

CONVERSIÓN DE UNA MOTO DE COMBUSTIÓN INTERNA A ELÉCTRICA CON ALIMENTACIÓN DE ENERGÍA SOLAR Y CON CARGA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Mena Euro, Bonilla William, Bastidas Christian, Cabrera Enrique

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica de la Universidad de las Fuerzas
Armadas ESPE

Calle Quijano y Ordoñez y Hermanas Páez, Cotopaxi-Latacunga

ABSTRACT

The objective of the project is to convert a scooter with internal combustion engine on a two-stroke engine with electric scooter that has solar power and electrical load to provide a new alternative for emission-free mobility nationwide.

The base of the scooter as the chassis, the suspension were taken from a disused found all; its other components were implemented as needed.

Keywords: Scooter, Mobility, Energy, electric motor, alternative mobility.

RESUMEN

El objetivo del proyecto es convertir un scooter con motor de combustión interna de dos tiempos en un scooter con motor eléctrico que cuente con alimentación de energía solar y con carga de energía eléctrica para brindar una nueva alternativa de movilidad libre de emisiones a nivel nacional.

El chasis fue tomado de una en desuso, sus demás componentes fueron implementados según su necesidad.

Palabras Claves: Scooter, Movilidad, Energía, motor eléctrico, alternativa de movilidad.

I. INTRODUCCIÓN

La contaminación vehicular se ha convertido en un tema de alto interés en nuestro país y la búsqueda de nuevas formas de movilidad han hecho de las motocicletas un segmento en constante crecimiento; aunque el problema de contaminación crece a la par. (Isch, 2011) La existencia de un scooter eléctrico presenta ventajas como cero contaminación ambiental, cero ruidos y bajos costos de mantenimiento.

El proyecto busca crear una alternativa importante para el mercado de nuestro país y brinda una solución para los scooter abandonados y desechados; convirtiéndolo en una forma de reutilizar.

II. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO

El proyecto estuvo enfocado en obtener un scooter eléctrico de similares capacidades que uno de combustión interna de 100cc, y que además cuenta con un dispositivo de alimentación solar para mejorar su autonomía.

III. PROCEDIMIENTO

Se realiza un bosquejo de los elementos principales que componen el scooter eléctrico el cual se visualiza en la figura 1.

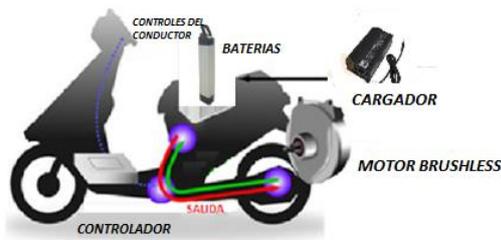


Figura 1 Bosquejo del Scooter Eléctrico

Fuente: Los autores

Esta figura ayuda a delimitar las zonas que vamos a ocupar para la implementación de los componentes como el motor eléctrico, el controlador, baterías y demás accesorios.

Primeramente es necesario calcular la potencia necesaria del motor, para ello se tiene que tomar en cuenta el torque que se requiere y así la selección del motor.

Para los cálculos de los parámetros requeridos del motor se necesita datos como el peso de cada uno de los componentes del scooter.

Datos iniciales:

Tabla 1 Peso estipulado del scooter

Descripción	Peso
Chasis	55 kg
Motor	5 kg
Batería (4 x 12V – 18 Ah)	22.4 kg
Controlador, convertidor y accesorios	1 kg
Baúl de sistema de alimentación	10 kg
Persona promedio	70 kg
TOTAL	163.4 kg

Fuente: Autores

Para ello se utilizaron las siguientes ecuaciones: (Becerril Sandoval, 2014)

$$F = C_{rr}Nf \quad (1)$$

$$Nf = mg \quad (2)$$

Dónde:

