



**ESPE**  
**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS**  
**INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA**

**Diseño y construcción del bastidor del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR  
RICKSHAW**

Taco Taco, William Hermán y Unda Yugsi, Erick Jhoan

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Trabajo de Unidad de Integración Curricular, previo a la obtención del Título de  
Ingeniero Automotriz

Ing. Quiroz Erazo, Leonidas Antonio

23 febrero de 2023

Latacunga



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica  
Carrera de Ingeniería Automotriz

## Reporte de Verificación de Contenido

CERTIFICADO DE ANÁLISIS

mejorar

### TESIS\_TACO\_W\_UNDA\_E

**6%** Similitud

\* % Tests entre comillas  
 \* % similitudes entre comillas  
 \* % idioma no reconocido

**Nombre del documento:** TESIS\_TACO\_W\_UNDA\_E.docx

**ID del documento:** 9006477e92e4c2e4c27e845b43347676561e91

**Tamaño del documento original:** 12,11 Mb

**Depositar:** LEONIDAS ANTONIO QUIROZ ERAZO

**Fecha de depósito:** 23/2/2023

**Tipo de carga:** Imprimir

**Fecha de fin de análisis:** 23/2/2023

**Número de palabras:** 18.562

**Número de palabras:** 120.676

**Ubicación de las similitudes en el documento:**

**Fuentes principales detectadas**

Nº	Descripción	Similitud	Ubicaciones	Datos adicionales
1	UIC Torques y Potencia - Arias Tapia.docx   UIC Torques y Potencia - Arias Tapia... * El documento proviene de un sistema de referencias 23 Fuentes similares	4%		Palabras idénticas: 4% (105 palabras)
2	repositorio.espe.edu.ec   Descripción de ATC y sus tipos de ATC. Lección 4 de la materia... repositorio.espe.edu.ec/3383/tesis/tesis/2100025296/ATC_ESPE_MAI_0732.pdf.pdf 23 Fuentes similares	1%		Palabras idénticas: 1% (171 palabras)
3	repositorio.espe.edu.ec   Implementación de un sistema de suspensión para un vehículo... repositorio.espe.edu.ec/3383/tesis/tesis/2100025296/ATC_ESPE_MAI_0732.pdf.pdf 23 Fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: 1% (130 palabras)
4	repositorio.espe.edu.ec   Construcción de un sistema de suspensión para un vehículo... repositorio.espe.edu.ec/3383/tesis/tesis/2100025296/ATC_ESPE_MAI_0732.pdf.pdf 23 Fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: 1% (136 palabras)
5	repositorio.espe.edu.ec   Implementación del sistema de suspensión para un vehíc... repositorio.espe.edu.ec/3383/tesis/tesis/2100025296/ATC_ESPE_MAI_0732.pdf.pdf 17 Fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: 1% (136 palabras)

**Fuentes con similitudes fortuitas**

Nº	Descripción	Similitud	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Tapuy-tesis-13 - copia.docx   Tapuy-tesis-13 - copia... * El documento proviene de un grupo	< 1%		Palabras idénticas: 1% (32 palabras)
2	repositorio.espe.edu.ec   Desarrollo de un reglamento técnico referente a elementos... repositorio.espe.edu.ec/3383/tesis/tesis/2100025296/ATC_ESPE_MAI_0732.pdf.pdf	< 1%		Palabras idénticas: 1% (30 palabras)
3	www.aeadf.net   Normativa sobre seguridad vehicular - AEADF repositorio.espe.edu.ec/3383/tesis/tesis/2100025296/ATC_ESPE_MAI_0732.pdf.pdf	< 1%		Palabras idénticas: 1% (19 palabras)
4	repositorio.espe.edu.ec   Diseño y construcción de prototipo de moto oruga. repositorio.espe.edu.ec/3383/tesis/tesis/2100025296/ATC_ESPE_MAI_0732.pdf.pdf	< 1%		Palabras idénticas: 1% (11 palabras)
5	crandallconcepcion.org.ar   Descripción de la estructura de la columna vertebral de las FUERZAS DE FREN... repositorio.espe.edu.ec/3383/tesis/tesis/2100025296/ATC_ESPE_MAI_0732.pdf.pdf	< 1%		Palabras idénticas: 1% (12 palabras)

**Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas)** Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- 1 <http://www.pruebadetera.com/tipos-de-chasis-en-la-motociclota.php>
- 2 <http://noticias.latinpost.com.co/2013/08/23/cuales-son-los-tipos-de-suspension-mas-comunes>
- 3 <http://blog.reparacionvehiculos.es/amortiguadores-de-gas-ventajas-e-inconvenientes>
- 4 <http://www.rto.ro.pe/mecanico/ro/ro/franado-regenerativo.html>
- 5 <http://an.am.bip.com>

Ing. Quiroz Erazo, Leonidas Antonio

C.C.: 0502509995



**Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica**  
**Carrera de Ingeniería Automotriz**

**Certificación**

Certifico que el trabajo de Unidad de Integración Curricular, “**Diseño y construcción del bastidor del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW**” fue realizado por los señores **Taco Taco, William Hermán e Unda Yugsi, Erick Jhoan** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 23 febrero de 2023

Ing. Quiroz Erazo, Leonidas Antonio

C.C.: 0502509995

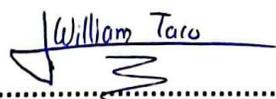


**Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica**  
**Carrera de Ingeniería Automotriz**

**Autoría de responsabilidad**

Nosotros, Taco Taco, William Hernán e Unda Yugsi, Erick Jhoan con cedula de ciudadanía N°1724109341 y 1725628877, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de Unidad de Integración Curricular: "Diseño y construcción del bastidor del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW" es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 23 febrero de 2023



Taco Taco, William Hernán

C.C.: 1724109341



Unda Yugsi, Erick Jhoan

C.C.: 1725628877



**Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica  
carrera de Ingeniería Automotriz**

**Autorización de publicación**

Nosotros, **Taco Taco, William Hernán e Unda Yugsi, Erick Jhoan** con cedula de ciudadanía N°**1724109341** y **1725628877**, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de Unidad de Integración Curricular: **“Diseño y construcción del bastidor del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 23 febrero de 2023



Taco Taco, William Hernán

C.C.: 1724109341



Unda Yugsi, Erick Jhoan

C.C.: 1725628877

## **Dedicatoria I**

Dedico este trabajo primero a Dios por permitirme la oportunidad de llegar a esta etapa de mi vida, por bendecirme con salud y fuerza para sobre salir en momentos difíciles.

A Carlos Enrique Taco mi padre, por estar siempre apoyándome y motivándome en este camino, gracias, padre porque sin ti, nada de esto se podría haber logrado. A María Piedad Taco mi madre, pilar fundamental de mi vida, que siempre me brindo su apoyo y cariño incondicional en todo momento. A Verónica Janeth Taco, mi hermana o también considerada mi segunda madre, fundamental en mi vida, ejemplo importante a seguir a lo largo de mi carrera.

También a mis hermanos Judith, Silvia, Carlos y Andrés, por sus consejos para no desviar mis propósitos de culminar la carrera. Gracias por estar siempre a mi lado. A María Pullupaxi, por escucharme, aconsejarme y motivarme a lo largo de mi carrera universitaria.

A Adriana Llano mi pareja, por estar pendiente de mis logros, por apoyarme en mis decisiones y por no dejarme vencer por los obstáculos que se presentan en la vida.

**TACO TACO, WILLIAM HERNAN**

## **Dedicatoria II**

A Dios y a mis padres Gonzalo Unda y Blanca Yugsi por brindarme el apoyo, encaminarme para convertirme en la persona que soy. Y a su vez ser el pilar fundamental en este proceso de terminar con la carrera de ingeniería.

A mi hermana Abigail Unda quien me motivo para ser mejor cada día brindándome el apoyo para no desistir y siendo mi amiga.

A mi sobrino Sebastian Estrada quien forma parte de mi vida llenándole de alegría y siendo más que un hermano, apoyándome y sacándome una sonrisa.

A toda mi familia y amigos quienes me brindaron su apoyo incondicional para conseguir esta meta en mi vida.

**UNDA YUGSI ERICK JHOAN**

## **Agradecimiento I**

Mi agradecimiento a Dios por guiar mi camino con sabiduría para lograr mis triunfos y ser una persona ejemplar en mi vida personal y profesional. A mis padres, hermanas y hermanos por brindarme su amor, apoyo y comprensión para lograr este triunfo en mi vida académica, por ayudarme a no dejarme vencer y continuar a pesar de las adversidades que se me presentaron para culminar la carrera.

A Adriana por estar siempre a mi lado, brindándome su apoyo incondicional y estar pendiente de mis triunfos y ayudarme a no desmayar para culminar este logro.

A mi tutor de tesis, por habernos brindado la oportunidad de trabajar con él, por su apoyo en todo momento para lograr con éxito la realización de este trabajo.

Y todos los amigos, compañeros y personas que me ayudaron desinteresadamente durante este camino hacia la meta alcanzada.

Finalmente, a la honorable Universidad de las Fuerza Armadas ESPE-L, quien nos abrió sus puertas y con ayuda de su cuerpo docente formando a cada uno de sus estudiantes para que nos convirtamos en profesionales para futuro y poder desenvolvemos en el campo laboral competitivo.

**TACO TACO, WILLIAM HERNAN**

## **Agradecimiento II**

A gradezco a Dios y a mis padres por brindarme los consejos y cariño para culminar esta meta.

A mi familia y amigos quienes estuvieron junto a mí en todo mi proceso de estudio, las personas que compartieron y me encaminaron para seguir adelante.

Al Ing. Leonidas Quiroz por apoyarme y guiarme en el desarrollo de este proyecto.

**UNDA YUGSI ERICK JHOA**

**ÍNDICE DE CONTENIDOS**

<b>Caratula.....</b>	<b>1</b>
<b>Reporte de Verificación de Contenido .....</b>	<b>2</b>
<b>Certificación .....</b>	<b>3</b>
<b>Autoría de responsabilidad .....</b>	<b>4</b>
<b>Autorización de publicación.....</b>	<b>5</b>
<b>Dedicatoria I.....</b>	<b>6</b>
<b>Dedicatoria II.....</b>	<b>7</b>
<b>Agradecimiento I.....</b>	<b>8</b>
<b>Agradecimiento II.....</b>	<b>9</b>
<b>Índice de contenidos .....</b>	<b>10</b>
<b>Índice de tablas .....</b>	<b>16</b>
<b>Índice de figuras .....</b>	<b>18</b>
<b>Índice de ecuaciones.....</b>	<b>20</b>
<b>Resumen .....</b>	<b>21</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>22</b>
<b>Capítulo I: Introducción .....</b>	<b>23</b>
<b>Antecedentes.....</b>	<b>23</b>
<b>Planteamiento del problema .....</b>	<b>24</b>
<b>Justificación, <i>importancia</i> y alcance .....</b>	<b>25</b>
<b>Descripción del proyecto .....</b>	<b>25</b>
<b>Objetivos .....</b>	<b>27</b>

<i>Objetivo General</i> .....	27
<i>Objetivos Específicos</i> .....	27
Variables de investigación.....	28
<i>Variables dependientes</i> .....	28
<i>Variables independientes</i> .....	28
Hipótesis .....	28
Capitulo II: Fundamentación Teórica .....	29
Vehículo eléctrico L2 CMDR .....	29
Generalidades y Componentes .....	29
<i>Bastidor</i> .....	29
<i>Características que deben cumplir un bastidor:</i> .....	29
<i>Tipos de Bastidor</i> .....	29
<i>Bastidor multitubular</i> .....	30
Sistema de suspensión .....	31
<i>Tipos de Suspensión</i> .....	31
<i>Suspensión de doble trapecio</i> .....	31
Amortiguadores.....	32
Sistema de dirección .....	33
<i>Elementos del sistema de dirección</i> .....	33
Sistema de frenos .....	34
<i>Fuerzas y momentos que actúan en el proceso de frenado</i> .....	34
<i>Fuerza de frenado</i> .....	35
<i>Resistencia a la rodadura</i> .....	35
<i>Acciones Aerodinámicas</i> .....	35
<i>Tipos de sistemas de frenado</i> .....	35
<i>Frenos de Disco</i> .....	35
<i>Frenos Regenerativos</i> .....	36
Acero utilizado en construcción estructural automotriz .....	37
<i>Tipos de aceros normalizados</i> .....	37

<i>Propiedades mecánicas Acero ASTM A 36</i> .....	38
Tipos de perfiles estructurales para bastidores automotrices. ....	39
<i>Material de sección redonda</i> .....	39
<i>Material de sección cuadrada y rectangular</i> .....	40
Soldadura de perfiles estructurales automotrices .....	41
<i>Tipos de uniones para perfiles estructurales</i> .....	42
<i>Unión en prolongación</i> .....	42
<i>Punteado de soldadura</i> .....	43
<i>Soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido</i> .....	43
Sistemas CAD-CAE.....	44
<i>CAD – Diseño asistido por computador</i> .....	44
<i>CAE – Ingeniería asistida por computadora</i> .....	44
<i>Software CAD-CAE</i> .....	45
Criterio de Von Mises .....	45
Carga al frenado .....	46
Cargas de giro .....	48
Fuerza de carga de giro.....	49
Carga total.....	50
Carga sobre el eje posterior .....	50
Carga sobre el eje delantero.....	51
<b>Capítulo III: Diseño del bastidor del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR</b>	
<b>RICKSHAW .....</b>	<b>52</b>
Características de diseño del bastidor.....	52
<i>Criterios de diseño</i> .....	53
<i>Parámetros de diseño en función a la necesidad</i> .....	53
<i>Distancia entre ejes</i> .....	55
<i>Avance</i> .....	55

<i>Centro de Gravedad</i> .....	55
<i>Angulo del basculante</i> .....	55
<i>Angulo de la dirección</i> .....	55
<i>Rigidez</i> .....	56
<i>Resistencia en servicio</i> .....	56
<i>Dimensionamiento</i> .....	56
Fases del diseño .....	57
Chasis multitubular.....	57
Cargas que soportan el bastidor.....	57
<i>Cargas Muertas</i> .....	57
<i>Cargas vivas</i> .....	58
<i>Cargas estáticas</i> .....	58
<i>Cargas dinámicas</i> .....	58
<i>Carga de giro</i> .....	59
Selección del Material.....	61
<i>Material de construcción</i> .....	61
Diseño del bastidor en el software CAD .....	67
<i>Consideraciones para el modelado del bastidor.</i> .....	67
Protocolo de dimensionamiento del bastidor en 2D .....	68
<i>Diagrama de flujo del modelado del bastidor en 2D</i> .....	69
Protocolo de la Generación de los perfiles estructurales y selección del material .....	69
<i>Diagrama de flujo de la generación del miembro estructural y selección del material</i> .....	70
Modelado del basculante .....	72
Modelado del sistema de suspensión delantero en el software CAD .....	72
Sistema de referencia del tricar .....	74
<i>Centro de gravedad.</i> .....	75
<i>Distribución de cargas respecto al centro de gravedad del tricar</i> .....	76

<i>Distribución de masas</i> .....	78
<b>Análisis de elementos finitos</b> .....	<b>79</b>
<i>Protocolo</i> .....	79
<i>Diagrama del análisis de elementos finitos</i> .....	79
<i>Estudio estructural</i> .....	80
<i>Análisis de resultados</i> .....	81
<b>Simulación de la deformación total en el centro de gravedad</b> .....	<b>82</b>
<i>Esfuerzo Máximo en el centro de gravedad</i> .....	83
<i>Stress Von Mises en el centro de gravedad</i> .....	84
<i>Factor de seguridad carga aplicada en el centro de gravedad</i> .....	85
<b>Simulación de la deformación total carga de fuerza de frenado</b> .....	<b>86</b>
<i>Esfuerzo Máximo en la carga de fuerza de frenado</i> .....	87
<i>Stress Von Mises en la carga de fuerza de frenado</i> .....	88
<i>Factor de seguridad</i> .....	89
<b>Simulación de la deformación total carga de fuerza de aceleración brusca</b> .....	<b>90</b>
<i>Esfuerzo Máximo en la carga de fuerza de aceleración brusca</i> .....	91
<i>Stress Von Mises en la carga de fuerza de frenado</i> .....	92
<i>Factor de seguridad</i> .....	93
<b>Simulación de la deformación de carga de fuerza de giro</b> .....	<b>94</b>
<i>Esfuerzo Máximo en la carga de fuerza de giro</i> .....	95
<i>Stress Von Mises en la carga de fuerza de giro</i> .....	96
<i>Factor de seguridad</i> .....	97
<b>Análisis del diseño del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW</b> .....	<b>98</b>
<b>Capítulo IV: Construcción del bastidor del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW</b> .....	<b>101</b>
<b>Diagrama de proceso de construcción del bastidor</b> .....	<b>101</b>
<b>Construcción del bastidor</b> .....	<b>102</b>
<i>Inspección del material</i> .....	102

<i>Corte y curvas de los elementos</i> .....	102
<i>Elaboración de implemos para el bastidor</i> .....	103
<i>Taladrado de perfiles para soportes</i> .....	104
<i>Suelda de las partes de la estructura del bastidor</i> .....	105
<i>Pintura electrostática al horno</i> .....	106
<i>Ensamble de las elementos y sistemas del bastidor</i> .....	107
<b>Capítulo V: Marco Administrativo</b> .....	<b>110</b>
<i>Recursos Humanos</i> .....	110
<i>Recursos Tecnológicos</i> .....	110
<i>Recursos Financieros</i> .....	111
<b>Capítulo VI: Conclusiones y recomendaciones</b> .....	<b>115</b>
<b>Conclusiones</b> .....	<b>115</b>
<b>Recomendaciones</b> .....	<b>116</b>
<b>Bibliografía</b> .....	<b>118</b>
<b>Anexos</b> .....	<b>123</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Propiedades mecánicas del acero ASTM A36</i> .....	<b>38</b>
<b>Tabla 2</b> <i>Perfiles de sección redonda</i> .....	<b>39</b>
<b>Tabla 3</b> <i>Perfiles de sección cuadrado</i> .....	<b>40</b>
<b>Tabla 4</b> <i>Componentes incorporados al bastidor</i> .....	<b>53</b>
<b>Tabla 5</b> <i>Cotas de diseño</i> .....	<b>56</b>
<b>Tabla 6</b> <i>Peso del Prototipo L2 CMDR Rickshaw en Cargas Muertas</i> .....	<b>57</b>
<b>Tabla 7</b> <i>Cargas vivas</i> .....	<b>58</b>
<b>Tabla 8</b> <i>Velocidades, radios mínimos en carretera</i> .....	<b>59</b>
<b>Tabla 9</b> <i>Parámetros y fórmulas para cálculos de esfuerzo de carga</i> .....	<b>60</b>
<b>Tabla 10</b> <i>Característica de los materiales</i> .....	<b>62</b>
<b>Tabla 11</b> <i>Tipos de tuberías</i> .....	<b>62</b>
<b>Tabla 12</b> <i>Restricciones de construcción</i> .....	<b>63</b>
<b>Tabla 13</b> <i>Criterios para la selección del material</i> .....	<b>63</b>
<b>Tabla 14</b> <i>Criterios de ponderación</i> .....	<b>64</b>
<b>Tabla 15</b> <i>Alternativa 1</i> .....	<b>65</b>
<b>Tabla 16</b> <i>Alternativa 2</i> .....	<b>66</b>
<b>Tabla 17</b> <i>Alternativa 3</i> .....	<b>66</b>
<b>Tabla 18</b> <i>Parámetros y fórmulas para el cálculo del centro de gravedad</i> .....	<b>77</b>
<b>Tabla 19</b> <i>Porcentaje de fuerzas</i> .....	<b>78</b>
<b>Tabla 20</b> <i>Cargas a las que está sometida la estructura</i> .....	<b>80</b>
<b>Tabla 21</b> <i>Datos del miembro estructural bastidor</i> .....	<b>81</b>
<b>Tabla 22</b> <i>Deformación total calculado en el software CAE</i> .....	<b>82</b>
<b>Tabla 23</b> <i>Esfuerzo máximo calculado en el software CAE</i> .....	<b>83</b>
<b>Tabla 24</b> <i>Tensión equivalente (Stress Von Mises)</i> .....	<b>84</b>
<b>Tabla 25</b> <i>Factor de seguridad</i> .....	<b>85</b>

