

# DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BASTIDOR Y CARROCERÍA, DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO BIPLAZA PLEGABLE, USANDO SOFTWARE CAD-CAE Y MANUFACTURA ECUATORIANA

Wilfrido Cunalata, Jorge Terán, Ernesto Santillán, William Bonilla

Universidad De Fuerzas Armadas ESPE

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

wilfrido-1@hotmail.com, jorgeteranvaca@gmail.com, ersantillan@espe.edu.ec, wmbonilla@espe.edu.ec

## RESUMEN

El siguiente documento detalla paso a paso los procesos de diseño y construcción del bastidor y carrocería para un vehículo biplaza, el mismo que será propulsado por energía eléctrica. Para la ejecución del proyecto se han empleado herramientas CAD, para posteriormente con el uso de software CAE, realizar pruebas tanto estáticas como aerodinámicas, con el fin de dar fiabilidad al diseño del bastidor y la carrocería. Una vez que los resultados obtenidos de los respectivos análisis indican que el diseño es seguro, se procede a realizar la construcción.

## ABSTRACT

The following document details step by step process of designing and building the frame and bodywork for a two-seater vehicle, which will be powered by electricity. To implement the project CAD tools have been used, later with the use of CAE software, perform both static and aerodynamic tests, in order to give reliability to the design of the frame and bodywork. Once the results of the respective analyzes indicate that the design is safe, we proceed to perform the construction.

## PALABRAS CLAVE

Ingeniería Automotriz, vehículos biplaza, vehículos eléctricos – diseño y construcción.

## I. INTRODUCCIÓN

En Ecuador a nivel de sus ciudades, se ha detectado el incrementado del parque automotor en todos sus géneros, además, tanto la presencia vehicular como la de industrias, ha generado mayor contaminación del ambiente, por lo que concomitantemente a esto, ha acarreado otros problemas de índole socio-cultural. De igual manera, la tecnología automotriz ha generado un avance impresionante en base a las exigencias del medio, teniendo que satisfacerlas en forma óptima, obligando a la ingeniería automotriz buscar alternativas que se ajusten a la realidad del medio, aplicando nuevos mecanismos tecnológicos a nivel eléctrico, para que en lo posterior se pueda reemplazar los mecanismos de combustión existentes, más aún cuando se prevé que en un tiempo mediano los derivados del petróleo comenzaran a escasear. Proponiendo que el uso de

vehículos alimentados con energías renovables, puedan ser la alternativa de solución a estos problemas. Los vehículos eléctricos, están determinados por la potencia y autonomía, para lo cual se necesita un diseño de bastidor y carrocería que optimice estos parámetros, para lo cual se necesita disminuir pesos, sin afectar la seguridad de los ocupantes.

## II. BASTIDOR TUBULAR

Está formado por una red de tubos finos soldados entre sí que adopta la forma de una jaula. A este se montan directamente el resto de elementos del automóvil. Su uso se limita a pequeños vehículos deportivos, de competición y algunos prototipos que requieren una gran rigidez, elevada resistencia, el costo del material es bajo, así como su peso; donde la carrocería tiene exclusivamente la misión estética y aerodinámica.



*Ilustración 1 Bastidor Tubular*

## III. CARROCERÍA

Se puede concebir a la carrocería como una caja especial destinada para albergar y transportar personas, durante la circulación del automóvil. Se consideran tres funciones principales que cumple la carrocería como tal.

- Proteger a los ocupantes
- Dotar al vehículo de un aspecto aerodinámico.
- Brindar una apariencia estética



Ilustración 2 Carrocería Fibra de Vidrio

### 3.1.1 La Fibra de vidrio como material para la carrocería. El material que se está utilizando

Es el material que se está utilizando actualmente en la construcción de la carrocería, así como elementos interiores: tableros de instrumentos, consolas, revestimientos, molduras.

Entre las características de la fibra de vidrio que la hacen idónea para la construcción de la carrocería, están:

- Gran resistencia a productos que deterioran como las gasolinas, grasa y aceites.
- Buenas propiedades como aislante eléctrico.
- Excelente aptitud para el conformado (moldeado), lo que facilita diseños más atrevidos y aerodinámicos.
- Notable reducción de peso.
- Nula capacidad corrosiva.
- Alta inalterabilidad a los cambios de temperatura.
- Alto límite elástico.
- Perfecta aptitud para el reciclaje y reaprovechamiento de las piezas.
- Reparación óptima.
- Excelente adherencia a la matriz.
- Excelente resistencia mecánica específica (resistencia a la tracción/densidad).
- Resistencia a la humedad.

