

# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TRACCIÓN Y CONTROL ELÉCTRICO PARA UN CROSS CAR BIPLAZA TURÍSTICO

Álvaro Camacho<sup>1</sup> Eduardo Guevara<sup>2</sup> Fabián Salazar<sup>3</sup> Juan Rocha<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, Universidad de las Fuerzas Armadas- ESPE,  
Márquez de Maenza S/N Latacunga, Ecuador

email: acamacho@inedyc.com, edduxavig9@hotmail.com, fsalazar@espe.edu.ec, jrocha@espe.edu.ec

## RESUMEN

En el presente trabajo se diseñó e implementó el sistema de control eléctrico para un Cross car, por el medio del cual se pretende estudiar el funcionamiento, diseño y componentes de este tipo de vehículo, dando una solución a la merma al impacto ambiental.

## ABSTRACT

In this article we designed and implemented the electrical control system for a Car Cross, which pretend study the function, design and components of this kind of vehicles, giving a solution in the environment pollution.

## I. INTRODUCCIÓN

Los vehículos eléctricos son la nueva generación de autos, mediante los cuales se pretende ayudar con el transporte turístico dentro de ciudades turísticas alrededor de Ecuador con enfoque ecológico.

El objetivo de este proyecto es seleccionar los acumuladores y accesorios eléctricos, módulo y sistema de transmisión para desarrollar un Cross eléctrico capaz de satisfacer las necesidades de las distintas rutas turísticas en la ciudad de Baños.



Figura 1. Cross car eléctrico biplaza.

## II. DESARROLLO

El Car Cross eléctrico consta de un sistema actual eléctrico y electrónico de medida, controlado por medio de un módulo a través de un control diseñado para mover un motor eléctrico y a su vez la transmisión para un correcto funcionamiento del mismo.

El sistema del Cross eléctrico consta de los siguientes componentes para su funcionamiento:

**a. MOTOR ELÉCTRICO**



Figura 2. Motor eléctrico ME1003.

Es un elemento que permite mediante el acoplamiento a la tracción el movimiento de las ruedas del Cross eléctrico, es un motor de corriente continua de tipo de imanes permanentes con escobillas de 48 a 72 V, con una capacidad de 400 Amp máximos por un minuto y 250 Amp nominales, que producen una potencia de 9 KW nominales, capaz de alcanzar los 50 Km/h y ascender pendientes con una capacidad de hasta 20%.

**b. BATERÍAS**

El objetivo principal de las baterías es suministrar el voltaje necesario para mover el motor eléctrico y la capacidad para alcanzar la autonomía deseada.

Las baterías para este Cross son baterías ULTRACELL con una capacidad de 120 Amp/h y un voltaje de 12 V por lo que se usaran 4 baterías para alcanzar los 48 V.

El cálculo para su autonomía se lo hace:

$$Autonomía = \frac{C_{Batería} \times V_{promedio}}{C_{Promedio}}$$

$$Autonomía = \frac{120Ah \times 25km}{100 A \ h}$$

$$Autonomía = 30 Km$$



Figura 3. Baterías ULTRACELL

**c. CONTROLADOR ELÉCTRICO.**

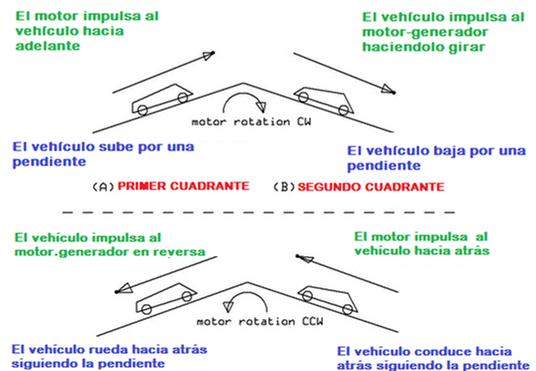


Figura 4. Lógica del controlador

El controlador para cumplir con las funciones antes expuestas hace uso de microprocesador que hace un control PWM (modulación por ancho de pulsos), que controla a un conjunto de transistores MOSFET de alta potencia dispuestos en forma de H, para lograr eficiencias de hasta el 97%.

