

ISSN: 2594-0937

REVISTA ELECTRÓNICA MENSUAL

Debates sobre Innovación

DICIEMBRE
2019

VOLUMEN 3
NÚMERO 1

XVIII Congreso Latino Iberoamericano de Gestión Tecnológica
ALTEC 2019 Medellín



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
METROPOLITANA
Unidad Xochimilco



MEGI
MAESTRÍA EN ECONOMÍA, GESTIÓN
Y POLÍTICAS DE INNOVACIÓN



LALICS

LATIN AMERICAN NETWORK FOR ECONOMICS OF LEARNING,
INNOVATION AND COMPETENCE BUILDING SYSTEMS

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN VEHÍCULO ELÉCTRICO SOLAR TIPO URBANO FASE III

John Jairo Jimenez Serpa
Instructor Investigador
Sena- Centro Industrial y de Aviación
Barranquilla – Atlantico – Colombia
johnjienez89@misena.edu.co

Ronald Andres Gutierrez Acosta
Instructor Investigador
Sena- Centro Industrial y de Aviación
Barranquilla – Atlantico – Colombia
ragutierrez@sen.edu.co

Harvey Enrique Perez Gonzalez
Instructor Investigador
Sena- Centro Industrial y de Aviación
Barranquilla – Atlantico – Colombia
hperez@sen.edu.co

Resumen

Ante el desarrollo de las nuevas tecnologías en energías alternativas en el parque automotor, se proyecta como una alternativa los vehículos eléctricos. Estos vehículos al ser propulsados por un motor eléctrico no emiten gases contaminantes durante su funcionamiento, contribuyendo a disminuir la contaminación ambiental y por consiguiente la dependencia a los combustibles fósiles.

(Crespo y Dufor, 2009) indican que” Ante este panorama el vehículo eléctrico se presenta como la alternativa perfecta al automóvil convencional, siendo la solución a la dependencia del petróleo y a la reducción de emisiones”. Por otra parte, (Rivera, 2008) indica que “Estados Unidos prescindirá del uso del petróleo en un 20%, según estableció en su nueva política de energía”

El proyecto tiene como objetivo, diseñar y construir un vehículo eléctrico solar tipo urbano. El cual se ha desarrollado en varias etapas durante los últimos tres (3) años, y que se describen a continuación

Etapa No.1: Análisis Causa y Efecto de Vehículo Urbano, Proyectado con energía Solar - Discusión y Lluvia de Ideas y Análisis de Proyectos Afines.

Etapa No.2: Estudio y pruebas y análisis de resistencias de materiales de acuerdo al diseño elegido - Construcción de Chasis - Talleres del Sena especializados en Construcción y Soldadura.

Etapa No.3: Diseño y Montaje Suspensión Delantera y Trasera - Diseño y Montaje del Conjunto de dirección Tipo Mecánica - Diseño y Montaje de soporte de las sillas del vehículo.

Como resultado del proyecto, se tienen las pruebas y análisis de resistencias de materiales de acuerdo al diseño elegido para la Construcción de vehículo eléctrico, además de los diseños del diseño y Montaje Suspensión Delantera y Trasera, diseño y Montaje del Conjunto de dirección Tipo Mecánica, diseño y Montaje de Sillas del Vehículo.

Palabras clave

Energías alternativas, motor eléctrico, sistema de suspensión.

Introducción

A raíz de las nuevas tecnologías en energías alternativas, como son los vehículos eléctricos aplicados en la industria automotriz, que busca disminuir la contaminación ambiental y la alta dependencia de estos a los combustibles fósiles, insta a pensar desde el Sena en una estrategia que permita el fortalecimiento de los procesos de formación en el programa automotriz, donde el aprendiz no solo se involucre aprendiendo en el hacer, sino que también le permita generar conocimiento nuevo y pueda contribuir desde su ámbito y proceso de formación en posibles alternativa tecnológicas.

Si se logra la implementación de tecnologías limpias en el parque automotor, en muy poco tiempo en las principales ciudades, estarán circulando vehículos eléctricos a gran escala.

Actualmente las competencias que viene desarrollando el Sena en el Programa Automotriz en la parte técnica, están direccionadas al servicio de mantenimiento y reparación de motores de combustión interna, lo que limita al aprendiz de esta especialidad a intervenir estas nuevas tecnologías.

¿Cómo fortalecer los programas de formación mediante el desarrollo de tecnologías limpias en el Programa Automotriz?

La construcción del vehículo solar, ha tenido fase I y II previas, y actualmente se está formulando para la ejecución de la Fase III definitiva del proyecto, el cual consiste en la puesta en funcionamiento del mismo.

El proyecto ha logrado tener ponencias nacionales, para los componentes que han desarrollo en el marco del proyecto, como, por ejemplo: El cálculo y configuración mecánica de un sistema de suspensión para un vehículo eléctrico, cada fase se ha compuesto de un componente teórico inicial, para validarlo luego con diseños y funcionamiento del mismo.

Metodología

En el diseño del proyecto, se ha desarrollado por fases de acuerdo a bloque de diseño y construcción el cual se describe a continuación:

Fase uno: Diseño, construcción de bastidor y montaje de subsistemas, en esta fase comprende el diseño y construcción del bastidor, se utilizará a través diseño experimental y construcción de prototipo.

Fase dos: Diseño y construcción de carrocería. En esta fase basada en revisión documental, estado del arte de estándares y diseño experimental de la aerodinámica de carrocería y construcción de prototipo.

