish-alibaba.com) (Alibaba, 2016)



**Figura 8-3:** Batería de plomo ácido sellada recargable  
Fuente: [www.spanish-alibaba.com](http://www.spanish-alibaba.com) (Alibaba, 2016)

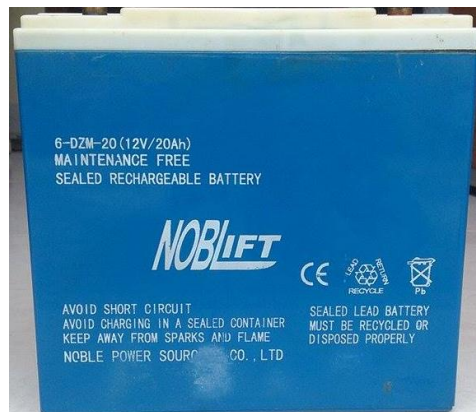
La batería seleccionada a utilizar es la Batería de plomo sellada Noblift de ciclo profundo.

## Batería Sellada de Plomo Noblift

**Tabla 9-3:** Características batería sellada de plomo noblift elegida.

Especificación	Característica
Voltaje Nominal	12V
Capacidad Nominal	20Ah
Ciclos de vida	>200
Peso	14lb
Corriente Máx. de Descarga	300A máx.
Corriente Máx. de Carga	6A
Mantenimiento	Libre de mantenimiento

Fuente: Autores



**Figura 9-3:** Batería sellada de plomo noblift elegida.

Fuente: Autores

**Tabla 10-3:** Comparación de las baterías

Tipo	Numero de celdas	Marca	Tensión	Capacidad	Peso
Batería de GEL	6	Ritar	12V	20Ah	8,2Kilos
Ebike Batería 6-DZM-20	6	CBB	12V	20Ah	7Kilos
Sellada Recargable	6	JYC	12V	20Ah	5,5Kilos
Batería de plomo sellada	6	Noblift	12V	20Ah	6Kilos

Fuente: Autores

### 3.4.3. *Conexión de baterías de 12V/20 Ah (Serie).*

Cuando se tienen baterías interconectadas en serie, los voltajes se suman, pero los Ah no. Ejemplo: Suponemos cuatro baterías de 12 V y 20 Ah conectadas en serie. Lo que obtengo es un arreglo de 48 voltios a 20 Ah. Ahora con el propósito de mejorar la autonomía reemplazo una de 20 Ah por una de 30 Ah. Ahora lo que tengo son 48 voltios y a los mismos 20 Ah. Resulta que la batería de 30 Ah solo trabajará en conjunto hasta que las otras tengan energía. Una vez agotada su electricidad acumulada, la mayor así esté con suficiente capacidad no puede trabajar sola asumiendo la carga.

- 1) Se interconectan cuatro baterías de 20 Ah en paralelo. Se obtienen 60 Ah a doce voltios. Las capacidades se suman los voltajes no.
- 2) Las mismas baterías se interconectan en serie. Se obtienen 48 voltios a 20 Ah. Los voltajes se suman, la capacidad no.



**Figura 10-3:** Conexión de Batería en serie  
**Fuente:** Autores

#### 3.4.3.1. *Aceleradores de motocicletas eléctricas.*

##### **Acelerador E-bike**

- MOD-583283691
- Alta calidad adecuado para 24V / 36V /48V / 60V / 72V voltaje a elegir, sin indicador de batería
- Longitud del cable 0,45 metros estándar
- Color negro, de aspecto agradable. (Gonzales, 2013)



**Figura 11-3:** Acelerador E-bike  
**Fuente:** <http://www.minimotospeed.com/aceleradores.html>

### **Acelerador de pulgar estilo quad y ATV**

- MOD-583516197
- Sin indicador de batería interruptor ON/OFF
- Wuxing Brand, de calidad superior
- Longitud del cable 1,5 metros con conector SM-varón los más populares para la conversión eléctrica de la bicicleta, quad y ATV. (Gonzales, 2013)



**Figura 12-3:** Acelerador de pulgar estilo quad y ATV  
**Fuente:** <http://www.minimotospeed.com/aceleradores.html>

### **Acelerador Wuxing 24V / 36V / 48V de puño**

- MOD-926688122
- Acelerador de pulgar estilo quad y ATV, con indicador de batería interruptor ON/OFF



**Figura 13-3:** Acelerador Wuxing 24V / 36V / 48V de puño  
**Fuente:** <http://www.minimotospeed.com/aceleradores.html>



### **Wuxing Brand ignición de alta calidad modelo 24V / 36V / 48V**

- MOD-575461203
- Electric bicycle puño de giro
- Interruptor de apagado a llave
- Longitud del alambre 1,5 - 1,6 con conector



**Figura 14-3:** Wuxing Brand ignición de 24V / 36V / 48V  
**Fuente:** <http://www.minimotospeed.com/aceleradores.html>

### **Acelerador E-bike/Scooter / grip 24V / 36V / 48V / 60V / 72V**

- MOD-442043543
- Longitud del cable de 0,45 metros por lo general
- Kit puños de color negro



**Figura 15-3:** Acelerador E-bike/Scooter  
**Fuente:** <http://www.minimotospeed.com/aceleradores.html>

### **Wuxing 36V / 48V**

- MOD-526345570
- E-bike Patin, medio giro con interruptor de control de crucero + indicador de batería
- Cable 1600mm