- F = Fuerza para mover el scooter del reposo
- C_{rr} = Coeficiente de resistencia a la rodadura (0.03 para una llanta sobre asfalto) (Wikipedia, 2013)
- Nf =Fuerza normal, que para este caso esta fuerza es igual al peso,
- m = Masa del objeto a mover (tabla 1)
- g = Gravedad ($9.81m/s^2$).

$$F = (0.03)(163.4 \text{ kg}) \left(9.81 \frac{m}{s^2}\right)$$

$$F = 48.088 \text{ N}$$

Para el torque necesario depende del radio de las ruedas y de la fuerza de empuje: (Becerril Sandoval, 2014)

$$Tn = R.F \quad (3)$$

Dónde:

- Tn = Torque necesario
- R = Radio de la llanta
- F = Fuerza de empuje

Se utiliza llantas de 16 in de diámetro, es decir, $R=0.203m$

$$Tn = (0.203m)(48.088 \text{ N})$$

$$Tn = 9.7716 \text{ Nm}$$

Para llegar a la velocidad máxima deseada se calcula el valor de la potencia requerida; tomando en cuenta la velocidad máxima del scooter de gasolina es de 41Km/h, es decir 11.11 m/s: (Becerril Sandoval, 2014)

$$P_{Vmax} = F.Vmax \quad (4)$$

Dónde:

- P_{Vmax} = Potencia requerida
- F = Fuerza de empuje
- $Vmax$ = Velocidad máxima.

$$P_{Vmax} = (48.088N)(11.11 \text{ m/s})$$

$$P_{Vmax} = 534.318 \text{ W}$$

Para calcular la velocidad angular a velocidad máxima se utiliza la siguiente expresión: (Becerril Sandoval, 2014)

$$\omega = V_{max}/R \quad (5)$$

Dónde:

- ω = velocidad angular
- R = radio del neumático

$$\omega = \frac{9.72 \text{ m/s}}{0.203\text{m}}$$

$$\omega = 54.6806 \text{ rad/s}$$

Debido a que la velocidad angular está dada en RPM, en las especificaciones de los motores, es conveniente realizar la siguiente conversión: (Becerril Sandoval, 2014)

$$\omega_{RPM} = \frac{\omega(60)}{2\pi} \quad (6)$$

$$\omega_{RPM} = 522.1619 \text{ RPM}$$

Para la selección del motor fueron determinantes los parámetros calculados de torque y de potencia por lo tanto se seleccionó un motor eléctrico de 500W con las siguientes especificaciones:

Tabla 2 Especificaciones técnicas del motor eléctrico

PARÁMETRO	ESPECIFICACIÓN
Tipo de Motor	Brushless CC
Velocidad sugerida (km/h)	≤ 30
Velocidad Máxima (km/h)	45
Tipo de batería	Plomo acido en gel
Carga estipulada (kg)	≥ 75
Voltaje estipulado (V)	48
Salida estipulada (W)	500

Salida estipulada (Nm)	10
Corriente máxima (A)	$25 \pm 0,5$
Voltaje mínimo (V)	$42 \pm 0,5$

Fuente: Los Autores

Basándose en la (tabla 2) se requiere una intensidad de corriente máxima de 25 A y un voltaje de 48 V con lo cual podemos calcular la autonomía teórica del scooter.

Para el cálculo de la corriente suministrada por cada batería para la operación del motor. (Becerril Sandoval, 2014)

$$I_B = I_0/n \quad (6)$$

Dónde:

- I_B = Corriente suministrada por la batería
- I_0 = Corriente de operación
- n = Número de baterías utilizadas

$$I_B = \frac{25A}{4}$$

$$I_B = 6.25 \text{ A}$$

Cálculo del tiempo de duración de la carga: (Becerril Sandoval, 2014)

$$t_0 = Q/I_0 \quad (7)$$

Dónde:

- t_0 = Tiempo de operación a corriente continua
- Q = Carga de la batería
- I_0 = Corriente de operación

$$t_0 = 18 \text{ Ah}/6.25 \text{ A}$$

$$t_0 = 2.88 \text{ h}$$

Por lo tanto se estipula que con cuatro baterías de ácido plomo en gel conectadas en serie, el scooter será

capaz de alcanzar una autonomía de 2.88h.