Además de las fases anteriores, se está desarrollando la fase tres: Alcanzadas las fases uno y dos en su totalidad contamos con bastidor y subsistemas mecánicos del vehículo. A continuación, para lograr la terminación del prototipo del vehículo eléctrico solar urbano, se requiere, la elaboración de la carrocería bajo condiciones de seguridad, diseño admisible aerodinámico, la red eléctrica de potencia, circuito eléctrico convencional y fotovoltaico.

En cada una de las fases se trazan las siguientes actividades:

1. Revisión documental: Sustente técnico del proyecto, y poder relacionar con cada una de las fases.
2. Aplicación de software de diseño: Realizando pruebas de resistencia mecánica al chasis, suspensión y soportes estructurales, con el fin de validar los factores de seguridad.
3. Prototipos: Esquemas de funcionamiento, por medio de prototipos funcionales.
4. Pruebas de funcionamiento: Construcción de dispositivos y pruebas de adaptabilidad con cada uno de los sistemas del vehículo eléctrico.
5. Validación: Validación y documentación técnica de los sistemas.

Para alcanzar esta etapa se inicia con los diseños en CAD, de prototipos de carrocerías, una vez seleccionado, se elabora un estudio aerodinámico para validar su comportamiento y seleccionar la de mejor desempeño.

Desarrollo

Fase uno: Diseño, construcción de bastidor y montaje de subsistemas

Esta fase comprende el diseño y construcción del bastidor, se utilizará a través diseño experimental y construcción de prototipo. Se desarrollarán las siguientes actividades:

1. Consulta del estado del arte
2. Revisión documental
3. Simulación
4. Prototipado 3D
5. Diseño de prototipo preliminares.

Fase dos: Diseño y construcción de carrocería. En esta fase basada en revisión documental, estado del arte de estándares y diseño experimental de la aerodinámica de carrocería y construcción de prototipo. Se desarrollarán las siguientes actividades:

1. Consulta del estado del arte
2. Revisión documental
3. Simulación
4. Prototipado 3D
5. Diseño de prototipo preliminares

Inicialmente se diseñaran diferentes prototipos de chasis y carrocería en el Software Rhinoceros 5.0 utilizando un grupo de herramientas que facilitan la elaboración de modelos, Sin embargo, considerando la necesidad de transferibilidad del conocimiento se optara por exportar el prototipo final seleccionado al software Solidworks para realizar las diferentes validaciones, debido a que este proporciona una potente funcionalidad y es de fácil uso, incrementando la productividad para obtener un diseño innovador, todo ello para fortalecer el proceso de diseño desarrollado en la etapa inicial con Rhinoceros 5.0.

Fase Tres: Alcanzadas las fases uno y dos en su totalidad contamos con bastidor y subsistemas mecánicos del vehículo. A continuación, se requiere para lograr la terminación del prototipo del vehículo eléctrico solar urbano, la elaboración de la carrocería, bajo condiciones de seguridad y diseño admisibles y la red eléctrica de potencia y circuitos eléctricos básicos. Para ello se trazan las siguientes actividades.

1. Revisión documental
2. Aplicación de software de diseño
3. Elaboración de circuitos eléctricos fotovoltaicos y básicos
4. Trazar y conectar red eléctrica del vehículo
5. Pruebas piloto del vehículo solar

Para alcanzar esta etapa se inicia con los diseños en CAD, de prototipos de carrocerías, una vez seleccionado, se elabora un estudio aerodinámico para validar su comportamiento y seleccionar la de mejor desempeño.

Finalizada esta etapa, se procede a fabricar una matriz de poliuretano esenciales para moldes como base en la construcción de la carrocería en fibra de carbono.

Como etapa final se diseñan el circuito eléctrico de potencia y circuito eléctrico básico dual. Siendo el primero suministrado de la red de 12 voltios del vehículo y el otro totalmente independiente que proviene de circuito del sistema solar fotovoltaico. Estos circuitos están configurados bajo necesidades de diseño y requerimientos en búsqueda de la máxima eficiencia e innovación.

Se realizarán las pruebas de funcionamiento, evaluando sus subsistemas, mecánicos, aerodinámicos, eléctricos y el mecanismo de su configuración de almacenaje de energía y su aplicación en el vehículo.

Todo el proceso desde el diseño hasta la construcción y puesta en marcha del vehículo eléctrico, será orientado por instructores y aprendices del centro industrial y de aviación regional atlántico, donde pueden aplicar todo su conocimiento, desarrollar habilidades, identificar nueva tecnología que les permitirá ser más competitivos en la demanda laboral actual. A su vez elaborar material didáctico sobre el proceso en la construcción del vehículo y aplicabilidad de energías alternativas en el área automotriz.

Resultados

A partir de diseños anteriormente desarrollados en el SENA regional atlántico, como el proyecto Fórmula Eco así como la elaboración del Diseño del Chasis de un Vehículo Eléctrico Tipo Formula SAE Student, proyecto que fue financiado por el sistema de investigación y desarrollo tecnológico e innovación SENNOVA permitió obtener conocimiento tácito que nos dirige a la elaboración del diseño y construcción de un vehículo eléctrico solar tipo urbano.

Para verificar el comportamiento estructural del chasis de cualquier vehículo, se deben tener en cuenta la función para la cual va a ser diseñado precisando identificar como actúan las diferentes fuerzas y como lo afectan estas, de igual manera analizar las diferentes cargas dinámicas y estáticas a las que estará sometido en condiciones reales, razón por la cual se recopiló toda la información relevante sobre bastidores, así como la evolución que ha experimentado el diseño estructural de los vehículos en los últimos años para la obtención de resultados satisfactorios en las exigencias requeridas a nivel de seguridad, diseño y material empleado y de esta manera poder diferenciar los distintos tipos de estructuras que existen en el mercado automotor.

