



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

**Construcción de una estructura metálica desmontable y portátil, que cumpla con la funcionalidad de una cabina horno para procesos de pintura automotriz**

Vásquez Madrid, Oscar Santiago

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz

Monografía, previa a la obtención del título de Tecnólogo en Mecánica Automotriz

Ing. Carrera Tapia, Romel David

Latacunga

19 de marzo del 2021



## DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

### CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

#### CERTIFICACIÓN:

Certifico que la monografía, **Construcción de una estructura metálica desmontable y portátil, que cumpla con la funcionalidad de una cabina horno para procesos de pintura automotriz**. Fue realizada por el señor, **Vásquez Madrid, Oscar Santiago**. La cual ha sido revisada en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido. Por lo tanto, cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodologías establecidas por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que los sustente públicamente.

Latacunga, 19 de marzo de 2021



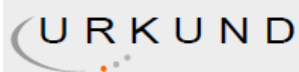
Firmado electrónicamente por:  
**ROMEL DAVID  
CARRERA**

---

Ing. Carrera Tapia, Romel David

C.C: 0503393258

## Resultado De Análisis Urkund



### Urkund Analysis Result

Analysed Document: MONOGRAFIA Oscar Vasquez.docx (D112033102)  
Submitted: 9/3/2021 4:22:00 PM  
Submitted By: jc.altamiranoc@uta.edu.ec  
Significance: 5 %

#### Sources included in the report:

<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/3394/1/T-UTC-00671.pdf>  
<https://207.249.117.53/jspui/bitstream/1022/199/1/MONO-ETSI-MARINESGARCIA%20%282%29.pdf>  
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1959/T18134%20ALVARADO%20CAMARILLO%2C%20JOSAFAT%20%20MONOG..pdf?sequence=1&isAllowed=y>

#### Instances where selected sources appear:

12



Firmado electrónicamente por:

**ROMEL DAVID  
CARRERA**

---

Ing. Carrera Tapia, Romel David

C.C: 0503393258



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

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**

**CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**RESPONSABILIDAD DE AUDITORÍA**

Yo, **Vásquez Madrid Oscar Santiago**, con cédula de ciudadanía N°1850008028, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **Construcción de una estructura metálica desmontable y portátil, que cumpla con la funcionalidad de una cabina horno para procesos de pintura automotriz**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciado las citas bibliográficas.

Latacunga, 19 de marzo de 2021

---

Vásquez Madrid, Oscar Santiago

C.C: 185000802-8



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

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA**

**CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN:**

Yo, **Vásquez Madrid Oscar Santiago**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **Construcción de una estructura metálica desmontable y portátil, que cumpla con la funcionalidad de una cabina horno para procesos de pintura automotriz**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi autoría y responsabilidad

Latacunga, 19 de marzo de 2021

Una firma manuscrita en tinta azul que parece leer 'Oscar Santiago Vásquez Madrid'.

---

Vásquez Madrid, Oscar Santiago

C.C: 185000802-8

### **Dedicatoria**

Dedico este trabajo de titulación a todos los estudiantes de la Unidad de Tecnologías de la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Carrera de Automotriz, para que su aprendizaje sea práctico, ya que lo que se ve se entiende y lo que se hace se aprende.

**Vásquez Madrid, Oscar Santiago**

### **Agradecimiento**

Quiero expresar mi agradecimiento a Dios todopoderoso que me permitió tener salud y el apoyo económico de mis padres, para realizar este trabajo de titulación. Agradezco también a todos aquellos docentes que colaboraron en mi formación académica con su constante apoyo y comprensión. Mi reconocimiento de gratitud a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-Latacunga fuente del saber.

**Vásquez Madrid, Oscar Santiago**

## Tabla de Contenidos

Carátula.....	1
Certificación.....	2
Resultado de análisis urkund.....	3
Autorización de publicidad.....	5
Responsabilidad de auditoría.....	4
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Tabla de contenidos.....	8
Índice de Figuras.....	12
Índice de Tablas.....	15
Resumen.....	16
Abstract.....	17
Planteamiento del problema.....	18
Tema:.....	18
Antecedentes:.....	18
Planteamiento del Problema.....	19
Justificación.....	20
Objetivos:.....	20
<i>Objetivo general:</i> .....	20
<i>Objetivos específicos:</i> .....	20
Alcance.....	21
Marco Teórico.....	23
Metales.....	23
<i>Metales Ferrosos:</i> .....	23



<b><i>Metales no Ferrosos:</i></b> .....	24
<b>Contenido de carbono del acero</b> .....	24
<b><i>Acero de bajo contenido de carbono:</i></b> .....	25
<b><i>Acero de medio contenido de carbono:</i></b> .....	26
<b><i>Acero de alto contenido en carbono:</i></b> .....	26
<b><i>Acero de muy alto contenido de carbono:</i></b> .....	27
<b>Acero ASTM A36</b> .....	28
<b>Pernos</b> .....	28
<b><i>Perno Grado SAE 2:</i></b> .....	29
<b><i>Perno Grado SAE 5:</i></b> .....	29
<b><i>Perno Grado SAE 8:</i></b> .....	30
<b>Tuercas:</b> .....	31
<b><i>Tuerca grado 2:</i></b> .....	31
<b><i>Tuerca grado 5:</i></b> .....	31
<b><i>Tuerca grado 8:</i></b> .....	32
<b>Soldadura</b> .....	33
<b><i>Soldadura SMAW:</i></b> .....	33
<b>Tamaño y calor del electrodo</b> .....	33
<b>Ángulo del electrodo</b> .....	34
<b><i>Ángulo de ataque:</i></b> .....	35
<b><i>Ángulo de arrastre:</i></b> .....	35
<b><i>Ángulo recto:</i></b> .....	36
<b>Manipulación del electrodo</b> .....	36
<b>Simbología de Soldadura</b> .....	37
<b>Línea de Referencia</b> .....	38