Consiguientemente para el sistema de alimentación, se utilizó una batería de 12V/7Ah, un regulador de carga y un panel solar.

Para la selección de nuestro panel solar debemos tomar en cuenta los siguientes parámetros.

- El número de focos que utilizaremos en el sistema de accesorios.(4 focos de 3W, 2 focos de 5W y 1 foco de 25W)
- El consumo total por el sistema de accesorios 47 W
- Tiempo de recarga requerido 2 horas mínimo al día.

Para elegir la potencia suficiente del panel solar para el consumo de los accesorios se dividirá el total del consumo para el número de horas para cargar en este caso 2 horas.

La potencia nominal del panel solar debe ser superior a 20W

Debido a esto tendremos que el panel solar debe generar mínimo 20W que sería suficiente para alimentar a la batería.



Figura 2 Panel solar de 25W / 12V

Fuente: Autores

Como podemos observar en la figura el panel solar que se implementara es de Silicona Policristalino de 25W / 12V con

las siguientes características que veremos en la siguiente tabla:

Tabla 3 Parámetros de trabajo del panel solar de 25W /12V

Parámetros	
Potencia máxima (watt) W	25 W
Voltaje máximo (Voc) V	22.0 V (+/-0.5V)
Voltaje óptima (Vmp) V	17.5 V (+/-0.5V)
Corriente máxima (Isc) A	1.54 A (+/-0.1 ^a)
Corriente óptima (Imp) A	1.43 A (+/-0.1 ^a)
Dimensiones	510x360x20 mm

Fuente: (ProViento S.A., 1999)

Seguidamente para la selección del chasis se da prioridad a uno que haya sido desechado ya que ello contribuirá a darle un nuevo uso a este tipo de automotores como una forma de reutilización. Para nuestro caso como se puede observar en la figura 3 las condiciones que presentaba inicialmente el scooter cumplían con este requerimiento.



Figura 3 Condiciones iniciales scooter HDM50E-1 100cc

Fuente: Los autores

Para el proceso de implementación de los componentes (el controlador, convertidor de voltaje, motor eléctrico y baterías) se delimita la zona donde irán colocados teniendo en cuenta que la mayoría de elementos van a ir conectados al controlador, se busca

que el mismo se ubique en una parte de fácil acceso y que además sea segura para los accesorios del controlador.

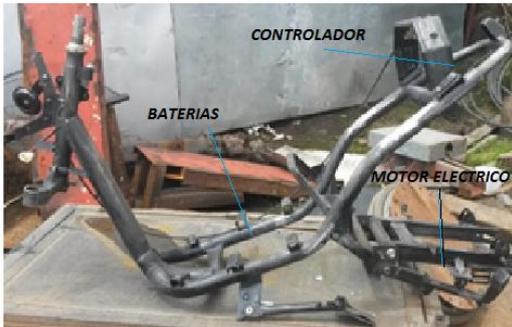


Figura 4 Disposición de los componentes en el chasis

Fuente: Los autores

Debido a los nuevos componentes se analiza las cargas a las que estará sometida la estructura debido a la sujeción de los mismos.

Los criterios de diseño empleados fueron los siguientes:

- Deberán acoplarse a la geometría del chasis.
- Soportar el torque máximo del motor de 10 Nm.
- Soportar el peso de una persona promedio de 70 kg.

- Los soportes deben resistir el peso de las baterías, del controlador y del motor, como así mismos.

- Los soportes deben proteger la integridad de las baterías y el controlador.