Las estructuras actuales para vehículos incorporan diferentes tipos de materiales en base a los requerimientos mecánicos y a la función que desempeña, así como la necesidad de alojar otros componentes, sistemas mecánicos o eléctricos que constituyen el automotor.

Actualmente se cuenta con equipos de trabajo multidisciplinarios, capaz de responder satisfactoriamente a las altas exigencias a nivel de reglamentación, diseño y producción que demanda la fábrica de los automotores.

A partir de estas consideraciones se obtuvo un prototipo de chasis modelado en software CAD rhinoceros 3D 5 SR2 (64 bits), de igual modo se validó su resistencia mecánica utilizando software CAE solidworks Simulation Premium 2014 x 64 teniendo como referencia la norma NCAP (New Car Assessment Programme). Que validan la seguridad en los vehículos, al final se obtuvo un chasis de bajo peso, capaz de soportar los requerimientos estructurales bajo condiciones normales.

Estructura del vehículo:

La estructura del vehículo es el conjunto de componentes que sirve de soporte a los distintos sistemas y elementos que forman un vehículo. En los vehículos hay elementos cuya única función es la resistencia estructural del vehículo como, por ejemplo, la carrocería. En cambio, hay otros que, cumpliendo la función para la que fueron diseñados, complementan la resistencia de la estructura del vehículo, como los parabrisas cuando van pegados.

Definición Chasis:

El chasis o bastidor es una estructura de tubos y/o largueros reforzados con travesaños, todos ellos fabricados en chapa conformada de acero, cuya función es servir de soporte al resto de los elementos del vehículo.

Tipos de Chasis para Vehículos:

Bastidor Independiente

Los primeros diseños de bastidores se basaban en el conjunto formado por dos largueros longitudinales laterales, fabricados de chapa laminada con perfil cajado o en "C", enlazados entre sí mediante travesaños, constituyendo una base sobre la que se montan los órganos mecánicos y la carrocería del vehículo. Este tipo de bastidor presenta una gran rigidez, por lo que hoy en día todavía son ampliamente utilizados en camiones de carga, furgones ligeros y en vehículos todo terreno.

Figura 1. Chasis multitubular

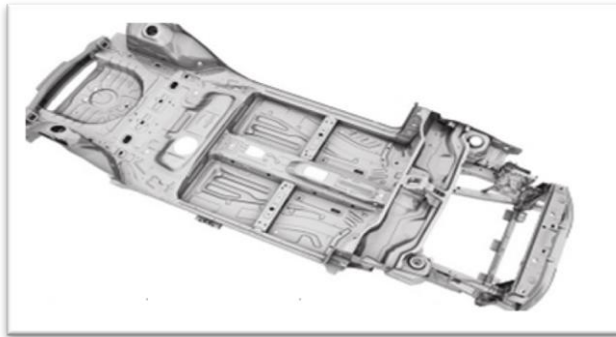


Fuente: Mercado Racing

Bastidor de plataforma

El tipo de bastidor de plataforma realiza la función, como su propio nombre indica, de una plataforma portante y resistente.

Figura 2. Bastidor en plataforma



Fuente: Ingemecanica

Está constituido por un chasis aligerado formado por la unión de varias chapas soldadas, generalmente mediante soldadura por puntos, formando el conjunto una base de rigidez suficiente como para poder soportar los órganos mecánicos y posteriormente también la carrocería del vehículo.

Bastidor Monocasco

Es la opción más empleada actualmente en la fabricación de automóviles, sobre todo en vehículos ligeros y turismos, debido a que supone una reducción importante en el peso del vehículo, le dota de mayor flexibilidad y es más barato su producción en serie.

Figura 3. Carrocería de chasis Auto portante(Monocasco)

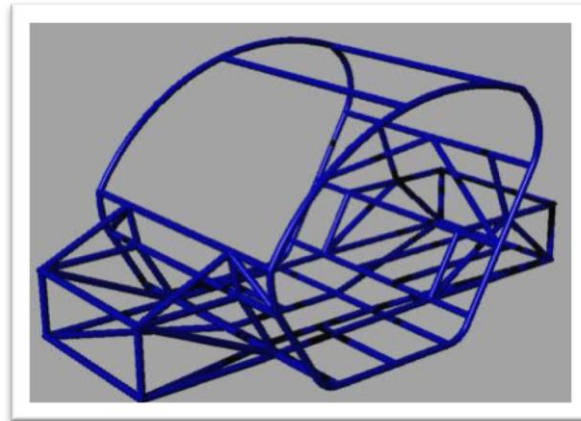


Fuente: tecnología en el automóvil

Bastidor Tubular

Este sistema es utilizado en la fabricación de vehículos clásicos y deportivos, pero muy rara vez los fabricantes recurren a él. Esta técnica utiliza una estructura de tubo metálico para el chasis y la recubre con una carrocería que puede estar fabricada en diversos materiales (fibra de vidrio y materiales compuestos etc.) Proporciona al conjunto una gran rigidez y resistencia con poco peso

Figura 4. Prototipo Chasis VES



Fuente: pantallazo tomado de CAD Rhinoceros 3D

Propiedades de los componentes estructurales:

El vehículo está compuesto por una serie de componentes concebidos para conservar sus propiedades mecánicas en situaciones de máxima sollicitación. En caso de accidente, el comportamiento de la carrocería frente al impacto dependerá del material empleado en la fabricación de los componentes, así como del diseño de la pieza. Las carrocerías auto portantes actuales incorporan diferentes tipos de materiales en base a los requerimientos mecánicos y a la función que desempeña cada pieza.