El microprocesador permite un control preciso del motor en base a las señales de entrada como: posición del acelerador, sensor de frenado y selección del sentido de giro (avance y retroceso).

El puente H, actúa con la programación lógica del microprocesador del controlador, en cuatro cuadrantes, dependiendo de las condiciones de manejo a las que se esté sometiendo al vehículo eléctrico, es así que se tienen 4 condiciones de funcionamiento.

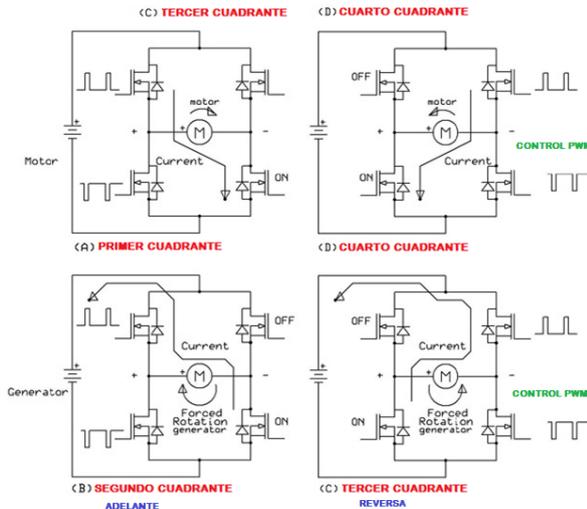


Figura 5. Lógica del controlador

#### d. TRANSMISIÓN



Figura 6. Bases del motor y transmisión

Es el elemento encargado de transmitir la fuerza par del motor a las ruedas por medio de una cadena dimensionada a los ejes de transmisión.

Para poder determinar la transmisión se debe determinar la relación de transmisión que se va a usar de la siguiente manera:

$$G = \frac{T_{rueda}}{n_g \cdot T_{Motor}}$$

$$G = \frac{105.25Nm}{0.95 (27.12Nm)}$$

$$G = 4.08$$

Por medio de esta relación de transmisión se procede a determinar el número de dientes de piñones que son 76 y 19 dientes respectivamente para evaluar la velocidad a alcanzar por el vehículo de 45.64 Km/h y podrá alcanzar una pendiente de 8 grados.

### III. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE TRACCIÓN.

#### a. Análisis del soporte del motor

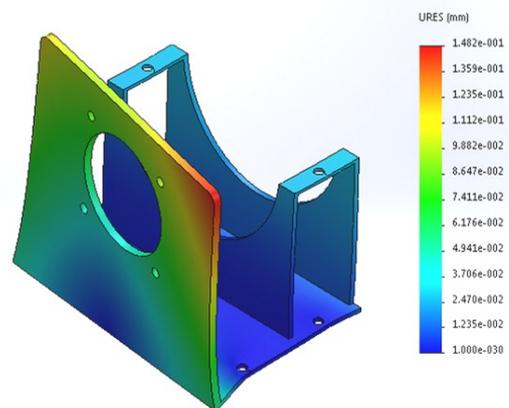


Figura 7. Análisis de las cargas aplicadas al soporte del motor

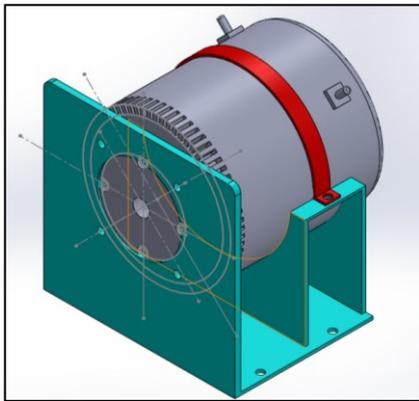


Figura 8. Soporte del motor ensamblado

En la simulación se aplicó el peso y las fuerzas de momento provocadas por el motor y transmisión dándonos un factor de seguridad efectivo.