<b>Símbolos básicos de la soldadura:</b> .....	<b>39</b>
<b>Inspección y Discontinuidades</b> .....	<b>40</b>
<b>Métodos de inspección</b> .....	<b>40</b>
<b>Discontinuidades y defectos</b> .....	<b>41</b>
<i>Porosidad</i> .....	<b>42</b>
<i>Inclusiones de escoria</i> .....	<b>43</b>
<i>Grietas</i> .....	<b>44</b>
<i>Fusión incompleta</i> .....	<b>45</b>
<b>Desarrollo Del Tema</b> .....	<b>47</b>
<b>Preliminares</b> .....	<b>47</b>
<b>Diseño de la estructura en Autodesk Inventor</b> .....	<b>47</b>
<b>Fase de ensamblado</b> .....	<b>52</b>
<b>Análisis Estructural</b> .....	<b>56</b>
<b>Diseño de la estructura</b> .....	<b>61</b>
<b>Proceso de elaboración</b> .....	<b>62</b>
<b>Limpieza</b> .....	<b>62</b>
<b>Corte de material</b> .....	<b>63</b>
<i>Largueros</i> .....	<b>63</b>
<i>Travesaños</i> .....	<b>63</b>
<i>Columnas</i> .....	<b>64</b>
<i>Anclajes</i> .....	<b>65</b>
<i>Soportes de la estructura</i> .....	<b>65</b>
<i>Base para los tablonos:</i> .....	<b>66</b>
<b>Perforación</b> .....	<b>66</b>
<b>Soldadura</b> .....	<b>67</b>

Fondeado .....	68
Pintura Mono-capa.....	68
Ensamblaje.....	69
<i>Base:</i> .....	69
<i>Columnas</i> .....	71
<i>Techo</i> .....	72
Prueba de la resistencia de la estructura.....	73
Conclusiones y Recomendaciones.....	75
Conclusiones:.....	75
Recomendaciones: .....	76
Bibliografía: .....	77
Anexos .....	82

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> Metales ferrosos .....	23
<b>Figura 2</b> Metales no ferrosos .....	24
<b>Figura 3</b> Diagrama hierro - carbono .....	25
<b>Figura 4</b> Acero de bajo contenido en carbono.....	25
<b>Figura 6</b> Caja de cambios.....	27
<b>Figura 7</b> Martillo.....	27
<b>Figura 8</b> Acero HSS.....	28
<b>Figura 9</b> Acero ASTM A36.....	29
<b>Figura 10</b> Perno Grado 2 .....	30
<b>Figura 11</b> Perno Grado 5.....	30
<b>Figura 12</b> Perno Grado 8.....	31
<b>Figura 13</b> Tuerca Grado 2.....	32
<b>Figura 14</b> Tuerca Grado 5.....	32
<b>Figura 15</b> Tuerca Grado 8.....	33
<b>Figura 16</b> Soldadura SMAW .....	34
<b>Figura 17</b> Electrodo E-6011 .....	34
<b>Figura 18</b> Ángulo de Ataque .....	35
<b>Figura 19</b> Ángulo de Arrastre.....	35
<b>Figura 20</b> Ángulo Recto .....	36
<b>Figura 21</b> Manipulación del Electrodo.....	37
<b>Figura 22</b> Símbología de Soldadura.....	38
<b>Figura 23</b> Símbolos básicos de Soldadura.....	39
<b>Figura 27</b> Inspección de Soldadura .....	41
<b>Figura 28</b> Discontinuidades .....	42

<b>Figura 29</b> <i>Porosidad en el proceso de soldadura</i> .....	46
<b>Figura 30</b> <i>Fusión incompleta</i> .....	47
<b>Figura 31</b> <i>Larguero</i> .....	48
<b>Figura 30</b> <i>Grupo de rectángulos</i> .....	49
<b>Figura 31</b> <i>Larguero</i> .....	49
<b>Figura 32</b> <i>Travesaño</i> .....	50
<b>Figura 33</b> <i>Columnas</i> .....	51
<b>Figura 34</b> <i>Largueros Intermedios</i> .....	51
<b>Figura 35</b> <i>Anclajes</i> .....	52
<b>Figura 36</b> <i>Unión</i> .....	53
<b>Figura 37</b> <i>Unión de los Travesaños</i> .....	53
<b>Figura 38</b> <i>Unión de las Columnas</i> .....	54
<b>Figura 39</b> <i>Techo</i> .....	55
<b>Figura 40</b> <i>Larguero Intermedio</i> .....	55
<b>Figura 41</b> <i>Tabla de datos del material</i> .....	57
<b>Figura 42</b> <i>Desplazamiento en Y</i> .....	58
<b>Figura 43</b> <i>Desplazamiento en X</i> .....	58
<b>Figura 44</b> <i>Desplazamiento en Y</i> .....	59
<b>Figura 45</b> <i>Volcamiento</i> .....	59
<b>Figura 46</b> <i>Contrapeso</i> .....	60
<b>Figura 47</b> <i>Limpieza del Material</i> .....	60
<b>Figura 48</b> <i>Largueros</i> .....	62
<b>Figura 49</b> <i>Travesaños</i> .....	63
<b>Figura 50</b> <i>Proceso de Corte</i> .....	64
<b>Figura 51</b> <i>Anclajes</i> .....	64

<b>Figura 52</b> <i>Alzas en V</i> .....	65
<b>Figura 53</b> <i>Base para tablonos</i> .....	65
<b>Figura 54</b> <i>Perforación</i> .....	66
<b>Figura 55</b> <i>Soldadura por SMAW</i> .....	67
<b>Figura 56</b> <i>Fondeado</i> .....	67
<b>Figura 57</b> <i>Fase de pintado</i> .....	68
<b>Figura 58</b> <i>Base o piso</i> .....	69
<b>Figura 59</b> <i>Ensamblaje Piso</i> .....	70
<b>Figura 60</b> <i>Ensamblaje Columnas</i> .....	71
<b>Figura 61</b> <i>Ensamblaje Techo</i> .....	73
<b>Figura 62</b> <i>Ensamblaje Final</i> .....	74