Figura 5. Disposición de los elementos resistentes de una carrocería autoportante.



Fuente: Carrocería del automóvil

Sistema de Fuerza

Concepto fuerza: “una fuerza representa la acción de un cuerpo sobre otro, caracterizada por su punto de aplicación, su módulo, su dirección y sentido”.

Otra definición:

“Una fuerza es toda acción o causa que modifica el estado de reposo o movimiento de los cuerpos, o que produce una deformación”. La unidad de fuerza o newton (N) pertenece al sistema internacional de unidades (SI). Es independiente y se puede utilizar en la Tierra o en otro planeta. Otras unidades del SI son el kilo (k), gramo (g), metro (m), segundo (s), etc.

Composición y descomposición

Principio de inercia: todo cuerpo seguirá en estado de reposo o de movimiento si las fuerzas aplicadas sobre él se equilibran entre sí, o bien, si no existe ninguna fuerza aplicada sobre él. Por tanto, a la tendencia de cualquier cuerpo a conservar su estado de reposo o movimiento se le denomina inercia.

Principio de aceleración: la aceleración que se produce en un cuerpo es directamente proporcional a la fuerza aplicada sobre él ($F = m \times a$).

Principio de acción y reacción: cada vez que un cuerpo ejerce una fuerza sobre otro cuerpo (acción), este responde o reacciona con otra fuerza (reacción), de igual dirección y magnitud, pero en sentido contrario.

Por tanto, definiremos sistema de fuerzas como “el conjunto de dos o más fuerzas que actúan sobre un mismo punto”. En un sistema de fuerzas, estas pueden tener distinto módulo, distinta dirección, distinto sentido, pero el punto de aplicación de todas las fuerzas del sistema será el mismo.

Teoría de Von Mises o Teoría de Energía de Distorsión

La teoría de falla de máxima energía de distorsión se presenta en materiales dúctiles que son capaces de absorber una cierta cantidad de energía antes de sufrir una falla a la fractura. Esta teoría está basada en los estudios realizados por Von Mises a una esfera maciza, idealmente homogénea e isotrópica e hidrostáticamente comprimida la cual le analizo los esfuerzos que actuaban sobre ella, que lo conllevaría posteriormente a plantear las ecuaciones.

La energía de deformación se compone de la energía de deformación

(Cambio de volumen) y de la distorsión

$$\mu = \mu_v + \mu_d \quad (\mu_{\text{volumen}} + \mu_{\text{distorsion}})$$

La falla ocurre si la energía de distorsión por volumen unitario excede la correspondencia a una prueba de tensión unitaria en la falla.

Los esfuerzos principales se componen de esfuerzos que producen cambio de volumen y cambio de distorsión.

$$\sigma_1 = \sigma'_1 + \sigma_{1v} \quad \sigma'_i = \sigma \text{ que causa distorsión} = n$$

$$\sigma_2 = \sigma'_2 + \sigma_{2v} \quad \sigma'_i = \sigma \text{ que causa cambio de volumen}$$

$$\sigma_3 = \sigma_3 + \sigma_{3v}$$

Y para que no haya cambio de volumen por los componentes de distorsión se debe cumplir que:

$$\varepsilon'_1 + \varepsilon'_2 + \varepsilon'_3 = 0$$

Energía de Distorsión

$$U_d = U - U_h$$

$$U_d = U_t - U_h = \frac{1+\nu}{3E} \left[\frac{(\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2}{2} \right]$$

$$U_d = \frac{1+\nu}{3E} (\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1\sigma_2 - \sigma_2\sigma_3 - \sigma_1\sigma_3)$$

$$\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$$

Si se cumple, la energía de distorsión es cero

Energía de Distorsión asociada con la Fluencia

$$\sigma_2 = \sigma_3 = 0, \quad \sigma_1 = s_y$$

$$U_d = \frac{1+\nu}{3E} s_y^2$$

Criterio: La fluencia ocurrirá cuando la energía de distorsión de un volumen unitario, sea igual a la energía de distorsión del mismo volumen, cuando se lo someta a un esfuerzo uní axial hasta la resistencia a la fluencia.

Factor de seguridad

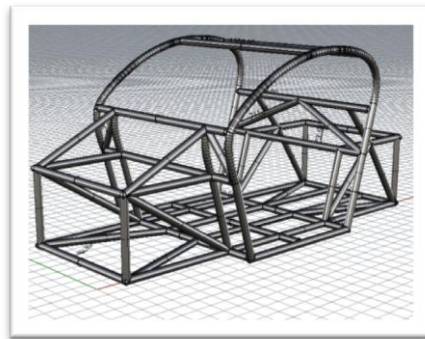
$$\sigma_e = \frac{s_y}{n_s} \Rightarrow \sigma_e = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2}{2}}$$

$$\eta = \frac{s_y}{\sigma'}$$

Donde:
$$\sigma' = (\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2)$$

Basados en la teoría de distorsión se pudo constatar que la energía específica de deformación en un punto de un sólido sujeto a un estado de tensión cualquiera, es una función tanto de las tensiones actuantes como de las deformaciones.

