

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE CUENCA**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**  
**AUTOMOTRÍZ.**

TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO  
AUTOMOTRIZ.

**TEMA:**

**DISEÑO Y CÁLCULO DE LA CARROCERÍA DE UN VEHÍCULO  
MONOPLAZA PARA PERSONAS CON PARAPLEJÍA.**

**AUTOR:** Galo Javier Pachar Jiménez.

**DIRECTOR:** Ing. Wilson Calle.

CUENCA - 2012

## **CERTIFICACIÓN**

Yo, Ing. Wilson Calle, certifico que el presente documento fue desarrollado por el señor Galo Javier Pachar Jiménez, bajo mi supervisión

A rectangular box containing a handwritten signature in blue ink. The signature is cursive and appears to read 'Wilson Calle'.

-----  
**Ing. Wilson Calle**

## **DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD.**

Los conceptos desarrollados, análisis realizados y las conclusiones del presente trabajo, son de exclusiva responsabilidad del autor Galo Javier Pachar Jiménez, quién declara que el trabajo aquí escrito no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento y autorizo a la Universidad Politécnica Salesiana el uso de la misma para fines académicos.

Cuenca, Noviembre-06-2012

A handwritten signature in black ink on a light-colored background. The signature is written in a cursive style and reads "Galo Pachar".

---

**Galo Javier Pachar Jiménez**

**CI: 0103324877**

## **DEDICATORIA.-**

A mis padres por creer en mí, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque gracias a ustedes hoy puedo ver alcanzada una de mis metas, ya que siempre estuvieron en los momentos difíciles impulsándome en mi carrera, sin dudar ni un solo momento de mis capacidades e inteligencia, es por ellos que soy lo que soy ahora. A ellos este proyecto que sin ellos no hubiese podido ser.

## **AGRADECIMIENTO.-**

Agradezco a mi director de tesis Ing. Wilson Calle por su gran aporte y paciencia en el desarrollo del presente trabajo, a mis padres quienes a lo largo de toda mi vida han apoyado y fomentado mi formación académica, a mis profesores a quienes les debo gran parte de mis conocimientos, y finalmente a la prestigiosa y distinguida Universidad Politécnica Salesiana que me abrió las puertas haciendo de mi un excelente profesional y honrado ciudadano.

Un agradecimiento especial a los directivos del CONADIS, por la ayuda brindada y su magnífica colaboración.

## INDICE

Certificación.....	2
Declaratoria de responsabilidad.....	3
Dedicatoria.....	4
Agradecimientos.....	5
Resumen.....	10

## CAPITULO I

### **1 ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y LIMITACIONES EN LA MOVILIDAD, PROPIAS DE UNA PERSONA QUE PADEZCA PARAPLEJÍA.**

<b>1.1 Concepto de paraplejía.....</b>	<b>12</b>
<b>1.2 Clasificación, características y causas de la paraplejía.....</b>	<b>12</b>
1.2.1 Paraplejías flácidas.....	12
1.2.2 Paraplejía espástica.....	15
1.2.3 Paraplejías intermitentes.....	15
1.2.4 Paraplejía por alteración de la sensibilidad.....	16
1.2.5 Paraplejías funcionales.....	16
1.2.6 Paraplejías en la ancianidad.....	16
<b>1.3 Efectos de la falta de movilidad.....</b>	<b>17</b>
1.3.1 En el sistema cardiovascular.....	17
1.3.2 En el sistema respiratorio.....	17
1.3.3 En el sistema músculo esquelético.....	20
1.3.4 En el sistema nervioso y psicológico.....	20
1.3.5 En el sistema digestivo.....	21
1.3.6 En el sistema genitourinario.....	21
1.3.7 En el metabolismo y hormonas.....	21
1.3.8 En la piel.....	21
1.3.9 En el área social.....	21
<b>1.4 La población parapléjica en el Ecuador.....</b>	<b>22</b>
1.5 Población con paraplejía temporal.....	25
<b>1.6 La población de conductores parapléjicos en el Ecuador.....</b>	<b>26</b>

<b>1.7 Marco jurídico de las discapacidades.....</b>	<b>28</b>
1.7.1 Constitución de la República del Ecuador.....	29
1.7.2 Reglamento de importación de vehículos para personas con discapacidad.....	31
1.7.3 Licencia de conducir tipo “F” para discapacitados.....	32
<b>1.8 Terminología y clasificación de los productos de apoyo para personas con discapacidad.....</b>	<b>33</b>
1.8.1 Productos de apoyo para movilidad de personas con paraplejía.....	34
<b>1.9 Características dimensionales de las persona en silla de ruedas.....</b>	<b>36</b>
1.9.1 Dimensiones de la silla de ruedas.....	36
1.9.2 Alcances.....	37
1.9.3 Visibilidad.....	41
1.9.4 Giros y maniobras .....	42
1.9.5 Rampas.....	44
1.9.6 Barandas.....	48
<b>1.10 Dimensiones de las personas en silla de ruedas.....</b>	<b>48</b>
1.10.1 Dimensiones de las personas de sexo masculino en silla de ruedas.....	49
1.10.2 Dimensiones de las personas de sexo femenino en silla de ruedas.....	51

## CAPITULO II

### 2 DISEÑO Y CÁLCULO DE LA CARROCERÍA DE UN VEHÍCULO MONOPLAZA.

<b>2.1 Definición de vehículo monoplaza.....</b>	<b>54</b>
<b>2.2 Tipos de vehículos.....</b>	<b>54</b>
2.2.1 Según la distribución de espacios.....	55
2.2.2 Según su forma.....	55
<b>2.3 Vehículos de turismo.....</b>	<b>57</b>
2.3.1 Vehículo turismo urbano.....	57
<b>2.4 Definición de carrocería.....</b>	<b>58</b>
2.4.1 Carrocería autoportante.....	59
<b>2.5 Denominación de las piezas de la carrocería.....</b>	<b>59</b>
<b>2.6 Componentes de la estructura de la carrocería.....</b>	<b>60</b>
<b>2.7 Chasis.....</b>	<b>63</b>

2.7.1	Chasis tubular.....	63
<b>2.8</b>	<b>Determinación de características, previo al diseño de la carrocería.....</b>	<b>64</b>
2.8.1	Antecedentes.....	64
2.8.2	Definición del tipo de carrocería.....	65
2.8.3	Requerimientos generales del diseño.....	66
2.8.4	Dimensiones del vehículo.....	67
2.8.5	Consideraciones de superficies de circulación.....	69
2.8.6	Estilo de la carrocería.....	69
2.8.7	Distancia al piso.....	69
2.8.8	Requerimientos estructurales.....	71
2.8.9	Materiales.....	72
2.8.10	Alternativas de perfiles estructurales ASTM A500.....	73
2.8.11	La carrocería de fibra de vidrio.....	74
<b>2.9</b>	<b>El tren de potencia.....</b>	<b>75</b>
2.9.1	Elección del sistema de propulsión.....	75
2.9.2	Propulsión eléctrica vs propulsión a combustión.....	75
2.9.3	Características generales del sistema de propulsión.....	80
2.9.4	Sistemas de propulsión eléctrica utilizados en vehículos similares.....	81
<b>2.10</b>	<b>Características de elementos y sistemas principales.....</b>	<b>84</b>
<b>2.11</b>	<b>Desarrollo de las fases de diseño de la carrocería.....</b>	<b>85</b>
2.11.1	Fase de concepción.....	85
2.11.2	Boceto.....	86
2.11.3	Modelado asistido por computadora.....	87
<b>2.12</b>	<b>Modelado del hombre y la silla de ruedas.....</b>	<b>88</b>
2.12.1	Modelado de la silla de ruedas.....	88
2.12.2	Plantilla antropométrica.....	90
2.12.3	Ensamblaje de la plantilla antropométrica + la silla de ruedas.....	92
<b>2.13</b>	<b>Modelado de la estructura interna.....</b>	<b>94</b>
2.13.1	Generación de estructuras en AUTODESK INVENTOR 2012.....	95
2.13.2	Modelado del chasis.....	97
2.13.3	Modelado de la estructura tubular.....	99

2.13.4	Ensamblaje chasis + estructura tubular.....	101
<b>2.14</b>	<b>Análisis estructural AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL 2012.....</b>	<b>102</b>
2.14.1	Determinación de cargas.....	103
2.14.2	Combinación de cargas básicas.....	117
2.14.3	Nodos y barras.....	118
2.14.4	Proceso del análisis estructural en AUTODESK INVENTOR 2012.....	124
2.14.5	Análisis de los resultados obtenidos.....	127
2.14.6	Alternativa de diseño.....	141
<b>2.15</b>	<b>Modelado de los paneles externos.....</b>	<b>142</b>
<b>2.16</b>	<b>Modelado de la puerta posterior.....</b>	<b>145</b>
<b>2.17</b>	<b>Modelados de los paneles internos.....</b>	<b>146</b>
<b>2.18</b>	<b>Modelado de la rampa de ingreso.....</b>	<b>148</b>
<b>2.19</b>	<b>Modelado de otros elementos.....</b>	<b>149</b>
<b>2.20</b>	<b>Ensamblaje del conjunto.....</b>	<b>152</b>
<b>2.21</b>	<b>Funcionamiento de la rampa posterior y la puerta de ingreso.....</b>	<b>161</b>

### CAPITULO III

## 3 CÁLCULO DE LOS COSTOS DE LA CARROCERÍA DEL VEHÍCULO MONOPLAZA.

3.1	Conceptos básicos.....	163
3.2	Materia prima para la construcción de la carrocería.....	166
3.3	Costos de la materia prima.....	174
3.4	Cálculo de los costos de soldadura.....	177
3.5	Mano de obra.....	188
3.6	Costos de fabricación.....	193
3.7	Comparación entre costos calculados y cotizaciones reales en la ciudad de Cuenca.....	193

### CAPITULO IV

4.1	Conclusiones.....	194
4.2	Recomendaciones.....	197
4.3	Bibliografía.....	198
4.4	Anexos.....	200

## RESUMEN

En el presente proyecto titulado “DISEÑO Y CÁLCULO DE LA CARROCERÍA DE UN VEHÍCULO MONOPLAZA PARA PERSONAS CON PARAPLEJÍA,” se analizarán las características físicas y dimensionales de una persona que padezca paraplejía, la legislación y normas referentes a productos de apoyo para dicha población. En base a los datos recopilados se diseñará una carrocería funcional y plenamente aplicable a la tecnología y conocimientos actuales, que permita a las personas con paraplejía movilizarse de un punto a otro dentro del casco urbano de las ciudades con total autonomía dotando a dichas personas de una herramienta sumamente importante para su completa inserción en la sociedad.

Este documento consta de tres capítulos.

### CAPITULO I

En el capítulo I titulado *ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y LIMITACIONES EN LA MOVILIDAD PROPIAS DE UNA PERSONA QUE PADEZCA PARAPLEJÍA*, se analiza en primer lugar el concepto de paraplejía, los diferentes tipos y causas de la paraplejía, y los efectos que la falta de movilidad genera en el cuerpo humano desde un punto de vista médico. Se intenta cuantificar la población total de personas que padecen paraplejía en el Ecuador desde diversas fuentes institucionales, para luego analizar la situación legal de la población parapléjica del Ecuador en los artículos relacionados con nuestro proyecto, en base a normativas internacionales se posiciona el producto a diseñar dentro de una categoría de productos de apoyo. Finalmente en este capítulo se determinan las medidas básicas de la silla de ruedas, los espacios requeridos para realizar giros y maniobras en la silla de ruedas, las cotas de alcance frontal y lateral de una persona en silla de ruedas, las características de las rampas usadas por personas con paraplejía en base a documentos técnicos y normas nacionales e internacionales, finalmente se presenta la antropometría de una persona sentada en una silla de ruedas representada en cartas antropométricas para su mejor comprensión y acompañado de figuras claras y precisas que faciliten su aplicación al proyecto.

## CAPITULO II

En el capítulo II titulado: *DISEÑO Y CÁLCULO DE LA CARROCERÍA DE UN VEHÍCULO MONOPLAZA*. En primer lugar se presentan conceptos generales necesarios para el diseño del vehículo, los antecedentes del diseño, y se determinan todas aquellas características previas al diseño como son: tipo de carrocería, dimensiones tentativas interiores y exteriores del vehículo, superficie de circulación, estilo de carrocería, distancia al piso, requerimientos estructurales, materiales y perfiles a utilizar, posteriormente se sustentará la elección de los sistemas principales del vehículo como el sistema de propulsión, suspensión, frenos y dirección, una vez determinadas todas las características previas al diseño, se selecciona el software a utilizar y se indican los procedimientos seguidos para el modelado en el software seleccionado. Luego se modela la silla de ruedas y la plantilla antropométrica en tres dimensiones con las cotas mostradas en el capítulo I, en base al modelo CAD del hombre y la silla de ruedas, se procede a desarrollar las fases del diseño del vehículo que son: Boceto, modelado de la estructura interna de la carrocería, con su respectivo análisis estructural, modelado de las carcasas externa e interna, modelado de otros elementos que aunque no son parte del proyecto son necesarios para la presentación del mismo. Finalmente se ensamblan en un solo archivo cada uno de los componentes antes modelados, obteniéndose así un producto final sumamente exacto y completo constituido de más de 52 partes y sistemas que en conjunto forman la carrocería del vehículo monoplaza para personas con paraplejía.

## CAPITULO III.

En el capítulo tres titulado: *CÁLCULO DE LOS COSTOS DE LA CARROCERÍA DEL VEHÍCULO MONOPLAZA*, se presentan conceptos generales relacionados al análisis de los costos de producción. En base al diseño realizado en el capítulo 2 se calcula la materia prima, mano de obra, e indirectos de fabricación, determinando de esta manera el costo en que se deberá incurrir a la hora de construir la carrocería diseñada.

# CAPITULO I

---

## **ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y LIMITACIONES EN LA MOVILIDAD, PROPIAS DE UNA PERSONA QUE PADEZCA PARAPLEJÍA.**

### **3.7 CONCEPTO DE PARAPLEJÍA.**

“Podemos definir el significado de paraplejía como la parálisis de los miembros inferiores, cuya causa es: La lesión bilateral de la vía motora, que puede ser afectada a nivel de la protoneurona o dentoneurona”<sup>1</sup>.

### **3.8 CLASIFICACIÓN, CARACTERÍSTICAS Y CAUSAS DE LA PARAPLEJÍA.**

Existe una gran variedad de clasificaciones de la paraplejía en función de sus características y niveles de movilidad, a continuación se presenta la clasificación de la paraplejía, con sus características y causas.

#### **3.8.1 PARAPLEJÍAS FLÁCIDAS.**

Resulta cuando existe lesión bilateral de la neurona motriz periférica, que puede radicar a nivel medular o a nivel de los nervios periféricos, razón por la cual existen dos grupos de paraplejías flácidas.

- Paraplejía flácida medular.
- Paraplejía flácida neurítica.

---

<sup>1</sup> GONZÁLES, Martha y otros, Tratamiento fisioterapéutico en parapléjicos, Tesis Universidad de Cuenca Escuela de tecnología medica

### **3.8.1.1 PARAPLEJÍA FLÁCIDA MEDULAR.**

“La lesión se encuentra a nivel de las células motoras de las astas anteriores medulares y en su prolongación cilindroaxial intramedular”<sup>2</sup>.

#### **CARACTERÍSTICAS.**

- Instalación brusca de la parálisis de miembros inferiores.
- Impotencia absoluta, flacidez o hipotonía acentuada.
- Arreflexia profunda.
- Reflejos de automatismo medular muy acentuados.
- Anestesia total hasta el límite que corresponda a la lesión.
- Fenómenos tróficos de aparición precoz (atrofia de los músculos paralizados), escaras sacras o glúteas, ampollas y flictemas.

#### **CAUSAS.**

- Poliomiелitis anterior aguda.
- Mielitis aguda transversa.
- Hematomielina.
- Traumatismo con sección completa o total de médula, fractura de la columna vertebral, heridas de la médula por bala.
- Compresión brusca de la médula.
- Mielitis de los buzos.

---

<sup>2</sup> CARTIER R, Luis. Paraparesia espástica progresiva asociada a HTLV-I en Chile: Estudio y seguimiento de 121 pacientes por diez años. *Rev. chil. neuro-psiquiatr.* [online]. 2009, vol.47, n.1 [citado 2012-10-24], pp. 50-66.

### **3.8.1.2 PARAPLEJÍA FLÁCIDA NEURÍTICA.**

“Se produce debido a una lesión sobre las raíces anteriores medulares o sobre los nervios periféricos (paraplejías radicales y neuríticas), se inicia en forma lenta constituida por parestesia y dolores”<sup>3</sup>.

#### **CARACTERÍSTICAS.**

- Inicialización lenta, constituida por parestesias y dolores.
- El cuadro no es el de una paraplejía completa, suelen estar más comprometidos los músculos exteriores.
- Atrofia rápida de músculos paralizados, con degeneración más o menos completa.
- Reflejos profundos abolidos.
- Reflejo cutáneo plantar anormal o ausente.
- Frecuentemente hay ataxia.
- No hay trastornos esfinterianos.
- Presencia de trastornos tróficos.
- Perturbación de secreción sudoral y cambios vasomotores.
- La sensibilidad suele estar alterada.

#### **CAUSAS.**

- Poliomiелitis infecciosa o tóxica.
- Procesos traumáticos o tumorales que determinan compresiones de las raíces anteriores o las raíces lumbares.
- Radiculitis.

---

<sup>3</sup> GONZÁLES, Martha y otros, *Tratamiento fisioterapéutico en parapléjicos*, Tesis Universidad de Cuenca, Escuela de tecnología médica.

### **3.8.2 PARAPLEJÍA ESPÁSTICA.**

“Surge cuando hay lesión bilateral de la vía motriz piramidal, se caracteriza por la parálisis de los miembros inferiores con espasticidad o hipotonía, el grado de la parálisis es variable, se inicia con parálisis leve hasta que exista parálisis acentuada, hay más espasticidad que parálisis.”<sup>4</sup>

#### **CAUSAS.**

- Compresión medular lenta.- Por mal de Pott, cáncer vertebral, tumores meníngeos con aracnoiditis espinal crónica de Horsley o tumores medulares.
- Sífilis.- Originando meningomielitis crónica, que da lugar a la paraplejía de Erb, en donde existe más espasticidad que parestesia.
- Traumatismos.- lesión directa o indirecta de la médula.
- Esclerosis en placa.
- Siringomelia.
- Esclerosis medular combinada.- Puede aparecer en anemias graves, pelagra, etc.
- Paraplejía espástica familiar periódica de Strumpell.

### **3.8.3 PARAPLEJÍAS INTERMITENTES.**

“Son las paraplejías que en lugar de ser permanentes son transitorias durante algunos minutos u horas y luego desaparece. Para reaparecer más tarde depende de los trastornos circulatorios de la médula. Ejemplo: La paraplejía periódica de Westphal, que afecta al individuo diariamente o con intervalos más largos o durante algunas horas, luego el enfermo recupera la movilidad hasta que reaparece nuevamente.”<sup>5</sup>

---

<sup>4</sup> GONZÁLES, Martha y otros, *Tratamiento fisioterapéutico en parapléjicos*, Tesis Universidad de Cuenca, Escuela de tecnología médica.

<sup>5</sup> GONZÁLES, Martha y otros, *Tratamiento fisioterapéutico en parapléjicos*, Tesis Universidad de Cuenca, Escuela de tecnología médica.

#### **3.8.4 PARAPLEJÍA POR ALTERACIÓN DE LA SENSIBILIDAD.**

“Se observa en el mal de Tabes, en ausencia de lesiones piramidales, la paraplejía de movimiento es consecutiva a la pérdida de las sensaciones que deben llegar a la periferia y no se hacen conscientes por que están interrumpidas las vías neuronales correspondientes, en ocasiones esta paraplejía se observa en forma intermitente.”<sup>6</sup>

#### **3.8.5 PARAPLEJÍAS FUNCIONALES.**

“Son muy diferentes a las anteriores, son más bien de tipo orgánico, no hay lesión en el sistema locomotor, más bien es paraplejía histérica, que puede ser flácida.”<sup>7</sup>

#### **3.8.6 PARAPLEJÍAS EN LA ANCIANIDAD.**

“Es la parálisis de los miembros inferiores acompañada de pérdida del control sobre la vejiga y el recto, aunque no es una situación frecuente, tampoco constituye una rareza entre las personas ancianas.”<sup>8</sup>

### **CAUSAS.**

*Trastornos producidos en la médula espinal.*

- Lesiones degenerativas vasculares de la médula.
- Degeneraciones esenciales de la estructura nerviosa, de la médula espinal (por lo general de origen oscuro).

---

<sup>6</sup> GONZÁLES, Martha y otros, Tratamiento fisioterapéutico en parapléjicos, Tesis Universidad de Cuenca, Escuela de tecnología médica.

<sup>7</sup> GONZÁLES, Martha y otros, Tratamiento fisioterapéutico en parapléjicos, Tesis Universidad de Cuenca, Escuela de tecnología médica.

<sup>8</sup> GONZÁLES, Martha y otros, Tratamiento fisioterapéutico en parapléjicos, Tesis Universidad de Cuenca, Escuela de tecnología médica.

- Tumores medulares, los cuales pueden ser benignos o malignos.

#### *Trastornos producidos fuera de la médula espinal.*

- Presiones sobre la médula por colapso vertebral, debido a la osteoporosis, metástasis vertebrales, etc.
- Enfermedad de Paget vertebral.
- Tumores de las meninges o tumores vertebrales.
- Traumatismos.- Con efecto lesivo sobre la médula espinal por daño en las estructuras externas de la médula, compresión sobre la misma.

### **1.3 EFECTOS DE LA FALTA DE MOVILIDAD.**

La nula o reducida movilidad que experimentan las personas con paraplejía, genera una serie de efectos perjudiciales que van desde los físicos hasta los psicológicos, en el presente apartado realizaremos un análisis de los efectos más relevantes atribuidos a la falta de movilidad.<sup>9</sup>

#### **1.3.1 EN EL SISTEMA CARDIOVASCULAR.**

- Hipotensión ortostática.
- Disminución de la tolerancia al ejercicio.
- Reducción del volumen circulante y de la reserva funcional cardiaca.
- Disnea o ahogo.
- Trombosis venosa profunda.
- Tromboembolismos.

#### **1.3.2 EN EL SISTEMA RESPIRATORIO.**

- Disminución de la capacidad vital respiratoria.
- Aumento de producción de moco y disminución de la movilidad ciliar.

---

<sup>9</sup> HALL, John E. PhD, *Tratado de Fisiología Médica*, 11<sup>va</sup> Edición.

**TABLA N°1**  
**Clasificación de la paraplejía.**

<b>TIPO</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>CAUSAS</b>
<b>Flácida medular</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalación brusca de la parálisis de miembros inferiores.</li> <li>• Impotencia absoluta, flacidez o hipotonía acentuada.</li> <li>• Arreflexia profunda.</li> <li>• Reflejos de automatismo medular muy acentuados.</li> <li>• Anestesia total hasta el límite que corresponda a la lesión.</li> <li>• Fenómenos tróficos de aparición precoz.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poliomiелitis anterior aguda.</li> <li>• Mielitis aguda transversa.</li> <li>• Hematomielina.</li> <li>• fractura de la columna vertebral.</li> <li>• Compresión brusca de la médula.</li> <li>• Mielitis de los buzos.</li> </ul>
<b>Flácida neurítica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inicialización generalmente lenta, constituida por parestesias y dolores.</li> <li>• No es el de una paraplejía completa.</li> <li>• Atrofia rápida de músculos paralizados.</li> <li>• Reflejos profundos abolidos.</li> <li>• Reflejo cutáneo plantar anormal o ausente.</li> <li>• Presencia de trastornos tróficos.</li> <li>• Perturbación de secreción sudoral y cambios vasomotores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poliomiелitis infecciosa o tóxica.</li> <li>• Procesos traumáticos o tumorales.</li> <li>• Radiculitis.</li> </ul>

<p><b>Espástica</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Parálisis de los miembros inferiores.</li> <li>• Aparición de espasticidad o hipotonía.</li> <li>• El grado de parálisis es variable.</li> <li>• Hay más espasticidad que parálisis.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compresión medular lenta.- Por mal de Pott, cáncer vertebral, tumores meníngeos con aracnoiditis espinal crónica de Horsley o tumores medulares.</li> <li>• Sífilis.- Originando meningomielitis crónica que da lugar a la paraplejía de Erb, en donde existe más espasticidad que parestesia.</li> <li>• Traumatismos.</li> <li>• Esclerosis en placa.</li> <li>• Siringomelia.</li> <li>• Esclerosis medular combinada.</li> <li>• Paraplejía espástica familiar periódica de Strumpell.</li> </ul>
<p><b>Intermitentes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Son transitorias.</li> <li>• Pueden durar minutos u horas.</li> </ul>	<p>N/D.</p>
<p><b>Alteración de la sensibilidad</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de sensación.</li> <li>• En ocasiones es intermitente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El mal de Tabes.</li> </ul>
<p><b>Funcionales</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No hay lesión en el sistema locomotor.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Son de tipo orgánico.</li> </ul>

<b>Ancianidad.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Parálisis de los miembros inferiores.</li> <li>• Acompañada de pérdida de control sobre la vejiga y el recto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lesiones degenerativas vasculares de la médula.</li> <li>• Degeneraciones esenciales de la estructura nerviosa, de la médula espinal.</li> <li>• Tumores medulares.</li> <li>• Presiones sobre la médula.</li> <li>• Enfermedad de Paget vertebral.</li> <li>• Tumores de las meninges o tumores vertebrales.</li> <li>• Traumatismos.</li> </ul>
--------------------	---	--

**FUENTE:** El Autor, en base a la tesis; GONZÁLES, Martha y otros, *Tratamiento fisioterapéutico en parapléjicos*, Tesis Universidad de Cuenca, Escuela de tecnología médica.

### **1.3.3 EN EL SISTEMA MUSCULOESQUELÉTICO.**

- Debilidad muscular, atrofia por desuso.
- Contracturas, rigidez y deformidad articular.
- Retracciones tendinosas.
- Posturas viciosas.
- Osteoporosis por inmovilización que aumenta el riesgo de fracturas.

### **1.3.4 EN EL SISTEMA NERVIOSO Y PSICOLÓGICO.**

- Reducción sensorial por falta de estímulo (aislamiento fuera y dentro del domicilio).
- Mayor deterioro cognitivo.
- Cuadros de síndrome confusional.
- Alteración del equilibrio y de la coordinación con miedo a caídas.
- Trastornos de la atención y falta de motivación.
- Depresión.

### **1.3.5 EN EL SISTEMA DIGESTIVO.**

- Pérdida de apetito.
- Trastornos de la deglución y enlentecimiento digestivo.
- Tendencia al reflujo gastroesofágico.
- Estreñimiento.

### **1.3.6 EN EL SISTEMA GENITOURINARIO.**

- Retención urinaria.
- Incontinencia, cálculos.
- Infecciones urinarias.

### **1.3.7 EN EL METABOLISMO Y HORMONAS.**

- Pérdida de minerales y oligoelementos (sodio, calcio, fósforo, potasio, magnesio).
- Mayor resistencia a la insulina con tendencia a la hiperglucemia.
- Deficiencias inmunológicas y alteración de su respuesta.

### **1.3.8 EN LA PIEL.**

- Áreas cutáneas dolorosas y eritematosas.
- Maceración y atrofia.
- Úlceras por presión.

### **1.3.9 EN EL ÁREA SOCIAL.**

- Aislamiento de la sociedad.
- Incapacitación para el propio cuidado.
- Agotamiento del cuidador.

#### 1.4 LA POBLACIÓN PARAPLÉJICA EN EL ECUADOR.

En el Ecuador el CONADIS (Consejo Nacional de Discapacidades) es un organismo autónomo de carácter público, creado en Agosto de 1992, a través de la Ley 180 sobre Discapacidades.

Este organismo es el encargado a nivel nacional de dictar políticas, coordinar acciones y ejecutar e impulsar investigaciones sobre el área de las discapacidades.

A continuación se presenta una tabla de datos estadísticos tomados de la página web del “CONADIS” sobre las personas con discapacidades registradas y carnetizadas desde el año 1994 hasta el 2012.

**TABLA N°2**

**Distribución según provincias y tipo de discapacidad de personas carnetizadas por el CONADIS en el Ecuador.**

<b>Provincia</b>	<b>Auditiva</b>	<b>Física</b>	<b>Intelectual</b>	<b>Lenguaje</b>	<b>Psicológico</b>	<b>Visual</b>	<b>Total</b>
<b>Azuay</b>	2259	12737	4361	340	529	2420	22646
<b>Bolívar</b>	832	2129	1164	150	121	734	5130
<b>Carchi</b>	973	2272	864	79	240	519	4947
<b>Cañar</b>	774	2854	1397	179	242	669	6115
<b>Chimborazo</b>	2156	4903	2778	153	136	1104	11230
<b>Cotopaxi</b>	1162	3651	1943	268	172	1028	8224
<b>El Oro</b>	1424	7293	4821	160	747	1562	16007
<b>Esmeraldas</b>	909	5405	3248	248	261	1411	11482
<b>Galápagos</b>	27	106	94	3	12	31	273
<b>Guayas</b>	7594	35949	18619	897	2512	8306	73877
<b>Imbabura</b>	2016	3774	1600	137	290	905	8722
<b>Loja</b>	1449	4795	3930	142	552	1384	12252
<b>Los Ríos</b>	1129	9527	3456	232	345	1642	16331
<b>Manabí</b>	3344	22799	5321	294	3658	5174	40590

<b>Morona Santiago</b>	318	1695	833	110	155	558	3669
<b>Napo</b>	466	1635	802	123	69	466	3561
<b>Orellana</b>	393	1936	664	115	172	848	4128
<b>Pastaza</b>	299	983	505	31	71	290	2179
<b>Pichincha</b>	7108	21513	10150	698	1916	5237	46622
<b>Santa Elena</b>	867	3971	1739	72	159	745	7553
<b>Sto Domingo</b>	809	4543	1777	95	390	907	8521
<b>Sucumbíos</b>	463	2194	1043	75	177	697	4649
<b>Tungurahua</b>	1869	3989	2360	173	287	833	9511
<b>Zamora Chinchipe</b>	322	1381	746	57	92	289	2887
<b>TOTAL</b>	<b>38962</b>	<b>162034</b>	<b>74215</b>	<b>4831</b>	<b>13305</b>	<b>37759</b>	<b>331106</b>

FUENTE: CONADIS, Estadísticas, 2012.

Según estos datos estadísticos la población con discapacidad física (dentro de los cuales se encuentran las personas con paraplejía) en el Ecuador es de 162034 personas, las provincias con mayor número de discapacitados físicos son: Azuay con 12737, Guayas con 35949, Manabí con 22799 y Pichincha con 21513.

En este grupo están incluidas personas de todas las edades, debido a que nuestro proyecto no está enfocado para la población total de discapacitados debemos segmentar la población aun más y enfocarla a personas con discapacidad física y que sean mayores de edad (>18 años).

**TABLA N° 3**  
**Distribución según provincias, de mayores de edad con discapacidades físicas carnetizadas por el CONADIS.**

<b>PROVINCIA</b>	<b>DISCAPACIDAD FÍSICA</b>
<b>Azuay</b>	116568
<b>Bolívar</b>	1821
<b>Carchi</b>	2092

<b>Cañar</b>	2557
<b>Chimborazo</b>	4532
<b>Cotopaxi</b>	3296
<b>El Oro</b>	6662
<b>Esmeraldas</b>	4662
<b>Galápagos</b>	90
<b>Guayas</b>	32339
<b>Imbabura</b>	3263
<b>Loja</b>	4264
<b>Los Ríos</b>	8491
<b>Manabí</b>	19889
<b>Morona Santiago</b>	1410
<b>Napo</b>	1339
<b>Orellana</b>	1597
<b>Pastaza</b>	804
<b>Pichincha</b>	19508
<b>Santa Elena</b>	3429
<b>Santo Domingo De Los Tsáchilas</b>	3904
<b>Sucumbíos</b>	1734
<b>Tungurahua</b>	3585
<b>Zamora Chinchipe</b>	1138
<b>TOTAL</b>	<b>144064</b>

**FUENTE:** CONADIS, Estadísticas, 2012.

En conclusión según datos del CONADIS en el Ecuador existen 144064 personas mayores de edad que padecen discapacidad física, de estos la mayor cantidad de discapacitados físicos están en Guayas, Pichincha, Manabí y Azuay.

Debido a que no existen datos estadísticos relevantes sobre personas que padezcan exclusivamente paraplejía, tomaremos los datos del CONADIS sobre discapacidades físicas como base para nuestro análisis.

## **1.5 POBLACIÓN CON PARAPLEJÍA TEMPORAL.**

Aunque su número es reducido y no existe ningún estudio o estadística realizada en el Ecuador sobre personas con paraplejía temporal, debemos incluirlos en nuestro estudio ya que son potenciales beneficiados de nuestro proyecto.

Por lo cual a continuación detallaremos a aquellas personas que aunque no padecen paraplejía, pueden llegar a necesitar nuestro vehículo para moverse.

### **1.5.1 PERSONAS CON LESIONES INCAPACITANTES EN LOS MIEMBROS INFERIORES.**

Incluye a todas aquellas personas con lesiones en sus miembros inferiores, que les impiden desplazarse de manera normal y están obligados a usar sillas de ruedas para trasladarse de un lugar a otro, mientras dure su recuperación.

### **1.5.2 MUJERES EMBARAZADAS.**

Mujeres en avanzado estado de embarazo que aunque sus miembros inferiores estén en buen estado, necesiten de la silla de ruedas para moverse.

### **1.5.3 ADULTOS MAYORES.**

Personas de edad avanzada que aun tengan buenos reflejos y un buen estado psicofisiológico (capacitados para conducir), necesiten de una silla de ruedas para trasladarse y dirigirse de un lugar a otro.

## **1.6 LA POBLACIÓN DE CONDUCTORES PARAPLÉJICOS EN EL ECUADOR.**

Resulta interesante tratar de cuantificar la población de conductores parapléjicos en el Ecuador, con la finalidad de determinar su peso poblacional. No obstante y por desgracia no existe actualmente en nuestro país un censo del número de vehículos adaptados, ni el número de conductores discapacitados.

Lamentablemente esta información que sería de gran importancia para el desarrollo de este tema de tesis no ha sido recopilada por ninguna entidad pública o privada hasta la fecha.

Sin embargo trataremos en el presente apartado de cuantificar el colectivo de conductores discapacitados a partir de diversas fuentes de información, los cuales deberán ser tomados en cuenta como datos orientativos y no absolutos, puesto que como se indicó, no existen datos oficiales al respecto.

En la tabla 4 se presentan los datos estadísticos de la emisión de licencias mensual según el tipo tomado de la Agencia Nacional de Tránsito.

La licencia de conducir para discapacitados (Automotores de hasta 3500 kg) son las licencias tipo F, como podemos observar en la tabla número 3 en el año 2010 fueron emitidas 1075 licencias tipo F lo cual nos lleva a concluir que en el Ecuador existen alrededor de 1075 personas que estarían interesadas directamente en nuestro diseño.

**TABLA N° 4**  
**Distribución por mes y tipo de licencia de conducción a nivel nacional, en el año 2010.**

<b>MESES</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Enero</b>	1.439	15.245	80	460	3.539	42	100	20.905
<b>Febrero</b>	2.911	24.542	135	915	8.239	86	234	37.062

<b>Marzo</b>	3.886	29.544	152	1.169	10.087	124	305	45.267
<b>Abril</b>	3691	25.525	90	957	8.726	87	334	39.410
<b>Mayo</b>	4.602	24.958	102	1.053	9.027	93	300	40.135
<b>Junio</b>	6.028	26.019	2.108	1.052	9.411	83	232	44.933
<b>Julio</b>	5.716	30.389	3.439	1.093	10.471	105	204	51.417
<b>Agosto</b>	4.872	31.730	1.540	1.161	10.712	85	214	50.314
<b>Septiembre</b>	4.507	28.005	725	1.075	10.707	91	196	45.306
<b>Octubre</b>	4.367	30.805	485	1.184	11.163	112	216	48.332
<b>Noviembre</b>	3.802	26.765	380	1.015	9.621	83	240	41.906
<b>Diciembre</b>	4.781	34.574	343	1.387	11.442	84	351	52.962
<b>TOTAL</b>	<b>50.602</b>	<b>328.101</b>	<b>9.579</b>	<b>12.521</b>	<b>113.145</b>	<b>1.075</b>	<b>2.926</b>	<b>517.949</b>

FUENTE: AGENCIA NACIONAL DE TRÁNSITO (ANT), Estadísticas, 2010

La mayor población de personas discapacitadas que conducen automóviles con licencia tipo F en el Ecuador según la ANT se concentra en Azuay, Guayas y Pichincha.

En el Ecuador existen alrededor de 1075 personas discapacitadas que conducen automóviles con licencia tipo F, como podemos ver de la población total de discapacitados físicos 144.064 apenas el 0,75% tiene una licencia de conducir, esto se debe entre otras al elevado precio y dificultad de acceso a los vehículos modificados, por esto la importancia de diseñar un vehículo monoplaza que resulte económico y de fácil acceso para las personas con paraplejía.

**TABLA N° 5**

**Distribución según provincia y tipo de licencia de conducción a nivel nacional, en el año 2010.**

<b>PROVINCIA</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Azuay</b>	1.338	22.963	659	519	6.844	149	115	32.587
<b>Bolívar</b>	408	2.006	337	262	3.006	6	115	6.140
<b>Cañar</b>	1.128	4.369	253	319	2.705	40	67	8.881

<b>Carchi</b>	539	2.191	257	458	3.040	13	34	6.532
<b>Chimborazo</b>	297	9.173	523	476	3.846	27	157	14.499
<b>Cotopaxi</b>	627	5.807	442	667	3.795	20	335	11.693
<b>El Oro</b>	4.243	12.269	923	910	6.810	25	143	25.323
<b>Esmeraldas</b>	2.126	5.126	474	275	2.485	8	79	10.573
<b>Galápagos</b>	630	205	1	51	445			1.332
<b>Guayas</b>	8.024	100.214	1.240	2.669	16.590	213	185	129.135
<b>Imbabura</b>	1.385	9.696	338	340	3.534	62	245	15.600
<b>Loja</b>	541	8.310	310	405	3.341	23	140	13.070
<b>Los Ríos</b>	7.072	12.190	371	560	6.796	19	231	27.239
<b>Manabí</b>	7.819	18.302	639	1351	11.005	38	180	39.334
<b>Morona Santiago</b>	149	1.184	235	120	615	2	76	2.381
<b>Napo</b>	392	897	150	192	933	3	26	2.593
<b>Orellana</b>	1.008	1.190	195	174	1.135	4	124	3.830
<b>Pastaza</b>	174	1.372	152	112	985	5	108	2.908
<b>Pichincha</b>	8.917	84.113	854	1.505	22.718	359	216	118.682
<b>Santa Elena</b>	269	642	4	20	174	1		1.110
<b>Santa Domingo</b>	1.131	8.138	197	171	2.287	28	88	12.040
<b>Sucumbíos</b>	1.222	1.932	244	315	1.573	1	118	5.405
<b>Tungurahua</b>	922	14.991	601	466	7.331	28	137	24.476
<b>Zamora Chinchi</b>	241	821	180	184	1.152	1	7	2.586
<b>TOTAL</b>	50.602	328.101	9.579	12.521	113.145	1.075	2.926	517.949

FUENTE: AGENCIA NACIONAL DE TRANSITO (ANT), Estadísticas, 2010.

## 1.7 MARCO JURÍDICO DE LAS DISCAPACIDADES.

El principio fundamental de la sociedad actual, es el respeto de los derechos humanos, en el cual el ser humano debe ser el centro de atención de las políticas públicas y de todas las acciones que realicen los estados. El objetivo es crear una sociedad incluyente, eliminando toda forma de discriminación y exclusión.

El 10 de agosto de 1.992 se publica en el Registro Oficial N° 996 la "Ley sobre discapacidades N° 180", la misma que recogiendo las recomendaciones de la Comisión Interinstitucional de Análisis de la Situación de los Discapacitados en el Ecuador "CIASDE" y todas aquellas recomendaciones de los organismos internacionales, establece en su Art. 6, que tiene relación con la equiparación de oportunidades.

El Consejo Nacional de Discapacidades redactó una propuesta de consenso a ser incluida por primera vez en la Constitución Ecuatoriana, para que las personas con discapacidad del país gocen de la protección de sus derechos, que fue promulgada por la Asamblea Nacional Constituyente de 1998.<sup>10</sup>

### **1.7.1 CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR.**

La Constitución de la República del Ecuador además de los derechos generales de todas y todos los ciudadanos en su apartado sexto declara los derechos de las personas con discapacidad.<sup>11</sup>

#### *SECCIÓN SEXTA.- PERSONAS CON DISCAPACIDAD*

Los artículos más relevantes para el desarrollo del presente tema de tesis contenidos en la sección sexta de la Constitución de la República del Ecuador son los que se presentan a continuación.

Art. 47.- El Estado garantizará políticas de prevención de las discapacidades y, de manera conjunta con la sociedad y la familia, procurará la equiparación de oportunidades para las personas con discapacidad y su integración social

---

<sup>10</sup> CONADIS, 20012, <http://www.conadis.gob.ec/legislacion.htm#legisla>.

<sup>11</sup> Asamblea nacional constituyente, 2012, [http://www.asambleanacional.gov.ec/documentos/constitucion\\_de\\_bolsillo.pdf](http://www.asambleanacional.gov.ec/documentos/constitucion_de_bolsillo.pdf).

Entre otros los derechos que se reconocen a las personas discapacitadas son:

1. La rehabilitación integral y la asistencia permanente, que incluirán las ayudas técnicas.
2. Rebajas en los servicios públicos y en servicios privados de transporte y espectáculos.
3. Exenciones en el régimen tributario.
4. El trabajo en condiciones de igualdad de oportunidades, que fomente sus capacidades y potencialidades, a través de políticas que permitan su incorporación en entidades públicas y privadas.
5. El acceso de manera adecuada a todos los bienes y servicios. Se eliminarán las barreras arquitectónicas.

Art. 48.- El Estado adoptará a favor de las personas con discapacidad medidas que aseguren:

1. La inclusión social, mediante planes y programas estatales y privados coordinados, que fomenten su participación política, social, cultural, educativa y económica.

La obtención de créditos y rebajas o exoneraciones tributarias que les permita iniciar y mantener actividades productivas, y la obtención de becas de estudio en todos los niveles de educación.

2. El desarrollo de programas y políticas dirigidas a fomentar su esparcimiento y descanso.
3. La garantía del pleno ejercicio de los derechos de las personas con discapacidad. La ley sancionará el abandono de estas personas, y los actos que incurran en cualquier forma de abuso, trato inhumano o degradante y discriminación por razón de la discapacidad.

Como podemos observar con los artículos aquí presentados, la Constitución de la República del Ecuador, así como la ley de discapacidades, y las diferentes convenciones sobre los derechos de las personas con discapacidad buscan la inclusión de dichas personas a todos los escenarios de la vida cotidiana y para ello adoptan las medidas pertinentes que aseguren su inclusión a la sociedad.

Nuestro proyecto tiene como objetivo principal dotar de una herramienta de suma importancia para el transporte cotidiano de personas con paraplejía reduciendo sustancialmente los obstáculos físicos y sociales que impiden su completo desarrollo personal.

### **1.7.2 REGLAMENTO DE IMPORTACIÓN DE VEHÍCULOS PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD.**

Los artículos relevantes a la importación de vehículos, contenidos en el reglamento de importación de vehículos para personas con discapacidad son los siguientes:<sup>12</sup>

Art. 88.- Importación de vehículos ortopédicos y no ortopédicos.