- Deberán contar con un factor de diseño $N= 4.0$ o más, debido al diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas bajo cargas dinámicas, con incertidumbre en cuanto a alguna combinación de cargas, propiedades del material, análisis de esfuerzos o el ambiente. El deseo de dar una seguridad adicional a componentes

críticos puede justificar también el empleo de estos valores. (Mott, 2006)

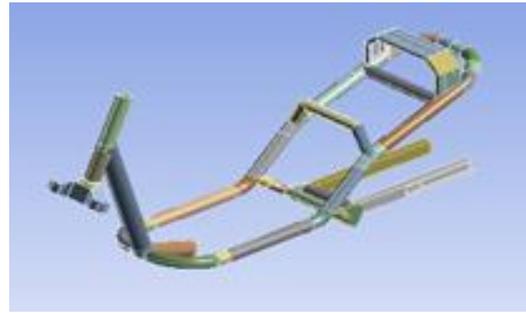


Figura 5 Diseño geométrico del chasis-Ansys

Fuente: Los autores

Los resultados obtenidos luego del análisis de las cargas fueron favorables debido a que en el análisis Von Mises determina que los esfuerzos más grandes se ubican cerca del controlador con un valor máximo de 1.63×10^7 Pa.

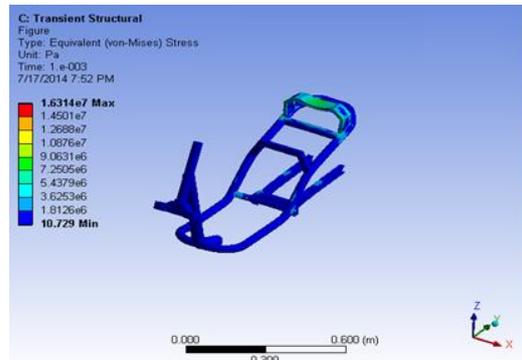


Figura 6 Equivalente de Von Misses

Fuente: Los autores

Además según el análisis aplicado obtenemos que la estructura cuenta con un factor de seguridad 5.2839 lo cual nos indica su alta seguridad ante el fallo de la estructura.

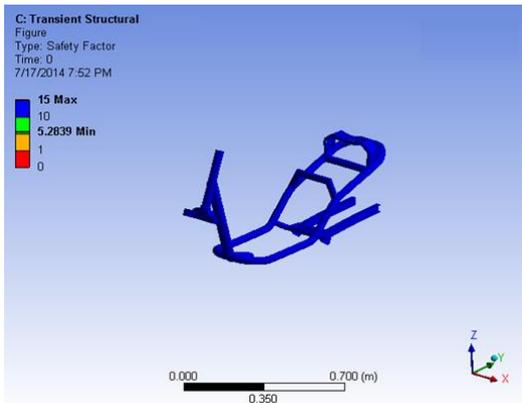


Figura 7 Factor de Seguridad

Fuente: Los autores

En el proceso se empieza por la colocación de las 4 baterías que tienen las características mostradas en la tabla 4, ya que son los elementos que más espacio van a ocupar, se fabrica 2 porta-baterías para que las mismas puedan ir sujetas adecuadamente y conectadas en serie.

Tabla 4 Especificaciones técnicas de la batería

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Voltaje	12 V
Capacidad	18 Ah
Tipo	AGM
Dimensiones	181x76x166 mm
Peso	5700 g

Fuente: Los autores

Se ubican los porta-baterías de manera que cumplan con los requisitos preestablecidos de seguridad y conexión.

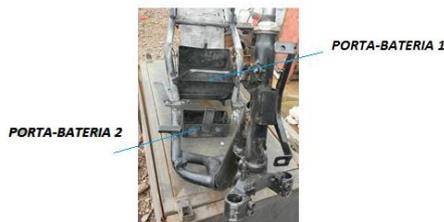


Figura 8 Disposición de los porta-baterías

Fuente: Los autores

Para la instalación del motor se acondiciona el lugar de su ubicación de manera tal que se fabrica una triceta como se observa en la figura 9.



Figura 9 Acondicionamiento de la triceta

Fuente: Los autores

Se fabrica una base para el controlador y convertidor de voltaje de manera que se pueda realizar las conexiones necesarias entre estos elementos. La base (Figura 10) fue soldada al chasis del scooter.