Figura 6. Chasis VE



Fuente: pantallazo tomado de CAD Rhinoceros 3D

A partir de la selección del chasis del tipo tubular para el diseño del vehículo eléctrico solar, se modelan varios diseños utilizando la herramienta de modelado en 3D del software RHINOCEROS 3D.

Se inicia el diseño ajustando las medidas del chasis, teniendo en cuenta las dimensiones de los vehículos eléctricos que existen actualmente.

Selección del Material y Dimensiones Tubería del Chasis Vehículo Eléctrico.

Teniendo en cuenta obtener un diseño de un chasis tubular de bajo peso y con las características de rigidez estructural requerida para soportar la masa suspendida y ofrecer un habitáculo de seguridad para sus ocupantes. Se seleccionó el acero estructural AISI 1010. De diámetro nominal 1 ¼”, espesor de pared de 2.8 mm, equivalente al Schedule 10.

Característica Tubos de Acero Estructural Bajo Norma ASTM.

Material de Fabricación.

Los tubos se fabrican con acero laminado en caliente según norma AISI/SAE 1008,1010, 1015, JIS G 3132 SPHT1, ASTM A 1011 o cualquier otro acero equivalente que cumpla las normas ASTM – A795 Con la siguiente composición química.

Tabla 1. Material de Fabricación

Elemento	Grado A
Carbono	0,25% Máximo
Manganeso	0,95% Máximo
Fosforo	0,035% Máximo
Azufre	0,035% Máximo

Tabla 2. Propiedades Mecánicas del Acero (A nivel orientativo)

Esfuerzos	En psi(min)	En Mpa.
Esfuerzos de Fluencia	30.000	206,842
Esfuerzos de tensión	48.000	330,948
Porcentaje de elongación	20% en promedio	

La tubería de acero ASTM A-795 es recomendada para redes contra incendios y otras y otras aplicaciones de conducción de fluidos pocos corrosivos como aceites, aire y vapor a altas temperaturas y medias presiones. Se fabrican con aceros e insumos cuidadosamente seleccionados, aplicando procesos de conformado en frío y electro fusión (ERW).

Tabla 3. Pruebas Según norma.

Pruebas	
Prueba NDT	Según norma ASTM A - 795
Prueba Hidrostática	Según norma ASTM A - 795
Prueba Neumática	A presión de 100psi
Prueba Aplastamiento	Según norma ASTM A - 795
Prueba Abocardado	Según norma NTC -103

Los tubos son identificados según la norma ASTM A – 795, con leyenda ASTM A795 A-E SCH 10 DIA, (x*).6.00m estampado en bajo relieve.

No. Control CC - 620 - 012. Edición No. 5-12-05-18. Revisión A: 12-05-18

Tabla 4. Tolerancias de la Tubería Según la Norma ASTM

Tolerancia en Diámetro		
Perfiles redondos	0 < 1.900 “(48,3mm)	+/- 0.5%
Tolerancia de Espesor	0 > 2.000” (50.8mm)	+/- 0.75%
Tolerancia en Espesor de Material:		+/- 10%
Cuadratura en cuadrados y rectangulares:		+/- 2

Tabla 5. Prueba de los Tubos Bajo Norma ASTM

Pruebas	
Torsión:	según normas ASTM A-500 NTC 4526
Aplastamiento:	según norma ASTM A-500
Abocardado:	según norma NTC-103
Espesor de capa:	según normas ASTM A-53 (para tubos galvanizados)

Perfil estructural tubular

La geometría de los perfiles estructurales puede ser redonda, cuadrada o rectangular, son alternativas en la industrial. El diseño para construir sistemas estructurales metálicos de alta resistencia, de una manera práctica, rápida y sencilla. Se puede emplear como columnas vigas y viguetas simples, en combinación con otros elementos estructurales o en conjunto con cualquier otra alternativa de mercado. Los perfiles se entregan en acero negro; en caso de que se requiera en galvanizados se debe consultar con el distribuidor.

Dimensiones y Tolerancias Bajo norma ASTM

Los perfiles tubulares se fabrican de acuerdo a la norma ASTM A-500 con las dimensiones reales indicadas en las tablas y se comercializan según las dimensiones nominales de común manejo. La longitud normal de fabricación es 6.00m, en caso de requerirse otras longitudes se debe consultar con el distribuidor.

Tabla 6. Especificaciones de la Tubería

Diámetro nominal NPS	Diámetro exterior (Pulg.)	Espesor de pared (Pulg)	Peso tubo negro (kg)	Peso tubo galvanizado (kg)	Largo del tubo	Presión de prueba (psi)
¾"	1,050	0,083	7,657	7,955	6,00	700
1"	1,315	0,109	12,541	12,911	6,00	700
1 ¼"	1,660	0,109	16,128	16,615	6,00	1000
1 ½"	1,900	0,109	18,624	19,192	6,00	1000
2"	2,375	0,109	23,563	24,291	6,00	1000
2 ½"	2,875	0,120	31,539	32,429	6,00	1000
3"	3,500	0,120	38,694	39,794	6,00	1000
4"	4,500	0,120	50,142	51,580	6,00	1200
6"	6,625	0,134	82,978	85,124	6,00	1200

Validación del Chasis Tubular Mediante Software CAE.