<b>Tabla 26</b> <i>Deformación total calculado en el software CAE</i> .....	<b>87</b>
<b>Tabla 27</b> <i>Esfuerzo máximo calculado en el software CAE</i> .....	<b>88</b>
<b>Tabla 28</b> <i>Tensión equivalente (Stress Von Mises)</i> .....	<b>89</b>
<b>Tabla 29</b> <i>Factor de seguridad</i> .....	<b>90</b>
<b>Tabla 30</b> <i>Deformación total calculado en el software CAE</i> .....	<b>91</b>
<b>Tabla 31</b> <i>Esfuerzo máximo calculado en el software CAE</i> .....	<b>92</b>
<b>Tabla 32</b> <i>Tensión equivalente (Stress Von Mises)</i> .....	<b>93</b>
<b>Tabla 33</b> <i>Factor de seguridad</i> .....	<b>93</b>
<b>Tabla 34</b> <i>Deformación total calculado en el software CAE</i> .....	<b>95</b>
<b>Tabla 35</b> <i>Esfuerzo máximo calculado en el software CAE</i> .....	<b>95</b>
<b>Tabla 36</b> <i>Tensión equivalente (Stress Von Mises)</i> .....	<b>96</b>
<b>Tabla 37</b> <i>Factor de seguridad</i> .....	<b>97</b>
<b>Tabla 38</b> <i>Resumen de datos del análisis de elementos finitos</i> .....	<b>99</b>
<b>Tabla 39</b> <i>Recursos Humanos</i> .....	<b>110</b>
<b>Tabla 40</b> <i>Recursos Tecnológicos</i> .....	<b>110</b>
<b>Tabla 41</b> <i>Costo detallado de los materiales y elementos mecánicos</i> .....	<b>111</b>
<b>Tabla 42</b> <i>Costo detallado del sistema de dirección, suspensión y frenos</i> .....	<b>112</b>
<b>Tabla 43</b> <i>Costo detallado de los materiales de pintado</i> .....	<b>112</b>
<b>Tabla 44</b> <i>Costos referentes a manufactura</i> .....	<b>113</b>
<b>Tabla 45</b> <i>Costo total de la construcción del bastidor y estructura</i> .....	<b>114</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Bastidor Multitubular</i> .....	<b>30</b>
<b>Figura 2</b> <i>Suspensión de Doble trapecio</i> .....	<b>32</b>
<b>Figura 3</b> <i>Amortiguador de gas</i> .....	<b>33</b>
<b>Figura 4</b> <i>Fuerzas que actúan al momento del frenado</i> .....	<b>34</b>
<b>Figura 5</b> <i>Freno de disco</i> .....	<b>36</b>
<b>Figura 6</b> <i>Frenos regenerativos</i> .....	<b>36</b>
<b>Figura 7</b> <i>Tipos de nodos</i> .....	<b>42</b>
<b>Figura 8</b> <i>Soldadura por arco eléctrico</i> .....	<b>43</b>
<b>Figura 9</b> <i>Parámetros de diseño</i> .....	<b>54</b>
<b>Figura 10</b> <i>Bastidor en CAD</i> .....	<b>71</b>
<b>Figura 11</b> <i>Modelado del bastidor en CAD</i> .....	<b>71</b>
<b>Figura 12</b> <i>Basculante</i> .....	<b>72</b>
<b>Figura 13</b> <i>Modelado 3D vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW</i> .....	<b>72</b>
<b>Figura 14</b> <i>Modelado 3D del sistema de suspensión delantera y trasera</i> .....	<b>73</b>
<b>Figura 15</b> <i>Modelado CAD de la estructura</i> .....	<b>74</b>
<b>Figura 16</b> <i>Sistema de referencia del tricar</i> .....	<b>74</b>
<b>Figura 17</b> <i>Cargas en un vehículo de dos ejes</i> .....	<b>75</b>
<b>Figura 18</b> <i>Centro de gravedad</i> .....	<b>76</b>
<b>Figura 19</b> <i>Distribución de masas</i> .....	<b>78</b>
<b>Figura 20</b> <i>Deformación total del bastidor</i> .....	<b>83</b>
<b>Figura 21</b> <i>Esfuerzo máximo</i> .....	<b>84</b>
<b>Figura 22</b> <i>Stress Von Mises</i> .....	<b>85</b>
<b>Figura 23</b> <i>Factor de Seguridad</i> .....	<b>86</b>
<b>Figura 24</b> <i>Deformación total del bastidor</i> .....	<b>87</b>
<b>Figura 25</b> <i>Esfuerzo máximo</i> .....	<b>88</b>

<b>Figura 26</b> <i>Stress Von Mises</i> .....	<b>89</b>
<b>Figura 27</b> <i>Factor de Seguridad</i> .....	<b>90</b>
<b>Figura 28</b> <i>Deformación total del bastidor</i> .....	<b>91</b>
<b>Figura 29</b> <i>Esfuerzo máximo</i> .....	<b>92</b>
<b>Figura 30</b> <i>Stress Von Mises</i> .....	<b>93</b>
<b>Figura 31</b> <i>Factor de Seguridad</i> .....	<b>94</b>
<b>Figura 32</b> <i>Deformación total del bastidor</i> .....	<b>95</b>
<b>Figura 33</b> <i>Esfuerzo máximo</i> .....	<b>96</b>
<b>Figura 34</b> <i>Stress Von Mises</i> .....	<b>97</b>
<b>Figura 35</b> <i>Factor de Seguridad</i> .....	<b>98</b>
<b>Figura 36</b> <i>Inspección del material</i> .....	<b>102</b>
<b>Figura 37</b> <i>Corte y curvado de la tubería redonda</i> .....	<b>103</b>
<b>Figura 38</b> <i>Soportes en forma de U para los neumáticos delanteros</i> .....	<b>103</b>
<b>Figura 39</b> <i>Estructura para sujeción de neumático posterior</i> .....	<b>104</b>
<b>Figura 40</b> <i>Elaboración de soportes para sistemas de dirección y suspensión delantero</i> .....	<b>104</b>
<b>Figura 41</b> <i>Ensamble de las partes del bastidor</i> .....	<b>105</b>
<b>Figura 42</b> <i>Elementos del bastidor y estructura</i> .....	<b>106</b>
<b>Figura 43</b> <i>Bastidor sometido al proceso de pintura electrostática</i> .....	<b>107</b>
<b>Figura 44</b> <i>Ensamble de los sistemas automotrices del bastidor</i> .....	<b>107</b>
<b>Figura 45</b> <i>Armado del sistema de suspensión, frenos y dirección del prototipo</i> .....	<b>108</b>
<b>Figura 46</b> <i>Barra de ayuda de dirección</i> .....	<b>108</b>
<b>Figura 47</b> <i>Armado total del bastidor con sus diversos sistemas</i> .....	<b>109</b>

**ÍNDICE DE ECUACIONES**

<b>Ecuación 1.</b> <i>Fórmula de carga de frenado</i> .....	<b>46</b>
<b>Ecuación 2.</b> <i>Fórmula de la energía cinética</i> .....	<b>46</b>
<b>Ecuación 3.</b> <i>Fórmula de trabajo de frenado</i> .....	<b>47</b>
<b>Ecuación 4.</b> <i>Fórmula distancia de frenado</i> .....	<b>47</b>
<b>Ecuación 5.</b> <i>Fórmula de la masa total</i> .....	<b>48</b>
<b>Ecuación 6.</b> <i>Fórmula fuerza de carga de frenado</i> .....	<b>48</b>
<b>Ecuación 7.</b> <i>Fórmula de la aceleración centrípeta</i> .....	<b>48</b>
<b>Ecuación 8.</b> <i>Fórmula de fuerza de carga de giro</i> .....	<b>49</b>
<b>Ecuación 9.</b> <i>Fórmula del actor de seguridad</i> .....	<b>49</b>
<b>Ecuación 10.</b> <i>Fórmula de la carga total</i> .....	<b>50</b>
<b>Ecuación 11.</b> <i>Fórmula de la carga sobre el eje posterior</i> .....	<b>50</b>
<b>Ecuación 12.</b> <i>Fórmula de la carga sobre el eje delantero</i> .....	<b>51</b>

## Resumen

En el presente trabajo de integración curricular se diseña y construye el bastidor del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW, a partir del proceso de modelado y simulación de cargas estáticas y dinámicas. Se analiza las alternativas de selección del material de acuerdo a la disponibilidad en el país y especificaciones detalladas NTE INEN 2415:216 y NTE INEN 2250:15 para la construcción del prototipo. Se estudia la distribución de masas presentes en el bastidor, determinando su distribución porcentual dentro de cada eje. Una vez determinado las masas, se procede a la aplicación de fórmulas matemáticas que determinan las cargas en aceleración brusca, carga de frenado, carga de giro, fuerza en el centro de gravedad, fuerzas en el eje delantero, posterior. Este análisis determina la funcionalidad del bastidor, en base a las cargas que soporta la estructura. El análisis CAE permite conocer esfuerzos y deformaciones a las que está sometido cuando esté en funcionamiento, obtiene datos, los cuales determinan los valores de esfuerzo, tensión, deformación y factor de seguridad, los cuales el bastidor soporta. De la misma manera se concluye con un diseño funcional. Finalmente, se realiza la construcción del bastidor, de acuerdo con las dimensiones obtenidas en el modelado, considerando aspectos de seguridad activa y pasiva según establece la NTE INEN 034.

*Palabras clave:* Diseño, modelado, sistemas mecánicos, herramientas computacionales.

### **Abstract**

In this curricular integration work, the frame of the L2 CMDR RICKSHAW multipurpose electric vehicle is designed and built, following step by step the modeling and simulation process of static and dynamic loads. The material selection alternatives are analyzed according to the availability in the country and detailed specifications NTE INEN 2415:216 and NTE INEN 2250:15 for the construction of the prototype. The weights to which the frame is subjected are analyzed to continue with the modeling of the prototype. Once the weights to which it is subjected have been determined, mathematical formulas are applied to determine the loads in sudden acceleration, braking load, turning load, force in the center of gravity, forces in the front and rear axles and mass distribution in the front and rear axles. This analysis determines the sizing of the frame, based on the elements mounted on the structure. The modeling of the frame allows to know the stresses and deformations to which it is subjected when it is in operation. This analysis obtains data, which allows to determine the values of stress, strain, deformation and safety factor. In the same way, a functional design is concluded. Finally, the construction of the frame is carried out, according to the dimensions obtained in the modeling, considering active and passive safety aspects as established in NTE INEN 034.

*Keywords:* Design, modeling, mechanical systems, computational tools.

## Capítulo I

### Introducción

#### Antecedentes

Los vehículos eléctricos son una alternativa de movilidad, se diferencian de los móviles a motor de combustión en la disminución de contaminación ambiental, desde el punto de vista de emisiones y sonoro, es así, que en la región las importaciones, ha tenido un crecimiento en los últimos años; China es el principal exportador de motocicletas eléctricas, exportando: Brasil en 2019 193,106, Chile con 178,606, México con 94,718, Uruguay con 78,869 y Colombia con 68,702. (Martínez Dammer, Jorge Gabriel, 2018)

En Ecuador presenta estímulos regulatorios para los vehículos categoría E; como exoneración de: aranceles a la importación, impuesto a los consumos especiales, IVA del 0% automotores de transporte y de carga, 0% de IVA en el servicio de carga y exoneración de la restricción vehicular no circula. (AEADE, 2019)

Los vehículos eléctricos BEV, PHEV, FCEV, ha desarrollado tecnología optimizando sus parámetros de funcionamiento en rutas urbanas y extraurbanas (autonomías y tiempos de carga); dotando de mejores prestaciones, tienen una eficiencia del 80%.

Movilidad sostenible es un concepto que nace de las preocupaciones por los problemas medioambientales, energéticos y sociales derivados de los modelos de transporte urbano, la generalización del uso del vehículo particular como medio de transporte de personas, en un momento en el transporte representa la cuarta parte de las emisiones de gases de efecto invernadero, con este enfoque la movilidad eléctrica es una innovación tecnológica, entendida ésta como la introducción de nuevos productos y servicios, de nuevos procesos y de nuevas fuentes de abastecimiento y cambios en la organización industrial, con una clara orientación al cliente, al consumo y al cuidado del medio ambiente. (Jimenez, 2015)

La movilidad eléctrica contempla como criterios básicos el ahorro en términos económicos, el cuidado del medio ambiente en términos ecológicos y la eficiencia energética en términos de optimización de recursos, actuando como agente normalizador de la demanda energética, como promotor de las redes de inteligentes y como catalizador de energías renovables. (Jimenez, 2015)

### **Planteamiento del problema**

El crecimiento del parque automotor mundial y nacional de vehículos con sistemas de tracción por motores de combustión, crea una demanda combustible fósil, a esto sumado la inestabilidad del mercado del crudo del petróleo y la fluctuación del costo de los carburantes como la gasolina y el diésel; así como, los altos niveles de contaminación que generan y la congestión vehicular de las ciudades; crea la necesidad de buscar alternativas de energía para la movilidad de personas y carga que optimice los medios de transporte público y privado. (Arnaiz, 2015)

La movilidad con sistemas de tracción por combustibles derivados del petróleo incide en las condiciones de poco respeto al medio ambiente, así como generan un entorno vehicular que produce altos niveles de contaminación.

La movilidad eléctrica gestiona de manera efectiva la demanda de energía de acuerdo a condiciones de congestión en rutas urbanas y extraurbanas, pues disminuye los tiempos de operación de su sistema de tracción BEV, a diferencia del sistema de combustión interna requiere de manera permanente el consumo de energía fósil; la tecnología eléctrica genera una conducción de práctica suave, intuitiva, silenciosa y no contaminante con el fin de facilitar la movilidad en zonas de difícil acceso con vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW en las diferentes condiciones geográficas, ambientales y carga de batería a fin de establecer la funcionalidad.

De tal manera, se requiere realizar pruebas mediante software, las cuales ayudaran a tener una visión más clara del armado del bastidor con sus respectivos sistemas, cumpliendo los requerimientos de movilidad de personas y carga de hasta 300 kg.

### **Justificación, *importancia* y alcance**

La movilidad que generan los vehículos con energías fósiles resulta ineficiente y contaminante, por lo que el prototipo vehículo eléctrico multipropósito 3x3 es ideal prototipo de vehículo para incentivar la creación de una cultura de investigación y uso de transporte en automoción.

El análisis de vehículos y prototipos eléctricos que generen tendencia en la utilización diaria, desarrollo tecnológico y creación de fuentes de desarrollo, en tal sentido el trabajo se realizará investigación para la construcción y diseño de un bastidor para un vehículo eléctrico el cual considera como datos experimentales del diseño, construcción y pruebas del Vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW.

La importancia del trabajo es obtener datos los cuales se tomarán mediante simulaciones con ayuda de herramientas computacionales las cuales ayudan a comprobar la resistencia, flexión, tracción y factor de resistencia del material con el cual se construya el bastidor conjuntamente con sus diversos sistemas del vehículo.

### **Descripción del proyecto**

El presente trabajo de integración curricular del tema “Diseño y construcción del bastidor del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW”, considera lo siguiente:

Se realizará la fundamentación científica a través de fuentes Bibliográficas confiables mediante bases de datos digitales, normativas, manuales y artículos referentes a diseño y construcción de prototipos monoplaza eléctricos.

Se seleccionará materiales de acuerdo a la disponibilidad en el país y especificaciones detalladas NTE INEN 2415:2016 y NTE INEN 2250: 2017; para la construcción de la estructura del prototipo.

Se diseñará el bastidor y sistemas automotrices del prototipo en software de ingeniería asistido por computador considerando cargas muertas y cargas vivas a través de modelos gráficos representados en 2D y 3D para la simulación de la estructura del prototipo; garantizando equilibrio del móvil pensando en aspectos como: centro de gravedad del habitáculo situado bajo su eje de giro y un eje de giro de ruedas situado bajo su punto de contacto con la superficie para optimizar la estabilidad en diferentes condiciones de circulación del vehículo de tal manera de obtener datos referentes a los parámetros de tensión de von Mises, desplazamientos resultantes y factor de seguridad.

Construcción del bastidor del prototipo vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW en cumplimiento a normativas nacionales para vehículos comercializados y que pueden circular por el Ecuador.

Se seleccionará los sistemas automotrices mecánicos, eléctricos y electrónicos como: suspensión, dirección, frenos, neumáticos, alumbrado y accesorios que serán ensamblados en el bastidor del prototipo considerando aspectos de seguridad activa y pasiva según establece la RTE INEN 034 de los elementos de seguridad con los cuáles deben contar los vehículos para circular en el Ecuador, así como, garantizar confort del conductor del vehículo; de tal manera de realizar el montaje de los sistemas en la estructura.

Se realizará las pruebas de performance del bastidor y sistemas automotrices del vehículo eléctrico multipropósito 3x3, a través de rutas de circulación urbana y extraurbana para condiciones de movilidad en vías de primer, segundo y tercer orden en diferentes ciclos de

conducción analizando la relación peso – potencia, peso – velocidad, velocidad – aceleración acorde a la demanda de energía.

## **Objetivos**

### ***Objetivo General***

- Diseñar y construir del bastidor del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW.

### ***Objetivos Específicos***

- Diseñar el bastidor del prototipo en software de ingeniería asistido por a través de modelos gráficos representados en 2D y 3D para la simulación de la estructura del prototipo.
- Realizar el modelado 2D, 3D y la simulación de todos los elementos mecánicos del vehículo como sistemas de transmisión, suspensión, dirección, frenos, etc.
- Optimizar la estabilidad en diferentes condiciones de circulación del vehículo, pensando en aspectos como: centro de gravedad del habitáculo situado bajo su eje de giro y un eje de giro de ruedas situado bajo su punto de contacto con la superficie.
- Seleccionar los materiales de acuerdo a la disponibilidad en el país y especificaciones detalladas NTE INEN 2415:2016 y NTE INEN 2250: 2017; para la construcción de la estructura del prototipo.
- Realizar la construcción del batidor del multipropósito L2 CMDR RICKSHAW mediante la selección de materiales e implementación de un método de manufactura apropiado.

## **Variables de investigación**

### ***Variables dependientes***

- Construcción del bastidor del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW.

### ***Variables independientes***

- Diseño del bastidor del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW.

## **Hipótesis**

- ¿La estabilidad del prototipo vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW en diferentes condiciones de circulación del vehículo, depende del centro de gravedad del habitáculo situado bajo su eje de giro y un eje de giro de ruedas situado bajo su punto de contacto con la superficie?

## Capítulo II

### Fundamentación Teórica

#### Vehículo eléctrico L2 CMDR

Según la normativa NTE INEN 2656, “es un ciclomotor de tres ruedas, diseñado para velocidades hasta un máximo de 45 km/h a 50 km/h, equipado con capacidad máximas de dos asientos”. (INEN, 2016)

Algunas ventajas de este modelo es que debido a su diseño, cuando el vehículo está detenido, puede mantenerse en pie sin necesidad de un apoyo extra. Ofrece más seguridad dentro de la categoría L, basado en velocidad y forma de diseño de ruedas. Una de sus posibles desventajas es la estabilidad en curvas por su diseño de única rueda trasera, no es un vehículo familiar ya que solo entra cabida a dos pasajeros como máximo. (INEN, 2016)

#### Generalidades y Componentes

##### ***Bastidor***

Al igual que en los automóviles, el bastidor es el que soporta el peso de los elementos mecánicos, eléctricos y los diversos sistemas que constituyen el vehículo. En la construcción de bastidores se busca rigidez y ligereza.

##### ***Características que deben cumplir un bastidor:***

Peso relativamente ligero, exclusivamente para mantener baja la relación peso/potencia.

Soportar esfuerzos que produzca el vehículo cuando esté en marcha, sin dar cabida a la deformación en ningún sentido.

##### ***Tipos de Bastidor***

Se clasifican en función a su forma de unión del cabezal de dirección con la zona del basculante.

- Bastidor simple cuna
- Bastidor doble cuna
- Bastidor multitubular
- Bastidor de scooter

### ***Bastidor multitubular***

Normalmente se usan en motores portantes, esto quiere decir que el motor se atornilla al bastidor y forma parte de la estructura como características principales absorbiendo esfuerzos. Estos tipos de bastidores son usados en motocicletas deportivas o vehículos asociados con competición. (Eduardo Agueda Casado, José Luis García Jiménez, Tomas Gomez Morales, 2012)

Tradicionalmente los materiales con los que son fabricados son baratos, resistentes y fácil al momento de trabajar. Una de sus principales funciones es conectar el chasis directamente con la suspensión de la estructura, haciendo llegar todas las fuerzas que se producen en las ruedas de la motocicleta, entre estas están: aceleración, frenado, cambio de la trayectoria, irregularidad de los terrenos, pendientes, etc. (Eduardo Agueda Casado, José Luis García Jiménez, Tomas Gomez Morales, 2012)

### **Figura 1**

*Bastidor Multitubular*



*Nota.* Este tipo de bastidores son usados en motocicletas de competencia, será de ayuda para el diseño de la parte posterior del prototipo. (Pruebaderuta, 2006)

Pruebaderuta. (2006). *pruebadetura.com*. Tomado de *pruebadetura.com*:

<https://www.pruebaderuta.com/tipos-de-chasis-en-la-motocicleta.php>

## **Sistema de suspensión**

Es el conjunto de elementos cuyas funciones principales a cumplir es estabilidad y confort del vehículo. Absorber las irregularidades presentes en el terreno. El sistema de suspensión actúa tanto entre el bastidor y los neumáticos, las cuales reciben de forma directa la irregularidad de superficie del terreno.

Básicamente la suspensión trata de que las ruedas estén en constante y permanente contacto con el terreno.

Tienen el objetivo de absorber las irregularidades presentes en la calzada, existen de diferentes tipos, entre las más destacada:

### ***Tipos de Suspensión***

- Suspensión Dependiente o eje rígido
- Suspensión Independiente
- Suspensión de Doble trapecio

### ***Suspensión de doble trapecio***

Este sistema de trapecios permite regular los brazos de la suspensión, dejando variar la geometría de la dirección, dando manejabilidad y estabilidad según sea la necesidad en vehículos dotados de este sistema. (Viñas, 2014)

También es denominado suspensión de trapecios superpuestos, donde el amortiguador forma parte de la estructura, no soportan grandes esfuerzos y su peso por estar suspendido es menor. Normalmente son usados en motocicletas de cuadro ruedas.

## Figura 2

*Suspensión de Doble trapecio*



*Nota.* Este tipo de suspensión es utilizado en vehículos como motocicletas de cuatro ruedas, también llamados cuatri motos. (Blancarte, 2013) Blancarte, J. (23 de Octubre de 2013). *autocosmos*. tomado de autocosmos: <https://noticias.autocosmos.com.co/2013/08/23/cuales-son-los-tipos-de-suspension-mas-comunes>

## Amortiguadores

Los amortiguadores comúnmente funcionan mediante un embolo de un pistón que recorre un cilindro, hay varios tipos de amortiguadores en el mercado uno de ellos es el amortiguador de gas, el cual aporta con seguridad y confort durante la conducción. Este tipo de amortiguadores comparten estructura y montaje similar al de aceite, sin embargo, su rendimiento presenta ciertas diferencias.

Un aspecto positivo de estos amortiguadores es que favorecen a la adherencia de los neumáticos al asfalto, y su punto negativo es que son más duros y rígidos provocando que las irregularidades del terreno sean más notorias al momento de la conducción. (Castro, 2004)

### **Figura 3**

*Amortiguador de gas*



*Nota.* Ilustración interior de un amortiguador de gas. (Teroson, 2004). Tomado de Teroson: <https://blog.reparacion-vehiculos.es/amortiguadores-de-gas-ventajas-e-inconvenientes>

### **Sistema de dirección**

Se conforma de un volante o timón, unida a una columna de dirección, conjuntamente ensamblada con mecanismos de rotulas que tienen como misión dirigir la orientación de las ruedas, para que el vehículo tome una determinada trayectoria. (Castro, 2004)

#### ***Elementos del sistema de dirección***

- Volante.
- Columna de dirección.
- Caja o mecanismo de dirección.
- Timonería de mando o brazos de acoplamiento y de mando.
- Ruedas



**Fuerza de frenado**

Se desarrolla en la superficie de la rueda, esto tiene consecuencia debido al contacto de la misma con el suelo. Tiene dos límites, uno es impuesto por la adherencia y el otro impacto al sistema de frenado.