Figura 10 Base del controlador

Fuente: Los autores

Con el chasis terminado con todas las modificaciones se ubica las baterías en el sitio designado y se conecta las mismas en serie obteniendo un voltaje de 48V.



Figura 11 Conexión de las baterías

Fuente: Los autores

De igual manera se procede a ubicar el controlador y el convertidor con pernos fijados a la base fabricada de manera tal que cumpla con las condiciones mencionadas anteriormente como se muestra en la figura 12.



Figura 12 Instalación del controlador y sus accesorios

Fuente: Los autores

Posteriormente continuamos con la ubicación del motor eléctrico (Tabla 2) en el triceta que se fabricó como se observa en la figura 13.



Figura 13 Instalación del motor eléctrico

Fuente: Los autores

Consecutivamente conectamos las baterías, el motor y el sistema de accesorios al controlador (figura 14) y al convertidor de voltaje 48DC/12DC (figura 15) según los requerimientos.

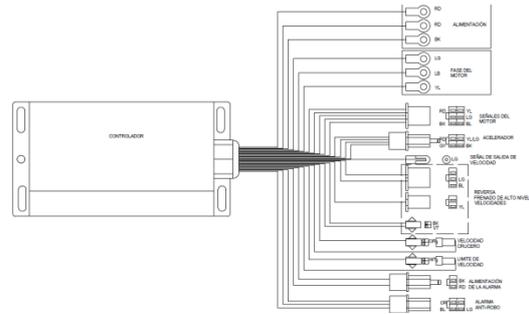


Figura 14 Controlador

Fuente: Los Autores

El convertidor de voltaje se utilizara para el sistema de accesorios puesto que este sistema funciona con 12V.

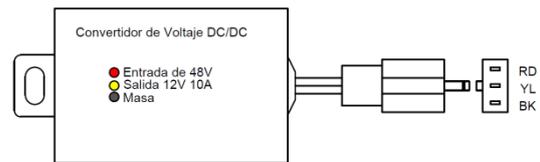


Figura 15 Convertidor de Voltaje 48DC/12DC

Fuente: Los Autores

Para proteger las baterías se ubica en el asiento del scooter un breaker para que cuando se de mantenimiento al scooter no sea necesario desconectar las mismas.

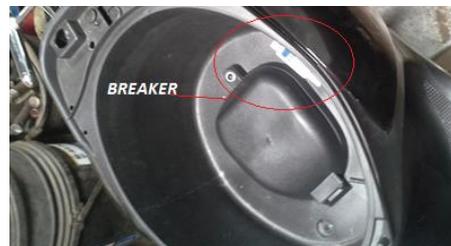


Figura 16 Ubicación del Breaker

Fuente: Los autores

Para facilitar la carga de las baterías se realiza una perforación en el asiento para ubicar el tomacorriente al cual ira conectado el cargador del scooter.



Figura 17 Ubicación del toma corriente

Fuente: Los autores

Luego de colocar el breaker y el toma corriente se conecta los mismos según un circuito establecido

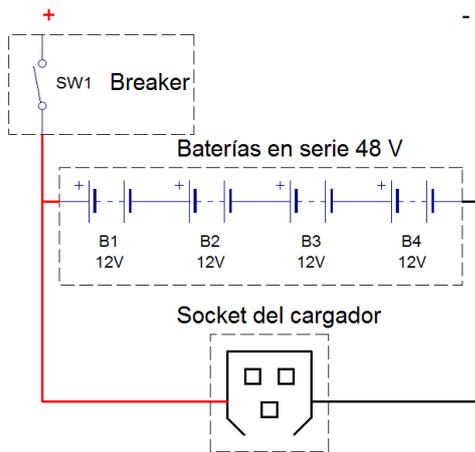


Figura 18 Circuito de carga

Fuente: Los autores

Teniendo todos los elementos montados en el scooter tenemos la siguiente disposición de los mismos.



Figura 19 Prototipo del scooter

Fuente: Los Autores

El sistema de alimentación está dado por los siguientes elementos panel solar, regulador de carga, batería y consumidores es este caso el sistema de accesorios.

