

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ
INGENIERÍA MECÁNICA

REPORTE DE RESIDENCIA PROFESIONAL

TÍTULO DEL PROYECTO:

DISEÑO ESTRUCTURAL DE VEHÍCULO ELÉCTRICO PARA TRANSPORTE PÚBLICO
DE INVEMEX (INDUSTRIA DE VEHÍCULOS ECOLOGICOS DE MÉXICO)

PRESENTA:

BRENDA YESENIA LÓPEZ BALCAZAR

ASESOR INTERNO:

M.C. LUIS ALBERTO MORALES ALIAS

ASESOR EXTERNO:

ING. ARISTÓTELES AQUINO GUTIÉRREZ
Director general

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, a 23 de Enero del 2017

ÍNDICE

OBJETIVOS	5
JUSTIFICACIÓN	6
CAPÍTULO 1. GENERALIDADES	7
1.1 Planteamiento del problema.....	7
1.2 Caracterización del área	7
1.3 Alcance.....	8
1.4 Limitaciones.....	8
CAPÍTULO 2. FUNDAMENTO TEÓRICO	9
2.1 Marco conceptual	9
2.1.1 El diseño	9
2.1.2 Herramientas del diseño	11
2.2 Marco Contextual.....	16
2.2.1 Vehículos	16
2.2.2 Estructura de vehículos.....	18
CAPÍTULO 3. MODELADO DE COMPONENTES COMERCIALES	24
3.1 Aspectos importantes a considerar	28
3.1.1 Baterías	28
3.1.2 Motor eléctrico	29
3.1.3 Suspensión neumática y amortiguador	29
3.1.4 Compresor.....	29
3.1.5 Eje trasero y neumático.....	30
3.2 Restricciones geométricas	30
CAPÍTULO 4. MODELADO DE LA ESTRUCTURA MEDIANTE SOLIDWORKS	32
4.1 Boceto del vehículo	32
4.2 Diseño de la estructura	32
4.2.1 Sub-chasis trasero.....	33
4.2.2 Sub-chasis delantero	33
.....	37
CAPÍTULO 5. SIMULACIÓN Y ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA	38
CAPÍTULO 6. OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA	43
CONCLUSIÓN	45

ANEXOS	46
ANEXO 1	46
ANEXO 2	48
REFERENCIAS	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fases del proceso de diseño que reconocen múltiples retroalimentaciones e iteraciones.	9
Figura 2 Proceso de discretización de superficies continuas.....	12
Figura 3 Nodos y elementos.....	13
Figura 4 (a) Estructura articulada, (b) estructura reticulada	15
Figura 5 Mazda K360 (Categoría L)	17
Figura 6 Minibús (Categoría M2)	17
Figura 7 Esfuerzos de deformación que sufre la carrocería.....	18
Figura 8 El bastidor independiente es comúnmente usado en vehículos todoterreno y camiones pesados.	19
Figura 9 Bastidor de plataforma.....	20
Figura 10 Bastidor en escalera.....	21
Figura 11 Bastidor en columna.	22
Figura 12 Bastidor perimétrico y sus componentes.....	22
Figura 13 Bastidor tubular.....	23
Figura 14 Modelado de componentes.....	30
Figura 15 Vista lateral del vehículo.....	31
Figura 16 Diseño preliminar del vehículo.	32
Figura 17 Partes que conforman la estructura del vehículo.	32
Figura 18 Modelado del sub-chasis trasero.	33
Figura 19 Diseño del sub-chasis delantero.	34
Figura 20 Refuerzo de piso.....	34
Figura 21 Medidas antropométricas según la SEMAC.....	35
Figura 22 Vista lateral del vehículo.	35
Figura 23 Asiento de pasajeros.	36
Figura 24 Barras de unión de laterales.....	36
Figura 25 Vista isométrica del techo del vehículo.....	37
Figura 26 Distribución de fuerzas en la estructura.....	39
Figura 27 Nodos generados en Solidworks.	40
Figura 28 Restricciones fijas del vehículo.	40
Figura 29 Mallado de toda la estructura.	41
Figura 30 Distribución de esfuerzos.	42
Figura 31 Valores destacados de la simulación.....	42
Figura 32 Puente diseñado con armadura simple.	43
Figura 33 Habitáculo de baterías y asiento de pasajeros modificados con una estructura tipo armadura.....	43
Figura 34 Valores de los puntos destacados en la primera simulación del capítulo 5.	44

OBJETIVOS

General

Diseñar la estructura de un vehículo eléctrico para transporte público mediante análisis de elemento finito en SolidWorks para la empresa INVEMEX.

Específicos

- ◆ Modelar mediante Solidworks la estructura en base a los componentes comerciales que integran el vehículo.
- ◆ Analizar la estructura mediante el MEF.
- ◆ Optimizar la estructura basado en los resultados obtenidos.
- ◆ Elaborar planos de fabricación.

JUSTIFICACIÓN

El actual modelo de transporte urbano presenta la siguiente situación:

- ◆ El transporte es el sector de actividad con mayor consumo energético.
- ◆ El 25% de las emisiones de efecto invernadero son debidas al transporte.
- ◆ Los derivados del petróleo suponen la mayor parte de las fuentes energéticas empleadas.
- ◆ Alto índice de contaminación y riesgos para la salud pública.

El 99% de la energía consumida en el transporte se cubre con derivados del petróleo, lo que supone una dependencia extrema de fuentes de energía importadas. Debido a esta situación de consumo energético surgen problemas como: inseguridad del abastecimiento del petróleo, los altos precios, los conflictos militares, las emisiones de CO₂, la contaminación atmosférica y el ruido.

Todo transporte que usa un motor de combustión interna es gran portador de dióxido de carbono a la atmosfera, afectando no solo al planeta, sino también a las personas que la habitamos, según la SEMARNAT los contaminantes del aire están asociados con: muerte prematura, cáncer, bronquitis crónica, exacerbación del asma, tos crónica y otros problemas respiratorios, cambios en la función pulmonar y envejecimiento prematuro de los pulmones.

En busca de solucionar la situación mencionada, INVEMEX ha optado por crear un vehículo de transporte 100% ecológico haciendo uso de la energía eléctrica, reduciendo la contaminación ambiental y los problemas de salud que puede causar las emisiones de CO₂, sin dejar de usar el transporte que es de vital importancia para poder trasladarse a diferentes lugares dentro de una ciudad de forma rápida y económica.

Este vehículo proporcionará un servicio de taxi en la ciudad, beneficiando al dueño del transporte que no tendrá la necesidad de comprar gasolina diariamente sino únicamente recargar las baterías en la toma de corriente de casa.

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES

1.1 Planteamiento del problema

INVEMEX es una empresa que diseña, fabrica y comercializa vehículos ligeros, ecológicos, cómodos para diversos usos, de bajo costo, que contribuye a desarrollar un sistema público de transporte; esto conlleva a la innovación y mejora de estos vehículos a beneficio de los usuarios y la misma empresa. Actualmente en INVEMEX surge la necesidad de crear un vehículo de transporte eléctrico de pasajeros, ligero y capaz de desplazarse con mayor velocidad, así también debe brindar mayor comodidad para el usuario con el uso de suspensiones neumáticas.

Para la empresa es de gran importancia el impacto ambiental que pueden causar el uso de vehículos eléctricos, y como consecuencia hace uso de las energías renovables.

El conjunto de componentes mecánicos y electrónicos del vehículo necesita una estructura resistente que sea capaz de soportar el peso de estos, además de soportar las fuerzas externas aerodinámicas o de tracción ocasionadas al acelerar o frenar el vehículo.

Es necesario un diseño adecuado tomando en cuenta que los motores eléctricos no tienen mucha potencia, por ello la estructura debe ser ligera para alcanzar su máxima velocidad y aprovechar así la eficiencia del motor eléctrico.

1.2 Caracterización del área

INVEMEX es una empresa social chiapaneca que diseña, fabrica y comercializa vehículos ligeros, ecológicos, con alta eficiencia energética, cero niveles de contaminantes, cómoda, de bajo costo, con un mínimo de mantenimiento, que contribuye a desarrollar un sistema público de transporte popular innovadores, seguro y vanguardista.

El primer prototipo de la unidad con motor eléctrico se diseñó y construyó a finales del 2009, fecha que se les presenta a las autoridades del transporte federal, quien emite una opinión técnica positiva al proyecto.

Esta empresa aspira a ser líder en el mercado de los vehículos ligeros, ecológicos, diseñados con altos estándares de calidad y confort, para la satisfacción del usuario, y con un reconocimiento a nivel internacional.

La empresa se divide en tres áreas: comercialización, producción y administración. Este proyecto se lleva a cabo dentro del área de producción que se subdivide en: ensamblado, diseño y mercadotecnia y producción.

Dentro del área de producción, el diseño y rediseño juega un papel muy importante para la creación e innovación de los vehículos.

1.3 Alcance

El diseño de la estructura será realizado en el programa CAD SolidWorks a través de un análisis estático con Solidworks Simulation. Durante el diseño se hará también la selección de los materiales adecuados considerando minimizar costos para beneficiar a los consumidores del producto y la empresa. Además se obtendrá los planos de producción para la posterior construcción de prototipo.

1.4 Limitaciones

La construcción del vehículo se llevará a cabo de acuerdo a los tiempos que maneje la empresa a su propia conveniencia.

CAPÍTULO 2. FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 Marco conceptual

2.1.1 El diseño

Diseñar es formular un plan para satisfacer una necesidad específica o resolver un problema. Si el plan resulta en la creación de algo físicamente real, entonces el producto debe ser funcional, seguro, confiable, competitivo, útil, que pueda fabricarse y comercializarse. El diseño es un proceso innovador y altamente iterativo.

El proceso de diseño, de principio a fin, que a menudo se bosqueja como muestra la figura 1. Comienza con la identificación de una necesidad y la decisión de hacer algo al respecto. Después de muchas iteraciones, termina con la presentación de los planes para satisfacer la necesidad. De acuerdo con la naturaleza de la tarea de diseño, algunas fases de éste pueden repetirse durante la vida del producto, desde la concepción hasta la terminación.

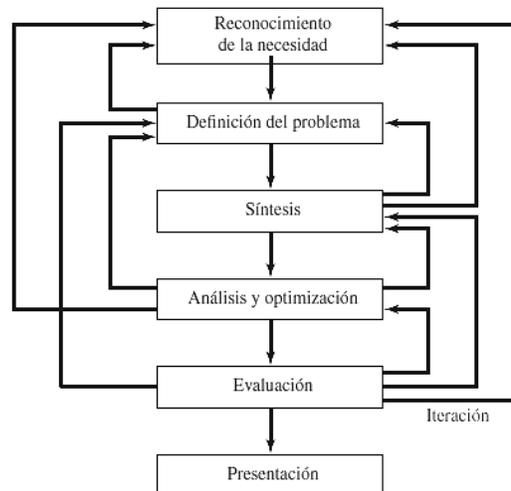


Figura 1. Fases del proceso de diseño que reconocen múltiples retroalimentaciones e iteraciones.

Para el diseño mecánico se toman en cuenta consideraciones de diseño que involucran de manera directa alguna característica que influye en el diseño del elemento, o tal vez en todo el sistema. A menudo se deben considerar esas características en una situación de diseño dada. Entre las más importantes se pueden mencionar (no necesariamente en orden de importancia):

1. Funcionalidad
2. Resistencia/esfuerzo
3. Distorsión/deflexión/rigidez
4. Desgaste
5. Corrosión
6. Seguridad
7. Confiabilidad
8. Manufacturabilidad
9. Utilidad
10. Costo
11. Fricción
12. Peso
13. Vida
14. Ruido
15. Estilo
16. Forma
17. Tamaño
18. Control
19. Propiedades térmicas
20. Superficie
21. Lubricación
22. Comercialización
23. Mantenimiento
24. Volumen
25. Responsabilidad legal
26. Capacidad de reciclado /recuperación de recursos

Algunas de estas propiedades se relacionan de manera directa con las dimensiones, el material, el procesamiento y la unión de los elementos del sistema. Algunas características pueden estar interrelacionadas, lo que afecta la configuración del sistema total.

2.1.2 Herramientas del diseño

Solidworks

SolidWorks es un software CAD (Diseño Asistido por Computadora) para modelado mecánico en 3D, desarrollado en la actualidad por SolidWorks Corp., una filial de Dassault Systèmes, S.A. (Suresnes, Francia).

El programa permite modelar piezas y conjuntos y extraer de ellos tanto planos técnicos como otro tipo de información necesaria para la producción. Es un programa que funciona con base en las nuevas técnicas de modelado con sistemas CAD. El proceso consiste en traspasar la idea mental del diseñador al sistema CAD, "construyendo virtualmente" la pieza o conjunto. Posteriormente todas las extracciones (planos y ficheros de intercambio) se realizan de manera automatizada.

SolidWorks cuenta con varios paquetes de simulación: Simulation Premium, Flow Simulation, Plastics y Sustainability. De los cuales para el presente proyecto se utilizó Simulation Premium integrado en el CAD 3D de SolidWorks que permite realizar una simulación estructural de las piezas y ensamblajes mediante el análisis por elementos finitos (MEF) abarcando una amplia gama de problemas (desde el rendimiento de una pieza con una carga constante hasta el análisis de tensión de un ensamblaje en movimiento con carga dinámica).

Método de los elementos finitos

El análisis por elementos finitos, es un método numérico para la aproximación de soluciones de ecuaciones diferenciales, empleado comúnmente en ingeniería para la resolución de problemas relacionados con la mecánica de sólidos, la transferencia de calor, la dinámica de fluidos, el transporte de masa, entre otros.

En la ingeniería moderna, el método de los elementos finitos (MEF), se convierte en una poderosa herramienta de ayuda para el diseño, la cual le facilita la labor de cálculo, análisis y toma de decisiones, especialmente cuando se estudian geometrías complejas o situaciones de cargas gobernadas por una formulación matemática que resulta compleja y difícil de resolver de forma analítica.

En la etapa inicial del método, se asigna la información física al modelo, es decir las propiedades del material, las cargas aplicadas, las condiciones de contorno, entre otras, que permitan la descripción total del componente original en el entorno que se procura simular. Sin embargo, para realizar la asignación de estos parámetros, primero se deberá preparar la superficie original, dividiendo ésta en elementos más pequeños. A este proceso se le conoce como mallado.

La generación de la malla es el proceso en el cual se efectúa la discretización del modelo pasando este de un dominio continuo, en el que se tienen infinitos puntos e infinitos grados de libertad, a uno finito, con finitos puntos y grados de libertad, como se muestra en la Figura 2 consiguiendo de esta manera que el número de ecuaciones a resolver se reduzca y por consiguiente, el tiempo de solución del sistema general.