**Resistencia a la rodadura**

Se debe a la fuerza que retrasa, su influencia es mínimo frente a la fuerza que se produce en el frenado.

**Acciones Aerodinámicas**

Se da debido al avance, esto se debe que a altas velocidades, moderadas o bajas se desprecia frente al valor de la fuerza de frenado.

**Tipos de sistemas de frenado**

Todo vehículo debe contar con un sistema de frenado, este tiene que ser capaz de desacelerar el vehículo hasta inmovilizarlo. Su adaptación dispone independiente de cualquier tipo de vehículo un diseño lo haga seguro y confiables, capas de disipar el calor y transferir la energía producida en los elementos que lo conforman. (Cascajosa, 2005)

- Freno de tambor
- Freno de disco
- Frenos regenerativos

**Frenos de Disco**

Es un sistema que se emplea en todo tipo de vehículos, es más ligero, sencillo y efectivo que el freno de tambor. Su funcionamiento se basa en principios básicos de mecánica e hidráulica básica, se produce por medio de una bomba la cual transmite la presión que se ejerce a un émbolo, transmitiendo las fuerzas de empuje sobre las pastillas y así sobre el disco.

**Figura 5***Freno de disco*

*Nota.* Constitución de un freno de discos, donde se puede observar tanto disco como mordaza con sus respectivas pastillas de freno. Tomado de (Dominguez & Ferrer, 2012) Dominguez, E. J., & Ferrer, J. (2012). *Sistemas de Transmisión y frenado*. España: Editex.

***Frenos Regenerativos***

El frenado regenerativo es un proceso simple utilizado en vehículos eléctricos actuales. Este sistema permite recargar baterías usando la potencia del mismo frenado del vehículo. Durante este proceso la energía cinética se desperdicia y vuelve a ser almacenada en la batería.

Algunas ventajas de estos frenos son una mejora en la autonomía eléctrica, ya que, al poder reutilizar la energía cinética para recargar nuevamente la batería, hace rendir en un porcentaje considerable para futuras cargas. En cuestiones mecánicas aumenta la vida útil tanto de pastillas como de discos, alargando de manera significativa su próximo reemplazo.

**Figura 6***Frenos regenerativos*



*Nota.* Interior de frenos regenerativos con sus respectivas partes. (Palomino, 2017) Palomino, D. A. (01 de Julio de 2017). *Nitro.pe*. Tomado de Nitro.pe: <https://www.nitro.pe/mecanico-nitro/el-frenado-regenerativo.html>

### **Acero utilizado en construcción estructural automotriz**

En el mercado existe una gran variedad de aceros para realizar diversos trabajos en el campo automotriz, para identificar y clasificar este tipo de aceros existen una normalización la cual viene expresadas en cifras, letras y signos.

#### ***Tipos de aceros normalizados***

- Aceros estructurales según norma SAR-IRA
- Aceros estructurales según norma ASTM
- Aceros estructurales norma AISI-SAE, UNS

El material elegido para la realización del prototipo se rige a los Aceros estructurales según norma ASTM, especialmente al material ASTM A 36 (cuyo limite elástico es de 250 MPa y tensión de rotura es de 400-500 MPa) (Budynas R. G., 2015)

La ventaja de usar este tipo de acero, en trabajos estructurales son los siguientes:

- Alta resistencia por su unidad de peso, esto hace referencia a su grado de resistencia que permite a las estructuras ser más livianas.

- Elasticidad y ductilidad, este tipo de acero permite soportar grandes esfuerzos con un límite de deformación pequeña, ya que tiene comportamiento elástico en si del material ayudando a que las fallas que se produzcan en el material no sean visibles.
- La disponibilidad de encontrar este tipo de acero en diversas presentaciones y formas como por ejemplo en perfiles, esto optimiza la fabricación de estructuras.

### **Propiedades mecánicas Acero ASTM A 36**

- Es de gran importancia conocer las propiedades mecánicas del material a trabajar, ya que estas indican si es funcional o no para la estructura a construir, las propiedades están explícitas a cargas, cambios de temperatura, deformación, entre otras condiciones, a continuación, se presentará las propiedades mecánicas del material utilizado. (Budynas R. G., 2015)

**Tabla 1**

*Propiedades mecánicas del acero ASTM A36*

Designación ASTM	Fy Mínimo	Fu Esfuerzo ultimo Kg/ cm <sup>2</sup>	Máximo	Tipo de acero
	esfuerzo a la fluencia Kg/ cm <sup>2</sup>		espesor para placas (mm)	
A36		4077.81-	4077.81-	C
	2249.824	5624.56	5624.56	
	2531.05	4077.81-	4077.81-	
		5624.56	5624.56	

*Nota.* Esta tabla muestra las propiedades mecánicas del acero ASTM A36. Tomado de (Budynas R. G., 2015) Budynas, R., & Keith Nisbett, J. (2018). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Mexico : Mc Graw Hill Education.

### **Tipos de perfiles estructurales para bastidores automotrices.**

#### ***Material de sección redonda***

Es usado en todo tipo de estructuras donde sea necesario una resistencia y fiabilidad al momento de su aplicación. En las siguientes tablas de podrá observar las especificaciones técnicas.

**Tabla 2**

*Perfiles de sección redonda*

Denominación	Diámetro exterior	Espesor (e)	Peso	
			Kg/m	Kg/6m
Pulgadas	mm	mm		
1/2	12.70	0.75	0.24	1.43
		0.90	0.29	1.72
		0.75	0.29	1.71
3/8	15.88	0.90	0.34	2.06
		1.10	0.41	2.43
		0.75	0.35	2.08
3/4	19.05	0.90	0.41	2.46
		1.10	0.50	2.98
		0.75	0.42	2.51
7/8	22.22	0.90	0.50	3.01
		1.10	0.59	3.55

Denominación	Diámetro exterior		Espesor (e)		Peso	
	Pulgadas	mm	mm	Kg/m	Kg/6m	
			1.10	0.46	2.76	
1		25.40	0.90	0.55	3.30	
			1.10	0.67	4.01	
1 1/4		31.75	0.90	0.69	4.15	
			1.10	0.84	5.05	
1 1/2		38.10	0.90	0.83	5.00	
			1.10	1.02	6.09	
1 3/4		44.45	0.90	0.97	5.79	
			1.10	1.18	7.07	
1 7/8		47.63	0.90	1.05	6.27	
			1.10	1.27	7.61	
2		50.80	0.90	1.12	6.70	
			1.10	1.36	8.14	

*Nota.* La tabla representa los perfiles redondos del catálogo distribuidos por la empresa NOVACERO. Tomado de (NOVACERO, 2020)

### ***Material de sección cuadrada y rectangular***

Este tipo de materiales representan mejoras al momento de trabajarlos como ahorro en soldadura, facilidad al momento de realizar estructuras y su precio es mucho más accesible que otro tipo de materiales en perfilería.

### **Tabla 3**

*Perfiles de sección cuadrado*

Denominación	Dimensión		Espesor	Peso	
		(a)	(e)		
	Pulgadas	mm	mm	Kg/m	Kg/6m
<b>Cuadrada</b>	3/4	20	0.75	0.46	2.75
			0.90	0.54	3.24
			1.10	0.65	3.88
	1	25	0.75	0.58	3.48
			0.90	0.69	4.15
	1 1/4	30	1.10	0.84	5.05
			0.90	0.83	5.00
	1 1/2	40	1.10	1.02	6.09
			0.90	1.05	6.27
	<b>Rectangular</b>	3/4 x 1 1/2	20x40	1.10	1.27
0.75				0.70	4.19
0.90				0.83	5.00
1 x 2		25x50	1.10	1.02	6.09
			0.90	1.05	6.27
			1.10	1.27	7.64

*Nota.* La tabla representa los perfiles cuadrados del catálogo distribuidos por la empresa NOVACERO. Tomado de (NOVACERO, 2020)

### **Soldadura de perfiles estructurales automotrices**

En el conformado de estructuras automotrices es muy común la unión de piezas por medio de soldadura, estas uniones son permanentes y permiten la manufactura de diferentes máquinas e implementos en la industria automotriz.

## ***Tipos de uniones para perfiles estructurales***

### ***Unión en prolongación***

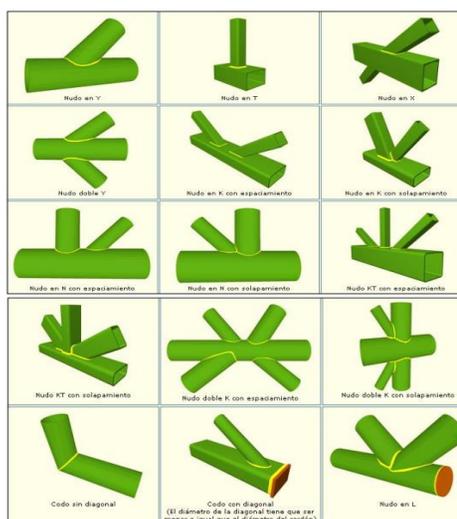
Es usado en especial para perfiles tubulares, donde el objetivo principal es alcanzar una resistencia de penetración adecuada y evitar puntos frágiles de la barra haciendo así que soporte mucha más carga. Es necesario escoger un electrodo adecuado para el tipo de acero al momento de trabajar. (LINCOLN, 2019)

- Uniones soldadas en alguno recto
- Nudo de ángulo recto simple
- Nudo de ángulo recto con placa rígida transversal

Estos nudos pueden realizarse en perfiles redondos o tubulares, donde la clasificación de los nudos son desacuado al espacio que existe entre los bordes de los perfiles. En la siguiente figura se observa los distintos nudos con perfiles tubulares, cuadrados y rectangulares.

### **Figura 7**

#### *Tipos de nudos*



*Nota.* Tipos de uniones soldadas planas en tuberías redondas, cuadradas y rectangulares.

Tomado de (Ringegni, Mecanismos y Elementos de Máquinas , 2017) Ringegni, P. P. (2017).

Mecanismos y Elementos de Máquinas. En P. P. Ringegni, *Cálculo de uniones* (págs. 11-12).

La Plata: Facultad de Ingeniería.

### ***Punteado de soldadura***

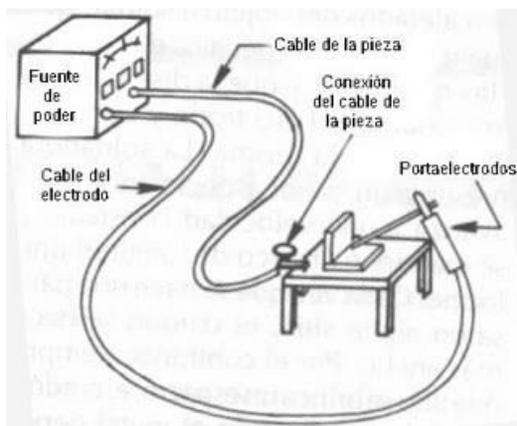
El punteado en la soldadura es una unión temporal preliminar, previa a la soldadura permanente, el espesor del mismo punteado debe ser a proporción de la raíz del perfil, garantizando de mejor forma el cordón posterior que se realizara de manera continua una vez realizado el punteo el cual pasara a ser parte del cordón definitivo de soldadura. (LINCORN, 2019)

### ***Soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido***

La soldadura por arco eléctrico se compone de una fuente, esta fuente puede ser de corriente alterna o continua, provista de controles para dosificar la cantidad de amperaje o voltaje que se requiera. Para la conexión de este tipo de soldadura es necesario una pinza masa y por otro lado una pinza con el electrodo revestido, haciendo el cierre del circuito al momento de tocar el material a soldar. El arco eléctrico produce una temperatura superior capas de fundir tanto el electrodo como el material. (LINCORN, 2019)

## **Figura 8**

### ***Soldadura por arco eléctrico***



*Nota.* Esquema soldadura de arco con sus respectivas partes. Tomado de (LINCOLN, 2019) LINCOLN. (5 de Mayo de 2019). Conocimientos de soldadura. *LINCOLN SOLDANDO*, pág. 2-3.

## **Sistemas CAD-CAE**

### ***CAD – Diseño asistido por computador***

CAD es un tipo de tecnología presente en centros técnicos de diseño metalmecánicos, encargados plasmar ideas, modelados geoméricamente para posteriormente construirlos con los diferentes materiales.

El sistema CAD, se carga a un ordenador el cual permite manipular representaciones visuales tanto en dos y tres dimensiones, obteniendo así imágenes realistas del futuro proyecto a diseñar observándolo de múltiples puntos de vistas en movimiento o estáticas.

En conclusión, se puede mejorar la experiencia de creación de diseño con la disminución del tiempo y ganando calidad con las distintas herramientas previas a CAD como pesos, inercias, colisiones entre piezas, entre otros.

### ***CAE – Ingeniería asistida por computadora***

Es necesario pasar previo por un sistema CAD antes de un sistema CAE, ya que este utiliza la geometría dado por CAD para su previo análisis de punto de partida. Sin embargo, es un proceso integrado de múltiples funciones de ingeniería que van desde el propio diseño hasta la misma fabricación (Oswaldo, 2015).

- CAE brinda conocimientos sobre el desempeño del material, mucho más temprano que el proceso de desarrollo, realizando cambios de material o forma antes de la fabricación.

- Los diseños se pueden modificar o evaluar usando herramientas de simulación bajo diferentes tipos de pruebas o estados físicos del material, ahorrando tiempo y dinero.
- Fomentan una previa revisión del diseño y ayudan a la comprensión y eliminación de problemas potenciales, durante el ciclo de vida del producto, dando soluciones tempranas y con mayor facilidad.

### **Software CAD-CAE**

Existen software con distintivos de usar sistemas CAD-CAE para el diseño 2D y 3D para modelar y ensamblar, este ofrece un mundo de herramientas para solucionar y cubrir aspectos implicados en el proceso y diseño de productos. Entre sus diversas herramientas que ofrece da la posibilidad de crear, diseñar, simular, fabricar, publicar y gestionar datos precisos sobre diseños (Oswaldo, 2015).

Este tipo de software combinados, posee sistema CAE el cual está representado por paquetes los cuales son herramientas de análisis estructurales para elementos finitos, los cuales ayuda a predecir el comportamiento físico real de un producto modelado previamente con la herramienta CAD, el paquete de sistema CAE proporciona capacidad de análisis estático lineales – no lineales y a su vez con análisis dinámicos. (Oswaldo, 2015)

### **Criterio de Von Mises**

También llamada como criterio de máxima energía de distorsión o resistencia estática, aplicada a distintos materiales dúctiles, según el material no fluirá en un punto analizando siempre la energía de distorsión por unidad de volumen al momento de un ensayo de tracción. (Arnaiz, 2015)

Un ensayo de tracción se somete a la probeta del material hasta un punto de rotura. A partir de dichas medidas de fuerza y alargamiento de la probeta, se obtiene una gráfica en donde

hay una representación de la tensión  $\sigma$  (Fuerza aplicada / sección de la probeta) frente a una deformación longitudinal unitaria (Garratón, 2017).

### **Carga al frenado**

Un vehículo en movimiento establece su energía cinética que equivale a la velocidad media del desplazamiento. El vehículo sufre aceleraciones negativas o también conocidas como desaceleraciones, esto sucede cuando se aplica una fuerza igual y de sentido contrario a la fuerza del movimiento. Donde intervienen varios aspectos como fuerza de rozamiento, peso del vehículo, cargas vivas o muertas. (Lumsden, 2004)

#### **Ecuación 1. Fórmula de carga de frenado**

$$a = \frac{V_1^2 - V_0^2}{2S}$$

Donde:

a= aceleración  $\left(\frac{m}{s^2}\right)$

$V_1$ = Velocidad final  $\left(\frac{m}{s}\right)$

$V_0$ = Velocidad inicial  $\left(\frac{m}{s}\right)$

S= Distancia de frenado (m)

Para el cálculo de la distancia de frenado, hay que considerar la energía cinética del vehículo, la cual es de igual magnitud, pero de sentido contrario cuando el vehículo es detenido.

#### **Ecuación 2. Fórmula de la energía cinética**

$$Ec = \frac{m * V^2}{2}$$

Donde:

$E_c$ = Energía cinética ( $N * m$ )

$m$ = masa del vehículo ( $Kg$ )

$V$ = Velocidad ( $\frac{m}{s}$ )

**Ecuación 3. Fórmula de trabajo de frenado**

$$T = P * \mu * S$$

Donde:

$T$ = Trabajo de frenado ( $N * m$ )

$P$ = peso del vehículo ( $Kg \frac{m}{s^2}$ )

$\mu$ = Coeficiente de rozamiento.

$S$ = Distancia de frenado ( $m$ )

**Ecuación 4. Fórmula distancia de frenado**

$$S = \frac{V^2}{2 * g * \mu}$$

Donde:

$V$ = Velocidad ( $\frac{m}{s}$ )

$S$ = Distancia de frenado ( $m$ )

$G$ =Gravedad ( $\frac{m}{s^2}$ )

$\mu$ = Coeficiente de rozamiento.

La velocidad máxima alcanzada por los motores eléctricos es de 50Km/h, teniendo en cuenta esta velocidad se procede a calcular la distancia de frenado.

El coeficiente de frenado para un camino asfaltado es de 0.67. (Bonnick, 2008)

La masa total a la que está sometida la estructura, está dada por la suma de las cargas vivas y cargas muertas.

**Ecuación 5. Fórmula de la masa total**

$$m_T = m_{CV} + m_{CM}$$

Donde:

$m_{CV}$  = Masa total cargas vivas (Kg)

$m_{CM}$  = Masa total cargas muertas (Kg)

La fuerza de carga de frenado está dada por:

**Ecuación 6. Fórmula fuerza de carga de frenado**

$$CF = m_T * a$$

Donde:

$m_T$  = Masa total (Kg)

$a$  = aceleración  $\left(\frac{m}{s^2}\right)$

**Cargas de giro**

Es una medición que describe la capacidad de un vehículo para girar, cuanto más corto sea el radio de giro más maniobrabilidad ofrece este. Existen el radio de curvatura el cual describe la huella del neumático, donde intervienen la velocidad del vehículo con su respectiva masa. (Lumsden, 2004)

**Ecuación 7. Fórmula de la aceleración centrípeta**

$$a_c = \frac{V^2}{r_c}$$

Donde:

$a_c$  = Aceleración Centrípeta  $\left(\frac{m}{s^2}\right)$

$V$  = Velocidad del vehículo  $\left(\frac{m}{s}\right)$

$r_c$  = Radio de curvatura ( $m$ )

### Fuerza de carga de giro

**Ecuación 8.** *Fórmula de fuerza de carga de giro*

$$CG = m_T * a_c$$

Donde:

$a_c$  = Aceleración Centrípeta  $\left(\frac{m}{s^2}\right)$

$m_T$  = Masa total ( $Kg$ )

Factor de seguridad determina la resistencia a la flexión en el punto de vista de resistencia mecánica.

**Ecuación 9.** *Fórmula del actor de seguridad*

$$ns = \frac{S}{\sigma}$$

Donde:

$Ns$  = Factor de seguridad

$S$  = Coeficiente de resistencia

$\sigma$  = Tensión existente ( $N * m$ )

## Carga total

Es la relación que tiene una masa respecto a la gravedad, en este caso es el resultado de la multiplicación de la gravedad respecto con la masa total del vehículo a estudiar.

Dádonos como resultado una carga o peso total. (SCANIA, 2017)

### **Ecuación 10. Fórmula de la carga total**

$$Q = m * g$$

Donde:

m= masa total (Kg)

g= Gravedad  $\left(\frac{m}{s^2}\right)$

## Carga sobre el eje posterior

El peso que puede soportar el vehículo en la parte trasera o posterior, tomando en cuenta la distancia entre los ejes de las ruedas y la diferencia entre su centro de gravedad respecto al eje delantero. (SCANIA, 2017)

### **Ecuación 11. Fórmula de la carga sobre el eje posterior**

$$Q_t = Q * \frac{B - d}{B}$$

Donde:

$Q_t$ = Carga sobre el eje posterior (N \* m)

Q= Carga total ejercida en el centro de gravedad, peso del vehículo (N \* m)

B= Distancia entre ejes (m)

d= Distancia del centro de gravedad al eje delantero (m)

**Carga sobre el eje delantero.**

El peso que puede soportar el vehículo en la parte delantera, tomando en cuenta la carga o peso ejercido en el centro de gravedad, multiplicada por la relación de la distancia del centro de gravedad del eje delantero con la distancia entre ejes. (SCANIA, 2017)

**Ecuación 12.** *Fórmula de la carga sobre el eje delantero*

$$Q_d = Q * \frac{d}{B}$$

Donde:

$Q_d$ = Efecto de carga Q sobre el eje delantero ( $N * m$ )

Q= Carga total ejercida en el centro de gravedad, peso del vehículo ( $N * m$ )

B= Distancia entre ejes ( $m$ )

d= Distancia del centro de gravedad al eje delantero ( $m$ )

## Capítulo III

### **Diseño del bastidor del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW**

El diseño del bastidor conlleva criterios de funcionalidad, facilidad de construcción, número de piezas reducidas, alta funcionalidad, calidad/precio, resistencia y larga duración. Existen herramientas computacionales que permiten desarrollar diseños estructurales con dimensiones reales, selección de material, simular esfuerzos y deformaciones, teniendo como resultado tensiones, deformaciones máximas - mínimas y factor de seguridad que determinan si el diseño es apropiado para su manufactura.

El bastidor para un vehículo tipo L2 CMDR RICKSHAW, en su diseño establece que soporta velocidades de hasta 45 Km/h y con un máximo de dos plazas de ocupantes incluido al conductor. Al ser un prototipo multipropósito 3x3, su diseño soporta cargas dinámicas, estáticas, esfuerzos a deformación y tensiones en funcionamiento. Se analiza como una masa puntual, su dimensionamiento está en función de las medidas de los componentes que serán parte del mismo, se emplea un análisis de elementos finitos que permite determinar en condiciones de funcionamiento esfuerzos a deformación, tensión, Von Mises y factor de seguridad en función del material seleccionado. Condicionando para dar paso al proceso de construcción.

#### **Características de diseño del bastidor.**

En el diseño de estructuras automotrices, se debe contar con características como:

- Su resultado debe ser atractivo.
- El proceso de manufactura sea de fácil fabricación.
- Alta funcionalidad y larga duración.
- Un número de piezas reducida.
- Relación calidad/precio.