**Figura 16-3:** Wuxing de 36V / 48V  
**Fuente:** <http://www.minimotospeed.com/aceleradores.html>

### **Wuxing 20X**

- MOD-1573790008
- Electric Bicycle giro del acelerador / velocidad / gas acelerador modelo común  
indicador de la batería no se cambia en el



**Figura 17-3:** Wuxing 20X lateral  
**Fuente:** <http://www.minimotospeed.com/aceleradores.html>



**Figura 18-3:** Wuxing 20X frontal  
**Fuente:** <http://www.minimotospeed.com/aceleradores.html>

### **Puños de alta calidad**

- MOD-1638133714
- Acelerador / Velocidad / Gas acelerador
- 22mm de diámetro y diámetro interior de 25mm



**Figura 19-3:** Puños MOD-1638133714, frontal  
Fuente: <http://www.minimotospeed.com/aceleradores.html>



**Figura 20-3:** Puños MOD-1638133714, lateral  
Fuente: <http://www.minimotospeed.com/aceleradores.html>

### **Puños de aluminio**

- MOD-1722181396
- Distintos colores
- Diámetro interior de 2.2cm
- Longitud del mango derecha 14.9cm
- Longitud del mango izquierda 13cm



**Figura 21-3:** Puños de aluminio  
Fuente: <http://www.minimotospeed.com/aceleradores.html>

Luego de revisar los distintos aceleradores el más adecuado para las características deseadas es el:

**Wuxing 20X Universal 12V 24V 36V 48V**

**Característica:**

- Adaptación de 12V, 24V, 36V, 48V, 60V moto, scooter con controlador de sala
- Acelerador eléctrico,
- Control Set de tres terminales longitud del cable: 28cm
- Diámetro interior: 2,2 cm
- Tamaño: 13 x 3.2cm
- ROJO: polo positivo
- Negro: polo negativo
- Azul: cable de señal. (Amazon, 2013)

**Tabla 11-3:** Datos técnicos acelerador.

<b>Especificación</b>	<b>Característica</b>
<b>Identificador de producto del fabricante</b>	Hwydo
<b>Peso del producto</b>	200 g
<b>Dimensiones del producto</b>	17,2 x 10,6 x 4,4 cm
<b>Referencia del fabricante</b>	Hwydo
<b>Número de productos</b>	1
<b>Incluye baterías</b>	No
<b>Necesita baterías</b>	No
<b>Peso</b>	200 gramos

Fuente: (Amazon, 2013)



**Figura 22-3:** Acelerador Universal-Scooter  
**Fuente:** <https://www.amazon.es/Universal-Scooter-el%C3%A9ctrico-Bicicleta-Throttle/dp/B00DFVOSKE>



**Figura 23-3:** Acelerador Wuxing Brand  
**Fuente:** <http://www.minimotospeed.com/aceleradores.html>



**Figura 24-3:** Aceleradores de mano  
**Fuente:** Autores

**Tabla 12-3:** Comparación de aceleradores

<b>Tipo</b>	<b>Voltaje</b>	<b>Mod</b>	<b>Indicador de batería</b>	<b>Longitud de cable</b>	<b>Color</b>
<b>Acelerador E_bike</b>	24/36/48/60 /72V	583283691	Sin indicador	0,45 m	Negro
<b>Acelerador de purgar estilo quad y ATV</b>	24/36/48V	583516197	Sin indicador	1,5 m con conector	Negro
<b>Acelerador wuxing</b>	24/36V	926688122	Con indicador	1,4 m	Negro
<b>Wuxing Brand ignición</b>	24/36/48V	575461203	Sin indicador	1,5 – 1,6 m con conector	Negro
<b>E-bike Scooter grip</b>	24/36/48/60 /72V	442043543	Sin indicador	0,45 m	Negro
<b>Wuxing</b>	12/24V	526345570	Con indicador	1,6 m	Negro
<b>Wuxing 20X</b>	12/24V	1573790008	Con indicador	1,5 m	Negro
<b>Alta Calidad</b>	12/24V	1638133714	Sin indicador	1,6 m	Negro
<b>Puños de aluminio</b>	12/24/36V	1722181396		0,50 m	Distintos colores
<b>Wuxing 20X Universal</b>	12/24/36/48 V	1573790009	Sin indicador	1,5 m	Negro

Fuente: Autores

### 3.4.3.2. Tipos de controladores.

#### **Controlador universal 24V 250W para motor con escobillas**

**MOD-711479620**

#### **Características:**

- Tensión nominal: DC 24V
- Potencia nominal: 250W

- Corresponde a motor: CC cepillado motor
- Peso: 160g
- Tamaño de la caja: 85x50x30 mm paquete. (Gonzales, controladores, 2014)



**Figura 25-3:** Controlador universal 24V 250W: MOD-711479620  
**Fuente:** <http://www.minimotospeed.com/controladores.html>

### **Controlador universal 36V 250W para motor con escobillas**

**MOD-2033084781.** (Gonzales, controladores, 2014)



**Figura 26-3:** Controlador universal 36V 250W: MOD-2033084781  
**Fuente:** <http://www.minimotospeed.com/controladores.html>

### **Controlador universal 36V 250W sin escobillas**

**MOD-648664578.** (Gonzales, controladores, 2014)



**Figura 27-3:** Controlador universal 36V 250W: MOD-648664578  
**Fuente:** <http://www.minimotospeed.com/controladores.html>