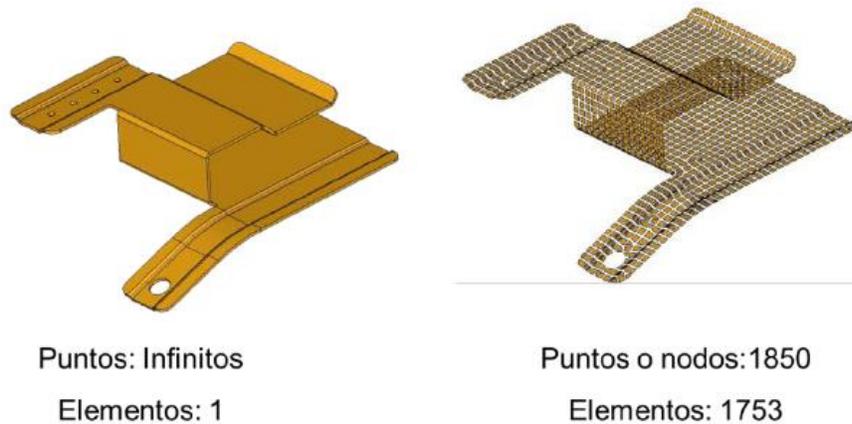


Figura 2 Proceso de discretización de superficies continuas.

La malla está conformada por un determinado número de elementos (finitos), logrados estos mediante la discretización de un componente. Cada elemento representa una pequeña porción o superficie, la cual se ha de comportar como un volumen de control

independiente y que se puede ver afectado por la interacción con otros elementos vecinos y/o por las condiciones de frontera del cuerpo estudiado. Cada elemento interactúa con su par a través de sus nodos en común. Los nodos son los puntos de conexión entre dos o más elementos, en ellos son calculados los desplazamientos puntuales, para posteriormente calcular esfuerzos y deformaciones que serán interpolados a todo el conjunto de elementos que conforman el cuerpo original sujeto al análisis.

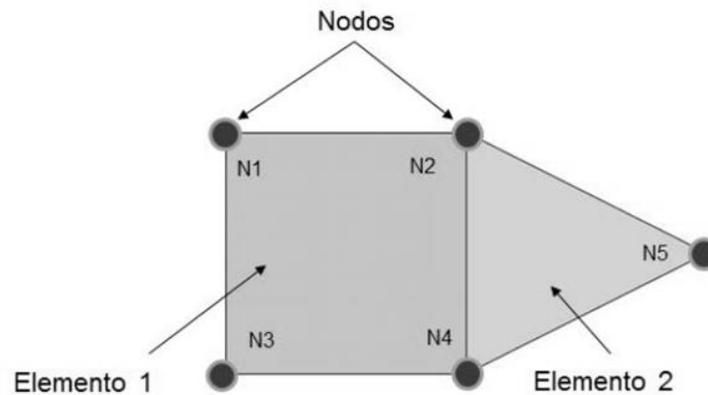


Figura 3 Nodos y elementos.

En el análisis por el MEF se conoce como etapa de procesamiento a la fase donde son realizados los cálculos computacionales para dar solución a la situación de fuerzas y restricciones del modelo, mediante la resolución de los sistemas de ecuaciones diferenciales y algebraicas que rigen el problema.

Las ventajas que ofrece la utilización del método de los elementos finitos se centran fundamentalmente en los siguientes aspectos:

- ♦ Posibilidad de determinar procesos de carga invisibles (transmisión de fuerzas, concentraciones de esfuerzos) en estructuras complicadas (como es el caso de la carrocería).
- ♦ Calcular variables como: grueso de chapa, refuerzos, materiales, etc.
- ♦ Posibilidad de incorporar materiales compuestos.

Por el contrario, entre las limitaciones que presenta la utilización de este método pueden citarse:

- ♦ La exactitud depende del tipo de elemento, de su número y de su distribución en la estructura.
- ♦ Las variaciones entre el grueso de la chapa calculado y el real, una vez laminada y embutida, debido a la anisotropía de los distintos materiales.
- ♦ Dificultad para estimar exactamente las uniones soldadas.

En la tabla 1 se brinda un resumen de las distintas clasificaciones de los elementos finitos.

Tabla 1 Clasificaciones del método de los elementos finitos.

Forma del Elemento.	Elemento estructural	Dimensión	DOF por nodo.	Formulación base.	Tipo de Elemento *	Denominación.
Lineal	Barra	2 D	u, v	Desplazamientos	Tipo - h Tipo - p	TRUSS o LINK
		3 D	u, v, w	Desplazamiento / deformación transversal	-----	
	Viga	2 D	u, v, R _x	Desplazamientos	Tipo - h Tipo - p	BEAM
		3 D	u, v, w, R _x , R _y , R _z	Desplazamiento / deformac. transversal	-----	
Sólido Plano	Estado tensional plano	2 D	u, v	Desplazamientos / presión	Tipo - h Tipo - p	PLANE o SOLID 2D
	Estado deformativo plano	2 D	u, v		-----	
Axisimétrico	Sólido plano	2 D	u, v, w	Desplazamientos	Tipo - h	SOLID 2D o PLANE
	Lámina	2 D	u, v, w, R _x	Desplazamientos o Desplazamiento transv. / deformac. transversal	-----	
Sólido Volumétrico.	Espacial	3 D	u, v, w, R _x , R _y , R _z	Desplazamientos / presión	Tipo - h Tipo - p	SOLID 3D
Láminas	Bóvedas de paredes delgadas	3 D	u, v, w	Desplazamientos.	Tipo - h	SHELL
	Bóvedas de paredes gruesas.	3 D	u, v, w	Desplazamientos o Desplazamiento transv. / deformac. transversal	-----	
	Placa a flexión paredes delgada	3 D	u, v, w, R _x , R _x , R _y	Desplazamientos	Tipo - h Tipo - p	
	Placa a flexión paredes gruesa	3 D	u, v, w, R _x , R _x , R _y	Desplazamientos o Desplazamiento transv. / deformac. transversal	-----	

Análisis de estructuras

El análisis de estructuras tiene, pues, como objetivo fundamental determinar la respuesta de las estructuras cuando estas se ven sometidas a las diferentes acciones que deben soportar durante su construcción y vida útil. Por “respuesta estructural” se entiende, básicamente, la determinación de los estados de tensión y deformación a los que la estructura va a estar sometida por efecto de los diferentes estado de carga que se consideran. La determinación de los estados de tensión es necesaria de cara a satisfacer los criterios de resistencia que establecen las correspondientes normativas y los usos de buena práctica para garantizar la seguridad de las estructuras. Por su parte la determinación de los estados de deformación suele ser necesaria para satisfacer los criterios de rigidez, que están a menudo ligados a requisitos de funcionalidad.

Las diferentes piezas que forman una estructura de barras pueden estar unidas entre sí mediante nudos articulados, que impiden los desplazamientos relativos entre las distintas barras concurrentes en él, pero permiten el giro relativo, o nudos rígidos, que no permiten ni los desplazamientos ni el giro relativo.

Se llama *estructura articulada* a una estructura formada por piezas prismáticas unidas entre sí mediante articulaciones (ver figura 4 a). Dado que los enlaces articulados no permiten transmitir momentos flectores de unas piezas a otras, es fácil deducir que las barras de una estructura articulada trabajan básicamente a esfuerzo axial, ya que la única flexión a la que pueden estar sometidas es la debida a las cargas transversales que actúen directamente sobre ellas. Resolver una estructura articulada implica determinar el valor de los esfuerzos axiales que actúan sobre las diferentes barras.

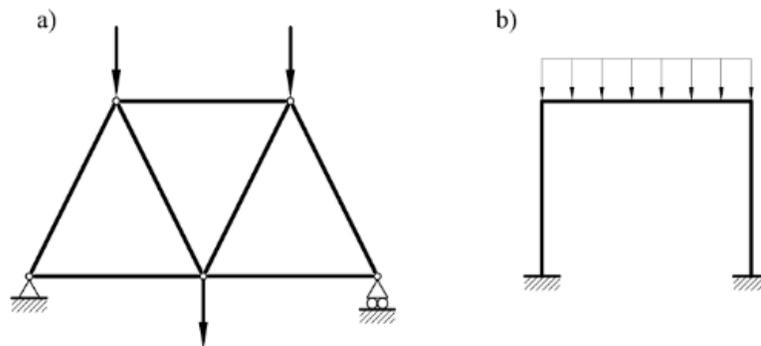


Figura 4 (a) Estructura articulada, (b) estructura reticulada

Se llama *estructura reticulada* (ver figura 4 b) a una estructura formada por piezas prismáticas unidas entre sí mediante nudos rígidos. Puesto que los nudos rígidos si transmiten los momentos de una barra a otra, las piezas de una estructura reticulada trabajan fundamentalmente a flexión y, en su caso también a torsión. Resolver una estructura reticulada implica, por tanto, determinar las leyes de momentos flectores, esfuerzos cortantes, esfuerzos axiales y, en su caso, momentos torsores que actúan sobre las diferentes barras.

2.2 Marco Contextual

2.2.1 Vehículos

Legalmente, el Real Decreto¹ 1457/1986, define los vehículos automóviles en el artículo 1:

<<Artefacto o aparato capaz de circular por las vías públicas que, dotado de medios de propulsión mecánica propios e independientes del exterior, circula sin railes, destinado tanto al transporte de personas como de cosas o mercancías, así como al arrastre de otros vehículos. A efectos de este Real Decreto, se entenderán incluidos así mismo las motocicletas, ciclomotores, remolques y vehículos articulados definidos en el Código de Circulación. >>

Categoría y tipos de vehículos

Según el Real decreto 750/2010:

- ◆ Categoría M: Vehículos de motor concebidos y fabricados para el transporte de personas y su equipaje.(Figura 6)
- ◆ Categoría N: Vehículos de motor concebidos y fabricados para el transporte de mercancías.
- ◆ Categoría O: Remolques concebidos y fabricados para el transporte de mercancías o de personas, así como para alojar personas.

¹ Un real decreto es una norma que emana del Gobierno y que éste puede aprobar tras un Consejo de Ministros.

- ◆ Categoría L: Vehículos a motor con menos de cuatro ruedas. (Figura 5)
- ◆ Categoría T: Tractores agrícolas o forestales.



Figura 6 Minibús (Categoría M2)



Figura 5 Mazda K360 (Categoría L)

En la actualidad se están incorporando al mercado de vehículos eléctricos e híbridos cuya configuración adopta las distintas categorías. La diferencia en estos vehículos está en la mecánica, no en su estructura.

Vehículo eléctrico

Los vehículos eléctricos se propulsan total o parcialmente por un motor eléctrico alimentado por baterías que se recargan a través de una toma de corriente. Su utilización presenta ventajas desde el punto de vista medioambiental, ya que permite disminuir el nivel de emisiones de CO₂ a la atmósfera. Se pueden clasificar de la siguiente manera:

- ◆ Vehículos híbridos eléctricos. Estos equipan un motor de combustión interna y un motor eléctrico de imán permanente.
- ◆ Vehículos híbridos enchufables. Combina un motor de combustión interna (MCI) con una batería y un motor eléctrico.
- ◆ Vehículos 100% eléctricos. Estos vehículos están propulsados únicamente por un motor eléctrico. . La fuente de energía proviene de la electricidad almacenada en la batería que se debe cargar a través de la red.

La estructura a diseñar es para un vehículo 100% eléctrico.

2.2.2 Estructura de vehículos

Las carrocerías se diseñan tomando como base una estructura resistente suficientemente capaz de evitar las deformaciones producto de los siguientes esfuerzos estructurales:

- ♦ De tracción, provocadas en la marcha del vehículo, sobre todo en las aceleraciones y frenadas.
- ♦ De flexión, provocadas por el peso total soportado.
- ♦ De torsión, provocados por el desplazamiento vertical de los ejes cuando el firme es irregular.
- ♦ De cizalladura, provocados sobre todo por impactos frontales y traseros sobre las ruedas.

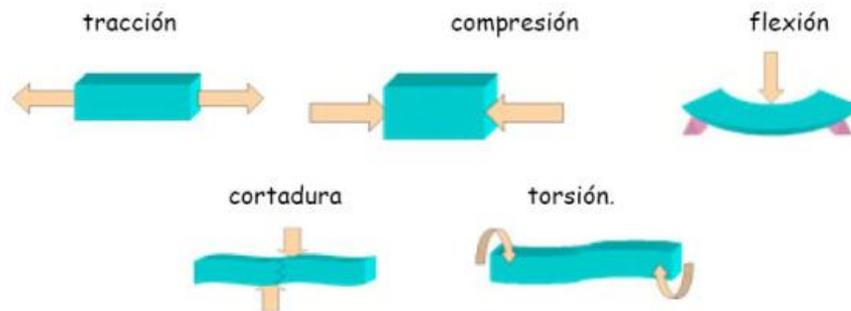


Figura 7 Esfuerzos de deformación que sufre la carrocería.

Los vehículos actuales están diseñados para que se deformen lo máximo posible, conectando todos los elementos de la estructura para que se transmitan el movimiento de unos a otros. A continuación se presenta una clasificación de bastidores para vehículos en general.

1. Bastidor independiente

El bastidor es por tanto una estructura constituida por un armazón de vigas o largueros usualmente de acero a lo largo del vehículo, unidas mediante travesaños soldados, atornillados o remachados, dispuestos transversal o diagonalmente.

El elemento así formado posee una elevada resistencia y rigidez, constituyendo la base o bastidor sobre el que se montan los órganos mecánicos y la carrocería, por lo que recibe y absorbe todos los esfuerzos de flexión y torsión derivados del normal funcionamiento del motor y la marcha del vehículo.



Figura 8 El bastidor independiente es comúnmente usado en vehículos todoterreno y camiones pesados.

La carrocería constituye la envoltura externa del vehículo y carece de funciones de resistencia. La carrocería se atornilla al bastidor a través de unas juntas de caucho quedando perfectamente fijada.

El sistema de carrocería y chasis independientes presenta una serie de ventajas:

- Gran resistencia, permitiendo transportar cargas elevadas.
- Elevada rigidez para poder soportar grandes cargas estáticas y dinámicas.

2. Bastidor plataforma

La plataforma portante está constituida por un chasis aligerado formado por la unión, mediante soldadura por puntos, de varias chapas que forman una base fuerte y sirve a la vez de soporte de las partes mecánicas y posteriormente de la carrocería.

La carrocería puede unirse a la plataforma mediante dos técnicas:

- Atornillada a la plataforma.
- Mediante soldadura por puntos o remaches.