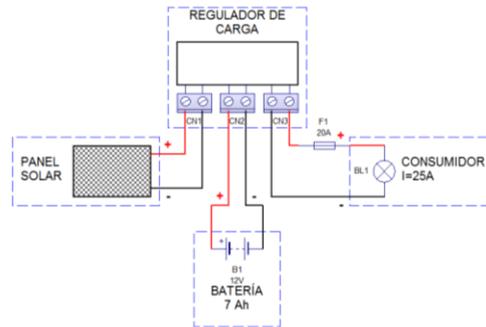


Figura 20 Sistema de alimentación

Fuente: Los autores

Debido a la falta de espacio en el scooter para colocar los elementos se obtuvo un baúl para motos.



Figura 21 Baúl para motos.

Fuente: Los autores

Posteriormente se procedió a la adaptación del panel solar a la tapa del baúl para lo cual se fabricó una base para que se pueda sujetar al baúl.



Figura 22 Base para Panel Solar.

Fuente: Los autores

Esta base se la coloco encima del baúl quedando de la siguiente manera:



Figura 23 Disposición del panel solar en el baúl

Fuente: Los autores

Con ello listo se procedió a la colocación de los elementos como el regulador de carga y el relé el cual nos ayudara para que en caso de que la batería de alimentación se descargue, utilice la carga procedente del convertidor de voltaje.

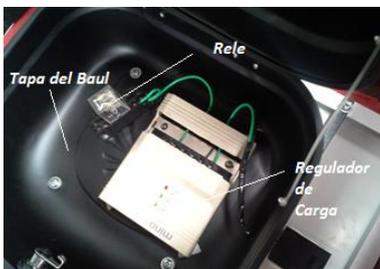


Figura 24 Disposición del regulador y el relé

Fuente: Los autores

Posteriormente se procedió a la colocación de la batería del sistema de alimentación la misma que ira en la base del baúl mediante correas de sujeción.



Figura 25 Disposición de la batería

Fuente: Los autores

Para la implementación del sistema de accesorios utilizamos el mismo cableado que existía en nuestro scooter de combustión interna con la diferencia de la entrada de corriente, la cual fue modificada como antes mencionamos tanto por el sistema de carga como por el sistema de alimentación.



Figura 26 Implementación del sistema de accesorios.

Fuente: Los autores

Finalmente con todos los nuevos elementos montados y tras realizar pruebas de funcionamiento se procedió al montaje del carenado del scooter y accesorios teniendo en cuenta que por las condiciones iniciales del mismo se tuvo que aplicar pintura poliuretano de color negro a todo el carenado y además se procedió a arreglar las partes en mal estado.



Figura 27 Colocación del carenado.

Fuente: Los autores

IV. RESULTADOS OBTENIDOS

Las pruebas de autonomía y velocidad máxima se efectuaron en la Ciudad de Latacunga en las instalaciones de la Universidad de las Fuerzas Armadas específicamente en el parqueadero el cual tiene un perímetro de 0.422 km, el día viernes 11 de abril del 2014 con una temperatura promedio de 19°C y una humedad del 64 %.



Figura 28 Parqueadero Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

Fuente: Los autores

La distancia total recorrida por el scooter eléctrico a una velocidad de 15 Km/h fue de 45 km, durante 3 horas en una superficie plana.



Figura 29 Pruebas de Velocidad y Autonomía

Fuente: Los autores

Para análisis los resultados obtenidos partimos de datos como el consumo de operación y mantenimiento de un scooter a combustión interna teniendo en cuenta parámetros como:

Tabla 5 Condiciones iniciales para el análisis

Recorrido diario requerido (km)	45
Cantidad de Litros en 1 (gal)	3,79
Costo de la Gasolina Extra (gal)	1,48
Costo Gasolina Súper (gal)	2,25
Costo de Aceite 4T(1000cc) 1L	10
Consumo Combustible (km/lit)	35
Capacidad del Tanque de Combustible (L)	5
Proporción Combustible/Aceite (L combustible /1L aceite)	24
Consumo eléctrico anual (USD)	47,16
Autonomía Scooter Eléctrico (km)	45

Fuente: Los Autores

Comparando los costos resultantes de operación y mantenimiento entre el scooter 100cc y el scooter eléctrico obtuvimos los siguientes resultados.