**Índice de Tablas**

<b>Tabla 1</b> <i>Porosidades causas y soluciones</i> .....	43
<b>Tabla 2</b> <i>Inclusiones de escoria causas y soluciones</i> .....	44
<b>Tabla 3</b> <i>Grietas causas y soluciones</i> .....	45
<b>Tabla 4</b> <i>Dimensiones del vehículo</i> .....	61
<b>Tabla 5</b> <i>Dimensiones de la estructura</i> .....	61
<b>Tabla 6</b> <i>División de Conjuntos</i> .....	70
<b>Tabla 7</b> <i>Cantidad de Insumos</i> .....	71
<b>Tabla 8</b> <i>Cantidad de insumos y piezas</i> .....	72

## **Resumen**

El presente trabajo de titulación consiste en la construcción de la cabina de pintura automotriz desmontable o portátil. Con esto se busca que las clases otorgadas a los estudiantes sean de carácter práctico complementado con la teoría. En la actualidad el campo automotriz es muy amplio, en lo que respecta latonería y pintura sea ha ido perfeccionando y con esto los estudiantes deben estar preparados para cumplir con las exigencias. Para la construcción de esta cabina de pintura se eligió el acero ASTM A36 ya que cumple con los parámetros de construcción. Para el proceso de soldadura se eligió el tipo SMAW con electrodo 6011. También esta estructura fue construida siguiendo como guía el diseño de la estructura mediante el programa Autodesk Inventor, de tal manera que garantice la vida de los estudiantes. Además, a la construcción de esta cabina de pintura automotriz se le integrará un revestimiento de carpa para sellar y obtener la temperatura correcta con la cual se podrá cumplir con el proceso de pintado. Para comprobar que esta cabina de pintura automotriz cumpla con las exigencias se hará una prueba de resistencia en que involucra la introducción de un vehículo y para finalizar con respecto al tema de estabilidad el mejor contrapeso es el vehículo a pintar, el cual ejercerá una fuerza por medio de los tabloncillos los cuales están ubicados en las bases de los travesaños de la estructura.

Palabras clave:

- **PINTURA AUTOMOTRIZ**
- **ACERO**
- **AUTODESK INVENTOR**
- **SOLDADURA**
- **METALES**



**Abstract**

The present degree work consists of the construction of a detachable or portable automotive painting booth. With this it is sought that the classes given to the students are of practical character complemented with the theory. Nowadays, the automotive field is very wide, as far as brass and painting is concerned, it has been improving and with this the students must be prepared to meet the demands. For the construction of this spray booth, ASTM A36 steel was chosen because it complies with the construction parameters. For the welding process the SMAW type with electrode 6011 was chosen. Also this structure was built following as a guide the design of the structure using the Autodesk Inventor program, in such a way that it guarantees the life of the students. In addition, the construction of this automotive paint booth will be integrated with a tent lining to seal and obtain the correct temperature with which the painting process can be fulfilled. To verify that this automotive paint booth meets the requirements, a resistance test will be performed involving the introduction of a vehicle and finally, regarding the issue of stability, the best counterweight is the vehicle to be painted, which will exert a force through the planks which are located at the bases of the crossbeams of the structure.

**Key Words:**

- **AUTOMOTIVE PAINT**
- **STEEL**
- **AUTODESK INVENTOR**
- **WELDING**
- **METALS**

## Capítulo I

### 1. Planteamiento Del Problema

#### 1.1 Tema:

Construcción de una estructura metálica desmontable y portátil, que cumpla con la funcionalidad de una cabina horno para procesos de pintura automotriz.

#### 1.2 Antecedentes:

En la actualidad la soldadura con arco es muy aceptada en la industria en general y en la industria automotriz en particular. Este tipo de soldadura por arco sumergido es el más elegido por parte de los soldadores debido a que la adquisición del equipo de soldadura es más económica (Marlow, 2009).

Para la orientación de esta monografía se ha revisado los siguientes trabajos relacionados a este tema:

- Trabajo de titulación de (Muquinche, 2015) cuyo tema es “Estudio del proceso de soldadura SMAW en la fabricación de columnas armadas en estructuras metálicas en la empresa Metal Mecánica Antonio Tirado y su incidencia en las propiedades mecánicas”. En este trabajo de titulación manifiesta la importancia de la preparación del metal y la correcta selección de los electrodos en la que se garantiza una adecuada soldadura de raíz y acabado.
- Trabajo de titulación de (Sangucho, 2013) cuyo tema es “Análisis de variación de electrodos en un proceso de soldadura SMAW en acero inoxidable AISI 304 austenítico y su incidencia en las propiedades mecánicas.” En este trabajo de titulación manifiesta la

importancia de la relación de la microestructura y de las propiedades con diferentes electrodos en Acero Inoxidable.

Por lo manifestado anteriormente es importante que la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L cuente con una cabina de pintura automotriz con fines pedagógicos tanto teóricos y prácticos para que los estudiantes tengan la oportunidad de practicar esta actividad de la mecánica automotriz.

### **1.3 Planteamiento del Problema**

La falta de las herramientas adecuadas para los procesos de aprendizajes prácticos en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L, en este caso no posee una cabina de pintura estática mucho menos portátil. Motivo por lo cual a los futuros profesionales se les cierra las puertas para laborar en esta rama de la mecánica automotriz por no haber realizado prácticas en este campo.