3. Bastidor plataforma

La plataforma portante está constituida por un chasis aligerado formado por la unión, mediante soldadura por puntos, de varias chapas que forman una base fuerte y sirve a la vez de soporte de las partes mecánicas y posteriormente de la carrocería.

La carrocería puede unirse a la plataforma mediante dos técnicas:

- Atornillada a la plataforma.
- Mediante soldadura por puntos o remaches.

Debido a la elevada rigidez que proporciona la plataforma, la estructura de la carrocería puede ser más ligera y además llevar numerosos elementos desmontables.

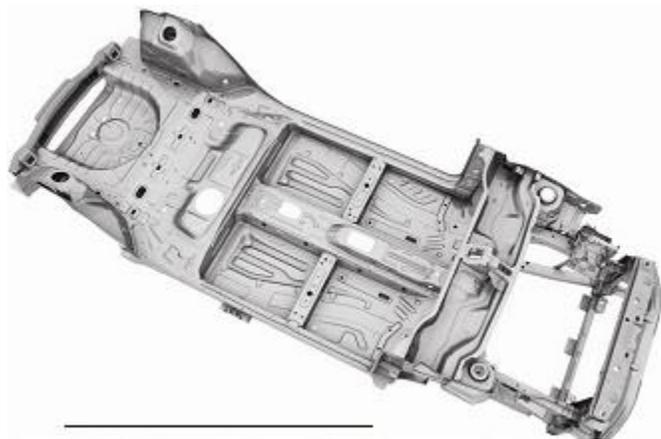


Figura 9 Bastidor de plataforma.

4. Carrocería autoportante

Toda la estructura del vehículo forma parte esencial del bastidor. Se construye una caja resistente que se soporta a sí misma y a los elementos mecánicos que se fijan sobre ella.

Este sistema constructivo tiene una serie de ventajas frente a lo demás:

- Dota al vehículo de una gran ligereza, estabilidad y rigidez.
- Facilita la fabricación en serie, por lo que son más económicas.
- Tienen un centro de gravedad más bajo por lo que mejora la estabilidad de marcha del vehículo.
- Disminución de vibraciones y ruidos, proporcionando confort a los ocupantes del vehículo.

Los bastidores suelen diseñarse con diferentes formas y geometría, en función de diversas sollicitaciones como resistencia, distribución especial de carga, flexiones y torsiones elevadas, etc. A continuación se presenta las diferentes formas de los bastidores:

- En escalera. (o en H)

Consiste en dos largueros laterales de chapa laminada con perfil cajado o en C, paralelos o no, unidos mediante una serie de travesaños. En su día fue uno de los más utilizados, aunque en la actualidad solo se usa en camiones y furgones ligeros, debido a su gran solidez.



Figura 10 Bastidor en escalera

- En columna (o en X)

Este bastidor se estrecha por el centro, proporcionando al vehículo una estructura rígida, diseñada para contrarrestar los puntos de torsión elevada. El travesaño delantero es muy robusto para servir de fijación a los anclajes de las suspensiones delanteras.



Figura 11 Bastidor en columna.

- Perimétrico

En este tipo de bastidor, los largueros soportan la carrocería en la parte más ancha, ofreciendo mayor protección en caso de impacto lateral. Presentan una configuración escalonada detrás y delante de las ruedas delanteras y traseras, respectivamente, para formar una estructura de caja de torsión, que en caso de impacto frontal, absorbe gran parte de la energía generada.

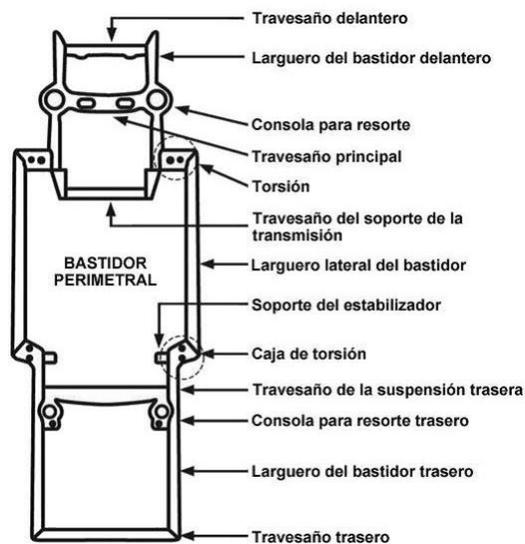


Figura 12 Bastidor perimétrico y sus componentes.

- Tubular

Este tipo de bastidor nace de la necesidad de obtener estructuras más ligeras y esbeltas. Son estructuras tipo celosía, dando lugar a un conjunto muy rígido y ligero.



Figura 13 Bastidor tubular.

CAPÍTULO 3. MODELADO DE COMPONENTES COMERCIALES

La estructura de los vehículos que se fabrican en la empresa es de tipo tubular debido a que se desea que sean ligeros, pero al mismo tiempo deben de ser rígidos. La soldadura dota a la estructura de rigidez, la hace poco pesada y capaz de resistir los esfuerzos debidos a la conducción (aceleración, deceleración, trazado de curvas, etc.), el propio peso del vehículo (equipaje, pasajeros, etc.) o la energía de deformación en caso de accidente.

La empresa proporcionó la información necesaria de los componentes principales que integran el vehículo a diseñar para poder realizar el modelado mediante SolidWorks, en la tabla 2 se detalla una breve descripción de cada uno de ellos, de lado izquierdo se aprecia la imagen real y el lado derecho el modelado en Solidworks.

Tabla 2 Descripción de los componentes comerciales del vehículo eléctrico.

Eje trasero	
Marca: DALIYUAN Nº. de serie: 17-27-201409-1232 Dimensiones: 1000+70+70mm Descripción: Eje trasero para dos velocidades con freno de disco	
	

Neumáticos traseros

Marca:

N°. de serie:

Dimensiones: 4.5-12 in

Descripción: Dos neumáticos traseros con carga máx. 415 kg y presión máx. 400 kPa



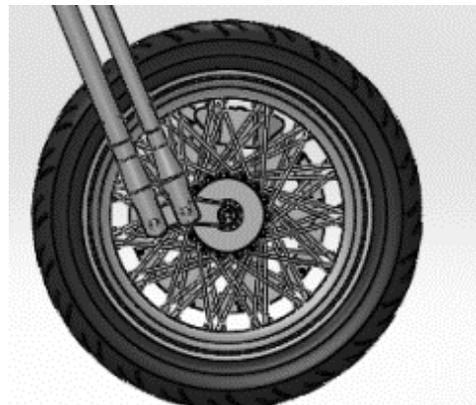
Neumático delantero

Marca:

N°. de serie:

Dimensiones: 3.25-16 in

Descripción: Un neumático delantero con carga máx. 218 kg y presión máx. 280 kPa



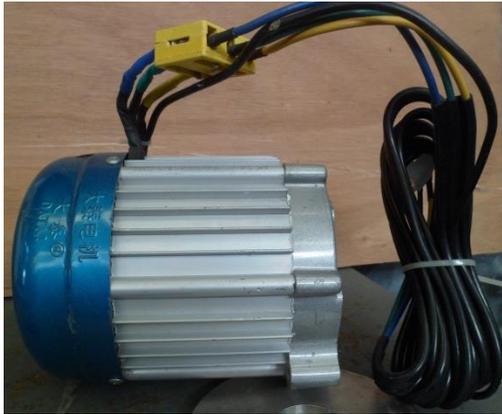
Motor eléctrico

Marca: DATAI

N°. de serie: DT-7.5-3-60V1500W201410-5368

Dimensiones: 170mm de diámetro
210mm de longitud

Descripción: Motor eléctrico de dos velocidades con 60V, 1500W y 3500 RPM



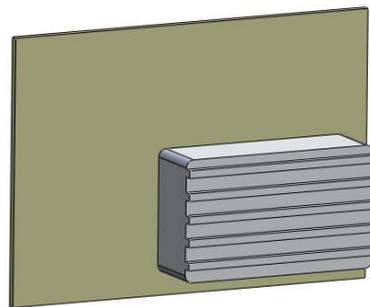
Controlador

Marca: DATAI

N°. de serie:

Dimensiones: 265x160x80mm

Descripción: Controlador para motor eléctrico de dos velocidades con 60V, 1500W y 3500 RPM.



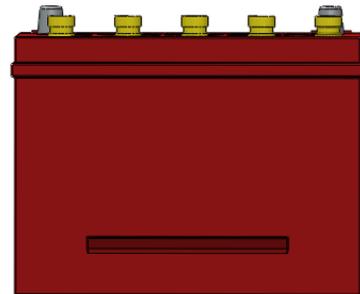
Baterías

Marca: TROJAN T-1275PLUS

N°. de serie: JH036CD0291

Dimensiones: 265x160x80mm

Descripción: 5 Baterías de plomo ácido
De 12 V, 150 AH, 20 Hr



Compresor

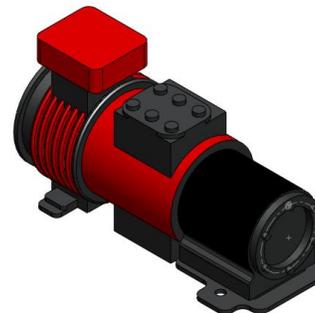
Marca: Wincar

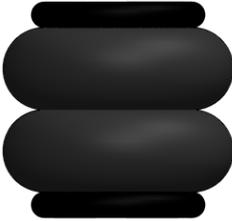
Modelo: W2026

N°. de serie: WIN001

Dimensiones: 330x150x230mm

Descripción: Compresor de aire portátil DC 12 V, 150 Psi Máx. Y 160 L/min



Suspensión neumática	
<p>Marca: VKNTECH</p> <p>Modelo: 2B6956</p> <p>N°. de serie: W01-358-6956</p> <p>Dimensiones: 31.5x31.5x22 cm</p> <p>Descripción: Suspensión de aire de doble cámara</p>	
	

Aunque el vehículo eléctrico pueda parecer semejante a uno de combustión en su aspecto exterior, sus componentes principales cambian, así como la ubicación de los mismos. Por ello es fundamental delimitar el espacio y ubicación de los distintos elementos para comenzar con el diseño.

3.1 Aspectos importantes a considerar

3.1.1 Baterías

Las baterías son componentes principales a tener en cuenta. La base que soporte las baterías debe ir reforzadas con una estructura que impida, en caso de accidente, que se deformen sus celdas o que al sufrir un impacto con cierta velocidad, la inercia acumulada, provoque que puedan salir disparadas hacia adelante, pudiendo dañar a los ocupantes del vehículo.

3.1.2 Motor eléctrico

El motor eléctrico del vehículo esta acoplado al eje diferencial trasero y debe estar protegido adecuadamente.

En los vehículos con motor de combustión interna, el motor se utiliza como elemento estructural, anclando en él partes del chasis. Sin embargo en el vehículo eléctrico de este proyecto no es la misma situación, pues debido a su tamaño y diseño no puede ser usado como elemento estructural.

3.1.3 Suspensión neumática y amortiguador

El sistema de suspensión neumática tiene como objetivo principal absorber las reacciones producidas en las ruedas debido a las irregularidades del terreno, trabajando al mismo tiempo en conjunto con el amortiguador hidráulico. El uso de este sistema asegura las siguientes ventajas al vehículo:

- Se adquiere estabilidad y direccionalidad del vehículo, permitiendo a sus ocupantes mayor seguridad en los desplazamientos.
- Disminuyen los impactos transmitidos a la estructura a través de los elementos de unión, a los cuales están sometidas las llantas al pasar estas sobre terrenos con irregularidades grandes.
- Alcanza el confort necesario para los pasajeros.
- Soporta carga y peso del vehículo.

3.1.4 Compresor

El compresor, elemento fundamental en el sistema de suspensión neumática, ha de ubicarse en un lugar donde pueda ser protegido de humedad e impactos a los que pueda estar sometido el vehículo, además de un lugar estratégico para no limitar el espacio de los ocupantes y equipaje.

3.1.5 Eje trasero y neumático

El eje trasero puede ser utilizado como elemento estructural al anclar partes del chasis a él.

Se requiere que para el fácil mantenimiento del motor, cambio de neumáticos o cualquier corrección mecánica, el eje diferencial pueda ser desmontado de forma fácil y rápida sin la necesidad de quitar la soldadura.

3.2 Restricciones geométricas

Con la información adquirida de la tabla 2 se ha modelado cada componente en SolidWorks, para que en base a la ubicación de estos elementos pueda construirse la estructura.

Con los elementos modelados es posible distribuirlos como se aprecia en la figura 14 basado en los modelos de vehículos con que la empresa cuenta, esto es en lo que respecta a la ubicación únicamente, sin embargo se requiere que el vehículo sea ligero y cómodo, según la necesidad de la empresa por lo que se procura obtener una estructura de poco peso respetando al mismo tiempo la rigidez y seguridad de los ocupantes. De esta manera se ha obtenido las medidas exteriores aproximadas.

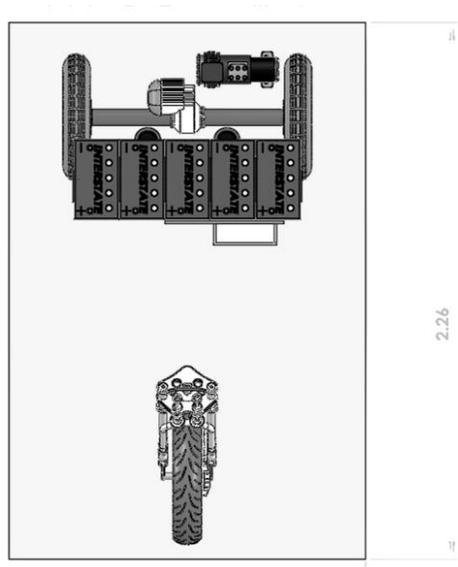


Figura 14 Modelado de componentes.

Debido a que el vehículo soportará cargas vivas que son las fuerzas variables dentro de un mismo ciclo, es difícil localizar el centro de gravedad. Sin embargo, con los elementos modelados en SolidWorks es posible distribuirlos de una manera aceptable como se aprecia en la figura 15, recordando además que el diseño está sujeto a cambios, a través del análisis y optimización de la estructura que se verá más adelante.