Figura 30 Comparación de Gastos de Operación y Mantenimiento

Fuente: Los autores

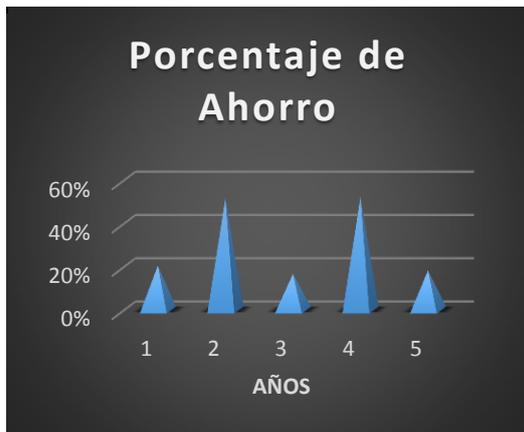


Figura 31 Porcentaje de ahorro

Fuente: Los autores



Figura 32 Comparación de consumo

Fuente: Los autores

V. CONCLUSIONES

La instalación de un motor eléctrico tipo Brushless crea el suficiente espacio para componentes como las baterías y el controlador sin que los mismos afecten a la estética del scooter.

La instalación de un sistema de energía solar para la alimentación del acumulador del sistema de accesorios ayuda notablemente a la autonomía de la misma y puede considerarse como un dispositivo de seguridad.

Debido a la potencia del motor se obtuvo una velocidad razonable para la circulación del scooter en la ciudad, sin

superar el límite de velocidad estipulado por la ANT.

Se obtuvo un ahorro económico considerable en cuanto al consumo de energía del scooter eléctrico a comparación de una de gasolina con un ahorro promedio anual del 32%.

BIBLIOGRAFÍA

Mott, P. R. (2006). Diseño de elementos de máquinas. México: PEARSON EDUCACIÓN.

NETGRAFÍA

- Isch, A. (14 de Julio de 2011). La Hora. Recuperado el 10 de Abril de 2014, de <http://www.lahora.com.ec/index.php/noticias/show/1101172588#.U74Myfl5Ohv>
- Becerril Sandoval, J. A. (2014). *Diseño de etapa de potencia y control para un motor brushless de CD con frenado regenerativo aplicado a una moto deportiva eléctrica*. Tesis de pregrado, Mexico D.F. Recuperado el 25 de Mayo de 2014, de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/3489>
- ProViento S.A. (1999). *Proviento*. Recuperado el 25 de Junio de 2014, de <http://www.proviento.com.ec/>
- Wikipedia. (08 de Junio de 2013). *Wikipedia*. Recuperado el 25 de Mayo de 2014, de http://es.wikipedia.org/wiki/Resistencia_a_la_rodadura

BIOGRAFÍA



Enrique Cabrera, nació en Quito, Ecuador.

Es Ingeniero Automotriz, presta sus servicios profesionales en asesoramiento de mantenimiento de equipo pesado.



Christian Bastidas, nació en Quito, Ecuador.

Es Ingeniero Automotriz, presta sus servicios profesionales en asesoramiento de sistemas automotrices.



Euro Mena, nació en Quevedo – Los Ríos – Ecuador. Graduado de Ingeniero Automotriz en la Escuela Politécnica del Ejército, Docente de la ESPE desde 1997.

Coordinador de investigación del Departamento de Energía y Mecánica. Director del Proyecto FESPE.



William Bonilla, nació en la ciudad de Salcedo, Ecuador. Es Ingeniero Mecánico en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo - Riobamba, dispone estudios de Posgrado en Gestión de Energías, Docente tiempo parcial en la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE – Latacunga.