### ***Criterios de diseño***

Se analiza la facilidad para la construcción, soldadura, facilidad de adquisición del material, costos, resistencia/esfuerzo, distorsión/rigidez, seguridad y mantenimientos.

Partiendo de los criterios, se debe contar con una amalgama de opciones, las cuales deben de ser estudiadas por medio de alternativas previo al diseño final.

### ***Parámetros de diseño en función a la necesidad.***

La necesidad es el diseño del bastidor del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW, para esto se establece datos de partida en función de las dimensiones de los componentes que son parte del bastidor, estos elementos obligatorios condicionarán el diseño.

**Tabla 4**

*Componentes incorporados al bastidor*

<b>Componente</b>	<b>Característica</b>	<b>Peso (Kg)</b>	<b>Dimensiones (mm)</b>
Motor eléctrico	Potencia 2000 KW		272 de largo.
Aro	Rin 8	12.8	Diámetro de 222 5 de largo
Controlador	72 voltios	0.2	3 de alto 5 de ancho 20 de ancho
Batería	60 V 35 A	6.7	40 de largo 10 de alto
Transformador	60 V a 12 V	0.3	3 de ancho 3 de largo

Componente	Característica	Peso (Kg)	Dimensiones (mm)
			4 de alto

*Nota.* Esta tabla muestra características y dimensiones de los componentes que conforman el sistema eléctrico, control y mandos incorporados en el bastidor.

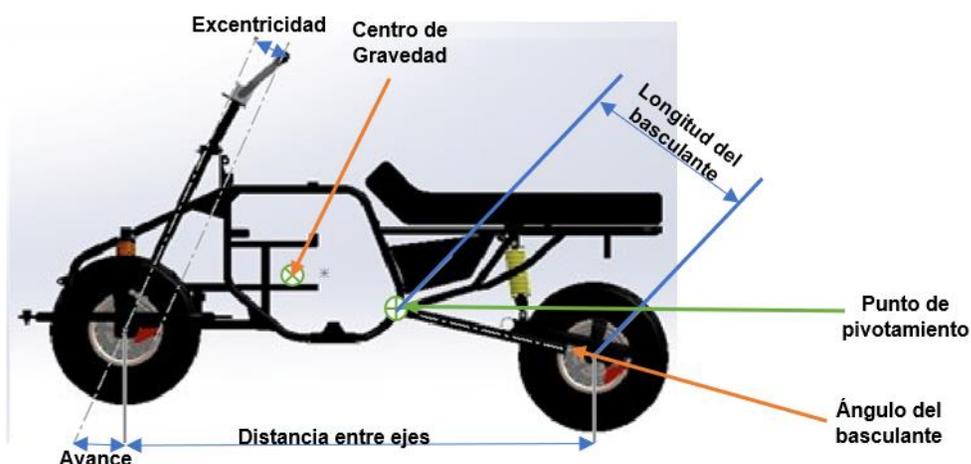
### **Geometría y consideraciones para el diseño del bastidor**

La geometría del bastidor está en función de los conjuntos de componentes incorporados y el comportamiento del tricar. En el estudio cinemático del bastidor, se considera como un cuerpo rígido, esto sin elementos de suspensión, dirección y ruedas.

Parámetros de influencia en la creación del bastidor para el vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR Rickshaw.

### **Figura 9**

Parámetros de diseño



*Nota.* Esta gráfica representa los parámetros del diseño en función de sus cotas principales para el vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW.

***Distancia entre ejes***

La distancia entre ejes, es el punto de contacto del centro de los neumáticos que coincide entre los centros de rueda cuando esta recta la dirección. El prototipo debe de brindar una distancia segura, tomando en cuenta aspectos como, su distancia está entre los 1400 mm y 1500 mm.

***Avance***

El avance es la distancia entre el punto de contacto paralelo y la inclinación de la dirección. Su función es proporcionar la seguridad al manejo, su distancia está entre los 85 mm y 100 mm. Puede variar con el sistema.

***Centro de Gravedad***

La distribución de masas en un plano tridimensional localiza las partes más pesadas, el bastidor solo soporta el peso de las baterías, ocupantes y sistema eléctrico, esto será colocado de manera adecuada para un centro de gravedad estable y centrado.

El centro de gravedad debe estar colocado en la parte central y lo más cercano al suelo posible. Si el centro de gravedad es muy alto, causa que la fuerza de frenado sea inestable.

***Angulo del basculante***

Está ubicado entre la horizontal y línea del centro que une a la rueda trasera y al pivotante. Teniendo en cuenta que alberga al tercer motor, se diseña en base a las dimensiones del mismo, debe estar entre los 10° y 15°.

***Angulo de la dirección***

Para una correcta forma debe estar entre los 20° y 30°, para brindar seguridad cuando esté en funcionamiento, el dimensionamiento depende de la forma para determinar una conducción cómoda.

### **Rigidez**

Se considera que toda estructura automotriz, debe de contar con la mayor rigidez admisible con respecto a la flexión y torsión, para que no existan deformaciones elásticas.

### **Resistencia en servicio**

Contar con puntos de poyo que prevean fisuras en los cordones de suelda, las zonas de cuidado son los puntos del tren motriz, la dirección y el conjunto del tren de tracción.

### **Dimensionamiento**

Para su dimensionamiento se toma en cuenta el comportamiento al que estará sometido, los valores que se toma en consideración, son idóneos para conseguir el comportamiento dinámico deseado.

El motor eléctrico es incorporado al aro, su dimensionamiento queda fuera del bastidor, se toma en cuenta al alojamiento de baterías, sistema de suspensión y dirección que van incorporados a la estructura, las cotas son las siguientes.

**Tabla 5**

*Cotas de diseño*

<b>Referencia</b>	<b>Medida [Unidad]</b>	<b>Permisividad</b>
Distancia entre ejes	1420 mm	+ - 20 mm
Angulo de dirección	24.7°	+ - 2°
Avance	39.1 mm	+ - 10 mm
Excentricidad	23.28 mm	+ - 5 mm
Angulo del basculante	15°	+ - 3°
∅ Rueda delantera	300 mm	-
∅ Rueda trasera	300 mm	-

*Nota.* La tabla muestra las cotas de diseño para la estructura del bastidor, la permisividad de las ruedas delanteras y traseras está en base a el nivel de inflado de cada una.

### **Fases del diseño**

Se expresa de manera consecutiva, al proceso empleado para el diseño final del bastidor del vehículo eléctrico.

### **Chasis multitubular**

En el diseño, como alternativa recurrente se toma a los bastidores tubulares como alternativa en diseño de prototipos, los cuales tienen una forma tridimensional a medida, en él se alojan sus componentes y por su facilidad de construcción.

Este tipo de chasis es experimental, su fabricación no requiere de mucho tiempo he inversión, para vehículos experimentales y prototipos es una de las opciones más adecuadas.

### **Cargas que soportan el bastidor**

#### ***Cargas Muertas***

Es la estimación del peso total del bastidor en condiciones de operación, incluye elementos estructurales y accesorios de la estructura tubular.

**Tabla 6**

*Peso del Prototipo L2 CMDR Rickshaw en Cargas Muertas*

<b>Elementos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Peso (Kg)</b>	<b>Peso Total (Kg)</b>
Estructura Tubular	1	17.73409	17.73409
Baterías	3	6.7	20.1
Motor Eléctrico	3	12.8	38.4
Accesorios	1	7.1	7.1

<b>Elementos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Peso (Kg)</b>	<b>Peso Total (Kg)</b>
Equipaje	1	30	30
Controladores	3	2	6
Carga Muerta (Sin Carenado)			119.33409

*Nota.* Esta tabla representa a los pesos de la estructura tubular del bastidor, componentes, partes de los sistemas y accesorios que representan las cargas muertas sin carenado.

### **Cargas vivas**

Se considera a los ocupantes, “se estima el peso promedio de una persona es 75Kg masa de un ocupante”. (INEN:1323, 2009, pág. 6)

**Tabla 7**

*Cargas vivas*

<b>Peso del Prototipo L2 CMDR Rickshaw en Cargas Vivas</b>			
<b>Elementos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Peso (Kg)</b>	<b>Peso Total (Kg)</b>
Cargas Vivas	2	75	150

*Nota.* Esta tabla representa las cargas vivas presentes en la estructura del bastidor.

### **Cargas estáticas**

En el bastidor las cargas estáticas tomadas en cuenta para el diseño son: la carga viva (CV) y la carga muerta (CM).

### **Cargas dinámicas**

Las cargas dinámicas que están sometidas a la estructura del bastidor son:

- Carga a la aceleración brusca (CAb).
- Carga de frenado (CF).
- Carga de giro (CG).

### **Carga de giro**

Se toma en cuenta según la fuerza centrípeta, se genera al tomar una curva determinando su radio de giro a cierta velocidad.

El vehículo eléctrico al ser un prototipo tiene una velocidad máxima de 50km/h según las pruebas realizadas en vacío. Teniendo en cuenta esto, se toma los datos que se registra en la tabla 8, que determina la velocidad en función del radio de curvatura.

**Tabla 8**

*Velocidades, radios mínimos en carretera*

<b>Velocidad (del vehículo) (km/h)</b>	<b>Radio de curvatura de la carretera (m)</b>
80	250
85	300
90	350
95	400
100	450
115	500
120	550

*Nota.* Esta tabla es una Adaptación de (INEN:1323, 2009, pág. 6).

Las características del prototipo indica que estas velocidades no serán alcanzadas, debido a que su velocidad máxima es de 50Km/h, se considera, los datos reflejados en la tabla determinan la disminución de velocidad que está en función del radio de curvatura.

A una velocidad de 50Km/h equivalente a 13.89m/s, su radio de curvatura es de 50m.

Para este caso de debe de considerar la aceleración centrípeta a la que estará sometido el bastidor.

**Tabla 9**

*Parámetros y fórmulas para cálculos de esfuerzo de carga*

Parámetro	Fórmula	Cálculo	Resultado
Cargas vivas	$C_V = \sum m_{CV}$	$C_V = 150Kg$	$C_V = 150Kg$
Cargas muertas	$C_M = \sum m_{CM}$	$C_M = 119.33409Kg$	$C_M = 119.33409Kg$
Distancia de frenado	$S = \frac{V^2}{2 * g * \mu}$	$S = \frac{(13.8889(m/s))^2}{2 * (9.81(m/s^2)) * (0.67)}$	$S = 14.674452m$
Cálculo de la aceleración	$a = \frac{V_1^2 - V_0^2}{2S}$	$a = \frac{(0(m/s))^2 - (13.8889(m/s))^2}{2 * (14.674452m)}$	$a = -6.5727 m/s^2$
Aceleración centrípeta	$a_c = \frac{V^2}{r_c}$	$a_c = \frac{(13.8889(m/s))^2}{50}$	$a_c = 3.858 m/s^2$
Masa total	$m_T = m_{CV} + m_{CM}$	$m_T = 150Kg + 119.33409Kg$	$m_T = 269.33409Kg$
Cargas De Fuerzas De Frenado	$CF = m_T * a$	$CF = (269.334Kg) * (-6.572m/s^2)$	$CF = -1770.252173 N$

Parámetro	Fórmula	Cálculo	Resultado
Cargas De			
Fuerza De Aceleración Brusca	$C_{Ab} = -CF$	$C_{Ab} = -(-1770.252173N)$	<b>1770.252173 N</b>
Cargas De Fuerza De Giro	$CG = m_T * a_c$	$CG = (269.334Kg) * (3.8580m/s^2)$	<b>1039.099232 N</b>

*Nota.* Esta tabla representa el cálculo de cargas dinámicas y estáticas sometidas al bastidor en función de cargas vivas, muertas, velocidad y aceleración.

### **Selección del Material**

La selección del material en cualquier diseño es una de las principales consideraciones, se emplea sistemas metodológicos que permiten analizar las propiedades de distintos materiales en función de sus características. Las más comunes son: Mapas morfológicos y mapas de ponderación.

Los mapas de ponderación son valores asignados en función a la cualidad que posee el material, esto determina valores que deben ser ponderados, posterior a esto se selecciona la alternativa que mejor puntaje obtenga, la cual será idónea para la construcción del bastidor.

Se tomarán en cuenta mapas de ponderación para una correcta selección del material a utilizar.

### **Material de construcción**

En este análisis, se toma en cuenta, tres clases de tubería estructural que poseen similares características, pero de diferentes fabricantes que están presentes en el Ecuador.

Los materiales a tomar en cuenta son de la clase tubería estructural redonda de iguales propiedades y disponibilidad.

Materiales a analizar:

- JIS G 3132.
- ASTM A36.
- ASTM A572.

**Tabla 10**

*Característica de los materiales*

<b>A</b>	<b>Perfil a seleccionar</b>	<b>Tipo de recubrimiento</b>	<b>Aplicaciones</b>
A1	Tubería estructural redonda de 3/4	Negro	Automotriz, autopartes
A2	Tubería estructural redonda de 1"	Galvanizado	
A3	Tubería estructural redonda de 2"	Galvanizado	

*Nota.* Esta tabla representa a las tuberías a seleccionar, en función de su medida, recubrimiento y aplicación en el campo automotriz.

Se presenta el proceso de selección del material, se utilizan datos del tipo de fabricante, espesor, norma y tamaño. Las características que se detallan, buscan una alternativa adecuada para seleccionar el material que conformara el bastidor.

**Tabla 11**

*Tipos de tuberías*

<b>B</b>	<b>Característica</b>				
	<b>Perfil a seleccionar</b>	<b>tipo de calidad de acero</b>	<b>Tipo</b>	<b>Espesor mm</b>	<b>Longitud (m)</b>
B1		JIS G 3132	Nacional	1.4-2	6

<b>Característica</b>					
<b>B</b>	<b>Perfil a seleccionar</b>	<b>tipo de calidad de acero</b>	<b>Tipo</b>	<b>Espesor mm</b>	<b>Longitud (m)</b>
B2	Tubería	ASTM A 36	Nacional	1.4-2	6
B3	estructural redonda	ASTM A572	Nacional	1.4-4	6

*Nota.* Esta tabla representa a los tipos de tuberías en función a su calidad, procedencia, espesor y longitud.

Restricciones que el material debe cumplir para ser seleccionado, cada característica condiciona al material.

**Tabla 12**

*Restricciones de construcción*

<b>C1</b>	Espesor entre 1.5 y 2 mm
<b>C2</b>	Fácil doblado
<b>C3</b>	Facilidad de adquisición
<b>C4</b>	Costo no mayor a 300 dólares

*Nota.* Esta tabla representa los parámetros de selección de la tubería estructural redonda.

Los criterios de diseño condicionan a las alternativas para realizar una selección adecuada.

**Tabla 13**

*Criterios para la selección del material*

<b>D1</b>	Manufactura	Fácil
<b>D2</b>	Soldabilidad	Fácil
<b>D3</b>	Número de piezas reducidas	Mínimo
<b>D4</b>	Rigidez	Máximo
<b>D5</b>	Menor costo de fabricación	Mínimo

*Nota.* Esta tabla representa los detalles en función de las características que poseen los perfiles para construcción.

### ***Ponderación del material***

Se establece una tabla de ponderación de un total de 1. Analizando los criterios descritos, se determina al material que mejor puntuación obtenga, seleccionando a la alternativa con el valor mayor.

### **Tabla 14**

#### *Criterios de ponderación*

<b>Criterios de ponderación</b>	<b>Ponderación</b>
Adquisición	0.3
Manufacturabilidad	0.3
Costo	0.2
Calidad	0.2

*Nota.* Esta tabla representa los valores asignados que serán tomados en cuenta para la selección del material.

Para el análisis se establece una sumatoria para cada una de las restricciones, de igual manera para los criterios. Se realiza un promedio de los dos y su resultado final será el valor descrito como ponderación.

### **Generaciones alternativas**

Alternativa 1, tubería estructural redonda JIS G 3132.

Propiedades mecánicas

Esfuerzo de cedencia 210 MPa mínimo.

Esfuerzo último 270 MPa mínimo.

**Tabla 15**

*Alternativa 1*

<b>Acero</b>	<b>Costo/Calidad/Manufactura</b>		<b>Ponderación</b>
	B1		A1
	C1=0.3	D1=0.3	
	C2=0.2	D2=0.3	
JIS G 3132	C3=0	D3=0	0.7
	C4=0.2	D4=0.2	
	0.7	0.7	

*Nota.* Esta tabla representa la ponderación del material para la selección de alternativa de construcción JIS G 3132.

La alternativa 2, tubería estructural redonda ASTM A36.

Propiedades mecánicas

Esfuerzo de cedencia 250 MPa mínimo.

Esfuerzo último 400 MPa mínimo.

**Tabla 16**

*Alternativa 2*

<b>Acero</b>	<b>Costo/Calidad/Manufactura</b>		<b>Ponderación</b>
	B2		A2
ASTM A36	C1=0.3	D1=0.3	
	C2=0.2	D2=0.3	
	C3=0.3	D3=0	0.9
	C4=0.2	D4=0.2	
	1	0.8	

*Nota.* Esta tabla representa la ponderación del material para la selección de alternativa de construcción ASTM A36.

La alternativa 3, tubería estructural redonda ASTM A572.

Propiedades mecánicas

Esfuerzo de cedencia 290 MPa mínimo.

Esfuerzo último 415 MPa mínimo.

**Tabla 17**

*Alternativa 3*

<b>Acero disponible</b>	<b>Costo/Calidad/Manufactura</b>		<b>Ponderación</b>
	B3		A3
ASTM A572	C1=0.3	D1=0	0.55

<b>Acero disponible</b>	<b>Costo/Calidad/Manufactura</b>	<b>Ponderación</b>
	C2=0.2	D2=0.3
	C3=0.1	D3=0
	C4=0	D4=0.2
	0.6	0.5

*Nota.* Esta tabla representa la ponderación del material para la selección de alternativa de construcción ASTM A572.

Analizadas las alternativas en función de la disponibilidad del material, costo, propiedades mecánicas y facilidad para construcción se determina:

Al acero ASTM A36 como material idóneo para la manufactura del bastidor. Seleccionando la alternativa 2 que presenta una ponderación de 0.9, siendo este valor el mejor con respecto a las demás tuberías estructurales analizadas.

### **Diseño del bastidor en el software CAD**

El diseño de autopartes en la industria automotriz está dado por el uso de herramientas tecnológicas, las cuales ayudan al ingeniero al estudio mecánico de la estructura en función de datos como dimensiones de componentes, aplicación de fuerzas y determinación de factores críticos, finalmente estos datos se analizan para determinar si es adecuado para su construcción.

### ***Consideraciones para el modelado del bastidor.***

#### ***Selección del sistema de suspensión delantera***

El sistema de suspensión delantera como en cualquier vehículo es el encargado de soportar las cargas y oscilaciones cuando esté en funcionamiento.

La selección del sistema de suspensión del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW está determinada por el tipo de tarea que va a realizar, al ser un vehículo todo terreno debe de contar con un sistema de suspensión independiente en las tres ruedas.

El sistema que se adapta a las condiciones en funcionamiento para un vehículo todo terreno es el sistema de suspensión de doble trapecio con amortiguador incluido, este sistema al tener una variedad de componentes se adapta para el requerimiento solicitado.

Para la parte posterior se utiliza el sistema de suspensión tipo Monoshock unido a un basculante tipo tijera.

### ***Selección del sistema de dirección***

La selección del sistema de dirección está basada en la coordinación de los motores eléctricos delanteros, se utiliza una adaptación del sistema de dirección del vehículo cuatri moto.

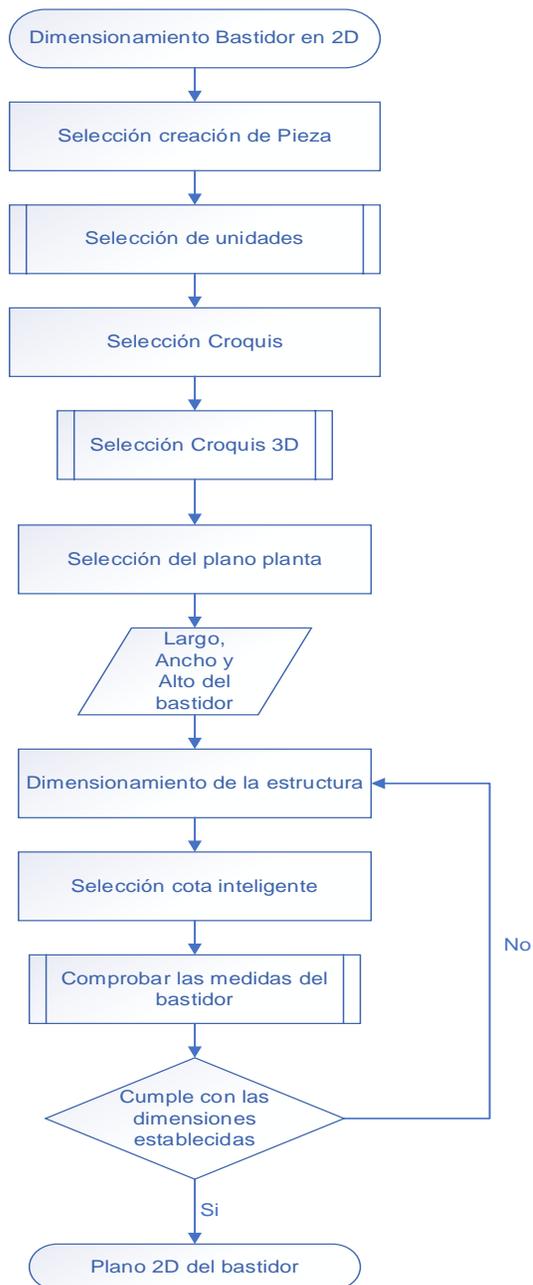
Para una adaptación del sistema de dirección se cuenta con los componentes que conforman el sistema de dirección.

### **Protocolo de dimensionamiento del bastidor en 2D**

El siguiente diagrama de flujo representa el modelado 2D de la estructura tubular en el software CAD, en función de las dimensiones de los accesorios, motores, sistema de suspensión y dirección delantera y posterior, el prototipo consta de dos motores en la parte delantera y un motor en la parte posterior.

El dimensionamiento utilizando el software CAD tiene varios pasos a seguir, a continuación, se detalla el procedimiento para la creación del croquis partiendo del plano 3D.