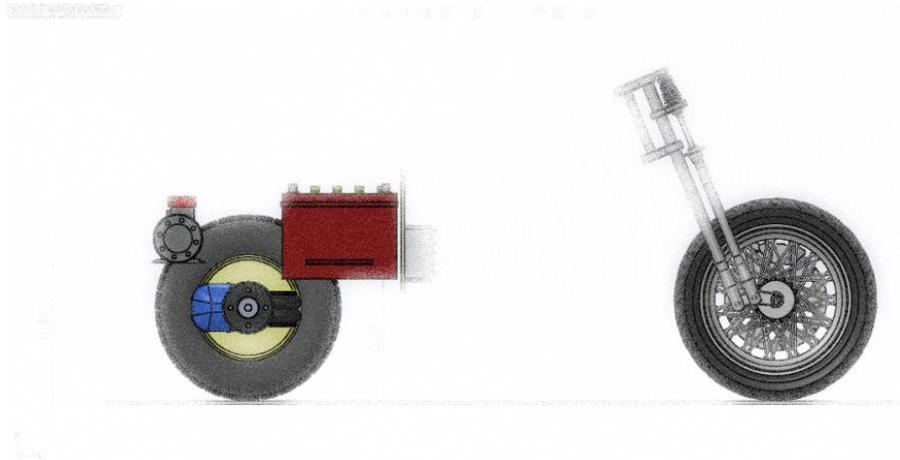


Figura 15 Vista lateral del vehículo.

CAPÍTULO 4. MODELADO DE LA ESTRUCTURA MEDIANTE SOLIDWORKS

4.1 Boceto del vehículo

Para el diseño de la estructura se realizó un boceto de la apariencia exterior del vehículo, con el propósito de que sea visiblemente agradable (Figura 16) y de esta forma comenzar a construir la estructura en base a ello.

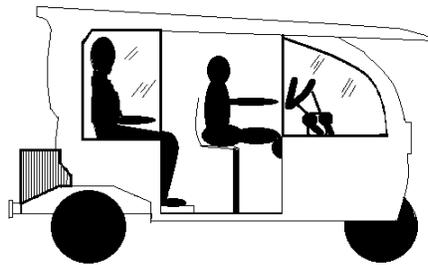


Figura 16 Diseño preliminar del vehículo.

4.2 Diseño de la estructura

Para facilitar el diseño se dividió la estructura como se muestra en la figura 17.

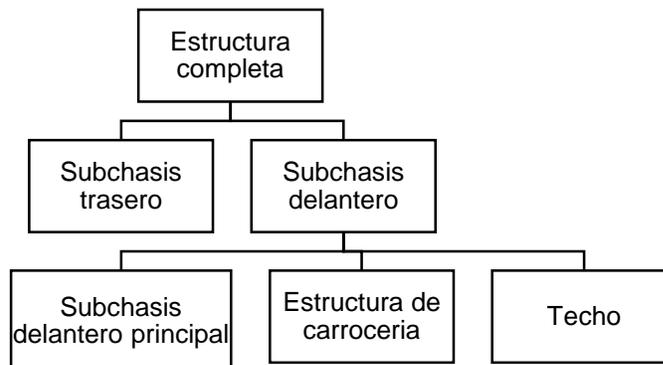


Figura 17 Partes que conforman la estructura del vehículo.

Se optó por dividir en dos partes toda la estructura, sub-chasis delantero y sub-chasis trasero, esto para facilitar el mantenimiento mecánico del vehículo.

4.2.1 Sub-chasis trasero

El sub-chasis trasero sostiene la mayor parte de los elementos que conforman el funcionamiento mecánico del vehículo, es decir, en lo que respecta a los elementos como: eje diferencial, motor, suspensión neumática, amortiguador.

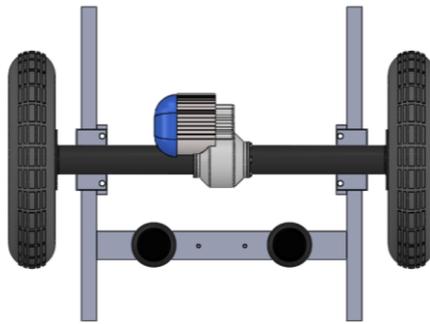


Figura 18 Modelado del sub-chasis trasero.

4.2.2 Sub-chasis delantero

Este elemento compone toda la estructura donde se plasmará la carrocería incluyendo el techo del vehículo. Sobre el sub-chasis delantero recae principalmente la carga viva que se da por ocupación y se le considerara como distribuida uniformemente en los respectivos elementos estructurales de la carrocería, estas cargas son aquellas que pueden cambiar de lugar y de magnitud. El sub-chasis delantero se compone de los elementos que se describen a continuación.

4.2.2.1 Sub-chasis delantero principal

El sub-chasis delantero principal es la parte que complementa el sub-chasis trasero, ambos unidos a través de un perno, siendo estos dos la parte principal de la estructura.

La empresa usa para la mayoría de sus vehículos el chasis tipo escalera con resultados positivos, por lo que se usó el mismo para este vehículo para dar mayor rigidez al transporte. Ver figura 19.

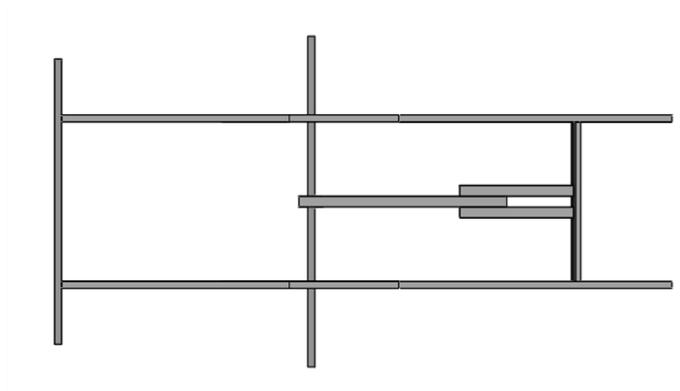


Figura 19 Diseño del sub-chasis delantero.

4.2.2.2 Refuerzo de piso

El refuerzo de piso esta compuesto por miembros estructurales donde se sujetará la lamina para el piso del vehiculo a travez de remaches. Este elemento sigue formando parte de la estructura que estará sometida a cargas vivas por los ocupantes que suban al vehículo o el equipaje de estos.

El refuerzo de piso se ha diseñado como se muestra a continuación dejando un espacio considerable para los pedales del vehiculo.

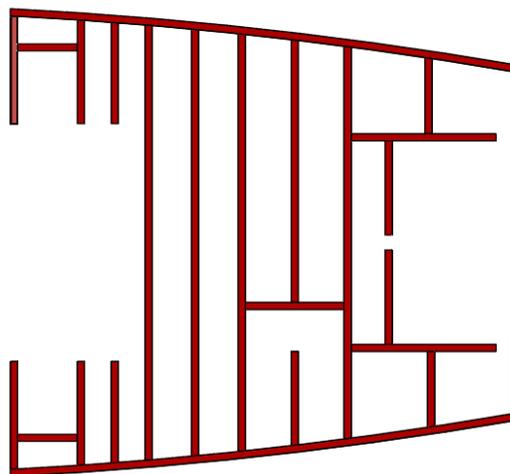


Figura 20 Refuerzo de piso.

4.2.2.3 Laterales y asiento de pasajeros

Para definir los espacios adecuados se ha modelado todos los componentes que integran el vehículo en Solidworks, además se ha considerado también las dimensiones promedio de una persona y las condiciones de ergonomía que son importantes para el diseño de vehículos, principalmente de pasajeros. Por ello, según el estudio realizado por la SEMAC (Sociedad de Ergonomistas de México A.C) se pueden obtener las medidas antropométricas para el diseño de la estructura lateral y el asiento de pasajeros.

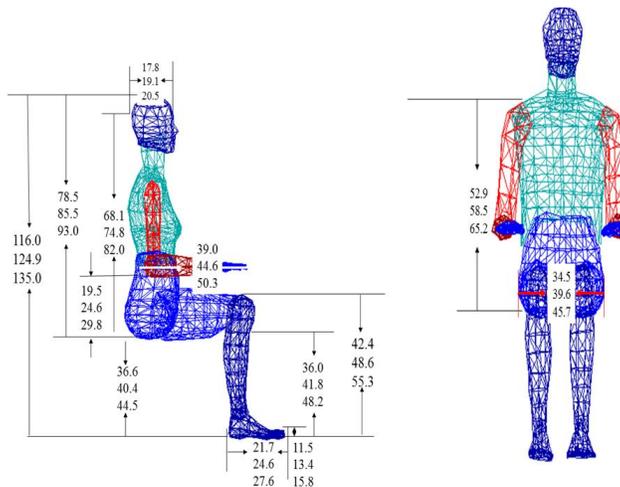


Figura 21 Medidas antropométricas según la SEMAC.

En la figura 21 se aprecian tres valores por cada cota de las dimensiones corporales de una persona, se tomaron los valores maximos para nuestro diseño, obteniendo la estructura lateral que se muestra en la figura 22.

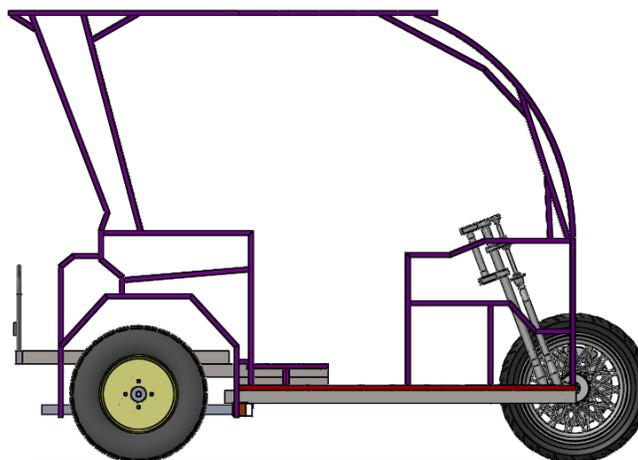


Figura 22 Vista lateral del vehículo.

Para el diseño del asiento de pasajeros se tienen los siguientes criterios:

- ♦ Las baterías estarán por debajo, por lo que el asiento de pasajeros será el habitáculo de baterías.
- ♦ El vehículo esta contemplado para 3 personas.

Cumpliendo con los criterios mencionados se obtuvo el diseño mostrado en la figura 23.

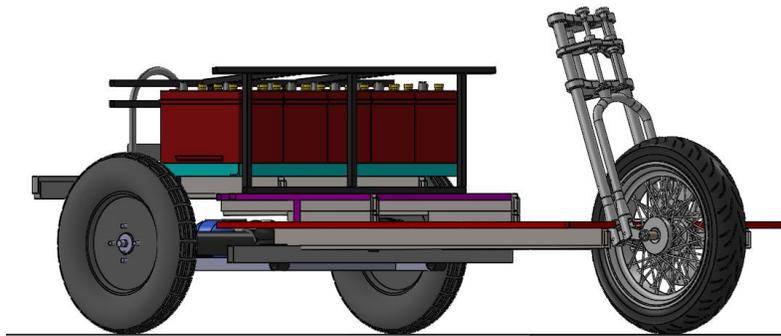


Figura 23 Asiento de pasajeros.

4.2.2.4 Barras de unión de laterales

Estas barras o miembros estructurales mantendrán unidas los laterales, además de proporcionar soporte a algunos elementos de carrocería. Se puede dividir en tres partes:

La parte frontal, el respaldo de asiento, y la parte superior donde irá el techo como se muestra en la figura 24.

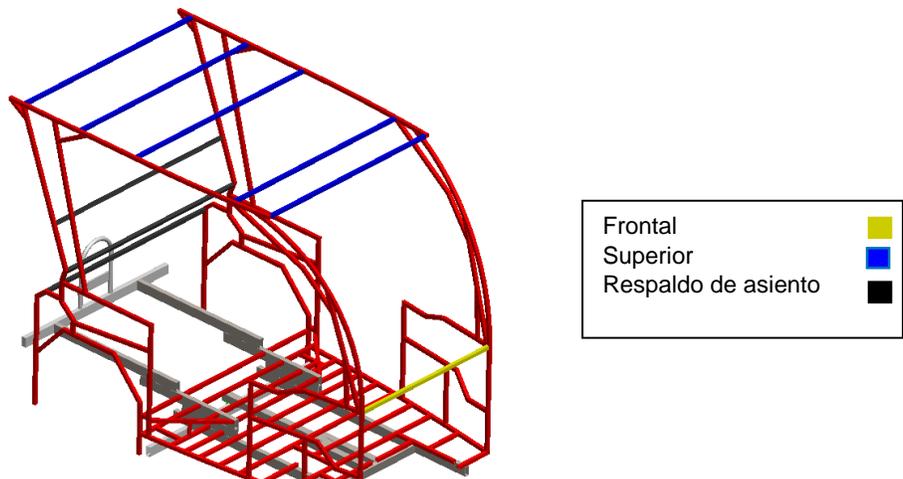


Figura 24 Barras de unión de laterales.

4.2.2.5 Techo

Es notorio que el techo no soportará cargas vivas, únicamente su propio peso debido a ello se ha de seleccionar un perfil estructural adecuado, de menor costo que se mencionará más adelante y de esta forma se ha diseñado un techo que cause que el vehículo se vea más atractivo.

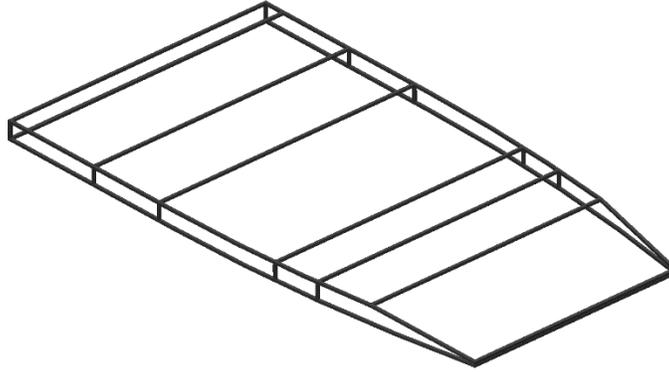


Figura 25 Vista isométrica del techo del vehículo.

CAPÍTULO 5. SIMULACIÓN Y ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA

5.1 Perfil y material asignado

Para la asignación de materiales se consideró una serie de parámetros que rigen el proceso de construcción como: disponibilidad de acceso a hacia el material, familiaridad para el proceso de trabajo, los métodos de fabricación que se emplean para la construcción y los costes del material.

Para el diseño del chasis se seleccionó el Perfil Tubular Rectangular (PTR) calibre 14 que está fabricado de acero estructural ASTM A-36, debido a sus buenas cualidades de soldabilidad, deformabilidad, maquinabilidad, posee una alta resistencia mecánica y módulos de elasticidad superiores que otros metales.