Los vehículos ortopédicos y no ortopédicos, sean nuevos o de hasta tres años anteriores a la fecha de autorización a los que se refiere la Ley sobre Discapacidades, podrán ser importados y nacionalizados a consumo, cumpliendo con los requisitos pertinentes de la Ley Orgánica de Aduanas y su reglamento.

Los vehículos ortopédicos y no ortopédicos deberán reunir las condiciones técnico mecánicas de conducción, que permitan superar las deficiencias funcionales de las personas para su movilidad.

---

<sup>12</sup> Concejo nacional de discapacidades (CONADIS), 20012, [http://www.conadis.gob.ec/docs/reglamento importacionvehiculos.pdf](http://www.conadis.gob.ec/docs/reglamento_importacionvehiculos.pdf).

Los vehículos denominados ortopédicos pueden ser de dos tipos: los vehículos automáticos, sin embrague, y aquellos vehículos que tienen elementos especiales, como mandos manuales, rampas, elevadores, que permitan la accesibilidad, circulación o conducción de las personas con discapacidad; en tanto que los vehículos no ortopédicos son aquellos de transmisión mecánica que requieren de la utilización de ambas piernas y de la coordinación con los miembros superiores para su conducción.

Art. 92.- Condiciones para el precio del vehículo.

El valor total del costo exfábrica de los vehículos ortopédicos o no ortopédicos que se importen amparados en la Ley y el presente Reglamento, no podrá ser mayor de veinticinco mil dólares de los Estados Unidos de Norteamérica (US \$ 25.000,00) y podrá ser nuevo o de tres años anteriores al modelo de la fecha de autorización. En caso que sobrepase el valor señalado, se pagarán los impuestos respectivos por la diferencia existente.

### **1.7.3 LICENCIA DE CONDUCIR TIPO “F” PARA DISCAPACITADOS.**

La categoría de licencia de conducir tipo F emitida por la agencia nacional de tránsito, faculta a personas con diversos niveles de discapacidad para conducir automotores de hasta 3500 kg.

En el Art.27, literal A, numeral 3, del Reglamento a la LOTTTSV (Ley orgánica de transporte terrestre tránsito y seguridad vial) se citan los requisitos que deberá cumplir una persona con discapacidad para acceder a la licencia de conducción tipo F.<sup>13</sup>

Dentro del documento que regula la emisión de licencias de conducir tipo F es importante señalar que el usuario deberá traer un vehículo adaptado a su capacidad especial para la evaluación práctica de conducción.

---

<sup>13</sup> Agencia nacional de tránsito (ANT), 20012, <http://www.ant.gob.ec>

## **1.8 TERMINOLOGÍA Y CLASIFICACIÓN DE LOS PRODUCTOS DE APOYO PARA PERSONAS CON DISCAPACIDAD.**

Definimos producto de apoyo como todo aquel instrumento, dispositivo o herramienta que permite a una persona con discapacidad (permanente o temporal) realizar actividades de la vida diaria que no podría desempeñar o llevar a cabo sin esta ayuda.

No es más que un elemento intermedio entre la persona y el medio, que va a permitirle compensar la deficiencia o discapacidad generada, de modo que pueda integrarse en un entorno social con igualdad de condiciones que el resto de las personas.

Según la organización internacional de normalización “ISO” los productos de apoyo “Son todos aquellos productos, instrumentos, equipos, o sistemas técnicos utilizados por una persona con discapacidad fabricados especialmente o disponibles en el mercado, para prevenir, compensar, mitigar o neutralizar una deficiencia discapacidad o minusvalía”. (ISO 9999, 2007)

Los productos de apoyo según la norma ISO 9999 se clasifican de la siguiente manera.

- Productos de apoyo para tratamiento médico personalizado.
- Productos de apoyo para el entrenamiento/aprendizaje de capacidades.
- Ortesis y prótesis.
- Productos de apoyo para el cuidado y la protección personal.
- Productos de apoyo para la movilidad personal.
- Productos de apoyo para actividades domésticas.
- Mobiliario y adaptaciones para viviendas y otros inmuebles.
- Productos de apoyo para la comunicación y la información.
- Productos de apoyo para la manipulación de objetos y dispositivos.
- Productos de apoyo para mejorar el ambiente, herramientas y máquinas.
- Productos de apoyo para el esparcimiento.

En función de los procesos de fabricación los productos de apoyo se clasifican en:

- Productos fabricados en serie.
- Productos adaptados.
- Productos fabricados a medida.

### **1.8.1 PRODUCTOS DE APOYO PARA MOVILIDAD DE PERSONAS CON PARAPLEJÍA.**

La clasificación de los productos de apoyo lo realiza la norma ISO 9999: 2007 (ISO 2007) mediante un código de tres pares de dígitos (00 00 00) con los cuales se clasifican en diferentes niveles, todos aquellos productos de ayuda que sirvan para fines o discapacidades similares. El código debe descifrarse de la siguiente manera.

El primer par de dígitos indica una clase, el segundo par de dígitos una subclase, y el tercer par de dígitos, una división.

Los títulos en el nivel de clase generalmente definen una amplia zona de función, los títulos en el nivel de subclase definen una función especial, los títulos en el nivel de división se refieren a productos particulares.

El código (AA BB CC) nos indica:

AA= nivel 1 (Clase general)

BB= nivel 2 (Función especial)

CC= nivel 3 (Producto particular)

Dentro de esta clasificación nos competen directamente aquellos productos que llevan como nivel 1 el código 12 (Productos de apoyo para la movilidad personal), y los niveles 2 con los códigos 10 (Automóviles), 12 (Adaptaciones para automóviles).

En la tabla 3 se ha realizado un resumen de los productos de apoyo para la movilidad personal y más precisamente lo referente a vehículos automóviles tomados de la norma ISO 9999 del año 2007.

**Tabla N° 6**

**Clasificación de los productos de apoyo para la movilidad de discapacitados.**

<b>CÓDIGO ISO</b>			<b>PRODUCTO DE APOYO</b>
<b>nivel 1</b>	<b>nivel 2</b>	<b>nivel 3</b>	
<b>12</b>	<b>10</b>		<b>Automóviles</b>
<b>12</b>	<b>10</b>	<b>03</b>	Automóviles con arrodillamiento (chasis de altura ajustable) Automóviles que permiten a las personas entrar y salir bajando el suelo
<b>12</b>	<b>10</b>	<b>06</b>	Automóviles de baja velocidad
<b>12</b>	<b>10</b>	<b>09</b>	Automóviles con techo elevado
<b>12</b>	<b>12</b>		Adaptaciones para automóviles
			Adaptaciones para automóviles para accionar el motor
<b>12</b>	<b>12</b>	<b>04</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Modificaciones del acelerador</li> <li>✓ Modificaciones del freno</li> <li>✓ Modificaciones del embrague</li> <li>✓ Modificaciones de las marchas</li> </ul>
<b>12</b>	<b>12</b>	<b>05</b>	Adaptaciones para automóviles para accionar el freno de mano
<b>12</b>	<b>12</b>	<b>07</b>	Adaptaciones para automóviles para accionar el sistema de dirección
<b>12</b>	<b>12</b>	<b>08</b>	Adaptaciones para automóviles para accionar funciones secundarias
<b>12</b>	<b>12</b>	<b>09</b>	Cinturones de seguridad y arneses para automóviles
			Asientos y almohadones para automóviles, especialmente diseñados
<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Asientos y cojines diseñados para ayudar a una persona a entrar y salir del automóvil.</li> <li>✓ Asientos de seguridad para niños y asientos deslizantes.</li> </ul>
			Grúas de personas para automóviles (excluyendo sillas de ruedas)
<b>12</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Dispositivos fijados al automóvil para elevar a una persona al interior o exterior del automóvil</li> </ul>
			Grúas para subir al automóvil a una persona sentada en una silla de ruedas
<b>12</b>	<b>12</b>	<b>18</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Dispositivos para ayudar a una persona en silla de ruedas a entrar y salir del automóvil.</li> </ul>
<b>12</b>	<b>12</b>	<b>21</b>	Productos de apoyo para colocar la silla de ruedas sobre o dentro de un automóvil.
<b>12</b>	<b>12</b>	<b>24</b>	Equipo para sujetar una silla de ruedas en un coche.

			Adaptaciones de la carrocería del automóvil
			✓ Modificaciones de la estructura del automóvil.
12	12	27	✓ Elevación del techo.
			✓ Rebaje del piso.
			✓ Apertura de ventanas.

**FUENTE:** El Autor basado en la norma ISO 9999, Productos de apoyo para personas con discapacidad - Clasificación y terminología, 2007

## **1.9 CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES DE LAS PERSONAS EN SILLA DE RUEDAS.**

### **1.9.1 DIMENSIONES DE LA SILLA DE RUEDAS.**

Uno de los factores más importantes a tener en cuenta a la hora de diseñar el automóvil es la silla de ruedas y sus dimensiones, debido a la gran cantidad de modelos, marcas y diseños de sillas de ruedas existentes en el mercado resulta un poco complicado realizar un diseño del automóvil que se acople perfectamente a todos los modelos de sillas de ruedas.

Para asegurar el correcto diseño del vehículo y su buena adaptación a la mayor cantidad de sillas de ruedas existentes en el país, debemos de basar nuestro diseño en dimensiones básicas dadas en normas y reglamentos de construcción, en este punto resulta de gran ayuda los documentos y publicaciones dadas por el CONADIS y sobre todo los artículos técnicos y científicos proporcionados por dicha entidad.

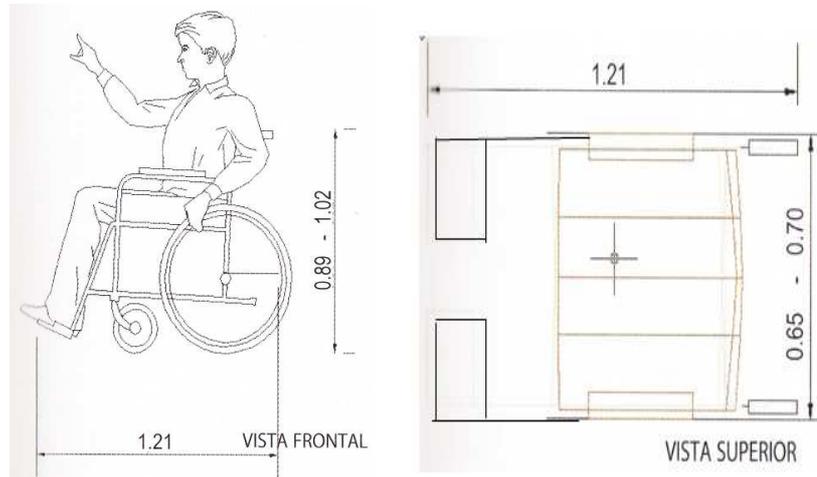
Por esta razón se ha tomado como medidas principales y sobre las cuales se realizará el diseño del vehículo las dimensiones dadas por el CONADIS en el artículo *CIUDADES ACCESIBLES* exactamente en el apartado *MEDIDAS BÁSICAS Y DIMENSIONES DE SILLAS DE RUEDAS*.

A continuación se presenta las dimensiones básicas de una silla de ruedas, en la cual se indica una vista frontal y una superior con sus respectivas cotas, cabe recalcar que la

silla de ruedas que se va a estudiar es la más común en nuestro medio según el CONADIS.

**FIGURA N° 1**

**Dimensiones básicas de la silla de ruedas (metros).**



**FUENTE:** CONADIS, Ciudades accesibles, 2010

## **1.9.2 ALCANCES.**

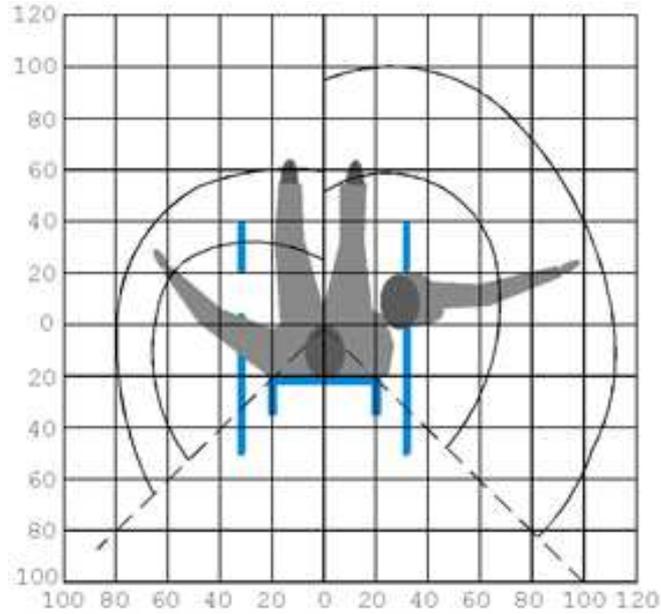
### **ALCANCE LATERAL.**

El alcance se refiere a las distancias que puede alcanzar con sus manos una persona sentada en la silla de ruedas, en primer lugar en posición normal y en segundo lugar realizando una acción de estiramiento.

Del alcance dependen factores muy importantes para el diseño como la colocación de los mandos, los instrumentos y demás elementos que deben ser manipulados por el conductor, en los siguientes gráficos se indican las dimensiones de los alcances de una persona en silla de ruedas, con medidas de 20cm por cada cuadro. Las siguientes dimensiones e ilustraciones son tomadas del Manual UNA CIUDAD PARA TODOS cuya autora es la Sra. Sonia Verswyvel con el patrocinio de la Sociedad Colombiana de Arquitectos y la Sociedad Colombiana De Ingenieros.

**FIGURA N° 2**

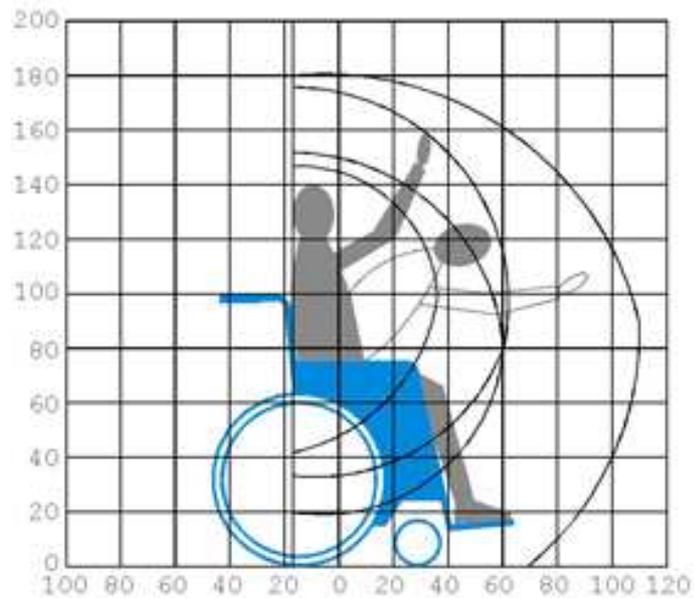
**Alcance de personas adultas en silla de ruedas (centímetros), vista superior.**



**FUENTE:** VERSWYVEL, Sonia, *Una ciudad para todos*, Bogotá- Colombia, 2011

**FIGURA N° 3**

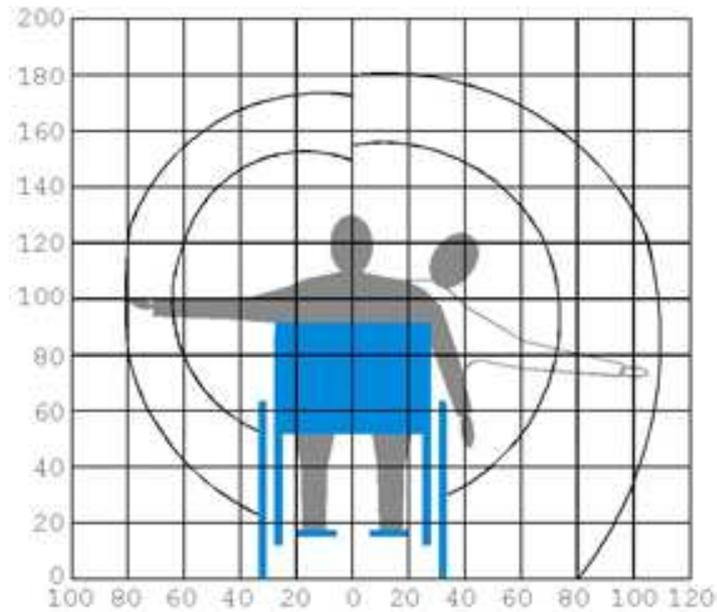
**Alcance de personas adultas en silla de ruedas (centímetros), vista lateral.**



**FUENTE:** VERSWYVEL, Sonia, *Una ciudad para todos*, Bogotá- Colombia, 2011

**FIGURA N° 4**

**Alcance de personas adultas en silla de ruedas (centímetros), vista posterior.**



**FUENTE:** VERSWYVEL, Sonia, *Una ciudad para todos*, Bogotá- Colombia, 2011

#### **ALCANCE FRONTAL.**

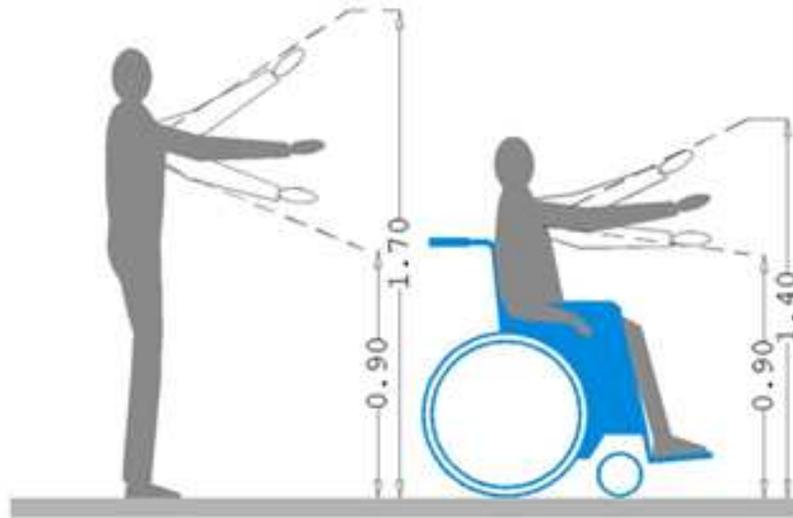
El alcance frontal se refiere a las distancias máximas que una persona sentada cómodamente en una silla de ruedas, puede alcanzar con sus manos estiradas hacia adelante y hacia un costado.

De esta cota dependen características de diseño sumamente importantes como el espacio entre la posición de la silla de ruedas anclada, la posición de los mandos de conducción, y el tablero e instrumentos en general.

Las siguientes dimensiones e ilustraciones son tomadas del Manual UNA CIUDAD PARA TODOS cuya autora es la Sra. Sonia Verswyvel con el patrocinio de la Sociedad Colombiana de Arquitectos y la sociedad Colombiana De Ingenieros.

**FIGURA N° 5**

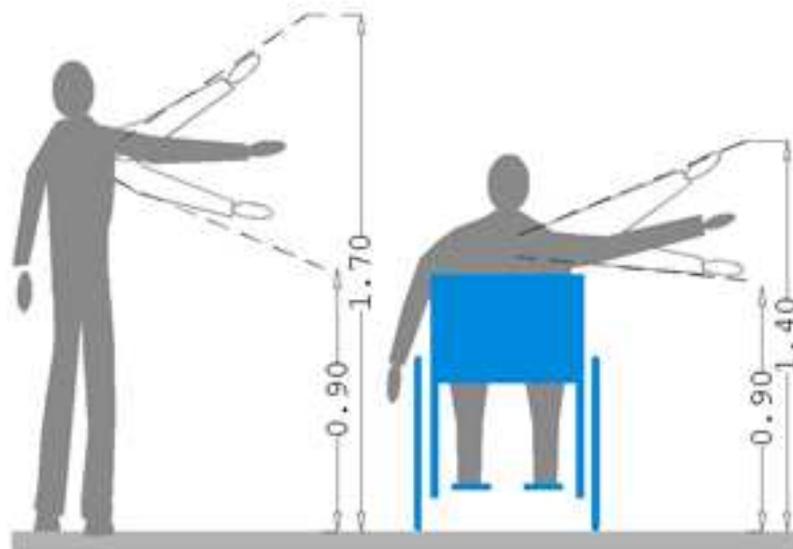
**Alcance frontal de personas adultas en silla de ruedas (metros).**



**FUENTE:** VERSWYVEL, Sonia, *Una ciudad para todos*, Bogotá- Colombia, 2011

**FIGURA N° 6**

**Alcance lateral de personas adultas en silla de ruedas (metros).**



**FUENTE:** VERSWYVEL, Sonia, *Una ciudad para todos*, Bogotá- Colombia, 2011

### 1.9.3 VISIBILIDAD.

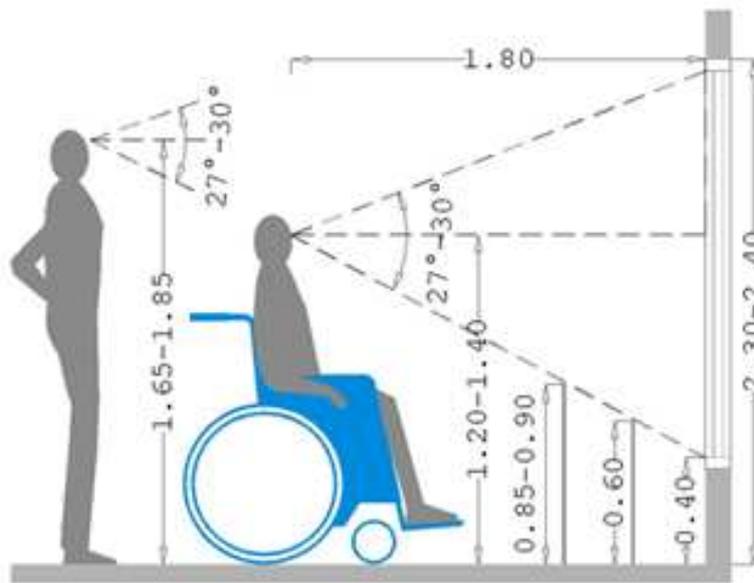
La visibilidad es uno de los factores principales, por no decir el más importante a la hora de conducir, para una persona en silla de ruedas que tenga una buena visión este no es un impedimento, ya que la posición de dicha persona es la misma que la de cualquier persona al conducir un automóvil.

La posición de manejo es exacta a la de una persona sentada en el asiento del conductor y la de una persona sentada en una silla de ruedas, a continuación se muestra una gráfica de las cotas principales de visibilidad de una persona adulta en silla de ruedas.

Las siguientes dimensiones e ilustraciones son tomadas del Manual UNA CIUDAD PARA TODOS cuya autora es la Sra. Sonia Verswyvel con el patrocinio de la Sociedad Colombiana de Arquitectos y la sociedad Colombiana De Ingenieros.

**FIGURA N° 7**

**Cotas de visibilidad de personas adultas en silla de ruedas (metros).**



**FUENTE:** VERSWYVEL, Sonia, *Una ciudad para todos*, Bogotá- Colombia, 2011

#### 1.9.4 GIROS Y MANIOBRAS.

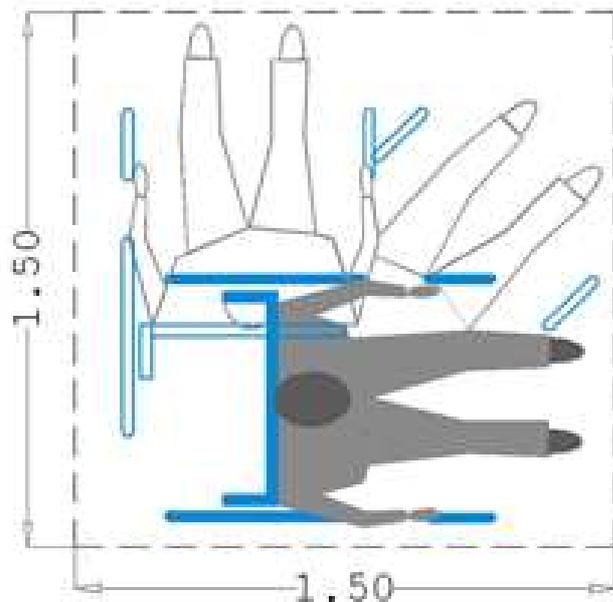
Aunque el acceso a nuestra carrocería será en línea recta, el espacio requerido por el usuario de silla de ruedas a la hora de realizar giros y demás maniobras debe ser contemplado, ya que existirán ocasiones en las cuales se requerirá realizar dichos giros y maniobras fuera del vehículo para poder acceder al mismo con facilidad.

En las imágenes que se muestran a continuación se indican las principales dimensiones o requerimientos de espacio para poder realizar giros de 90°, 180° y 360°, además se ilustra los diferentes movimientos y faces de movimiento requeridas para completar una maniobra.

Las siguientes dimensiones e ilustraciones son tomadas del Manual UNA CIUDAD PARA TODOS cuya autora es la Sra. Sonia Verswyvel con el patrocinio de la Sociedad Colombiana de Arquitectos y la sociedad Colombiana De Ingenieros.

**FIGURA N° 8**

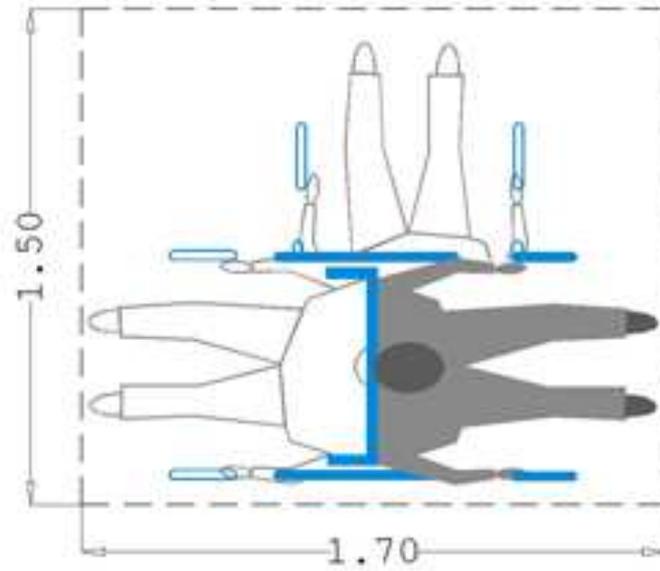
**Giro de 90° personas adultas en silla de ruedas, vista superior (metros).**



**FUENTE:** VERSWYVEL, Sonia, *Una ciudad para todos*, Bogotá- Colombia, 2011

**FIGURA N° 9**

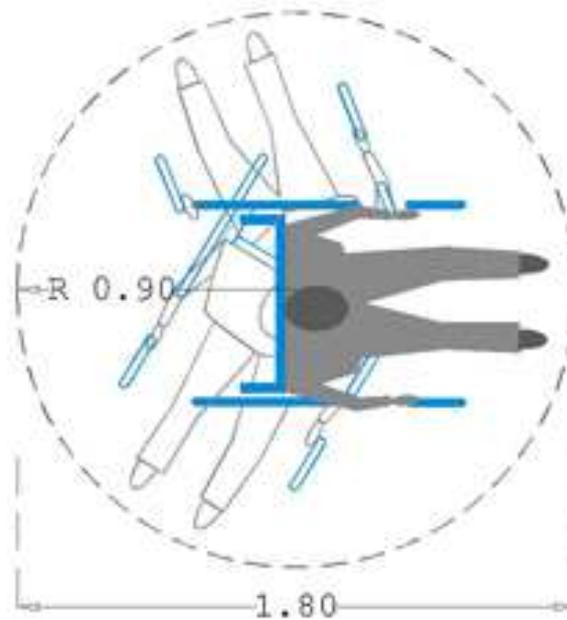
**Giro de 180° personas adultas en silla de ruedas, vista superior (metros).**



**FUENTE:** VERSWYVEL, Sonia, *Una ciudad para todos*, Bogotá- Colombia, 2011

**FIGURA N° 10**

**Giro de 360° personas adultas en silla de ruedas, vista superior (metros).**



**FUENTE:** VERSWYVEL, Sonia, *Una ciudad para todos*, Bogotá- Colombia, 2011

### **1.9.5 RAMPAS.**

El acceso a nuestro vehículo probablemente se lo va a realizar por una rampa en la parte posterior del vehículo, de aquí la importancia de determinar las características principales de las mismas tales como la rampa máxima, el ancho de la rampa, etc.

De la correcta determinación de las características de la rampa depende la autonomía del sistema, si la rampa es demasiado alta o con una pendiente muy pronunciada se dificulta el ascenso de la persona en la silla de ruedas con lo cual el objetivo del proyecto no se cumpliría.

Para subir una rampa con demasiada pendiente la persona en silla de ruedas deberá ser ayudada o asistida por otra persona, al contrario si la rampa tuviese una altura demasiado baja o una pendiente reducida provocaría que la altura del vehículo con respecto al suelo sería muy reducida con lo cual existiría la posibilidad que el automóvil roce con las irregularidades del terreno o se quede embancado.

Gracias al análisis realizado por la Sra. Sonia Verswyvel en su Manual UNA CIUDAD PARA TODOS y las normas INEN 2245, 2000 ACCESIBILIDAD DE LAS PERSONAS AL MEDIO FÍSICO, EDIFICIOS, RAMPAS FIJAS. Podemos determinar la rampa máxima que una persona adulta en silla de ruedas puede superar sin necesidad de asistencia alguna.

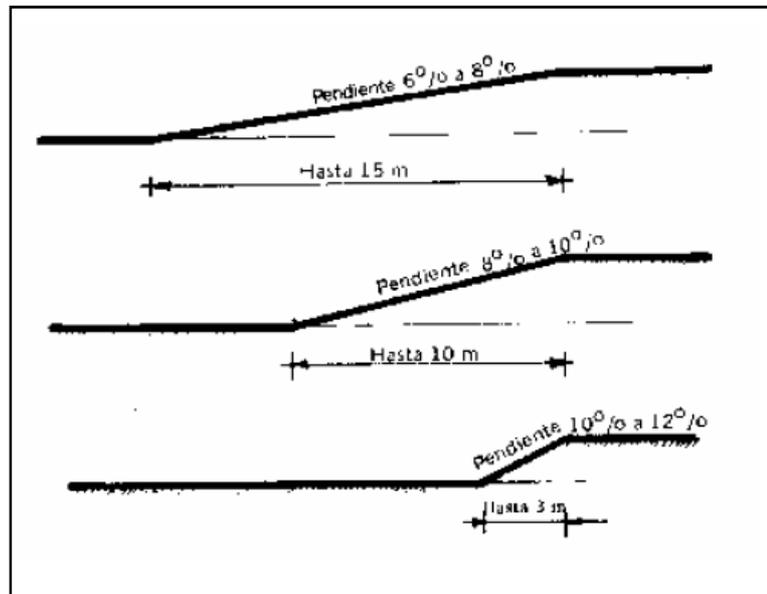
Lo óptimo sería colocar una rampa con la mínima pendiente para asegurar el acceso al vehículo con el mínimo esfuerzo, pero una restricción importante es la altura del vehículo ya que esta cota es fija, por ello para disminuir la pendiente de la rampa se deberá trabajar con la longitud de la misma. Según los estudios y datos proporcionados por el CONADIS en su artículo CIUDADES ACCESIBLES la rampa máxima que una persona en silla de ruedas puede escalar sin ayuda de ningún tipo es una rampa menor a 10%.

Según la normas INEN 2245:2000 ACCESIBILIDAD DE LAS PERSONAS AL MEDIO FÍSICO. EDIFICIOS. RAMPAS FIJAS. Se establecen los siguientes rangos de pendientes longitudinales máximas para los tramos de rampa entre descansos, en función de la extensión de los mismos, medidos en su proyección horizontal (ver figura).

- a) hasta 15 metros: 6 % a 8%
- b) hasta 10 metros: 8 % a 10%
- c) hasta 3 metros: 10 % a 12%

**FIGURA N° 11**

**Pendientes y longitudinales máximas para personas en sillas de ruedas.**



**FUENTE:** INEN 2245, Accesibilidad de las personas al medio físico, Edificios y rampas fijas, 2000

Según el manual UNA CIUDAD PARA TODOS el ancho mínimo que debe tener una rampa para adultos en sillas de ruedas es de 0.90 m, en la tabla siguiente se muestran los valores del porcentaje de inclinación y el valor en metros de la longitud de la rampa.

**TABLA N° 7**

**Pendientes y longitudinales máximas para personas en silla de ruedas.**

<b>LONGITUD (m)</b>	<b>% DE INCLINACIÓN</b>
<b>Menor a 3m</b>	10% - 12%
<b>Entre 3 y 10m</b>	8% - 10%
<b>Mayor a 10m</b>	6% - 8%

**FUENTE:** INEN 2245, Accesibilidad de las personas al medio físico, Edificios y rampas fijas, 2000

**FIGURA N° 12**

**Ascenso propio (rampa menor a 10%).**



**FUENTE:** VERSWYVEL, Sonia, *Una ciudad para todos*, Bogotá- Colombia, 2011

**FIGURA N° 13**

**Ascenso con ayuda leve (rampa 12%)**



**FUENTE:** VERSWYVEL, Sonia, *Una ciudad para todos*, Bogotá- Colombia, 2011

**FIGURA N° 14**

**Ascenso con ayuda con esfuerzo (mayor a 12%)**



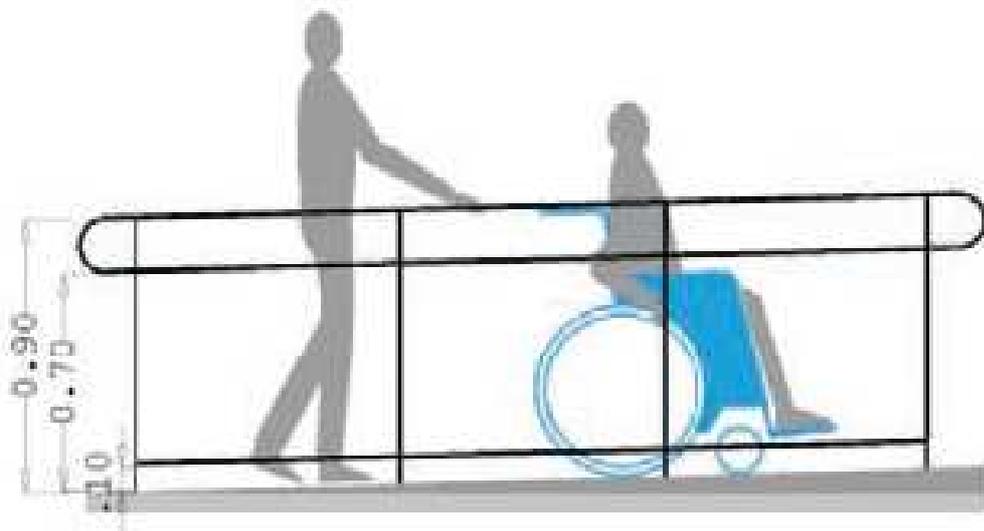
**FUENTE:** VERSWYVEL, Sonia, *Una ciudad para todos*, Bogotá- Colombia, 2011

### 1.9.6 BARANDAS.

Para facilitar el acceso de la persona en silla de ruedas al vehículo se ha pensado en la utilización de barandas, que permita al usuario asirse a ellas y de esta manera impulsarse o sujetarse, a la vez la rampa máxima que una persona en silla de ruedas podría superar aumentaría al colocar barandas, para esto debemos tener en cuenta las dimensiones que se muestran a continuación.

**FIGURA N° 15**

**Dimensiones básicas de una baranda vista lateral (metros).**



**FUENTE:** VERSWYVEL, Sonia, *Una ciudad para todos*, Bogotá- Colombia, 2011

### 1.10 DIMENSIONES DE LAS PERSONAS EN SILLA DE RUEDAS.

Las dimensiones de las personas en silla de ruedas ha sido motivo de gran interés y preocupación por parte de entidades públicas y privadas, lo que ha llevado a la recopilación de datos y creación de normas con el objetivo de contar con una base de datos de las medidas estándar o promedio de una persona en silla de ruedas, estas dimensiones son la base principal sobre la cual se fundamenta el diseño de todos los

utensilios, equipos, aparatos, adaptaciones, y demás objetos para el uso de dichas personas y sobre estas medidas diseñaremos la carrocería del vehículo monoplaza.

De estos datos dependen factores como el volumen interior del automóvil, las dimensiones del habitáculo, la altura del techo, la posición de los mandos, etc.

Existen medidas estandarizadas de personas: niños, adultos, adultos mayores, hombres y mujeres, en nuestro caso solo nos interesan las dimensiones de las personas adultas de ambos sexos.

### 3.16.1 DIMENSIONES DE LAS PERSONAS DE SEXO MASCULINO EN SILLA DE RUEDAS.

Los datos que se presentan a continuación son tomados de la publicación CIUDADES ACCESIBLES del Consejo Nacional de Discapacidades “CONADIS” y en estos se presentan los cuadros sobre las medidas corporales de una persona en silla de ruedas adulta de sexo masculino, acompañado de una ilustración gráfica con sus respectivas cotas en dos vistas frontal y lateral.

**TABLA N° 8**  
**Carta antropométrica de personas de sexo masculino que sufren paraplejía**  
**(centímetros).**

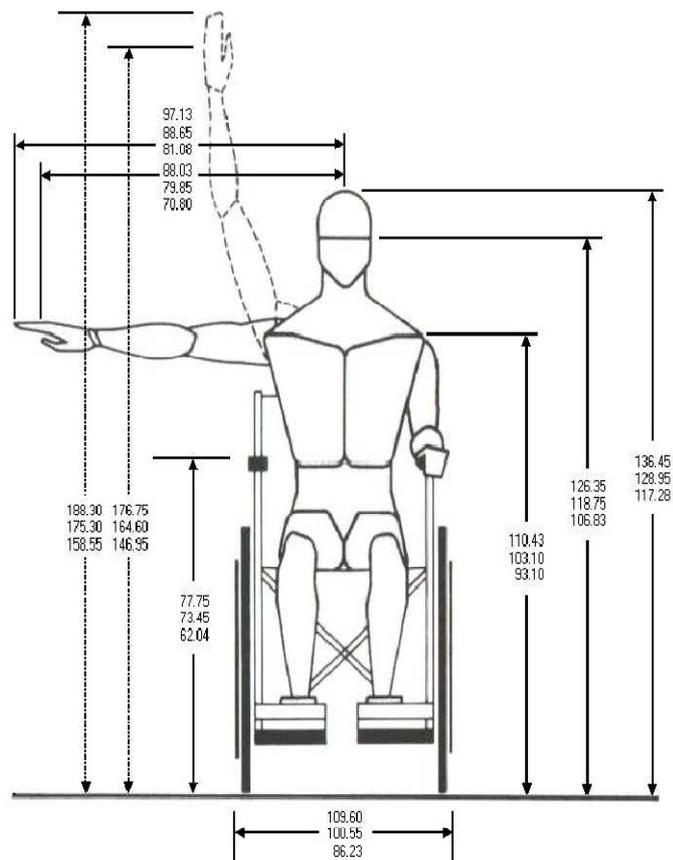
PERCENTIL	MEDIDAS CORPORALES						
	Alcance hacia arriba		Del piso a la Cabeza	Altura al ojo	Altura al hombro	Alcance abajo	
	Dedo	Puño				Dedo	Puño
<b>5</b>	158.55	146.95	117.28	106.83	93.10	68.25	58.73
<b>50</b>	175.30	164.60	128.95	118.75	103.10	75.20	65.45
<b>95</b>	188.30	176.75	136.45	126.35	110.43	85.68	76.15
<b>PROM</b>	<b>174.36</b>	<b>164.08</b>	<b>128.25</b>	<b>118.28</b>	<b>102.64</b>	<b>75.96</b>	<b>66.30</b>

PERCENTIL	MEDIDAS CORPORALES						
	Alcance al frente		Longitud antebrazo		Alcance lateral		Profundidad del tronco
	Dedo	Puño	Dedo	Puño	Dedo	Puño	
<b>5</b>	80.73	71.30	27.45	19.40	81.08	70.80	27.33
<b>50</b>	89.60	79.25	37.80	27.45	88.65	79.85	35.45
<b>95</b>	98.10	87.93	51.33	41.30	97.13	88.03	43.28
<b>PROM</b>	<b>89.33</b>	<b>79.59</b>	<b>38.56</b>	<b>29.93</b>	<b>89.30</b>	<b>79.93</b>	<b>35.33</b>

FUENTE: CONADIS, Ciudades accesibles, 2010

### FIGURAN N° 16

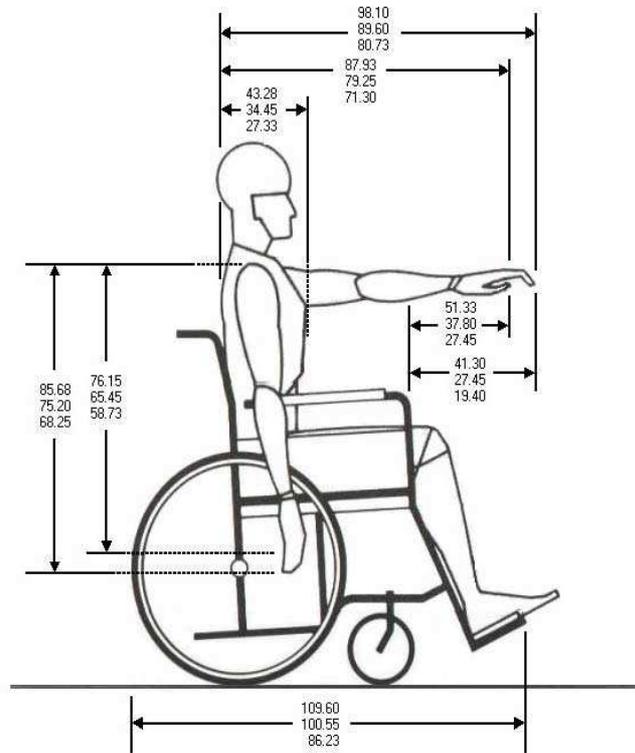
Dimensiones de una persona adulta de sexo masculina que sufre paraplejía, vista frontal (centímetros).



FUENTE: CONADIS, Ciudades accesibles, 2010

**FIGURA N° 17**

**Dimensiones de una persona adulta de sexo masculino que sufre paraplejía, vista lateral (centímetros).**



**FUENTE:** CONADIS, Ciudades accesibles, 2010

### **1.10.2 DIMENSIONES DE LAS PERSONAS DE SEXO FEMENINO EN SILLA DE RUEDAS.-**

Como es conocido, las dimensiones de un adulto de sexo masculino no son las mismas que las de un adulto de sexo femenino y esta misma regla se aplica cuando una persona usa silla de ruedas, por tal motivo la importancia de conocer las dimensiones de la población femenina que padecen paraplejía.

Como nuestro vehículo será diseñado y proyectado para personas adultas de cualquier sexo a continuación presentamos los cuadros de medidas y las gráficas antropométricas de personas de sexo femenino que sufren paraplejía.

Como pueden observarse las dimensiones de las personas de sexo femenino son menores que las de sexo masculino, de aquí se concluye que el diseño estará basado en las dimensiones de las personas de sexo masculino que sufren paraplejía abarcando de esta manera a ambos sexos.