El servicio educativo de nivel superior está conformado por institutos técnicos o tecnológicos superiores y universidades. En la cual la educación técnica o tecnológica superior está orientada al desarrollo de las habilidades y destrezas del estudiante que le permitan el potenciar el saber hacer (Unesco, 2020).

La falta de una cabina de pintura automotriz ha traído consecuencias de las cuales la más importante es la pérdida de adquirir conocimientos prácticos por parte de los estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L.

Por lo anteriormente manifestado es correcto la implementación de una cabina de pintura automotriz mejor si es de características desmontable en donde se pueda trasladar a cualquier lugar, beneficiando a los estudiantes para las prácticas.

## 1.4 Justificación

El campo automotriz en el Ecuador ha crecido a pasos agigantados los cuales tienen una relación directa con los accidentes de tránsito en donde nos centramos en el factor material, en el cual los vehículos accidentados se dirigen a talleres de latonería y pintura donde la demanda de profesionales en esta rama es mayor cada día.

Además de los estudiantes que son los beneficiarios directos también tenemos a los docentes los cuales tendrán más oportunidad de enseñar o compartir sus conocimientos con instrumentos de aprendizaje para que el estudiante tenga la oportunidad de practicar.

Por lo que antecede la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L tendrá una cabina de pintura desmontable que permita mejorar la calidad de enseñanza de esta Institución. Desde el punto de vista académico el estudiante aprenderá practicando y tendrá más oportunidades de insertarse en el campo laboral.

## 1.5 Objetivos:

### 1.5.1 *Objetivo general:*

- Construir una estructura desmontable portátil, que cumpla con la funcionalidad de una cabina horno para procesos de pintura automotriz.

### 1.5.2 *Objetivos específicos:*

- Analizar los materiales existentes para decidir cuáles son más eficientes en la construcción de la estructura.

- Diseñar los planos de la estructura en el programa de Autodesk Inventor como medio de guía para la construcción y calcular las tensiones a que va estar sometida la estructura.
- Realizar el proceso de soldadura mediante el tipo de soldadura SMAW como método de unión para la construcción de la cabina de pintura.

## **1.6 Alcance**

En este proyecto se realizará la construcción del armazón de la cabina de pintura. Se busca que con este trabajo de titulación los estudiantes puedan tener mayores conocimientos prácticos. Una de las facilidades que genera esta cabina de pintura es la siguiente en donde los docentes puedan compartir sus conocimientos de forma práctica. Otro resultado es que los estudiantes puedan poner en práctica los conocimientos teóricos y así complementar su aprendizaje.

Este trabajo de titulación permite aplicar la investigación, el uso de la tecnología actual como es el software Autodesk Inventor, permitiendo elaborar una cabina de pintura automotriz. El utilizar la tecnología en el diseño de este proyecto permite la integración de los datos en 3D creando una representación virtual del producto final, permitiendo inspeccionar su forma, el ajuste, definir los materiales y ocultar superficies que mejoren una buena vista del diseño antes de su fabricación.

El proceso de realización del trabajo de titulación tiene como alcance fabricar una estructura de cabina de pintura automotriz desmontable con fines didácticos, para que en el proceso de enseñanza-aprendizaje, sea utilizado por los estudiantes universitarios que al estudiar el tema de pintura automotriz lo hagan en forma práctica.

Con la ejecución de este trabajo de titulación se contribuirá a las generaciones venideras de estudiantes a utilizar este material didáctico para tener la oportunidad de poner en práctica los conocimientos de pintura automotriz, para cuando vayan al campo laboral a pedir trabajo tenga la seguridad de que practicaron y seguros ofrezcan sus servicios. Nuestra universidad en la cual nos preparamos siga siendo la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L de clasificación A fuente del saber que constituya parte fundamental del desarrollo científico de la sociedad.

## Capítulo II

### 2. Marco Teórico

#### 2.1 Metales

Según (Groover, 2007) En la industria de la manufactura de los materiales, la mayoría de los metales están conformados por aleaciones en donde un elemento contiene una forma metálica. Los metales se dividen en metales ferrosos y no ferrosos.

##### 2.1.1 Metales Ferrosos:

Son los que incluyen en composición estructural como primer componente el hierro y aleado al carbono da como resultado el acero (Groover, 2007).

#### Figura 1

*Metales Ferrosos*



*Nota.* Metales Ferrosos. Tomada de (maxxyustas, 2020)

### 2.1.2 Metales no Ferrosos:

Son los que incluyen en su composición metales puros y aleaciones de aluminio, cobre, plata, estaño y etc. Como se observa en la siguiente imagen (Groover, 2007).

### Figura 2

*Metales no ferrosos*

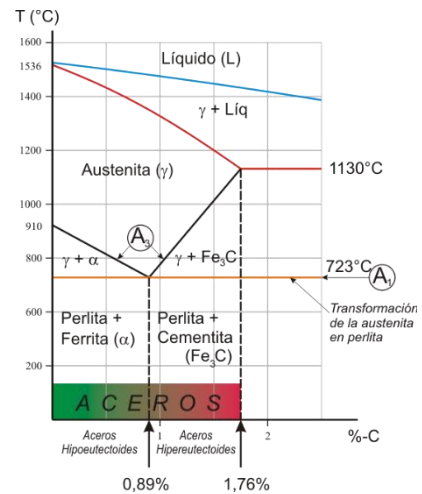


*Nota.* Metales no ferrosos. Tomada de (Dalliana, 2017)

### 2.2 Contenido de carbono del acero

Afirma (Marlow, 2009) Que el porcentaje de carbono en el acero varía entre 0.008% y 2.1% con lo cual el acero se subdivide en cuatro grupos.



**Figura 3***Diagrama hierro - carbono*

*Nota.* Diagrama hierro -carbono. Tomada de (steelgood, 2021)

### **2.2.1 Acero de bajo contenido de carbono:**

Su porcentaje de carbono es inferior a 0.30%. Gracias a este porcentaje de carbono son dúctiles y su mecanizado es más fácil (Marlow, 2009). Como se observa en la siguiente figura. Como ejemplos tenemos: Tubos cuadrados, varillas.