### Diagrama de flujo del modelado del bastidor en 2D



### Protocolo de la Generación de los perfiles estructurales y selección del material

Los softwares de diseño en CAD incorporan complementos, los cuales ayudan a simular estructuras, dando varias alternativas en selección de perfiles estructurales, selección de material, entre otros. Su utilización es primordial para generar análisis estáticos y dinámicos.

Una selección de material en simulación es muy importante, ya que analiza las propiedades mecánicas del material, cuando está sometido a esfuerzos y cargas puntuales las cuales pueden causar deformaciones y fracturas.

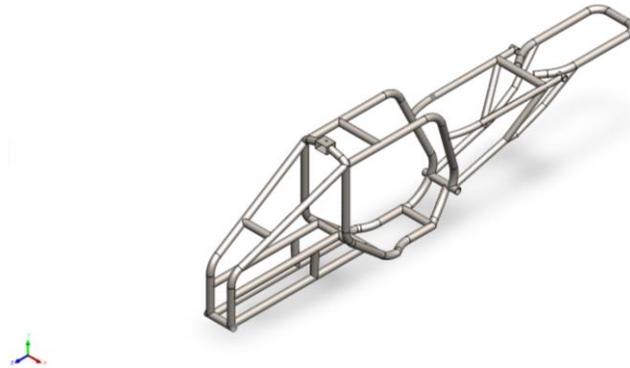
**Diagrama de flujo de la generación del miembro estructural y selección del material**



Una vez concluido el diseño del bastidor, por medio de la simulación en el software CAD se presenta el resultado final del bastidor como miembro estructural.

**Figura 10**

*Bastidor en CAD*

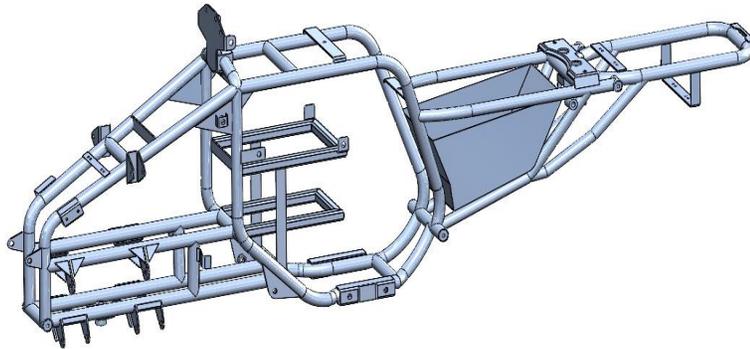


*Nota.* La gráfica muestra al bastidor multitubular terminado.

Para un mejor detallado de donde se colocarán los sistemas automotrices, se representa en la siguiente figura las ubicaciones de las bases y alojamientos del sistema de dirección y suspensión.

**Figura 11**

*Modelado del bastidor en CAD*



*Nota.* El gráfico representa el modelado de las bases para la suspensión delantera y alojamientos de accesorios y baterías.

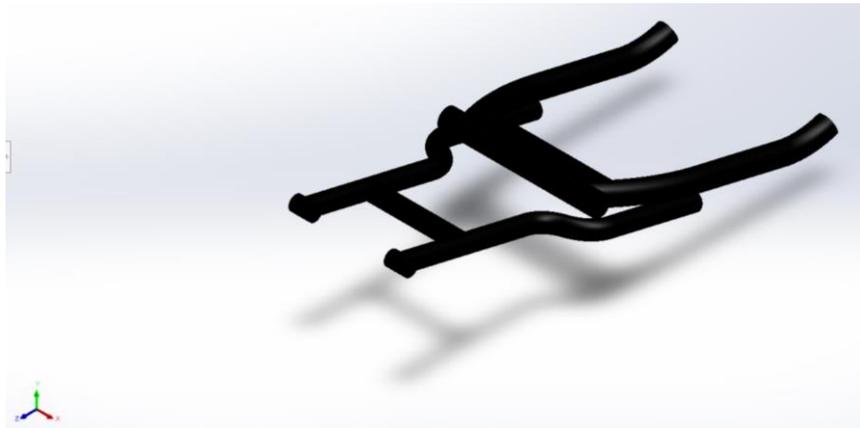
### **Modelado del basculante**

El basculante, se incorpora al bastidor principal de tal manera que es el encargado de conectar el eje de rueda trasera, permite el movimiento oscilatorio vertical, limitando su desplazamiento en sentido horizontal.

Se incorpora para el alojamiento del motor posterior y sistema de suspensión trasera. Su dimensionamiento toma como medidas las dimensiones del motor eléctrico.

### **Figura 12**

*Basculante*



*Nota.* La grafica representa el modelado 3D basculante.

### **Modelado del sistema de suspensión delantero en el software CAD**

El modelado del sistema de suspensión es indispensable para tener un modelo de la estructura final con medidas reales. Los sistemas incorporados a la estructura detallan un acabado del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW, todo unido al bastidor y al basculante.

### **Figura 13**

*Modelado 3D vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW*

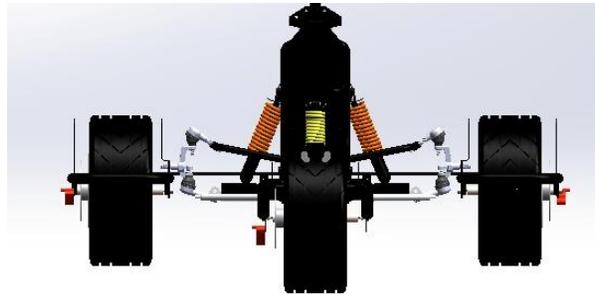


*Nota.* El gráfico representa el modelado CAD del sistema de suspensión delantera, dirección y suspensión posterior.

A continuación, se detallan los sistemas de dirección y suspensión que se incorporaron a la estructura del bastidor del vehículo eléctrico.

#### **Figura 14**

*Modelado 3D del sistema de suspensión delantera y trasera*



*Nota.* El gráfico representa la implementación del sistema de suspensión independiente trasera y delantera modelo en el software CAD.

En la siguiente se incorpora todo el sistema de dirección y suspensión, para el sistema de dirección, se incorpora un manillar para la dirección del vehículo eléctrico.

**Figura 15**

*Modelado CAD de la estructura*



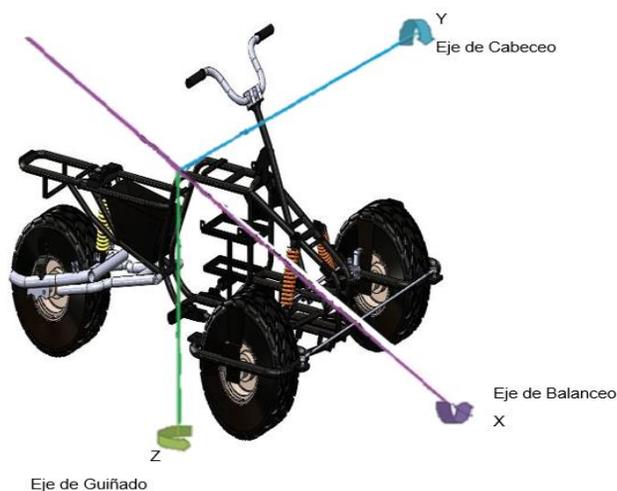
*Nota.* El gráfico representa la implementación del sistema de dirección incorporado en la estructura del bastidor.

### **Sistema de referencia del tricar**

El tricar está sometido a seis grados de libertad de un cuerpo espacial. El tricar está representado como una masa puntual la cual, en su centro de gravedad, para ser analizado, se toma en cuenta sus momentos de inercia rotacionales.

**Figura 16**

*Sistema de referencia del tricar*



*Nota.* El gráfico representa los ejes de referencia, Cabeceo, Balanceo, Guiñado.

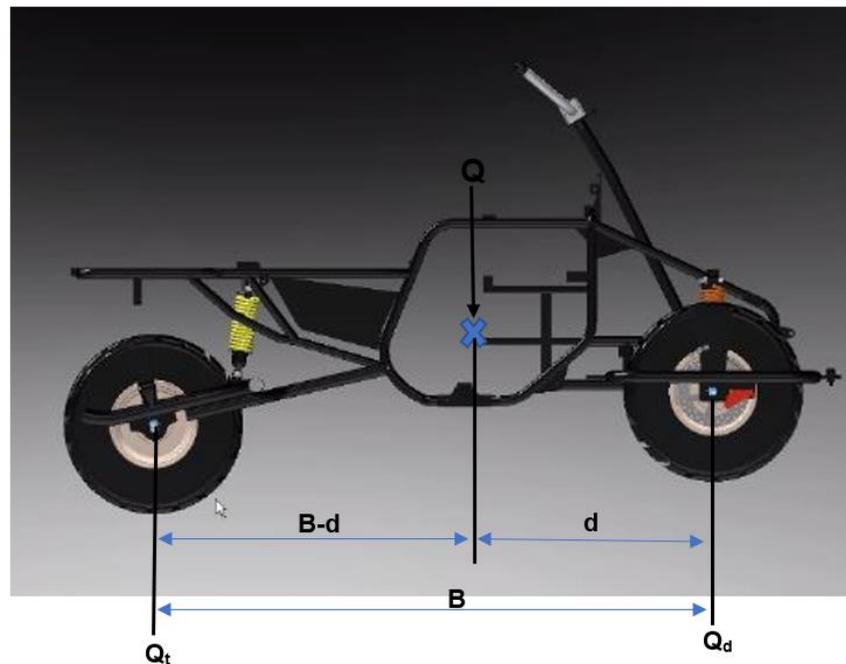
El análisis del tricar está fundamentado por la determinación de la carga total y por ejes. De su comportamiento depende su seguridad en funcionamiento, a continuación, se determina la carga total y se aproxima por medio del cálculo las cargas a las que está sometido en un plano XY para una mejor comprensión.

### **Centro de gravedad.**

Para tener un criterio de donde se encuentra el centro de gravedad, hay que tomar en cuenta su comportamiento, el cálculo analítico es preciso para conocer su ubicación y conocer las diversas cargas a las que está sometida toda la estructura, es muy recomendable la utilización de métodos computacionales para una correcta determinación del centro de gravedad.

**Figura 17**

*Cargas en un vehículo de dos ejes*



*Nota.* El gráfico representa las distancias y cargas a las que está sometido el tricar para el cálculo del centro de gravedad.

Carga  $Q$ , se sitúa a una distancia  $d$  del eje que será analizado.

Donde:

$Q$ = Carga total ejercida en el centro de gravedad, peso del vehículo.

$Q_d$ = Efecto de carga  $Q$  sobre el eje delantero.

$Q_t$ = Efecto de carga  $Q$  Sobre el eje posteríos.

$B$ = Distancia entre ejes.

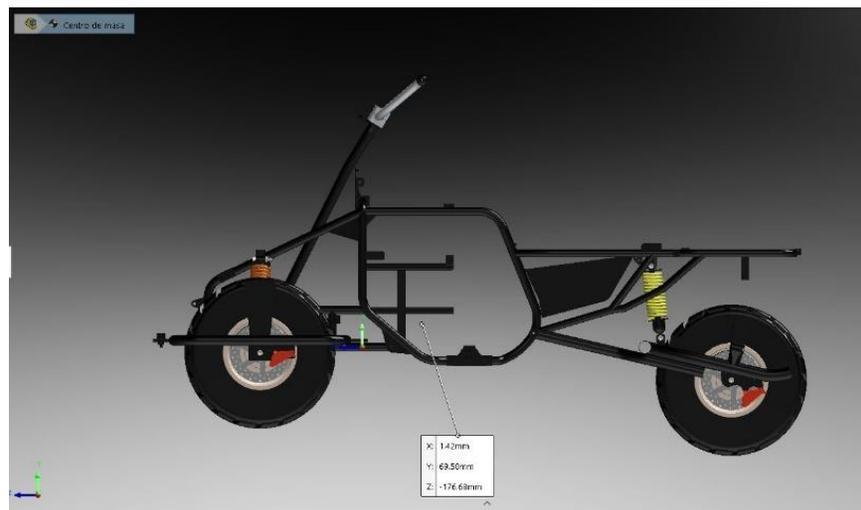
$d$ = Distancia del centro de gravedad al eje delantero.

### ***Distribución de cargas respecto al centro de gravedad del tricar***

En el centro de gravedad, se conoce los momentos y fuerzas a los que está sometida la estructura debido a su comportamiento dinámico y se logra determinar por medio del análisis CAD.

### **Figura 18**

#### *Centro de gravedad*



*Nota.* El gráfico representa las coordenadas del centro de gravedad, utilizando el software CAD.

Es indispensable el cálculo matemático para determinar las cargas a las que está sometida toda la estructura analizada. Se representa el análisis matemático de la carga ejercida en el centro de gravedad, la carga sobre el eje posterior y delantero.

Su fundamentación está determinada en base a las dimensiones del centro de gravedad, esto se conoce por medio de la herramienta de diseño CAD para conocer su ubicación.

**Tabla 18**

*Parámetros y fórmulas para el cálculo del centro de gravedad*

Parámetro	Fórmula	Cálculo	Resultado
Carga total ejercida en el centro de gravedad, peso del vehículo	$Q = m * g$	$Q = (269.33409Kg) * (9.81m/s^2)$	$Q = 2642.1674 N$
Carga sobre el eje posterior	$Q_t = Q * \frac{B - d}{B}$	$Q_t = (2642.1674N) * \frac{(1.40392m) - (0.48934m)}{1.40392m}$	$Q_t = 1721.2330 N$
Carga sobre el eje delantero	$Q_d = Q * \frac{d}{B}$	$Q_d = (2642.1674N) * \frac{0.48934m}{1.40392m}$	$Q_d = 920.9343 N$

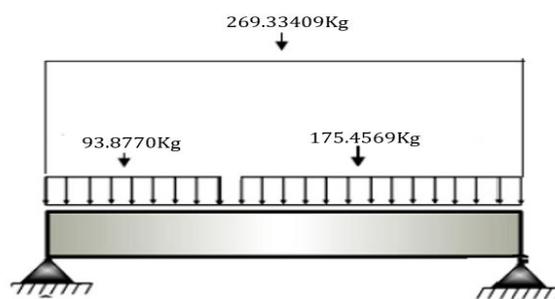
*Nota.* La tabla muestra el análisis de las cargas ejercidas en el centro de gravedad.

### **Distribución de masas**

Realizado el análisis matemático de las cargas en el centro de gravedad y ejes delantero y trasero, se determina la distribución de masas, donde se determinó que es equivalente a un vehículo urbano.

**Figura 19**

*Distribución de masas*



*Nota.* El gráfico representa como están distribuidas las masas en la estructura del bastidor.

Porcentaje de masas que soportan cada eje donde se distribuye en función del peso, determinado donde se concentran más en porcentaje.

**Tabla 19**

*Porcentaje de fuerzas*

<b>Tipo</b>	<b>Valor [Kg]</b>	<b>%</b>
Masa de eje delantero	93.8770	34.86
Masa de eje trasero.	175.4569	65.14

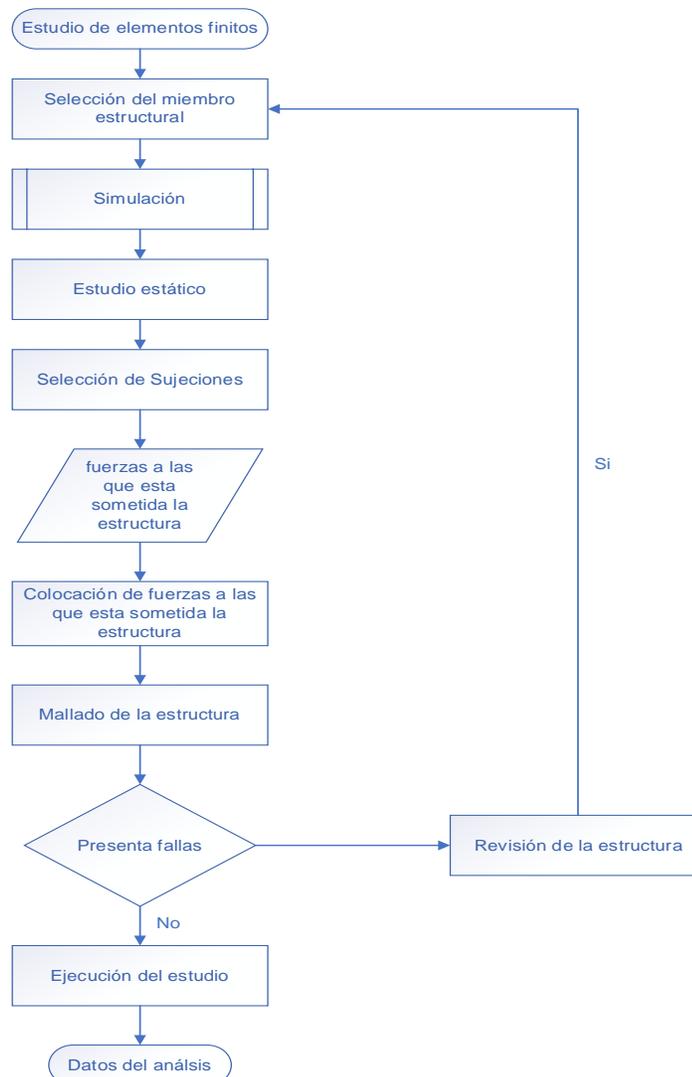
*Nota.* La tabla muestra los porcentajes y valores de la distribución de masas presentes en la estructura del bastidor.

## Análisis de elementos finitos

### Protocolo

Para el análisis de elementos finitos que se aplica a la estructura, se toma en cuenta un protocolo para la realización de la simulación de esfuerzos que son de tipo estáticos y dinámicos. Los esfuerzos dinámicos serán la aplicación de fuerzas de aceleración brusca, fuerza de frenado. Los esfuerzos estáticos será el resultado de las masas a las que estará sometidas multiplicadas por la gravedad. Se detalla a continuación por medio de un diagrama de flujo.

### Diagrama del análisis de elementos finitos



### **Estudio estructural**

El análisis se lo realizara por medio del uso del software CAE, el uso del mismo ayuda a los diseñadores a tener valores reales de esfuerzo mecánico, para determinar si el diseño es seguro y cumple con los criterios, para esto se toma en cuenta las cargas vivas, cargas muertas y fuerzas que actúan sobre la estructura.

En la siguiente tabla, se presenta las fuerzas a las que está sometida la estructura.

**Tabla 20**

*Cargas a las que está sometida la estructura*

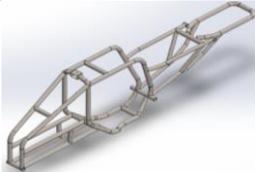
<b>Cargas Que Está Sometido El Bastidor</b>		
<b>TIPO DE CARGA</b>	<b>DESIGNACIÓN</b>	<b>VALOR</b>
Cargas De Fuerzas De Frenado	CF	-1770.252 N
Cargas De Fuerza De Aceleración Brusca	CAb	1770.252 N
Cargas De Fuerza De Giro	CG	1039.099 N
Carga Total Ejercida En El Centro De Gravedad	Q	2249.767 N
Efecto De Carga Sobre El Eje Delantero	$Q_d$	920.934 N
Efecto De Carga Sobre El Eje Posterior	$Q_t$	800.298 N

*Nota.* La tabla muestra las cargas dinámicas y estáticas a las que está sometido el bastidor.

Para el análisis de las cargas a las que está sometido el bastidor, se dividirá por cada tipo de carga. En la siguiente tabla, se presenta los datos principales del bastidor para la realización del análisis.

**Tabla 21**

*Datos del miembro estructural bastidor*

<b>Bastidor</b>	<b>Volumen/Área</b>	<b>Masa</b>	<b>Longitudes [m]</b>
	0.053225m <sup>3</sup> /2.81211m <sup>2</sup>	17.73409 Kg	L= 1.8165 A= 0.2367 Al= 0.5822

*Nota.* La tabla muestra los datos principales de la estructura del bastidor, dimensiones de alto, largo y ancho de la estructura.

### **Análisis de resultados**

Se determina en base a la calidad del acero y el comportamiento de la estructura sometida a las cargas dinámicas y estáticas. Se detalla los criterios para la determinación si la estructura es funcional.

### **Deformación total**

Se determina cuando el punto elástico se deforma permanentemente, para la tubería estructural redonde ASTM A36 la máxima deformación permisible es del 20% de elongación mínima con un límite de fluencia de 250 MPa.

### **Esfuerzo máximo**

Relación máxima de carga que soporta el bastidor para él la tubería estructural redonda ATM A36 como mínima es de 250 MPa como límite de fluencia.

### **Stress Von Mises**

Este valor es uno de los más importantes para el análisis de estructuras metálicas, se compara con la elasticidad del material en este caso de la tubería estructural ASTM A36 que tiene un límite elástico de 250 MPa.

### **Factor de Seguridad**

Toda estructura sin importar el uso debe de contar con un factor de seguridad, el cual faculta a la estructura que no sufrirá algún fallo prematuro o respecto al tiempo. Hay que tomar en cuenta que el factor de seguridad no tiene que ser muy grande ni tampoco muy pequeño debido a que una rigidez mayor o menor pueden causar estragos en la estructura.

El factor mínimo admisible es de 2, dentro de ese rango en adelante se considera que la estructura soporta cargas sin presentar deformaciones permanentes. Mientras más sea el factor más seguro es la estructura. Para el caso de la estructura su factor de seguridad mínimo será de 3.

### **Simulación de la deformación total en el centro de gravedad**

El primer análisis se fundamenta en la carga aplicada en el centro de gravedad, se toma en cuenta la fuerza total a la que está sometida la estructura. La fuerza aplica es de:

$$Q = 2249.767423 \text{ N}$$

A continuación, se presentan los resultados del análisis de elementos finitos a los que está sometida la estructura en la carga ejercida en su centro de gravedad.