**TABLA N° 9**  
**Carta antropométrica de personas de sexo femenino que sufren paraplejía**  
**(centímetros).**

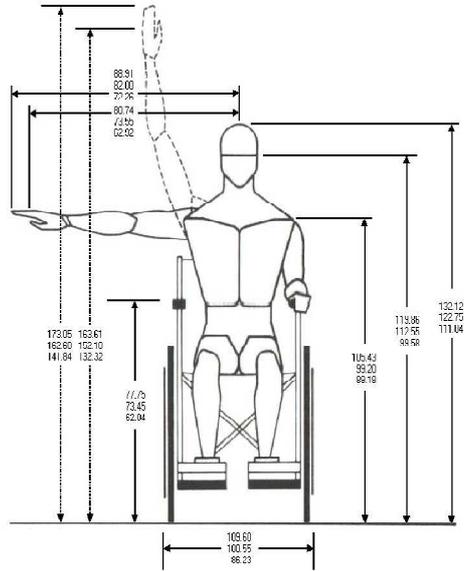
PERCENTIL	MEDIDAS CORPORALES						
	Alcance hacia arriba		Del piso a la	Altura	Altura al	Alcance abajo	
	Dedo	Puño	Cabeza	al ojo	hombro	Dedo	Puño
<b>5</b>	141.84	132.32	111.04	99.58	89.18	59.14	49.64
<b>50</b>	162.60	152.10	122.75	112.55	99.20	66.75	58.40
<b>95</b>	173.05	163.61	132.12	119.86	105.43	74.81	65.46
<b>PROM</b>	<b>160.77</b>	<b>150.60</b>	<b>122.65</b>	<b>111.34</b>	<b>97.82</b>	<b>66.50</b>	<b>57.61</b>

PERCENTIL	MEDIDAS CORPORALES						
	Alcance al frente		Longitud antebrazo		Alcance lateral		Profundidad del tronco
	Dedo	Puño	Dedo	Puño	Dedo	Puño	
<b>5</b>	74.76	65.66	21.61	13.00	72.26	62.92	28.06
<b>50</b>	81.10	72.10	29.75	21.10	82.00	73.55	35.75
<b>95</b>	88.96	79.69	43.32	34.79	88.91	80.74	48.59
<b>PROM</b>	<b>81.22</b>	<b>72.25</b>	<b>30.60</b>	<b>22.24</b>	<b>81.12</b>	<b>72.65</b>	<b>36.43</b>

FUENTE: CONADIS, Ciudades accesibles, 2010.

**FIGURA N° 18**

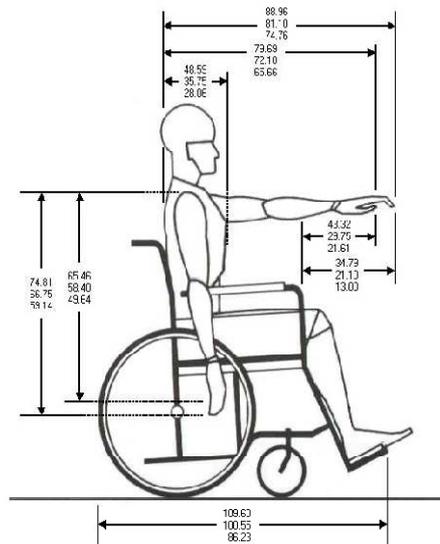
**Dimensiones de una persona adulta de sexo femenino que sufre paraplejía, vista frontal (centímetros).**



**FUENTE:** CONADIS, Ciudades accesibles, 2010

**FIGURA N° 19**

**Dimensiones de una persona adulta de sexo femenino que sufre paraplejía, vista lateral (centímetros).**



**FUENTE:** CONADIS, Ciudades accesibles, 2010

# CAPITULO II

---

## **DISEÑO Y CÁLCULO DE LA CARROCERÍA DE UN VEHÍCULO MONOPLAZA.**

### **2.1 DEFINICIÓN DE VEHÍCULO MONOPLAZA.**

Según la Real Academia Española de la Lengua, se define a un vehículo como: “Medio de transporte de personas o cosas,”<sup>14</sup> mientras que la palabra monoplaza se define como: “Dicho de un vehículo: Que tiene una sola plaza.”<sup>15</sup>

De lo que concluimos que al hablar de un vehículo monoplaza nos referimos a un medio de transporte diseñado para una sola persona. En nuestro caso la plaza será ocupada no solo por la persona (conductor), sino al conjunto conformado por (persona + silla de ruedas) con las consideraciones de espacio interior, que esto conlleva.

### **2.2 TIPOS DE VEHÍCULOS.**

Existe una gran variedad de tipos de vehículos y por ende de las carrocerías, esto se debe en parte al gran número de constructores y sus diferentes países de origen, con los modismos y características del lenguaje que esto conlleva, entre los constructores más importantes podemos señalar a: alemanes, italianos, norte americanos, japoneses y chinos, Dicho de otra manera un tipo específico de carrocería que en un país e incluso en un continente se designa con un nombre tendrá otro nombre completamente distinto en otro país. Por tal motivo, a continuación realizamos una clasificación de los vehículos según diferentes criterios, la clasificación aquí mostrada es la más usada a nivel internacional, esto nos permitirá escoger el tipo de vehículo que más se asemeje a nuestra idea original.

---

<sup>14</sup> Diccionario de la lengua española”, REAL ACADEMIA ESPAÑOLA DE LA LENGUA, 20ª edición, 2010

<sup>15</sup> Diccionario de la lengua española”, REAL ACADEMIA ESPAÑOLA DE LA LENGUA, 20ª edición, 2010

## SEGÚN LA DISTRIBUCIÓN DE ESPACIOS.

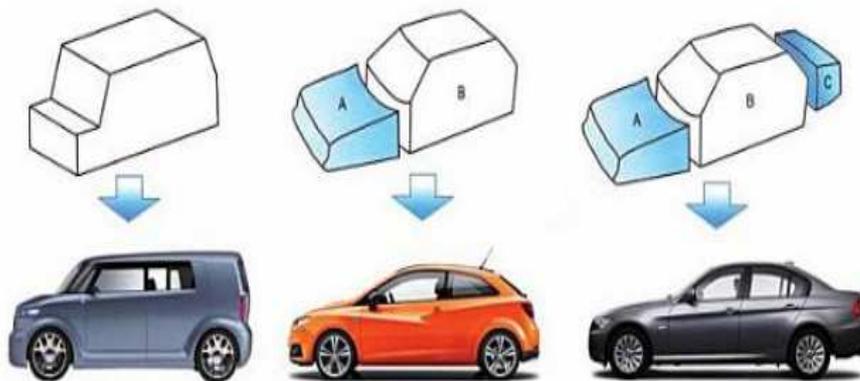
En lo referente a la distribución de los espacios podemos clasificar a las carrocerías de la siguiente manera:

- De 1 volúmen.
- De 2 volúmenes.
- De 3 volúmenes.

En esta clasificación el número de volúmenes nos indica que en el vehículo existen uno, dos o tres espacios separados. Los cuales pueden ser: delantero, central y posterior.

**FIGURA N° 20**

**Clasificación de los vehículos según la distribución de espacios.**



**FUENTE:** AGUEDA, Eduardo, y otros, *Elementos Amovibles*, 4<sup>ta</sup> Edición, Editorial Paraninfo, España, 2010.

### 2.2.1 SEGÚN SU FORMA.

Como se indicó resulta complicado realizar una clasificación de las carrocerías según su forma, debido a la gran cantidad de formas existentes y a la diversidad de denominaciones que adoptan según su constructor o su país de origen.

La siguiente clasificación se basa en características comunes como: El número de asientos, el número de puertas, la ubicación de grupo propulsor, etc.

En base a estas consideraciones podemos clasificar a los vehículos como:

- Vehículos de turismo.
- Vehículos industriales.
- Vehículos especiales.

### **FIGURA N° 21**

#### **Clasificación de los vehículos según su forma.**



**Vehículo Industrial.**



**Vehículo Especial.**



**Vehículo de Turismo.**

**FUENTE:** El Autor, basado en los criterios obtenidos del libro; AGUEDA, Eduardo, y otros, *Elementos Amovibles*, 4<sup>ta</sup> Edición, Editorial Paraninfo, España, 2010.

Dentro de cada uno de estos tipos de vehículos existe una extensa subclasificación la cual no hemos creído conveniente presentar ya que no incumbe a nuestro tema de tesis, dentro de esta clasificación la que más se apega a nuestro proyecto, es el tipo turismo, por tal motivo procederemos a desarrollar más profundamente este tipo de vehículo.

## **2.3 VEHÍCULOS DE TURISMO.**

“Tienen la finalidad de transportar pasajeros o pequeños volúmenes de carga, existen varios modelos como:”<sup>16</sup>

- Berlina.
- Cupé.
- Roadster.
- Familiar.
- Spider.
- Todoterreno.
- Sport.
- Pick up
- Vehículo turismo urbano.

Luego de analizar cada uno de los tipos de turismos decidimos que dentro de la clasificación de los turismos, el modelo de vehículo que más se apega a nuestro proyecto por sus características, dimensiones y número de plazas es el VEHÍCULO TURISMO URBANO.

### **2.3.1 VEHÍCULO TURISMO URBANO.**

Recientemente se han incorporado al mercado una nueva categoría de vehículos denominados urbanos o cuatriciclos, disponen de características constructivas que los hace especialmente aptos para desenvolverse en el tráfico urbano, sus características principales se basan en su reducido tamaño, un consumo mínimo de combustible y precios asequibles, todo esto sin renunciar a unos aceptables niveles de seguridad, equipamiento y confort.

---

<sup>16</sup> AGUEDA, Eduardo, y otros, *Elementos Amovibles*, 4<sup>ta</sup> edición, Editorial Paraninfo, España, 2010.

Disponen de motorizaciones muy limitadas ya que su velocidad máxima no supera los 60Km/h y en la mayoría de los casos no se necesita un permiso para su circulación.<sup>17</sup>

## FIGURA N° 22

### Vehículo turismo urbano.



FUENTE: AGUEDA, Eduardo, y otros, *Elementos Amovibles*, 4<sup>ta</sup> edición, Editorial Paraninfo, España, 2010.

Este tipo de vehículo en particular se acopla perfectamente a nuestra idea principal y a nuestras ambiciones, por tal motivo el diseño de la carrocería del vehículo monoplaza para personas con paraplejía se realizará en base a las características dimensionales y prestaciones de este tipo de vehículos.

## 2.4 DEFINICIÓN DE CARROCERÍA.

La Real Academia Española de la Lengua define la carrocería como: “Parte de los vehículos automóviles o ferroviarios que, asentada sobre el bastidor, reviste el motor y otros elementos, y en cuyo interior se acomodan los pasajeros o la carga.”<sup>18</sup>

La carrocería de un vehículo es aquella parte en la que reposan los pasajeros o la carga, por lo general se construyen de materiales como el acero estampado en forma de chapa aunque en la actualidad se construyen también de aluminio o incluso de plástico reforzado con fibra de vidrio.

---

<sup>17</sup> AGUEDA, Eduardo, y otros, *Elementos Amovibles*, 4<sup>ta</sup> edición, Editorial Paraninfo, España, 2010.

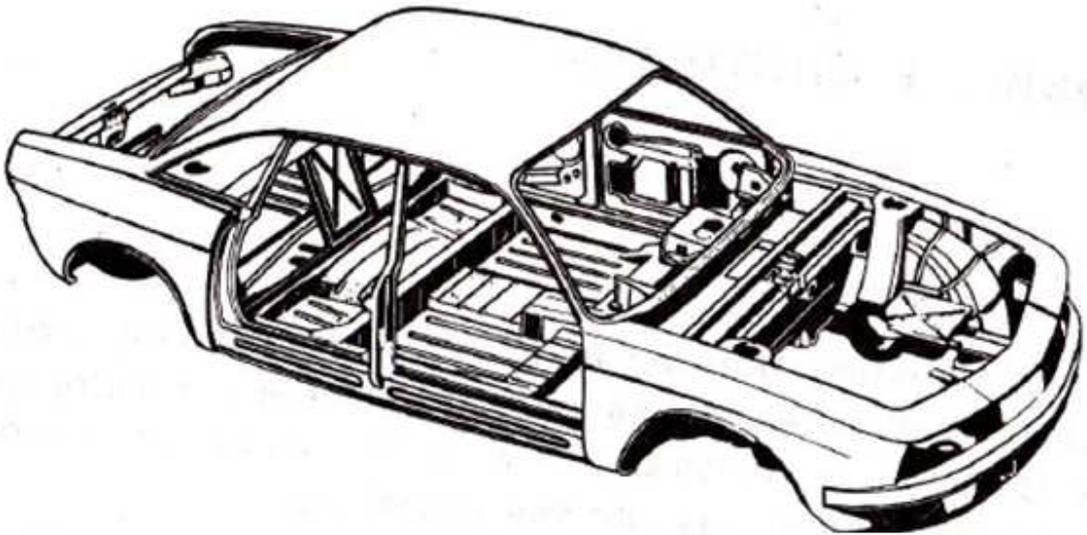
<sup>18</sup> “Diccionario de la Lengua Española”, Real Academia Española de la Lengua, 20<sup>a</sup> Edición, 2010.

#### 2.4.1 CARROCERÍA AUTOPORTANTE.

Este tipo de construcciones es el más utilizado en la actualidad en los automóviles de turismo cerrados, “En estos vehículos no hay un bastidor propiamente dicho, sino que la estructura esta soldada y se constituye de una gran cantidad de piezas de chapa de acero y de perfiles de acero,”<sup>19</sup> de esta manera poseen una gran capacidad de carga y una gran rigidez. La ventaja es el menor peso del conjunto.

**FIGURA N° 23**

**Estructura Autoportante.**



**FUENTE:** BOGNER, Max, y otros, *Tecnología Del Automóvil*, 20<sup>a</sup> Edición, Editorial Reverté, España, 1985

#### 2.5 DENOMINACIÓN DE LAS PIEZAS DE LA CARROCERÍA.

Debido a que el objetivo principal del presente tema de tesis es diseñar una carrocería, resulta imprescindible conocer la denominación correcta de cada una de las piezas que están involucradas en el proceso, pero este aprendizaje se dificulta debido a:

---

<sup>19</sup> BOGNER, Max, *Tecnología Del Automóvil*, 20<sup>a</sup> Edición, Editorial Reverté, España, 1985.

- El número de piezas es diferente según cada modelo de vehículo.
- Las mismas piezas tienen diferentes denominaciones según el constructor.
- Una misma pieza puede ser un elemento individual o formar parte de un conjunto.

Para evitar estas dificultades la investigación se centrará en un tipo de modelo generalizado y con la terminología más adecuada.

## **2.6 COMPONENTES DE LA ESTRUCTURA DE LA CARROCERÍA.**

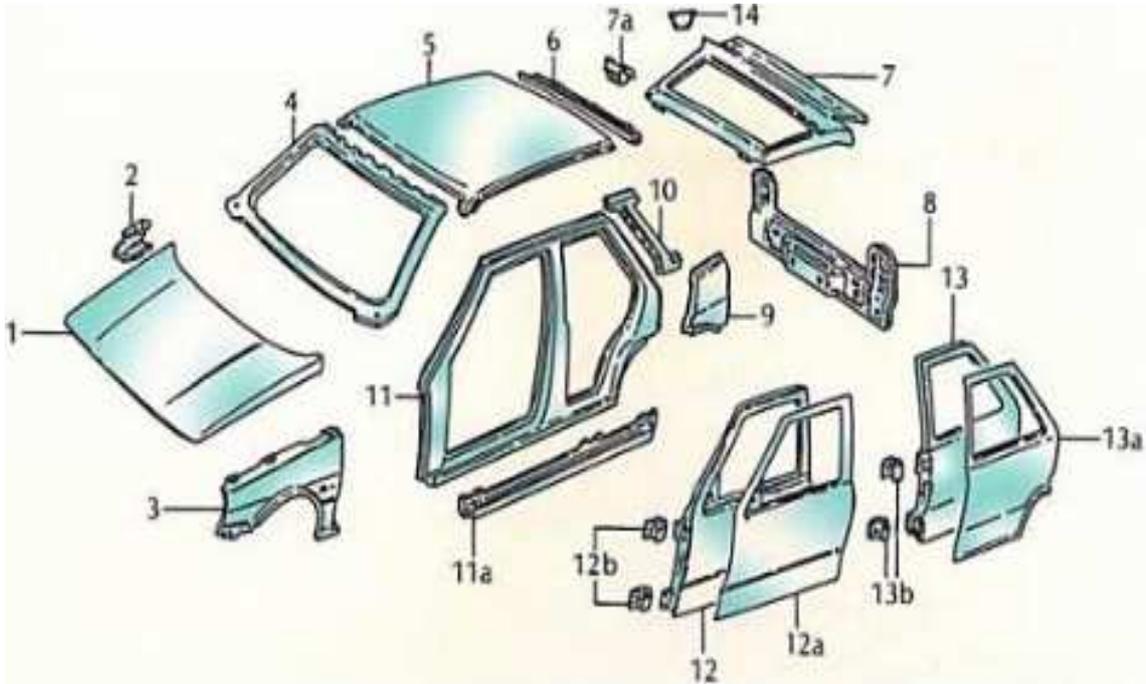
Desde el punto de vista constructivo la carrocería está constituida por dos conjuntos importantes:

- Subestructura (Base)
- Superestructura (Habitáculo)

Las carrocerías modernas están compuestas por un elevado número de partes y piezas por lo que resulta imprescindible para su mejor comprensión agruparlas en cuatro conjuntos principales.

- Paneles exteriores.
- Armazón delantero.
- Armazón central y trasero.
- Armazón del piso.

**FIGURA N° 24**  
**Componentes exteriores de la carrocería.**

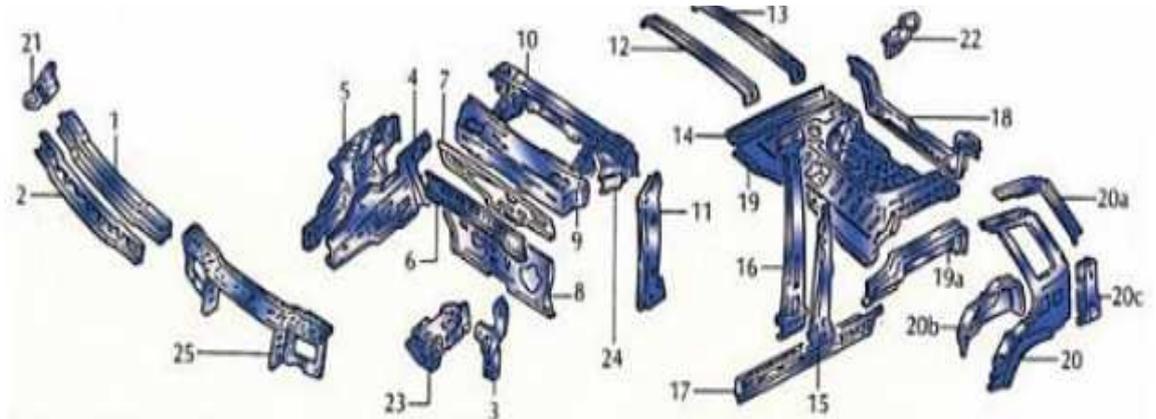


- |    |                              |     |                                  |
|----|------------------------------|-----|----------------------------------|
| 1  | Capo delantero               | 10  | Marco de luna de custodia        |
| 2  | Bisagra del capo             | 11  | Lateral completo                 |
| 3  | Aleta delantera              | 11a | Estribo                          |
| 4  | Marco de luna                | 12b | bisagra de puerta delantera      |
| 5  | Techo                        | 12  | Puerta delantera                 |
| 6  | Refuerzo posterior del techo | 12a | Panel de la puerta delantera     |
| 7  | Portón trasero               | 13  | Puerta trasera                   |
| 7a | Bisagra del portón trasero   | 13a | Panel de puerta trasera          |
| 8  | Faldón                       | 13b | Bisagra de puerta trasera        |
| 9  | Aleta trasera                | 14  | Tapa del depósito de combustible |

**FUENTE:** AGUEDA, Eduardo, y otros, *Elementos Amovibles*, 4<sup>ta</sup> edición, Editorial Paraninfo, España, 2010.

**FIGURA N° 25**

**Componentes interiores de la carrocería.**



- |   |  |
|---|--|
| 1 Traviesa interior delantera                       | 15 Refuerzo del montante central                   |
| 2 Cierre de traviesa interior delantera             | 16 Cierre del montante central                     |
| 3 Soporte de sujeción                               | 17 Cierre del estribo posterior de cierre de aleta |
| 4 Larguero delantero                                | 18 Refuerzo del faldón                             |
| 5 Cierre del larguero delantero del paragolpes      | 19 Piso maletero con largueros traseros            |
| 6 Traviesa del salpicadero                          | 19a Larguero trasero                               |
| 7 Refuerzo del salpicadero                          | 20 Cierre de aleta trasera                         |
| 8 Panel frontal del salpicadero                     | 20a Refuerzo de custodia                           |
| 9 Salpicadero superior                              | 20b Pase de rueda trasero                          |
| 10 Traviesa de sujeción del tablero de instrumentos | 20c Refuerzo                                       |
| 11 Refuerzo del montante delantero                  | 21 Soporte delantero de remolque                   |
| 12 Traviesa anterior del techo                      | 22 Soporte trasero de remolque                     |
| 13 Traviesa central del techo                       | 23 Soporte de batería                              |
| 14 Refuerzo lateral del techo                       | 24 Refuerzo de salpicadero                         |
|   | 25 Parante delantero                               |

**FUENTE:** AGUEDA, Eduardo, y otros, *Elementos Amovibles*, 4<sup>ta</sup> edición, Editorial Paraninfo, España, 2010.

## 2.7 CHASIS.

Según la Real Academia Española de la Lengua la palabra Chasis puede definirse como:

- Armazón, bastidor del coche,”<sup>20</sup> a su vez la palabra bastidor se define como:
- Armazón metálica que soporta la caja de un vagón, de un automóvil.”<sup>21</sup>

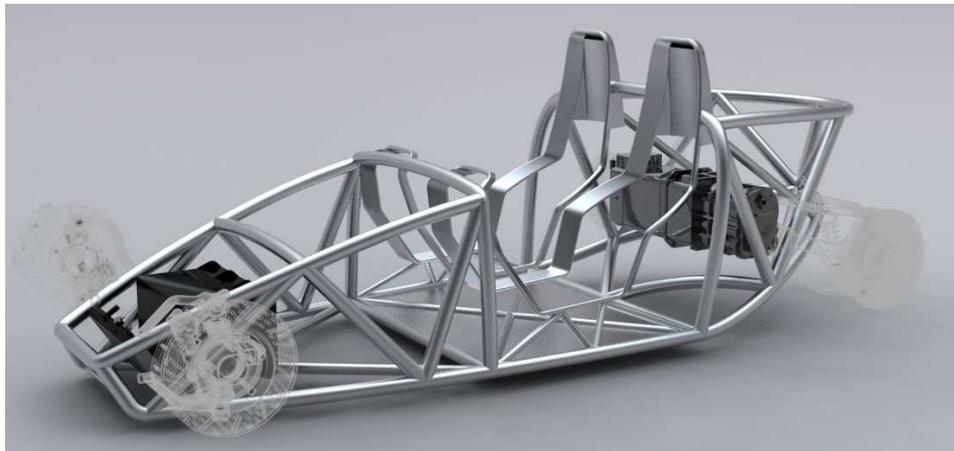
Por lo que afirmamos, que el bastidor es el conjunto de perfiles metálicos destinado a constituir un sólido armazón al cual se fijan las distintas partes que forman el vehículo, debe ser ligero y no obstante poseer una buena resistencia y estabilidad de forma.

### 2.7.1 CHASIS TUBULAR.

El chasis tubular o superligera “superleggera” en italiano, es un tipo de carrocería utilizado en vehículos clásicos deportivos de mediados del siglo XX. Fue creada por el carrocerio italiano Touring en 1937.

**FIGURA N° 26**

**Chasis tubular.**



**FUENTE:** <http://www.forocoches.com>

<sup>20</sup> “Diccionario de la Lengua Española”, Real Academia Española de la Lengua, 20ª Edición, 2010.

<sup>21</sup> “Diccionario de la Lengua Española”, Real Academia Española de la Lengua, 20ª Edición, 2010.

En la actualidad el chasis tubular es usado ampliamente en la construcción de automóviles destinados a las competencias deportivas o vehículos especiales. Su característica principal es estar constituido por un armazón tubular de acero, ya sea de sección redonda o cuadrada, soldados entre sí.

Su principal ventaja radica en una gran rigidez y resistencia con un peso significativamente menor. En este tipo de vehículos la carrocería se fabrica de fibra de vidrio o carbono y se atornilla a la estructura tubular.

## **2.8 DETERMINACIÓN DE CARACTERÍSTICAS, PREVIO AL DISEÑO DE LA CARROCERÍA.**

### **2.8.1 ANTECEDENTES.**

Al momento de proyectar el nuevo vehículo se debe de tomar en cuenta una serie de factores encaminados a obtener un producto que cumpla con las siguientes características:

- Potencia significativa.
- Economía de consumo.
- Estética.
- Seguridad.
- Habitabilidad.
- Confort.
- Ergonomía.

Debido a que nuestro vehículo estará destinado a una población determinada y su objetivo principal es prestar un servicio, mas no generar utilidades, pondremos principal atención a factores relacionados con la funcionalidad, comodidad y seguridad del ocupante.

Por otro lado la dificultad de adoptar procesos de construcción modernos debido a los costos elevados, falta de tecnología y poca demanda nos ha llevado a diseñar cada una de las piezas y componentes de tal manera que la construcción se la pueda realizar de una manera sencilla y artesanal, es decir sin la necesidad de materiales, herramientas, maquinas y tecnologías de costos elevados, con un proceso de construcción sencillo y plenamente aplicable al nivel tecnológico actual del país.

Uno de los principales auspiciantes de este proyecto debería ser la empresa pública y más exactamente el gobierno nacional que en los últimos años ha mostrado un gran interés por las personas discapacitada o con capacidades especiales.

No debemos descartar a la empresa privada ya que aunque el objetivo del proyecto no es generar ganancias económicas, siempre existe la buena voluntad y el deseo de aportar por parte de las empresas y entidades privadas.

## **2.8.2 DEFINICIÓN DEL TIPO DE CARROCERÍA.**

Una vez analizado las características y definiciones de cada uno de los tipos de carrocerías, hemos decidido que nuestro diseño será proyectado como una carrocería del tipo VEHICULO TURISMO URBANO MONOVOLUMEN, debido a que el objetivo principal del proyecto, es servir como un medio de transporte urbano para personas en silla de ruedas, al ser monoplaza sus dimensiones son las más reducidas, la velocidad y la potencia necesarias son mínimas, con las leyes de tránsito actuales en el país los automóviles no podrán exceder la velocidad máxima de 50Km/h en la zona urbana y 90Km/h en carreteras, por lo cual no existe la necesidad de un tipo de carrocería más robusta o de mayor potencia.

La carrocería a diseñar deberá cumplir con las siguientes características generales.

- Volúmen mínimo.
- Fácil aparcamiento.

- Amplio espacio interior.
- Bajo consumo energético.

### **2.8.3 REQUERIMIENTOS GENERALES DEL DISEÑO.**

#### **OBJETIVOS DEL DISEÑO.**

El diseño de la carrocería deberá ser en primer lugar funcional y cumplir con su misión principal la cual es servir de medio de transporte a las personas con paraplejía, para tal efecto deberá estar dotado de varios sistemas de asistencia automática como son: sistema de apertura y cierre de la puerta de ingreso (puerta posterior), sistemas de accionamiento de la rampa de acceso, sistema de anclaje de la silla de ruedas, entre otros, que aseguren la funcionalidad y ergonomía.

El diseño deberá prestar las condiciones de seguridad necesarias en caso de situaciones de funcionalidad extrema como: sobrecarga de peso, aceleración extrema, frenado brusco, curvas a máxima velocidad, impactos en caso de accidentes. Para tal efecto deberá contar con un estudio y análisis estructural que sustente y justifique la resistencia de la estructura y la integridad del ocupante en las condiciones antes mencionadas.

Deberá contar con los espacios interiores necesarios para alojar: al pasajero (hombre + silla de ruedas), al sistema de propulsión, y demás sistemas necesarios para el control y funcionamiento del vehículo.

El diseño deberá ser agradable, visualmente atractivo, y de una construcción relativamente sencilla que no requiera de herramientas especiales ni procesos de construcción y mantenimiento costoso.

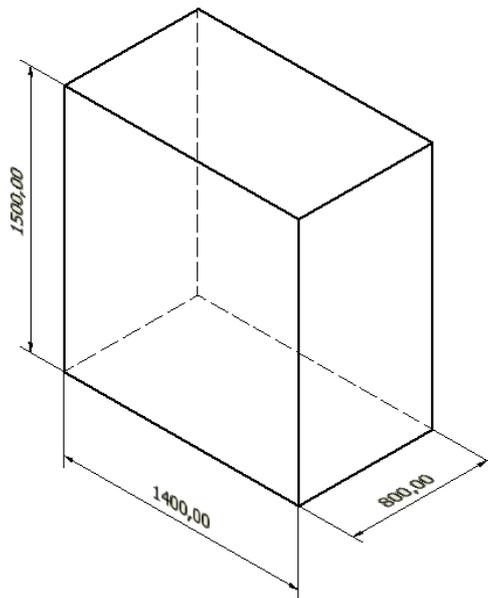
El diseño final deberá tener un precio de producción inferior a los modelos actuales existentes en el mercado internacional, adaptado a nuestra economía.

#### 2.8.4 DIMENSIONES DEL VEHÍCULO.

En este punto nos corresponde proyectar las dimensiones internas y externas mínimas del vehículo, estas dimensiones no son fijas sino más bien referenciales ya que durante el desarrollo del diseño e incluso en las fases de construcción del prototipo serán necesario realizar ajustes y variaciones en las dimensiones para obtener el producto final.

Al momento de determinar las dimensiones del vehículo, prestamos especial atención al espacio interior, estas dimensiones requeridas por una persona en silla de ruedas se determinaron en el CAPÍTULO I y en base a estas se establecieron las medidas máximas y mínimas del interior del vehículo.

**FIGURA N° 27**  
**Posibles dimensiones internas del vehículo (mm).**

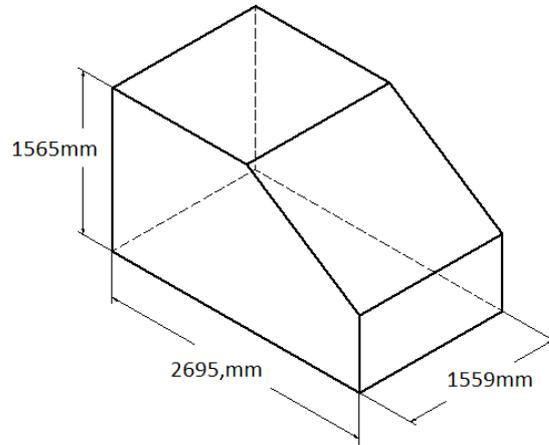


**FUENTE:** El Autor

En cuanto al exterior las dimensiones mínimas se determinaron en base a modelos existentes en el mercado con características y funciones similares.

**FIGURA N° 28**

**Posibles dimensiones externas del vehículo.**



**FUENTE:** El Autor

En la siguiente tabla se muestran las posibles dimensiones interiores y exteriores básicas del automóvil, estas dimensiones no son las definitivas debido a que en el transcurso del diseño deberemos realizar correcciones y modificaciones necesarias para la funcionalidad del mismo.

**TABLA N° 11**

**Dimensiones tentativas del vehículo.**

<b>Dimensiones internas</b>	<b>Medida en mm</b>
<b>Largo</b>	1500
<b>Ancho</b>	800
<b>Alto</b>	1400
<b>Dimensiones externas</b>	<b>Medida en mm</b>
<b>Largo</b>	2695
<b>Ancho</b>	1559
<b>Alto</b>	1565

**FUENTE:** El Autor

### **2.8.5 CONSIDERACIONES DE SUPERFICIES DE CIRCULACIÓN.**

El vehículo estará diseñado y concebido para su circulación por terrenos urbanos como son: calles de concreto y caminos de asfalto, no se considerarán para el diseño situaciones de circulación por caminos rurales o calles de tierra con imperfecciones superficiales (baches).

### **2.8.6 ESTILO DE LA CARROCERÍA.**

La carrocería a diseñar deberá ser del tipo: CARROCERÍA CERRADA MONOVOLÚMEN de una sola puerta de ingreso (posterior), con ventanas laterales abatibles, parabrisas delantero, ventana posterior, luces reglamentarias, guardabarros en todas las ruedas y sin maletero.

### **2.8.7 DISTANCIA AL PISO.**

Aunque este ítem debería estar incluido en las consideraciones de dimensiones del vehículo, hemos visto conveniente analizarlo de manera separada por la relevancia del mismo, ya que del valor de esta cota dependen factores importantes como: La funcionalidad de la rampa posterior y la accesibilidad de la persona en la silla de ruedas.

La altura al piso no deberá ser demasiado elevada ya que dificultaría el ingreso de la persona en la silla de ruedas, tampoco deberá ser demasiado baja ya que el vehículo podría golpearse con obstáculos en el camino.

En base a estas consideraciones se establece que el vehículo deberá tener una distancia al piso mínima de 10 cm, por otro lado para cumplir con los requisitos de rampa máxima, que una persona en silla de ruedas pueda superar sin dificultad se trabajará con la longitud de la rampa.

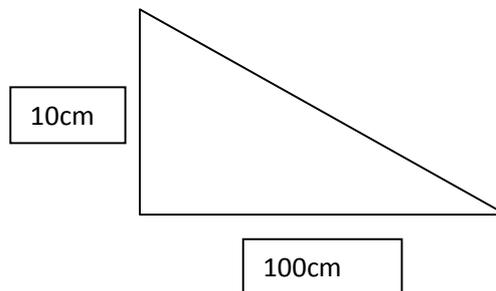
*DATOS:*

Atura al piso: 10cm

Rampa máxima: 10%

Rampa = altura/ largo

Largo=altura/ rampa



$$largo = \frac{10cm}{0.1}$$

$$largo = 100cm$$

$$hipotenusa^2 = cateto1^2 + cateto2^2$$

$$hipotenusa^2 = 10^2 + 100^2$$

$$hipotenusa = 100,5cm$$

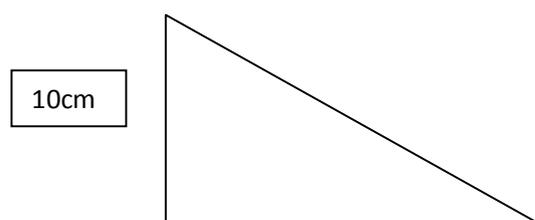
Como se observa este valor es demasiado alto ya que se requeriría de una rampa de más de 1 metro de largo para que la persona en silla de ruedas pueda subir sin ayuda.

Considerando esto y sobre todo con el antecedente que una persona en silla de ruedas y con la capacidad de conducir tiene una perfecta funcionalidad de sus miembros superiores se ha decidido colocar dos barandas de apoyo una a cada lado de la rampa para que ayuden a la persona en silla de ruedas a impulsarse con lo cual aumenta la rampa máxima de 10% a valores incluso superiores al 15% como se indica en el CAPÍTULO I.

*DATOS:*

Atura al piso: 10cm

Rampa máxima: 15%



Rampa = altura/ largo

Largo= altura/ rampa

66cm
------

$$largo = \frac{10cm}{0.15}$$

$$largo = 66cm$$

$$hipotenusa^2 = cateto1^2 + cateto2^2$$

$$hipotenusa^2 = 10^2 + 66^2$$

$$hipotenusa = 66,7cm,$$

La longitud de 66,7cm es más factible de aplicar en la rampa posterior entre otras cosas debido al poco espacio interior disponible, restringido por las propias características dimensionales del vehículo.

### 2.8.8 REQUERIMIENTOS ESTRUCTURALES.

La estructura tubular del automóvil debe contar con barras laterales, arcos de seguridad y demás elementos estructurales que actúen como protección y atenuantes de los efectos de un accidente como vuelco o choque.

Para esto la estructura del vehículo deberá de poseer los siguientes elementos:

- Arco principal.
- Arco frontal.
- Arco contra vuelco.
- Protecciones laterales
- Protecciones frontales.
- Bastidor.

El conjunto de: Los arcos antivuelco, barras laterales y barras longitudinales son los elementos que actúan como una coraza que protege al pasajero y los elementos internos del vehículo y a la vez sirve de punto de anclaje y sujeción para otros elementos como faros, limpiaparabrisas, etc.

Mientras que el bastidor es aquella estructura que está destinada a soportar todos los pesos importantes que actúan sobre el vehículo, además sirve de soporte y sujeción de los principales sistemas mecánicos como la transmisión, suspensión, etc.

### **2.8.9 MATERIALES.**

En la actualidad no existe ninguna norma o reglamento técnico que nos indique los materiales a utilizar en la construcción de carrocerías tubulares para automóviles en el Ecuador, por lo tanto tomaremos como referencia aquellas normas que regulen la construcción de carrocerías tubulares para buses que son perfectamente aplicables a nuestro proyecto.

Según la normativa técnica ecuatoriana NTE INEN 1323 “los materiales aceptados para la construcción de la carrocería de buses deben ser perfiles estructurales protegidos contra la corrosión que cumplan con las normas NTE INEN correspondientes vigentes, en caso de no existir dichas normas deberán utilizarse los reglamentos equivalentes de conocido prestigio tales como ASTM. DIN. JIS. ANSI.”<sup>22</sup>

La normativa titulada NORTH AMERICAN SPECIFICATION FOR THE DESIGN OF COLD FORMED STEEL STRUCTURAL MEMMBERS de la AISI (American Iron and Steel Institute) nos indica una serie de aceros aplicables para la construcción de estructuras metálicas, según la norma INEN 1323 y la normativa internacional se permite el uso de perfiles de acero estructural acero ASTM A500, para la construcción de estructuras de chasis de buses.

---

<sup>22</sup> INEN 1323, Vehículos automotores, carrocerías de buses requisitos, 2009.

**TABLA N° 12**

**Características del acero estructural ASTM A500.**

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>VALOR</b>
<b>Densidad</b>	$g/cm^3$	7,870
<b>Módulo de Young</b>	GPa	200,000
<b>Coefficiente de Poisson</b>	su	0,290
<b>Limite de Elasticidad</b>	MPa	350,000
<b>Resistencia Máxima a la Tracción</b>	Mpa	420,00
<b>Conductividad Térmica</b>	W/( m K )	52,000
<b>Expansión Lineal</b>	su/c	0,0000120
<b>Calor Específico</b>	J/( kg K )	0,486

**FUENTE:** NTE INEN 2415, Tubos de acero al carbono soldados para aplicaciones estructurales y usos generales. Requisitos, 2009.

**2.8.10 ALTERNATIVAS DE PERFILES ESTRUCTURALES ASTM A500.**

En el Ecuador existen dos empresas productoras de tubos de aceros estructurales que cuentan con los certificados de las normas ASTM A500 y NTE INEN 2415 estas empresas son ADELCA y NOVACERO, hemos decidido trabajar con los tubos y perfiles estructurales de NOVACERO en base a los cuales se realizara el diseño y los cálculos del vehículo. La empresa NOVACERO ofrece una mayor gama de aceros estructurales A500 en diversas formas y espesores, en comparación con la empresa ADELCA.

Para el primer análisis se escogieron: la forma, el diámetro y el espesor de los perfiles estructurales, en base al reglamento de la FIA (Federación Internacional de Automovilismo).

La estructura interna del vehículo está formada por dos tipos de perfiles de acero estructural ASTM A500, se usará un perfil rectangular para el chasis y un perfil tubular para el resto de la carrocería. Cabe indicar que las dimensiones del perfil final estarán en función de los resultados del análisis estructural.

**TABLA N° 13**

**Características de los perfiles estructurales ASTM A500 de NOVACERO.**

<b>CARACTERÍSTICAS DE LOS PERFILES ESTRUCTURALES ASTM A500</b>		
<b>PERFIL TUBULAR 42,4x3</b>	Diámetro exterior	42,4mm
	Espesor	3mm
	Longitud comercial	6m
	Peso lineal	2.9Kg/m
	Ix	51915,497 mm <sup>4</sup>
	Iy	51915,497 mm <sup>4</sup>
	<b>PERFIL RECTANGULAR 60x60x3</b>	Anchura de sección
Altura de sección		60,000 mm
Espesor		3mm
Longitud comercial		6m
Peso lineal		5,13Kg/m
Ix		358159,357 mm <sup>4</sup>
Iy		358159,357 mm <sup>4</sup>

**FUENTE:** <http://www.novacero.com/client/product>.

### **2.8.11 LA CARROCERÍA DE FIBRA DE VIDRIO.**

Para el diseño y la construcción de la carrocería se ha decidido utilizar como material la fibra de vidrio debido a las cualidades que posee este material, siendo la principal la facilidad de construcción y la nula necesidad de máquinas especiales para su producción en serie, además en el país ya existe infraestructura para la creación de estas carrocerías utilizadas en los buses de transporte urbano y rural.

## **2.9 EL TREN DE POTENCIA.**

### **2.9.1 ELECCIÓN DEL SISTEMA DE PROPULSIÓN.**

No compete a este tema de tesis el análisis de los sistemas de propulsión para el vehículo, sin embargo resulta necesario definir el tipo de propulsión a utilizar únicamente con la finalidad de conocer las características estructurales, dimensiones, pesos y demás características que permitan realizar un diseño funcional y plenamente aplicable.

A la hora de decidir por el tipo de propulsión a utilizarse en el vehículo, básicamente contamos con dos los sistemas factibles, el primero es un motor de combustión interna a gasolina convencional y el segundo es un sistema de propulsión eléctrico, analizamos las características, dimensiones, aplicaciones, ventajas y desventajas, de cada uno y decidimos utilizar el sistema de propulsión eléctrico, debido a los factores que indicaremos a continuación.

### **2.9.2 PROPULSIÓN ELÉCTRICA VS PROPULSIÓN A COMBUSTIÓN**

#### **RENDIMIENTO.**

El rendimiento de un motor térmico está en el orden del 25-30 %. Esta pérdida de energía se debe principalmente a la emisión de energía en forma de calor por conducción entre los gases quemados y la pared de la cámara a combustión, es decir la mayor parte de la energía generada por la inflamación del combustible se pierde en forma de calor por las paredes de los cilindros. Con las tecnologías actuales, la aplicación de sistemas computarizados, la investigación y uso de nuevos materiales en la construcción de motores térmicos se ha conseguido incrementar significativamente esta eficiencia térmica, sin embargo este valor continúa siendo inferior al 40%.

Por otro lado los motores eléctricos tienen un rendimiento superior al 85% es decir estos motores tienen la capacidad de convertir más del 85% de la energía contenida en las baterías en energía útil para la propulsión del vehículo.

### **VIABILIDAD.**

Una de las mayores limitaciones actuales de los automóviles eléctricos, en comparación con los vehículos propulsados por motores de combustión es su autonomía y potencia, ambas características negativas provienen del actual sistema de almacenamiento energético (baterías).

Los estudios realizados en cuanto a la movilidad y uso de los vehículos actuales en las zonas urbanas resultan sorprendente ya que estos datos reflejan que la media de los desplazamientos diarios en la ciudad es de alrededor de los 40Km, la velocidad media es de 50Km/h, el número de pasajeros por trayecto es de 2 y el uso medio de la capacidad del maletero es del 30% lo que nos lleva a concluir que alrededor del 90% de los trayectos anuales en la zona urbana se podrían realizar perfectamente con vehículos eléctricos pequeños.

Aún mayor es la viabilidad del uso de motores eléctricos para la propulsión de nuestro vehículo ya que está destinado a transportar una sola persona y por ende el peso a movilizar se reduce a la mitad del indicado anteriormente, al reducirse las masas a movilizar aumenta significativamente la autonomía, velocidad máxima y demás características relacionadas directamente con el peso del pasajero.

### **INFRAESTRUCTURA.**

Una desventaja del uso de los automóviles eléctricos en el país es la total ausencia de infraestructura para el reabastecimiento energético de vehículos eléctricos, sería responsabilidad del ministerio de energía la construcción de infraestructura técnica para tales fines, pero esto no será viable hasta que la demanda de estos lugares sea lo

suficientemente importante para justificar una inversión de este tamaño, en este aspecto nuestro vehículo no va a hacer la diferencia ya que como se indicó su demanda será limitada al estar destinado a una población específica (personas en sillas de ruedas).