### **Controlador de motor sin escobillas 24 / 36V 250W batería de litio**

#### **MOD-1810697897**

- Tensión nominal: 24 / 36V
- Potencia nominal: 250 W
- Tensión del acelerador: 1.1 – 4.2 V. (Gonzales, controladores, 2014)



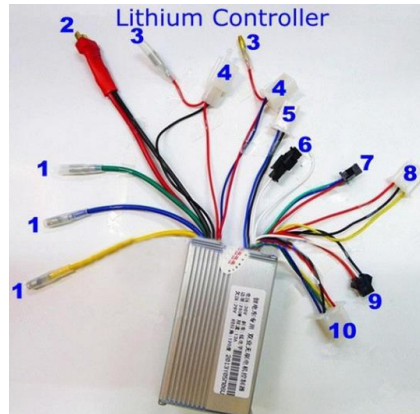
**Figura 28-3:** Controlador de motor sin escobillas 24 / 36V 250W batería de litio  
**Fuente:** <http://www.minimotospeed.com/controladores.html>

### **Controlador de litio 36V 250W sin escobillas**

#### **MOD-1508565077**

- Descripción: regulador sin cepillo de litio
- Especificaciones: 36V 250W
- Bajo voltaje: 28V

- Frenos: bajo nivel eléctrico
- Límite de corriente: 13<sup>a</sup>. Dimensiones: 9x5.5x3 cm. (Gonzales, controladores, 2014)



**Figura 29-3:** Controlador de litio 36V 250W sin escobillas: MOD-1508565077  
**Fuente:** <http://www.minimotospeed.com/controladores.html>

1. Grueso amarillo: línea de fase del motor
2. Azul grueso: línea de fase del motor
3. Verde grueso: línea de fase del motor
4. Descarga culata en T (macho)
5. Rojo fina (Bullet): acelerador suave
6. Alarmas
7. Freno de interrupción
8. Función de cruceo
9. Booster
10. Tres interruptores de engranajes
11. Línea del acelerador
12. Rojo + negro + amarillo + verde: Motor Salón. (Gonzales, controladores, 2014)

### **Controlador de E-bike sin escobillas 36V 350W BLDC**

#### **MOD-429352116**

- Puede trabajar con y sin sensor sensored motor sin escobillas DC, también factible para 120 fase del motor de 60 grados.
- Energía clasificada: 350W, 250W también viable
- Corriente máxima: 17A



- Protección del Under-voltaje: 31.5 +- 0.5 V, también se puede ajustar según la petición del cliente
- Eficiencia:  $\geq 83\%$
- Consumo:  $< 1.5W$
- Super silencioso cuando arranque
- E-ABS, freno de bajo nivel
- Prueba de agua. (Gonzales, controladores, 2014)



**Figura 30-3:** Controlador de E-bike sin escobillas 36V 350W BLDC  
**Fuente:** <http://www.minimotospeed.com/controladores.html>

### Controlador de escobillas 36v 350w Atv scooter eléctrico



**Figura 31-3:** Controlador de escobillas 36v 350w Atv scooter eléctrico  
**Fuente:** <http://www.minimotospeed.com/controladores.html>



- |                                 |                           |
|---------------------------------|---------------------------|
| 1 de aceleración / mango de gas | 1 for throttle/gas handle |
| 2 para el indicador de batería  | 2 for battery indicator   |
| 3 para el puerto de carga       | 3 for charge port         |
| 4 para el encendido / apagado   | 4 for ignition on/off     |
| 5 de freno                      | 5 for brake               |
| 6 para el freno                 | 6 for brake               |
| 6 para la luz de freno          | 6 for brake light         |
| 7 para el motor                 | 7 for motor               |
| 8 para la batería               | 8 for battery             |

**Figura 32-3:** Terminales del controlador de escobillas 36v 350w Atv scooter eléctrico  
**Fuente:** <http://www.minimotospeed.com/controladores.html>

## Controlador con escobillas de 36V 1000W

MOD-1344217098

Picture	Specification
	Model No.: CT09
	Product Name: DC Motor Controller
	Voltage: 36V
	Electric Current: 35/18A
	Power: 1000W
	LN: 13 01 03-0080SN: 0013
	Type: 9 PIN/Cable Terminals including Throttle, Charge, Sports, Brake, Indicator, Brake Lights&Power Switch
	Net Weight: 0.25kgs
	Product Size: 250* 65* 30mm
	© Separate Plug © ANTI OUT OF CONTROL
Delivery time: 3-15 days depending on order quantity.	
Shipping Method:	China Post Air Mail
	Shanghai Post Air Mail
	By Express Delivery (Such as DHL, TNT , FedEx, UPS or EMS) with Different Air Freight As Customer Requested

**Figura 33-3:** Características del Controlador con escobillas de 36V 1000W  
**Fuente:** <http://www.minimotospeed.com/controladores.html>

Tabla 13-3: Comparación de controladores

TIPO	TENSIÓN	MOD	PESO	POTENCIA	COLOR
Universal para motor con escobillas	DC 24 V	711479620	160 g	250 W	Negro
Universal para motor con escobillas	DC 36 V	2033084781	160 g	250 W	Negro
Universal para motor sin escobillas	DC 36 V	648664578	180 g	250 W	Plateado
Motor sin escobillas batería de litio	DC 24/36 V	1810697897	185 g	250 W	Plateado
De litio sin escobillas	DC 36 V	1508565077	165 g	250 W	Plateado
De E-bike sin escobillas	DC 36 V	429352116	180 g	350 W	Plateado
De escobillas Atv scooter eléctrico	DC 36 V	429352221	180 g	350 W	Plateado
Con escobillas	DC 36 V	1344217898	175 g	1000 W	Plateado

Fuente: Autores

#### 3.4.4. Controlador de motocicleta eléctrica 48V 500W.

Tabla 14-3: Datos básicos controlador eléctrico.