Tabla 2: Resultados del análisis del soporte del motor

Esfuerzo de Von Mises calculado	1.01015e+008 N/m <sup>2</sup>
Desplazamiento máximo	0.148226 mm
Factor de seguridad	2.47489

### b. Soporte de la transmisión.

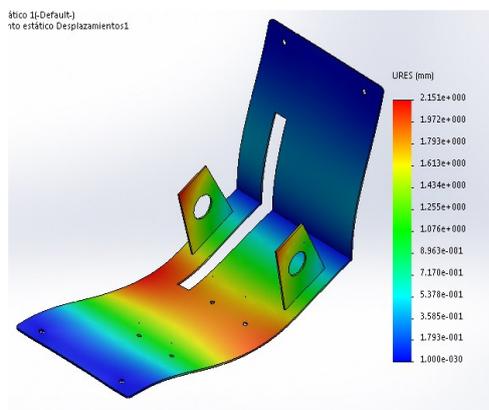


Figura 9. Análisis de cargas aplicadas al soporte de la transmisión.

Se aplicó cargas a la base de soporte de la transmisión dándonos un factor de seguridad efectivo para su implementación.

Tabla 3: Resultados del análisis del soporte de la transmisión.

Esfuerzo de Von Mises calculado	1.29895e+008 N/m <sup>2</sup>
Desplazamiento máximo	2.15108 mm
Factor de seguridad	1.92463

### c. Ubicación del centro de masa

Mediante el programa se puede determinar el centro de masa con coordenadas (-24.68, 193.23, -1481.21) mm, del vehículo y observar su correcto diseño e implementación.

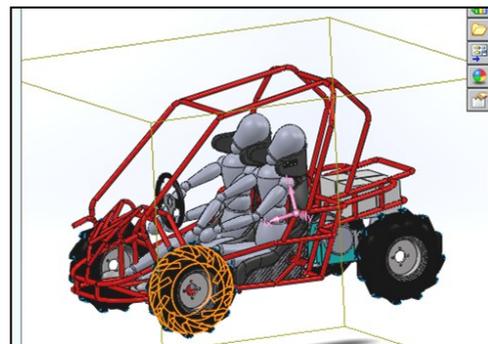


Figura 10. Análisis del centro de masa

## IV. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DEL CROSS CAR

### a. Pruebas de aceleración

La prueba de aceleración se la realizo en una distancia de 150 m en una superficie plana dándonos los siguientes resultados:

$$V_f = \frac{d}{t_f}$$

$$V_f = \frac{150m}{14.76s} = 10.16 \frac{m}{s} = 36.59 \frac{Km}{h}$$

Estos resultados nos demuestran una buena respuesta a la aceleración y velocidad alcanzada por el vehículo eléctrico.

### b. Pruebas de frenado

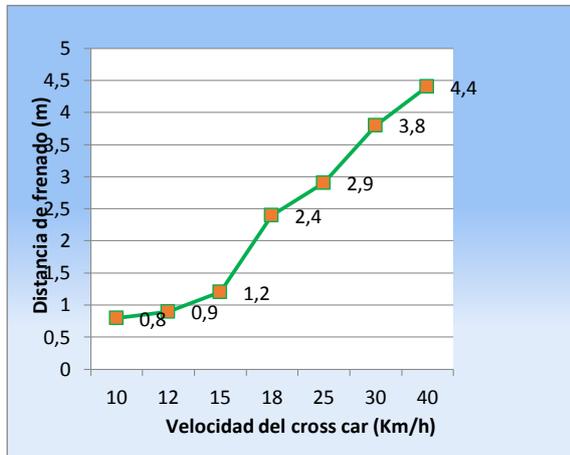


Figura 11. Distancia de frenado (m)

Las Gráficas obtenida nos demuestran que el Cross a una velocidad de 40 Km/h aproximadamente se demora en frenar 4.4 m lo que nos da una distancia prudente de seguridad.