Por otra parte con las tecnologías actuales de recarga de baterías es perfectamente factible e incluso es el método más usado en la actualidad la recarga de energía en los propios garajes en los hogares de los propietarios de vehículos eléctricos, por lo que es más que factible este método de recarga.

Se aconsejaría recargar diariamente el vehículo en la noche por alrededor de 6 horas para obtener una autonomía de por lo menos 80Km, creando un hábito diario de recarga, el problema de la falta de infraestructura sería superado y no representaría un factor limitante para el uso del sistema eléctrico de propulsión en nuestro proyecto.

### **PESO Y PRESTACIONES.**

La relación del peso de la fuente de energía (baterías o tanque de combustible) y el peso del automóvil representa en los vehículos eléctricos alrededor de 40% mientras que en los vehículos de combustión es de apenas el 5%, al tener una relación de peso elevada los vehículos eléctricos actuales están destinados ya sea al transporte pesado o a vehículos pequeños urbanos donde puedan satisfacer las necesidades de movilidad de 2 personas como máximo.

En cuanto a las prestaciones los vehículos eléctricos actuales no pueden competir con los clásicos motores de combustión interna en características como aceleraciones y velocidades punta, pero son perfectamente aplicables en las zonas urbanas donde las exigencias de aceleración y velocidad no son tan elevadas.

### **CONTAMINACIÓN.**

En todos los países las urbes se ven afectadas diariamente por la contaminación tanto atmosférica como sonora, en muchos países europeos el transporte es responsable de

alrededor del 40% de las emisiones de CO<sub>2</sub> según la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos), el estudio y la aplicación de energías alternativas resulta imprescindible para apalejar estos datos, una de las respuestas más favorable es el uso de vehículos híbridos y eléctricos, ya que en el caso de los segundos la contaminación atmosférica y sonora es CER0.

Otro factor de gran discusión a nivel mundial para la aseveración de que un vehículo eléctrico contamina 0% es el origen de la energía eléctrica que lo abastece, si para satisfacer la demanda energética originada por los vehículos eléctricos se utilizan métodos de producción energética que usan como materia prima el petróleo o el carbón lo único que estaríamos haciendo es trasladar la fuente de emisiones de gases nocivos de la urbe a las plantas de producción de energía, resultando un daño atmosférico y medio ambiental aun peor, por tal motivo resulta imprescindible el estudio y aplicación de fuentes de energía renovable y limpia como la energía solar y eólica para satisfacer las demanda energética de los vehículos eléctricos sin afectar el medio ambiente.

## **ESTIMULACIONES A LOS VEHÍCULOS ELÉCTRICOS.**

En muchos países cada vez es más común el uso de vehículos eléctricos e híbridos, lo que ha llevado a los gobiernos a estimular la adquisición y uso de estos vehículos por las características antes mencionadas, uno de los ejemplos más radicales se ha visto en países como: Singapur, Estocolmo, Múnich, Zúrich, Ámsterdam, entre otros, en los cuales se han creado zonas rojas de peaje para vehículos térmicos.

Por otro lado los gobiernos han ofrecido a los productores una amortización total del 100% de vehículos eléctricos en el primer año, además el incentivo a los compradores como la eliminación del IVA y otros impuestos, hacen que los vehículos eléctricos sean cada vez más cotizados en las grandes metrópolis.

A estas estimulaciones debemos añadir, aquellas dadas por la legislación ecuatoriana a los vehículos destinados a personas en sillas de ruedas indicadas en el CAPÍTULO I, numeral 1.7

Aunque en la actualidad ya existe la producción masiva de vehículos 100% eléctricos, en un principio su aplicación está restringida únicamente a zonas urbanas debido a las características y limitaciones.

Todavía los vehículos eléctricos no pueden competir con vehículos de combustión interna, sobre todo en características de autonomía y prestaciones, esto se debe principalmente al sistema de almacenamiento energético (Baterías).

Diariamente las empresas constructoras están gastando grandes cantidades de dinero para conseguir una fuente de energía y almacenamiento más eficaz, con lo cual se espera que en un futuro muy cercano los vehículos eléctricos dominen el mercado mundial.

Por estos motivos hemos decidido que nuestro vehículo lleve un sistema de propulsión netamente eléctrico con las características de peso, dimensiones y costos que esto conlleva.

**TABLA N° 14**

**Comparación de características.**

**Sistemas de propulsión eléctricos vs Sistemas de propulsión a gasolina.**

<b>PARÁMETRO</b>	<b>GASOLINA</b>	<b>ELÉCTRICO</b>
<b>Espacio requerido para el motor</b>	mayor	menor
<b>Espacio requerido para el almacenamiento energético</b>	menor	mayor
<b>Peso de los motores</b>	mayor	menor
<b>Peso de la reserva energética</b>	menor	mayor
<b>Emisión de calor</b>	mayor	menor
<b>Rendimiento energético</b>	menor	mayor

<b>Infraestructura</b>	mayor	menor
<b>Velocidad máxima</b>	mayor	menor
<b>Aceleración máxima</b>	mayor	menor
<b>Autonomía</b>	mayor	menor
<b>Emisiones contaminantes</b>	mayor	menor

**FUENTE:** El Autor.

### **2.9.3 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SISTEMA DE PROPULSIÓN.**

Procedemos a escoger un modelo específico de sistema de propulsión eléctrico para obtener características como medidas de los motores, baterías, y demás componentes, lo cual nos servirá a la hora de proyectar las dimensiones y espacios internos de la carrocería.

Existe una gran cantidad de empresas a nivel mundial dedicados a la venta e instalación de sistemas de propulsión eléctricos para automóviles, la decisión de un modelo específico, con una potencia mínima requerida y demás características depende del resultado de una serie de análisis y cálculos que no corresponden a este tema. Ya que nuestra función no es calcular el sistema de propulsión adecuado sino mas bien tomar en cuenta las características de diseño, como son las dimensiones, espacios requeridos, pesos y fuerzas generadas, con los cuales aseguraremos el espacio mínimo para que la carrocería pueda albergar este sistema con total desahogo en cuanto a dimensiones y resistencias.

Centraremos nuestra atención en analizar los diferentes sistemas de propulsión eléctricos ya usados en vehículos actuales y escogeremos el modelo que más se asemeja a nuestro proyecto.

## 2.9.4 SISTEMAS DE PROPULSIÓN ELÉCTRICA UTILIZADOS EN VEHÍCULOS SIMILARES.

Prácticamente todas las empresas productoras de vehículos cuentan con al menos un modelo eléctrico urbano que ya se comercializa, o prototipos que pronto saldrán al mercado, por tal motivo resulta sencillo obtener información de fichas técnicas, boletines, y demás medios escritos con los cuales hemos realizado la siguiente tabla en la cual indicamos las características más relevantes de dos modelos de vehículos, que son los más similares a nuestro proyecto de diseño.

**TABLA N° 15**

**Características de vehículos similares, Mahindra Reva I.**



<b>VEHÍCULO</b>	
<b>Marca</b>	Mahindra
<b>Modelo</b>	Reva I
<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES</b>	
<b>Tipo de vehículo</b>	Turismo urbano
<b>Número de plazas</b>	2
<b>Número de puertas</b>	3
<b>CARROCERÍA</b>	
<b>Tipo</b>	Estructura tubular de acero
<b>Paneles</b>	plástico 100% reciclable

<b>DIMENSIONES (mm) Y PESOS</b>	
<b>Largo / ancho / alto</b>	2638/ 1324/ 1510
<b>Carga máxima admisible</b>	940 Kg
<b>Masa en vacío</b>	665Kg
<b>SISTEMA DE PROPULSIÓN</b>	
<b>Tipo de motor</b>	Inducido AC
<b>Baterías</b>	8 baterías de 6v 195Ah
<b>Tracción</b>	Posterior
<b>PRESTACIONES</b>	
<b>Par motor</b>	52Nm @ 8000rpm
<b>Potencia</b>	13Kw
<b>Velocidad máxima</b>	65Km/h
<b>Rampa máxima</b>	23%
<b>Autonomía</b>	80Km
<b>Tiempo de recarga</b>	80% en 2,5h, y 100% en 8 horas

FUENTE: <http://www.mahindrareva.com/Reva-Home.html>

#### TABLA N° 16

Características de vehículos similares Flybo 6000ZK



<b>VEHÍCULO</b>	
<b>Marca</b>	Flybo
<b>Modelo</b>	6000ZK
<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES</b>	
<b>Tipo de vehículo</b>	Turismo urbano
<b>Número de plazas</b>	2
<b>Numero de puertas</b>	3
<b>CARROCERÍA</b>	
<b>Tipo</b>	Estructura tubular de acero
<b>Paneles</b>	Fibra de vidrio
<b>DIMENSIONES(mm) Y PESOS</b>	
<b>Largo / ancho /alto</b>	3618/ 1563/ 1553
<b>Carga máxima admisible</b>	740 Kg
<b>Masa en vacío</b>	790Kg
<b>SISTEMA DE PROPULSIÓN</b>	
<b>Tipo de motor</b>	Inducido AC
<b>Baterías</b>	8 baterías de gel 12v 100 ah
<b>Tracción</b>	Posterior
<b>PRESTACIONES</b>	
<b>Par motor</b>	572Nm @ 7500rpm
<b>Potencia</b>	20Kw
<b>Velocidad máxima</b>	100Km/h
<b>Rampa máxima</b>	25%
<b>Autonomía</b>	160Km
<b>Tiempo de recarga</b>	8 horas

**FUENTE:** <http://www.flybo.cn/product.asp?id=26>

## 2.10 CARACTERÍSTICAS DE ELEMENTOS Y SISTEMAS PRINCIPALES.

Resulta de suma importancia para el diseño de la carrocería contar con características de cada uno de los elementos y sistemas necesarios para la propulsión, control, dirección del vehículo, por tal motivo se han investigado cada uno de los elementos y sistemas, los datos obtenidos se han representado en tablas para su mejor comprensión.

**TABLA N° 17**  
**Características de los motores.**

<b>CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES.</b>	
<b>Tipo</b>	Imanes permanentes con escobillas
<b>Voltaje</b>	24 a 48v
<b>Amperaje</b>	300Ah
<b>Potencia</b>	10Kw
<b>Velocidad de giro</b>	3700rpm @ 48v
<b>Diámetro</b>	20,3cm
<b>Ancho</b>	14cm
<b>Peso</b>	13Kg
<b>Aplicación</b>	motos, triciclo, vehiculos livianos de baja velocidad

**FUERTE:** <http://www.autolibreelectrico.com/archives/375>

**TABLA N° 18**  
**Características de las baterías.**

<b>CARACTERÍSTICAS DE LAS BATERÍAS.</b>	
<b>Tipo</b>	Baterías de tracción
<b>Marca</b>	Bosch
<b>Modelo</b>	L4 013
<b>Voltaje</b>	12v
<b>Amperaje</b>	60Ah

<b>Largo</b>	260mm
<b>Ancho</b>	175mm
<b>Alto</b>	225mm

**FUENTE:**[http://rb-aa.bosch.com/aa-batterien/gb/en/funktion/media/Broschuere\\_en\\_Batterie\\_Freizeit\\_L4\\_Europa.pdf](http://rb-aa.bosch.com/aa-batterien/gb/en/funktion/media/Broschuere_en_Batterie_Freizeit_L4_Europa.pdf)

**TABLA N° 19**  
**Características de otros elementos.**

<b>CARACTERÍSTICAS DE OTROS ELEMENTOS.</b>	
<b>Suspensión delantera</b>	Independiente Mc Pherson
<b>Suspensión posterior</b>	Paralelogramo deformable
<b>Sistema de frenos</b>	Disco mordaza
<b>Sistema de dirección</b>	Reducción por cremallera con asistencia hidráulica
<b>Mando de dirección</b>	Manubrio ATV
<b>Mando de acelerador</b>	De puño tipo moto
<b>Mando del freno</b>	Palanca accionada con los dedos tipo moto

**FUENTE:** El Autor.

## **2.11 DESARROLLO DE LAS FASES DE DISEÑO DE LA CARROCERÍA.**

### **2.11.1 FASE DE CONCEPCIÓN.**

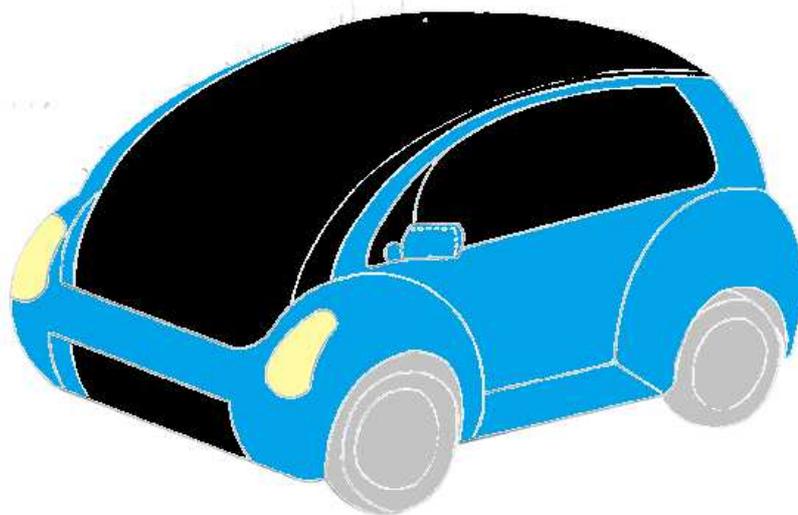
El primer paso que debemos realizar para diseñar una carrocería es la definición estética del modelo tanto en su aspecto interior como exterior.

### 2.11.2 BOCETO.

En esta fase se realizan los primeros bocetos a través de dibujos a mano, utilizando herramientas básicas como son: Lápices, reglas, plantillas de curvas, crayones, etc.

Este es uno de los pasos más difíciles ya que al no contar en nuestra preparación académica universitaria con materias como diseño gráfico o arte, resulta complejo plasmar en el papel las ideas presentes en la cabeza, pero con ayuda de ciertas técnicas y herramientas se pudo obtener resultados realmente buenos en cuanto al boceto del vehículo.

**FIGURA N° 29**  
**Boceto del vehículo.**



**FUENTE:** El Autor

Para este proyecto se realizaron 3 bocetos, por cuestiones de factibilidad de construcción, estética, aspecto visual, se decidió por el boceto número 3 que se muestra en la figura N° 29.

### **2.11.3 MODELADO ASISTIDO POR COMPUTADORA.**

Una vez determinadas las características principales del vehículo, las dimensiones generales, los elementos y sistemas que irán montados en el mismo y realizado el boceto procedemos a modelar el vehículo con ayuda de un software computacional.

#### **SOFTWARE DE MODELADO.**

Luego de probar y analizar una gran cantidad de software de diseño y modelado de automóviles se decidió utilizar el software “AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL 2012” el cual constituye una gama flexible de herramientas para diseño mecánico en 3D, productividad de CAD, comunicación de diseños, simulación de productos, sistemas enrutados y diseño de moldes.

El software de CAD 3D Inventor nos permite integrar los dibujos 2D de AutoCAD y los datos 3D en un modelo digital único, para crear una representación virtual del producto final con la cual validar la forma, el ajuste y la funcionalidad del producto antes de fabricarlo.

La versión PROFESSIONAL 2012 cuenta con herramientas que permiten realizar análisis de estructuras y tensiones lo cual será de gran importancia a la hora de calcular la resistencia del diseño de la carrocería, el análisis estructural lo realiza el software AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL 2012 en interface directa con el software ANSYS 2012, finalmente este software cuenta con una novedad que permite realizar el llamado RENDERIZADO y animaciones digitales que serán especialmente útiles en la última fase del proyecto.

Con un solo software podremos realizar el modelado en 3D, el análisis estructural y la presentación digital del proyecto evitándonos problemas de compatibilidad con otros productos.

## **2.12 MODELADO DEL HOMBRE Y LA SILLA DE RUEDAS.**

### **2.12.1 MODELADO DE LA SILLA DE RUEDAS.**

En base a los antecedentes, características, y dimensiones definidas en el CAPÍTULO I procedemos a modelar en primer lugar la silla de ruedas, aunque ya se determinaron las dimensiones principales resulta imprescindible contar con un modelo real sobre el cual tomar medidas y características de elementos secundarios como: Cauchos, agarraderas, ruedas, neumáticos, etc. Con la única finalidad de conseguir un modelo 100% realista.

La silla de ruedas que empleamos como modelo fue proporcionada por el subcentro de salud de Oña del MSP (ministerio de salud pública). En la siguiente gráfica se muestra la silla de ruedas sobre la cual realizaremos el diseño.

**FIGURA N° 30**

**Silla de ruedas.**



**FUENTE:** El autor.

Procedemos a modelar la silla de ruedas y todos sus subconjuntos con la ayuda del software seleccionado.

**FIGURA N° 31**

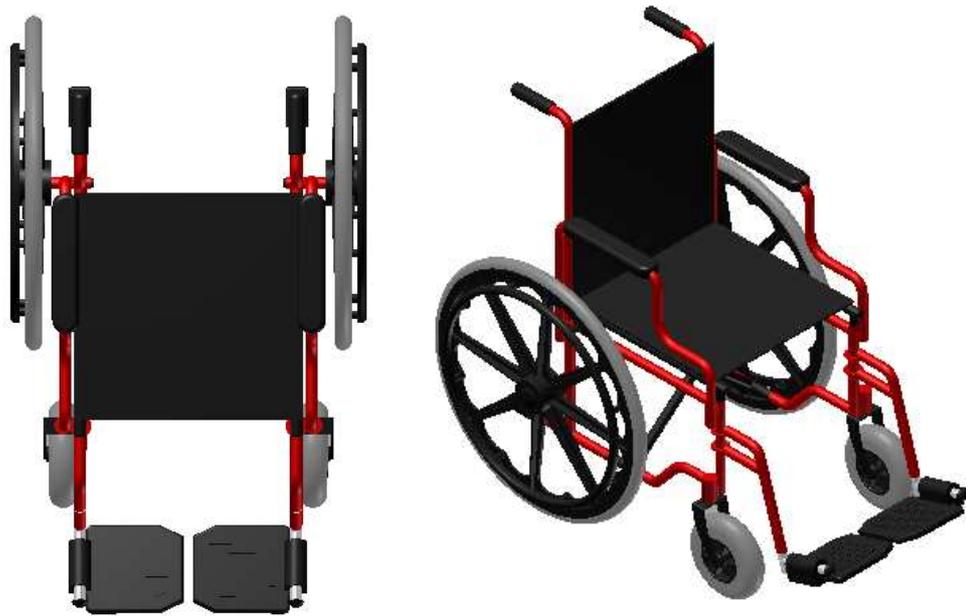
**Ensamblaje de la silla de ruedas, vista lateral y frontal.**



**FUENTE:** El Autor.

**FIGURA N° 32**

**Ensamblaje de la silla de ruedas, vista superior e isométrica.**



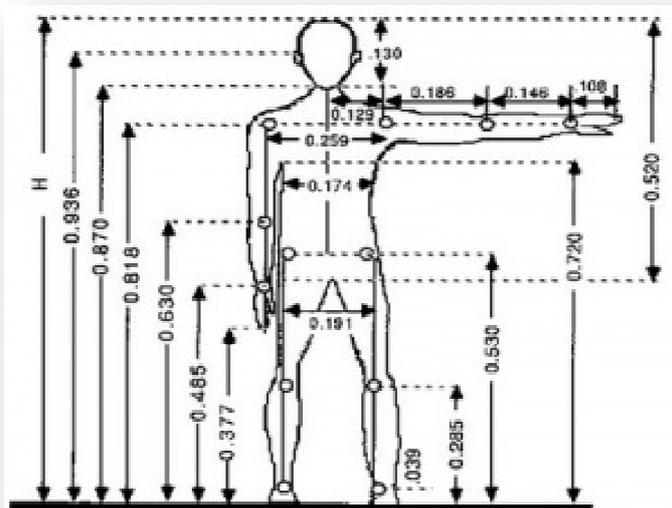
**FUENTE:** El Autor.

### 2.12.2 PLANTILLA ANTROPOMÉTRICA.

Resulta primordial contar con un modelo tridimensional del ser humano con la finalidad de comprobar espacios interiores, ergonomía, posición de elementos y demás características necesarias en el diseño.

Debido a que las proporciones corporales de hombres adultos son mayores que las de mujeres de la misma edad resulta conveniente proyectar el diseño para las medidas de hombres adultos abarcando de esta manera la mayor población de personas. La normativa internacional ISO 7250 “Medidas básicas del cuerpo humano para el diseño tecnológico”<sup>23</sup> indica las características antropométricas del cuerpo humano de ambos sexos y de varias edades, estas dimensiones son las utilizadas por la mayoría de diseñadores de productos de todo tipo.

**FIGURA N° 33**  
**Proporciones Corporales “Hombres Adultos”**



**FUENTE:** Norma ISO 7250, Medidas básicas del cuerpo humano para el diseño tecnológico, 2010.

<sup>23</sup> ISO 7250, Medidas básicas del cuerpo humano para el diseño tecnológico, 2010.

Como se observa en la figura N° 38 las medidas corporales están en función de la altura (H) de la persona, por esta razón resulta necesario determinar la estatura media del grupo de personas al cual está dirigido el proyecto, según la OMS (organización mundial de la salud) la estatura promedio de los hombres adultos en Sudamérica es 170cm.

Para determinar las medidas de cada una de las partes que conforman el cuerpo humano debemos multiplicar la estatura (170 cm) por el factor indicado en la figura N° 38.

Con las medidas antropométricas ya determinadas, modelamos cada una de las partes que componen el modelo antropométrico, utilizando el software escogido.

Una vez modeladas cada una de las piezas, en un nuevo archivo de ensamblaje las insertamos y damos las restricciones correspondientes.

#### **FIGURA N° 34**

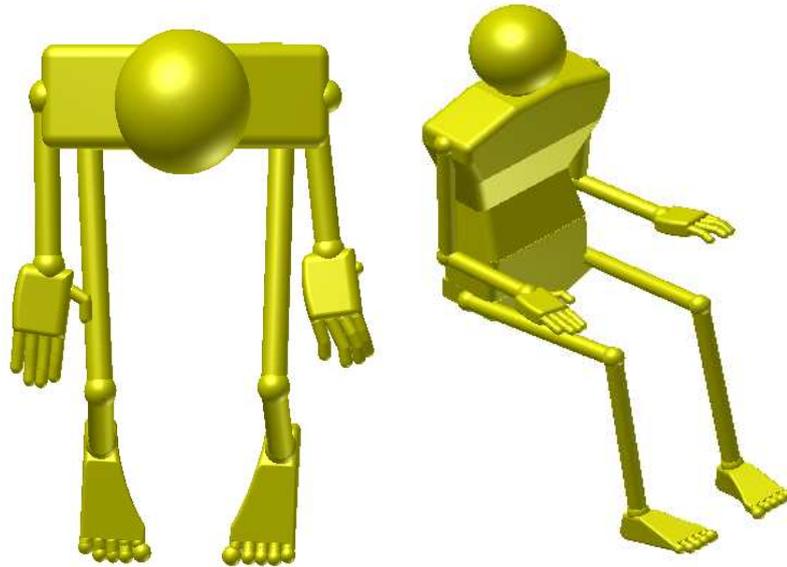
**Modelo tridimensional (hombre adulto), vista lateral y frontal.**



**FUENTE:** El Autor.

**FIGURA N° 35**

**Modelo tridimensional (hombre adulto), vista superior e isométrica.**



**FUENTE:** El Autor.

### **2.12.3 ENSAMBLAJE DE LA PLANTILLA ANTROPOMÉTRICA + LA SILLA DE RUEDAS.**

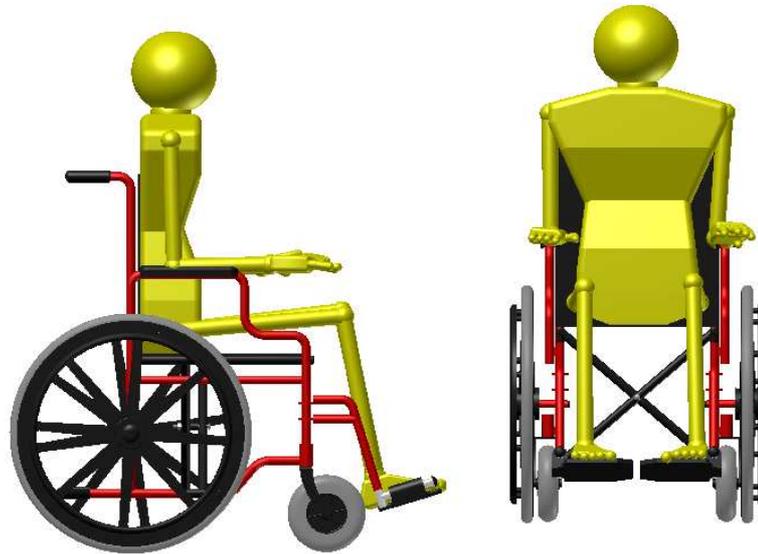
El último paso para conseguir el modelo tridimensional del hombre en la silla de ruedas consiste en: Unir el ensamblaje de la silla de ruedas con la plantilla antropométrica, para esto en un nuevo archivo de ensamblaje insertamos los ensamblajes respectivos del hombre y la silla por separado, damos las restricciones correspondientes.

La espalda del hombre en contacto con el espaldar de la silla, la parte más baja de la pelvis en contacto con el asiento de la silla, los hombros a una distancia de la agarradera de la silla, de tal manera que el hombre quede centrado con respecto a la silla de ruedas.

Con estas tres restricciones aseguramos la posición del hombre y su comportamiento dinámico.

**FIGURA N° 36**

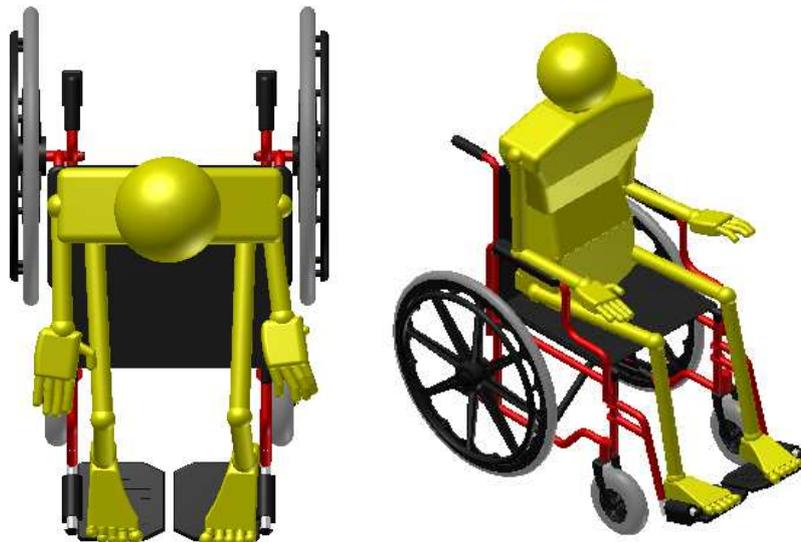
**Ensamblaje del hombre + la silla de ruedas, vista lateral y frontal.**



**FUENTE:** El Autor.

**FIGURA N° 37**

**Ensamblaje del hombre + la silla de ruedas, vista superior e isométrica.**



**FUENTE:** El autor.

El resultado obtenido es de suprema importancia, ya que en base a este modelo tridimensional podremos comenzar el modelado del vehículo y realizar las diversas pruebas de ergonomía y funcionalidad, de no contar con este modelo sería muy complicado asegurar la funcionalidad y ergonomía del diseño final.

Los diseñadores de automóviles usan plantillas similares para el diseño y proyección de los asientos, ángulo del parabrisas, etc.

En nuestro caso no existe una plantilla CAD antropométrica normalizada de un hombre en una silla de ruedas que nos permita realizar el diseño, por lo que este es un importante aporte personal a todos aquellos diseñadores no solo de vehículos, sino cualquier persona dedicada a diseñar y construir casas, baños, rampas, ascensores, y demás elementos destinados a la asistencia de personas en silla de ruedas.

### **2.13 MODELADO DE LA ESTRUCTURA INTERNA.**

Una vez que se han definido todos los parámetros principales, características generales del vehículo, dimensiones externas e internas, sistema de propulsión, y los espacios internos requeridos para la totalidad de sistemas que incorpora el vehículo, procedemos a realizar el modelado de la carrocería con la ayuda del software AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL 2012.

La carrocería estará dividida en tres partes principales: la estructura metálica, la carcasa interior y la carcasa exterior.

Por cuestiones de diseño en primer lugar modelaremos la estructura interna. Esta a su vez se divide en dos partes, el chasis propiamente dicho y la estructura tubular o jaula.

### 2.13.1 GENERACIÓN DE ESTRUCTURAS EN AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL 2012.

Para la creación de estructuras se debe utilizar la herramienta llamada **Insertar estructuras** la cual está ubicada en la barra superior en la pestaña de diseño.

**FIGURA N° 38**  
**Icono “Insertar estructura”**



**FUENTE:** TREMBLAY, Thom, *Autodesk inventor 2013 and Autodesk inventor LT 2013 official training guide*, 1ª Edición, Editorial Sybex, USA, 2012.

El Generador de estructuras se usa para crear ensamblajes de estructuras internas y externas de maquinaria.

Para realizar la inserción estructural se necesita una pieza esqueleto en la que se pueda insertar los miembros de la estructura. Para esto debemos:

- Crear un modelo para usarlo como esqueleto de estructura e insertarlo en un archivo de ensamblaje (**Insertar componente**).
- Definir la estructura en el contexto del ensamblaje (**Crear componente**).

Sobre el boceto insertado o creado en el mismo archivo se seleccionan las aristas o líneas de boceto para añadirlas a una pieza esqueleto.

Una vez seleccionados los miembros que constituirán la estructura, procedemos a definir los parámetros de tamaño, estilo de material y estilo de color. Tras insertar los miembros de estructura, se añaden tratamientos finales que pueden ser: biseles o cortes empleados para unirlos.<sup>24</sup>

A continuación se muestran las herramientas usadas en la generación de estructuras y su función.



Insertar.- Define un miembro de estructura para insertarlo en un ensamblaje.



Cambiar.- Edita las propiedades de los miembros de estructura y controla la posición de dichos miembros en relación con el modelo.



Bisel.- Aplica uno o varios cortes en bisel como tratamientos de finales entre miembros de estructura.



Recortar.- A la estructura Recorta y alarga dos miembros de estructura en sus extremos.



Recortar/Alargar.- Recorta o alarga varios miembros de estructura hasta una cara del modelo. Corta un miembro de estructura con una cara del modelo.



Muesca.- Crea una muesca en un miembro de estructura para ajustar otro.



Alargar/Acortar.- Alarga o acorta un miembro de estructura.



Eliminar tratamientos de finales.- Devuelve un miembro de estructura a su estado de creación original, anterior a cualquier cambio que se haya realizado en él.



Información de miembro de estructura.- Proporciona información de sección de un miembro de estructura.

---

<sup>24</sup> TREMBLAY, Thom, *Autodesk inventor 2013 and Autodesk inventor LT 2013 official training guide*, 1ª Edición, Editorial Sybex, USA,2012.

Actualizar.- Actualiza los miembros de estructura existentes desde el Centro de contenido tras la edición y la actualización de la plantilla o la tabla de familia del  Centro de contenido.

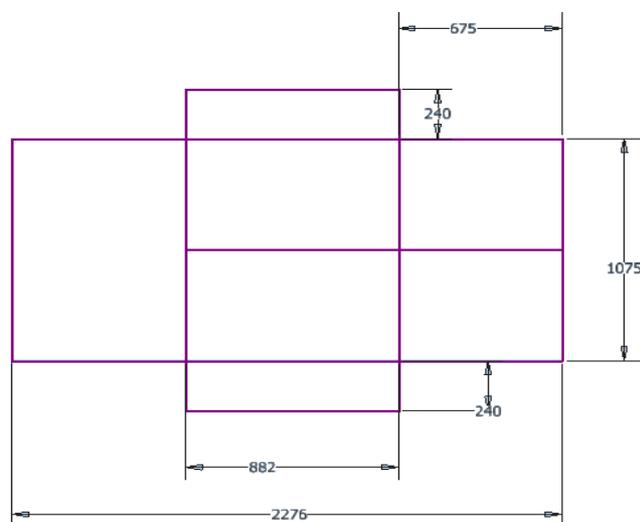
 Asistente de cálculo de vigas y columnas.- Inicia el asistente de cálculo para comprobar cargas de vigas y columnas en Autodesk Inventor.

### 2.13.2 MODELADO DEL CHASIS.

En primer lugar realizamos el boceto de la estructura del chasis únicamente con líneas, colocamos las dimensiones y guardamos el archivo en la carpeta respectiva este será el esqueleto sobre el cual se asignarán las vigas.

**FIGURA N° 39**

**Boceto del chasis. (mm)**

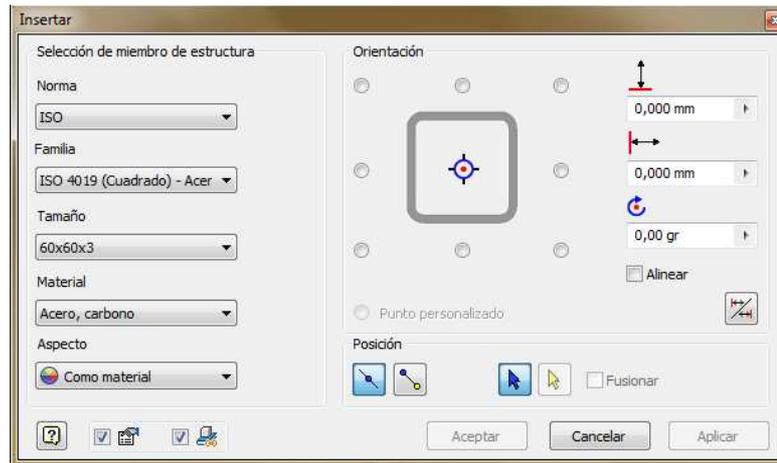


**FUENTE:** El Autor.

Abrimos un nuevo ensamblaje en la barra de menú del programa, e insertamos el boceto antes guardado. En la cinta de opciones, hacemos clic en ficha **Diseño**, panel Estructura, **Insertar miembros de estructura**.

En el cuadro de diálogo **Insertar**, en Selección de miembro de estructura, elegimos una norma para el miembro de estructura, una familia, un tamaño, un estilo de material y un estilo de color.

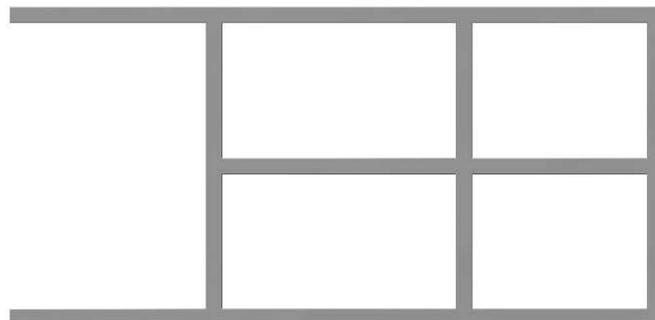
**FIGURA N° 40**  
**Selección del perfil rectangular para el chasis.**



**FUENTE:** El Autor.

En **Orientación**, se muestra una vista preliminar del miembro de estructura. Seleccionamos un botón de opción para colocar el miembro de estructura en el ensamblaje. Los valores de Desfase horizontal, Desfase vertical y Hacer simetría de miembro de estructura se ajustan en consecuencia. Para definir desfases precisos.

**FIGURA N° 41**  
**Estructura del chasis.**



**FUENTE:** El Autor.

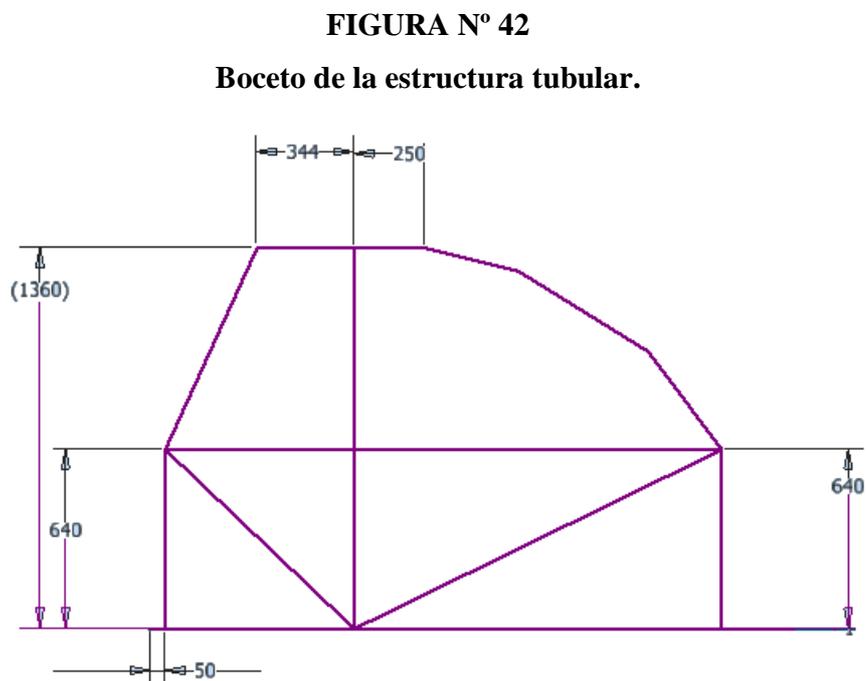
Cuando quedemos conformes con todos los valores antes mencionados pulsamos **Aplicar**. Repetimos la inserción de miembros las veces que sea necesario para conseguir la estructura total, cuando hayamos añadido todos, pulsamos **Aceptar**.

### 2.13.3 MODELADO DE LA ESTRUCTURA TUBULAR.

En primer lugar realizamos el boceto de la estructura tubular o jaula únicamente con líneas, colocamos las dimensiones y guardamos el archivo en la carpeta respectiva.

Abrimos un nuevo ensamblaje en la barra de menú del programa, e insertamos el boceto antes guardado.

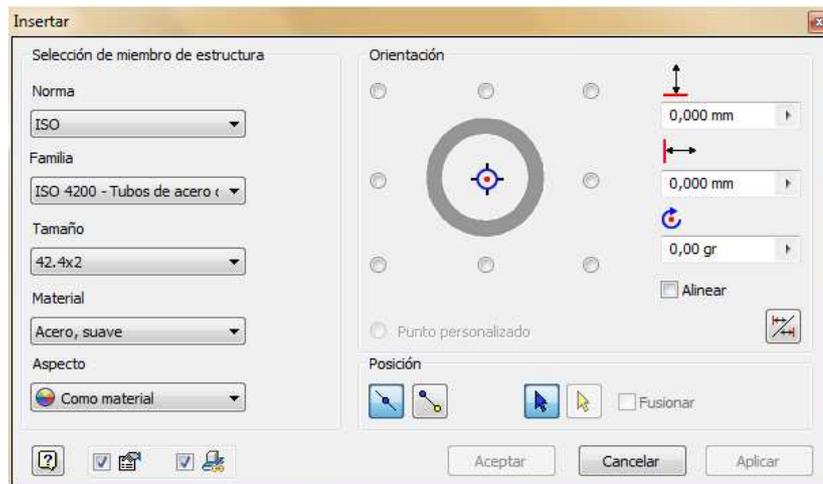
En la cinta de opciones, hacemos clic en ficha **Diseño**, panel Estructura, **Insertar** miembros de estructura.



**FUENTE:** El Autor.

En el cuadro de diálogo **Insertar**, en Selección de miembro de estructura, elegimos una norma para el miembro de estructura, una familia, un tamaño, un estilo de material y un estilo de color.

**FIGURA N° 43**  
**Selección del perfil tubular para la jaula.**



**FUENTE:** El Autor.

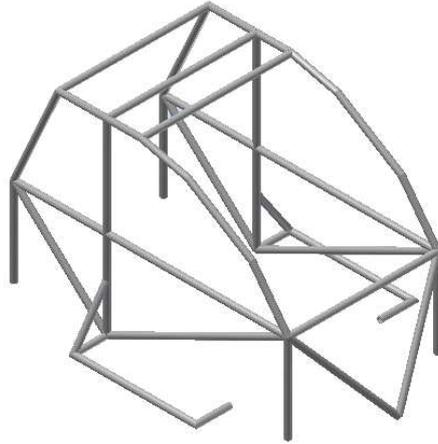
En **Orientación**, se muestra una vista preliminar del miembro de estructura. Seleccionamos un botón de opción para colocar el miembro de estructura en el ensamblaje.

Cuando quedemos conformes con todos los valores antes mencionados pulsamos **Aplicar**.

Repetimos la inserción de miembros las veces que sea necesario para conseguir la estructura total, cuando hayamos añadido todos, pulsamos **Aceptar**.

**FIGURA N° 44**

**Estructura tubular de la jaula.**



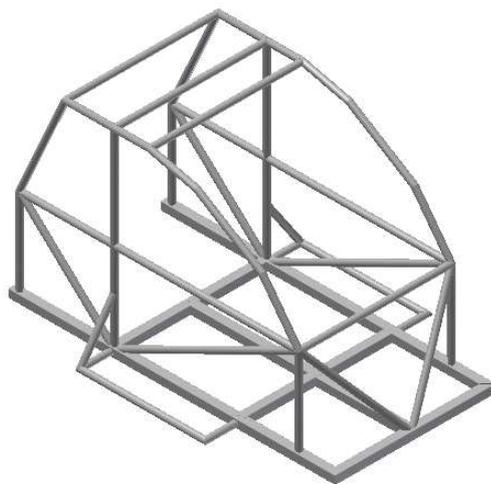
**FUENTE:** El Autor.

#### **2.13.4 ENSAMBLAJE CHASISI + ESTRUCTURA TUBULAR.**

Finalmente para obtener la estructura total de la carrocería debemos ensamblar el chasis con la jaula, para esto en un nuevo archivo de ensamblaje insertamos ambos conjuntos y les damos las restricciones correspondientes obteniendo así la estructura final que se muestra a continuación.

**FIGURA N° 45**

**Estructura final de la carrocería, chasis + jaula.**



**FUENTE:** El Autor.

## **2.14 ANÁLISIS ESTRUCTURAL EN AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL 2012.**

El análisis estructural consiste en simular con ayuda de un ordenador diferentes condiciones de operación, con los resultados obtenidos se procede a verificar el correcto comportamiento de la estructura y la integridad de los ocupantes.

Las características y el proceso del análisis estructural están en función de la aplicación de la estructura, el criterio del diseñador, las legislaciones y normas vigentes.

Al no existir en el país una norma que regule la construcción y el análisis estructural específicamente de un vehículo como el diseñado, nos hemos visto en la necesidad de aplicar normas similares utilizadas en las carrocerías de buses.

La normativa ecuatoriana NTE INEN 1323 “VEHÍCULOS AUTOMOTORES CARROCERÍAS DE BUSES” señala los métodos para determinar las cargas, combinaciones de cargas, características, dimensiones del espacio de supervivencia, disposiciones generales, requisitos de la estructura, y demás características que se deberán cumplir para ser homologado y obtener el permiso de construcción.

En la normativa NTE INEN 1323 no se consideran los impactos frontales y laterales como peligrosos, pero si se hace un completo análisis del impacto de volcadura y las diferentes pruebas de vuelco.

Para asegurar la integridad física de nuestro conductor en caso de choque hemos visto la necesidad de aplicar una normativa o reglamento que nos indique las características a considerar en caso de impactos frontales, laterales y superiores que se dan en un accidente, el reglamento que consideramos es el más próximo a nuestro diseño es el presentado por la FAU (Federación Automovilística Universitaria), y sobre el cual se determinarán y analizarán únicamente las cargas de impacto.