Especificación	Característica
Lugar de origen	China (continental )
Tipo de motor	Motor de CC
De energía	500 W
Motor eléctrico de ángulo	120
El uso	El vehículo eléctrico

**Tabla 14-3 (Continúa):** Datos básicos controlador eléctrico.

Marca	Persino
País de origen	China
Máxima de corriente	30 A
Bajo voltaje	41.5+- 0.5v
Proteger	A prueba de agua
Numero de modelo	Pscn48v500wbl
De tensión	48 V
Color	plateado
Tipo de motor	bldc motor eléctrico

Fuente: (Wenzhou Persino Electronic Technologies Co., 2010)

### Características:

1. Voltaje clasificado: DC48V
2. Potencia nominal: 500W
3. Corriente máxima: 30A
4. Categoría de controlador: De corriente continua sin escobillas
5. Modelo aplicable: bicicletas eléctricas, scooters eléctricos, triciclo eléctrico, vehículo eléctrico (Wenzhou Persino Electronic Technologies Co., 2010)

### Cables de controlador.

**Tabla 15-3:** Colores de los cables según su componente.

Especificación	Característica
<b>Cable de alimentación</b>	/Anódica thickblack/ cathodal Roja fina cerradura eléctrica
<b>Cable del motor</b>	Verde azul amarillo
<b>Sensor Hall</b>	Rojo amarillo verde azul negro
<b>Acelerador</b>	Rosa gris negro
<b>Bajo leavel freno</b>	Negro grenyellow
<b>Alta deje freno</b>	Púrpura
<b>Frenos ABS</b>	Amarillo
<b>La otra función</b>	Según su requisito

Fuente: (Wenzhou Persino Electronic Technologies Co., 2010)

#### 3.4.4.1. Velocímetro.

##### Sonda tacómetro magnético Pic-Up sensor de velocidad 10x1.25mm

- MOD-831055962
- Rango de voltaje: 12V (DC)
- Condición: El 100% a estrenar
- Tamaño: M10 (10mm) de diámetro x 1,25mm de paso de rosca
- Longitud total: aprox. 160cm. (Gonzales, velocimetro1, 2014)



**Figura 34-3:** Sonda tacómetro magnético Pic-Up  
**Fuente:** <http://www.minimotospeed.com/velocimetro1.html>



**Figura 35-3:** Sonda tacómetro magnético Pic-Up instalado  
**Fuente:** <http://www.minimotospeed.com/velocimetro1.html>

## Universal LCD Velocímetro Tacómetro digital 48V 60V 72V

### Características:

- 48V 60V 72V Scooter motocicleta (se puede configurar para el tamaño de los neumáticos por sí mismo)
- Visualización de la velocidad (Km/h)
- RPM Pantalla
- A prueba de agua
- Temperatura de funcionamiento: -30 ~ 80 cc
- Temperatura de almacenamiento: -35 ~ 85 cc
- Tensión de alimentación: 48V 60V 72V. (Gonzales, velocimetro1, 2014)



**Figura 36-3:** Cable de Velocímetro digital Universal LCD  
Fuente: <http://www.minimotospeed.com/velocimetro1.html>



**Figura 37-3:** Pantalla indicadora del Velocímetro digital Universal LCD  
Fuente: <http://www.minimotospeed.com/velocimetro1.html>

Tabla 16-3: Comparación de tacómetro

Tipo	MOD	Voltaje	Longitud	Tamaño	Color
Sonda tacómetro magnetica Pic-Up	8310055962	DC 12 V	160 cm	M 10 de diámetro	Negro
Universal LCD velocímetro tacómetro digital	-----	DC 48/60/72V	150 cm	M 10 de diámetro	Negro

Fuente: Autores

3.4.4.2. Cargador de las baterías de la motocicleta circuito de reducción de voltaje de 110 V a 48 V.

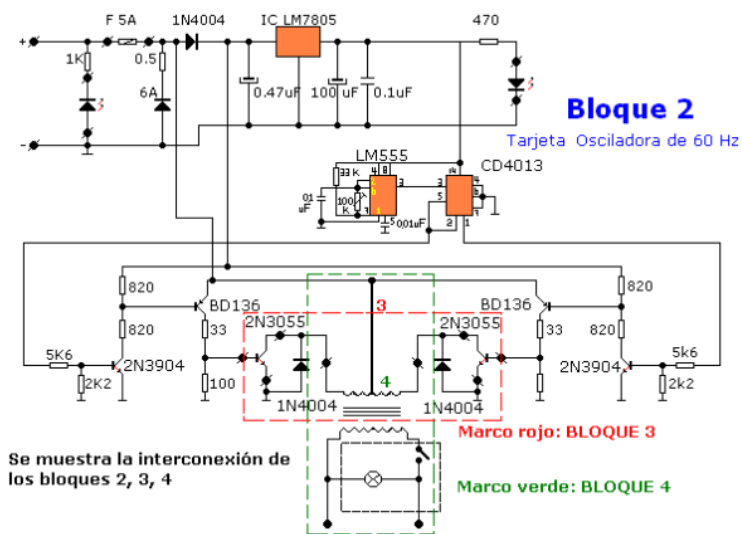


Figura 38-3: Circuito de reducción de voltaje de 110V a 48V  
Fuente: Autores

3.4.4.3. Especificaciones de la motocicleta.

Tabla 17-3: Especificaciones Motocicleta tipo scooter eléctrica

Especificación	Detalle
Capacidad	2 personas
Velocidad	35 km/h
Autonomía	25 km
Peso	85 kg
Potencia nominal del motor	500W motor DC sin escobillas
Tiempo de Carga	4h/carga completa
Motor	Eléctrico Brushless en rueda trasera
Baterías	6 DZM Plomo Recargable 12V/20Ah
Voltaje de entrada	110V/60Hz