## IV. PARÁMETROS Y CRITERIOS DE DISEÑO PARA EL BASTIDOR TUBULAR.

Previo al diseño es indispensable considerar e identificar los parámetros de mayor importancia que se deben tener en cuenta al momento de diseñar el bastidor, como:

- Rigidez del bastidor.
- Seguridad del ocupante.
- Peso y distribución.
- Espacio y ergonomía
- Dimensiones del bastidor.
- Selección del material.

## V. DIMENSIONES DEL BASTIDOR

Previo al diseño en software CAD, se ha visto la necesidad de obtener un bosquejo de las dimensiones tanto de altura, ancho y longitud del bastidor:

### Longitud y ancho

Las posibles dimensiones de longitud son 2730mm, y de ancho 1350.

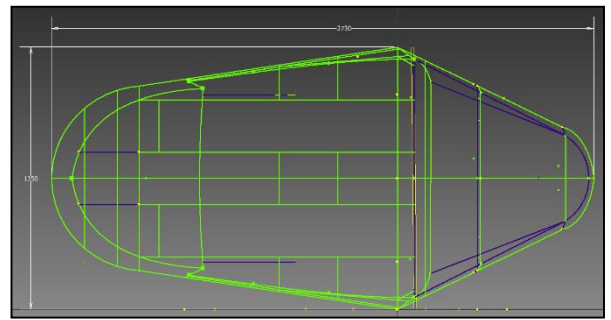


Ilustración 3 Vista Superior Bastidor

### Altura

De igual manera la posible dimensión de altura en el bosquejo es de 797mm

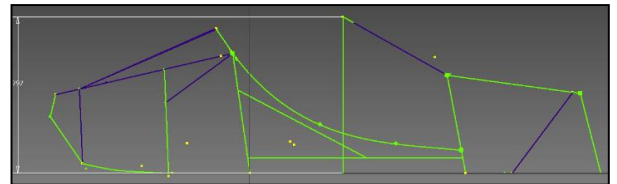


Ilustración 4 Vista Lateral Bastidor

## VI. SELECCIÓN DEL MATERIAL

Uno de los materiales que cumplen con las especificaciones mecánicas y físicas requeridas es el acero ASTM-A36, el cual es de fácil acceso y de costo moderado en el mercado ecuatoriano.

## VII. DISEÑO DEL BASTIDOR Y CARROCERÍA

Para el diseño del bastidor es importante estimar las cargas que va a soportar la estructura, previo al análisis computacional estático y dinámico al que va ser expuesto el bastidor.

### Cargas Muertas

En la tabla se puede observar las diferentes cargas muertas presentes en el bastidor.

Tabla 1 Cargas Muertas de la Estructura

Cargas muertas en el bastidor		Peso(Kg)	Peso(N)
1	Motor Eléctrico	50	490
2	CVT	7,50	73,50
3	Baterías(4)	120	1176
4	Variador de giro	6	58,80
5	Asientos(2)	20	196
6	Estructura tubular	150	1470

<b>Carga muerta Total (sin carrocería)</b>	<b>353,5</b>	<b>3464,30</b>
--	--------------	----------------

### Cargas Muertas

Las únicas cargas vivas que existen en el bastidor, son los pesos de los ocupantes, lo que da un valor total de 150Kg (1470N).

## VIII. PROCESO DE MODELADO DE LA GEOMETRÍA

Teniendo en consideración todos los requerimientos para el bastidor, se hace uso de herramientas CAD, que proporcionan una idea clara y exacta de un modelado.

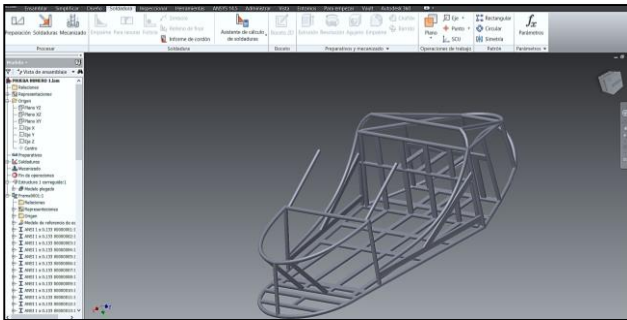


Ilustración 5 Bastidor en Software CAD

## IX. PROCESO DE MODELADO DE LA CARROCERÍA

Al igual que el bastidor, para la carrocería, también serán útiles las mismas herramientas.