## 2.14.1 DETERMINACIÓN DE CARGAS.

### CARGAS VIVAS (V).

Las cargas vivas según la normativa NTE INEN 1323 “Corresponde a la carga por ocupante y se la considera como distribuida uniformemente en los respectivos elementos estructurales de la carrocería”

En nuestro caso la única carga viva será el conductor ya que al tratarse de un vehículo monoplaza no lleva pasajeros, además el equipaje no se considera ya que el vehículo no cuenta con un espacio destinado para este fin (maletero), para determinar la carga viva nos basamos en la tabla siguiente:

**TABLA N° 20**  
**Cargas vivas de diseño.**

<b>Tipo de servicio</b>	<b>Masa de un ocupante (kg)</b>	<b>Masa mínima de equipaje de mano por pasajero (kg)</b>	<b>Masa mínima de equipaje a transportarse en bodegas porta equipajes (kg)</b>	<b>Espacio necesario por pasajero de pie (m<sup>2</sup>)</b>
<b>Urbano</b>	<b>70</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0,16</b>
<b>Urbano (escolar e institucional)</b>	<b>70</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>Sin pasajeros de pie</b>
<b>Interurbano (intraprovincial)</b>	<b>70</b>	<b>5</b>	<b>100 x Vol</b>	<b>0,16</b>
<b>Larga distancia (interprovincial y turismo)</b>	<b>70</b>	<b>5</b>	<b>100 x Vol</b>	<b>Sin pasajeros de pie</b>

**FUENTE:** Normativa NTE INEN 1323, 2009.

Con los datos obtenidos se realiza el cálculo de las cargas vivas, esta carga irá aplicada en dirección vertical (eje Z) en los nodos del chasis (9nodos).

$$m_h = 70Kg$$

$$P_h = m_h * g$$

$$P_h = 70Kg * 9,81 m/s^2$$

$$P_h = 686,7N$$

$$P_{hn} = \frac{P_h}{n}$$

$$P_{hn} = \frac{686,7}{9}$$

$$P_{hn} = 76,3$$

Donde:

$m_h$  = masa del piloto

$P_h$  = peso estimado del piloto

$P_{hn}$  = carga por nodo

$n$  = número de nodos

**TABLA N° 21**  
**Distribución de cargas vivas.**

<b>RESULTADO CARGAS VIVAS</b>			
	<b>CARGA VIVA</b>	<b>NODOS</b>	<b>CARGA POR NODO</b>
	<b>(N)</b>	<b>SELECCIONADOS</b>	<b>(N)</b>
<b>Piloto</b>	686,7	1,2,3,4,5,6,7,8,9	76,3

**FUENTE:** El Autor.

### **CARGA MUERTA (M):**

Las cargas muertas según la normativa NTE INEN 1323 “Corresponde al peso total de la carrocería incluidos todos los componentes estructurales y no estructurales permanentes”, en nuestro caso se considerarán las cargas generadas por la propia estructura, la silla de ruedas, los motores, las baterías, y el piso de la carrocería.

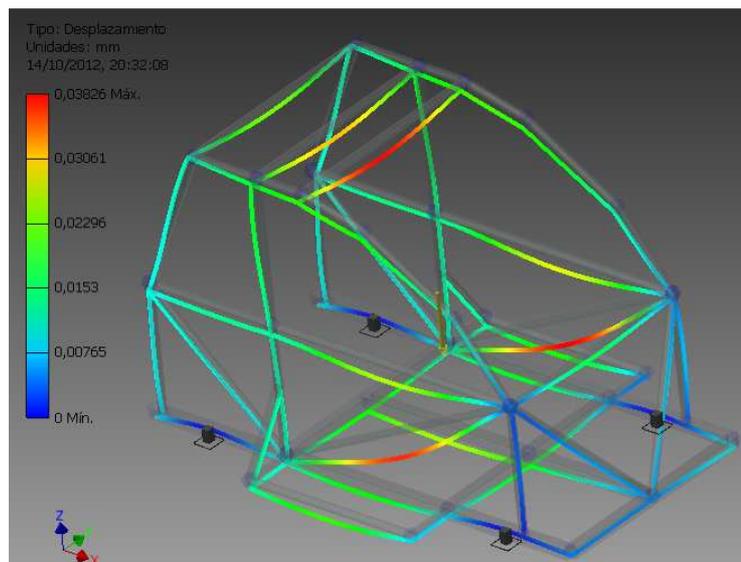
- **PESO PROPIO DE LA ESTRUCTURA.**

El programa AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL 2012 calcula automáticamente: La masa, área, volumen, y el centro de gravedad de la estructura diseñada, colocando la carga generada por la estructura como una carga vertical (eje Z) aplicada al centro de gravedad y que afecta a todos los miembros de la estructura, esta carga lleva el nombre de carga “G”.

En la gráfica se demuestra la aplicación de la carga G referente al propio peso de la estructura, la escala de deformación se ha exagerado para observar de una manera más clara el comportamiento de la estructura ante dicha carga G.

**FIGURA N° 46**

**Efectos sobredimensionados de la carga G sobre la estructura**



**FUENTE:** El autor.

- **PESO DE LA SILLA DE RUEDAS.**

En el mercado existe una gran variedad de sillas de ruedas, mecánicas, y eléctricas. En lo referente a los materiales pueden ser de hierro, acero, aluminio,

titanio, etc., por tal motivo resulta difícil establecer un peso estándar, y por esta razón decidimos centrar nuestra atención en la silla de ruedas más común en el mercado cuyas características se muestran en el anexo 1.

$$m_s = 15,4Kg$$

$$P_s = m_s * g$$

$$P_s = 15,4Kg * 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$P_s = 151N$$

Donde:

$m_s$  = masa *estimada de la silla*

$P_s$  = *peso estimado de la silla*

$g$  = *aceleración de la gravedad*

**TABLA N° 22**

**Características de la estructura.**

<b>CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA.</b>	
<b>Masa</b>	130,420 kg
<b>Área</b>	111017,735 mm <sup>2</sup>
<b>Volumen</b>	16592,863 mm <sup>3</sup>
<b>Centro de gravedad</b>	x=-32,458 mm
	y=408,027 mm
	z=-11,137 mm

**FUENTE:** El Autor.

- **PESO DE LOS MOTORES.**

El tipo de motor, las dimensiones principales y demás características se determinaron en el apartado correspondiente y se muestran en el anexo 2. Se usaran motores de imanes permanentes con escobillas de 24 a 48 V y 300 Ah.

$$m_m = 26Kg$$

$$P_m = m_m * g$$

$$P_m = 26Kg * 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$P_m = 255N$$

Donde:

$m_m$  = masa *estimada motor*

$P_m$  = *peso estimado motor*

$g$  = aceleración de la gravedad

- **PESO DE LAS BATERÍAS.**

Las baterías constituyen uno de los mayores pesos que debe soportar la carrocería, por esto la importancia de determinar correctamente este factor, el peso total del conjunto de baterías está en función del número de estas, para asegurar una autonomía similar a la de los vehículos eléctricos urbanos se deben utilizar como mínimo 5 baterías de tracción con las características indicadas en el apartado correspondiente y en el anexo 3.

$$m_b = 16,9Kg$$

$$P_b = m_b * g$$

$$P_b = 16,9Kg * 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$P_b = 165,8N$$

$$P_{bt} = P_b * n$$

$$P_{bt} = 165,8N * 5$$

$$P_{bt} = 829N$$

Donde:

$m_b$  = masa *estimado cada batería*

$P_b$  = *peso estimado cada batería*

$P_{bt}$  = *peso de todas la baterías*

$g$  = aceleración de la gravedad

$n$  = *número de baterías*

- **PESO DEL PISO.**

Las características y dimensiones principales del piso así como el método usado para determinar la masa total de material requerida en el piso se muestran en el anexo 4, el piso se construirá a partir de una plancha de acero corrugado de 3mm de espesor.

$$m = 58,09Kg$$

$$P_p = m * g$$

$$P_p = 58,09Kg * 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$P_p = 569,8N$$

Donde:

$m$  = masa *del piso*

$P_p$  = peso *del piso*

$g$  = aceleración de la gravedad

De igual manera las cargas muertas irán aplicadas a los nodos del chasis (9nodos) y en sentido vertical (eje Z).

**TABLA N° 23**

**Distribución de cargas muertas.**

	<b>CARGA MUERTA (N)</b>	<b>NODOS SELECCIONADOS</b>	<b>CARGA POR NODO (N)</b>
<b>Silla de ruedas</b>	151	1,2,3,4,5,6,7,8,9	16,7
<b>Motores</b>	255	1,2,3,4,5,6,7,8,9	28,3
<b>Baterías</b>	829	1,2,3,4,5,6,7,8,9	92,1
<b>Piso</b>	569,8	1,2,3,4,5,6,7,8,9	63,3
<b>TOTAL DE CARGA POR NODO</b>			<b>200,4</b>

**FUENTE:** El autor.

**TABLA N° 24**

**Resumen cargas muertas y cargas vivas.**

	<b>CARGA(N)</b>	<b>MASA (kg)</b>
<b>Peso propio de la estructura</b>	1279,42	130,420
<b>Cargas vivas</b>	686,7	70
<b>Cargas muertas</b>	1804,8	183,97
<b>TOTAL</b>	<b>3770,92</b>	<b>384,39</b>

**FUENTE:** El Autor.

**CARGA DE GIRO (G).**

Según la normativa NTE INEN 1323 la carga de giro “Debe calcularse en función de la fuerza centrífuga que se genera al entrar un vehículo en una curva de determinado radio y a cierta velocidad, la velocidad crítica debe ser mayor a 90Km/h”

Debido a que la velocidad máxima de nuestro vehículo estará restringida hasta los 60Km/h, este valor no es lo suficientemente significativo para afectar el comportamiento estructural al realizar una maniobra de giro, por lo tanto no amerita el análisis de esta carga.

**CARGA DE FRENADO (F).**

Según la NTE INEN 1323 la carga de frenado “Corresponde a la fuerza producida por el frenado del vehículo”, para el cálculo de la carga de frenado “Se asume una deceleración mayor o igual a  $4\text{m/s}^2$ ”

$$F = m * af$$

$$F = 384,39\text{Kg} * 4 \text{ m/s}^2$$

$$F = 1537,56\text{N}$$

$$Fn = \frac{F}{n}$$

$$F_n = \frac{1537,56N}{31}$$

$$F_n = 49,6N$$

Donde:

F = Carga de frenado

m = masa total

af = aceleración de frenado

F<sub>n</sub> = Carga de frenado en cada nodo

n = número de nodos

Esta carga irá aplicada a los 31 nodos de la estructura y en sentido paralelo al eje de desplazamiento (eje Y).

**TABLA N° 25**  
**Carga de frenado.**

	<b>CARGA (N)</b>	<b>NODOS SELECCIONADOS</b>	<b>CARGA POR NODO (N)</b>
<b>Frenado</b>	1537,56	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17 18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31	49,6

**FUENTE:** El Autor.

### **CARGA DE ACELERACIÓN BRUSCA (Ab).**

Según la normativa NTE INEN 1323 la carga por aceleración brusca “Corresponde a la carga generada por la aceleración brusca del vehículo“, “ Se calcula con el mismo criterio de la carga de frenado pero en sentido contrario” es decir la aceleración será de  $4^m/s^2$

$$A_b = m * a$$

$$A_b = 384,39Kg * 4^m/s^2$$

$$A_b = 1537,56N$$

$$Abn = \frac{Ab}{n}$$

$$Ab = \frac{1537,56N}{31}$$

$$Ab = 49,6N$$

Donde:

Ab = Carga de aceleración brusca

m = masa total

a = aceleración

Abn = Carga de aceleración brusca en cada nodo

n = número de nodos

Esta carga irá aplicada a los 31 nodos de la estructura y en sentido paralelo al eje de desplazamiento (eje Y) pero en dirección contraria a la carga de frenado.

**TABLA N° 26**  
**Carga de aceleración brusca.**

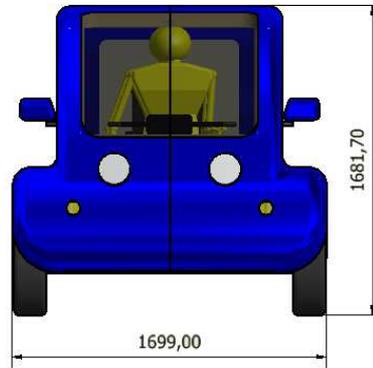
	<b>CARGA (N)</b>	<b>NODOS SELECCIONADOS</b>	<b>CARGA POR NODO (N)</b>
<b>Aceleración brusca</b>	1537,56	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17 18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31	49,6

**FUENTE:** El Autor.

#### **CARGA POR RESISTENCIA DEL AIRE FRONTAL (Raf).**

Según la normativa NTE INEN 1323 la carga por resistencia del aire frontal “Corresponde a la fuerza del aire actuante sobre un área correspondiente a la proyección del Bus en un plano perpendicular a su eje longitudinal” y “Se aplica como la fuerza del aire sobre una área correspondiente al área frontal del vehículo”

**FIGURA N° 47**  
**Área frontal del vehículo (mm).**



**FUENTE:** El autor.

$$Af = f * b * h$$

$$Af = 0,8 * 1,69m * 1,68m$$

$$Af = 2,27m^2$$

$$Raf = \frac{Cx * p * Af * V^2}{2}$$

$$Raf = \frac{0,7 * 1,225Kg/m^3 * 2,27m^2 * (16,6m/s)^2}{2}$$

$$Raf = 268,2N$$

$$Rafn = \frac{Raf}{n}$$

$$Rafn = \frac{268,2N}{9}$$

$$Rafn = 29,8N$$

Donde:

*Raf = carga por resistencia aerodinámica*

*Rafn = carga por resistencia aerodinámica en cada nodo*

*f = factor de área frontal*

*n = número de nodos*

*Cx = coeficiente de resistencia frontal del aire (0,7)*

*p = densidad del aire*

*V = velocidad (como mínimo 25 m/s)*

*Af = área frontal del vehículo*

Esta carga irá aplicada a los 9 nodos frontales en sentido paralelo al eje de desplazamiento (eje y) y en dirección opuesta el desplazamiento del vehículo.

**TABLA N° 27**  
**Carga de resistencia del aire frontal.**

	<b>CARGA (N)</b>	<b>NODOS SELECCIONADOS</b>	<b>CARGA POR NODO (N)</b>
<b>Resistencia del aire frontal</b>	268,2	1,2,3,10,11,14,15,26,27	29,8

**FUENTE:** El autor.

**CARGAS DE IMPACTO.**

- **IMPACTO SUPERIOR (Is):**

Según el reglamento de la FAU la aceleración que deberá soportar la estructura en caso de un impacto superior deberá ser de 2g.

$$F_s = m * a$$

$$F_s = 384,39Kg * 2(9,81 \text{ m/s}^2)$$

$$F_s = 7737,93N$$

$$F_{sn} = \frac{F_s}{n}$$

$$F_{sn} = \frac{7737,93N}{6}$$

$$F_{sn} = 1289,65N$$

Donde:

$F_s$  = Carga aplicada en impacto superior

$m$  = masa total

$a$  = aceleración

$F_{sn}$  =Carga aplicada en impacto superior en cada nodo

$n$  = número de nodos

Esta carga irá aplicada en los nodos de la parte superior de la estructura en sentido vertical (eje Z).

**TABLA N° 28**  
**Carga de impacto superior.**

	<b>CARGA (N)</b>	<b>NODOS SELECCIONADOS</b>	<b>CARGA POR NODO (N)</b>
<b>Impacto superior</b>	7737,93	26,27,28,29,30,31	1289,6

**FUENTE:** El Autor.

- **IMPACTO LATERAL (II).**

Según la normativa de la FAU la aceleración que deberá soportar la estructura en caso de un impacto lateral deberá ser de 4g.

$$Fl = m * a$$

$$Fl = 384,39Kg * 4(9,81 \text{ m/s}^2)$$

$$Fl = 15083,46N$$

$$Fl_n = \frac{Fl}{n}$$

$$Fl_n = \frac{15083,46N}{14}$$

$$Fl_n = 1077,4N$$

Donde:

$Fl$  = Carga aplicada en impacto lateral

$m$  = masa total

$a$  = aceleración

$Fl_n$  = Carga aplicada en impacto lateral en cada nodo

$n$  = número de nodos

Esta carga irá aplicada en sentido axial al eje de desplazamiento (eje X)

**TABLA N° 29**  
**Carga impacto lateral.**

	<b>CARGA (N)</b>	<b>NODOS SELECCIONADOS</b>	<b>CARGA POR NODO (N)</b>
<b>Carga impacto lateral</b>	15083,46	1,4,7,10,12,14,16,18 20,22,24,26,28,30	1077,4N

**FUENTE:** El Autor.

- **IMPACTO FRONTAL (If).**

Según la normativa de la FAU la aceleración que deberá soportar la estructura en caso de un impacto frontal deberá ser de 8g.

$$Ff = m * a$$

$$Ff = 384,39Kg * 8(9,81 \text{ m/s}^2)$$

$$Ff = 30166,93N$$

$$Ffn = \frac{Ff}{n}$$

$$Ffn = \frac{30166,93N}{5}$$

$$Ffn = 6033,39N$$

Donde:

*Ff = Carga aplicada en impacto frontal*

*m = masa total*

*a = aceleración*

*Ffn = Carga aplicada en impacto frontal en cada nodo*

*n = número de nodos*

La carga irá aplicada en sentido paralelo al eje de desplazamiento (eje Y).

**TABLA N° 30**  
**Carga impacto frontal.**

	<b>CARGA (N)</b>	<b>NODOS SELECCIONADOS</b>	<b>CARGA POR NODO (N)</b>
<b>Carga impacto frontal</b>	30166,93	1,2,3,10,11	6033,39

**FUENTE:** El Autor.

**CARGA SOBRE EL TECHO (Ct).**

Según la normativa ecuatoriana NTE INEN 1323 “La carrocería deberá resistir una carga estática sobre el techo del 50% del peso máximo admisible para el chasis, sin experimentar deformación en ningún punto que supere los 70mm”.

Según datos de vehículos similares el peso máximo admisible del chasis es de 660 Kg, en base a este valor se realizará el análisis de la estructura.

$$Ft = m * a$$

$$Ft = 330Kg * 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$Ft = 3237,3N$$

$$Ftn = \frac{Ft}{n}$$

$$Ftn = \frac{3237,3N}{6}$$

$$Ftn = 539,5N$$

Donde:

*Ft = Carga aplicada al techo*

*Ftn = Carga aplicada en cada nodo*

*n = número de nodos*

Esta carga irá aplicada en los 6 nodos del techo y en sentido vertical (eje Z).

**TABLA N° 31**  
**Carga sobre el techo.**

	<b>CARGA (N)</b>	<b>NODOS SELECCIONADOS</b>	<b>CARGA POR NODO (N)</b>
<b>Carga sobre el techo</b>	3237,3	26,27,28,29,30,31	539,5

**FUENTE:** El Autor.

#### **2.14.2 COMBINACIONES DE CARGAS BÁSICAS.**

Según la normativa NTE INEN 1323 “La estructura de la carrocería debe ser diseñada de tal manera que resista los esfuerzos determinados en base al menos de las siguientes combinaciones de cargas básicas”. Según el método ASD las combinaciones son las siguientes:

1. M
2. M+V
3. M+V+G
4. M+V+F
5. M+V+F+Raf
6. M+V+Raf
7. M+V+Ab
8. M+V+Ab+Raf

A estas combinaciones básicas dadas por la norma indicada hemos decidido añadirles dos combinaciones más: la carga sobre el techo necesaria para determinar la deformación máxima, y la combinación de impactos considerada en el peor de los casos (impacto lateral+ impacto superior+ impacto frontal).

9. Ct
10. Is+Ii+If

**TABLA N° 32**  
**Distribución de cargas por nodos.**

<b>TIPO DE CARGA</b>	<b>CARGA (N)</b>	<b>NODOS SELECCIONADOS<sup>25</sup></b>	<b>CARGA POR NODO (N)</b>
<b>Cargas vivas</b>	686,7	1,2,3,4,5,6,7,8,9	76,3
<b>Cargas muertas</b>	1804,8	1,2,3,4,5,6,7,8,9	200,4
<b>Cargas de frenado</b>	1537,56	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13 14,15,16,17,18,19,20,21,22,23 24,25,26,27,28,29,30,31	49,6
<b>Carga de aceleración brusca</b>	1537,56	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14 15,16,17,18,19,20,21,22,23,24 25,26,27,28,29,30,31	49,6
<b>Carga de resistencia del aire frontal</b>	268,2	1,2,3,10,11,14,15,26,27	29,8
<b>Carga de impacto superior</b>	7737,93	26,27,28,29,30,31	1289,6
<b>Carga sobre el techo</b>	3237,3	26,27,28,29,30,31	539,5
<b>Carga impacto lateral</b>	15083,46	1,4,7,10,12,14,16,18 20,22,24,26,28,30	1077,4
<b>Carga impacto frontal</b>	30166,93	1,2,3,10,11	6033,39

**FUENTE:** El Autor.

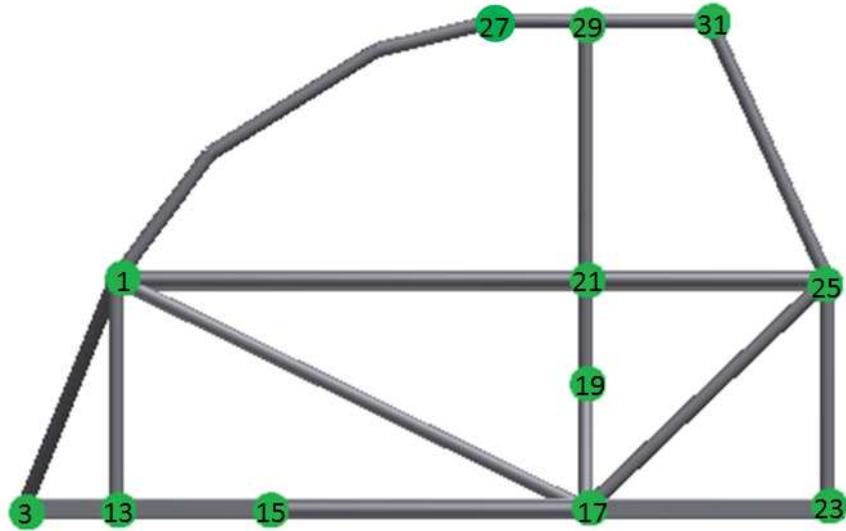
### **2.14.3 NODOS Y BARRAS.**

Luego de haber diseñado la estructura tubular debemos designar a cada uno de los nodos y barras con un número que nos permitirá la identificación sencilla y rápida a la hora de designar las cargas y analizar los resultados.

<sup>25</sup> Ver Capítulo II Numeral 2.14.3

**FIGURA N° 48**

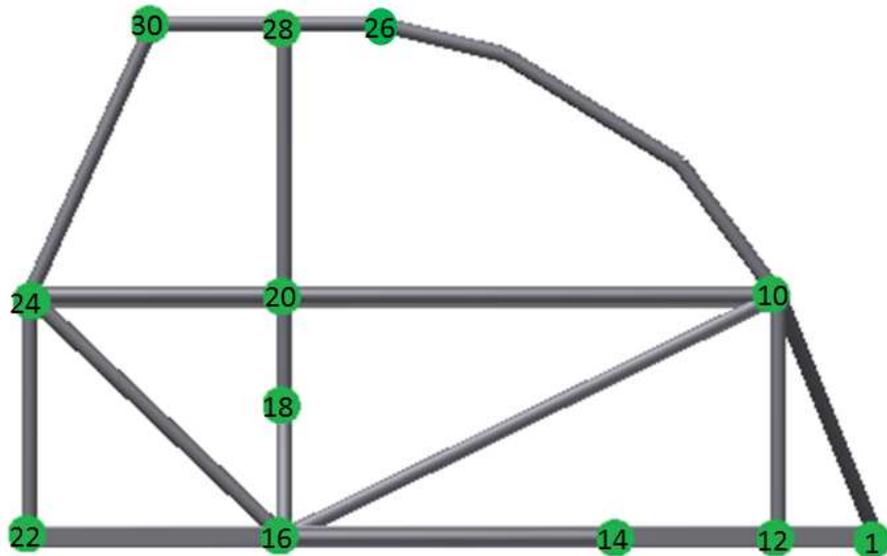
**Designación de nodos, vista lateral derecha.**



**FUENTE:** El Autor.

**FIGURA N° 49**

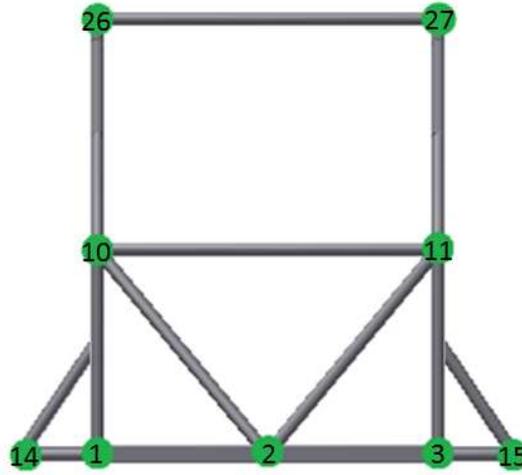
**Designación de nodos, vista lateral izquierda.**



**FUENTE:** El Autor.

**FIGURA N° 50**

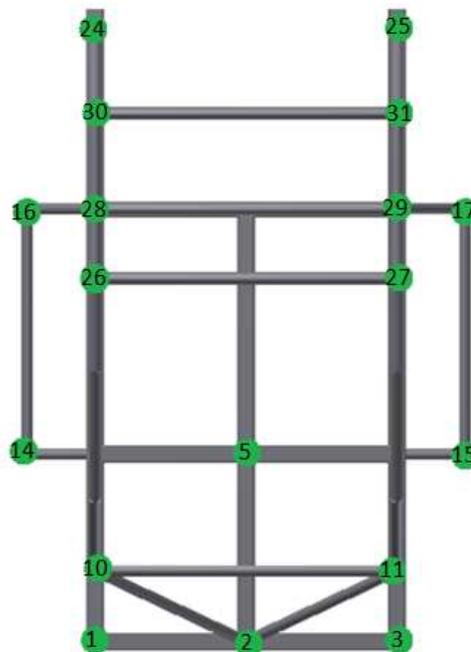
**Designación de nodos, vista lateral frontal.**



**FUENTE:** El Autor.

**FIGURA N° 51**

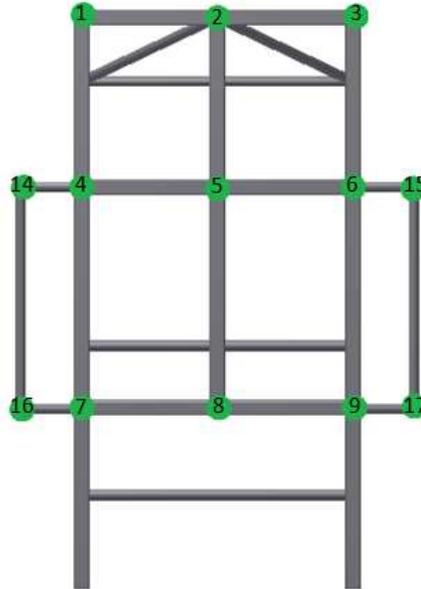
**Designación de nodos, vista superior.**



**FUENTE:** El Autor.

**FIGURA N° 52**

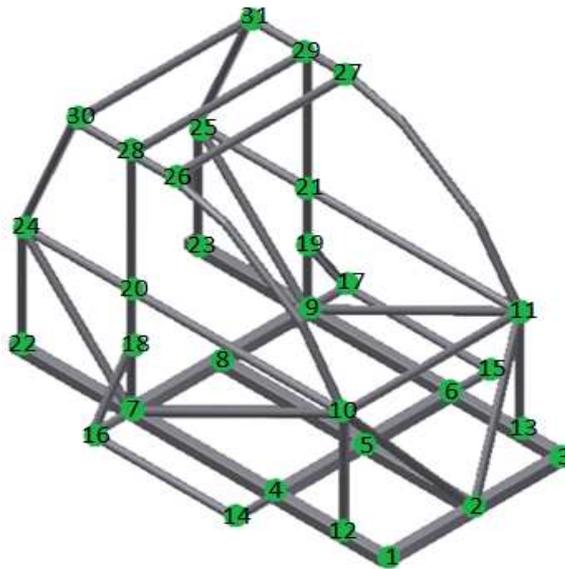
**Designación de nodos, vista inferior.**



**FUENTE:** El Autor.

**FIGURA N° 53**

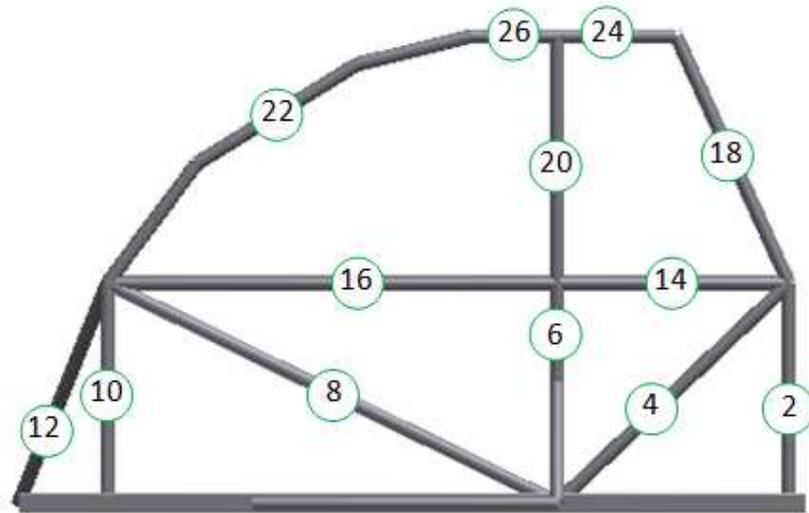
**Designación de nodos, vista Isométrica.**



**FUENTE:** El Autor.

**FIGURA N° 54**

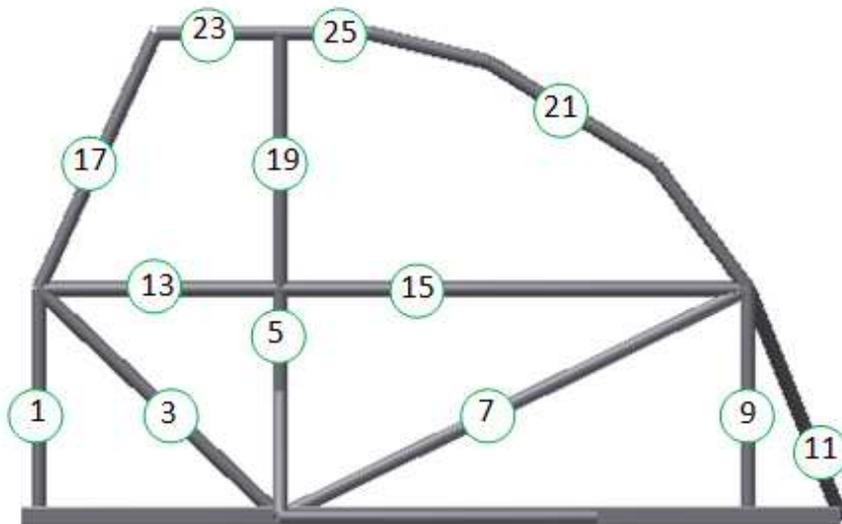
**Designación de vigas, vista lateral derecha.**



**FUENTE:** El Autor.

**FIGURA N° 55**

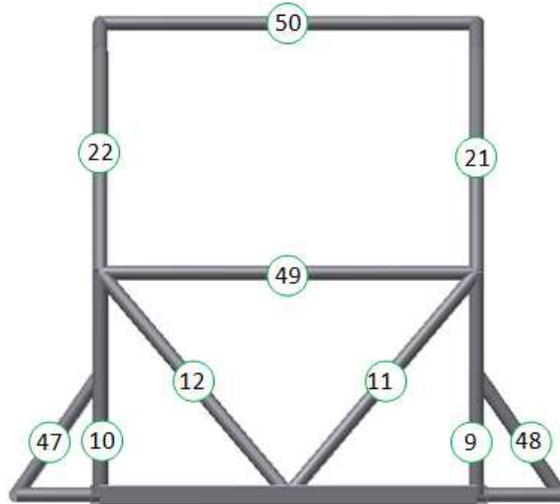
**Designación de vigas, vista lateral izquierda.**



**FUENTE:** El Autor.

**FIGURA N° 56**

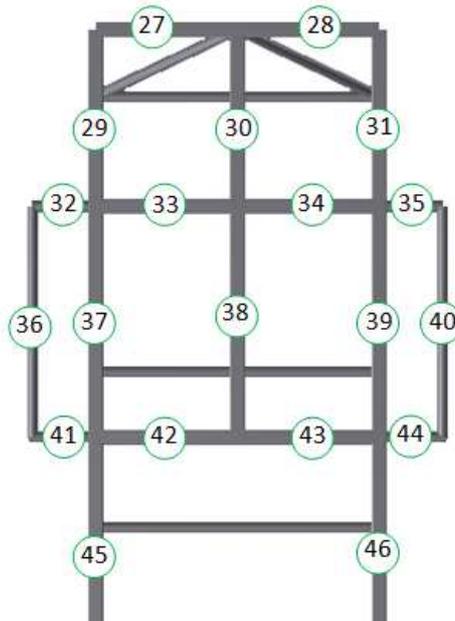
**Designación de vigas, vista lateral frontal.**



**FUENTE:** El Autor.

**FIGURA N° 57**

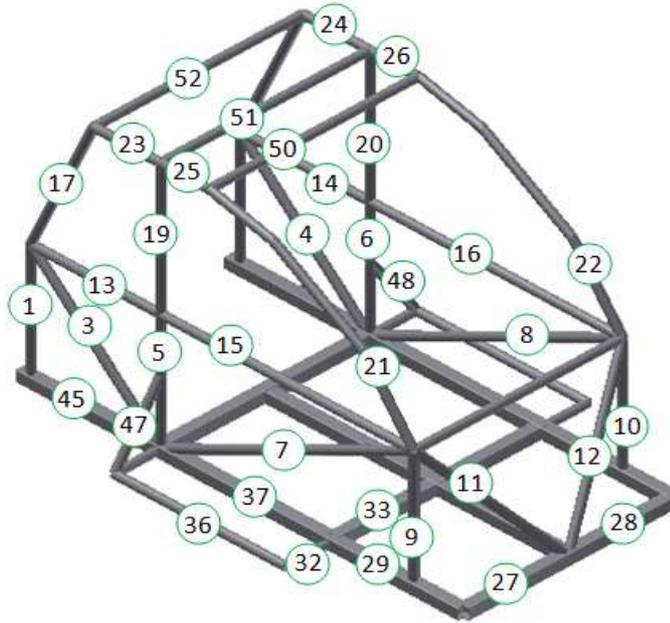
**Designación de vigas, vista inferior.**



**FUENTE:** El Autor.

**FIGURA N° 58**

**Designación de vigas, vista Isométrica.**



**FUENTE:** El Autor.

#### **2.14.4 PROCESO DEL ANÁLISIS ESTRUCTURAL EN AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL 2012.**

Se debe usar el análisis de estructuras para comprender la integridad de una estructura determinada con respecto a las deformaciones y tensiones, cuando está sujeta a varias cargas o restricciones. Una vez definidos los criterios, puede ejecutar la simulación y ver el comportamiento relativo a las condiciones definidas. Las simulaciones ayudan a identificar los problemas de rendimiento y a encontrar alternativas de diseño mejores.

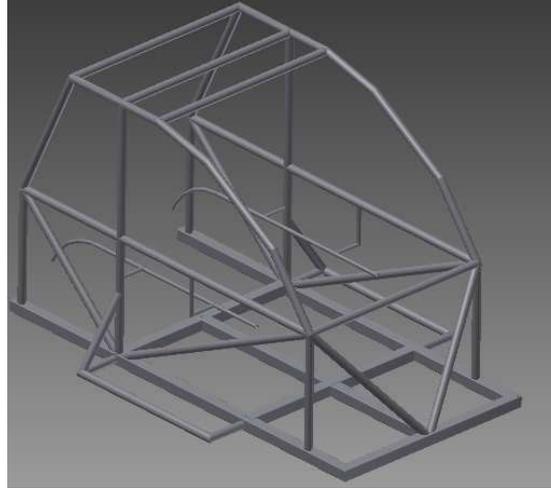
Los elementos de viga son lineales. El análisis de estructuras no admite las vigas curvadas. Las vigas curvadas deben dividirse en pequeñas piezas lineales.

Cada elemento de viga tiene seis grados de libertad en el inicio y el final de una viga (tres rotacionales y tres grados de libertad de desplazamiento).

Abrimos un ensamblaje que contenga estructuras insertadas con el Centro de contenido.

**FIGURA N° 59**

**Estructura interna de la carrocería.**

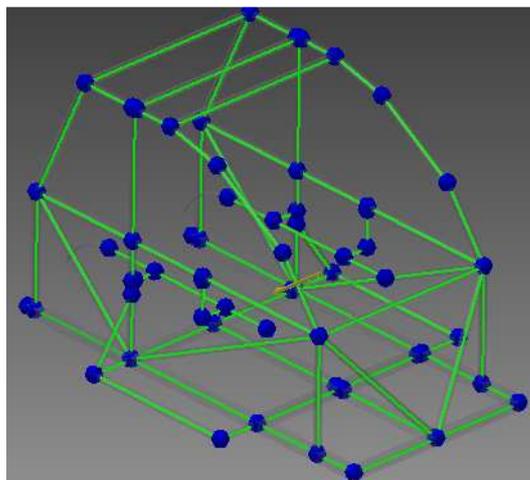


**FUENTE:** El Autor.

En la cinta de **Opciones**, pulsamos ficha **Entornos**, panel **Iniciar**, **Análisis de estructura**. El ensamblaje se simplifica automáticamente a un modelo de cálculo de viga. La ventana gráfica muestra las vigas, los nodos y el glifo de gravedad. La carpeta **Estado** muestra los materiales de viga y secciones transversales insuficientes.

**FIGURA N° 60**

**Ensamblaje Simplificado.**



**FUENTE:** El Autor.

Pulsamos ficha **Análisis** de estructura, panel **Administrar, Crear simulación**. En el cuadro de diálogo **Crear nueva simulación**, definimos las propiedades de la simulación y hacemos clic en **Aceptar**. Un ensamblaje puede mantener varias simulaciones con distintas propiedades.

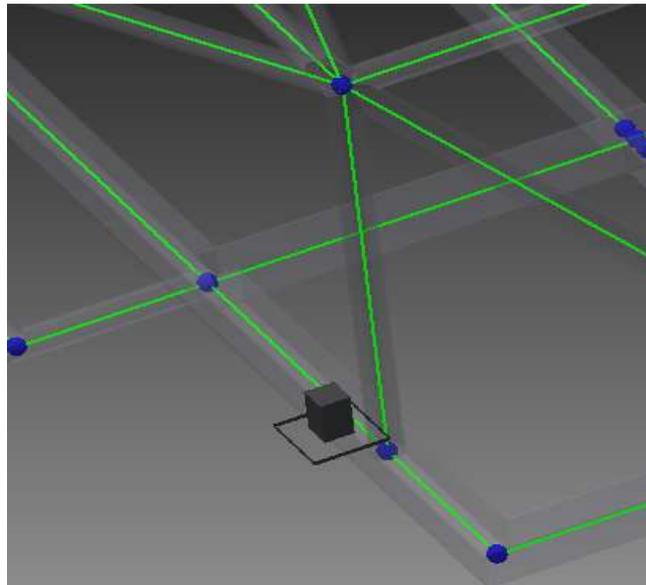
Lo siguiente es colocar las restricciones pertinentes a la estructura, todas las restricciones y cargas usan la visualización contextual y los pinzamientos para definir las entradas con facilidad.

En nuestro caso y para el análisis estático colocaremos cuatro restricciones de tipo fijas en el lugar donde irían las bases de la suspensión.

Una vez determinadas cada una de las restricciones procedemos a colocar las cargas con los valores obtenidos anteriormente, al tratarse de vectores, se debe especificar la magnitud, la dirección y el sentido.

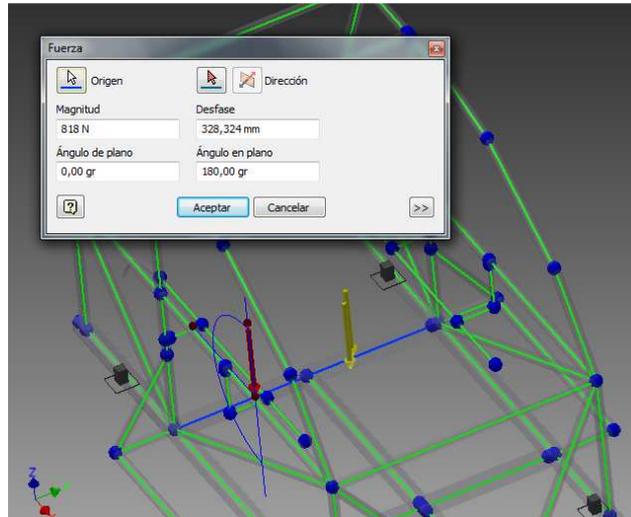
**FIGURA N° 61**

**Restricción fija.**



**FUENTE:** El Autor.

**FIGURA N° 62**  
**Colocación De Cargas.**



**FUENTE:** El Autor.

Una vez definidas las cargas y restricciones, pulsamos simular para generar resultados precisos en base a los datos ingresados.

Los pasos antes indicados se deben realizar para cada una de las simulaciones.

#### **2.14.5 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.**

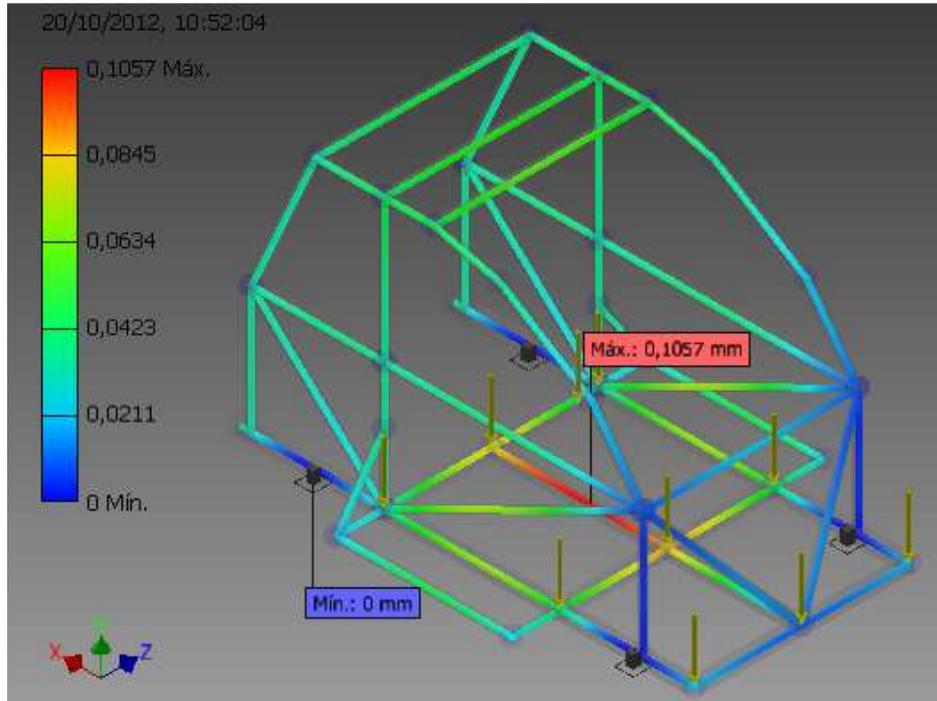
##### **DEFORMACIÓN MÁXIMA.**

La norma NTE INEN 1323 nos indica que las cargas combinadas según los métodos ASD y LRFD deben alcanzar una deformación elástica de todos los componentes de la estructura de la carrocería iguales o menores a 1/240 veces su longitud.