**Tabla 22**

*Deformación total calculado en el software CAE*

<b>Tipo</b>	<b>Valor</b>	<b>Criterio</b>
Deformación total Máxima	0.463 mm	20%

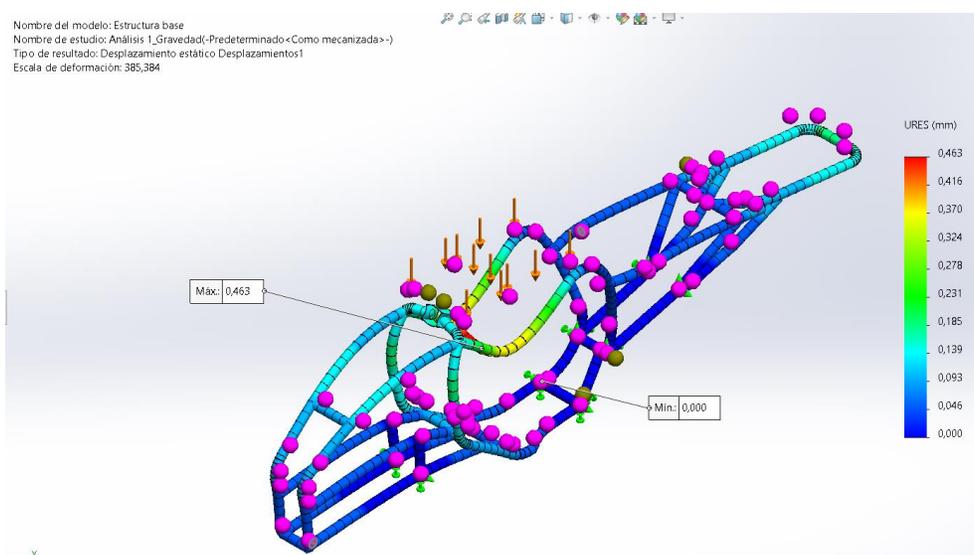
Tipo	Valor	Criterio
Deformación total Mínima	0 mm	

*Nota.* La tabla muestra los resultados obtenidos de la deformación aplicando una carga directa en el centro de gravedad.

Representación de la deformación total, se observa una deformación de 0.463 mm en la parte de la estructura, es una deformación esperada por el tipo de esfuerzo realizado.

## Figura 20

### *Deformación total del bastidor*



*Nota.* El gráfico muestra la simulación por medio del software CAE, la deformación total del bastidor aplicando una carga en el centro de gravedad.

### ***Esfuerzo Máximo en el centro de gravedad***

El esfuerzo máximo calculado aplicando la carga en el centro de gravedad da como resultado:

## Tabla 23

### *Esfuerzo máximo calculado en el software CAE*

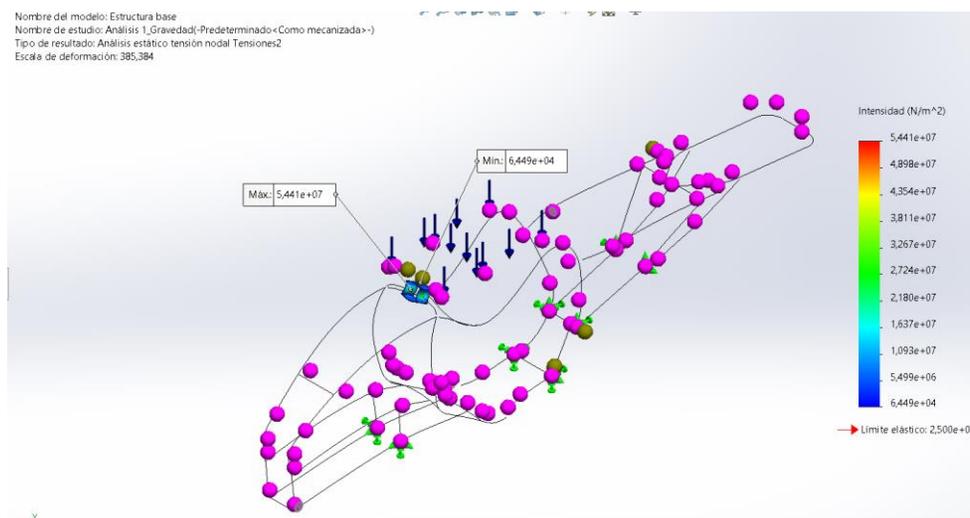
Tipo	Valor	Criterio
Esfuerzo Máxima	54.41 MPa	250 MPa
Esfuerzo mínimo	64490 Pa	

*Nota.* La tabla muestra el máximo esfuerzo que va a soportar la estructura del bastidor sometido a una carga en el centro de gravedad.

El valor obtenido como máximo esfuerzo es de 54.41 MPa que es menor al límite elástico de 250 MPa siendo un resultado esperado.

## Figura 21

### *Esfuerzo máximo*



*Nota.* El gráfico representa la simulación del esfuerzo máximo del bastidor en el software CAE.

### ***Stress Von Mises en el centro de gravedad***

Los valores obtenidos del Stress Von Mises en el centro de gravedad son los siguientes:

## Tabla 24

### *Tensión equivalente (Stress Von Mises)*

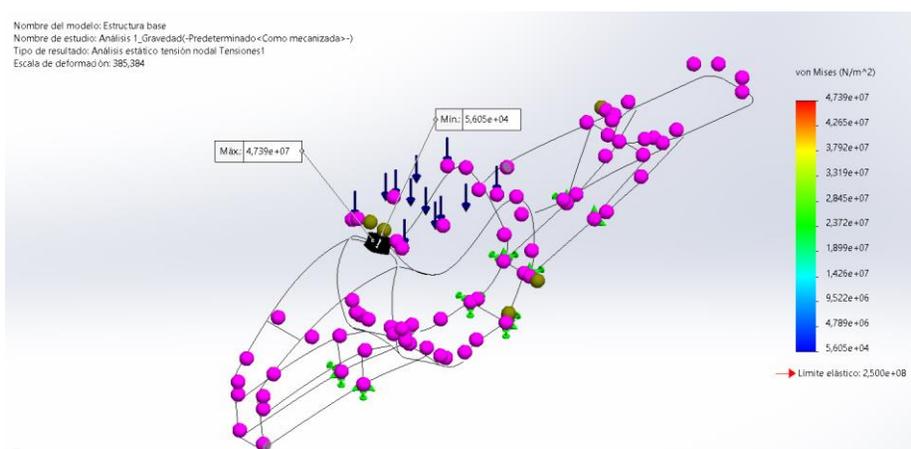
Tipo	Valor	Criterio
Tensión equivalente máxima	47.39 MPa	250 MPa

*Nota.* La tabla muestra el valor de la tensión equivalente máxima a la que estará sometida la estructura del bastidor a una carga en el centro de gravedad.

El Stress Von Mises indica un valor de tensión máxima de 47.39 MPa que es menor al límite de fluencia mínimo de la tubería estructural redonda ASTM A36. Este es un valor está dentro del rango del factor de fluencia del acero.

## Figura 22

### Stress Von Mises



*Nota.* El gráfico representa la simulación de la tensión equivalente Von Mises en el software CAE.

### **Factor de seguridad carga aplicada en el centro de gravedad**

El factor de seguridad como criterio base es de 3 en adelante, el software indica un valor de:

## Tabla 25

### Factor de seguridad

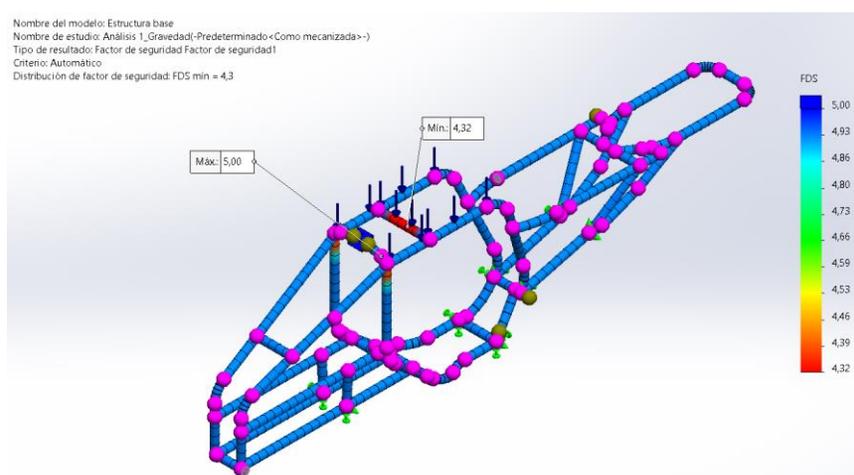
Tipo	Valor	Criterio
Factor de seguridad	4.32	3

*Nota.* La tabla muestra el valor del factor de seguridad calculado por medio del software CAE.

El factor de seguridad mínimo es de 3, el valor del factor de seguridad de 4.32 está dentro del valor mínimo esperado.

### Figura 23

#### *Factor de Seguridad*



*Nota.* El gráfico representa la simulación del factor de seguridad que tiene la estructura cuando se aplica una carga en el centro de gravedad.

#### **Simulación de la deformación total carga de fuerza de frenado**

El segundo análisis se fundamenta en la carga de fuerza de frenado, se toma en cuenta la fuerza total a la que está sometida la estructura. La fuerza aplica es de:

$$CF = -1770.252173 \text{ N}$$

En la siguiente tabla, se presentan los resultados del análisis de elementos finitos a los que está sometida la estructura en la carga de fuerza de frenado.

**Tabla 26**

*Deformación total calculado en el software CAE*

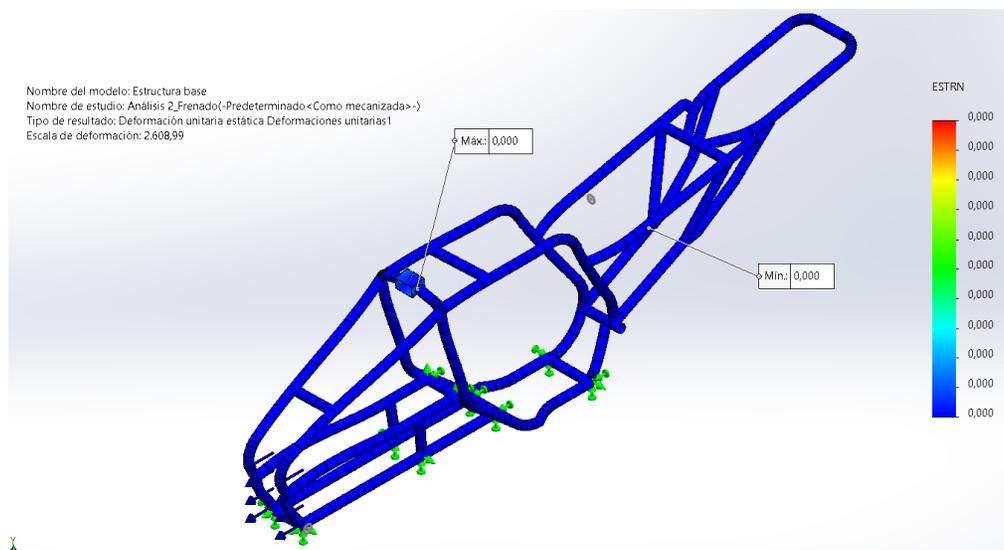
Tipo	Valor	Criterio
Deformación total Máxima	0 mm	20%
Deformación total Mínima	0 mm	

*Nota.* La tabla muestra los resultados obtenidos de la deformación aplicando una carga de fuerza de frenado.

Se obtiene una deformación de 0 mm que es esperada debido al tipo de fuerza aplicada

**Figura 24**

*Deformación total del bastidor*



*Nota.* El gráfico muestra la simulación por medio del software CAE, la deformación total del bastidor aplicando una carga de fuerza de frenado.

### ***Esfuerzo Máximo en la carga de fuerza de frenado***

El esfuerzo máximo calculado aplicado a la carga de fuerza de frenado da como resultado:

**Tabla 27**

*Esfuerzo máximo calculado en el software CAE*

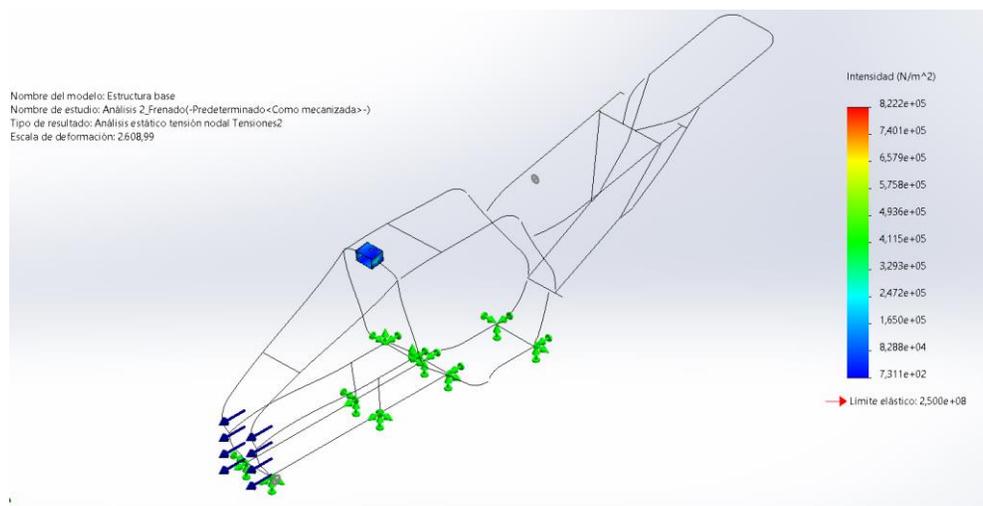
Tipo	Valor	Criterio
Esfuerzo Máxima	0.822 MPa	250 MPa
Esfuerzo mínimo	731.1 Pa	

*Nota.* La tabla muestra el máximo esfuerzo que va a soportar la estructura del bastidor sometido a una carga en la fuerza de frenado.

El límite de fluencia es de 250 MPa, se calcula un esfuerzo máximo de 0.822 MPa siendo un resultado menor al límite mínimo.

**Figura 25**

*Esfuerzo máximo*



*Nota.* El gráfico representa la simulación del esfuerzo máximo del bastidor en el software CAE.

### **Stress Von Mises en la carga de fuerza de frenado**

La simulación del Stress Von Mises en la carga de fuerza de frenado da como resultado:

**Tabla 28**

*Tensión equivalente (Stress Von Mises)*

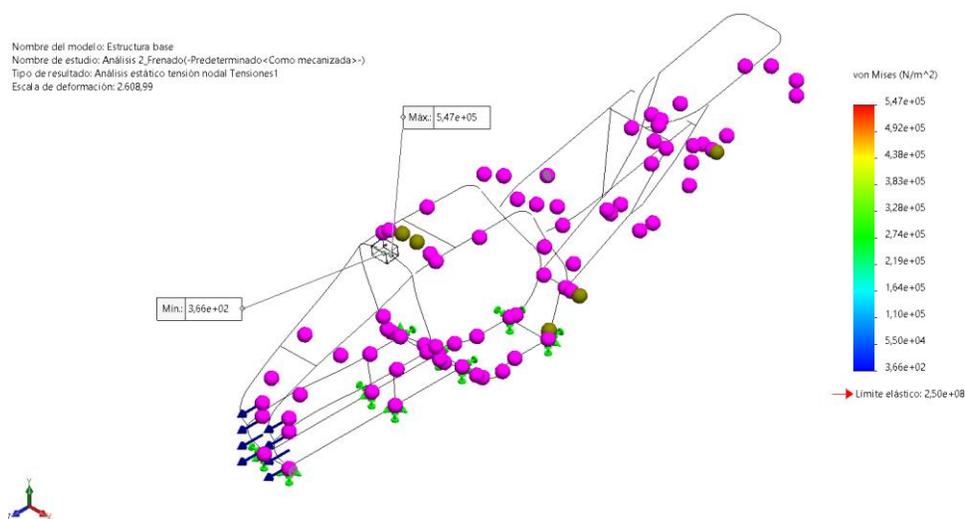
Tipo	Valor	Criterio
Tensión equivalente máxima	0.547 MPa	250 MPa

*Nota.* La tabla muestra el valor de la tensión equivalente máxima a la que estará sometida la estructura del bastidor a una carga de fuerza de frenado.

El límite de fluencia de la tubería es de 250 MPa, el valor es de 0.547 MPa, indica un valor dentro del rango mínimo y es esperado.

**Figura 26**

*Stress Von Mises*



*Nota.* El gráfico representa la simulación de la tensión equivalente Von Mises en el software CAE.

### **Factor de seguridad**

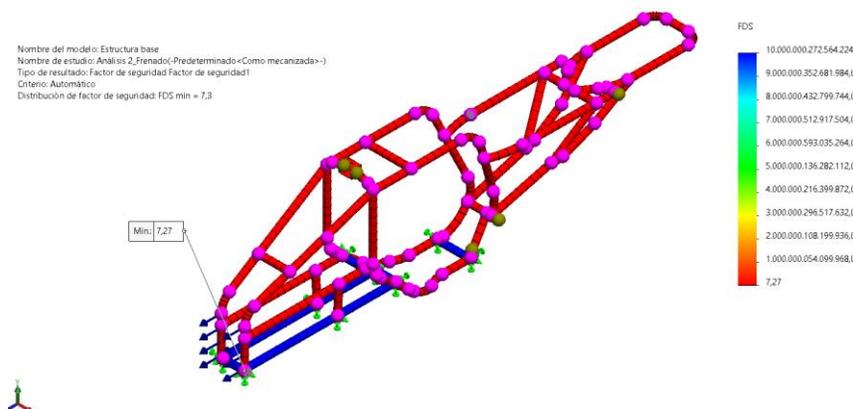
El factor de seguridad que muestra la simulación es de:

**Tabla 29***Factor de seguridad*

Tipo	Valor	Criterio
Factor de seguridad	7.27	3

*Nota.* La tabla muestra el valor del factor de seguridad calculo por medio del software CAE.

El factor de seguridad es el esperado, el factor mínimo es de 3 y en la simulación indica un valor de 7.27 como valor mínimo, se encuentra dentro del rango mínimo.

**Figura 27***Factor de Seguridad*

*Nota.* El gráfico representa la simulación del factor de seguridad que tendrá la estructura para el diseño del mismo por medio del uso del software CAE.

**Simulación de la deformación total carga de fuerza de aceleración brusca**

El tercer análisis se fundamenta en la carga aplicada de fuerza de aceleración brusca, se toma en cuenta la fuerza total a la que está sometida la estructura. La fuerza aplica es de:

$$C_{Ab} = 1770.252173 \text{ N}$$

A continuación, se presentan los resultados del análisis de elementos finitos a los que está sometida la estructura en la carga de fuerza de aceleración brusca.

**Tabla 30**

*Deformación total calculado en el software CAE*

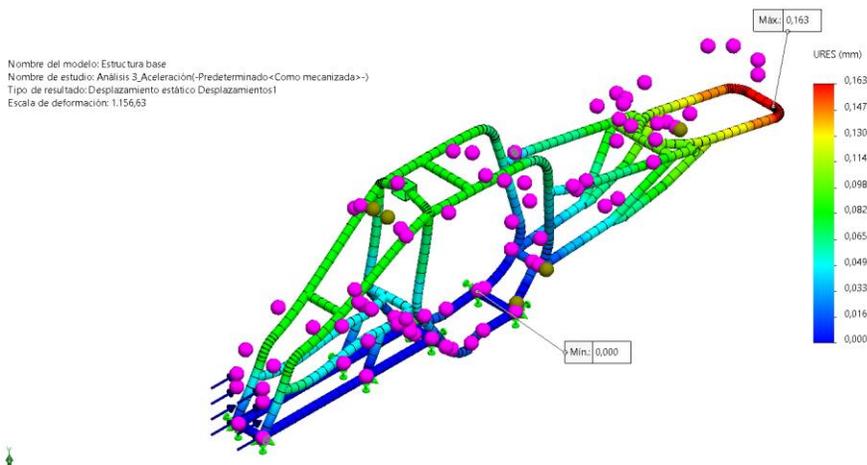
Tipo	Valor	Criterio
Deformación total Máxima	0.163 mm	20 %
Deformación total Máxima	0 mm	

*Nota.* La tabla muestra los resultados obtenidos de la deformación aplicando una carga de fuerza de aceleración brusca.

La deformación máxima es de 0.163 mm, es una deformación esperada por el tipo de esfuerzo realizado y no representa el 20 % de deformación del material.

**Figura 28**

*Deformación total del bastidor*



*Nota.* El gráfico muestra la simulación por medio del software CAE, la deformación total del bastidor aplicando una carga de fuerza de aceleración brusca.

### ***Esfuerzo Máximo en la carga de fuerza de aceleración brusca***

El esfuerzo máximo calculado aplicado a la carga de fuerza de aceleración brusca da como resultado:

**Tabla 31**

*Esfuerzo máximo calculado en el software CAE*

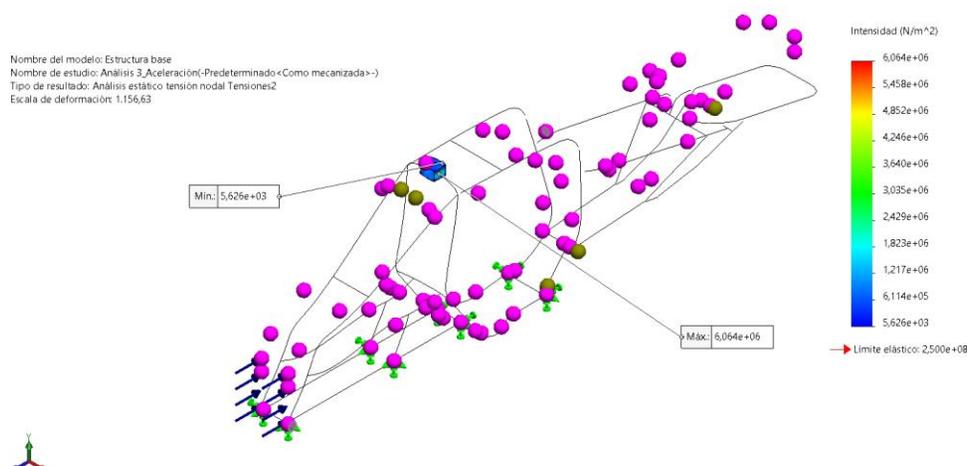
Tipo	Valor	Criterio
Esfuerzo Máxima	6.064 MPa	250 MPa
Esfuerzo mínimo	5626 Pa	

*Nota.* La tabla muestra el máximo esfuerzo que va a soportar la estructura del bastidor sometido a una carga en la fuerza de aceleración brusca.

El esfuerzo máximo es de 6.064 MPa lo indica que está por debajo del límite de fluencia de la tubería estructural ASTM A36 que es de 250 MPa como valor mínimo.