### c. Pruebas en recta

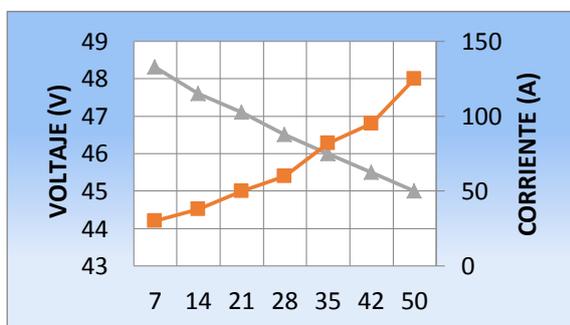


Figura 12. Pruebas recta al 50% acelerador

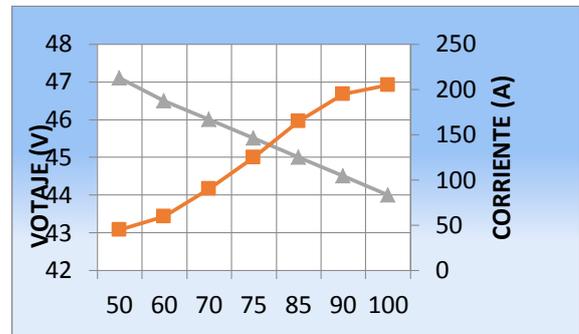


Figura 13. Pruebas recta al 100% acelerador

En el siguiente resumen se observan los resultados obtenidos en las pruebas en carretera en recta a media y plena carga.

Tabla 4: Resumen de las pruebas en recta.

Posición del acelerador %	Corriente consumida (A)
25	63
50	125
100	205

### d. Pruebas en pendiente

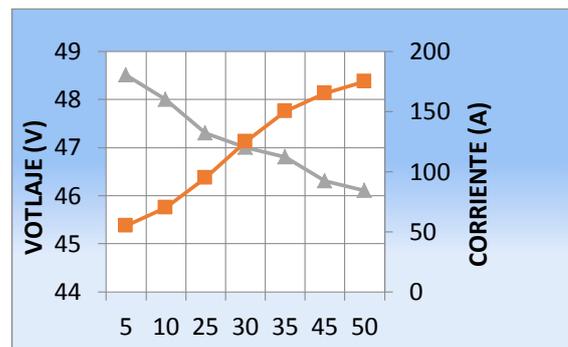


Figura 14. Pruebas en pendiente al 50%



Figura 15. Pruebas en pendiente al 100%

Las curvas nos demuestran un consumo de 250 Amp con una pendiente de 6 a 13 grados resumida en la siguiente tabla:

Tabla 5: Resumen de las pruebas en pendiente.

Posición del acelerador %	Corriente consumida (A)
25	95
50	175
75	205
100	250

#### d. Pruebas de freno regenerativo

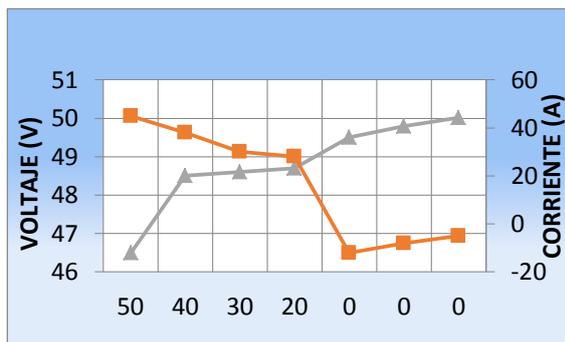


Figura 16. Pruebas de freno regenerativo

En este caso la potencia que entregó en esta prueba la calculamos multiplicando el voltaje de carga de la batería por la corriente medida y tenemos una Potencia entregada = (13A) (49.5V) = 643.5 W.

#### e. Pruebas de autonomía.

La prueba de autonomía se hizo por el recorrido planteado al comienzo del capítulo tres, que consiste en un tramo de 15.2Km comprendidos en 7.6 Km de descenso y 7.6 km de ascenso en ligeras pendiente.

Es así que con el banco de baterías cargado completamente, el cross car cumplió con dos viajes completos, cumpliendo con un

total de 30,4 km, cumpliendo con así con los cálculos estimados.