Para determinar la máxima deformación que presenta la estructura utilizamos los resultados de deformaciones obtenidos de las simulaciones realizadas.

**TABLA N° 35**

**Análisis de deformación máxima combo 1.**

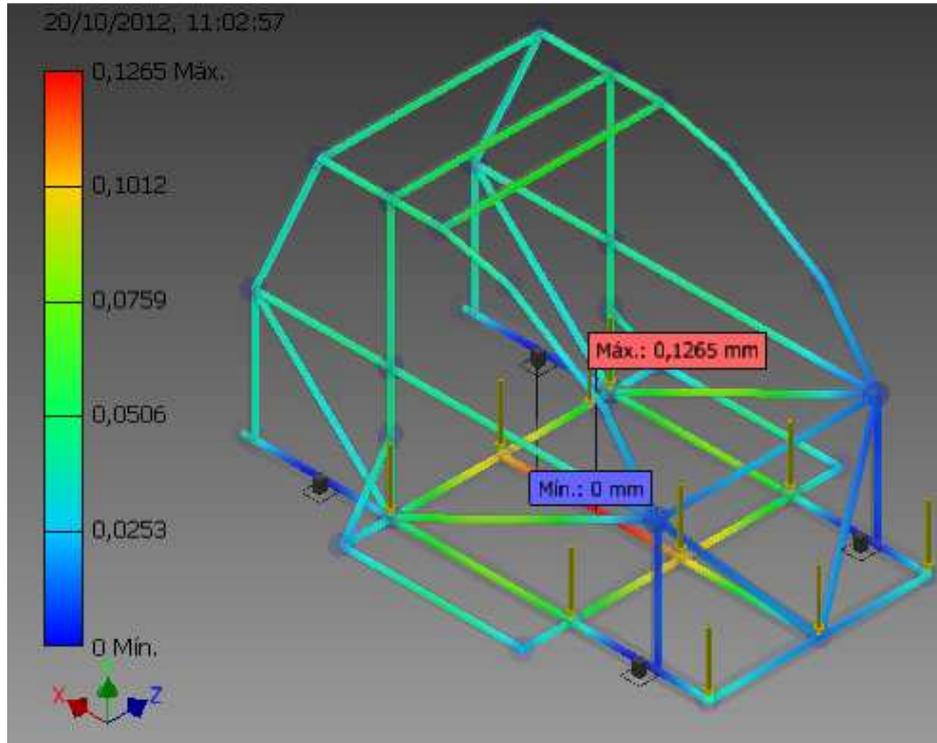


COMBO	NODOS	VIGA	LONGITUD (mm)	DESPLAZAMIENTO (mm)	DEFORMACIÓN MÁXIMA (mm)	EVALUACIÓN
1	8-5	38	856,5	0,105	3,569	Ok
	7-8	42	512	0,0845	2,133	Ok
	8-9	43	512	0,0845	2,133	Ok
	4-5	33	512	0,0845	2,133	Ok
	5-6	34	512	0,0845	2,133	Ok
	2-5	30	649,5	0,0845	2,706	Ok

FUENTE: El Autor

**TABLA N° 36**

**Análisis de deformación máxima combo 2**

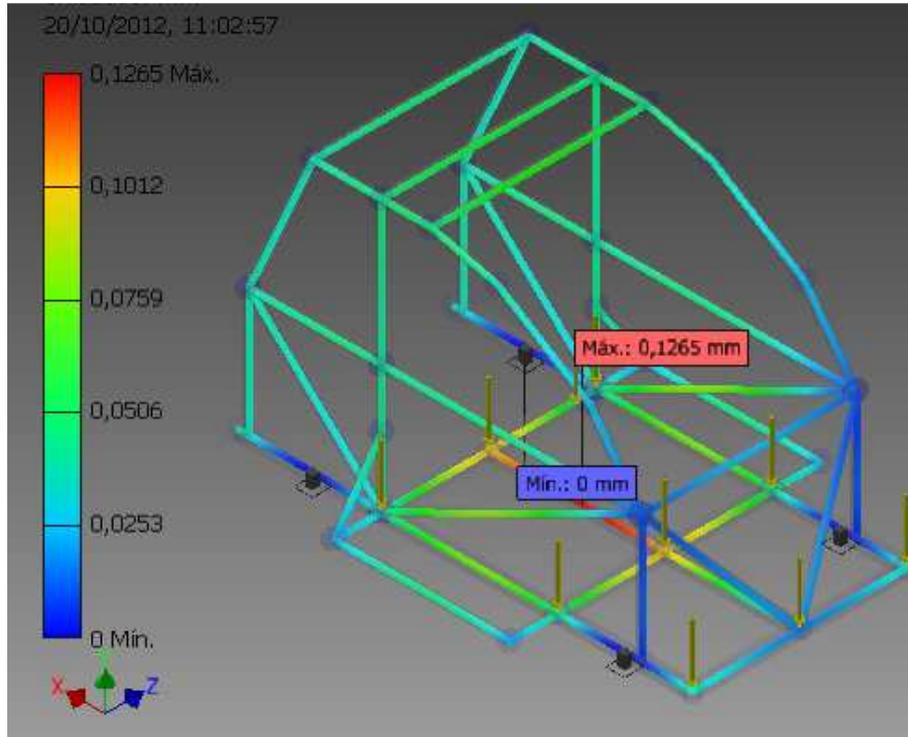


COMBO	NODOS	VIGA	LONGITUD (mm)	DESPLAZAMIENTO (mm)	DEFORMACIÓN MÁXIMA (mm)	EVALUACION
2	8-5	38	856,5	0,1265	3,569	Ok
	7-8	42	512	0,1012	2,133	Ok
	8-9	43	512	0,1012	2,133	Ok
	4-5	33	512	0,1012	2,133	Ok
	5-6	34	512	0,1012	2,133	Ok
	2-5	30	649,5	0,1012	2,706	Ok

**FUENTE:** El Autor.

**TABLA N° 37**

**Análisis de deformación máxima combo 3.**

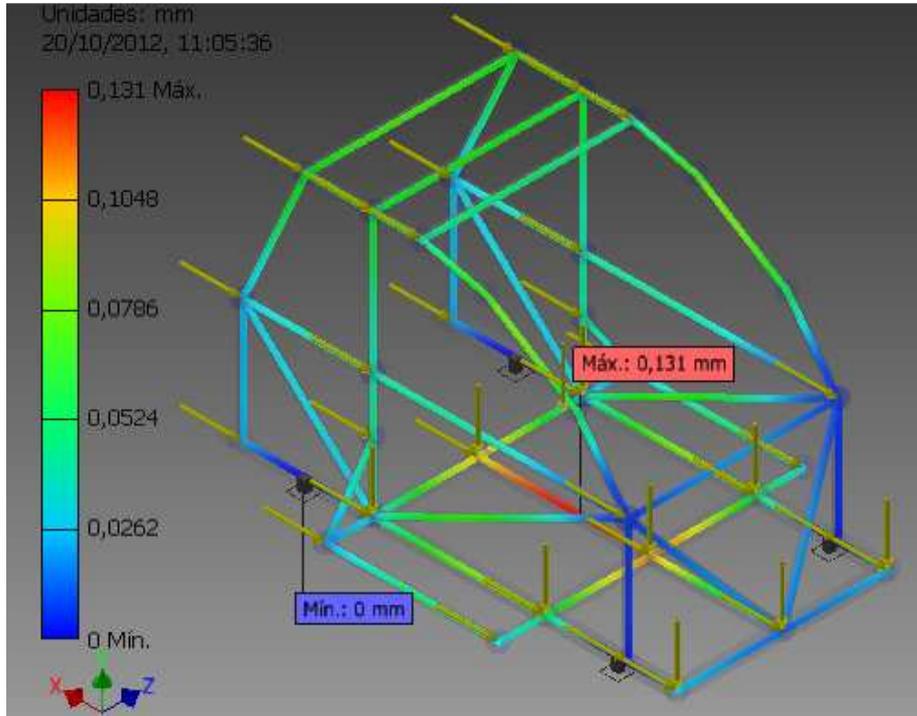


COMBO	NODOS	VIGA	LONGITUD (mm)	DESPLAZAMIENTO (mm)	DEFORMACIÓN MÁXIMA (mm)	EVALUACIÓN
3	8-5	38	856,5	0,1265	3,569	Ok
	7-8	42	512	0,1012	2,133	Ok
	8-9	43	512	0,1012	2,133	Ok
	4-5	33	512	0,1012	2,133	Ok
	5-6	34	512	0,1012	2,133	Ok
	2-5	30	649,5	0,1012	2,706	Ok

**FUENTE:** El Autor.

**TABLA N° 38**

**Análisis de deformación máxima combo 4.**

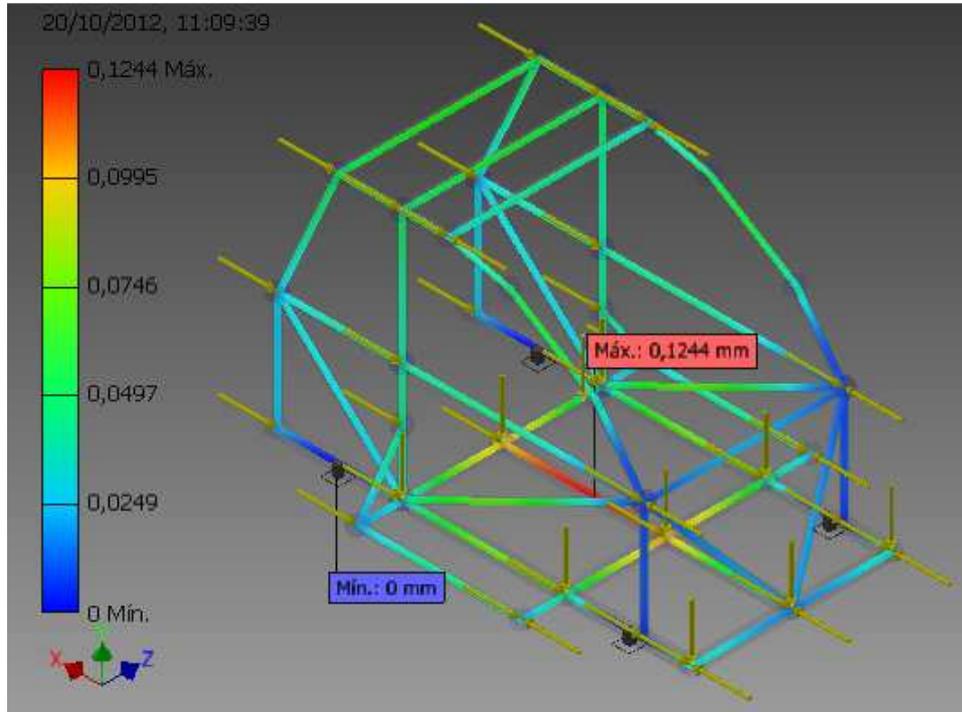


COMBO	NODOS	VIGA	LONGITUD (mm)	DESPLAZAMIENTO (mm)	DEFORMACIÓN MÁXIMA (mm)	EVALUACIÓN
4	8-5	38	856,5	0,131	3,569	Ok
	7-8	42	512	0,1048	2,133	Ok
	8-9	43	512	0,1048	2,133	Ok
	4-5	33	512	0,1048	2,133	Ok
	5-6	34	512	0,1048	2,133	Ok
	2-5	30	649,5	0,1048	2,706	Ok

**FUENTE:** El Autor.

**TABLA N° 39**

**Análisis de deformación máxima combo 5.**

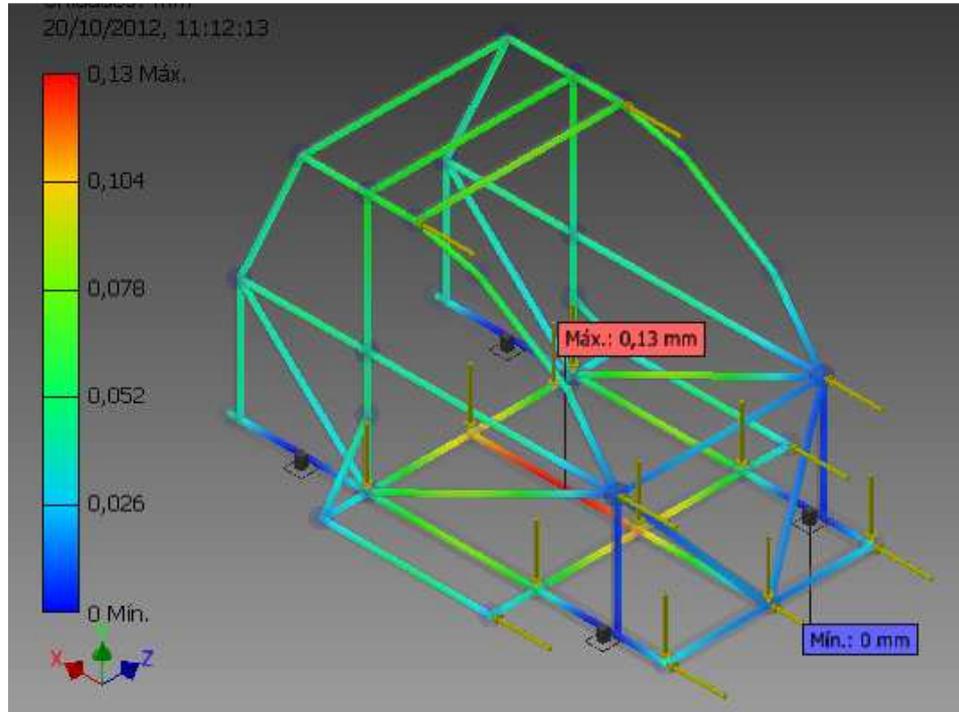


COMBO	NODOS	VIGA	LONGITUD (mm)	DESPLAZAMIENTO (mm)	DEFORMACIÓN MÁXIMA (mm)	EVALUACIÓN
5	8-5	38	856,5	0,1244	3,569	Ok
	7-8	42	512	0,0995	2,133	Ok
	8-9	43	512	0,0995	2,133	Ok
	4-5	33	512	0,0995	2,133	Ok
	5-6	34	512	0,0995	2,133	Ok
	2-5	30	649,5	0,0995	2,706	Ok

**FUENTE:** El Autor.

**TABLA N° 40**

**Análisis de deformación máxima combo 6.**

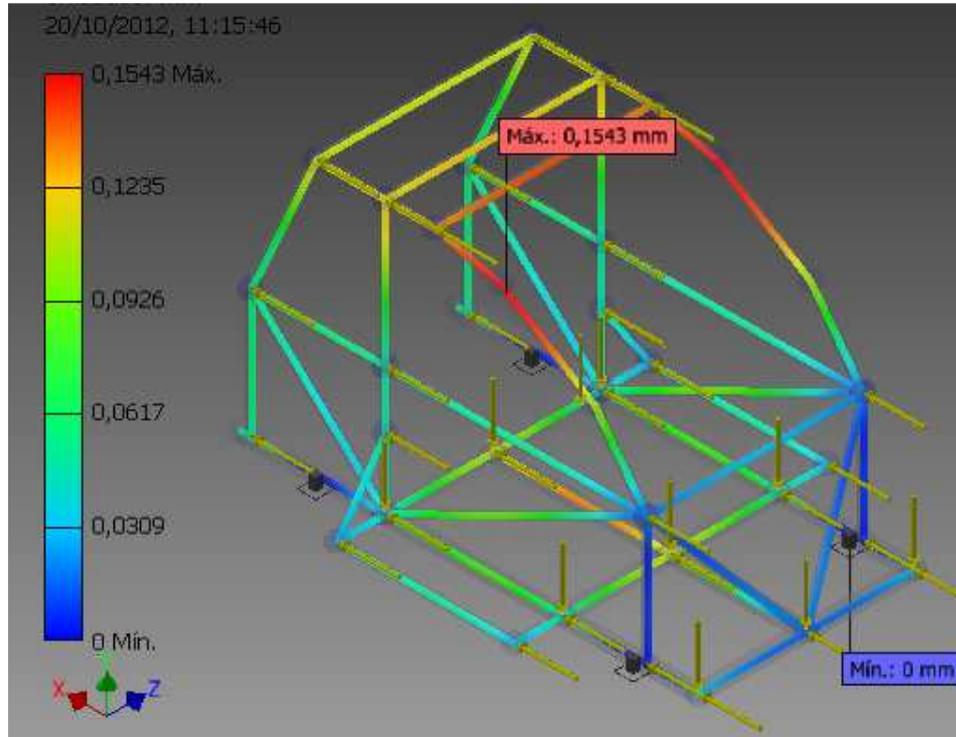


COMBO	NODOS	VIGA	LONGITUD (mm)	DESPLAZAMIENTO (mm)	DEFORMACIÓN MÁXIMA (mm)	EVALUACIÓN
6	8-5	38	856,5	0,130	3,569	Ok
	7-8	42	512	0,104	2,133	Ok
	8-9	43	512	0,104	2,133	Ok
	4-5	33	512	0,104	2,133	Ok
	5-6	34	512	0,104	2,133	Ok
	2-5	30	649,5	0,104	2,706	Ok

**FUENTE:** El Autor.

**TABLA N° 41**

**Análisis de deformación máxima combo 7.**

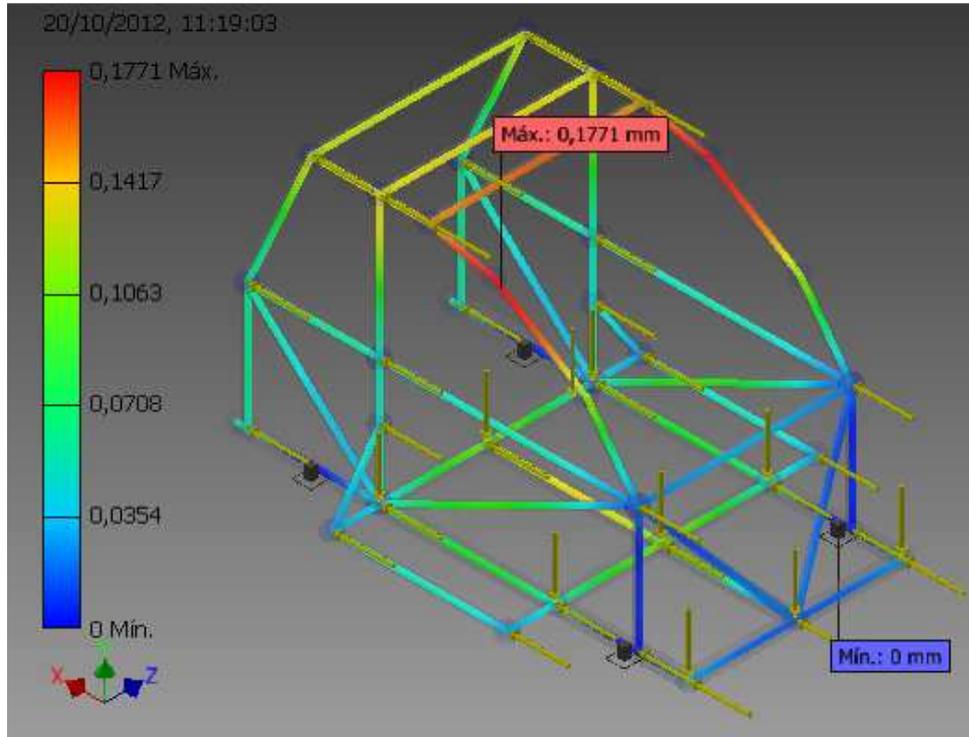


<b>COMBO</b>	<b>NODOS</b>	<b>VIGA</b>	<b>LONGITUD (mm)</b>	<b>DESPLAZAMIENTO (mm)</b>	<b>DEFORMACIÓN MÁXIMA (mm)</b>	<b>EVALUACIÓN</b>
7	26-10	21	1310,2	0,1543	5,459	Ok
	27-11	22	1310,2	0,1543	5,459	Ok
	26-27	50	1080	0,1389	4,500	Ok
	8-5	38	856,5	0,131	3,569	Ok
	28-29	51	1080	0,1235	4,500	Ok
	20-28	19	720	0,1235	3,000	Ok

**FUENTE:** El Autor.

**TABLA N° 42**

**Análisis de deformación máxima combo 8.**



COMBO	NODOS	VIGA	LONGITUD (mm)	DESPLAZAMIENTO (mm)	DEFORMACIÓN MÁXIMA (mm)	EVALUACIÓN
8	26-10	21	1310,2	0,1771	5,459	Ok
	27-11	22	1310,2	0,1771	5,459	Ok
	26-27	50	1080	0,152	4,500	Ok
	8-5	38	856,5	0,1417	3,569	Ok
	28-29	51	1080	0,1417	4,500	Ok
	20-28	19	720	0,1417	3,000	Ok

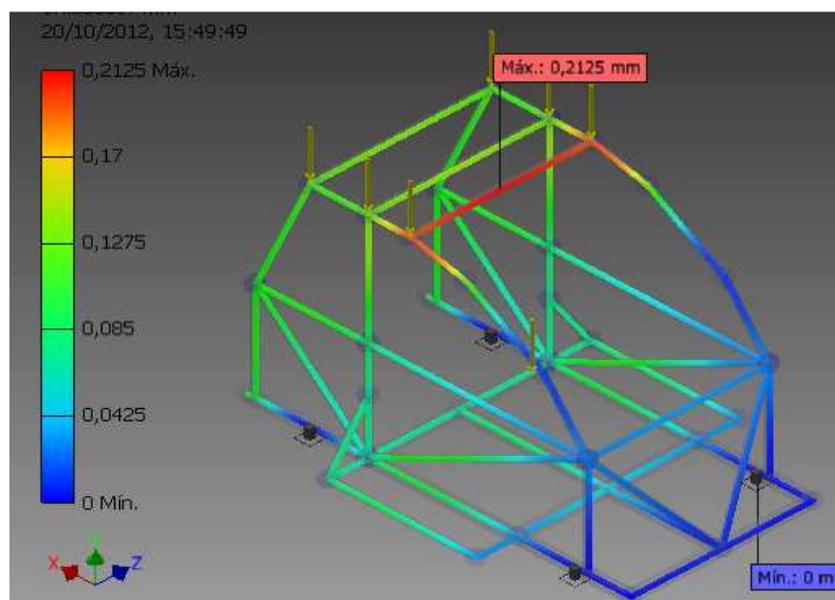
**FUENTE:** El Autor.

## ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA DE LA ESTRUCTURA.

Según la norma NTE INEN 1323 la estructura de las carrocerías debe resistir una carga estática sobre el techo equivalente al 50% del peso máximo admisible, sin presentar deformación en ningún punto mayor a 70mm.

**TABL A N° 43**

### Análisis de deformación máxima combo 9.



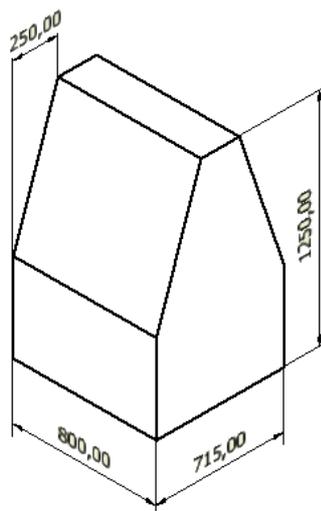
COMBO	NODOS	VIGA	LONGITUD (mm)	DESPLAZAMIENTO (mm)	DEFORMACIÓN MÁXIMA (mm)	EVALUACIÓN
9	26-10	21	1310,2	0,2125	70,000	Ok
	27-11	22	1310,2	0,2125	70,000	Ok
	26-27	50	1080	0,2125	70,000	Ok

FUENTE: El Autor.

## ANÁLISIS INVACIÓN DEL ESPACIO DE SUPERVIVENCIA.

Para analizar la invasión del espacio de supervivencia resulta imprescindible modelar un sólido en 3D que simule el espacio vital con las características y dimensiones dadas en la norma NTE INEN 1323 y La REGULATION NO. 66" UNIFORM PROVISIONS CONCERNING THE APPROVAL OF LARGE PASSENGER VEHICLES WITH REGARD TO THE STRENGTH OF THEIR SUPERSTRUCTURE IN CASE OF ROLLOVER ACCIDENT". El sólido modelado como espacio de supervivencia se lo colocó en la posición del piloto dentro de la carrocería.

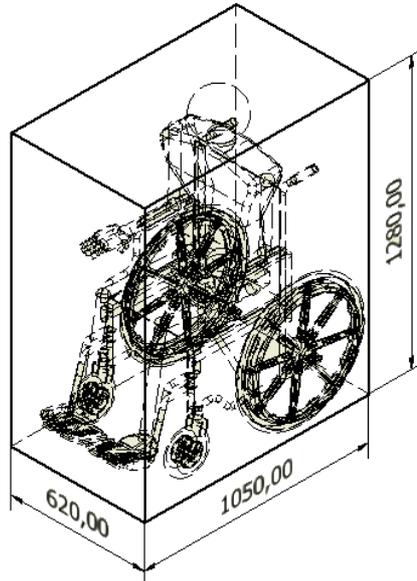
**FIGURA N° 63**  
**Espacio de supervivencia (mm).**



**FUENTE:** El Autor, basado en la norma; NTE INEN 1323, Vehículos automotores. Carrocerías de buses. Requisitos, 2009

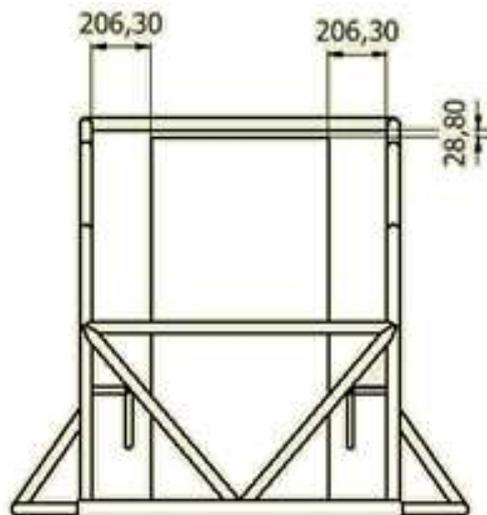
Con la finalidad de asegurar aun más la integridad del ocupante del vehículo y dado que las características del espacio de supervivencia mostrado en la norma NTE INEN 1323 no incluye a las personas en sillas de ruedas, se ha decidido suprimir los chaflanes y aumentar el espacio de supervivencia de tal manera que abarque totalmente el conjunto hombre más silla de ruedas.

**FIGURA N° 64**  
**Espacio de supervivencia modificado (mm).**



**FUENTE:** El Autor.

**FIGURA N° 65**  
**Distancias entre los perfiles de la estructura y el espacio de supervivencia modificado (mm).**



**FUENTE:** El Autor.

**TABLA N° 44**

**Análisis de invasión del espacio de supervivencia.**

<b>COMBO</b>	<b>NODO</b>	<b>VIGA</b>	<b>DESPLAZAMIENTO (mm)</b>	<b>DISTANCIA (mm)</b>	<b>INVASIÓN</b>	<b>EVALUACIÓN</b>
<b>1</b>	7-8	42	0,0845	0	No	Ok
	8-9	43	0,0845	0	No	Ok
	4-5	33	0,0845	0	No	Ok
	5-6	34	0,0845	0	No	Ok
	2-5	30	0,0845	0	No	Ok
<b>2</b>	8-5	38	0,1265	0	No	Ok
	7-8	42	0,1012	0	No	Ok
	8-9	43	0,1012	0	No	Ok
	4-5	33	0,1012	0	No	Ok
	5-6	34	0,1012	0	No	Ok
	2-5	30	0,1012	0	No	Ok
<b>3</b>	8-5	38	0,1265	0	No	Ok
	7-8	42	0,1012	0	No	Ok
	8-9	43	0,1012	0	No	Ok
	4-5	33	0,1012	0	No	Ok
	5-6	34	0,1012	0	No	Ok
	2-5	30	0,1012	0	No	Ok
<b>4</b>	8-5	38	0,131	0	No	Ok
	7-8	42	0,1048	0	No	Ok
	8-9	43	0,1048	0	No	Ok
	4-5	33	0,1048	0	No	Ok
	5-6	34	0,1048	0	No	Ok
	2-5	30	0,1048	0	No	Ok
<b>5</b>	8-5	38	0,1244	0	No	Ok
	7-8	42	0,0995	0	No	Ok
	8-9	43	0,0995	0	No	Ok

	4-5	33	0,0995	0	No	Ok
	5-6	34	0,0995	0	No	Ok
	2-5	30	0,0995	0	No	Ok
<b>6</b>	8-5	38	0,130	0	No	Ok
	7-8	42	0,104	0	No	Ok
	8-9	43	0,104	0	No	Ok
	4-5	33	0,104	0	No	Ok
	5-6	34	0,104	0	No	Ok
	2-5	30	0,104	0	No	Ok
<b>7</b>	26-10	21	0,1543	206,3	No	Ok
	27-11	22	0,1543	206,3	No	Ok
	26-27	50	0,1389	28,8	No	Ok
	8-5	38	0,131	0	No	Ok
	28-29	51	0,1235	28,8	No	Ok
	20-28	19	0,1235	206,3	No	Ok
<b>8</b>	26-10	21	0,1771	206,3	No	Ok
	27-11	22	0,1771	206,3	No	Ok
	26-27	50	0,152	28,8	No	Ok
	8-5	38	0,1417	0	No	Ok
	28-29	51	0,1417	28,8	No	Ok
	20-28	19	0,1417	206,3	No	Ok
<b>9</b>	26-10	21	0,2125	206,3	No	Ok
	27-11	22	0,2125	206,3	No	Ok
	26-27	50	0,2125	28,8	No	Ok
<b>10</b>	24-30	17	11,83	206,3	No	Ok
	20-28	19	11,83	206,3	No	Ok
	26-10	21	11,83	206,3	No	Ok
	28-30	23	11,83	206,3	No	Ok
	26-28	25	11,83	206,3	No	Ok

FUENTE: El Autor.

Como se observa la combinación de cargas más crítica y por ende la que genera la mayor deformación de la estructura es el COMBO 10 (combinación de cargas de impacto), esta combinación de cargas genera una deformación de 11,83mm.

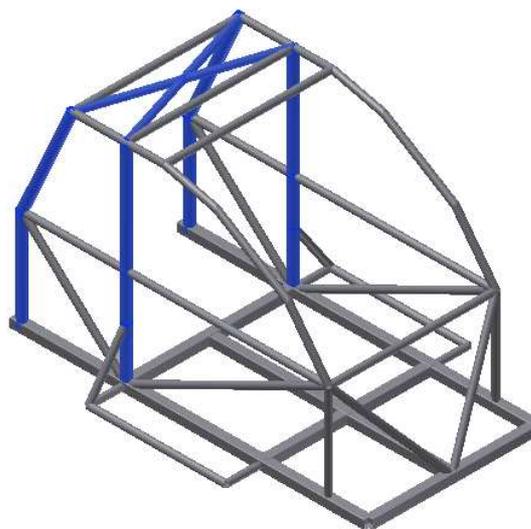
Aunque este valor no es suficiente para invadir el espacio de supervivencia se ha procedido a analizar varias alternativas de diseño que ayuden a minimizar este valor, asegurando así la integridad del ocupante, resultando la más efectiva la alternativa que se presenta a continuación.

#### **2.14.6 ALTERNATIVA DE DISEÑO.**

La alternativa consiste en reforzar las vigas verticales de ambos lados de la estructura, colocando perfiles tubulares de 60,3mm de diámetro y 5mm de espesor, mejorando de esta manera la resistencia de la estructura en caso de impactos laterales, además se colocó un refuerzo en forma de “X” en la estructura del techo, con lo cual se distribuye los esfuerzos producidos por las cargas de mejor manera, aplicando estas modificaciones se consiguió reducir la deformación por acción del COMBO 10 de 11,83mm a 6,55mm.

**FIGURA N° 66**

**Vigas reforzadas y Refuerzo en forma de X.**



**FUENTE:** El Autor.

**TABLA N° 45**

**Invasión espacio de supervivencia alternativa de diseño.**

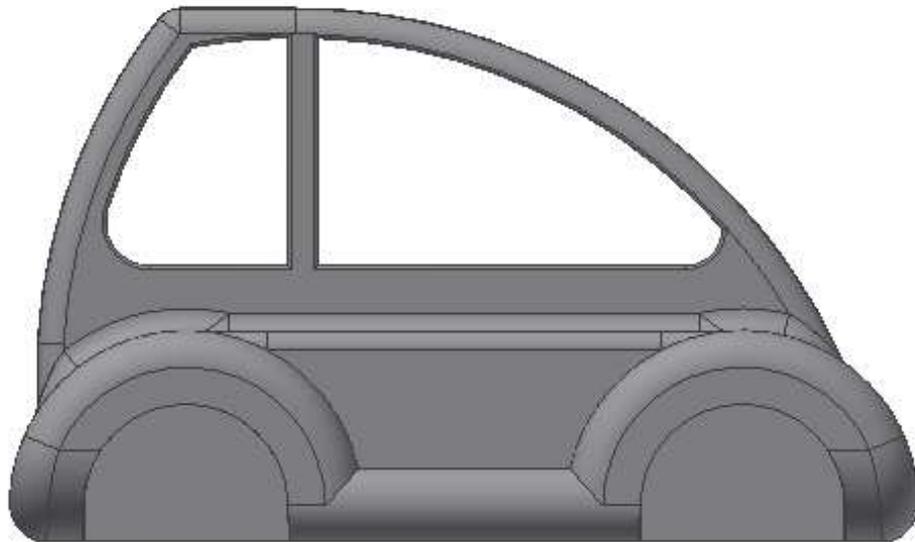
<b>COMBO</b>	<b>NODO</b>	<b>VIGA</b>	<b>DESPLAZAMIENTO (mm)</b>	<b>DISTANCIA (mm)</b>	<b>INVASIÓN</b>	<b>EVALUACIÓN</b>
<b>10</b>	24-30	17	6.556	206,3	No	Ok
	20-28	19	6.556	206,3	No	Ok
	26-10	21	6.556	206,3	No	Ok
	28-30	23	6.556	206,3	No	Ok
	26-28	25	6.556	206,3	No	Ok

**FUENTE:** El Autor.

## **2.15 MODELADO DE LOS PANELES EXTERNOS.**

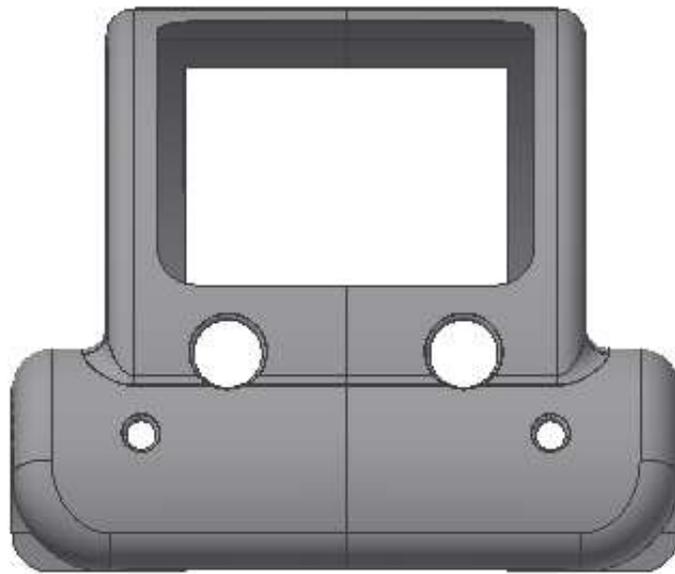
Una vez que hemos modelado la estructura interna de la carrocería y luego que el análisis estructural demostró que el diseño es perfectamente válido para su aplicación, comportándose óptimamente en las diversas condiciones de carga y asegurando la integridad del ocupante, procedemos a modelar los paneles que formarán la carcasa externa del vehículo, la cual debe cumplir con: las características dimensionales, espacios requeridos, características estéticas y visuales indicadas en la primera fase del diseño. Para modelar cada una de las piezas que conforman los paneles externos utilizamos el software seleccionado.

**FIGURA N° 67**  
**Carcasa exterior en vista lateral.**



**FUENTE:** El Autor.

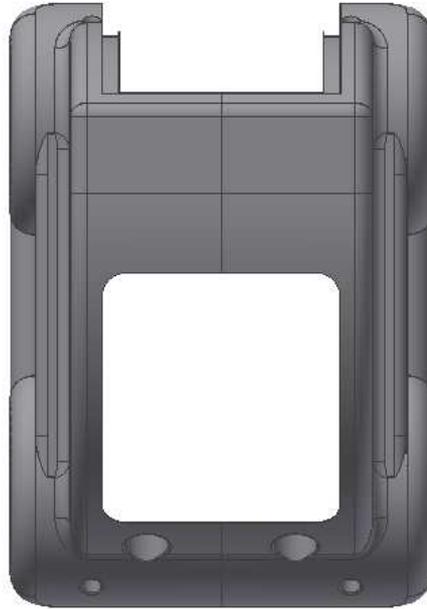
**FIGURA N° 68**  
**Carcasa exterior en vista frontal.**



**FUENTE:** El Autor.

**FIGURA N° 69**

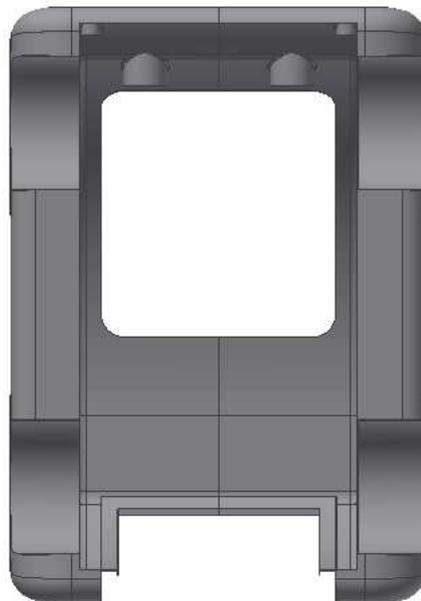
**Carcasa exterior, vista superior.**



**FUENTE:** El Autor.

**FIGURA N° 70**

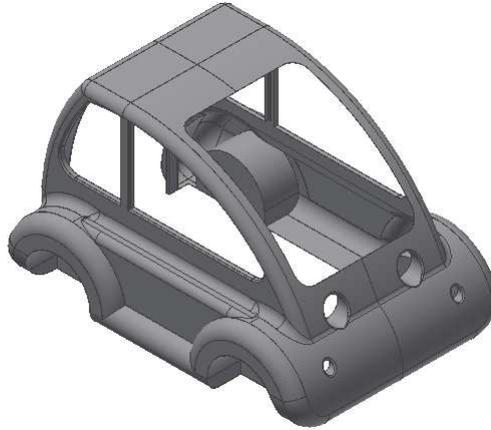
**Carcasa exterior, vista inferior.**



**FUENTE:** El Autor.

**FIGURA N° 71**

**Carcasa exterior, vista isométrica.**



**FUENTE:** El Autor.

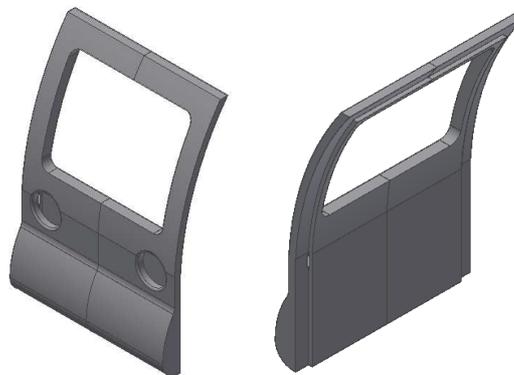
## **2.16 MODELADO DE LA PUERTA POSTERIOR.**

La puerta posterior constituye el único ingreso y salida del vehículo, de aquí la importancia que cumpla con las dimensiones requeridas para el ingreso cómodo y seguro de la persona en silla de ruedas.

Para modelar cada una de las piezas que conforman la puerta posterior de la carrocería, utilizamos el software seleccionado

**FIGURA N° 72**

**Puerta posterior.**

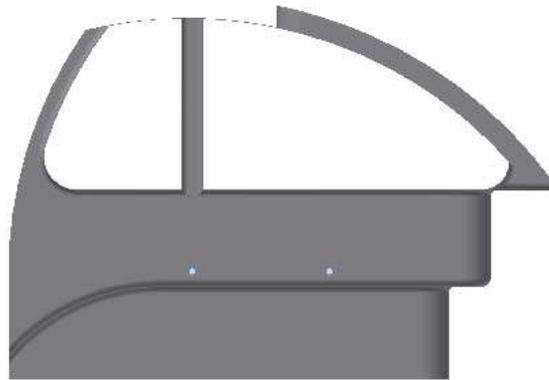


**FUENTE:** El Autor.

## 2.17 MODELADO DE LOS PANELES INTERNOS.

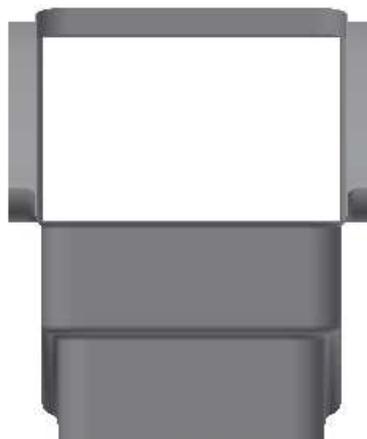
De estos depende la optimización del espacio interior con la finalidad de dar el confort necesario y a la vez de reservar los espacios requeridos para todos los elementos que conforman la carrocería. Para modelar cada una de las piezas que conforman los paneles internos utilizamos el software seleccionado anteriormente.

**FIGURA N° 73**  
**Carcasa interna, vista lateral.**



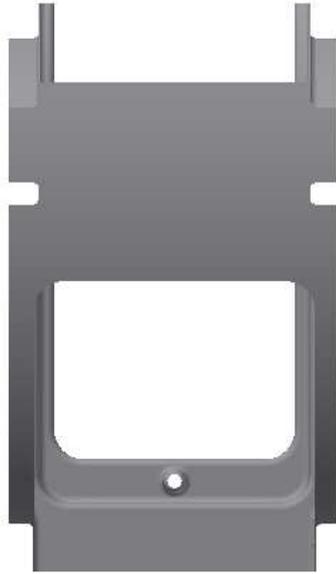
**FUENTE:** El Autor.

**FIGURA N° 74**  
**Carcasa interna, vista frontal.**



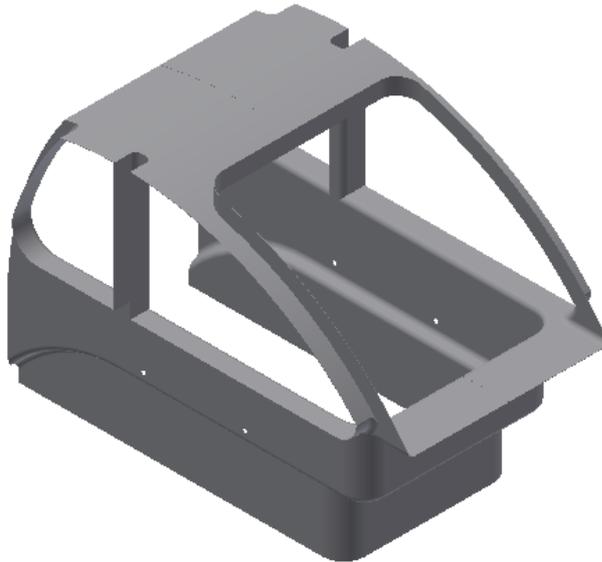
**FUENTE:** El Autor.