El diseño de la estructura donde se plasmará la carrocería se realizó con un perfil tubular zintro-alum calibre 20 debido a su bajo costo, peso ligero, propiedades de resistencia a la corrosión, soporta altas temperaturas y es fácil de pintar. El perfil tubular zintro es acero con una aleación compuesta por aluminio (55%), zinc (43.5%) y silicio (1.5%) mediante un proceso continuo inmersión en caliente.

En la tabla 3 se muestran las propiedades mecánicas de estos materiales:

Tabla 3 Propiedades mecánicas del vehículo.

Material	Modulo elástico (GPa)	Coefficiente de Poisson (N/D)	Densidad de masa (kg/m ³)	Limite elástico (MPa)
ASTM A-36	200	0.2	7850	250
Acero galvanizado	200	0.29	7870	203.9432426

5.2 Distribución de cargas

Para la distribución de cargas se tomaron los pesos más significativos que el vehículo soportará como se muestra en la tabla 4.

El peso de cada batería es de 39 kg. Según el data sheet proporcionado por la empresa (Ver anexo 1). Se consideró el peso de cada persona de 70 kg.

Tabla 4 Cargas que soportará el vehículo.

Carga	Valor
3 Pasajeros	225 kg (2207.25 N)
Baterías	195 kg (1912.95 N)
Conductor	75kg (735.75 N)

La carga se distribuye en cada barra de la estructura que le corresponde de acuerdo al modelado en el capítulo anterior. Como se muestra en la figura 26.

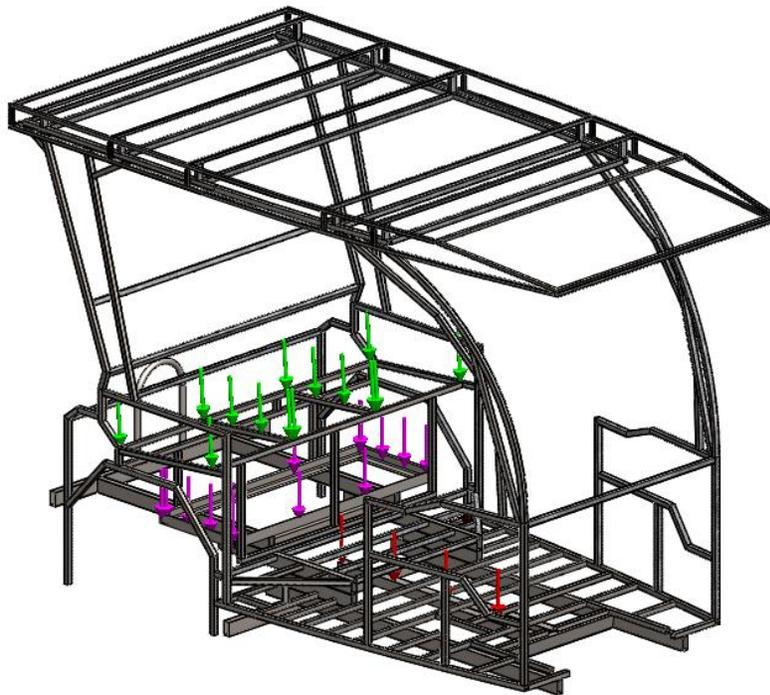


Figura 26 Distribución de fuerzas en la estructura

5.3 Restricciones físicas

La estructura se modeló con el uso de miembros estructurales de SolidWorks, por lo tanto el análisis con el MEF se analizó como elemento viga, creando entonces 321 nodos juntas como se aprecia en la figura 27.

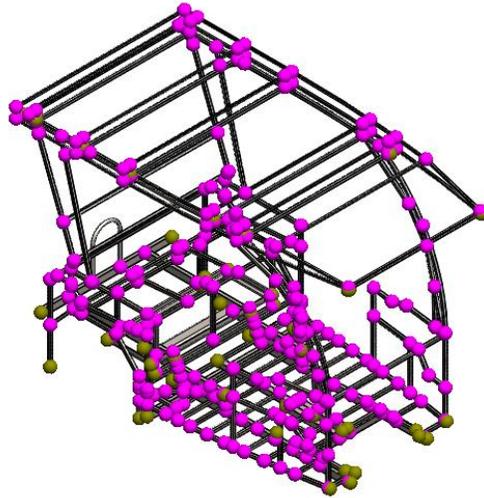


Figura 27 Nodos generados en Solidworks.

Para facilitar el estudio se llevó a cabo un análisis estático donde el vehículo no se encuentra en movimiento por lo que las sujeciones fijas son los puntos de apoyo de la moto con el suelo, en este caso son los puntos donde se unen las llantas con la estructura, quedando como se muestra en la figura 28. Además para que la estructura quedara completamente definida algunos nodos libres se dejaron como inamovibles.

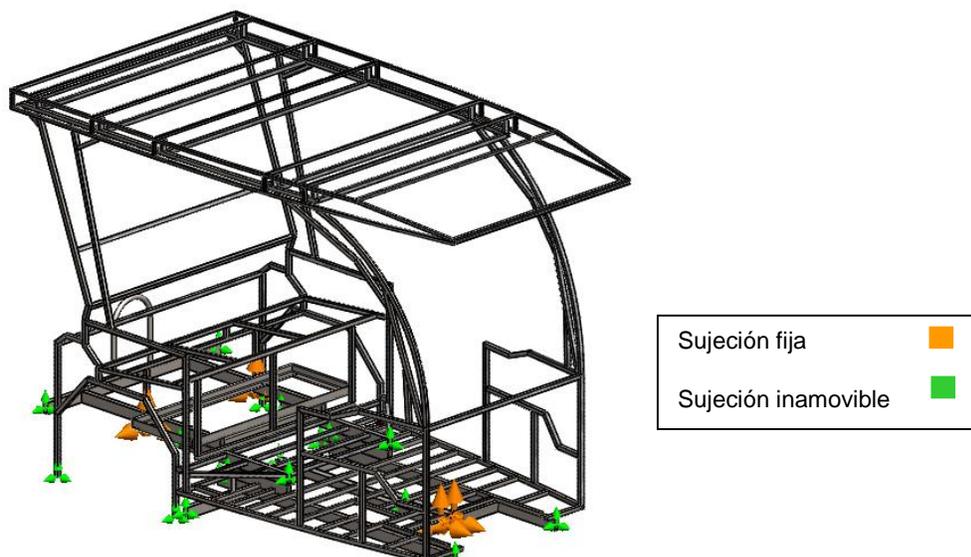


Figura 28 Restricciones fijas del vehículo.

5.4 Mallado

La malla se creó para generar las pequeñas piezas o elementos utilizados en el Método de los Elementos Finitos. SolidWorks utilizó malla de viga creando un total de 3828 nodos y 3102 elementos (Ver figura 29).

Nombre del modelo:Ensamble completo de la estructura
Nombre de estudio:Análisis estático 1(-Default-)
Tipo de malla:

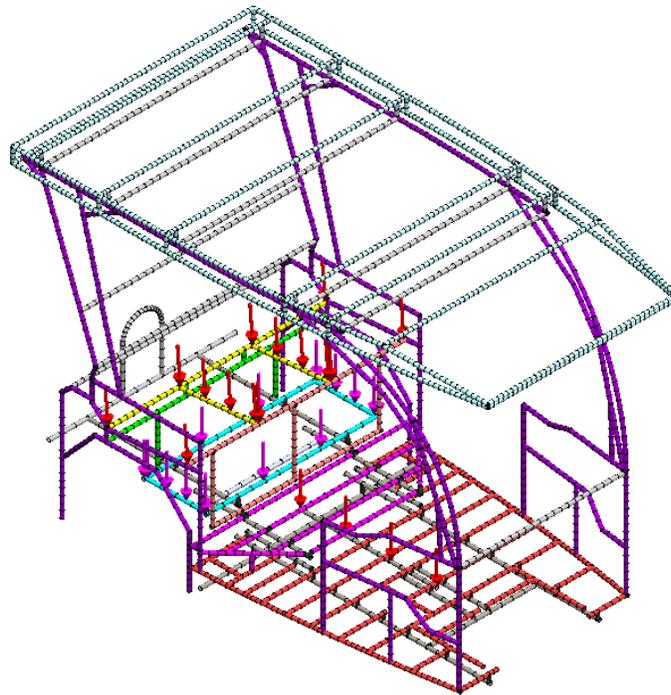


Figura 29 Mallado de toda la estructura.

5.4 Resultados

Se obtuvo un esfuerzo máximo de 227.9 Mpa como se muestra en la figura 30. La barra de colores marca la distribución de esfuerzos de la estructura, los colores cálidos para las tensiones más altas y los colores fríos para las tensiones más bajas. Se aprecia que la mayor parte de esfuerzo está en el asiento y soporte de baterías.

Nombre del modelo:Ensamble completo de la estructura
 Nombre de estudio:Análisis estático 1(Default)
 Tipo de resultado:Tensión axial y de flexión en el límite superior Tensiones1
 Escala de deformación: 1

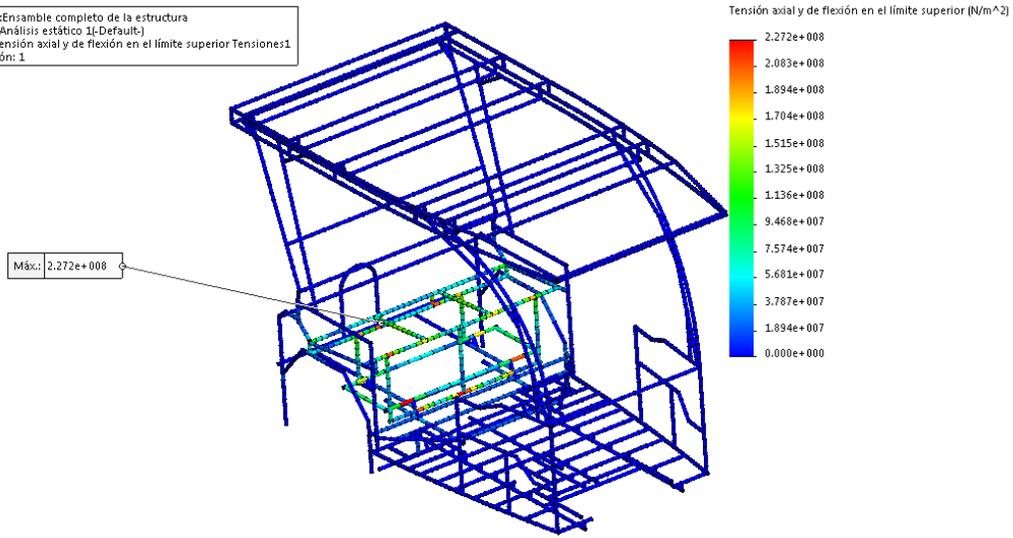


Figura 30 Distribución de esfuerzos.

En la figura 31 se aprecian algunos elementos significativos del mallado con su respectivo valor de esfuerzo. Se observa que el valor maximo de esfuerzo está en las piezas de acero galvanizado sobrepasando su limite elastico de 203 MPa, por lo tanto esa parte de la estructura debe ser reforzada.

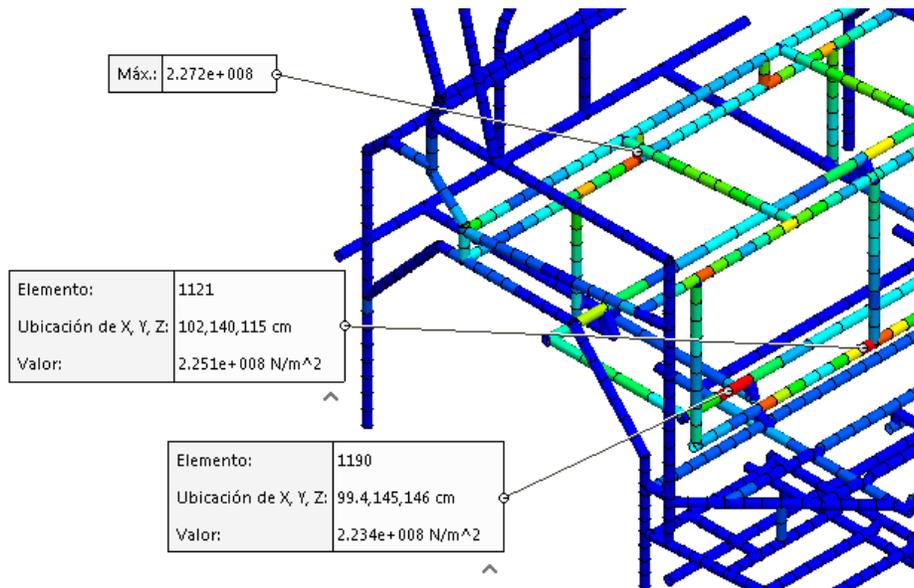


Figura 31 Valores destacados de la simulación.

CAPÍTULO 6. OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA

Para reforzar la estructura se estudió un poco acerca de armaduras.

Una armadura es una estructura compuesta de elementos esbeltos unidos entre sí en sus puntos extremos. Los elementos que conforman la armadura, se unen en sus puntos extremos por medio de pasadores lisos sin fricción localizados en una placa llamada “placa de unión”, o por medio de soldadura, remache tornillo, etc., para formar un armazón rígido.

En el caso de un puente como el mostrado en la figura 32, la carga sobre la cubierta se transmite primero a los largueros, luego a las vigas de piso, y finalmente a los nodos de las dos armaduras laterales de soporte.

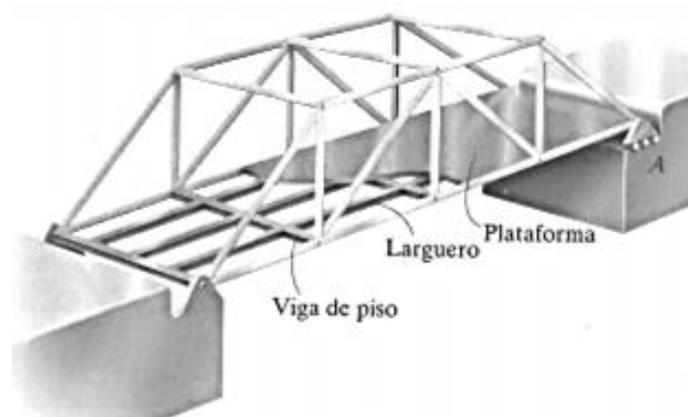


Figura 32 Puente diseñado con armadura simple.

Se modificaron 2 piezas en el asiento de pasajeros, colocando barras en forma de triángulo para disminuir la concentración de esfuerzos en puntos marcados con colores cálidos (Ver figura 31). La estructura que se modificó queda de la forma en que se aprecia en la figura 33.