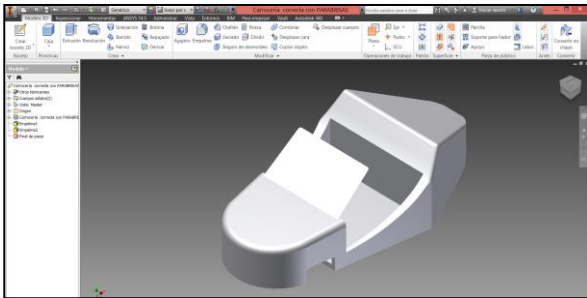


Ilustración 6 Carrocería en Software CAD

## X. ANÁLISIS ESTÁTICO DEL BASTIDOR

Para el desarrollo de este proyecto se va a trabajar con el análisis estático estructural, para así obtener resultados favorables acerca del comportamiento del bastidor bajo cargas estáticas, como lo son: pesos de ocupantes, pesos de baterías, pesos de tren motriz, entre otros. El software utilizado es de tipo CAE, en el cual se realizarán las siguientes pruebas, con sus respectivos resultados:

### Deformación Total

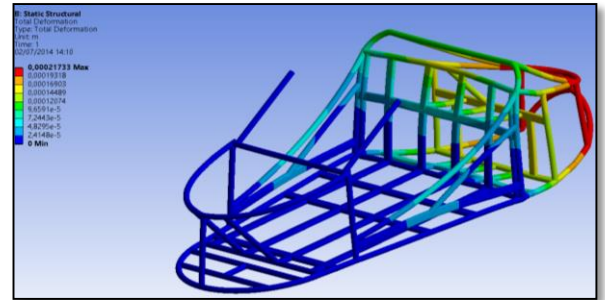


Ilustración 7 Resultado Deformación Total

Tabla 2 Comparación Resultados Deformación Total

<b>Deformación Total Máxima</b>	<b>0.00021733 m</b>
<b>Deformación Total Mínima</b>	<b>0 m</b>

### Esfuerzo Máximo

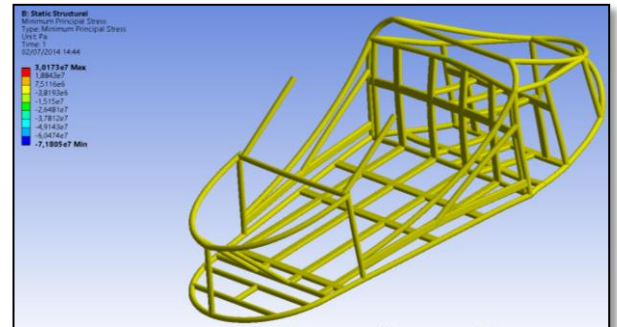


Ilustración 8 Resultado Esfuerzo Máximo

Tabla 3 Comparación Resultados Esfuerzo Máximo

<b>Esfuerzo Máximo Obtenido</b>	<b>30.173 MPa</b>
<b>Límite de Fluencia Acero ASTM A36</b>	<b>250 MPa</b>

### Tensión Equivalente de Von Mises

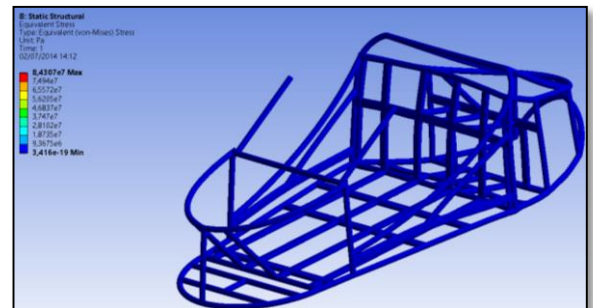


Ilustración 9 Resultado Tensión Equivalente de Von Mises

Tabla 4 Comparación Resultados Tensión Equivalente de Von Mises

<b>Tensión Equivalente Máxima Obtenida</b>	<b>84.307 MPa</b>
<b>Límite de Fluencia Acero ASTM A36</b>	<b>250 MPa</b>