## VI. CONCLUSIONES

- Se escoge para la implementación del sistema eléctrico y transmisión un car Cross con motor de combustión bi plaza marca SONYC, modelo YH150A, este modelo nos permite tener una buena adaptabilidad de todos los sistemas y componentes para el correcto funcionamiento después de su implementación en carretera, exclusivamente en zonas turísticas
- Para satisfacer con las necesidades de peso y potencia requerida para mover el Car Cross se escoge un motor eléctrico marca AUTODRIVE M1003 capaz de producir hasta 9 KW de potencia efectiva, con un voltaje de 48 V y un consumo máximo de 400 Amp por un minuto y 250 Amp a su máxima aceleración e inclinación que fue de una pendiente de 8 grados.
- Para el manejo de todos los componentes eléctricos y electrónicos, se implemento un modulo de control electrónico marca Kelly Control PM72401B ya que la misma cuenta con dos puertos programables J1 y J2, que controlan todos los sistemas del vehículo como son: avance y reversa del motor eléctrico, aceleración, freno regenerativo, alarmas, para un correcto manejo del mismo. Este maneja un

amperaje máximo de 400 Amp y un voltaje de 48 V, comandado por el grupo de baterías instaladas.

- Las baterías escogidas para nuestro vehículo, son baterías marca ULTRCELL de 12 V con características de ciclo profundo, el banco se encuentra conformado por 4 baterías para conformar nuestro voltaje necesario de 48 V, las mismas nos ofrecen una capacidad de 120 Amp/h, cumpliendo con los requerimientos de autonomía de aproximadamente 30 Km promedio
- El Cross cumple con todas las características de diseño dinámico y estático, ya que mediante cálculos realizados en Solid Works, se obtuvo en todos los diseños del mismo factores de seguridad superiores a 1.2, por lo cual nos permite concluir que el vehículo soportara todo tipo de carga y conducción, comprobándolo en el manejo eficiente en carretera en la ciudad de Baños.
- Se comprueba la eficiencia del freno regenerativo, ya que en instancias de frenado el mismo módulo electrónico de medida nos muestra el incremento de voltaje hasta los 50.02 V, en donde empieza mi ciclo de recarga aumentando mi autonomía

- El vehículo eléctrico cumple con especificaciones y reglamentaciones de seguridad, ya que cuenta con dispositivos de seguridad como son paros de emergencia, fusibles de 250 Amp y protecciones internas para manos, las cuales no permiten tener un contacto directo de sus ocupantes con riesgos eléctricos.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amarilla, J. (2011). Baterías avanzadas para vehículos eléctricos. *Guía del vehículo eléctrico*, Madrid 119, 120.
- Autolibre. (2011). *Manual técnico de Conversión de Vehículos Eléctricos*. Montevideo.
- Kelly Controls. (2012). *Kelly PM controller's manual*. Shichuan: LLC.
- Larminie, J. y. (2003). *Electric Vehicle Technology Explained*. Inglaterra: John Wiley & Sons. Inc.

## BIOGRAFÍA.



*Juan Carlos Rocha, nació en Quito, Ecuador, Es Ingeniero Automotriz, dispone estudios de Posgrado en Sistemas Automotrices, Autotrónica, Docencia Universitaria, Docente Tiempo Parcial en la Escuela Politécnica del Ejército desde 2008. Imparte servicios de asesoramiento y capacitación en mecánica automotriz.*



*Fabián Salazar , nació en Latacunga, Ecuador, Es ingeniero de ejecución en Mecánica Automotriz, Ingeniero Industrial, posee maestrías en dirección de empresas y Gestión de energías, posee estudios de Post grado en , Gerencia de Marketing, Especialista en Proyectos, Diseño Curricular, Docente a tiempo completo en la Escuela Politécnica del Ejército desde 1997 hasta el 2003. Y en la actualidad como hora clase, Prestación de servicios y Asesoramientos automotrices en Instituciones educativas superiores y concesionarias automotrices. Es propietario de Comercial Automotriz Salazar, COASA, micros empresa de venta de repuestos automotrices.*



*Eduardo Guevara, nació en Quito, Ecuador. Es Ingeniero Automotriz. Presta sus servicios profesionales como capacitador en mecánica automotriz en FUNDER.*



*Álvaro Camacho, nació en Ambato, Ecuador. Es Ingeniero Automotriz. Presta sus servicios profesionales como Jefe de Mantenimiento de la empresa INEDYC.*

<b>Registro de Publicación</b>	
<b>Fecha recepción</b>	<b>01 Julio 2014</b>
<b>Fecha aceptación</b>	<b>05 Julio 2014</b>
<b>Revisado por:</b>	<b>Fabián Salazar Juan Rocha</b>