Tabla 8. Cuadro de Cargas Aplicadas al Chasis Carro Eléctrico

PRUEBAS	DESACELERACION A x , A y ,A z	FUERZAS APLICADAS DIRECCION X,Y ,Z
Prueba de Impacto Frontal	12g	82.320N
Prueba de impacto lateral	5 g	34.300N
Prueba por Volcadura	7g	48.020 N

Con el fin de validar la estructura del chasis tubular, y garantizar un diseño óptimo que garantice que el chasis no presentará fallas estructurales debido a las cargas estáticas y dinámicas que estará sometido durante el funcionamiento del vehículo. Se le efectuaron unas pruebas mediante un software CAE. SOLID WORK. Y aplicando las normativas de seguridad para pruebas de chasis y carrocerías de los vehículos que se fabrican actualmente teniendo presente las siguientes Dimensiones del vehículo eléctrico.

Tabla 7. Dimensiones del Vehículo Eléctrico Solar

Distancia entre ejes	1720 mm	67,716 in
Vía delantera	1467 mm	57,755 in
Altura en vacío	1210 mm	46,637 in
Largo	2520 mm	99,212 in
Ancho	1300 mm	51,181 in
Alto	1210 mm	46,637 in

Norma Seguridad 1317. EUROPA. Para Diferentes Pruebas

Conforme exigen las normas de seguridad en las diferentes pruebas que se le realizan a los vehículos actuales, se tomaron referencia de estas normas para ser aplicadas a la estructura del vehículo y validar su resistencia estructural, con esto se garantiza que chasis tiene la resistencia estructural para soportar el peso total del vehículo a plena carga y afrontar las grandes fuerza generadas durante una colisión. Según norma EN 1317 al chasis se le aplicaron cargas de impacto frontal, lateral, volcadura y trasero.

La norma establece los valores límite de desaceleración a lo que puede estar expuesto un vehículo durante una colisión frontal, lateral, trasero y volcadura. . A partir de los resultados obtenidos efectuada a una velocidad de 56 y 60 km /hr, se obtienen unos resultados que nos permite calcular las fuerzas que se deben a aplicar al chasis para validar su resistencia estructural.

Tabla 9. Masa del Vehículo Eléctrico

Masa Total del Vehículo			
Elementos	Unidad	Peso por Unidad	Peso total
Baterías	6	23 kg	138 kg
Diferencial	1	12 kg	12 kg
Motor	1	27 kg	27 kg
Elementos mecánicos	Sistemas del Vehículo	238 kg	238
Chasis	1	120 kg	120 kg
Cargador de Baterías	1	4 kg	4 kg
Ocupantes	2	80 kg	160 kg
		Peso Total	700

Pruebas de Validación

Prueba Impacto Frontal.

Fuerza aplicada para la validación de resistencia mecánica del chasis por impacto de carga frontal:

El cálculo se hace para una condición crítica de impacto que ocurre a una desaceleración de 12g. Aplicando la segunda ley de Newton $f = ma$ y promediando el peso del vehículo

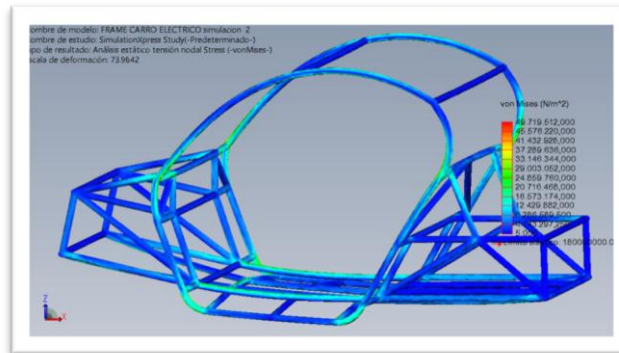
Dónde: $m = 700\text{kg}$

$$a_x = 12 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \Rightarrow a_x = 117,6\text{m/s}^2$$

$$\Rightarrow f_x = 700\text{kg} \cdot 117,6 \text{ m/s}^2$$

$$\Rightarrow f_x = 82.320 \text{ N}$$

Figura 7. Prueba impacto frontal



Fuente: pantallazo tomado de CAE SolidWorks

Prueba de Impacto Lateral.

Fuerza aplicada para la validación de resistencia mecánica del chasis por impacto de carga lateral:

Para verificar la resistencia mecánica del chasis se aplica una fuerza de impacto lateral equivalente a 5 g

Aplicando la segunda ley de Newton $f = ma$ y promediando el peso del vehículo

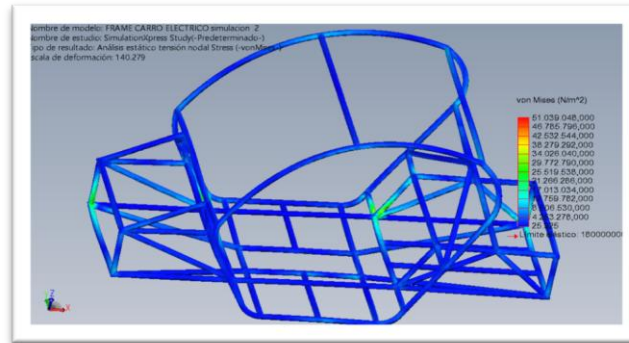
Dónde: $m = 700\text{kg}$

$$a_x = 5 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \Rightarrow a_x = 49 \text{ m/s}^2$$

$$\Rightarrow f_x = 700\text{kg} \cdot 49 \text{ m/s}^2$$

$$\Rightarrow f_x = 34.300 \text{ N}$$

Figura 8. Prueba impacto lateral



Fuente: pantallazo tomado de CAE SolidWorks

Prueba por Volcadura.