Fuente: Autores



Figura 39-3: Motocicleta a usar  
Fuente: Autores



Figura 40-3: Motocicleta eléctrica  
Fuente: Autores



### **3.6. Pruebas y funcionamiento.**

Las pruebas de funcionamiento fueron realizadas en la autopista del ejército.

La primera prueba que se realizó fue la autonomía de la motocicleta sin activar el freno regenerativo la cual fue de 20 Km a una velocidad de 40 Km/h

Segunda prueba fue de autonomía de la motocicleta sin activar el freno regenerativo con 2 pasajeros la cual fue de 17 Km a una velocidad de 40 Km/h

Tercera prueba que se realizó fue la autonomía de la motocicleta activado el freno regenerativo la cual fue de 22 Km a una velocidad de 40 Km/h

Cuarta prueba fue de autonomía de la motocicleta activado el freno regenerativo con 2 pasajeros la cual fue de 18,5 Km a una velocidad de 40 Km/h

### **3.7. Análisis de resultados.**

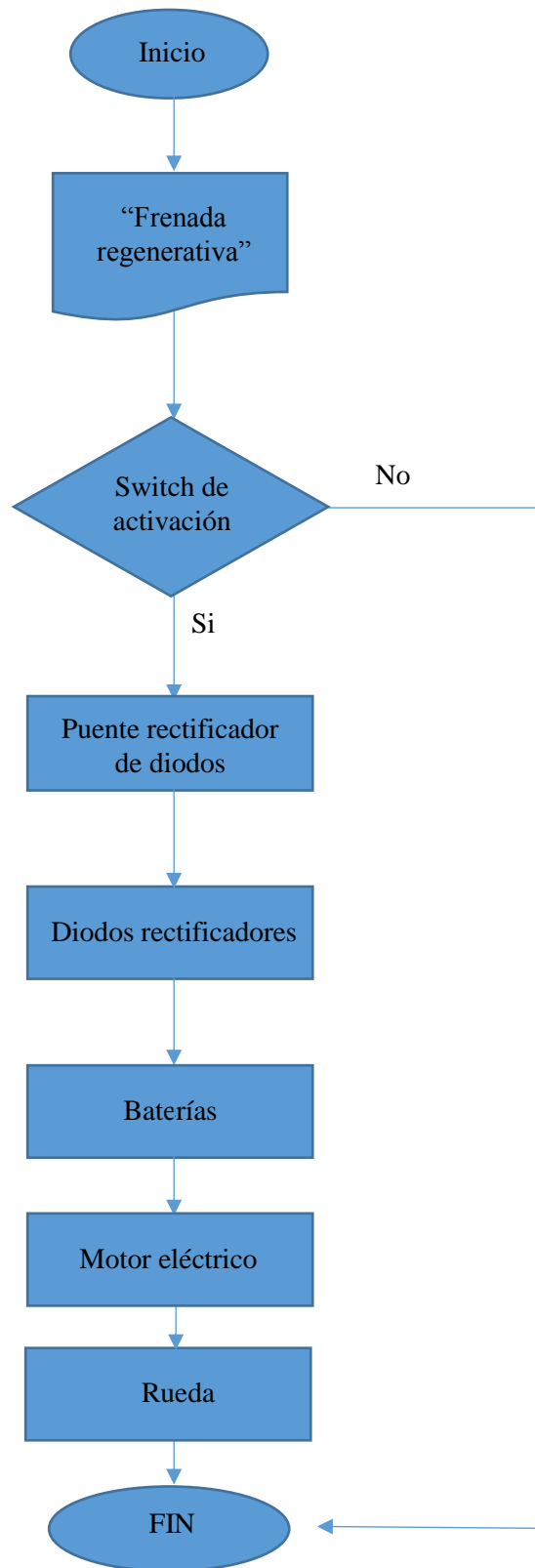
Luego de haber realizado las pruebas necesaria se determinó en la primera prueba la autonomía de la motocicleta es adecuada para movilizarse dentro de la ciudad sin tener que gastar en combustibles y lo más importante sin contaminar el ambiente de ninguna manera a una velocidad adecuada.

En la segunda prueba la autonomía reduce 3 Km por el aumento de peso el cual hace que el motor/generador se esfuerce más y por este aumento de esfuerzo aumenta el consumo de energía de las baterías reduciendo su autonomía.

En la tercera prueba que se realizó la autonomía de la motocicleta solo con el conductor activando el freno regenerativo aumento de 20 Km a 22 Km lo cual permite dar a entender que el sistema de frenado regenerativo implementado funciona de manera correcta aumentan su autonomía.