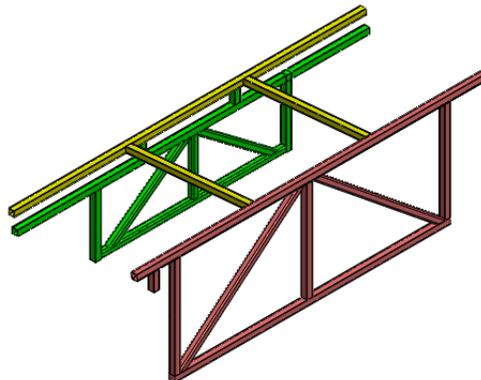


Figura 33 Habitáculo de baterías y asiento de pasajeros modificados con una estructura tipo armadura.

Para la simulación de la estructura con las piezas modificadas, se tomaron las mismas sujeciones fijas y amovibles mencionadas en el capítulo anterior, se generaron 3143 elementos, 3927 nodos. En la figura 34 se vuelven a marcar los puntos que se destacaron en la figura 31 del capítulo 5, se observa que el valor de esos esfuerzos disminuye y no sobrepasan el límite elástico del material (acero galvanizado) que es usado en esas piezas.

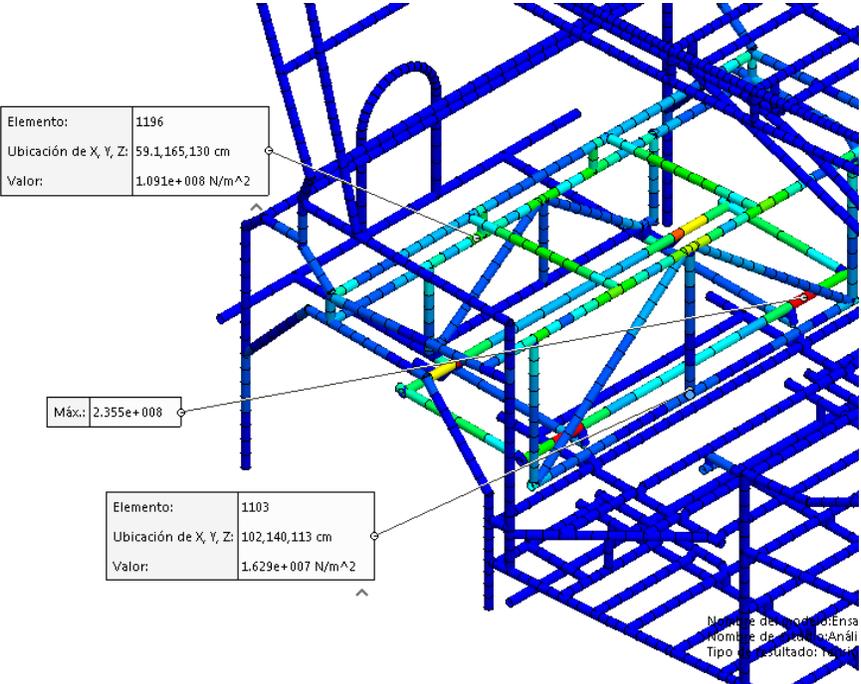


Figura 34 Valores de los puntos destacados en la primera simulación del capítulo 5.

Sin embargo, el esfuerzo máximo resultante de esta simulación aumentó a 235.5 MPa, este valor se encuentra en el soporte de baterías al cual se le aplicó acero ASTM a-36 que tiene un límite elástico de 250 MPa, por lo tanto el diseño es aceptable porque no sobrepasa su límite elástico.

El valor de los esfuerzos que se señalan de color verde es menor a 100 MPa.

CONCLUSIÓN

- ◆ Con el diseño se logró garantizar una estructura sólida, confiable y segura en su rigidez a través de los resultados obtenidos. El vehículo no sobrepasa el límite elástico de los materiales que se usaron, soportando una carga máxima de 495 kg. Estos cálculos fueron realizados con la ayuda del software Solidworks, que agilizó el diseño de la estructura, basados en el Método de Elementos Finitos que es el método más usado en el diseño de estructuras y carrocería de coches.
- ◆ El diseño fue realizado con estudios ergonómicos en nuestro país, de acuerdo a las dimensiones corporales promedio.
- ◆ Los materiales utilizados son económicos y de fácil acceso, así mismo aptos para los métodos de fabricación que INVEMEX utiliza como lo es la soldadura.
- ◆ Los planos de fabricación fueron fáciles de obtener con la ayuda del software.

ANEXOS

ANEXO 1 DATA SHEET BATERIAS TROJAN



DATA SHEET

T-1275 PLUS

MODEL T-1275 Plus with Flip Top
VOLTAGE 12
MATERIAL Polypropylene
DIMENSIONS Inches (mm)
BATTERY Deep-Cycle Flooded/Wet Lead-Acid Battery
COLOR Maroon
WATERING N/A



12V

PRODUCT + PHYSICAL SPECIFICATIONS

IEC Group Size	Type	Voltage	Cells	Terminal Type *	Dimensions † Inches (mm)			Weight Lbs. (kg)
					Length	Width	Height ‡	
GC12	T-1275 Plus	12	6	1	12.96 (329)	7.13 (181)	10.71 (272)	85 (39)

ELECTRICAL SPECIFICATIONS

Cranking Performance		Capacity * Minutes			Capacity * Amp-Hours (AH)				Energy (kWh)	Internal Resistance (mΩ)	Short Circuit Current (amps)
CCA † @ 0°F (-18°C)	CA ‡ @ 32°F (0°C)	@ 25 Amps	@ 56 Amps	@ 75 Amps	5-hr	10-hr	20-hr	100-hr	100-hr	—	—
—	—	280	102	70	120	134	150	166	1.99		

CHARGING INSTRUCTIONS

System Voltage	Charger Voltage Settings (at 77°F/25°C)			
	12V	24V	36V	48V
Bulk Charge	14.82	29.64	44.46	59.28
Float Charge	13.50	27.00	40.50	54.00
Equalize Charge	16.20	32.40	48.60	64.80

Do not install or charge batteries in a sealed or non-ventilated compartment. Constant under or overcharging will damage the battery and shorten its life as with any battery.

CHARGING TEMPERATURE COMPENSATION

Add	Subtract
0.005 volt per cell for every 1°C below 25°C 0.0028 volt per cell for every 1°F below 77°F	0.005 volt per cell for every 1°C above 25°C 0.0028 volt per cell for every 1°F above 77°F

OPERATIONAL DATA

Operating Temperature	Self Discharge
-4°F to 113°F (-20°C to +45°C). At temperatures below 32°F (0°C) maintain a state of charge greater than 60%.	5 – 15% per month depending on storage temperature conditions.

STATE OF CHARGE MEASURE OF OPEN-CIRCUIT VOLTAGE

Percentage Charge	Specific Gravity	Cell	12 Volt
100	1.277	2.122	12.73
90	1.258	2.103	12.62
80	1.238	2.083	12.50
70	1.217	2.062	12.37
60	1.195	2.040	12.24
50	1.172	2.017	12.10
40	1.148	1.993	11.96
30	1.124	1.969	11.81
20	1.098	1.943	11.66
10	1.073	1.918	11.51



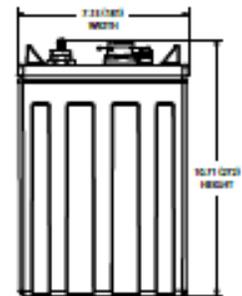
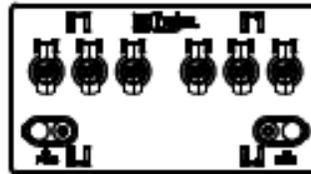
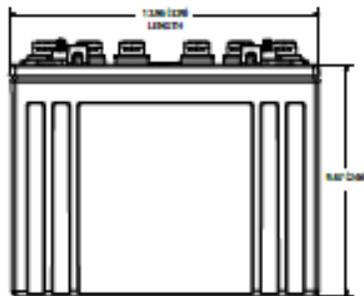
Designed in compliance with applicable IEC, DIN, BS and EC standards.
Tested in compliance to IEC and EC standards.



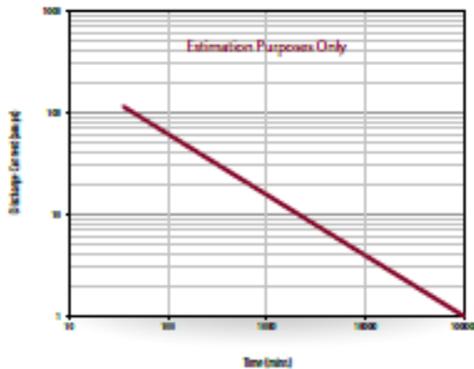
TERMINAL CONFIGURATIONS⁵

1	EPT	Embedded Low Profile Terminal
		<p>Terminal Height Inches (mm) 1.22 (31)</p> <p>Torque Values In-lb (Nm) 95 - 105 (11 - 12)</p> <p>Bolt 5/16"</p>

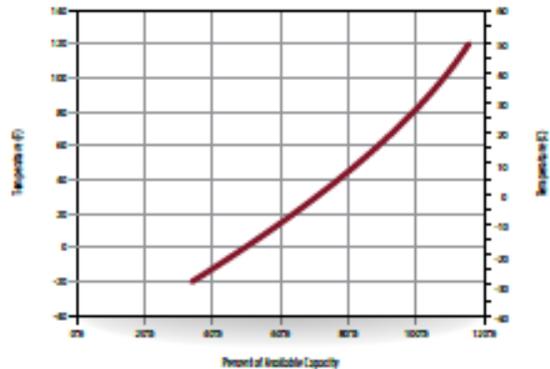
BATTERY DIMENSIONS (shown with EPT)



TROJAN T-1275 PLUS PERFORMANCE



PERCENT CAPACITY VS. TEMPERATURE



- A. The number of minutes a battery can deliver when discharged at a constant rate at 25°C (77°F) and maintain a voltage above 1.75 Volt/Cell is based on peak performance.
- B. The amount of energy (watt-hours) a battery can deliver when discharged at a constant rate at 25°C (77°F) and maintain a voltage above 1.75 Volt/Cell is based on peak performance.
- C. Dimensions may vary depending on type of handle or terminal. Batteries should be mounted with 5/16" hole (127) and spacing minimum.

- D. CCA (Cold Cranking Amps) - the discharge load in amperes which a new, fully-charged battery can maintain for 30 seconds at 0°F (17.8°C) at a voltage above 1.25 Volt/Cell.
- E. C.A. (Cranking Amps) - the discharge load in amperes which a new, fully-charged battery can maintain for 30 seconds at 32°F (0°C) at a voltage above 1.7 Volt/Cell. This is sometimes referred to as maximum cranking amps at 32°F or M.C.A. @ 32°F.
- F. Height taken from bottom of the battery to the highest point on the battery. Heights may vary depending on type of terminal.
- G. Terminal images are representative only.

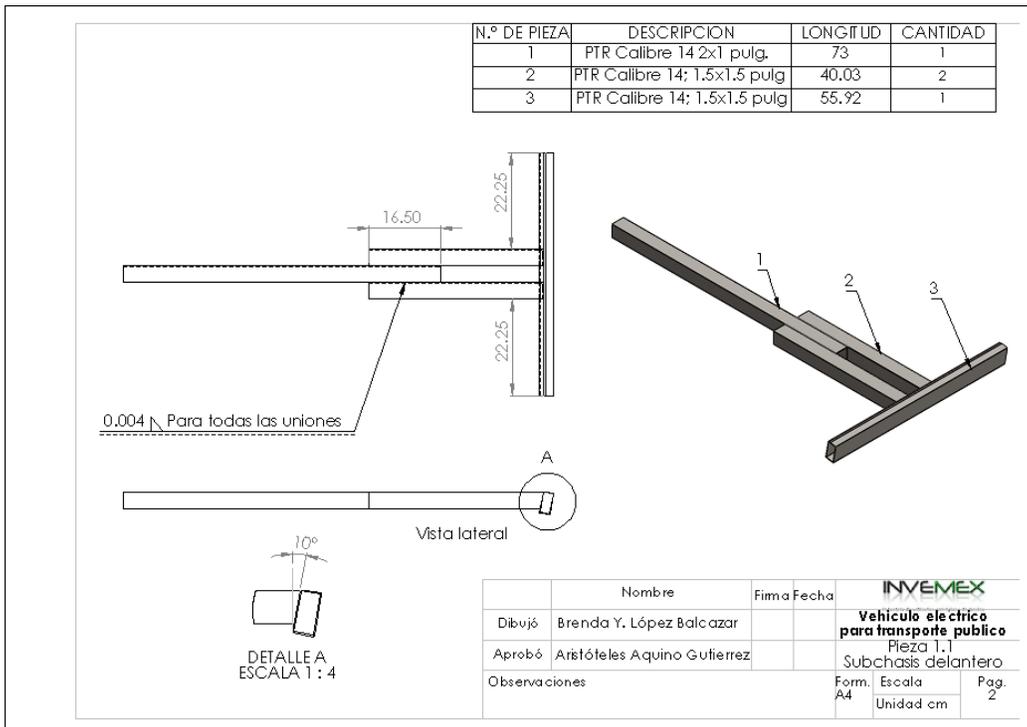
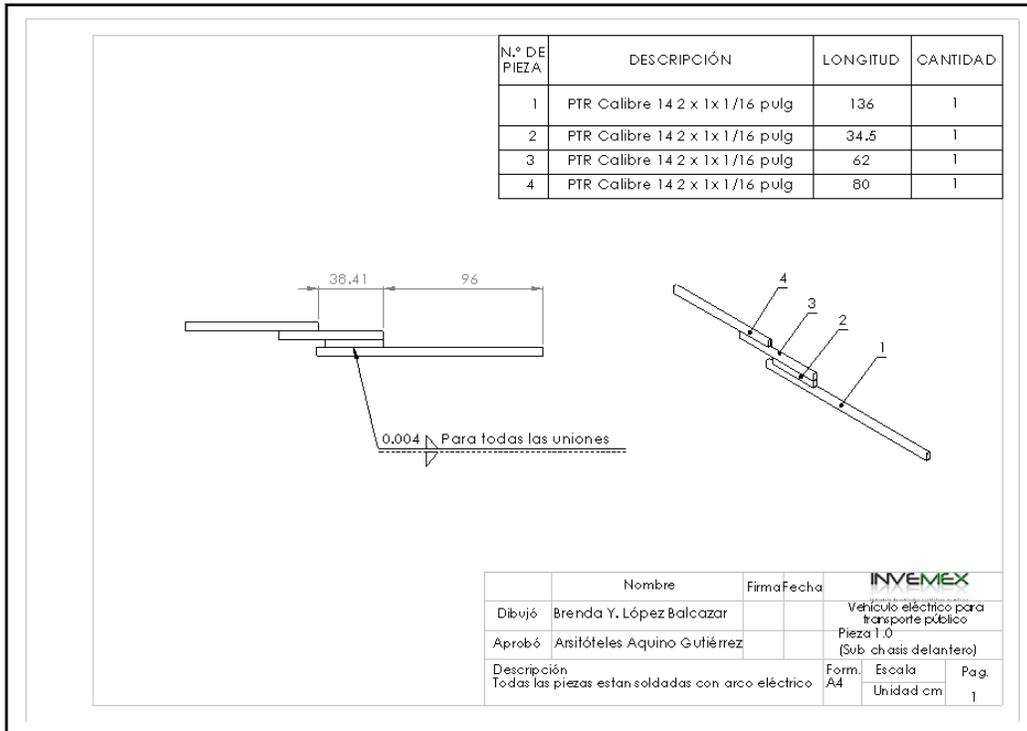