Fuerza aplicada para la validación de la resistencia mecánica del chasis por impacto de carga debido a una volcadura:

Para verificar la resistencia mecánica del chasis se aplica una fuerza de impacto al aro principal equivalente a 7 g

Aplicando la segunda ley de Newton $f = ma$ y promediando el peso del vehículo

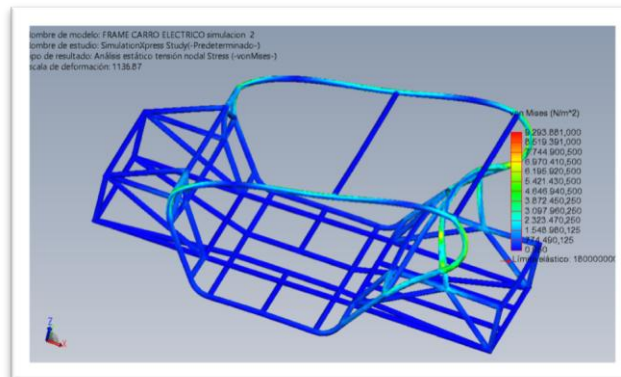
Dónde: $m = 700 \text{ kg}$

$$a_x = 7 \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \Rightarrow a_x = 68,6 \text{ m/s}^2$$

$$\Rightarrow f_x = 700 \text{ kg} \cdot 68,6 \text{ m/s}^2$$

$$\Rightarrow f_x = 48.020 \text{ N}$$

Figura 9. Prueba por volcadura



Fuente: pantallazo tomado de CAE SolidWorks

Pasos para la Validación del Chasis Mediante Software Tipo CAE

Para la validación del chasis mediante software SolidWorks Simulation Premium 2014 x64 se realizaron los siguientes pasos:

Se procede a introducir en el programa las fuerzas anteriormente calculadas

$F_x, F_y \wedge F_z$.

En la lista de materiales del software se selecciona el material de los tubos del chasis AISI /SAE 1010 con el fin de cargar en la simulación las propiedades mecánicas del material:

Propiedades mecánicas Acero AISI / SAE 1010

Modulo Young = 200 GPa

Esfuerzo de fluencia = 206,842 Mpa

Esfuerzo ultimo de tracción = 330,948 Mpa

Resistencia mecánica en los puntos de soldadura de los tubos

Esfuerzo de fluencia $S_y = 206,842$ Mpa

Esfuerzo ultimo de tracción $S_u = 300,948$ Mpa.

Se ajustan las restricciones de movimiento en el chasis, con el fin de crear los grados de libertad durante la aplicación de las fuerzas $F_x, F_y \wedge F_z$.

Se realizan tres simulaciones para cada uno de las fuerzas aplicadas $F_x, F_y \wedge F_z$.

Discusión y Análisis

Para verificar el comportamiento estructural del chasis de cualquier vehículo, se deben tener en cuenta la función para la cual va a ser diseñado precisando identificar como actúan las diferentes fuerzas y como lo afectan estas, de igual manera analizar las diferentes cargas dinámicas y estáticas a las que estará sometido en condiciones reales, razón por la cual se recopiló toda la información relevante sobre bastidores, así como la evolución que ha experimentado el diseño estructural de los vehículos en los últimos años para la obtención de resultados satisfactorios en las exigencias requeridas a nivel de seguridad, diseño y material empleado y de esta manera poder diferenciar los distintos tipos de estructuras que existen en el mercado automotor.

Las estructuras actuales para vehículos incorporan diferentes tipos de materiales en base a los requerimientos mecánicos y a la función que desempeña, así como la necesidad de alojar otros componentes, sistemas mecánicos o eléctricos que constituyen el automotor

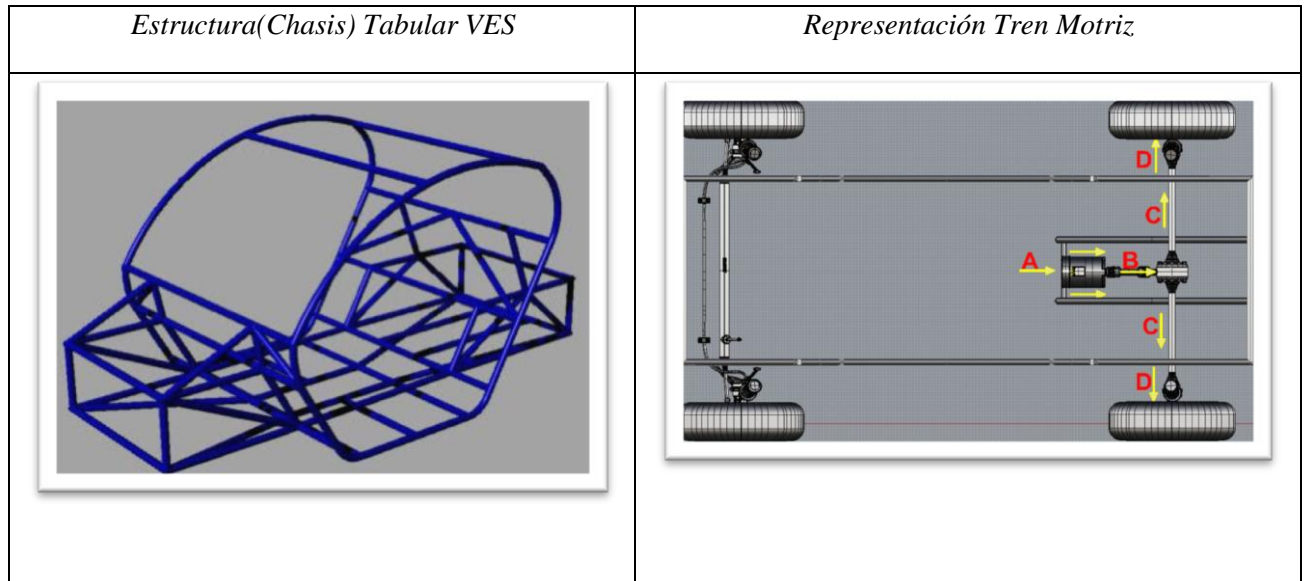
Actualmente se cuenta con equipos de trabajo multidisciplinarios, capaz de responder satisfactoriamente a las altas exigencias a nivel de reglamentación, diseño y producción que demanda la fábrica de los automotores.