**Figura 29**

*Esfuerzo máximo*



*Nota.* El gráfico representa la simulación del esfuerzo máximo del bastidor en el software CAE.

### **Stress Von Mises en la carga de fuerza de frenado**

La simulación del Stress Von Mises aplicando una carga de fuerza de aceleración brusca da como resultado:

**Tabla 32**

*Tensión equivalente (Stress Von Mises)*

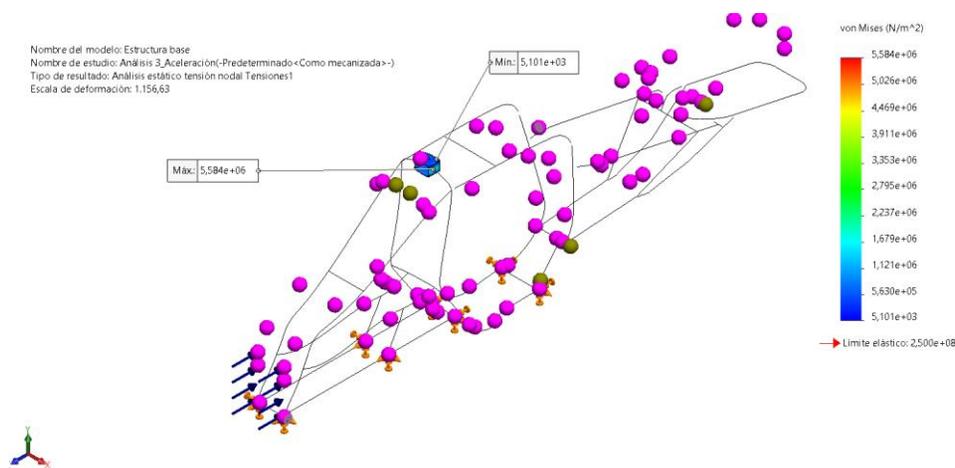
Tipo	Valor	Criterio
Tensión equivalente máxima	5.584 MPa	250 MPa

*Nota.* La tabla muestra el valor de la tensión equivalente máxima a la que estará sometida la estructura del bastidor a una carga de fuerza de aceleración brusca.

El valor calculado es de 5.584 MPa, indica que se encuentra dentro del límite de fluencia de la tubería estructural ASTM A36 que es de 250 MPa.

**Figura 30**

*Stress Von Mises*



*Nota.* El gráfico representa la simulación de la tensión equivalente Von Mises en el software CAE.

### **Factor de seguridad**

El factor de seguridad que muestra en la fuerza de aceleración brusca es de:

**Tabla 33**

*Factor de seguridad*

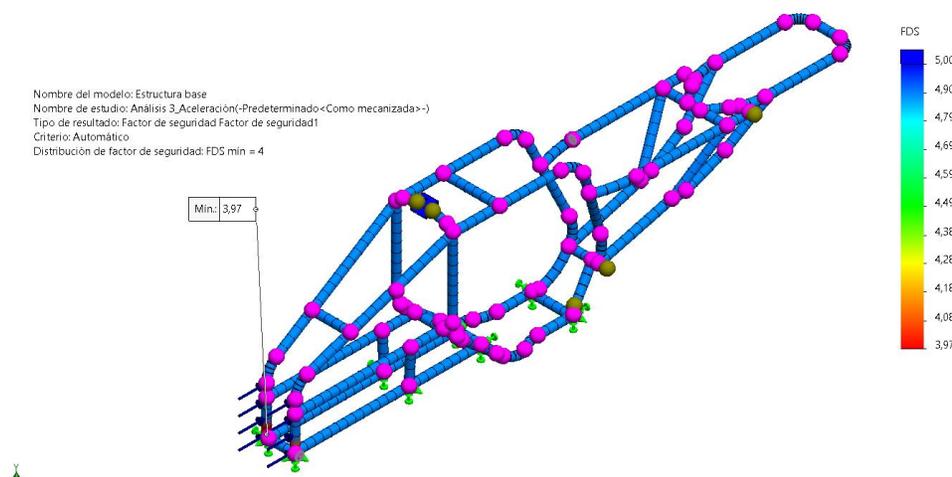
Tipo	Valor	Criterio
Factor de seguridad	3.97	3

*Nota.* La tabla muestra el valor del factor de seguridad calculo por medio del software CAE.

El valor calculado es de 3.97, indica que se encuentra dentro del criterio adoptado de 3 como factor de seguridad mínimo.

### Figura 31

#### *Factor de Seguridad*



*Nota.* El gráfico representa la simulación del factor de seguridad que tendrá la estructura para el diseño del mismo por medio del uso del software CAE.

### Simulación de la deformación de carga de fuerza de giro

El cuarto análisis se fundamenta en la carga de fuerza de giro, se toma en cuenta la fuerza total a la que está sometida la estructura. La fuerza aplica es de:

$$CG = 1039.099 \text{ N}$$

A continuación, se presentan los resultados del análisis de elementos finitos a los que está sometida la estructura en la carga de fuerza de giro.

**Tabla 34**

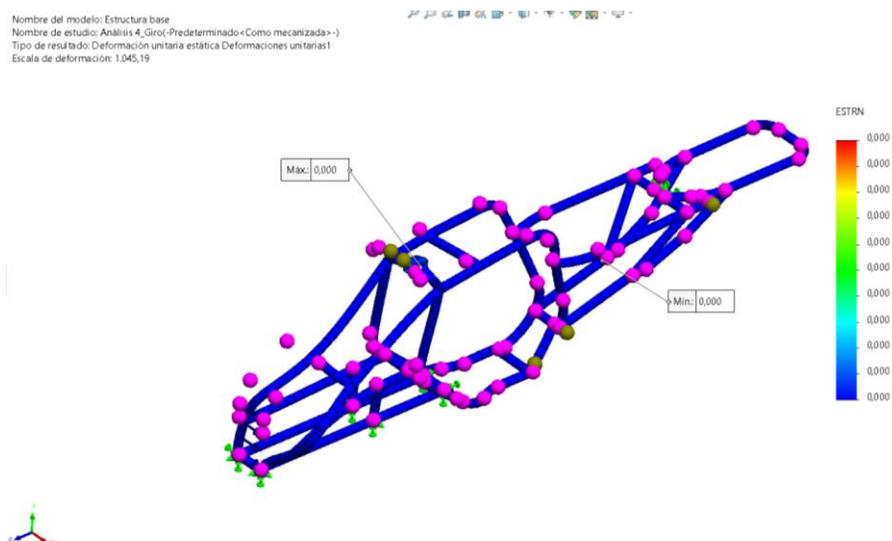
*Deformación total calculado en el software CAE*

Tipo	Valor	Criterio
Deformación total Máxima	0 mm	20%
Deformación total Mínima	0 mm	

*Nota.* La tabla muestra los resultados obtenidos de la deformación aplicando una carga de fuerza de giro.

**Figura 32**

*Deformación total del bastidor*



*Nota.* El gráfico muestra la simulación por medio del software CAE, la deformación total del bastidor aplicando una carga de fuerza de giro.

### ***Esfuerzo Máximo en la carga de fuerza de giro***

El esfuerzo máximo calculado aplicado a la carga de fuerza de giro da como resultado:

**Tabla 35**

*Esfuerzo máximo calculado en el software CAE*

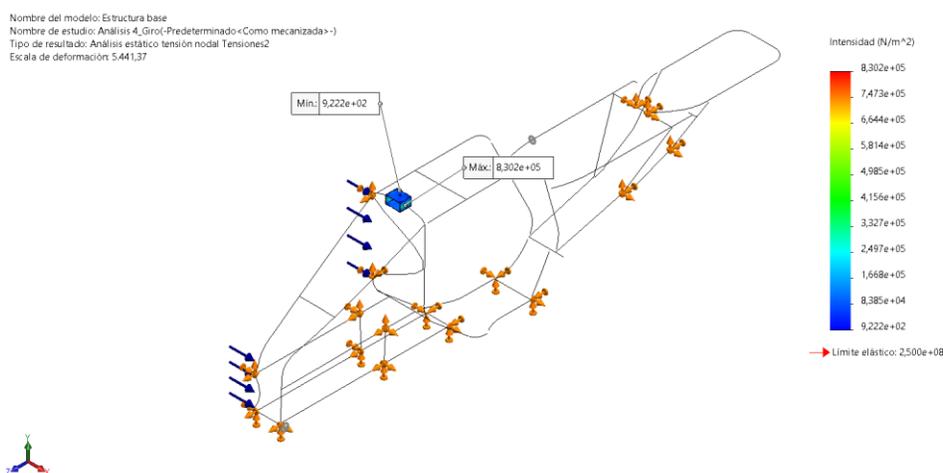
Tipo	Valor	Criterio
Esfuerzo Máxima	0.8302 MPa	250 MPa
Esfuerzo mínimo	922.2 Pa	

*Nota.* La tabla muestra el máximo esfuerzo que va a soportar la estructura del bastidor sometido a una carga en la fuerza de giro.

El valor calculado de máximo esfuerzo es de 0.8302 MPa que está por debajo del límite de fluencia de la tubería estructural redonda ASTM A36 que es de 250 MPa.

### Figura 33

#### *Esfuerzo máximo*



*Nota.* El gráfico representa la simulación del esfuerzo máximo del bastidor en el software CAE.

#### **Stress Von Mises en la carga de fuerza de giro**

La simulación del Stress Von Mises aplicando una carga de fuerza de giro da como resultado:

### Tabla 36

#### *Tensión equivalente (Stress Von Mises)*

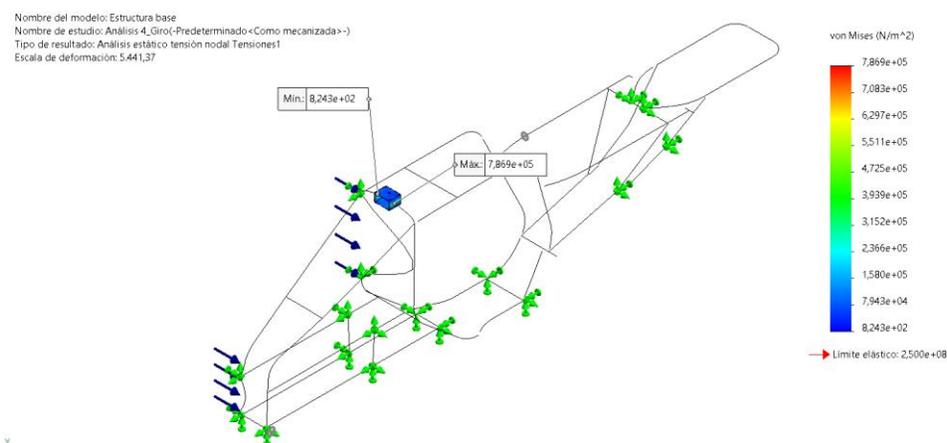
Tipo	Valor	Criterio
Tensión equivalente máxima	0.7869 MPa	250 MPa

*Nota.* La tabla muestra el valor de la tensión equivalente máxima a la que estará sometida la estructura del bastidor a una carga de fuerza de giro.

El valor calculado es de 0.7869 MPa que está por debajo del límite de la fluencia de la tubería estructural redonda ASTM A36.

### Figura 34

#### Stress Von Mises



*Nota.* El gráfico representa la simulación de la tensión equivalente Von Mises en el software CAE.

#### Factor de seguridad

El factor de seguridad que se muestra en la fuerza de carga de giro es de:

### Tabla 37

#### Factor de seguridad

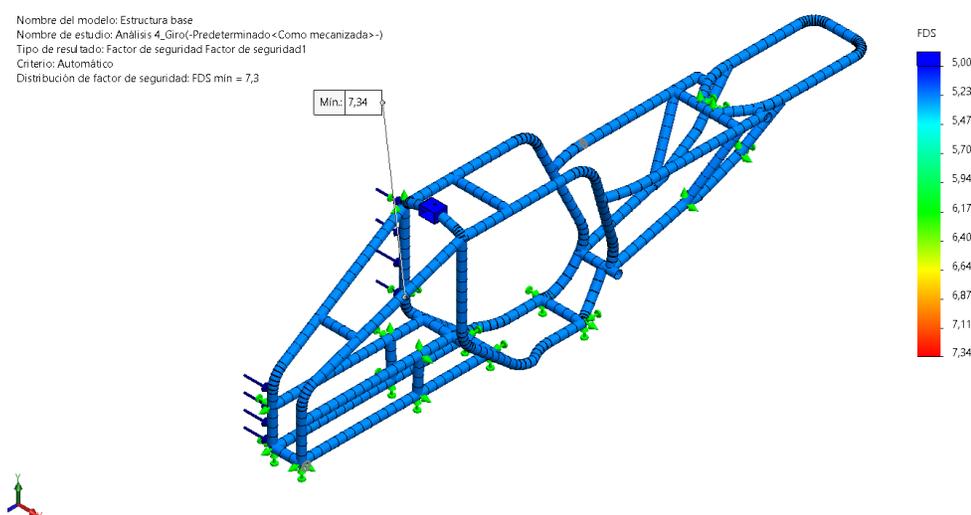
Tipo	Valor	Criterio
Factor de seguridad	7.34	3

*Nota.* La tabla muestra el valor del factor de seguridad calculado por medio del software CAE.

El valor obtenido es de 7.34 que está dentro del criterio mínimo como factor de seguridad de 3.

### Figura 35

#### *Factor de Seguridad*



*Nota.* El gráfico representa la simulación del factor de seguridad que tendrá la estructura para el diseño del mismo por medio del uso del software CAE.

### **Análisis del diseño del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW**

Para la determinación de la factibilidad de construcción del bastidor, se analiza a continuación los esfuerzos y deformaciones a las que está sometida la estructura en función de sus cargas. Se detalla esfuerzo, deformación, Von Mises y el factor de seguridad en la siguiente tabla.

**Tabla 38**

Resumen de datos del análisis de elementos finitos.

Tipo de carga	Valor [N]	Deformación total máxima y mínima (mm)	Criterio de deformación	Esfuerzo máximo y mínimo	Stress Von Mises [MPa]	Criterio Esfuerzo máximo y Von Mises	Factor de seguridad	Criterio
Carga Total Ejercida En El Centro De Gravedad	2249.767	0.463 mm		54.41 MPa	47.39		4.32	
Cargas De Fuerzas De Frenado	-1770.252	0 mm		0.822 MPa	0.547		7.27	
Cargas De Fuerza De Aceleración Brusca	1770.252	0.067 mm	20%	6.064 MPa	5.584	250MPa	3.97	3
Cargas De Fuerza De Giro	1039.099	0 mm		0.830 MPa	0.7869		7.34	

*Nota.* La siguiente tabla detalla los valores calculados por medio del software CAE de las cargas aplicadas para el análisis de sus resultados.

Una vez determinada las cargas y realizado las simulaciones por medio del uso del software CAE se presentan las diferentes fuerzas y la aplicación dentro del software.

Al determinarse la deformación total máxima y mínima se presentan valores que no representan el 20% del criterio de deformación y se encuentran en los valores esperados de deformación.

El límite de fluencia de la tubería estructural redonda ASTM A36 es de 250 MPa, este valor es el mínimo que la tubería estructural puede soportar, el esfuerzo máximo está por debajo del límite que se determina como criterio, de igual manera el Stress de Von Mises se analiza por debajo del límite de fluencia y los valores que se determinan se establece que la estructura en tensión es aceptable.

El factor de seguridad que se toma como referencia del mínimo de 3 que establece Norton para consideración de una estructura funcional, los valores que representa el software están por dentro del criterio de funcionalidad, se concluye que el diseño y modelado del bastidor para el vehículo eléctrico L2 CMDR Rickshaw es funcional y se da paso al proceso de construcción.

El comportamiento del bastidor es el esperado, no afecta a los sistemas y las deformaciones observadas están dentro de los parámetros estudiados, su funcionalidad cumple con la rigidez esperada y con el factor de seguridad adecuado.

Los datos analizados determinan que se procede a la construcción del bastidor.

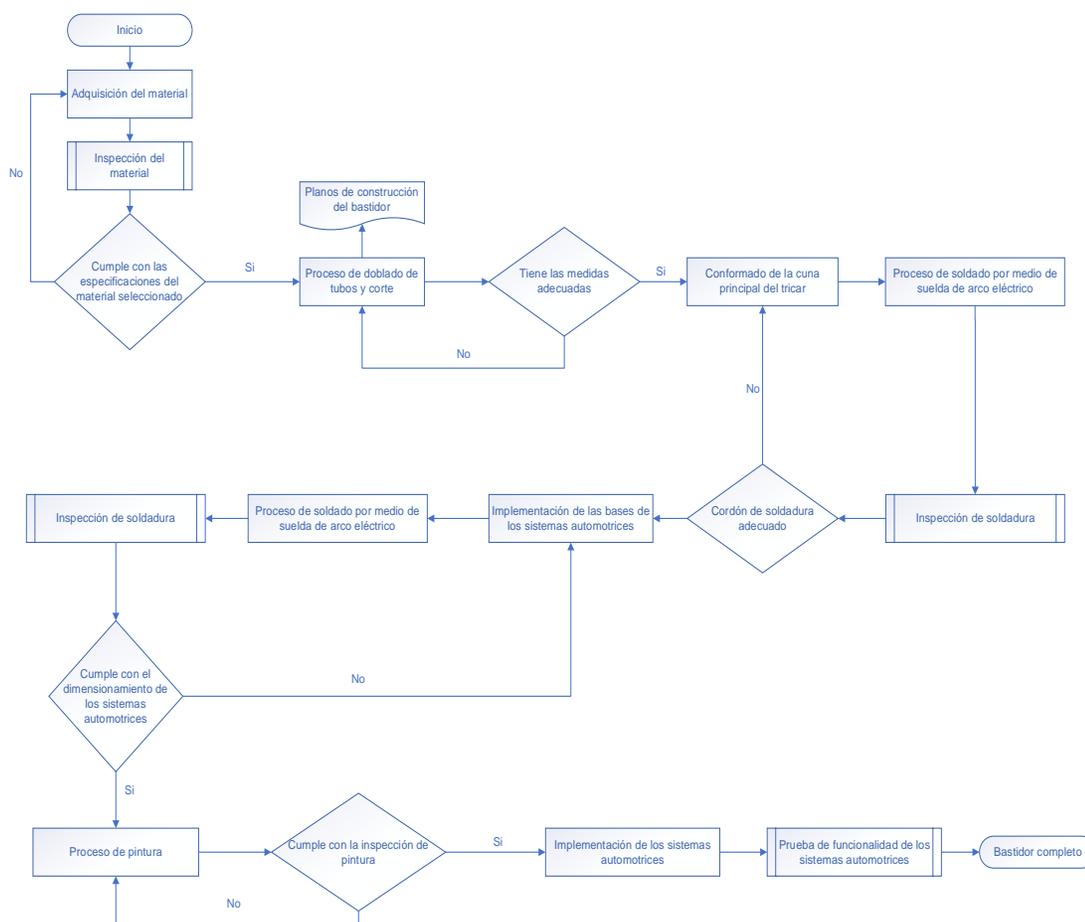
## Capítulo IV

### Construcción del bastidor del vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR

#### RICKSHAW

Una vez concluido el proceso del diseño y simulaciones en software, se procede a la construcción del bastidor con ayuda del material ASTM A36, cumpliendo todas normas y criterios previamente establecidas. Se desarrolla la fabricación del bastidor, con la implementación del sistema de dirección y suspensión seleccionadas, el proceso de construcción conlleva una serie de procesos de manufactura donde se busca llegar a los criterios de diseño pre establecidos. Se detalla la manufactura del bastidor, proceso de pintura e implementación de los sistemas automotrices para su funcionamiento.

#### Diagrama de proceso de construcción del bastidor



## **Construcción del bastidor**

### ***Inspección del material***

Los perfiles tubulares y rectangulares son inspeccionados previamente marcados con una medida exacta, basándose en las del diseño hecho en el software CAD. El material no tiene que presentar ninguna presencia de rotura o fallas de fábrica y si es así proceder a reemplazarla. Para esto es necesario realizar una limpieza profunda para evitar este tipo de problemas en el material.

### **Figura 36**

#### ***Inspección del material***



*Nota.* El gráfico representa la revisión del material previa a la utilización para la construcción del bastidor.

### ***Corte y curvas de los elementos***

Se realizará corte de los elementos, se limpiará las rebabas del material sobrante para no tener problemas al momento de una futura soldadura. Este proceso de limpieza se realizó con ayuda de un esmeril y el corte por medio de cierras manuales o meladoras eléctricas dependiendo de la necesidad.

Para el aspecto del curvado del material se utilizó herramientas manuales para doblar tubería y poder dar forma para el futuro bastidor. Este tipo de herramientas se regulan dependiendo del grosor del tubo a doblar.

### **Figura 37**

*Corte y curvado de la tubería redonda*



*Nota.* El gráfico representa el corte y curvado del material después de la previa inspección del material, con ayuda de herramientas como dobladoras de tubo y moladora.

### ***Elaboración de implemos para el bastidor***

En este apartado se realizó piezas complemento para sujetar tanto suspensión, dirección y frenos, donde se usó tubería y placas para el empernado del bastidor como se puede observar en la imagen, para los neumáticos se usó tubería dado la forma de “U”, esto para facilitar la implementación de las mordazas de freno delanteros.

### **Figura 38**

*Soportes en forma de U para los neumáticos delanteros*



*Nota.* El gráfico representa la realización de soportes con sus respectivas platinas para poder emperrar a la estructura.

Elaboración de la estructura posterior para la sujeción de la rueda posterior, esta se realizó en tubo redondo, el cual sujeta de manera lateral a la rueda en donde se colocó soportes perforados donde se colocara pernos reforzados para sujetar la rueda trasera.

### **Figura 39**

*Estructura para sujeción de neumático posterior*



*Nota.* El gráfico representa la elaboración de esta parte del bastidor, se tomó en cuenta el largo total que debe tener el prototipo y cuántos ocupantes van a ir en el vehículo.

### ***Taladrado de perfiles para soportes***

Con ayuda de perfiles tanto en U como en L basados en normas previamente vistas, procede a la elaboración de soportes en los cuales van a ir sujetos los sistemas tanto de suspensión como de dirección, los cuales van a ir soldadas al bastidor, previamente perforadas con ayuda de taladros de mesa o de mano, dependiendo la necesidad y la accesibilidad, para entrada y salida de pernos con sus respectivas tuercas a medida.