**Figura 4***Acero de bajo contenido en carbono*

*Nota.* Acero al carbono. Tomada de (herreriayestructurasmetalica, 2015)

### **2.2.2 Acero de medio contenido de carbono:**

Afirma (Marlow, 2009) El porcentaje varía entre 0.30% - 0.45% de carbono, son metales que reducen su ductilidad y su mecanizado es más difícil. Como ejemplos tenemos: Piñones de caja de cambio y cigüeñal. Como se observa en la figura.

#### **Figura 5**

*Caja de cambio*



*Nota.* Caja de cambio. Tomada de (acerosespeciales, 2018)

### **2.2.3 Acero de alto contenido en carbono:**

Tiene un porcentaje de 0.45% y 0.75% de carbono, por su alto contenido de carbono no son dúctiles y son complicados de mecanizar, respecto al proceso de soldadura se necesita precalentamiento de la pieza para que se obtenga buenas propiedades mecánicas. Como por ejemplos tenemos: Martillo, Herramientas manuales. Se ilustra en la siguiente figura (Marlow, 2009).

**Figura 6**

*Martillo*



*Nota.* Martillo alto contenido en carbono. Tomada de (pinterest, 2018)

#### **2.2.4 Acero de muy alto contenido de carbono:**

Según (Marlow, 2009) Son aceros que contienen un porcentaje de carbono demasiado alto de 1.50% se utilizan en resortes de válvulas y herramientas de corte. Como se muestra en la siguiente figura.

**Figura 7**

*Acero HSS*



*Nota.* Acero HSS. Tomada de (Vidal, 2021)

### 2.3 Acero ASTM A36

Afirma (Sumitec, 2018) “El acero al carbono estructural conocido como hierro negro” tiene como propiedades mecánicas:

- Esfuerzo de fluencia: 250Mpa
- Esfuerzo a la tensión: 400-550Mpa
- Densidad 7.85g/cm<sup>3</sup>

Como se observa en la siguiente imagen:

#### Figura 8

*Acero ASTM A36*



*Nota.* Acero ASTM A 36. Tomada de (materialmundial, 2020)

### 2.4 Pernos

Afirma (TorniProyesa, 2019) “Su constitución es conformada por una forma hexagonal en la cabeza. Estos pernos se dividen por el número de grado y son fabricados por materiales ferrosos y no ferrosos.”

#### **2.4.1 Perno Grado SAE 2:**

Son pernos con acero de bajo contenido en carbono también denominados “hierro dulce” los cuales no requieren mucha resistencia (TorniProyesa, 2019). Como se muestra en la siguiente figura:

#### **Figura 9**

*Perno grado 2*



*Nota.* Acero al carbono grado medio. Tomada de (torniper, 2018)

#### **2.4.2 Perno Grado SAE 5:**

Afirma (TorniProyesa, 2019) Está fabricado con acero de bajo carbono templado y revenido lo cual se utiliza para la industria metálica y automotriz. Se ilustra en la siguiente figura.

**Figura 10**

*Perno grado 5*



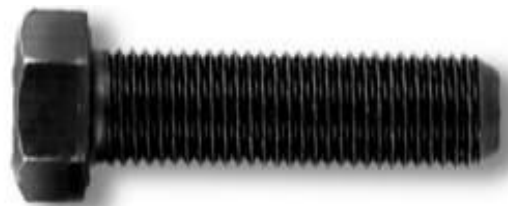
*Nota.* Perno de grado 5. Tomada de (pernostock, 2021)

#### **2.4.3 Perno Grado SAE 8:**

Son pernos los cuales tienen una constitución de acero medio en carbono para trabajos en metal mecánica y automotriz. Se muestra en la siguiente Imagen (TorniProyesa, 2019).

**Figura 11**

*Perno grado 8*



*Nota.* Perno grado 8. Tomada de (casatornillos, 2019)

## 2.5 Tuercas:

Afirma (TorniProyesa, 2019) “Las tuercas tiene a igual que los pernos grados los cuales viene marcados en la parte posterior de la tuerca.”

### 2.5.1 Tuerca grado 2:

Es la tuerca que en la parte posterior no tiene ninguna marca (TorniProyesa, 2019). Se observa en la siguiente imagen.

#### Figura 12

*Tuerca grado 2*



*Nota.* Tuerca grado 2. Tomada de (dinar, 2021)

### 2.5.2 Tuerca grado 5:

Afirma (TorniProyesa, 2019) Son grado 5 cuando tiene dos marcas en las dos aristas. Como se ilustra en la siguiente imagen.

**Figura 13**

*Tuerca grado 5*



*Nota.* Tuerca grado 5. Tomada de (pernip, 2018)

### **2.5.3 Tuerca grado 8:**

Son de grado 8 cuando tienen en las dos aristas marcas seguidas (TorniProyesa, 2019). Como en la siguiente imagen

**Figura 14**

*Tuerca grado 8*



*Nota.* Tuerca grado 8. Tomada de (pernos19, 2020)



## 2.6 Soldadura

Afirma (Jeffus, 2009) La American Welding Society (AWS) define a la soldadura como una coalescencia localizada de metales y no metales por medio de calentamiento de los materiales a temperaturas requeridas.

### 2.6.1 Soldadura SMAW:

La soldadura por arco metálico protegido (SMAW) es un proceso de soldadura que utiliza un fundente cubierto de electrodo de metal para transportar corriente eléctrica a través de un conductor. La soldadura por arco metálico protegido es el método más común para unir piezas metálicas. Se indica en la siguiente figura (Jeffus, 2009).