**FIGURA N° 75**  
**Carcasa interna, vista superior.**



**FUENTE:** El Autor.

**FIGURA N° 76**  
**Carcasa interna, vista isométrica.**



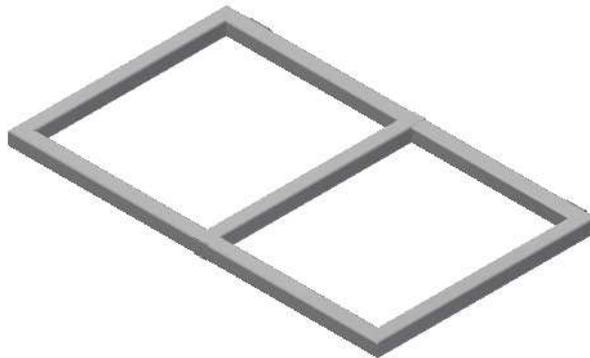
**FUENTE:** El Autor.

## 2.18 MODELADO DE LA RAMPA DE INGRESO.

La rampa de ingreso constituye la principal característica de este vehículo, de ahí su importancia, para el modelado se dividió en dos partes: La primera es la estructura de perfiles rectangulares de acero estructural ASTM A500, y la segunda es la plancha de acero corrugada que sirve de piso, la estructura de la rampa fue modelada siguiendo los mismos pasos que la estructura interna de la carrocería. La longitud y la pendiente de la rampa ya se calcularon en el apartado correspondiente.

**FIGURA N° 77**

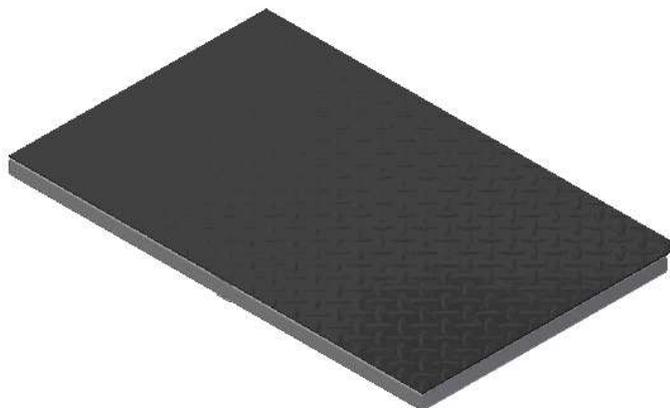
**Estructura de la rampa.**



**FUENTE:** El Autor.

**FIGURA N° 78**

**Estructura de la rampa y plancha de acero.**



**FUENTE:** El Autor.

## **2.19 MODELADO DE OTROS ELEMENTOS.**

Finalmente se realizó el modelado de otros elementos que aunque no son parte de este proyecto nos servirán a la hora de realizar la presentación final del vehículo.

Para modelar cada una de las piezas que se presentan a continuación utilizamos el software seleccionado anteriormente.

### **FAROS PRINCIPALES.**

Los faros principales que se escogieron para este vehículo son de marca BOSCH modelo TOURING 165 los cuales se muestran modelados en la figura N° 58, estos faros cumplen con la normativa ecuatoriana INEN 1155 "Vehículos automotores, dispositivos para mantener o mejorar la visibilidad"

**FIGURA N° 79**  
**Faros Principales.**



**Fuente:** El Autor.

## **MOTORES.**

Los motores modelados son aquellos indicados en el apartado correspondiente

### **FIGURA N° 80**

#### **Motores.**



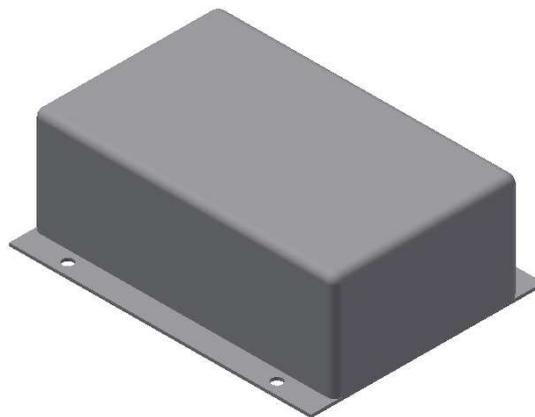
**Fuente:** El Autor.

## **CONTROLADOR DEL MOTOR.**

El controlador de los motores modelado es aquel indicado en el apartado correspondiente.

### **FIGURA N° 81**

#### **Controlador del motor.**

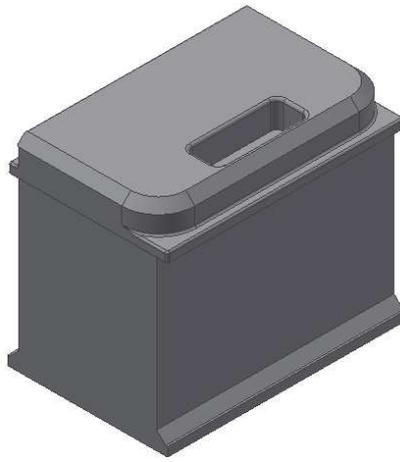


**Fuente:** El Autor.

## **BATERÍAS.**

Las baterías que se modelaron son aquellas que se indicaron anteriormente de la marca BOSCH modelo L4.<sup>26</sup>

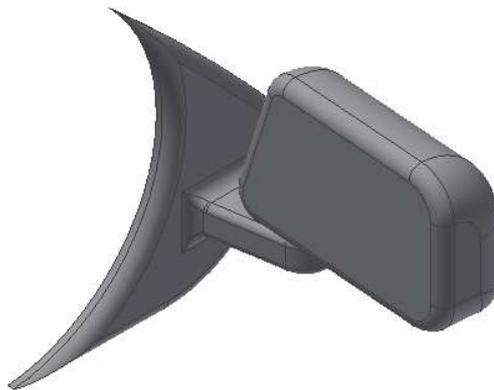
**FIGURA N° 82**  
**Baterías.**



**FUENTE:** El Autor.

## **RETROVISORES.**

**FIGURA N° 83**  
**Retrovisores.**



**FUENTE:** El Autor.

---

<sup>26</sup> Ver Anexo 3

## **RUEDAS Y NEUMÁTICOS.**

El tipo de neumáticos que utilizará el vehículo estará en función de varios factores cuyo análisis no corresponde a este tema de tesis, únicamente por cuestiones estéticas se ha decidido modelar neumáticos con la designación 175/70/R13 que son los más usados en vehículos similares.

**FIGURA N° 84**  
**Ruedas y Neumáticos.**



**FUENTE:** El Autor.

Además de estos existe una gran cantidad de elementos modelados por el autor que forman parte de la carrocería final y cuya importancia es insuficiente para presentarlos en el presente documento.

### **2.20 ENSAMBLAJE DEL CONJUNTO.**

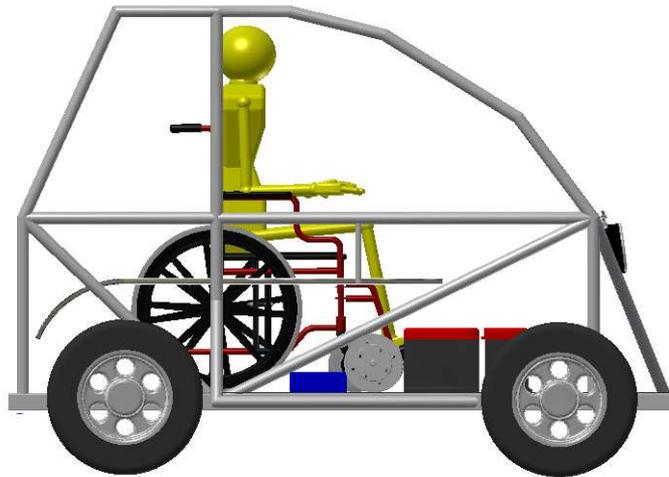
Finalmente realizamos el ensamblaje de todos los elementos modelados, con las restricciones necesarias que aseguren su funcionamiento, el resultado está compuesto por más de 50 piezas y subconjuntos por lo que constituye un modelo sumamente complejo y preciso.

Para realizar el ensamblaje se insertaron las piezas modeladas anteriormente y se asignaron las restricciones correspondientes, en el software seleccionado.

En primer lugar ensamblamos la estructura tubular con los elementos secundarios y el pasajero.

**FIGURA N° 85**

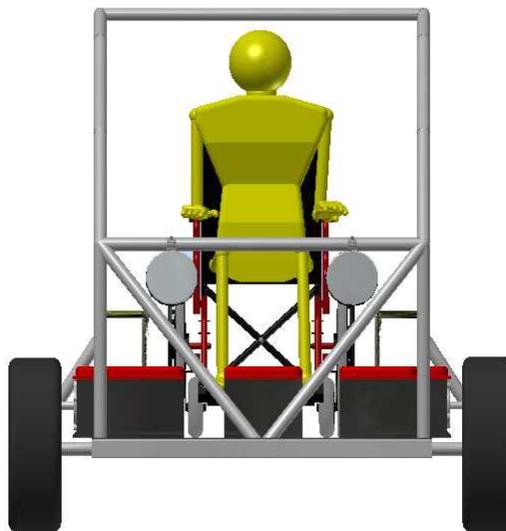
**Ensamblaje total sin carcasas interna ni externa, vista lateral.**



**FUENTE:** El Autor.

**FIGURA N° 86**

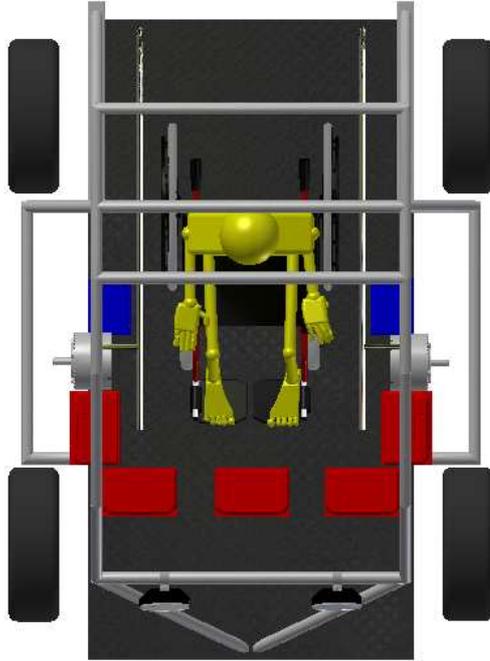
**Ensamblaje total sin carcasas interna ni externa, vista frontal.**



**FUENTE:** El Autor.

**FIGURA N° 87**

**Ensamblaje total sin carcasas interna ni externa, vista superior.**



**FUENTE:** El Autor.

**FIGURA N° 88**

**Ensamblaje total sin carcasas interna ni externa, vista isométrica.**



**FUENTE:** El Autor.

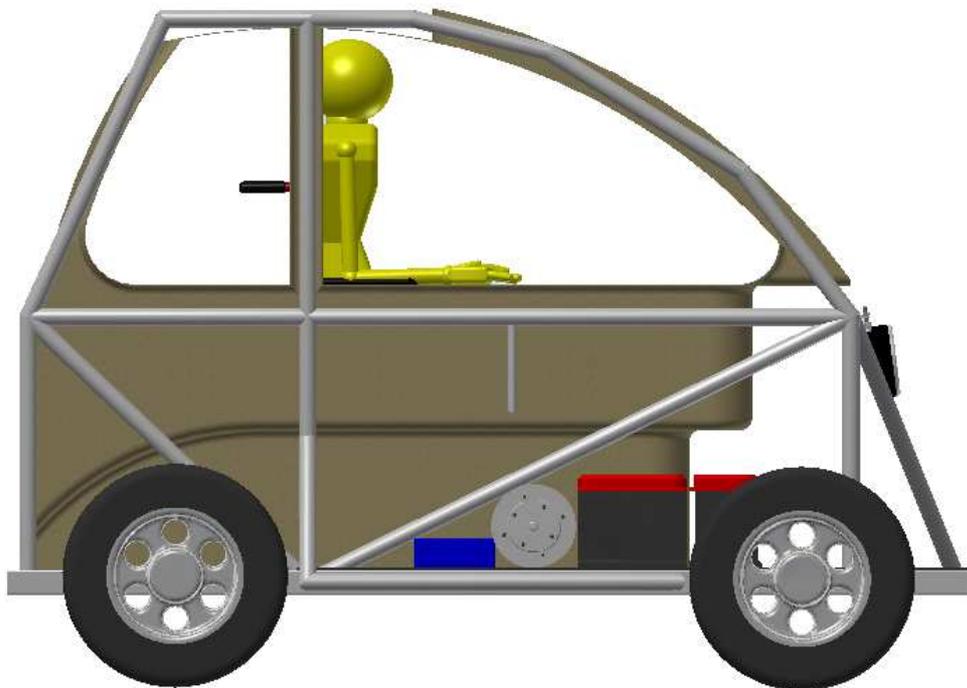
Una vez que hemos colocados la totalidad de elementos principales y auxiliares que conforman el ensamblaje de la carrocería y verificado que ninguno de los elementos choquen uno con otro o sobresalgan de su posición correspondiente, procedemos a añadir al ensamblaje total los paneles interiores que conforman el habitáculo de la carrocería, nos asegurarnos que el espacio proyectado para cada elemento sea el indicado.

Insertamos al archivo de ensamblaje los paneles que conforman la carcasa interna y les damos las restricciones correspondientes que aseguren su posición relativa con demás componentes.

Para el ensamblaje total del conjunto utilizamos el software seleccionado anteriormente.

#### **FIGURA N° 89**

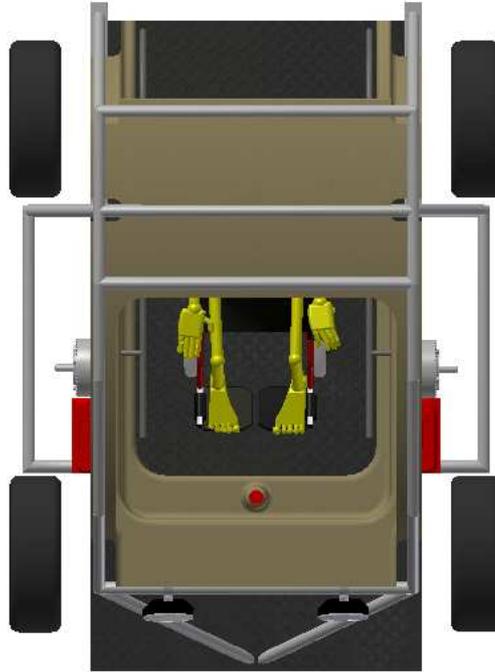
##### **Ensamblaje total sin carcasa externa, vista lateral.**



**FUENTE:** El Autor.

**FIGURA N° 90**

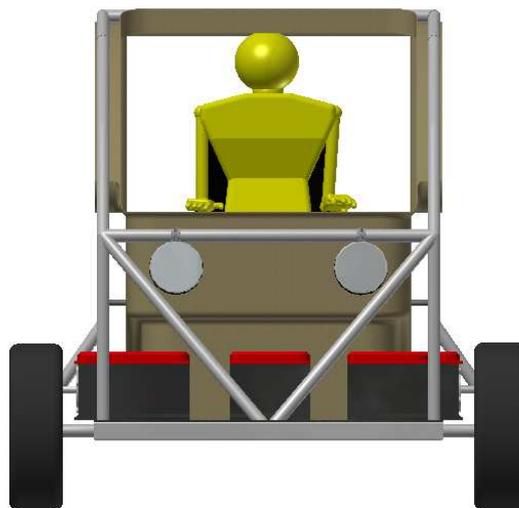
**Ensamblaje total sin carcasa externa vista superior.**



**FUENTE:** El Autor.

**FIGURA N° 91**

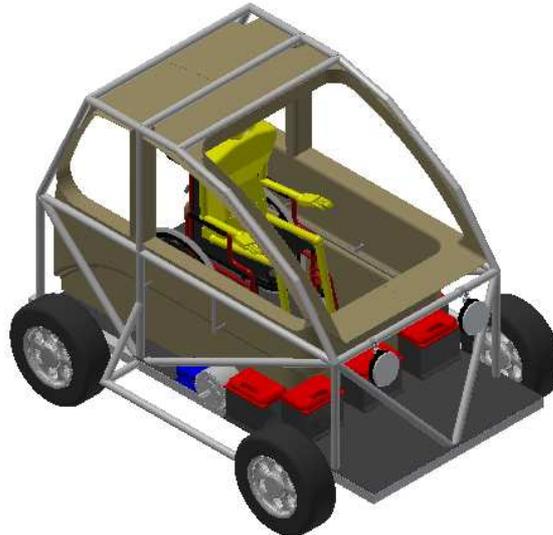
**Ensamblaje total sin carcasa externa vista frontal.**



**FUENTE:** El Autor.

**FIGURA N° 92**

**Ensamblaje total sin carcasa externa vista lateral.**



**FUENTE:** El Autor.

Procedemos a añadir al ensamblaje total los vidrios laterales, delantero y posterior, del, los vidrios delanteros (parabrisas) y posterior son fijos mientras que para los vidrios laterales están diseñados de tal manera que existe espacio suficiente para permitir la colocación de sistemas de apertura electrónicos que permiten que las ventanas laterales frontales sean abatibles.

**FIGURA N° 93**

**Apertura de la ventana delantera.**



**FUENTE:** El Autor.

Una vez que hemos colocados la carcasa interna y verificado que ninguno de los elementos choquen con la carcasa interna o sobresalgan de la misma, procedemos a añadir al ensamblaje total los paneles externos que conforman la carcasa externa de la carrocería, nos aseguramos que el espacio proyectado para cada elemento sea el apropiado.

Insertamos al archivo de ensamblaje los paneles exteriores que conforman la carcasa externa y les damos las restricciones correspondientes que aseguren su posición relativa con demás componentes.

**FIGURA N° 94**  
**Ensamblaje total, vista lateral.**



**FUENTE:** El Autor.

**FIGURA N° 95**

**Ensamblaje total, vista frontal.**



**FUENTE:** El Autor.

**FIGURA N° 96**

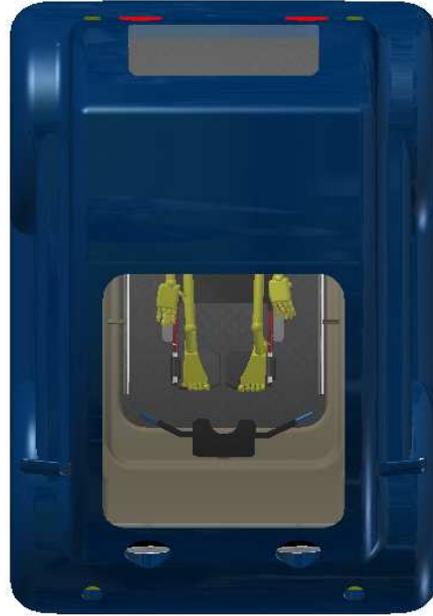
**Ensamblaje total, vista posterior.**



**FUENTE:** El Autor.

**FIGURA N° 97**

**Ensamblaje total vista superior.**



**FUENTE:** El Autor.

**FIGURA N° 98**

**Ensamblaje total, vista isométrica.**



**FUENTE:** El Autor.

## **2.21 FUNCIONAMIENTO DE LA RAMPA POSTERIOR Y LA PUERTA DE INGRESO.**

La rampa de ingreso junto con la puerta posterior constituyen la característica principal de nuestro diseño, y de estas depende la autonomía al momento que una persona en silla de ruedas utilice el vehículo.

El sistema de apertura tanto de la puerta como de la rampa deberían ser completamente automáticos, accionados por un mando a distancia, no compete el presente tema de tesis el diseño y análisis de este sistema, pero si nos compete asegurar los movimientos de estos componentes sin ningún obstáculo, dejándolos listos para el acople de sistemas de apertura automática.

Como puede observarse en las figuras correspondientes tanto la puerta como la rampa han sido diseñadas de tal manera que permitan un movimiento de cierre y apertura sin ninguna dificultad, la secuencia recomendada de apertura y cierre se muestra a continuación.

**FIGURA N° 99**

**Secuencia de apertura de la puerta posterior.**



**FUENTE:** El Autor.

**FIGURA N° 100**  
**Secuencia de apertura de la rampa.**



**FUENTE:** El Autor.

**FIGURA N° 101**  
**Secuencia de ingreso del piloto.**



**FUENTE:** El Autor.

## CAPITULO III

---

### **CÁLCULO DE LOS COSTOS DE LA CARROCERÍA DEL VEHÍCULO MONOPLAZA.**

#### **3.1 CONCEPTOS BÁSICOS.**

##### **3.1.1 CONCEPTO DE COSTO.**

Definimos el costo como un recurso que se sacrifica o al que se renuncia para alcanzar un objetivo específico.

Es decir es el valor (en nuestro caso monetario) que se sacrifica para adquirir bienes y servicios que permitirán obtener un resultado final (la carrocería terminada).

##### **3.1.2 ESTADO DE COSTOS DE FABRICACIÓN.**

El estado de costos de fabricación o producción, es el estado financiero que muestra la integración y cuantificación de la materia prima (MP), mano de obra (MO) y los gastos indirectos de fabricación (GIF), los cuales ayudan a valorar la producción terminada y transformada para conocer el costo de fabricación y su valor de venta.

##### **3.1.3 COSTOS DE PRODUCCION.**

Es el valor del conjunto de bienes y esfuerzos en que se ha incurrido o se va a incurrir, que deben consumir los centros fabriles (fábricas) para obtener un producto terminado y en condiciones de ser entregado al sector comercial.

### **3.1.4 ELEMENTOS DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN.**

Los tres elementos del costo de fabricación son:

- **MATERIA PRIMA.**

Son todos aquellos elementos físicos que son imprescindibles consumir durante el proceso de elaboración de un producto, esto con la condición de que el consumo del insumo debe guardar relación proporcional con la cantidad de unidades producidas.

- **MANO DE OBRA DIRECTA.**

Valor del trabajo realizado por los empleados que contribuyen al proceso productivo.

- **GASTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN.**

Son todos los costos en los que necesita incurrir un centro para el logro de sus fines, son aquellos valores que aunque no intervienen directamente en el producto terminado son necesarios para lograr el objetivo.

La combinación de la mano de obra directa y los indirectos de fabricación constituyen el costo de conversión, se llama así por ser el costo de convertir la materia prima en el producto terminado.

### **3.1.5 MATERIA PRIMA O MATERIALES DIRECTOS.**

Los materiales que realmente forman parte del producto terminado se conocen con el nombre de materias primas o materiales directos.

Mientras que los que no se convierten físicamente en parte del producto o tienen importancia secundaria se llaman materiales auxiliares.

Para mantener una inversión en existencia debidamente equilibrada se requiere una labor de planeación y control.

Un inventario excesivo ocasiona mayores costos incluyendo pérdidas debidas al deterioro, espacios de almacenamiento adicionales y el costo de oportunidad del material.

Mientras que la escases de materia prima produce interrupciones en la producción, y excesivos costos de preparación de máquinas.

### **3.1.6 MANO DE OBRA DIRECTA.**

La mano de obra de producción se utiliza para convertir la materia prima en productos terminados, la mano de obra es un servicio que no puede almacenarse y no se convierte en forma demostrable en parte del producto terminado.

#### **CLASIFICACIÓN DE LA MANO DE OBRA.**

De acuerdo a la organización se distinguen tres categorías principales: producción, ventas y administración general.

Los costos de la mano de obra de producción se asignan a los productos terminados, mientras que la mano de obra no relacionada con la fabricación se trata como un gasto del periodo. La mano de obra se clasifica así:

- De acuerdo a la actividad departamental.
- De acuerdo al tipo de trabajo.
- De acuerdo a la relación con el producto terminado.

### **3.1.7 GASTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN.**

Son todos los gastos de producción excepto los de materia prima y mano de obra directa, los gastos indirectos de fabricación más comunes son: manipuleo, inspección, conservación, seguros, servicios sociales, gastos de oficinas, etc.

#### **CLASIFICACIÓN DE LOS GASTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN.**

Los gastos indirectos de fabricación pueden subdividirse según el objeto de gastos en tres categorías:

- Materiales indirectos.
- Mano de obra indirecta.
- Otros gastos de producción indirectos.

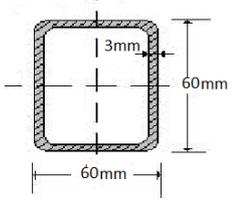
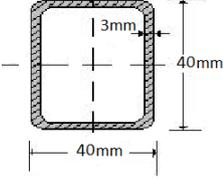
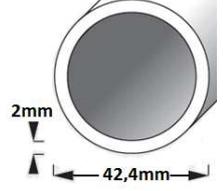
Los gastos indirectos incluyen el costo de la adquisición y mantenimiento de las instalaciones de fabricación, la depreciación de la planta y la amortización de las instalaciones, la renta, calefacción, energía eléctrica, servicios básicos, fuerza motriz, impuestos inmobiliarios, seguros, teléfonos, viajes, etc.

### **3.2 MATERIA PRIMA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA CARROCERÍA.**

#### **ESTRUCTURA INTERNA.**

La totalidad de la estructura interna está construida de acero estructural ASTM A500 con las características físicas y mecánicas indicadas en el apartado correspondiente, se usarán diferentes secciones para el chasis, la rampa de acceso y la estructura tubular o jaula, en la siguiente tabla se muestra los diferentes perfiles usados.

**TABLA N° 46**  
**Perfiles estructurales utilizados.**

<b>ELEMENTO</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>PERFIL</b>	<b>DIMENSIONES (mm)</b>	<b>GRÁFICA</b>
<b>Chasis</b>	Acero estructural ASTM A500	Rectangular	<b>60x60x3</b>	
<b>Rampa</b>	Acero estructural ASTM A500	Rectangular	<b>40x40x3</b>	
<b>Jaula</b>	Acero estructural ASTM A500	Tubular	<b>42,5x3</b>	

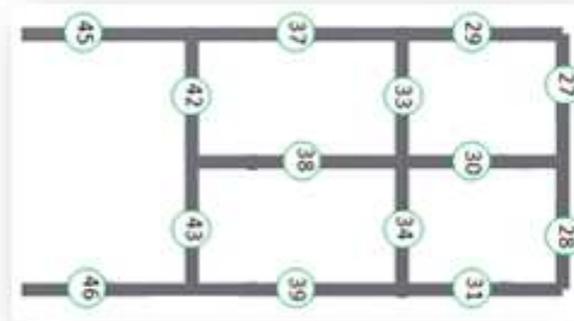
**FUENTE:** El Autor.

A la hora de determinar la cantidad de material a utilizar en la construcción de la estructura interna de la carrocería, se debe tomar en cuenta la longitud comercial de los perfiles, por ejemplo si una viga comercial mide 6m de longitud y se requieren construir tres elementos de 4m cada uno, lo lógico sería comprar dos vigas de 6m para construir las tres partes de 4m pero en realidad se deberían comprar 3 vigas de 6 metros para obtener las 3vigas de 4m completas evitando realizar añadiduras y soldaduras intermedias que perjudican la rigidez de la estructura.

En base a las dimensiones del chasis, la rampa de ingreso y la jaula se realizó la siguiente tabla para determinar la cantidad de material necesario para la construcción.

**TABLA N° 47**

**Materia prima para construcción del chasis.**

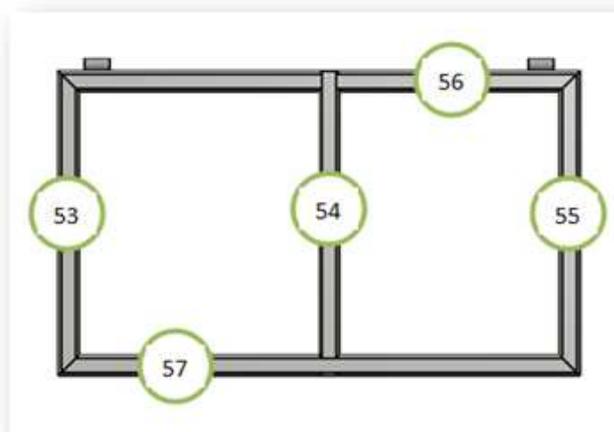


Vigas	Longitud (mm)	Longitud comercial (mm)	Longitud restante (mm)	Vigas usadas	Desperdicio (mm)
27-28	1135	6000	4865	0	
33-34	1135	6000	3730	0	
42-43	1135	6000	2595	0	
29-37-45	2306	6000	289	1	289
31,39,46	2306	6000	3694	1	
30	675	6000	3019	1	
38	822	6000	2197	2	2197

FUENTE: El Autor.

**TABLA N° 48**

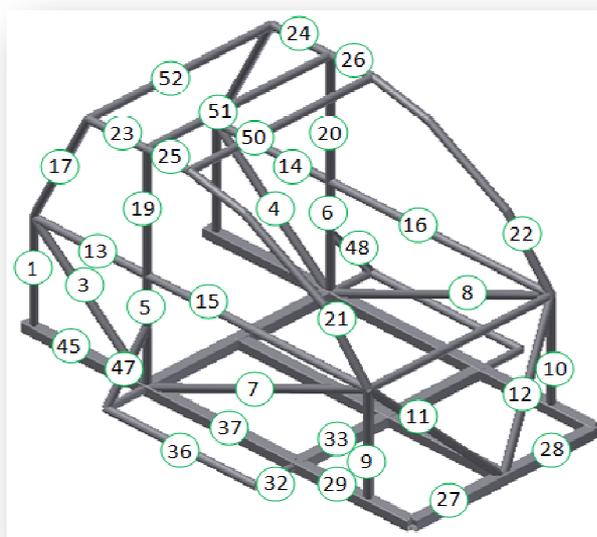
**Materia prima para construcción de la rampa.**



Vigas	Longitud (mm)	Longitud comercial (mm)	Longitud restante (mm )	Vigas usadas	Desperdicio (mm)
53	600	6000	5400	0	
54	600	6000	4800	0	
55	600	6000	4200	0	
56	1015	6000	3185	0	
57	1015	6000	2170	1	2170

FUENTE: El Autor.

**TABLA N° 49**  
**Materia prima para construcción de la jaula.**



Vigas	Longitud (mm)	Longitud comercial (mm)	Longitud restante (mm )	Vigas usadas	Desperdicio (mm)
1	645	6000	5355	0	
2	645	6000	4710	0	
3	876	6000	3834	0	
4	876	6000	2958	0	

<b>5</b>	645	6000	2313	0	
<b>6</b>	645	6000	1668	0	
<b>7</b>	1416	6000	252	0	
<b>26</b>	250	6000	2	0	2
<b>8</b>	1416	6000	4584	1	
<b>9</b>	645	6000	3939	1	
<b>10</b>	645	6000	3294	1	
<b>11</b>	690	6000	2604	1	
<b>12</b>	690	6000	1914	1	
<b>13</b>	648	6000	1266	1	
<b>14</b>	648	6000	618	1	
<b>24</b>	344	6000	274	1	
<b>25</b>	250	6000	24	1	24
<b>15</b>	1280	6000	4720	2	
<b>16</b>	1280	6000	3440	2	
<b>17</b>	795	6000	2645	2	
<b>18</b>	795	6000	1850	2	
<b>19</b>	699	6000	1151	2	
<b>20</b>	699	6000	452	2	
<b>23</b>	344	6000	108	2	
<b>21</b>	2024	6000	3976	3	
<b>22</b>	2024	6000	1952	3	1952
<b>32</b>	262	6000	1690	3	
<b>35</b>	262	6000	1428	3	
<b>41</b>	262	6000	1166	3	
<b>40</b>	916	6000	250	3	
<b>44</b>	262	6000	5738	4	
<b>36</b>	916	6000	4822	4	
<b>47</b>	418	6000	4404	4	

<b>48</b>	418	6000	3986	4	
<b>11</b>	796	6000	3190	4	
<b>12</b>	796	6000	2394	4	
<b>49</b>	1075	6000	1319	4	
<b>50</b>	1075	6000	244	4	244
<b>51</b>	1075	6000	4925	5	
<b>52</b>	1075	6000	3850	5	3850

**FUENTE:** El Autor.

### **PIEZAS EN FIBRA DE VIDRIO.**

La totalidad de piezas construidas de fibra de vidrio (carcasa externa, carcasa interna, puerta posterior) tendrán un espesor de 5 mm, para calcular el volumen total de la materia prima requerida se procederá a medir en primer lugar el área total para después multiplicarla por el espesor con lo cual se obtendrá el volumen de material requerido.

**TABLA N° 50**

**Determinación de la materia prima necesaria para la construcción de la carcasa externa.**

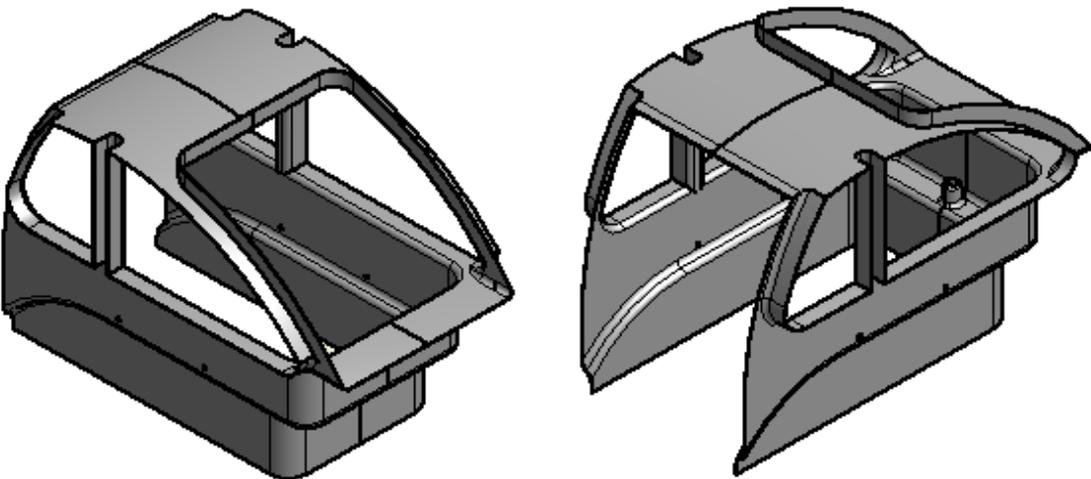


<b>ÁREA TOTAL:</b>	<b>7,8 m<sup>2</sup></b>
<b>ESPELOR:</b>	<b>0,005m</b>
<b>VOLUMEN TOTAL:</b>	<b>0,039m<sup>3</sup></b>

FUENTE: El Autor.

**TABLA N° 51**

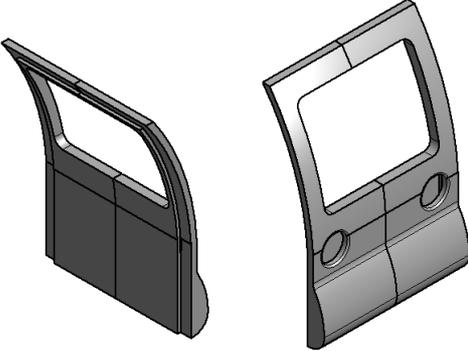
**Determinación de la materia prima necesaria para la construcción de la carcasa interna.**

<b>DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE MATERIAL CARCASA INTERNA</b>	
	
<b>ÁREA TOTAL:</b>	<b>4,19m<sup>2</sup></b>
<b>ESPELOR:</b>	<b>0,005m</b>
<b>VOLUMEN TOTAL:</b>	<b>0,02095m<sup>3</sup></b>

FUENTE: El Autor.

**TABLA N° 52**

**Determinación de la materia prima necesaria para la construcción de la puerta posterior.**

<b>ETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE MATERIAL CARCASA EXTERNA</b>	
	
<b>ÁREA TOTAL:</b>	<b>1,8m<sup>2</sup></b>
<b>ESPESOR:</b>	<b>0,005m</b>
<b>VOLUMEN TOTAL:</b>	<b>0,009m<sup>3</sup></b>

**FUENTE:** El Autor.

**PISOS.**

Los pisos de la carrocería y la rampa están diseñados para construirse de plancha de acero de 4mm de espesor, esta plancha deberá poseer un relieve que permita una mejor adherencia y evite que la superficie se vuelva resbalosa al estar mojada.

**TABLA N° 53**

**Determinación de la materia prima necesaria para la construcción de los pisos de la carrocería y la rampa.**

<b>DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE MATERIAL DE LOS PISOS</b>	
<b>PISO DE LA CARROCERÍA</b>	
<b>Largo</b>	<b>1135mm</b>
<b>Ancho</b>	<b>1612,5mm</b>
<b>Espesor</b>	<b>4mm</b>

<b>PISO DE LA RAMPA</b>	
<b>Largo</b>	631,7mm
<b>Ancho</b>	1015mm
<b>Espesor</b>	4mm

**FUENTE:** El Autor.

### **VENTANAS.**

Las ventanas laterales, el parabrisas delantero y la ventana de la puerta posterior serán adquiridos en empresas dedicadas a la construcción de estos elementos que cumplan con las normas INEN vigentes.

Sin embargo será necesario determinar la cantidad de materia prima necesaria para su construcción.

**TABLA N° 54**

**Determinación de la materia prima necesaria para la construcción de las ventanas y parabrisas.**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>ÁREA</b>	<b>ESPELOR</b>	<b>VOLUMEN</b>
<b>Ventana lateral delantera</b>	2	0,49m <sup>2</sup>	0,004m	0,0019m <sup>3</sup>
<b>Ventana lateral posterior</b>	2	0,24mm <sup>2</sup>	0,004m	0,00096m <sup>3</sup>
<b>Ventana puerta posterior</b>	1	0,46m <sup>2</sup>	0,004m	0,0018m <sup>3</sup>
<b>Parabrisas</b>	1	1,19m <sup>2</sup>	0,004m	0,0047m <sup>3</sup>

**FUENTE:** El Autor.

### **3.3 COSTOS DE LA MATERIA PRIMA.**

Una vez determinado el total de perfiles usados en la construcción de cada una de las partes que componen la estructura interna de la carrocería, las dimensiones y el volumen de fibra de vidrio necesario para la construcción de las carcasas externas e internas

procedemos a calcular el valor en dólares americanos necesarios en la compra de la materia prima.

**TABLA N° 55**

**Costos de la materia prima para la construcción de la estructura interna.**

<b>PERFIL</b>	<b>DIMENSIONES (mm)</b>	<b>PERFILES USADOS</b>	<b>VALOR DEL PERFIL \$</b>	<b>TOTAL \$</b>
<b>Rectangular</b>	60x60x3	2	31,3	62,6
<b>Rectangular</b>	40x40x3	1	30,6	30,6
<b>Tubular</b>	42,4x3	5	16,8	84
			<b>TOTAL</b>	<b>177,2</b>

**FUENTE:** El Autor.

**TABLA N° 56**

**Costos de la materia prima para la construcción de las piezas de fibra de vidrio.**

<b>CONJUNTO</b>	<b>ÁREA TOTAL m<sup>2</sup></b>	<b>ESPESOR m</b>	<b>VOLUMEN m<sup>3</sup></b>	<b>PRECIO UNITARIO \$/m<sup>3</sup></b>	<b>TOTAL \$</b>
<b>Carcasa externa</b>	7,8	0,005	0,039	6621	258,2
<b>Carcasa interna</b>	4,19	0,005	0,02095	6621	138,7
<b>Puerta posterior</b>	1,8	0,005	0,009	6621	59,59
				<b>TOTAL</b>	<b>396,9</b>

**FUENTE:** El Autor.

**TABLA N° 57**

**Costos de la materia prima para la construcción de los pisos.**

<b>PIEZA</b>	<b>ÁREA TOTAL m<sup>2</sup></b>	<b>ESPESOR m</b>	<b>VOLUMEN m<sup>3</sup></b>	<b>PRECIO UNITARIO \$/m<sup>3</sup></b>	<b>TOTAL \$</b>
<b>Piso carrocería</b>	1,76	0,004	0,00704	5009,16	35,26
<b>Piso rampa</b>	0,64	0,004	0,00256	5009,16	12,82
<b>TOTAL</b>					<b>48,09</b>

**FUENTE:** El Autor.

**TABLA N° 58**

**Costos de la materia prima para la construcción de las ventanas.**

<b>PIEZA</b>	<b>ÁREA TOTAL m<sup>2</sup></b>	<b>ESPESOR m</b>	<b>VOLUMEN m<sup>3</sup></b>	<b>PRECIO UNITARIO \$/m<sup>3</sup></b>	<b>TOTAL \$</b>
<b>Ventana delantera derecha</b>	0,49	0,004	0,00196	25510	50
<b>Ventana delantera izquierda</b>	0,49	0,004	0,00196	25510	50
<b>Ventana posterior derecha</b>	0,24	0,004	0,00096	25510	24,49
<b>Ventana posterior izquierda</b>	0,24	0,004	0,00096	25510	24,49
<b>Parabrisas</b>	1,19	0,004	0,00476	25510	121,4
<b>Ventana puerta posterior</b>	0,46	0,004	0,00184	25510	46,94
<b>TOTAL</b>					<b>317,3</b>

**FUENTE:** El Autor.

**TABLA N° 56**

**Costos de la materia prima para pintar el vehículo.**

<b>MATERIAL</b>	<b>AREA TOTAL m<sup>2</sup></b>	<b>ESPESOR m</b>	<b>VOLUMEN m<sup>3</sup></b>	<b>PRECIO UNITARIO \$/m<sup>3</sup></b>	<b>TOTAL \$</b>
<b>Macilla</b>	13,79	0,003	0,04137	3500	144,8
<b>Pintura</b>	5,99	0,002	0,01198	39800	476,8
<b>TOTAL</b>					<b>621,6</b>

**FUENTE:** El Autor.

### 3.4 CÁLCULO DE LOS COSTOS DE SOLDADURA.

La empresa INDURA en su página web proporciona una tabla para el cálculo de los costos de soldadura la cual es perfectamente aplicable a nuestro proyecto.

**TABLA N° 57**

**Determinación de costos en operaciones de soldadura.**

#### Determinación de Costos en Operaciones de Soldadura

<b>FÓRMULAS</b> Base de Cálculo: metro lineal (ml)	
<b>Costo electrodo</b>	$\frac{(\$)}{\text{m.l.}} = \frac{\text{Pmd (kg/ml)} \times \text{Valor electrodo } (\$/\text{kg})}{\text{Eficiencia deposición } (\%)}$
<b>Costo M.O. y G. Grales.</b>	$\frac{(\$)}{\text{m.l.}} = \frac{\text{Pmd (kg/ml)} \times \text{Valor M.O. y G.G. } (\$/\text{hr})}{\text{Velocidad deposición (kg/hr)} \times \text{F. operación } (\%)}$
<b>Costo gas</b>	$\frac{(\$)}{\text{m.l.}} = \frac{\text{Pmd (kg/ml)} \times \text{Flujo gas (m}^3/\text{hr)} \times \text{Valor gas } (\$/\text{m}^3)}{\text{Velocidad deposición (kg/hr)}}$
<b>Costo fundente</b>	$\frac{(\$)}{\text{m.l.}} = \text{Pmd (kg/ml)} \times \text{F. uso } (\%) \times \text{Valor fundente } (\$/\text{kg})$

**FUENTE:** INDURA, Manual de sistemas y materiales de soldadura, 2010

A continuación se explicará cada uno de los valores indicados en la tabla y su aplicación en nuestro proyecto.

## PESO METAL DEPOSITADO (Pmd).

Es la Cantidad de metal de aporte necesario para completar una unión soldada.

**TABLA N° 58**  
**Peso de metal depositado.**

Unión de soldadura						
Espesor (E) mm	METAL DEPOSITADO (kg/ml) (acero)					
3,2	0,045	0,098				
6,4	0,177	0,190	0,380		0,358	
9,5	0,396		0,638		0,605	
12,5	0,708		1,168		1,066	
16	1,103		1,731		1,707	1,089
19	1,592		2,380	1,049	2,130	1,449
25	2,839		3,987	2,578	3,554	2,322
32				3,768		3,380
37,5				5,193		4,648
51				8,680		7,736
63,5				13,674		11,617
76				18,432		16,253

FUENTE: INDURA, Manual de sistemas y materiales de soldadura, 2010.