En la cuarta y última prueba realizada con 2 pasajeros activado el freno regenerativo nos dio una autonomía de 18,5 Km a una velocidad de 40 Km/h con este resultado y comparando con la segunda prueba verificamos que el sistema de frenada regenerativa funciona correctamente tanto con un pasajero y con 2 pasajeros aumentando la autonomía de la motocicleta.

3.6.1. *Diagrama de flujo del sistema de freno regenerativo.*

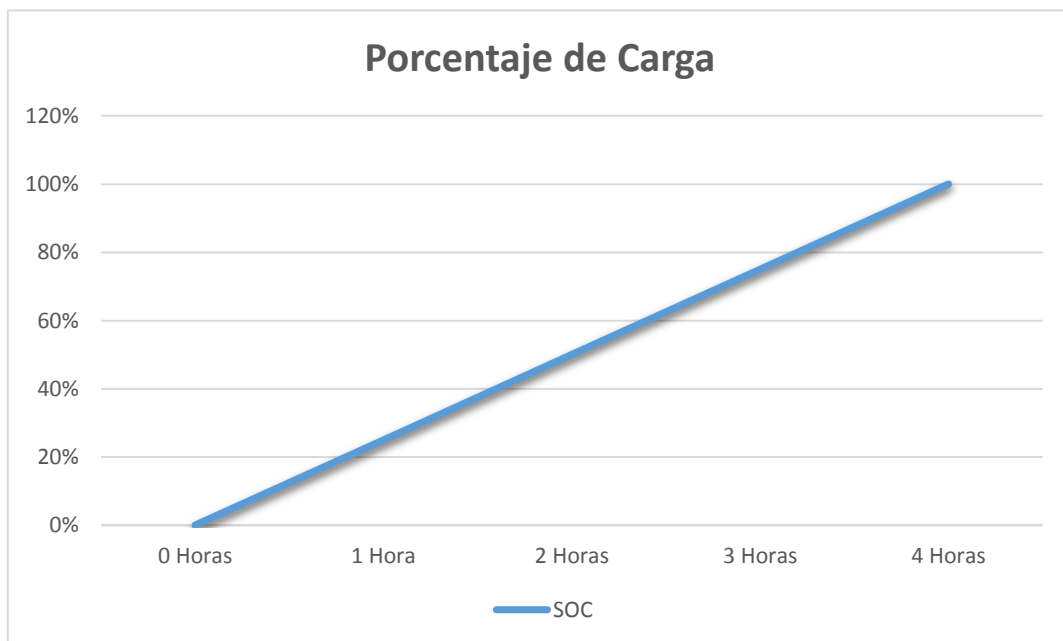


**Gráfico 5-3:** Diagrama de flujo del sistema de freno regenerativo  
**Fuente:** Autores

### 3.6.1.1. Circuito de Recarga basado en freno regenerativo.

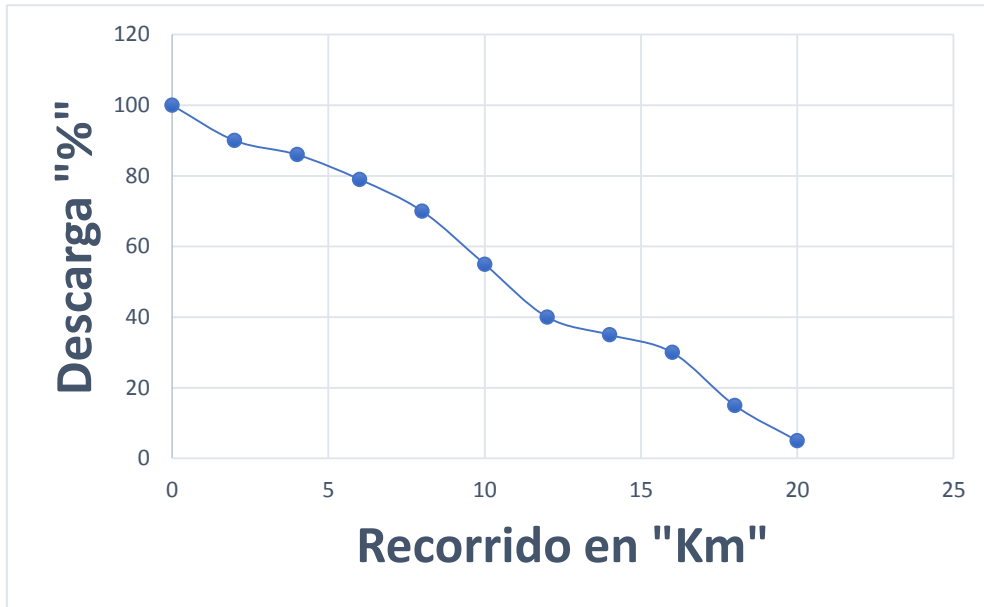
El circuito de recarga de baterías está basado en aprovechar la inducción del motor de cubo brushless, el cual al ser un motor sin escobillas con imanes de neodimio permite la generación de corriente, esta corriente al ser alterna es aprovechada para enviarla de regreso a las baterías mediante la transformación a corriente continua, a través de un puente rectificador de diodos de 60V a 20A, el mismo que está conectado a la bobina común del motor-generador cable amarillo y el otro borne del cable de color verde, así obteniendo la energía para ser enviada de regreso y ser almacenada por las baterías de ácido-plomo recargables, también están conectados diodos de 6 A entre los terminales de la batería y el puente rectificador para evitar que la corriente de las baterías no retorne por lo tanto permite que la corriente vaya en un solo sentido.