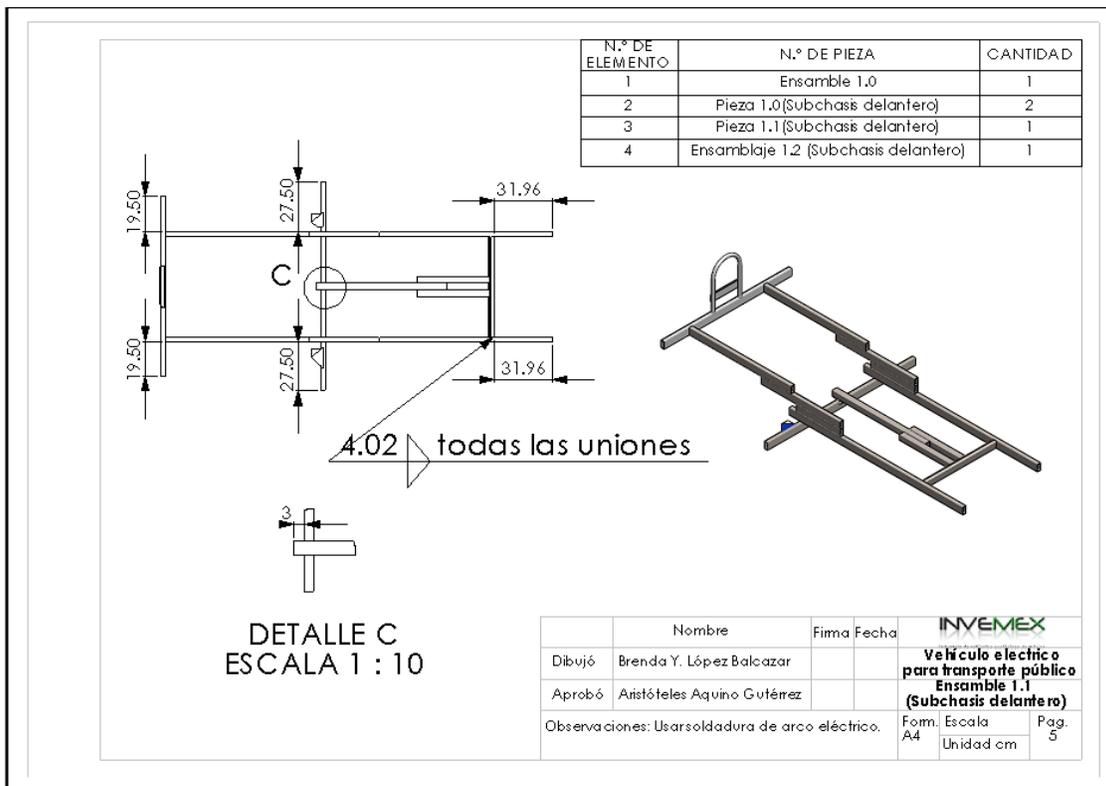
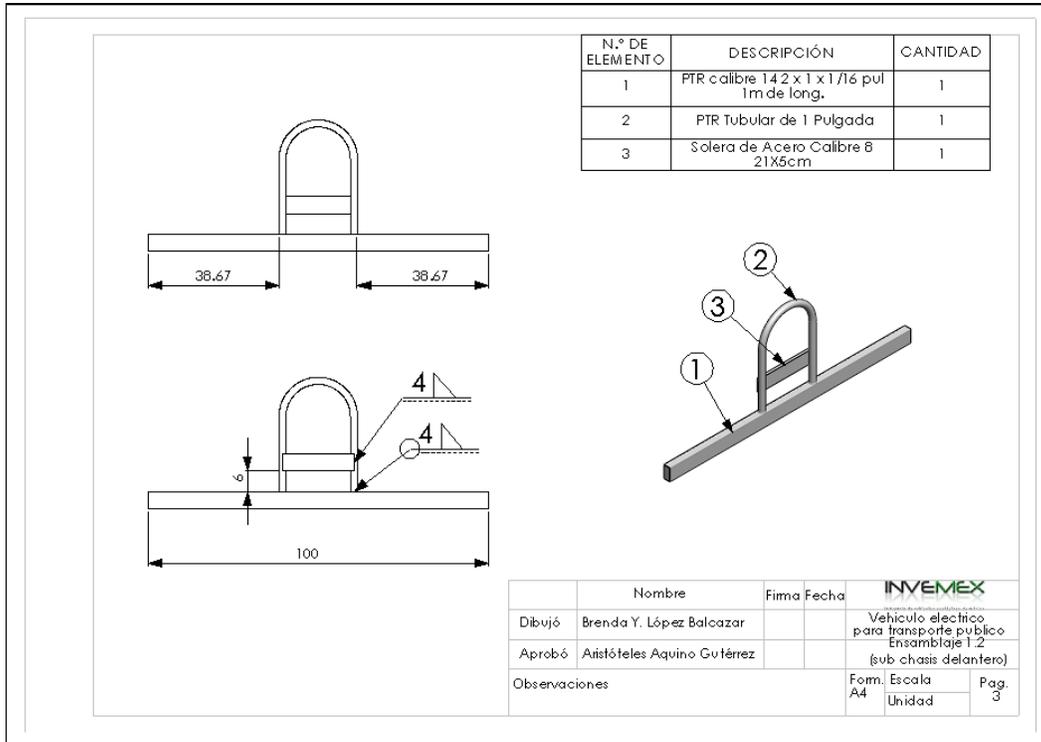
800.423.6569 / +1.562.236.3000 / trojanbattery.com

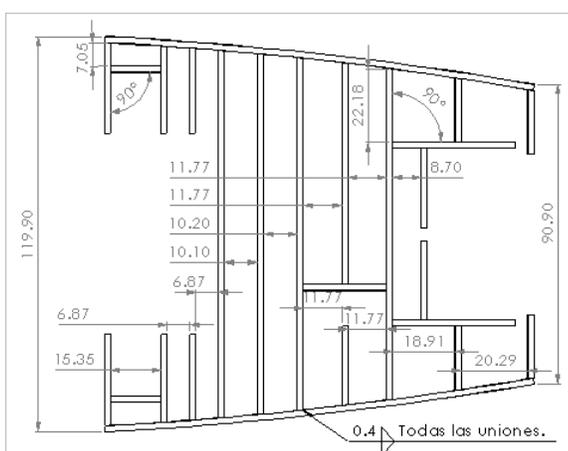
© 2018, Troy 03 2018_0016

© 2018 Trojan Battery Company LLC. All rights reserved. Trojan Battery Company uses trademarks, design and/or service marks of other companies without their permission, unless otherwise stated. Trojan Battery Company reserves the right to make adjustments to this publication and/or other related publications.

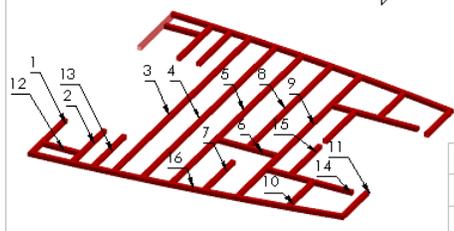
ANEXO 2 PLANOS DE FABRICACIÓN





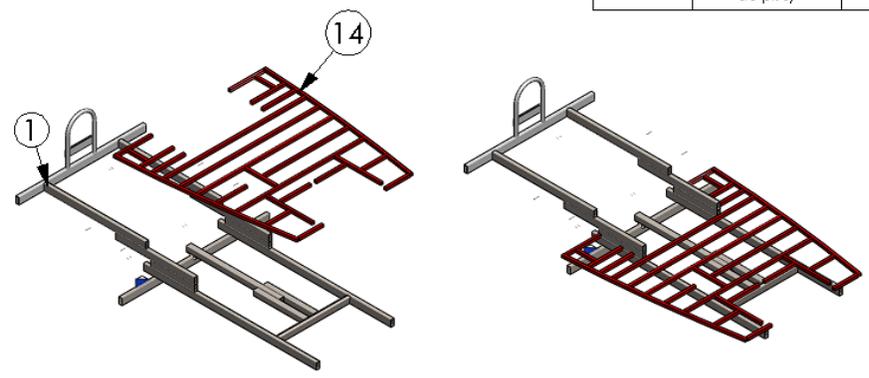


N° DE ELEMENTO	LONGITUD	CANTIDAD
1	27.59	2
2	26.58	2
3	111.55	1
4	109.44	1
5	107.05	1
6	25.25	1
7	24.06	1
8	67.28	1
9	100.66	1
10	19.47	2
11	19.39	2
12	15.25	2
13	25.96	2
14	37.1	2
15	24.1	2
16	131.03	2



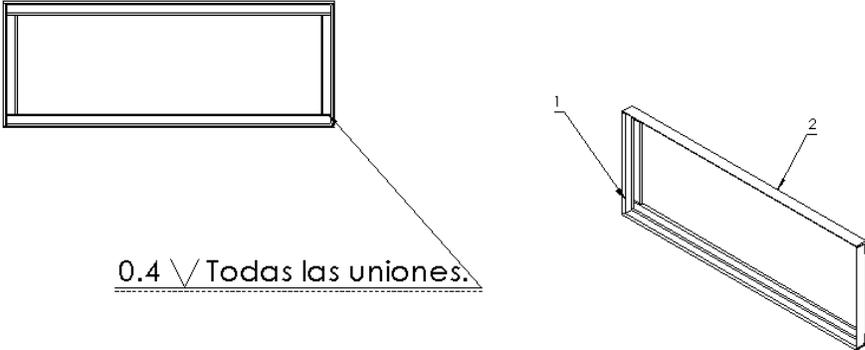
	Nombre	Firma	Fecha	INVE MEX
Dibujó	Brenda Y. López Balcazar			Vehículo eléctrico para transporte público Pieza 3.0 (Refuerzo de piso)
Aprobó	Aristóteles Aquino Gutiérrez			
Observaciones	Tubular zincro 3/4 x 3/4 x 1/16 pulg. Usar soldadura de arco eléctrico.			Form. Escala A4 Unidad cm
				Pag. 6

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Ensamble 1.1 (Subchasis delantero)	1
14	Pieza 3.0 (Refuerzo de piso)	1



	Nombre	Firma	Fecha	INVE MEX
Dibujó	Brenda Y. López Balcazar			Vehículo eléctrico para pasajeros Ensamble 10.0
Aprobó	Aristóteles Aquino Gutiérrez			
Observaciones	Usar soldadura de arco eléctrico			Form. Escala A4 Unidad cm
				Pag. 8

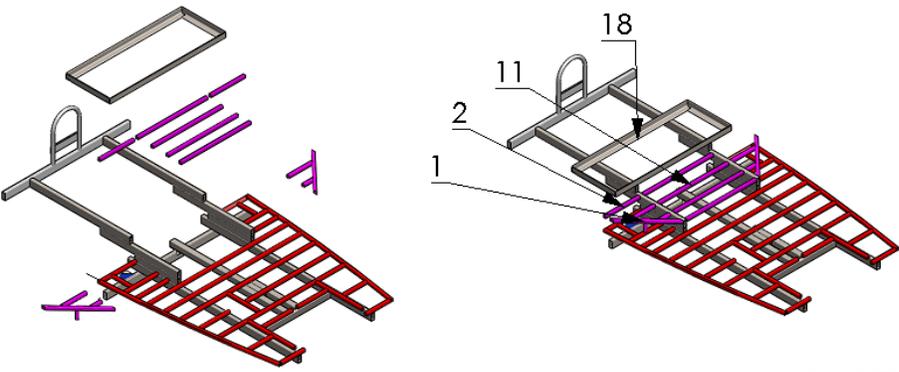
N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	LONGITUD	CANTIDAD
1	L1 .5x1 .5x0.1875	13.503	2
2	L1 .5x1 .5x0.1875	36.4173	2



0.4 ✓ Todas las uniones.