#### Figura 15

*Soldadura SMAW*



*Nota.* Soldadura por proceso SMAW. Tomada de (sitprevencio, 2012)

## 2.7 Tamaño y calor del electrodo

Afirma (Jeffus, 2009) El uso de electrodos lo determina el soldador de acuerdo a sus habilidades. Los electrodos de diámetro menor requieren menos

destreza que un electrodo con mayor diámetro. La velocidad de deposición del material y la cantidad lo determinan el diámetro. Se muestra en la siguiente figura.

**Figura 16**

*Electrodo E6013*



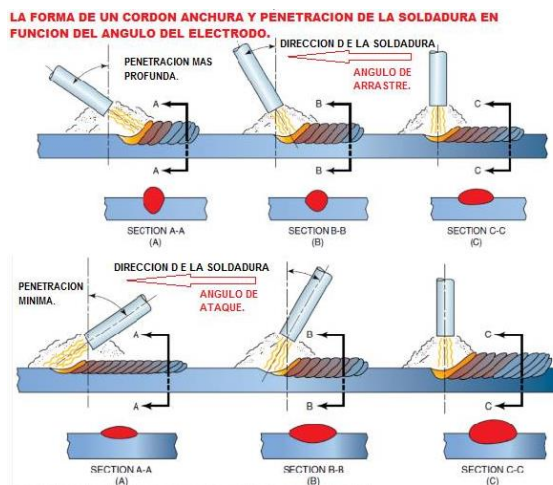
*Nota.* Electrodo 6013. Tomada de (tytenlinea, 2016)

## 2.8 Ángulo del electrodo

El ángulo del electrodo se mide desde la punta del fundente a la superficie del metal (Jeffus, 2009).

**Figura 17**

*Ángulo del electrodo*



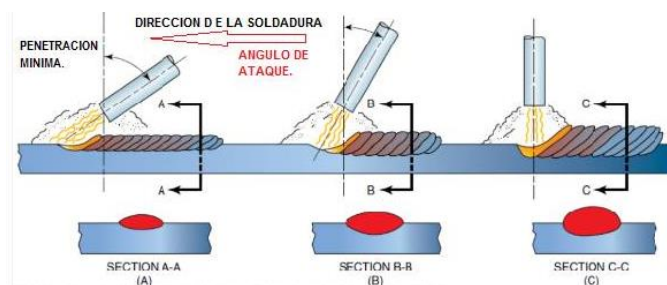
*Nota.* Ángulo del electrodo. Tomada de (Guerrero Sánchez, 2018)

### 2.8.1 Ángulo de ataque:

Se denomina ángulo de ataque el cual empuja el metal fundido y la escoria por delante de la soldadura.

**Figura 18**

Ángulo de ataque



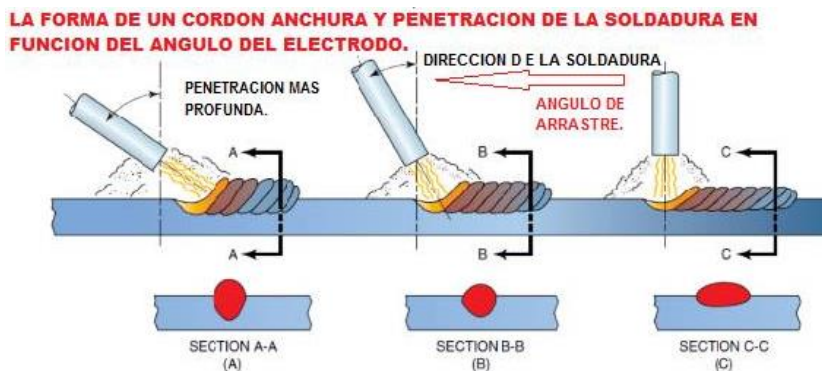
*Nota.* Ángulo de ataque. Tomado de (Guerrero Sánchez, 2018)

### 2.8.2 Ángulo de arrastre:

Este ángulo del electrodo de arrastre empuja el metal fundido hacia atrás fuera del borde de fusión de la soldadura.

**Figura 19**

Ángulo de arrastre



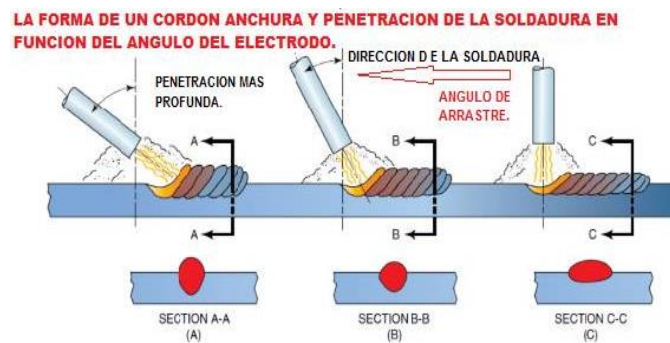
*Nota.* Ángulo de arrastre. Tomado de (Guerrero Sánchez, 2018)

### 2.8.3 Ángulo recto:

El ángulo recto es cuando el electrodo y la pieza a soldar forman un ángulo recto de 90°.

**Figura 20**

Ángulo recto



*Nota.* Ángulo recto. Tomada de (Guerrero Sánchez, 2018)

### 2.9 Manipulación del electrodo

Afirma (Jeffus, 2009) El movimiento en forma de tejido del electrodo puede controlar las siguientes las siguientes características del cordón de soldadura.