### 3.6.2. Carga de la batería en función del tiempo conectada a la red pública de 110v.



**Gráfico 6-3:** Porcentaje de carga de la batería de la motocicleta a 110V.  
**Fuente:** Autores

### 3.6.3. Descarga de la batería en función del recorrido.



**Gráfico 2-3:** Descarga de la batería en función del recorrido.  
**Fuente:** Autores

### 3.6.4. Cálculos del consumo de combustible en dólares.

#### 3.6.4.1. Motocicleta Eléctrica

Potencia de la batería  $48V \times 12Ah = 576Wh = 0,576KWh$

1 KWh            9,01 centavos de dólar

0,576 KWh        x            =    5,19 centavos de dólar por 20 Km de autonomía

Motor de 500Watts = 0,671 Hp alcanza una velocidad de 40 km/h

400 a 600 rpm a 0,671 Hp

Par máximo 15,42Nm estimado 14Nm

#### 3.6.4.2. Motocicleta de 125 cc a gasolina.

Para una moto de 125cc velocidad de 100Km/h y consumo unos 100km por 2,5 litros

Galón de gasolina extra está a 1.47 dólares según gasolinera energygas de la epoch

100 Km    2,5 L

20 Km            x        =        0,5L            1 galón = 3.78541 L

0,5 L                            x

3.78541 L (1 galón)            1,47 dólares = 0,1941 dólares...19,41 centavos por 20 Km

### **Diario 20 Km**

Moto 125 cc            19, 41 centavos por 20 km

Moto 500W            5,19 centavos por 20 km

19,41            100%

5,19            X        = 26,73%        = **Ahorro de 14,22 centavos**

### **Anual a 20 Km por día**

En un año aprox 7300 Km

Moto 125cc            70,85 dolares

Moto 500W            18,94 dolares

**Un ahorro de 51,91 dólares**

## CAPÍTULO IV

### 4. COSTOS DE INVERSIÓN

#### 4.1. Costos directos

Tabla 1-4: Costos directos

Descripción	Cantidad	Costo
Adquirir motocicleta convencional	1	200,00
Acelerador	1	35,00
Motor	1	522,00
Controlador	1	115,00
Cargador	1	125,00
Baterías	4	360,00
Otros componentes eléctricos	-	204,00
<b>Total</b>		<b>1561,00</b>

Fuente: Autores

#### 4.2. Costos indirectos

Tabla 2-4: Costos indirectos

Descripción	Cantidad	Costo
Impresiones	4	\$102,00
Empastados	3	\$15,00
Asesoría (de circuitos eléctricos “recarga”)	4	\$150,00
Libro (circuito eléctrico auxiliares del vehículo)	1	\$70,00
Otros gastos		\$90,60
<b>Total</b>		<b>\$427,60</b>

Fuente: Autores

### 4.3. Costo Total

Tabla 3-4: Costos Totales

<b>Total</b>	
<b>Costos directos</b>	\$1561,00
<b>Costos indirectos</b>	\$427,60
<b>Total</b>	\$1988,60

Fuente: Autores

## CONCLUSIONES

- Al seleccionar los componentes para la transmisión eléctrica basado en el peso y potencia y luego de haber diseñado y simulado en el programa de Proteus se seleccionó el mejor sistema de freno regenerativo el cual recarga las baterías de una manera óptima usando un puente rectificador de diodos y aprovechando la inducción del mismo motor el mismo que disminuye las pérdidas de energía mecánica.
- Se implementó el sistema de transmisión eléctrica mediante análisis y pruebas basándose en el circuito eléctrico de la motocicleta previamente elaborado, luego se acoplaron los componentes al chasis de la motocicleta permitiendo obtener un vehículo más amigable con el medio ambiente reduciendo la contaminación, para luego instalar el sistema de freno regenerativo que reutiliza la energía emitida por el motor para almacenarla en los acumuladores de energía.
- Después de realizar diferentes pruebas en el sistema de recarga se verifica que la cantidad de recuperación de energía es de 31 V máximos, la suficiente para poder cargar las baterías y así mejorar la autonomía de la motocicleta en un 10%. Haciendo una comparación al usar electricidad frente a gasolina en dos motocicletas con similares características tenemos un ahorro de dinero considerable del 23%.



## **RECOMENDACIONES**

- Antes de realizar el proyecto se debe analizar y estudiar muy estrictamente diferentes sistemas de freno regenerativo ya existentes para vehículos y de esta manera optar por el mejor sistema.
- Para el momento de la instalación y montaje de los componentes tener como guía el esquema eléctrico de la motocicleta y las características de los componentes para conectarlos al módulo de control.
- Se recomienda implementar un generador de energía en la rueda delantera de la motocicleta para obtener un mejor sistema de recarga de energía y de esta manera aumentar considerablemente la autonomía del vehículo.
- Se recomienda repotenciar el sistema de la motocicleta eléctrica obteniendo componentes de mejores características como lo son las baterías de ion litio

## BIBLIOGRAFÍA

**ALIEXPRESS.** “*Motocicleta eléctrica*”. *Tienda: Kuray Cycling&Ebike CO.LTD Store*, [en línea], 2014, (China). [Consulta: 5 de Marzo de 2016]. Disponible en: [https://es.aliexpress.com/store/product/500W-DC-48V-Brushless-Motor-BM1418ZXF-electric-bicycle-Motorcycle-Electric-kit-Motorcycle-Motor-with-Throttle-Handle/2502036\\_32799044114.html?spm=2114.04010208.3.16.wA93ns&ws\\_ab\\_test=searchweb0\\_0,searchweb201602\\_4\\_1](https://es.aliexpress.com/store/product/500W-DC-48V-Brushless-Motor-BM1418ZXF-electric-bicycle-Motorcycle-Electric-kit-Motorcycle-Motor-with-Throttle-Handle/2502036_32799044114.html?spm=2114.04010208.3.16.wA93ns&ws_ab_test=searchweb0_0,searchweb201602_4_1).