## EFICIENCIA DE DEPOSICIÓN.

Relación entre el metal efectivamente depositado y la cantidad en peso de electrodos requeridos para efectuar ese depósito.

**TABLA N° 58**  
**Eficiencia de deposición.**

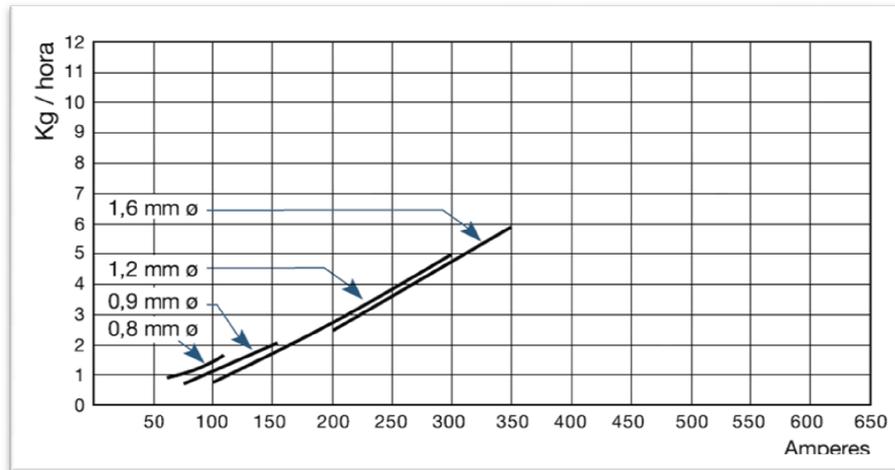
Proceso	Eficiencia deposición (%)
Electrodo manual	60-70
MIG sólido	90
MIG tubular c/protección	83
MIG tubular s/protección	79
TIG	95
Arco sumergido	98

FUENTE: INDURA, Manual de sistemas y materiales de soldadura, 2010.

## VELOCIDAD DE DEPOSICIÓN.

Cantidad de material de aporte depositado en una unidad de tiempo, debido a que nuestro proceso de construcción será artesanal solamente se indicará la tabla correspondiente.

**FIGURA N° 102**  
**Velocidad de deposición.**



FUENTE: INDURA, Manual de sistemas y materiales de soldadura, 2010.

## FACTOR DE OPERACIÓN.

Se define como la relación entre el tiempo en que ha existido arco y el tiempo real o tiempo total pagado.

**TABLA N° 60**  
**Factor de operación.**

Proceso	Factor de Operación (%)
Electrodo manual	5- 30
MIG sólido	10- 60
MIG tubular	10- 60
TIG	5- 20
Arco sumergido	50-100

FUENTE: INDURA, Manual de sistemas y materiales de soldadura, 2010.

## FLUJO DE GAS.

Cantidad de gas necesario para protección por unidad de tiempo.

**TABLA N° 61**

**Flujo de gas.**

Proceso	Flujo gas (m <sup>3</sup> /hr)
MIG sólido	0,8-1,2
MIG tubular	1,0-1,4
TIG	0,5-1,0

FUENTE: INDURA, Manual de sistemas y materiales de soldadura, 2010.

## DETERMINACIÓN DE COSTO DE SOLDADURA.

“Es especialmente importante, cuando es alto o cuando representa una proporción significativa del total estimado para un proyecto o un contrato. Como la soldadura está relacionada en forma directa a otras operaciones, nunca debe ser considerada y costada aisladamente.”<sup>27</sup>

Cualquier operación de fabricación de productos incluye por lo general:

1. Abastecimiento y almacenamiento de materias primas.
2. Preparación de estos materiales para soldadura, corte, etc.
3. Armado de los componentes.
4. Soldadura.
5. Operaciones mecánicas subsecuentes.
6. Tratamientos térmicos.
7. Inspección.

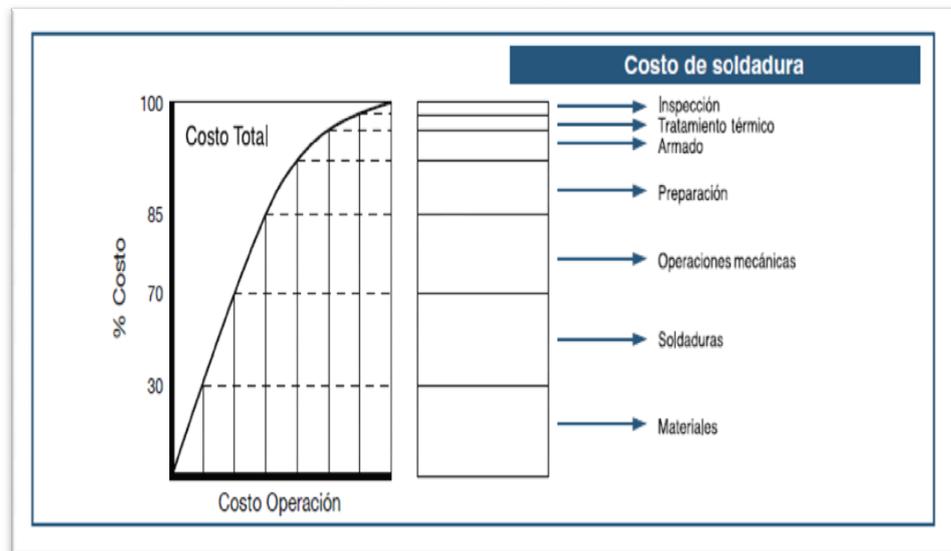
---

<sup>27</sup> INDURA, Manual de sistemas y materiales de soldadura, 2010.

Dado que cada una de estas operaciones representa un gasto, es posible representar la composición del costo total, como se indica en la figura N° 109.

En este ejemplo, el costo de material, costo de soldadura y operaciones mecánicas representan 30%, 40% y 15% respectivamente del costo total; el costo de las tres últimas operaciones constituye sólo un 15% del total. Es por lo tanto evidente, que la operación de soldadura misma es importante y debe ser adecuadamente costeada y examinada en detalle, para determinar donde efectuar.

**FIGURA N° 103**  
**Costo de soldadura.**



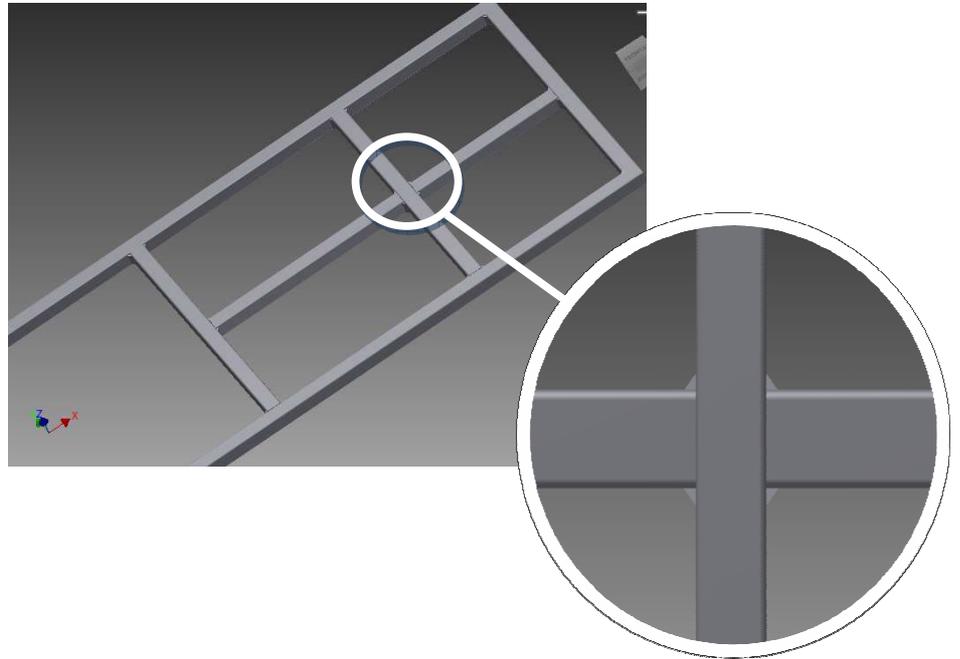
**FUENTE:** INDURA, Manual de sistemas y materiales de soldadura, 2010.

### **DETERMINACIÓN DE DATOS PARA EL CÁLCULO DE COSTOS DE SOLDADURA.**

Para conocer algunas características de la soldadura de la carrocería diseñada unamos las herramientas de AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL 2012, simulando la soldadura del conjunto y obteniendo los resultados mostrados.

**FIGURA N° 104**

**Detalle de la soldadura del chasis.**



FUENTE: El Autor.

**TABLA N° 62**

**Características de la soldadura del chasis.**

<b>ID</b>	<b>LONGITUD (mm)</b>	<b>ÁREA (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>VOLUMEN (mm<sup>3</sup>)</b>	<b>PESO (kg)</b>
<b>Soldadura 1</b>	48	50	2400	0,01884
<b>Soldadura 2</b>	3,611	50	180,55	0,00141732
<b>Soldadura 3</b>	3,611	50	180,55	0,00141732
<b>Soldadura 4</b>	156	50	7800	0,06123
<b>Soldadura 5</b>	48	50	2400	0,01884
<b>Soldadura 6</b>	3,611	50	180,55	0,00141732
<b>Soldadura 7</b>	3,611	50	180,55	0,00141732
<b>Soldadura 8</b>	48	50	2400	0,01884
<b>Soldadura 9</b>	48	50	2400	0,01884

<b>Soldadura 10</b>	48	50	2400	0,01884
<b>Soldadura 11</b>	48	50	2400	0,01884
<b>Soldadura 12</b>	48	50	2400	0,01884
<b>Soldadura 13</b>	48	50	2400	0,01884
<b>Soldadura 14</b>	48	50	2400	0,01884
<b>Soldadura 15</b>	48	50	2400	0,01884
<b>Soldadura 16</b>	48	50	2400	0,01884
<b>Soldadura 17</b>	48	50	2400	0,01884
<b>Soldadura 18</b>	48	50	2400	0,01884
<b>Soldadura 19</b>	48	50	2400	0,01884
<b>Soldadura 20</b>	48	50	2400	0,01884
<b>Soldadura 21</b>	48	50	2400	0,01884

**FUENTE:** El Autor.

El mismo procedimiento se aplicó con la estructura tubular obteniéndose los siguientes resultados.

**FIGURA N° 105**

**Detalle de soldadura de la estructura tubular.**



**FUENTE:** El Autor.

**TABLA N° 63**

**Características de soldadura de la estructura tubular.**

<b>ID</b>	<b>LONGITUD (mm)</b>	<b>ÁREA (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>VOLUMEN (mm<sup>3</sup>)</b>	<b>PESO (kg)</b>
<b>Soldadura 1</b>	60,624	50	3031,2	0,02379492
<b>Soldadura 2</b>	73,607	50	3680,35	0,02889075
<b>Soldadura 3</b>	71,626	50	3581,3	0,02811321
<b>Soldadura 4</b>	62,664	50	3133,2	0,02459562
<b>Soldadura 5</b>	66,871	50	3343,55	0,02624687
<b>Soldadura 6</b>	61,464	50	3073,2	0,02412462
<b>Soldadura 7</b>	71,626	50	3581,3	0,02811321
<b>Soldadura 8</b>	60,624	50	3031,2	0,02379492
<b>Soldadura 9</b>	72,607	50	3630,35	0,02849825
<b>Soldadura 10</b>	71,626	50	3581,3	0,02811321
<b>Soldadura 11</b>	62,664	50	3133,2	0,02459562
<b>Soldadura 12</b>	66,871	50	3343,55	0,02624687
<b>Soldadura 13</b>	61,464	50	3073,2	0,02412462
<b>Soldadura 14</b>	71,626	50	3581,3	0,02811321
<b>Soldadura 15</b>	60,624	50	3031,2	0,02379492
<b>Soldadura 16</b>	73,607	50	3680,35	0,02889075
<b>Soldadura 17</b>	71,626	50	3581,3	0,02811321
<b>Soldadura 18</b>	62,664	50	3133,2	0,02459562
<b>Soldadura 19</b>	66,871	50	3343,55	0,02624687
<b>Soldadura 20</b>	61,464	50	3073,2	0,02412462
<b>Soldadura 21</b>	71,626	50	3581,3	0,02811321
<b>Soldadura 22</b>	60,624	50	3031,2	0,02379492
<b>Soldadura 23</b>	73,607	50	3680,35	0,02889075
<b>Soldadura 24</b>	71,626	50	3581,3	0,02811321
<b>Soldadura 25</b>	62,664	50	3133,2	0,02459562
<b>Soldadura 26</b>	66,871	50	3343,55	0,02624687

<b>Soldadura 27</b>	61,464	50	3073,2	0,02412462
<b>Soldadura 28</b>	71,626	50	3581,3	0,02811321
<b>Soldadura 29</b>	60,624	50	3031,2	0,02379492
<b>Soldadura 30</b>	73,607	50	3680,35	0,02889075
<b>Soldadura 31</b>	71,626	50	3581,3	0,02811321
<b>Soldadura 32</b>	62,664	50	3133,2	0,02459562
<b>Soldadura 33</b>	66,871	50	3343,55	0,02624687
<b>Soldadura 34</b>	61,464	50	3073,2	0,02412462
<b>Soldadura 35</b>	71,626	50	3581,3	0,02811321
<b>Soldadura 36</b>	60,624	50	3031,2	0,02379492
<b>Soldadura 37</b>	73,607	50	3680,35	0,02889075
<b>Soldadura 38</b>	71,626	50	3581,3	0,02811321
<b>Soldadura 39</b>	62,664	50	3133,2	0,02459562
<b>Soldadura 40</b>	66,871	50	3343,55	0,02624687
<b>Soldadura 41</b>	61,464	50	3073,2	0,02412462
<b>Soldadura 42</b>	71,626	50	3581,3	0,02811321
<b>Soldadura 43</b>	60,624	50	3031,2	0,02379492
<b>Soldadura 44</b>	73,607	50	3680,35	0,02889075
<b>Soldadura 45</b>	71,626	50	3581,3	0,02811321
<b>Soldadura 46</b>	62,664	50	3133,2	0,02459562
<b>Soldadura 47</b>	66,871	50	3343,55	0,02624687
<b>Soldadura 48</b>	61,464	50	3073,2	0,02412462
<b>Soldadura 49</b>	71,626	50	3581,3	0,02811321
<b>Soldadura 50</b>	60,624	50	3031,2	0,02379492
<b>Soldadura 51</b>	73,607	50	3680,35	0,02889075
<b>Soldadura 52</b>	71,626	50	3581,3	0,02811321
<b>Soldadura 53</b>	62,664	50	3133,2	0,02459562
<b>Soldadura 54</b>	66,871	50	3343,55	0,02624687
<b>Soldadura 55</b>	61,464	50	3073,2	0,02412462

<b>Soldadura 56</b>	71,626	50	3581,3	0,02811321
<b>Soldadura 57</b>	60,624	50	3031,2	0,02379492
<b>Soldadura 58</b>	73,607	50	3680,35	0,02889075
<b>Soldadura 59</b>	71,626	50	3581,3	0,02811321
<b>Soldadura 60</b>	62,664	50	3133,2	0,02459562
<b>Soldadura 61</b>	66,871	50	3343,55	0,02624687
<b>Soldadura 62</b>	65,464	50	3273,2	0,02569462
<b>Soldadura 63</b>	71,626	50	3581,3	0,02811321
<b>Soldadura 64</b>	60,624	50	3031,2	0,02379492
<b>Soldadura 65</b>	73,607	50	3680,35	0,02889075
<b>Soldadura 66</b>	71,626	50	3581,3	0,02811321
<b>Soldadura 67</b>	62,664	50	3133,2	0,02459562
<b>Soldadura 68</b>	66,871	50	3343,55	0,02624687
<b>Soldadura 69</b>	64,464	50	3223,2	0,02530212
<b>Soldadura 70</b>	71,626	50	3581,3	0,02811321

**FUENTE:** El Autor.

## **RESULTADOS OBTENIDOS.**

Luego de realizar las operaciones respectivas se obtuvieron los siguientes resultados sobre los cuales se realizará el análisis de los costos de soldadura.

**Tabla N° 64**

**Características de la soldadura de la estructura tubular.**

<b>LONGITUD</b> (mm)	<b>ÁREA</b> (mm <sup>2</sup> )	<b>VOLUMEN</b> (mm <sup>3</sup> )	<b>MASA</b> (Kg)
<b>5629,264</b>	50	281463,2	2,20948612

**Fuente:** El Autor.

### **COSTO DEL ELECTRODO.**

$$\text{costo del electrodo} = \frac{\$}{m.l} = \frac{Pmd \left( \frac{Kg}{ml} \right) * (\$/Kg)}{\text{Eficiencia deposicion}(\%)}$$

$$\text{costo del electrodo} = \$ = \frac{Pmd(Kg) * \text{Valor del electrodo}(\$/Kg)}{\text{Eficiencia deposicion}(\%)}$$

$$\text{costo del electrodo} = \$ = \frac{2,2Kg * 0,9 \$/Kg}{90\%}$$

$$\text{costo del electrodo} = 2,2\$$$

### **COSTO DE LA MANO DE OBRA.**

$$\text{costo de la mano de obra} \frac{\$}{m.l} = \frac{Pmd \left( \frac{Kg}{ml} \right) * \text{valor de M.O.} (\$/h)}{\text{Velocidad de deposicion} \left( \frac{Kg}{h} \right) * F \text{ operacion} (\%)}$$

$$\text{costo de la mano de obra} = \$ = \frac{Pmd(Kg) * \text{valor de M.O.} (\$/h)}{\text{Velocidad de deposicion} \left( \frac{Kg}{h} \right) * F \text{ operacion} (\%)}$$

$$\text{costo de la mano de obra} = \$ = \frac{2,2Kg * 4 \$/h}{1 \frac{Kg}{h} * 30\%}$$

$$\text{costo de la mano de obra} = 29,3\$$$

### **FLUJO DE GAS.**

Como el proceso de soldadora elegido fue MIG se deberá calcular también el costo generado por el gas utilizado en la operación.

$$\text{costo del gas} = \frac{\$}{m.l} = \frac{Pmd \left( \frac{Kg}{ml} \right) * \text{flujo de gas} \left( \frac{m^3}{h} \right) * \text{valor del gas} (\$/m^3)}{\text{Velocidad de deposicion} \left( \frac{Kg}{h} \right)}$$

$$\text{costo del gas} = \$ = \frac{Pmd(Kg) * \text{flujo de gas} \left( \frac{m^3}{h} \right) * \text{valor del gas} (\$/m^3)}{\text{Velocidad de deposicion} \left( \frac{Kg}{h} \right)}$$

$$\text{costo del gas} = \$ = \frac{2,2Kg * 1 \frac{m^3}{h} * 3,09 (\$/m^3)}{1 \frac{Kg}{h}}$$

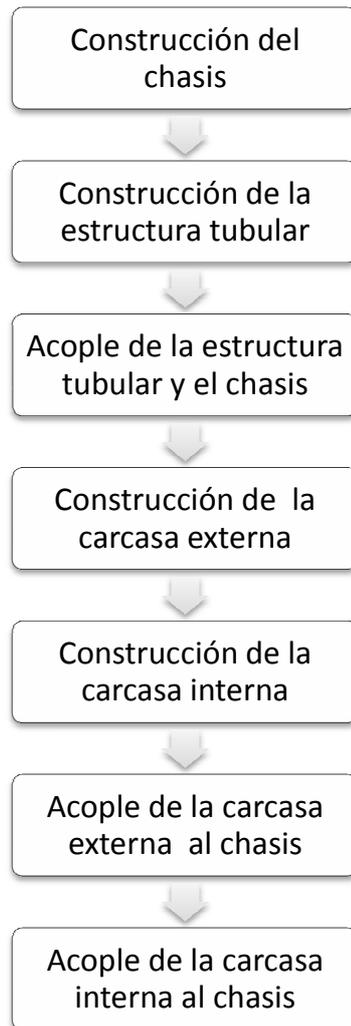
$$\text{costo del gas} = 6,8 \$$$

### 3.5 MANO DE OBRA.

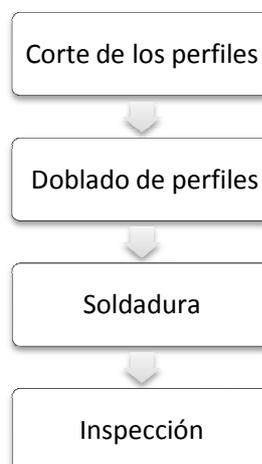
Debido a que el proceso de construcción del vehículo necesita de personas especializadas en diferentes actividades se procederá a realizar un organigrama en donde se indicara cada uno de las actividades que se deberán realizar para construir la carrocería el vehículo monoplaza.

En base al organigrama mostrado a continuación se ha determinado que se requiere de al menos 4 profesionales, divididos de la siguiente manera: uno para la construcción del chasis y la estructura tubular, el segundo para la construcción de los moldes en madera, el tercero para la construcción de la pieza en fibra de vidrio, y el cuarto para el proceso de macillado y pintado de las carcasas.

Los perfiles profesionales requeridos se muestran en la tabla 65.



La construcción del chasis, la estructura tubular y el acople de estas dos requieren de los siguientes pasos:



Mientras que la construcción de las carcasas externa e interna requiere de los siguientes pasos:



**TABLA N° 65**  
**Perfiles profesionales.**

<b>TAREA</b>	<b>PERFIL PROFESIONAL.</b>
<b>CONSTRUCCIÓN DEL CHASIS Y LA ESTRUCTURA TUBULAR</b>	Tecnólogo mecánico industrial o técnico en mecánica industrial con al menos 2 años de experiencia en la construcción de estructuras tubulares, y conocimientos en soldadura MIG.
<b>CONSTRUCCIÓN DE MOLDES PARA FIBRA DE VIDRIO</b>	Carpintero con tres años de experiencia

<b>CONSTRUCCIÓN DE CARCASAS EN FIBRA DE VIDRIO</b>	Bachiller con al menos 3 años de experiencia en construcción de piezas en fibra de vidrio.
<b>MACILLADO Y PINTADO</b>	Técnico en enderezado de chasis y pintura de automóviles con al menos 3 años de experiencia.

**FUENTE:** El Autor.

En base a estos perfiles profesionales hemos investigado los sueldos y salarios mensuales que ganarían los posibles empleados.

**TABLA N° 66**

**Salarios mensuales según los perfiles profesionales.**

<b>PERFIL PROFESIONAL</b>	<b>SALARIO MENSUAL</b>
Técnico en mecánica industrial	\$ 800,00
Carpintero	\$ 550,00
Constructor de piezas en fibra de vidrio	\$ 800,00
Técnico pintura automotriz	\$ 750,00

**FUENTE:** El Autor, basada en la información obtenida del sector artesanal.

**TABLA N° 67**

**Precio hora de la mano de obra.**

<b>PERFIL PROFESIONAL</b>	<b>VALOR DE LA HORA DE TRABAJO</b>
Técnico en mecánica industrial	\$ 5,00
Carpintero	\$ 3,43
Constructor de piezas en fibra de vidrio	\$ 5,00
Técnico pintura automotriz	\$ 4,68

**FUENTE:** El Autor.

Finalmente para determinar el valor total de la mano de obra requerida para la construcción de la carrocería de nuestro vehículo monoplace, resulta necesario calcular las horas requeridas por cada trabajador para completar su labor.

Resulta sumamente complicado determinar las horas requeridas ya que esto depende de factores como habilidad, entrega profesional, nivel de conocimientos, métodos aplicados, experiencia etc. Además al no tener ninguna experiencia de construcción previa hemos decidido utilizar datos tomados de otras empresas dedicadas a labores similares.

**TABLA N° 68**  
**Horas empleadas para el trabajo.**

<b>PERFIL PROFESIONAL</b>	<b>HORAS EMPLEADAS PARA EL TRABAJO</b>
<b>Técnico en mecánica industrial</b>	64
<b>Carpintero</b>	32
<b>Constructor de piezas en fibra de vidrio</b>	70
<b>Técnico pintura automotriz</b>	50

**FUENTE:** El Autor, basada en la información obtenida del sector artesanal.

**TABLA N° 69**  
**Total mano de obra.**

<b>PERFIL PROFESIONAL</b>	<b>VALOR TOTAL MANO DE OBRA</b>
<b>Técnico en mecánica industrial</b>	\$ 320,00
<b>Carpintero</b>	\$ 110,00
<b>Constructor de piezas en fibra de vidrio</b>	\$ 350,00
<b>Técnico pintura automotriz</b>	\$ 234,37
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>	<b>\$ 1014,37</b>

**FUENTE:** El Autor.

### 3.6 COSTOS DE FABRICACIÓN.

Finalmente realizamos la suma de los costos de materia prima, mano de obra, costos de soldadura, no se consideraran los indirectos de fabricación ya que representan un valor sumamente ínfimo en nuestro presupuesto final.

**TABLA N° 70**  
**Costos de fabricación.**

<b>COSTOS DE FABRICACIÓN</b>	
<b>MANO DE OBRA</b>	<b>\$ 1014,37</b>
<b>MATERIA PRIMA</b>	<b>\$ 1568,63</b>
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 2583,00</b>

FUENTE: El Autor.

### 3.7 COMPARACIÓN ENTRE COSTOS CALCULADOS Y COTIZACIONES REALES EN LA CIUDAD DE CUENCA.

**TABLA N° 71**  
**Costos calculados vs Cotizaciones.**

<b>COSTOS CALCULADOS VS COTIZACIONES.<sup>28</sup></b>			
<b>Estructura Interna</b>	<b>Costos Calculados</b>	<b>Cotización “Talleres Cuesta”</b>	<b>Cotización “Talleres Mejía”</b>
	\$ 466,34	\$ 600,00	\$672,00
<b>Piezas en fibra de vidrio</b>	<b>Costos Calculados</b>	<b>Cotización “Almacén El Forro”</b>	<b>Cotización “Fibra-Azuay”</b>
	\$ 2116,66	\$ 2500,00	2300

FUENTE: El Autor, basado en cotizaciones realizadas en la ciudad de Cuenca.

<sup>28</sup> Ver Anexos 5, 6, 7, 8.

## CAPITULO IV

---

### 4.1 CONCLUSIONES.

- La paraplejía se define como la parálisis de los miembros inferiores, cuya causa es: La lesión bilateral de la vía motora, que puede ser afectada a nivel de la protoneurona o dentoneurona, existe una gran variedad de tipos de paraplejía en función de sus características y niveles de movilidad.
- La falta de movilidad genera graves efectos tanto físicos como mentales y psicológicos, en las personas que por diversas circunstancias están postradas en sillas de ruedas, siendo el peor de todos, la marginación social, llevando al individuo a situaciones de estrés y depresión profunda.
- La población con capacidades especiales según el CONADIS (Consejo Nacional De Discapacidades) tanto físicas como mentales en el Ecuador es de alrededor de **331.106** y dentro de los cuales **162.034** tienen discapacidad física, siendo las provincias con mayor número de personas discapacitadas físicamente Pichincha, Guayas, Azuay, mientras que la población total de personas que poseen licencia de conducir tipo F según la ANT (Agencia Nacional De Transito) son de alrededor de 1.075 lo que constituye apenas el 0,66% del total de personas con discapacidad física.
- El tipo de vehículo al cual pertenece la carrocería diseñada es TURISMO URBANO, recientemente se han incorporado al mercado esta nueva categoría de vehículos también llamados cuadriciclos, disponen de características constructivas que los hace especialmente aptos para desenvolverse en el tráfico urbano, sus características principales se basan en su reducido tamaño, un consumo mínimo de combustible y precios asequibles, todo esto sin renunciar a unos aceptables niveles de seguridad, equipamiento y confort.

- El diseño de la carrocería del vehículo monoplace para personas con paraplejia cumple a la perfección su función principal de servir de medio de transporte para personas con paraplejía, para esto cuenta con sistemas de apertura automática de la rampa posterior y puerta de ingreso calculados para tal efecto que permiten total autonomía al momento de ingresar y salir del vehículo, además de un aspecto visual exterior agradable y moderno, cuenta con los espacios interiores y dimensiones exteriores necesarias para albergar los diferentes elementos que constituirán el vehículo final.
- En el Ecuador, no existe una plantilla CAD antropométrica normalizada de un hombre en una silla de ruedas que nos permita realizar el diseño, por lo que el modelado y ensamblaje del hombre y la silla de ruedas realizado en esta tesis bajo las normas y reglamentos nacionales e internacionales es un importante aporte personal a todos aquellos diseñadores no solo de vehículos, sino cualquier elemento destinados a la asistencia de personas en silla de ruedas.
- La carrocería diseñada está dividida en tres partes principales: La estructura interna de acero estructural ASTM A500 según la normativa NTE INEN 1323, la carcasa externa y la carcasa interna de fibra de vidrio, pensadas de tal manera que su construcción sea sencilla, de bajo costo y con los medios técnicos existentes en la ciudad; es decir sin la necesidad de materiales y herramientas especiales que encarezcan su producción final.
- Al no existir en el Ecuador una norma técnica que regule la construcción y el análisis estructural de vehículos tipo *turismo urbano* se ha tomado la normativa NTE INEN 1323 (*VEHICULOS AUTOMOTORES CARROCERÍAS DE BUSES*) como base para el análisis estructural, cálculo de cargas y obtención de resultados, concluyendo que la carrocería diseñada cumple con total desahogo los requerimientos estructurales físicos y mecánicos dados en dicha norma.

- El análisis de deformación por impactos se realizó en base al reglamento técnico de la FAU (Federación Automovilística Ecuatoriana). Los resultados de deformación obtenidos se analizaron según los criterios de deformación e invasión del espacio de supervivencia dados en la normativa NTE INEN 1323 (*VEHÍCULOS AUTOMOTORES CARROCERÍAS DE BUSES*). Concluyendo que la carrocería soportara con total desahogo los distintos escenarios de impactos, sin invadir el espacio de supervivencia asegurando así la integridad física del ocupante.
- El costo de producción calculado de la carrocería es de 2.583,00 dólares americanos, este valor es relativo ya que depende de varios factores y está calculado en base a la producción de un elemento único, este costo se reduciría considerablemente si se tratase de una producción en serie, para ratificar los valores calculados con la realidad del mercado se solicitaron proformas en diversas empresas privadas dedicadas a la construcción de estructuras de acero y piezas en fibra de vidrio en la ciudad de Cuenca, concluyendo que el costo de producción real de la estructura interna es de \$ 600,00 y las piezas de fibra de vidrio es de \$ 2.500,00 dándonos un total de \$3.100,00

## **4.2 RECOMENDACIONES.**

- Se recomienda a aquellos profesionales o estudiantes que tomarán la posta de este proyecto, considerar las características de cada uno de los elementos y los espacios interiores y exteriores diseñados, con la finalidad de evitar sobrecargas en la estructura y falta de espacio interior que pueden provocar fallas importantes en el sistema.
- Al momento de la construcción de la carrocería se recomienda utilizar los materiales y procedimientos de construcción aquí indicados tanto por sus características físicas como mecánicas en base a las cuales se realizó el análisis estructural, ya que de esto depende el correcto comportamiento del conjunto en general y la integridad y seguridad del ocupante.

### 4.3 BIBLIOGRAFÍA.

#### LIBROS.-

- GONZÁLES, Martha y otros, *Tratamiento fisioterapéutico en parapléjicos*, Tesis Universidad de Cuenca Escuela de Tecnología Médica. Cuenca 1989
- HALL, John E. PhD, *Tratado de Fisiología Médica*, 11<sup>va</sup> Edición. Editorial Elsevier. 2006
- DICCIONARIO DE LA LENGUA ESPAÑOLA, “Real Academia Española de la Lengua,” 20<sup>a</sup> Edición, 2012.
- AGUEDA, Eduardo, y otros, *Elementos Amovibles*, 4<sup>ta</sup> Edición, Editorial Paraninfo, España, 2010.
- BOGNER, Max, *Tecnología Del Automóvil*, 20<sup>a</sup> Edición, Editorial Reverté, España, 1985.
- TREMBLAY, Thom, *Autodesk inventor 2013 and Autodesk inventor LT 2013 Official training guide*, 1<sup>a</sup> Edición, Editorial Sybex, USA. 2012.
- CARTIER R, Luis. *Paraparesia espástica progresiva asociada a HTLV-I en Chile: Estudio y seguimiento de 121 pacientes por diez años. Rev. chil. neuro-psiquiatria.* [online]. 2009, vol.47, n.1 [citado 2012-10-24], pp. 50-66. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-92272009000100007&lng=es](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-92272009000100007&lng=es). doi: 10.4067/S0717-92272009000100007.

#### NORMAS.-

- NTE INEN 1323, Vehículos automotores, carrocerías de buses requisitos, 2009
- NTE INEN 2245, Accesibilidad de las personas al medio físico, edificios, rampas fijas, 2000.
- NTE INEN 2415, Tubos de acero al carbono soldados para aplicaciones estructurales y usos generales. Requisitos, 2009
- ISO 7250, Medidas básicas del cuerpo humano para el diseño tecnológico, 2010.
- ISO 9999, Productos de apoyo para personas con discapacidad - Clasificación y terminología, 2007.

## PÁGINAS WEB.-

- CONADIS, 2012. (Recuperado: Junio 5 del 2012)  
<http://www.conadis.gob.ec/legislacion.htm#legisla>,
- CONADIS, 2012. (Recuperado: Julio 10 del 2012)  
<http://www.conadis.gob.ec/estadisticas.htm#estadis>
- Asamblea Nacional Constituyente, 2012. (Recuperado: Julio 20 del 2012)  
[http://www.asambleanacional.gov.ec/documentos/constitución\\_de\\_bolsillo.pdf](http://www.asambleanacional.gov.ec/documentos/constitución_de_bolsillo.pdf).
- Agencia Nacional de Tránsito, 2012. (Recuperado: Julio 25 del 2012)  
<http://www.ant.gob.ec/index.php/licencias/157-licencia-de-conducir-tipo-f-por-primera-vez>
- AYUDA ONLINE DE AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL 2012. (Recuperado: Septiembre 20 del 2012)  
[http://wikihelp.autodesk.com/enu/?adskContextId=TOOLTIP\\_PARTNEWSKETCHCMD&language=ESP&release=2013&product=Inventor](http://wikihelp.autodesk.com/enu/?adskContextId=TOOLTIP_PARTNEWSKETCHCMD&language=ESP&release=2013&product=Inventor).
- VERSWYVEL, Sonia, *Una ciudad para todos*, Bogotá- Colombia, 2011. (Recuperado: Junio 6 del 2012)  
[http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&sqi=2&ved=0CC4QFjAD&url=http%3A%2F%2Fwww.silladeruedasengestion.org%2Fadmin%2Ffile.php%3Ftable%3Ddocumento\\_manual%26field%3Des\\_archivo%26id%3D4&ei=cxadUKfuJYPK9gSIIGQAg&usg=AFQjCNFeu\\_HqGwYAiwu1NSGohOu0AoJE6Q&cad=rja](http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&sqi=2&ved=0CC4QFjAD&url=http%3A%2F%2Fwww.silladeruedasengestion.org%2Fadmin%2Ffile.php%3Ftable%3Ddocumento_manual%26field%3Des_archivo%26id%3D4&ei=cxadUKfuJYPK9gSIIGQAg&usg=AFQjCNFeu_HqGwYAiwu1NSGohOu0AoJE6Q&cad=rja).
- CONADIS, *Ciudades accesibles, 2010*. (Recuperado: Julio 12 del 2012)  
<http://www.conadis.gob.ec/centroi.htm#centro>
- INDURA, Manual de sistemas y materiales de soldadura, 2010 (Recuperado: Septiembre 25 del 2012)  
<http://es.scribd.com/doc/492507/manual-soldadura>.

#### 4.4 ANEXOS.

##### 4.4.1 ANEXO 1



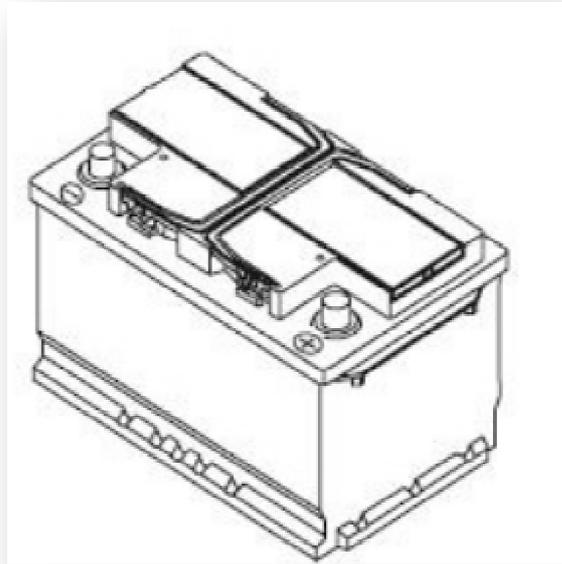
<b>CARACTERISTICAS DE LA SILLA DE RUEDAS</b>	
<b>Marca</b>	Sunrice medical
<b>Modelo</b>	Breezy
<b>Tipo</b>	Silla de ruedas plegable
<b>Materiales</b>	Acero y nylon
<b>Características</b>	Reposabrazos abatibles y extraíbles Reposapiés abatible y graduable en altura e inclinación.
<b>Peso máximo admisible</b>	100Kg
<b>Peso de la silla</b>	15,4Kg

#### 4.4.2 ANEXO 2



<b>CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES</b>	
<b>Tipo de motor:</b>	Motor de imanes permanentes con escobillas.
<b>Controlador:</b>	Controlador Alltrax 4834
<b>Voltaje:</b>	24 a 48 V
<b>Amperaje</b>	300 Ah.
<b>Acelerador:</b>	Caja Potenciómetro para cable de pedal o Acelerador de puño para moto (22 mm diámetro).
<b>Aplicación:</b>	Sistema apto para motos, triciclos y vehículos livianos de baja velocidad.
<b>Potencia:</b>	4,8 KW (6,4 HP) continuo y 15 KW durante 1 minuto.
<b>Sentido de rotación</b>	Cualquier sentido
<b>Velocidad de rotación:</b>	3700 rpm @ 48V
<b>Diámetro</b>	20,3cm
<b>Ancho</b>	14cm
<b>Peso:</b>	13Kg

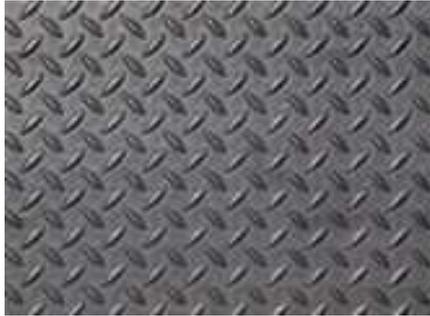
#### 4.4.3 ANEXO 3



<b>CARACTERÍSTICAS DE LAS BATERÍAS</b>	
<b>Marca</b>	Bosch
<b>Modelo</b>	L4 001
<b>Tipo</b>	Baterías de tracción
<b>Capacidad</b>	20h (80 ah)
<b>Corriente de prueba en frío</b>	480a
<b>Peso</b>	16,9kg
<b>Largo</b>	260mm
<b>Alto</b>	225mm
<b>Ancho</b>	175mm
<b>Aplicación</b>	Barcos, carritos de golf, caravanas, coches motorizados para discapacitados, sillas de ruedas eléctricas

#### 4.4.4 ANEXO 4.

### DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE MATERIAL PLANCHA DE ACERO CORRUGADA USADA EN LOS PISOS DEL VEHÍCULO Y LA RAMPA.



<b>MATERIAL</b>	Lamina de acero corrugado
-----------------	---------------------------

#### PISO DE LA CARROCERÍA

<b>Largo</b>	1135mm
--------------	--------

<b>Ancho</b>	1612,5mm
--------------	----------

<b>Espesor</b>	4mm
----------------	-----

#### PISO DE LA RAMPA

<b>Largo</b>	631,7mm
--------------	---------

<b>Ancho</b>	1015mm
--------------	--------

<b>Espesor</b>	4mm
----------------	-----

#### 4.4.5 ANEXO 5

Cuenca Noviembre 5 del 2012

PROFORMA.

En Atención a sus requerimientos pongo a su consideración la presente cotización para la construcción de un armazón para un vehículo según especificaciones y medidas entregadas por el interesado.

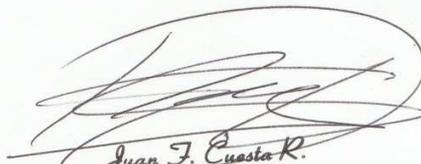
para el Sr: Galo Javier Pachar Jimenez

Precio Total: \$ 600,00 mas IVA.

Forma de pago: 50% anticipo y 50% a la entrega.

Plazo de entrega : 15 días laborales desde la firma de contrato.

por la favorable acogida que sirva para a la presente anticipo mi agradecimiento.



Juan F. Cuasta R.  
MECANICO

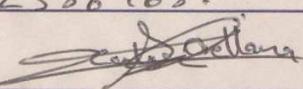
097343006

2386923

4.4.6 ANEXO 6

FECHA: 5 <sup>2019</sup> Noviembre		<b>NOTA DE VENTA N°</b>	
CLIENTE: Sa Gala Javier Pachare Jimenez		CIUDAD: Jimenez	
DIRECCIÓN:		TELÉFONO:	
R.U.C.:		F. DE PAGO:	

CANT.	DESCRIPCIÓN	V.UNIT	V.TOTAL
	1 Trabajo de Forrado de carriosección en fibra de Kedric		91,9.500
	masiva		
<p>ALMACEN AUTO. GUIA. EL FORRO Núñez de Berilla 4-30 y G. de las Peñas DE JOSE MAIOTE CUENCA</p>			
Juan Carlos Orellana Chavez.			
C.I. 010483912-1			
C.C. 0997234106			
2386168.			
AUTORIZADO POR: 		RECIBIDO POR:	
		TOTAL \$	

NOTA: UNA VEZ SALIDA LA MERCADERIA NO SE ACEPTAN CAMBIOS NI DEVOLUCIONES.

4.4.7 ANEXO 7

**SIDERURGICA ACEROS INDUSTRIALES MEJIA VILLAVICENCIO FIAM CIA. LTDA.**

Registro Unico de Contribuyentes No.0190158861001

TURUHUAYCO 2-93  
CASILLA 36-A  
TELEFONOS: 4089010  
TELEFAX: 4088837

**PROFORMA**      **Nº 0002403**

FECHA: CUENCA, 05 DE NOVIEMBRE DE 2012

Para el Sr:      **SR. GALO XAVIER PACHA JIMENEZ**

Plazo de Entrega:      **VEINTE DIAS LABORABLES**

Forma de Pago:      **CONTADO**

CANT. Orden No.	DESCRIPCION	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	CONSTRUCCION DE ESTRUCTURA METALICA CON TUBO ESTRUCTURADO REDONDO - CUADRADO SEGÚN DISEÑO ENTREGADO POR EL CLIENTE. PRECIO APROXIMADO.	600.00	600.00
	<b>SUBTOTAL</b>		600.00
	<b>IVA 12%</b>		72.00
	<b>TOTAL</b>		672.00

**FIAM**      **ATENTAMENTE**  
Siderúrgica Aceros Industriales  
Mejia Villavicencio  
Turuhuaico 2-93  
Telf. 4089010 - 4088837  
Cuenca, Ecuador  
**SR. ROSENDO MEJIA**  
**GERENTE PROPIETARIO**

LA PROFORMA TIENE VALIDEZ DE CINCO DIAS LABORABLES

4.4.8 ANEXO 8

# FIBRA- AZUAY

---

Cuenca, Noviembre 6 del 2012.

**PROFORMA:**

Construcción de carcasas en fibra de vidrio, según diseño y especificaciones del solicitante: Sr: Galo Javier Pachar Jiménez.

**Total..... \$2300**

Att.



Sr. Mauricio Vega

Fibra- Azuay