- Penetración
- Formación
- Porosidad
- Socavación
- Inclusión de la escoria

## Figura 21

### *Manipulación del electrodo*



*Nota.* Manipulación del electrodo. Tomada de (soldadoras, 2018)

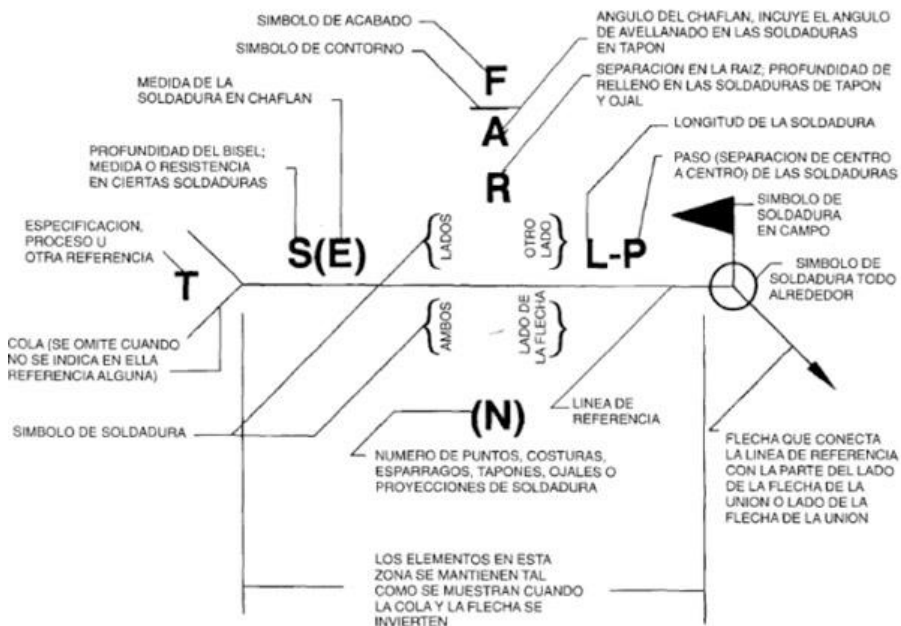
### **2.10 Simbología de Soldadura**

Afirma (Henry, 1997) La AWS establece una diferencia entre las expresiones, símbolos del tipo de soldadura y el símbolo de soldadura. El símbolo de soldadura está conformado por:

- Línea de Referencia
- Símbolos Básicos de soldadura
- Símbolos Suplementarios
- Símbolos de acabado
- Cola

Figura 22

## Simbología de soldadura



*Nota.* Simbología de Soldadura. Tomada de (ms-ingenieria., 2018)

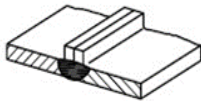

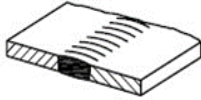

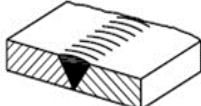

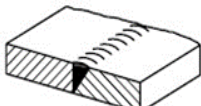



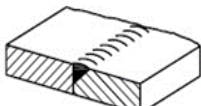

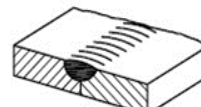

### 2.11 Línea de Referencia

Según (Henry, 1997) La línea de referencia de soldadura está representada en un plano horizontal y está unido a una cola y flecha. La línea de referencia es la base de cada símbolo simplificado y proporciona orientación y localización de los elementos de símbolos de soldadura.

## 2.12 Símbolos básicos de la soldadura:

**Figura 23**

*Símbolos básicos de soldadura*

SIMBOLOS ELEMENTALES			
Nº	Designación	Ilustracion	Símbolo
1	Soldadura a tope de chapas con bordes levantados,(1); soldadura de borde en canto/USA/ (los bordes levantados se fundirán completamente)		
2	Soldadura a tope con bordes planos		
3	Soldadura a tope en V simple		
4	Soldadura a tope en bisel simple		
5	Soldadura a tope en V simple con talón de raíz amplio		
6	Soldadura a tope en bisel simple con talón de raíz amplio		
7	Soldadura a tope en U simple (lados paralelos o en pendiente)		

*Nota.* Símbolos básicos de soldadura. Tomada de (Bartolome, 2016)

### 2.13 Inspección y Discontinuidades

Afirma (Marlow, 2009) Una soldadura defectuosa puede conducir a pérdidas financieras, lesiones personales y hasta la muerte. Estos requisitos son establecidos por el fabricante y dependen del uso que va a desempeñar la soldadura. Con el fin de garantizar una soldadura bien elaborada es necesario de un programa de control de calidad.

#### Figura 24

*Inspección de Soldaduras*



*Nota.* Inspector de Soldadura. Tomado de (Iacorformacion, 2020)

### 2.14 Métodos de inspección

Existen métodos de prueba de la soldadura. Método destructivo y método no destructivo. La prueba visual constituye la primera y más simples de las pruebas no destructivas. Se realiza durante y después de la soldadura, si la prueba visual es aceptada se procede con las siguientes pruebas (Marlow, 2009).



Figura 26



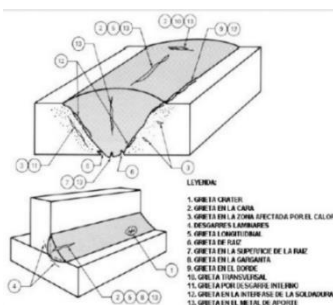
*Nota.* Método por Radiografía RT. Tomada de (demaquinasyherramientas, 2014)

## 2.15 Discontinuidades y defectos

Según (Marlow, 2009) La discontinuidad es la mala formación del grano o de la estructura típica y se le identifica porque es diferente a toda el área. Estas discontinuidades son producidas por un cambio en las características mecánicas, metalurgias o físicas de la soldadura (Marlow, 2009). Se observa en la siguiente imagen.

Figura 27

### *Discontinuidades*



*Nota.* Grietas en la soldadura. Tomada de (SlideShare, 2014)

### 2.15.1 Porosidad

Porosidad es la existencia de cavidades (orificios) dentro del metal de aporte. Tiene una geometría esférica. Porosidad es la presencia de hidrogeno atrapado en el material de aporte al momento de enfriarse (Jeffus, 2009).