**ARAN.** “*Motor Eléctrico Brushless: Funcionamiento y características*”. *Coches RC*, [en línea], 2013, (España). [Consulta: 12 de Junio de 2017]. Disponible en: <http://www.cochesrc.com/motor-electrico-brushless-funcionamiento-y-caracteristicas-a3607.html>.

**ESCOBAR et al.** *Control de un motor Brushless DC con frenado regenerativo* [en línea] (tesis). (Ingeniería) Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. 2005. pp. 12. [Consulta: 10 de Junio de 2016]. Disponible en: <http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/tesis89.pdf>.

**ESTEVE, Marc.** “*¿Qué partes tiene una moto eléctrica?*”. *MotoSpirit UPC* [en línea], 2015, (Cataluña, España). [Consulta: 5 de mayo de 2016]. Disponible en: <https://motospirit.wordpress.com/2015/09/17/que-partes-tiene-una-moto-electrica/>

**GARCIA, Enrique; & VÁSQUEZ, Valdecasas.** *Estudio de la implantación de una motocicleta eléctrica como vehículo para agentes de movilidad urbana* [en línea] (tesis). (Ingeniería) Universidad Pontificia Comillas, Madrid, España. 2008. pp. 50. [Consulta: 7 de Abril de 2017]. Disponible en: <https://www.iit.comillas.edu/pfc/resumenes/4862189f6a6c5.pdf>

**GONZALES, Joaquín.** “*Aceleradores*”. *Mini Motos Speed*, [en línea], 2013, (España). [Consulta: 14 de mayo de 2017]. Disponible en: <http://www.minimotospeed.com/aceleradores.html>.

**GONZALES, Joaquín.** “*Velocímetro*”. *Mini Motos Speed*, [en línea], 2014, (España). [Consulta: 14 de mayo de 2017]. Disponible en: <http://www.minimotospeed.com/velocimetro1.html>.

**GONZALEZ, Gabriel.** “*Estudio técnico del freno regenerativo para V.E.*”. *Organización Autolibre*, [en línea], 2012, (Montevideo, Uruguay), pp. 3 – 10. [Consulta: 17 de Julio de 2016]. Disponible en: <http://www.autolibreelectrico.com/autoContenido/uploads/2012/06/ESTUDIO-TECNICO-DEL-FRENO-REGENERATIVO-EN-V.E.pdf>.

**GUEVARA, Raúl.** *Freno regenerativo en automóviles para uso híbrido* [en línea] (tesis). (Ingeniería) Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México. 2014. pp. 21 – 28. [Consulta: 22 de agosto de 2016]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/326185666/TESIS-FRENO-REGENERATIVO-RAUL-pdf>

**HO, Morna.** “*Batería Scooter Eléctrico 6-DZM-20*”. *Alibaba.com Site*, [en línea], 2016, (Guangzhou, China). [Consulta: 23 de enero de 2016]. Disponible en: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/cbb-12v-20ah-electric-scooter-ebike-battery-6-dzm-20-60510693530.html?s=p>.

**HWYDO.** “*Scooter eléctrico Bicicleta Throttle Grip*” [en línea], 2013, (España). [Consulta: 2 de marzo de 2017]. Disponible en: <https://www.amazon.es/Universal-Scooter-el%C3%A9ctrico-Bicicleta-Throttle/dp/B00DFVOSKE>.

**HYE.** “*Bicicleta eléctrica*”. *Híbridos y Eléctricos* [en línea], 2013, (Cornellá de Llobregat, España). [Consulta: 6 de Junio de 2017]. Disponible en: <http://www.hibridosyelectricos.com/articulo/tecnologia/la-bicicleta-electrica/20130403132157005368.html>

**LECTRIC, VE.** “*Ciclomotores Eléctricos*”. *Vehículos Eléctricos Lectric* [en línea], 2014, (Zaragoza, España). [Consulta: 15 de Septiembre de 2016]. Disponible en: <http://www.motoslectric.com/preguntas-frecuentes.html>

**PENG, Amy.** “*Motocicleta eléctrica 48v500w controlador bicicleta eléctrica controlador de motor*” [en línea], 2010, (Wenzhou, China). [Consulta: 10 de enero de 2017]. Disponible en: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/electric-motorcycle-controller-electric-bicycle-controller-48v500w-motor-controller-440174544.html>.

**REGUERO.** “*Batería de GEL para Scooter Eléctrico*” [en línea], 2016, (Madrid, España). [Consulta: 15 de Junio de 2017]. Disponible en: [https://www.reguerobaterias.es/p90015085\\_bateria-de-gel-para-scooter-electrico-12-voltios-26-amperios-ritar-dg12-26.html#leermas](https://www.reguerobaterias.es/p90015085_bateria-de-gel-para-scooter-electrico-12-voltios-26-amperios-ritar-dg12-26.html#leermas).