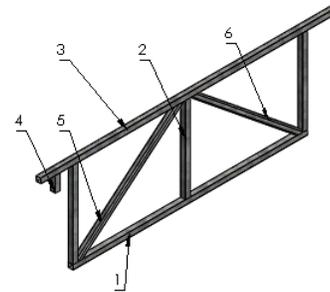
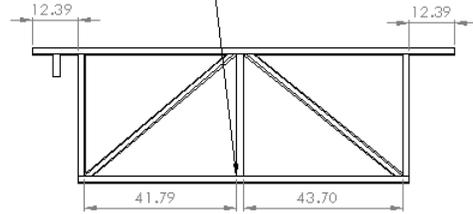
	Nombre	Firma	Fecha	INDEMEX	
Dibujó	Brenda Y. López Balcazar			Vehículo eléctrico para pasajeros Pieza 5.0 (Soporte de baterías)	
Aprobó	Aristóteles Aquino Gutiérrez				
Observaciones	Usar soldadura de arco eléctrico			Form. Escala A4 Unidad cm	Pag. 7

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Pieza 1.2(Subchasis delantero)	2
2	Pieza 1.3(Subchasis delantero)	2
11	Pieza 5	4
18	Pieza 5.0 (Soporte de baterías)	1



	Nombre	Firma	Fecha	INDEMEX	
Dibujó	Brenda Y. López Balcazar			Vehículo eléctrico para transporte público Ensamble 10.1	
Aprobó	Aristóteles Aquino Gutiérrez				
Observaciones	Usar soldadura de arco eléctrico para todas las uniones.			Form. Escala A4 Unidad cm	Pag. 9

3 Todas las uniones.

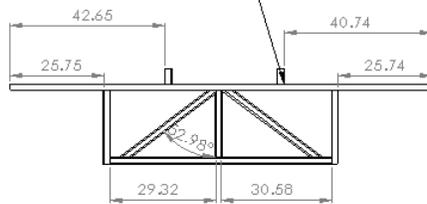


N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	LONGITUD	CANTIDAD
1	Tubular zincro calibre 20 3/4 x 3/4 x 3/4 pulg.	91	1
2	Tubular zincro calibre 20 3/4 x 3/4 x 3/4 pulg.	33.3447	3
3	Tubular zincro calibre 20 3/4 x 3/4 x 3/4 pulg.	115.6733	1
4	Tubular zincro calibre 20 3/4 x 3/4 x 3/4 pulg.	5.9498	1
5	Tubular zincro calibre 20 3/4 x 3/4 x 3/4 pulg.	53.9126	1
6	Tubular zincro calibre 20 3/4 x 3/4 x 3/4 pulg.	55.4052	1

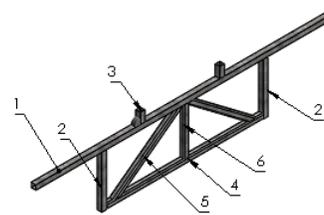
Nombre	Firma	Fecha	INVEMEX
Dibujó Brenda Y. López Balcazar			Vehículo eléctrico para transporte público Pieza 4.2 (Estructura superior)
Aprobó Aistóteles Aquino Gutiérrez			
Observaciones: Usar soldadura de arco eléctrico en todas las uniones.			Form. Escala A4 Unidad cm Pag. 10

1 elemento personalizado

3 Todas las uniones.



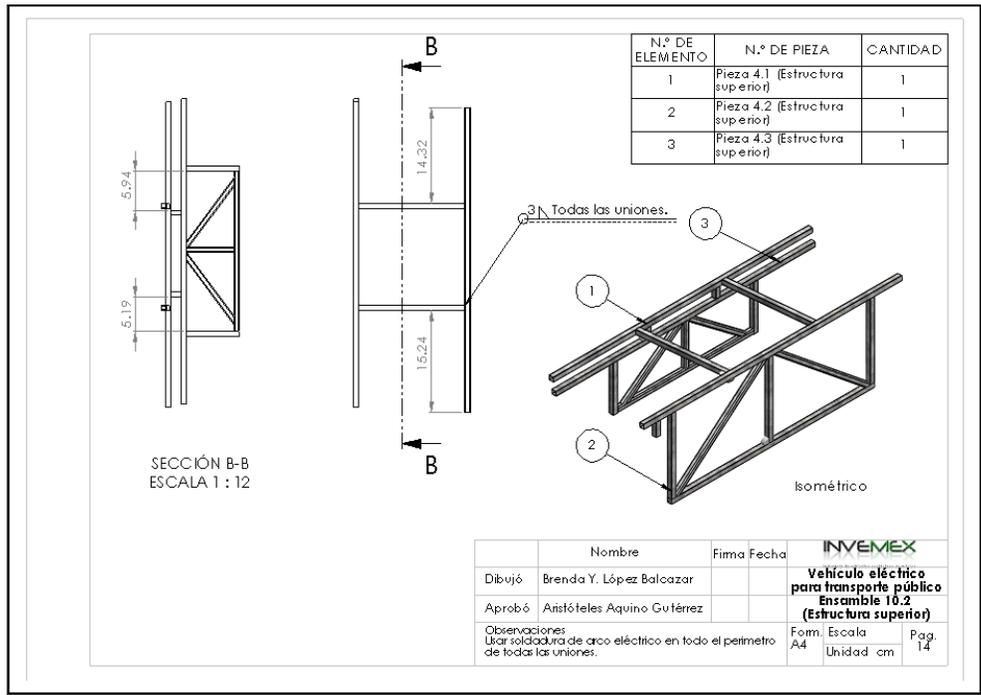
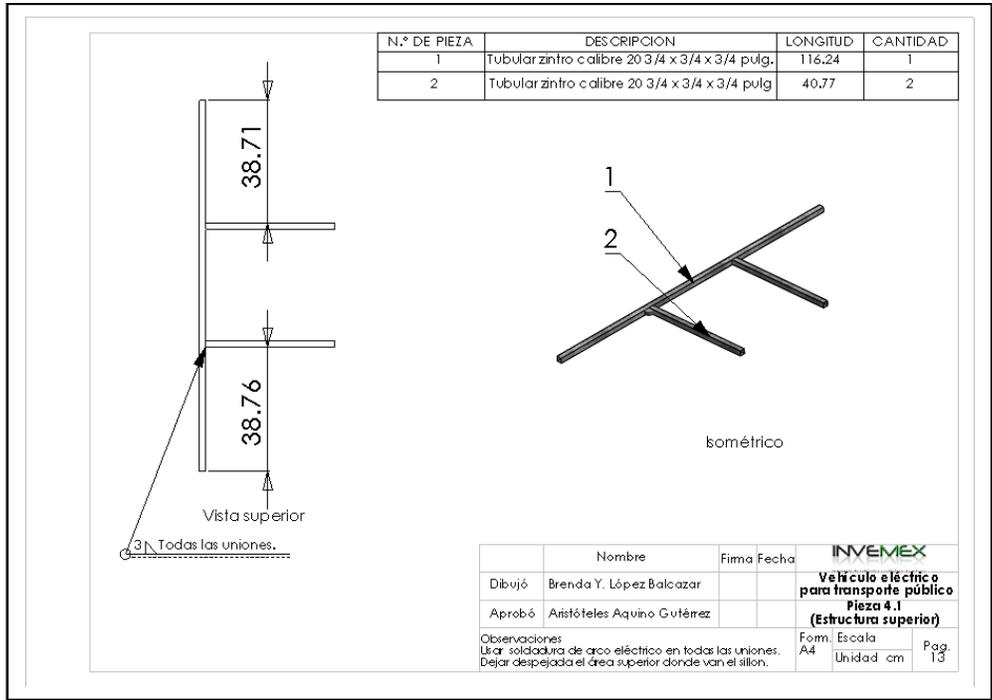
Vista frontal



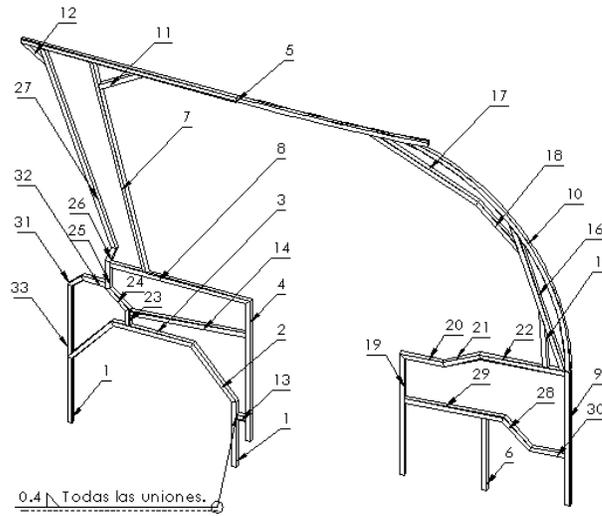
Isométrico

N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	LONGITUD	CANTIDAD
1	Tubular zincro calibre 20 3/4 x 3/4 x 3/4 pulg	116.195	1
2	Tubular zincro calibre 20 3/4 x 3/4 x 3/4 pulg	20.2457	2
3	Tubular zincro calibre 20 3/4 x 3/4 x 3/4 pulg	4.1405	2
4	Tubular zincro calibre 20 3/4 x 3/4 x 3/4 pulg	60.9975	1
5	Tubular zincro calibre 20 3/4 x 3/4 x 3/4 pulg	32.9569	2
6	Tubular zincro calibre 20 3/4 x 3/4 x 3/4 pulg	18.2457	1

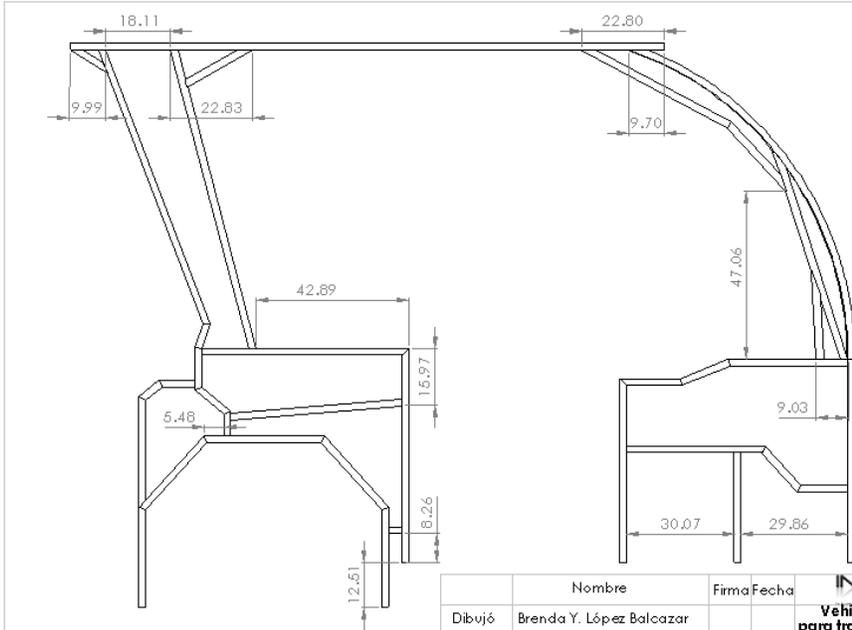
Nombre	Firma	Fecha	INVEMEX
Dibujó Brenda Y. López Balcazar			Vehículo eléctrico para transporte público Pieza 4.3 (Estructura superior)
Aprobó Aistóteles Aquino Gutiérrez			
Observaciones: Usar soldadura de arco eléctrico en todas las uniones.			Form. Escala A4 Unidad cm Pag. 11



N.º DE PIEZA	LONGITUD	CANTIDAD
1	26.02	2
2	27.04	2
3	33.54	1
4	60.05	1
5	166.14	1
6	30.9	1
7	86.85	1
8	58.05	1
9	57	1
10	115.16	1
11	21	1
12	12.43	1
13	3.6	1
14	48.41	1
15	24.82	1
16	61.61	1
17	46.81	1
18	24.91	1
19	51.53	1
20	17.39	1
21	15.43	1
22	33.59	1
23	7.02	1
24	11.43	1
25	12.1	1
26	7.75	1
27	82.71	1
28	15.9	1
29	39.06	1
30	14.2	1
31	7.32	1
32	10.02	1
33	31	1

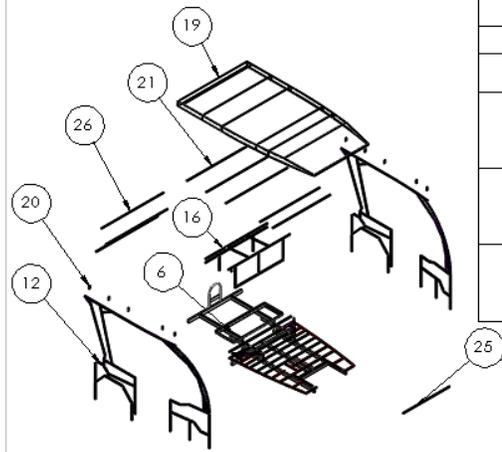


	Nombre	Firma	Fecha	INVELEX		
Dibujó	Brenda Y. López Balcazar			Vehículo eléctrico para transporte público		
Aprobó	Anistóteles Aquino Gutiérrez			Pieza 4.0 (Estructura superior)		
Observaciones	Usar soldadura de arco eléctrico en todas las uniones. Dejar despejada el área donde se pega la carrocería.			Form. A4	Escala Unidad cm	Pag. 10



	Nombre	Firma	Fecha	INVELEX		
Dibujó	Brenda Y. López Balcazar			Vehículo eléctrico para transporte público		
Aprobó	Anistóteles Aquino Gutiérrez			Pieza 4.0 Estructura superior		
Observaciones				Form. A4	Escala Unidad cm	Pag. 11

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
6	Pieza 1.0 (Subchasis delantero)		2
12	4.0 (Estructura superior)		1
16	Pieza 4.1 (Estructura superior)		1
19	Pieza 6.0 (Techo)		1
20	Pieza 1^A Ensamble completo		10
21	Pieza 8^A Ensamble completo	Tubular zincro c calibre 20 3/4 x 3/4 x 1/16 pulg 45.75 cm largo	1
25	Pieza 9^A Ensamble completo	Tubular zincro c calibre 20 3/4 x 3/4 x 1/16 pulg 34.35 cm largo	1
26	Pieza 10^A Ensamble completo	Tubular zincro c calibre 20 3/4 x 3/4 x 1/16 pulg 45.75 cm largo	1



	Nombre	Firma	Fecha	INVENEX
Dibujó	Brenda Y. López Balcazar			Vehículo eléctrico de transporte público Exposición de la estructura completa
Aprobó	Anistóteles Aquino Gutiérrez			
Observaciones:	Usar soldadura de arco eléctrico para todas las uniones.			Fom. Escala A4 Unidad cm
				Pag. 15

REFERENCIAS

- dynamyca. (07 de abril de 2011). *EL VEHÍCULO ELECTRICO HACIA UN MODELO SOSTENIBLE*.
Obtenido de
[http://www.cid.unal.edu.co/olmt/files/30__Estrategia_de_implantacion_Vehiculo_electri
co_en_ciudades_latinoamericanas_II.pdf](http://www.cid.unal.edu.co/olmt/files/30__Estrategia_de_implantacion_Vehiculo_electri
co_en_ciudades_latinoamericanas_II.pdf)
- endesa. (s.f.). Obtenido de <http://www.endesavehiculoelectrico.com/vehiculo-electrico/el-vehiculo/tipos>
- Hoyos., D. J. (s.f.).
- Hoyos., J. F. (s.f.). Obtenido de http://oa.upm.es/38223/3/TESIS_MASTER_JAVIER_RIVERA.pdf
- Nisbett, R. G. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. México, D.F.
- Ruiz, M. C. (2002). *Mecánica de estructuras*. Barcelona: UPC.
- SOLIWORKS . (s.f.). Obtenido de <http://www.solidworks.es/default.htm>
- Tomás Gomez Morales, J. M. (2009). *Elementos estructurales del vehículo*. Madrid, España: Ciclos Formativos.
- Vaca, J. E. (s.f.). *ingemecanica*. Obtenido de Proyecto Técnico para el Diseño y Cálculo del Bastidor de un Vehículo Agrícola Cosechador de Fresas:
<http://ingemecanica.com/proyectos/proyecto71.html>
- Viñas, G. V. (2014). *Estructuras del vehículo*. Madrid, España: Editex, S.A. .