A partir de estas consideraciones se obtuvo un prototipo de chasis modelado en software CAD rhinoceros 3D 5 SR2 (64 bits), de igual modo se validó su resistencia mecánica utilizando software CAE solidworks Simulation Premium 2014 x 64 teniendo como referencia la norma NCAP (New Car Assessment Programme). Que validan la seguridad en los vehículos, al final se obtuvo un chasis de bajo peso, capaz de soportar los requerimientos estructurales bajo condiciones normales.

Conclusiones

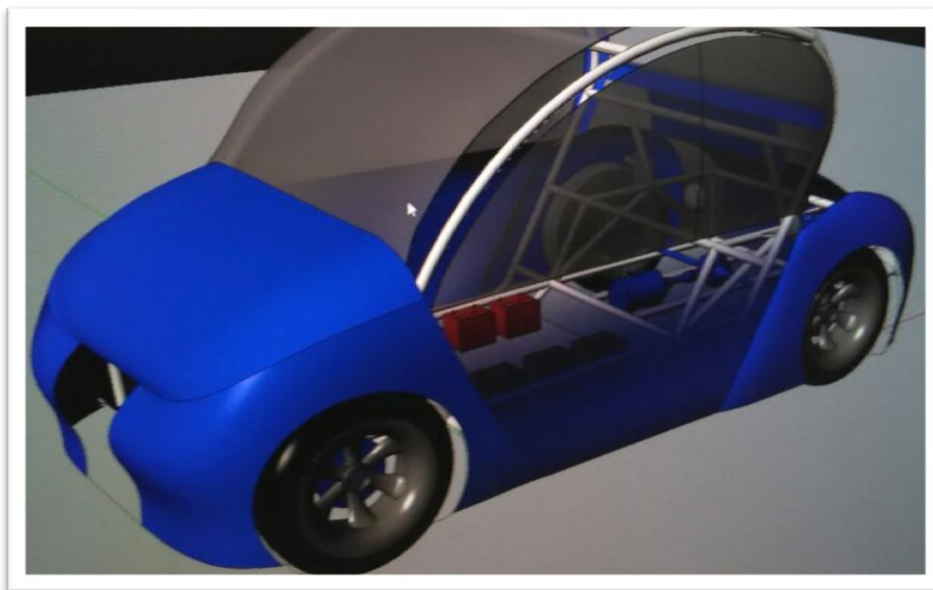
Finalmente, el software muestra los puntos en la estructura del chasis donde existe la mayor concentración de esfuerzo crítico debido a las fuerzas aplicadas, este se presenta en una escala de colores donde el color rojo es el valor más crítico, de igual manera también muestra el desplazamiento en mm en escala de colores y los factores de seguridad.

Figura 9. Diseño Preliminar VES



Fuente: pantallazo tomado de CAD Rhinoceros 3D

Figura 10. Diseño Preliminar VES - 2



Fuente: pantallazo tomado de CAD Rhinoceros 3D

Como resultado del proyecto: Se realizó el Análisis Causa y Efecto de Vehículo Urbano, Proyectoado con energía Solar. Discusión y Lluvia de Ideas y Análisis de Proyectos Afines. Estudio y pruebas y análisis de resistencias de materiales de acuerdo al diseño elegido. Construcción de Chasis. Talleres del Sena especializados en Construcción y Soldada

El Diseño y Montaje Suspensión Delantera y Trasera, Diseño y Montaje del Conjunto de dirección Tipo Mecánico, Diseño y Montaje de Sillas del Vehículo

Finalmente, con el presente proyecto, se evaluó los fundamentos conceptuales de los sistemas de suspensión actuales basados en el comportamiento físico de dicho sistema para alcanzar control del vehículo y confort de los ocupantes del mismo. Para concluir, se analizó la geometría y comportamiento de los diferentes sistemas que se han desarrollado en aplicación automotriz. Por otra parte, el sistema, debido a la aplicación del vehículo, genero una configuración poco usual con excelentes prestaciones en la absorción de irregularidades del piso con referencia a las masas suspendidas del automotor.

Referencias

- Arsuaga, P. (2012). Vehículos Eléctricos y Redes para su Recarga. Madrid, RA-MA (10-20), editorial, 2012, ISBN 978-84-9964-005-1
- Hermenegildo, (2009). El Bastidor de los Vehículos Automóviles, 69, Recuperado de: www.ingemecanica.com, Fecha de acceso: veinte de abril de dos mil ocho.
- Hernández, M., Jesús, J., Pérez, Belló., Ángel, M. (2009). Sistemas de seguridad y confortabilidad. Madrid: Macmillan, (1-2), Iberia, S.A.
- Ramos, A., Carmen, M. (2012) Reparación en bancada (MF0125_2). Málaga, ES: IC Editorial, (3-10), 2012.