### **Figura 40**

*Elaboración de soportes para sistemas de dirección y suspensión delantero*



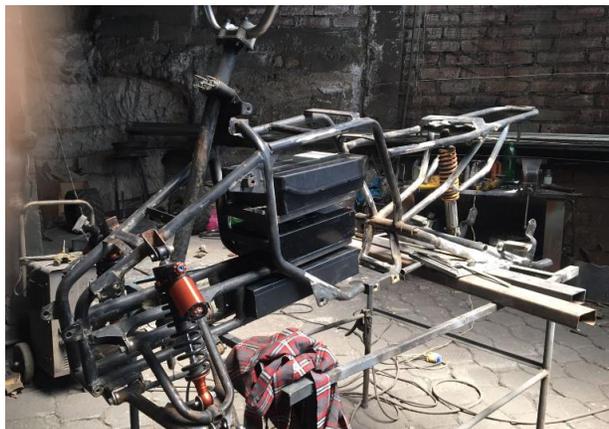
*Nota.* El gráfico representa la elaboración de estos soportes en perfiles, se necesitó un previo análisis en el software CAD, el cual ayudó a diseñar y el lugar exacto para poder colocar estos soportes.

#### ***Suelda de las partes de la estructura del bastidor***

Se procedió a unir todas las partes cortadas y dobladas, mediante suelda eléctrica con electrodo revestido, se colocó refuerzos entre cada ángulo de la estructura para mayor seguridad, y se dio prioridad a la parte delantera del bastidor donde va sujeto todos los sistemas del prototipo.

#### **Figura 41**

*Ensamble de las partes del bastidor*



*Nota.* El gráfico representa las partes en afan de tuberia del bastidor.

Suelda de los soportes y parte trasera de la estructura, haciendo énfasis en la parte de los cordones de suelda, estos son primordiales ya que soportaran los diversos sistemas del prototipo.

### ***Pintura electrostática al horno***

Terminada la soldadura, limpieza y su respectiva revisión de puntos y cordones de suelda, se procede a pintar cada elemento correspondiente a la estructura y bastidor del prototipo, en primeras instancias se pintará de color plata para que el efecto de la pintura electrostática al horno tome mayor brillo.

### **Figura 42**

*Elementos del bastidor y estructura*



*Nota.* El gráfico representa los elementos que forman parte del bastidor como de la estructura en sí.

Se procede a pintar de color negro granizo mediante la pintura electroestática, este tipo de pinturas son muy usadas en el campo de estructuras automotrices previamente, se tuvo que preparar a la estructura mediante químicos para una mejor calidad de pintura. Se pinto tanto estructura como bastidor.

**Figura 43**

*Bastidor sometido al proceso de pintura electrostática*



*Nota.* El gráfico representa con ayuda de un taller experto en este tipo de pintura se procedio a la pintada de la estructura y bastidor.

#### ***Ensamble de las elementos y sistemas del bastidor***

Previa a la revisión de la pintura de la estructura, se procede a empernar cada elemento como loderas, soportes para ruedas, soporte para el sistema de frenos, suspensión y dirección, entre otras. Con ayuda de herramientas adecuadas se procede a dar ajuste a estos elementos con un torque adecuado.

**Figura 44**

*Ensamble de los sistemas automotrices del bastidor*



*Nota.* El gráfico representa el ensamble de las piezas primordiales para la estructura.

Los sistemas entre estos están sistema de suspensión, dirección y frenos fueron previamente escogidos con ayuda del diseño realizado en software, el cual facilitó el armado tanto de amortiguadores, mesas de suspensión son sus respectivos bujes, rotulas y el respectivo soporte para la rueda, para posteriormente colocar el disco de freno en la parte exterior de la rueda.

### Figura 45

*Armado del sistema de suspensión, frenos y dirección del prototipo*



*Nota.* El gráfico representa el ensamble de los sistemas del prototipo como son mesas de suspensión, amortiguadores delanteros, rotulas y rueda con base externa para el disco de freno.

Para el sistema de dirección se facilitó una barra que conecta por la parte delantera a los neumáticos por medio de soportes previamente soldados, esta barra en sus puntas posee rotulas las cuales ayudaran a un mejor viraje en curvas, facilitando la conducción del prototipo.

### Figura 46

*Barra de ayuda de dirección*





*Nota.* El gráfico representa como se diseñó esta barra para ayudar a la alineación de las ruedas delanteras a más de mejorar la dirección del prototipo.

Por consiguiente, se verificará que todos los sistemas lleven su torque adecuado y sus respectivos seguros también se revisará el estado de la pintura en general, para salvaguardar la integridad de la estructura y sus respectivos sistemas.

#### **Figura 47**

*Armado total del bastidor con sus diversos sistemas*



*Nota.* El gráfico representa la estructura en general terminada.

## Capítulo V

### Marco Administrativo

Los recursos a consideración como costos directos, materiales, mano de obra o alquiler de máquinas entro otros aspectos descritos en las siguientes tablas.

#### **Recursos Humanos**

Los recursos humanos involucrados en el proyecto de titulación, quienes proporcionaron conocimiento e intelecto para aplicar ideas importantes para el desarrollo del mismo.

**Tabla 39**

#### *Recursos Humanos*

Orden	Detalle	Cantidad	Función
1	Sr. William Taco	1	Investigador
2	Sr. Erick Unda	1	Investigador
			Especialista en Sistemas BEV
3	Ing. Leonidas Antonio Quiroz Erazo	1	Director del trabajo de Titulación
			Investigador

*Nota.* En la tabla se detalla a las personas involucradas en el trabajo de Titulación, con sus respectivos roles.

#### **Recursos Tecnológicos**

Los recursos tecnológicos utilizados a lo largo del desarrollo de la investigación.

**Tabla 40**

#### *Recursos Tecnológicos*

<b>Orden</b>	<b>Descripción</b>	<b>Función</b>
1	Laptop	Realización de investigación CAD/CAE del proyecto
2	Software de elementos finitos	Modelado 3D y simulaciones de cargas del proyecto

*Nota.* En esta tabla se los recursos utilizados para el desarrollo del proyecto.

### **Recursos Financieros**

**Tabla 41**

*Costo detallado de los materiales y elementos mecánicos*

<b>Cantidad</b>	<b>Material</b>	<b>Costo</b>	<b>Costo</b>
		<b>Unitario</b>	<b>Total</b>
		<b>(USD)</b>	<b>(USD)</b>
1	Cuadron todo terreno (parte delantera a usar)	650,00	650,00
	material ASTM A36		
8	Tubo redondo ASTM A36 1" x 3/4	3,00	24,00
40	Electrodos 6011 y 6013	5,20	208,00
3	Discos de corte para amoladora	3,50	10,50
1	Plancha ASTM A36	16,80	16,80
1	Broca DIN 10	5,00	5,00
1	BROCA DIN 17	9,00	9,00
6	Pernos 6x25	0,90	5,40
4	Pernos 10x60	1,00	4,00
8	Rodelas de presión	0,95	7,60
12	Tuercas castillo M10	1,15	13,80

<b>Cantidad</b>	<b>Material</b>	<b>Costo</b>	<b>Costo</b>
		<b>Unitario</b>	<b>Total</b>
		<b>(USD)</b>	<b>(USD)</b>
8	Tuercas 10 mm	0,25	2,00
4	Tuercas 8 mm	0,20	0,80
12	Pasadores de 3,20 mm	0,30	3,60
		<b>TOTAL</b>	<b>960,50</b>

*Nota.* En esta tabla se detalla de manera concreta lo materiales y elementos mecánicos utilizados para la construcción de la estructura y bastidor del prototipo.

**Tabla 42**

*Costo detallado del sistema de dirección, suspensión y frenos*

<b>Cantidad</b>	<b>Material</b>	<b>Costo</b>	<b>Costo</b>
		<b>Unitario</b>	<b>Total</b>
		<b>(USD)</b>	<b>(USD)</b>
1	Sistema de Dirección	89,20	89,20
1	Sistema de Suspensión	96,00	96,00
1	Sistema de Frenos	348,10	348,10
		<b>TOTAL</b>	<b>533,30</b>

*Nota.* En la tabla se especifica el valor de cada implemento, por sistema que este conlleva, dado los precios de varias tiendas comerciales se procedió a obtener los de mejor calidad.

**Tabla 43**

*Costo detallado de los materiales de pintado*

Cantidad	Material	Costo	Costo
		Unitario (USD)	Total (USD)
1	Taller especializado en pintura electroestática	390,00	390,00
6	Lija de grano delgado	0,75	4,50
2	Transporte de la estructura	10,00	20,00
		<b>TOTAL</b>	<b>414,50</b>

*Nota.* En esta tabla se detalla el proceso de pintado de la estructura con algunos elementos mecánicos, se procedió a conseguir un taller de pintado especializado en este tipo de pintura para lo cual el precio se refleja en la presente tabla.

**Tabla 44**

*Costos referentes a manufactura*

Cantidad	Material	Tiempo (horas)	Costo	Costo total
			Unitario por hora (USD)	(USD)
1	Soldadora de arco eléctrico	12	10,00	120,00
1	Taladradora vertical	2	5,00	10,00
1	Esmeriladora	3	3,00	9,00
4	Alquiler de soportes para estructura	36	0,50	18,00
1	Alquiler de caja de herramientas	50	1,00	50,00
			<b>TOTAL</b>	<b>207</b>

*Nota.* En esta tabla se especifica las herramientas que se tuvo que alquilar para proceder a la construcción del bastidor, las cuales están distribuidas por tiempo en horas y el costo de la hora en si de las distintas herramientas.

**Tabla 45**

*Costo total de la construcción del bastidor y estructura*

<b>Rubros</b>	<b>Costo (USD)</b>
Materiales y elementos mecánicos	960,50
Sistema de dirección, suspensión y frenos	533,30
Pintado	414,50
Manufactura	207
<b>TOTAL</b>	<b>2115,30</b>

*Nota.* En la tabla se especifica los costos totales de los materiales y elementos mecánicos, sus diversos sistemas como son dirección, suspensión y frenos, el pintado de la estructura y algunos procesos de manufactura que se dieron a lo largo de toda la construcción del bastidor y estructura.

## Capítulo VI

### Conclusiones y recomendaciones

#### Conclusiones

- Se diseño mediante el uso del software CAD de ingeniera asistida por computador el bastidor donde se represento el modelado 2D y 3D para el análisis de elementos finitos.
- Se realizo el modelado 2D, 3D y la simulación del bastidor, como de todos los elementos mecánicos del vehículo como motor, sistemas de suspensión, dirección y frenos. Con ayuda de herramientas computacionales CAD.
- Se pudo concluir que mientras más alto sea él factor de seguridad más resistencia tiene la estructura, un factor de seguridad pasado de 3 indica que la estructura es óptima, nuestro estudio muestra 3.97 entrando en el rango establecido.
- Mediante la fundamentación matemática se determinó los esfuerzos de carga en el centro de gravedad con un valor de 2249.767 N, carga de fuera de frenado de -1770.252 N, carga de fuerza de aceleración brusca de 1770.252 N y carga de fuerza de giro de 1039.099 N valores utilizados para el análisis de elementos finitos.
- Mediante el modelado CAD se determinó la viabilidad de la estructura del bastidor, se colocó el material de construcción, determinando un análisis por medio de elementos finitos, que deduciendo se obtiene un factor de seguridad mínimo de 3.97 que es aceptable para dar paso a la construcción del bastidor, se analizó cargas de tensión donde obtuvo una tensión máxima de 47.39 MPa, siendo menor al límite elástico del material seleccionado, el análisis de

deformación indicó que son valores mínimos en cuestión aceptable utilizando la tubería estructural ASTM A36.

- La distribución de masas que soportara la estructura esta dimensionado para un vehículo de transporte urbano dándonos resultados en cargas tanto para el eje trasero como para el eje delantero valores de 93.8770 Kg que representa un 65.15% en peso real que soportara el eje, asi mismo se tiene un 34.86% en peso real que soportara el eje delantero con un peso total de 93.87 Kg mejorando la estabilidad del bastidor.
- Se logro escoger el material de construcción del bastidor del vehículo multipropósito L2 CMDR RICKSHAW, con ayuda de simulaciones de cargas estáticas, mediante software CAE el cual como resultado favorable se dio el Acero ASTM A36 basado en las normativas NTE INEN 2415:2016 y INEN 2250:2017.
- Se logro realizar la construcción del bastidor, una vez elegido el material adecuado, se usó varios procesos de manufactura uno de los más importantes fue la soldadura, la cual está normalizada bajo parámetros previamente establecidas.
- Se obtuvo la estabilidad del prototipo vehículo eléctrico multipropósito L2 CMDR RICKSHAW en diferentes condiciones de circulación, gracias al cálculo del centro de gravedad mediante simulaciones y cálculos matemáticos, reflejados una vez hecha la construcción del bastidor con sus respectivos sistemas.

### **Recomendaciones**

- Se recomienda para el modelado tomar en cuenta las dimensiones de los componentes, tener tolerancias las cuales ayuden, si existe un sobre dimensionamiento.

- Reunir información sobre el diseño de elemento de máquinas y diseño de estructuras automotrices.
- Para el alojamiento de baterías, se toma en cuenta la ventilación y que ninguna de ellas este super puesta para un correcto funcionamiento.
- Para una mejor distribución de masas se recomienda tener una distribución de 60% en el eje trasero y del 40% en el eje delantero para una mejora en centro de gravedad.
- Para lograr una deformación de 0 mm al aplicar una carga en el centro de gravedad, se debe colocar reductores de esfuerzo tratando de disminuir la carga y distribuir equitativamente el esfuerzo realizado.
- No escatimar en costos del material, ya que es importante que se escoja el mejor material posible.
- El material escogido tiene que tener un fácil acceso comercial, esto ayudara a encontrarlo con mayor rapidez, sin tener la necesidad de exportarlo de otro lugar.
- Realizar todas las modificaciones o trabajos de construcción en un mismo lugar, para evitar costos extra de movilización del prototipo.

## Bibliografía

AEADE. (2019). Quito.

Andrade Álvarez, Alex Fabián, Jaramillo Madrid, Guido Antonio. (2009). *Diseño y construcción del chasis para un vehículo tipo Buggy de la Fórmula Automovilística Universitaria (FAU)*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Aparicio Izquierdo, F., Vera Alvarez, C., & Díaz López, V. (1995). *Teoría de los vehículos automotores*. Madrid: Escuela Técnica Superior de Industriales .

Arnaiz, I. S. (Junio de 2015). ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN Y EL IMPACTO DE LOS VEHICULOS ELECTRICOS. *COMILLAS*, págs. 33-40.

Bassi, D. P. (2017). Realizzazione del prototipo di un sidecar con l'utilizzo di tecniche. *Ing. Giuseppe Guerra*, 25-26.

Berkum, V. (2006). *Tesis de masterado en Dinámica y Control Tecnológico*. Eindhoven: Universidad de Eindhoven.

Blancarte, J. (23 de Octubre de 2013). *autocosmos*. Obtenido de autocosmos: <https://noticias.autocosmos.com.co/2013/08/23/cuales-son-los-tipos-de-suspension-mas-comunes>

Bonnick, A. (2008). *Automotive Science and Mathematics*. USA: Burlington.

Budynas, R. G. (2015). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. California: Mc Graw Hill.

Budynas, R., & Keith Nisbett, J. (2018). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. México : Mc Graw Hill Education.

CAN-AM. (02 de Agosto de 2022). *Can-am*. Obtenido de Can-am: <https://can-am.brp.com>

- Cascajosa, M. (2005). *Ingeniería de vehículos, Sistemas y Cálculos. (2da Edición)*. México: Editorial Alfaomega Grupo editor S.A.
- Castro, M. d. (2004). *Enciclopedia CEAC del Motor y Automóvil, Transmisiones y Bastidores. 9na Edición*. Barcelona: Editorial CEAC S.A.
- DIARIOMOTOR. (24 de Octubre de 2021). *DIARIOMOTOR*. Obtenido de DIARIOMOTOR: <https://www.diariomotor.com/que-es/mecanica/punta-tacon/>
- Dixon, J. C. (2009). *Suspension Gometry and Computation*. Reino Unido: Gran Bretaña for Antony Rowe.
- Dominguez, E. J., & Ferrer, J. (2012). *Sistemas de Transmisión y frenado*. España: Editex.
- Eduardo Agueda Casado, José Luis García Jiménez, Tomas Gomez Morales. (2012). *Estructuras del vehículo 3.ª edición*. Madrid: Editorial Paraninfo.
- Gaetano, C. (2010). *MOTORCYCLE DESIGN AND TECHNOLOGY*. USA: Mineapolis.
- Garratón, M. C. (16 de Febrero de 2017). Criterios de plasticidad y de rotura. *OCW UP*, págs. 64-69.
- Givil, B. (2009). *Generalidades del aire*. Madrid: Interamericana Editores S.A.
- Gonzales , T., del Rio, G., Tena, J., & Torres, B. (2011). *Circuito de fluídos. Suspensión y dirección*. España: Editex.
- INEN. (2009). *Vehículos Automotrices Carrocerías*. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- INEN. (09 de 2016). *Clasificación Vehicular*. Recuperado el 29 de 11 de 2022, de Servicio Ecuatoriano de Normalización: [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_2656-1.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2656-1.pdf)

- INEN:1323. (2009). *Instituto Ecuatoriano de Normalización*. Obtenido de Norma Técnica Ecuatoriana: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/n-te-inen-1323-1.pdf>
- J., M. (2009). *Diseño de estructuras metálicas*. Salvador: Marcombo.
- Jimenez, C. L. (15 de Abril de 2015). La cuarta revolución industrial y la digitalización en el sector extractivo. *Dialnet*.
- Johnston, B. (s.f.). *Mecánica de Materiales*. Mc Graw Hill.
- LINCOLN. (5 de Mayo de 2019). Conocimientos de soldadura. *LINCOLN SOLDANDO*, págs. 2-3.
- LOCTITE. (2015). GUÍA PARA EL DISEÑO DE UNIONES. *HENKEL*, 1-25.
- Logicbus. (22 de Julio de 2019). *Código de colores de resistencias*. Obtenido de Logicbus: <https://www.logicbus.com.mx/blog/codigo-de-colores-de-resistencias/>
- LucasMilhaupt. (2019). DISEÑO DE UNIONES COMUNES. *Lasting Connections*, 1-2.
- Lumsden, K. (2004). Trucks Masses and Dimensions. *Impact in Transport efficiency*, págs. 10-25.
- Luque, P. (2004). *Ingeniería del Automóvil, Sistemas y comportamiento dinámico*. Madrid: Editorial Thomson.
- Manual del automóvil, S. d. (1999). Madrid: Editorial CULTURAL S.A.
- MARKS. (2009). *Manual del Ingeniero Mecánico*. San Francisco: McGraw-Hill.
- Martínez Dammer, Jorge Gabriel. (2018). COMERCIO INTERNACIONAL IMPORTACIONES MOTOCICLETAS CHINAS-ECUADOR. *Universidad de las Américas*.
- McCormac, J. (2009). *Diseño de estructuras metálicas*. Salvador: Editorial Marcombo.

Michael F Ashby, David R H Jones. (1999). *Engineering Materials 2*. England: Cambridge University.

Milliken, W. F. (2003). *Race Car Vehicle Dynamics*.

Nanaki, E. A. (2021). *Electric Vehicles for Smart Cities*. Herning - Dinamarca: Department of Business Development and Technology.

Navarrete, J. (6 de Diciembre de 2015). *Actualidad Motor*. Obtenido de Actualidad Motor:  
<https://www.actualidadmotor.com>

NEC. (09 de 2014). *Norma Ecuatoriana de las Construcción*. Obtenido de Estructuras de Acero:  
<https://es.scribd.com/document/336098202/NEC-SE-AC-Estructuras-de-Acero#>

Norma Técnica Ecuatoriana. (2009). *VEHICULOS AUTOMOTORES*. Quito: INEN.

NOVACERO. (25 de Julio de 2020). *NOVACERO*. Obtenido de NOVACERO:  
[https://issuu.com/andyarevalo/docs/catalogo\\_2015\\_productos\\_novacero\\_](https://issuu.com/andyarevalo/docs/catalogo_2015_productos_novacero_)

Oswaldo, R. L. (2 de Agosto de 2015). Producción automatizada: Sistemas CAD/CAE/CAM.  
*Industrial Data*, págs. 3-5.

OTROS, M. D. (1984). *Enciclopedia CEAC del Motor y Automóvil, TRANSMISIONES Y BASTIDOR*, (9na. Edición). Barcelona : Editorial CEAC S.A.

Palomino, D. A. (01 de Julio de 2017). *Nitro.pe*. Obtenido de Nitro.pe:  
<https://www.nitro.pe/mecanico-nitro/el-frenado-regenerativo.html>

Pérez, J. M. (2009). *Técnicas del Automóvil, Chasis*. Madrid: Editorial Paraninfo.

Pérez, J. M. (2011). *Técnicas del automóvil - Chasis*. Madrid: Mc Graw Hill.

Pruebaderuta. (2006). *pruebadetura.com*. Obtenido de pruebadetura.com:  
<https://www.pruebaderuta.com/tipos-de-chasis-en-la-motocicleta.php>

- Ricardo, M. (2010). *Criterios para Seleccionar Sistemas de Diseño y Manufactura Asistidos por Computadora (CAD/CAM)*. México: Mc Graw Hill.
- Ringegni, P. P. (2013). *Cálculo de uniones*. Mexico DF: Facultad de Ingeniería.
- Ringegni, P. P. (2017). Mecanismos y Elementos de Máquinas . En P. P. Ringegni, *Cálculo de uniones* (págs. 11-12). La Plata: Facultad de Ingeniería .
- Romero, G. (2005). *Tesis de Ingeniería Mecánica. Universidad de Sevilla*. Sevilla.
- SCANIA. (2017). Información general sobre los cálculos de la carga sobre el eje. *Cálculos de la carga sobre el eje*, págs. 1-3.
- Teroson. (2004). *Teroson*. Obtenido de Teroson: <https://blog.reparacion-vehiculos.es/amortiguadores-de-gas-ventajas-e-inconvenientes>
- Viñas, G. V. (2014). *Estructuras del vehículo*. Editex.

# Anexos