**Deformación Direccional**

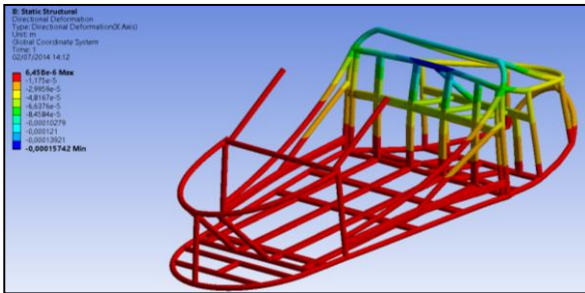


Ilustración 10 Resultado Deformación Direccional

Tabla 5 Comparación Resultados Deformación Direccional

<b>Deformación Direccional Máxima</b>	<b>6.458e-6 m</b>	
<b>Deformación Direccional Mínima</b>	<b>-0.00015742 m</b>	

**Factor de Seguridad**

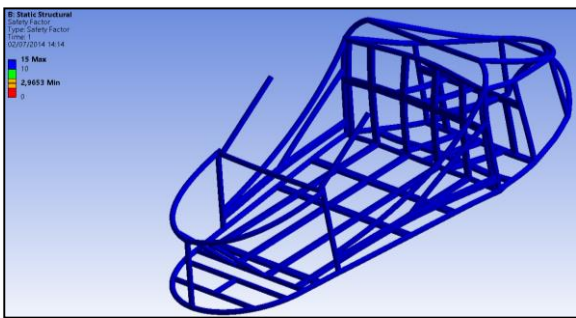


Ilustración 11 Resultado Factor de Seguridad

Tabla 6 Factor de Seguridad

<b>Factor de Seguridad Mínimo</b>	<b>2.9653</b>
-----------------------------------	---------------

**XI. ANÁLISIS AERODINÁMICO DE LA CARROCERÍA**

Para el análisis aerodinámico, se requiere el uso de herramientas CAE, para lo cual se crea un túnel de viento virtual, que encierre la carrocería y emule el movimiento del vehículo a una velocidad de 40Km/h.

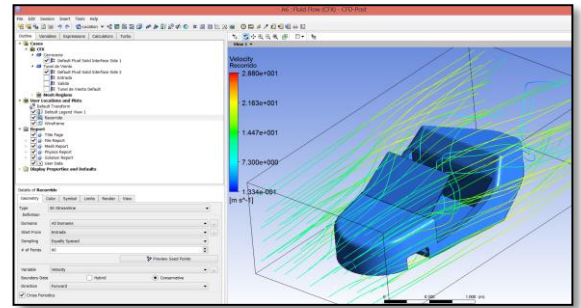


Ilustración 12 Resultado Aerodinámico

Los resultados obtenidos por el programa se muestran en la tabla

Tabla 7 Comparación Resultados Aerodinámicos

<b>Presión Máxima</b>	<b>1.016e+005 Pa</b>
<b>Presión Mínima</b>	<b>1.008e+005 Pa</b>
<b>Velocidad Máxima</b>	<b>28.8 m/s</b>
<b>Velocidad Mínima</b>	<b>0.1334 m/s</b>

**XII. CONSTRUCCIÓN DEL BASTIDOR Y CARROCERÍA**

Concluida la definición de la geometría del diseño, el análisis y su simulación, se han obtenido buenos resultados, valorando así su viabilidad para la construcción de un bastidor tipo tubular y la carrocería de fibra de vidrio.

Utilizando medidas de seguridad industrial y buen manejo de herramientas y maquinaria, se procede a la construcción, ya teniendo confianza en la fiabilidad del diseño:

Se realizaron las mediciones de cada uno de los componentes del bastidor

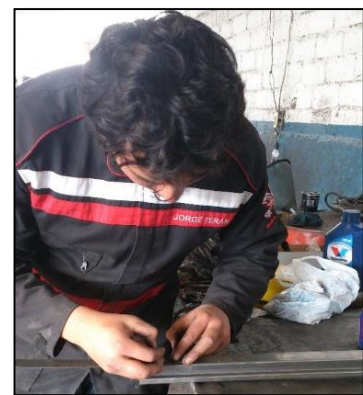


Ilustración 13 Medición de estructura

Se realizaron los cortes, devanados y esmerilados correspondientes a la preparación del material



*Ilustración 14 Corte de material*

Después de los respectivos procedimientos de soldadura, utilizando el tipo de suelda SMAW, se puede obtener una estructura lista para alojar a los demás sistemas que conforman el vehículo eléctrico biplaza.



*Ilustración 15 Bastidor Finalizado*

Ya teniendo el bastidor construido, se procede a la creación de la carrocería, para lo cual se ha utilizado cartón, para dar la forma



*Ilustración 16 Medición de Carrocería*

Encima del cartón, se puede seguir colocando la mezcla de resina y fibra de vidrio

En la figura se puede observar la carrocería ya terminada, lista para entrar al proceso de pintura.



*Ilustración 17 Carrocería Terminada*

### XIII. CONCLUSIONES

- Se diseñó y construyó el bastidor y carrocería para un vehículo biplaza, haciendo uso de manufactura ecuatoriana y recurriendo a herramientas informáticas.
- Se pudo reunir información inherente al funcionamiento y constitución de los vehículos eléctricos, así como también para los vehículos biplaza.
- Las herramientas CAD, permitieron tener mayor precisión a la hora de diseñar el bastidor y la carrocería, al momento de realizar el modelado.
- Con la ayuda de softwares CAE, se pudieron realizar análisis estáticos y aerodinámicos, los mismos que brindaron fiabilidad previa a la construcción.
- El Bastidor, soportó todas las cargas estáticas, sufrió una deformación de 0.00021733 m, lo que viene a ser 0.2 mm y que brindó una gran fiabilidad de construcción.
- El esfuerzo equivalente de Von Mises provocado en el bastidor fue de 84.307 MPa y el límite de fluencia del Acero ASTM A36 fue de 250 MPa, lo que indica que el material seleccionado soporta las cargas estáticas
- El factor de seguridad mínimo fue de 2.96, lo que aseguró fiabilidad en el diseño de la estructura del bastidor.
- En el análisis aerodinámico, la velocidad del viento de 40Km/h, provocó una presión máxima en la carrocería de 1.0027 atm, indicando que el diseño es muy aerodinámico y que no ejerce mucha oposición al movimiento.
- Los resultados obtenidos en los diferentes análisis, demostraron que el diseño es confiable y que se cumplió con las metas propuestas.

### XIV. REFERENCIAS

- [1] Alonso, J. M. (2009). Técnicas del Automóvil, Chasis. Madrid: Editorial Paraninfo.
- [2] Andrade, A. (2009). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE CHASIS PARA UN BUGGY DE LA FÓRMULA AUTOMOVILÍSTICA UNIVERSITARIA. Riobamba.
- [3] Asta, E. (2012). Fundamentos de Soldadura por arco Eléctrico. México: editoriales Noriega.
- [4] Gómez, T. (2012). Estructuras del Vehículo. Madrid: Editorial Paraninfo.
- [5] INEN. (2009). Vehículos Automotrices Carrocerías. Quito.
- [6] Lincoln, K. (2012). Soldeo Manual con Electrodo. México: Editoriales B.
- [7] MARKS. (2009). Manual del Ingeniero Mecánico. San Francisco: McGraw-Hill.
- [8] McCormac, J. (2009). Diseño de estructuras metálicas. Salvador: Editorial Marcombo.

## BIOGRAFÍAS



Carlos W. Cunalata C, nació en la ciudad de Ambato, Ecuador actualmente egresado de la carrera de Ingeniería Automotriz en la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE



Jorge S. Terán V, nació en la ciudad de Tulcán, Ecuador, actualmente egresado de la carrera de Ingeniería Automotriz en la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.



Ernesto R. Santillán M. nació en Riobamba, Ecuador, Ingeniero Mecánico, dispone estudios de Posgrado en Dirección de Empresas Mención Proyectos, Docente Tiempo parcial en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE en la ciudad de Latacunga desde 2010. Maestrante en el programa de Diseño Producción y Automatización Industrial en la Escuela Politécnica Nacional. Miembro de la ACCE. Imparte servicios de asesoramiento y capacitación en Elaboración, Control y Evaluación de Proyectos.



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.