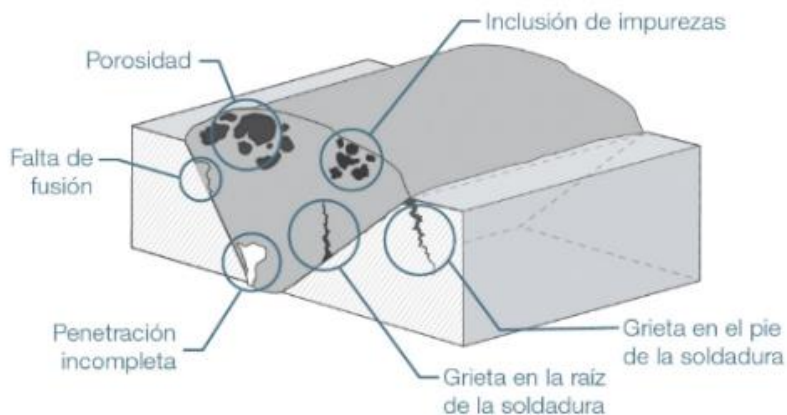
Tipos de porosidades:

- Porosidad uniformemente distribuida
- Porosidad agrupada en racimos o globular

Se observa en la siguiente imagen:

**Figura 28**

*Porosidad en el proceso de soldadura.*



*Nota.* Porosidades en cordón de soldadura. Tomada de (Olympus, 2020)

Tabla 1

*Porosidades causas y soluciones*

<b>Causas</b>	<b>Soluciones</b>
Excesiva cantidad de hidrogeno, nitrógeno u oxígeno en la atmosfera con la que se suelda.	Utilizar un proceso de soldadura con bajo contenido de hidrogeno y también utilizar metal de aporte con alto contenido de desoxidante.
Alta velocidad de solidificación.	Aplique precalentamiento o incremente la absorción de calor.
Metal base sucio.	Limpie las superficies de contacto con la unión y de las áreas adyacentes.
Alambre de metal de aporte sucio.	Use varillas de metal de aporte con cobre y silicio.
Inapropiada longitud del arco o de la corriente a soldar, o inadecuada manipulación del porta electrodo.	Cambie las condiciones y técnicas de soldadura.

*Nota.* En la anterior tabla se indica las causas comunes de la porosidad y sus soluciones.

### **2.15.2 Inclusiones de escoria**

Afirma (Henry, 1997) Las inclusiones de escoria son partículas atrapadas en el material de aporte. Tabla de causas y soluciones de la inclusión de escoria.

**Tabla 2**

*Inclusiones de escoria causas y soluciones*

<b>Causas</b>	<b>Soluciones</b>
Falta de remoción de la escoria	<i>Limpie la superficie que va a soldar y cualquier cordón previo.</i>
Atrapamiento de óxidos refractarios	<i>Limpie con cepillo de alambre eléctrico los cordones previos.</i>
Inapropiado diseño de la unión	<i>Incremente el ángulo de la ranura de la unión.</i>
Inclusiones de óxido.	<i>Utilice el gas de protección apropiado.</i>
Exceso de escoria adelante del arco de soldar.	<i>Reposicione la pieza de trabajo para prevenir la pérdida de control de la escoria.</i>

*Nota.* En la anterior tabla se indica las causas comunes de las grietas y sus soluciones.

### **2.15.3 Grietas**

Las grietas son discontinuidades de tipo fractura y son más largas que anchas. Pueden tener orientación longitudinal, transversal e internas. En la siguiente tabla se indica las causas y soluciones de las grietas de soldadura (Henry, 1997).

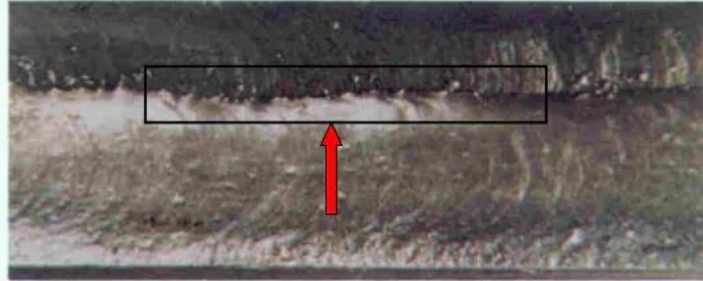
**Tabla 3**

Grietas causas y soluciones

<b>Causas</b>	<b>Soluciones</b>
<b>Uniones muy rígidas.</b>	<b>Aplicar precalentamiento.</b>
<b>Excesiva dilución.</b>	<b>Cambie el amperaje de la soldadura y la velocidad de avance.</b>
<b>Electrodos defectuosos.</b>	<b>Cambiar electrodo</b>
<b>Insuficiente llenado de la unión.</b>	<b>Reduzca la apertura de la raíz y llene con hasta los bordes con el metal de aporte.</b>
<b>Hay hidrogeno en la atmosfera de soldado.</b>	<b>Utilice electrodo con bajo contenido de hidrogeno.</b>

**2.15.4 Fusión incompleta**

La función incompleta ocurre cuando no hubo fusión entre el metal de aporte y superficies de contacto de la pieza de trabajo. Las siguientes causas que produce una fusión incompleta. Se observa en la imagen (Henry, 1997).

**Figura 29***Fusión Incompleta*

*Nota.* Fusión incompleta en el destaje de la ranura. Tomada de (SlideShare, 2014)

**Causas:**

- Insuficiente corriente de soldar
- Falta de acceso a las superficies de la unión que requiere fusión.
- Inadecuada limpieza previa de las superficies de la unión.

## Capítulo III

### 3. Desarrollo Del Tema

El presente trabajo de titulación tiene como finalidad, la construcción de una estructura para la cabina horno de pintura automotriz de características desmontable que permita mejorar la calidad del aprendizaje.

#### 3.1 Preliminares

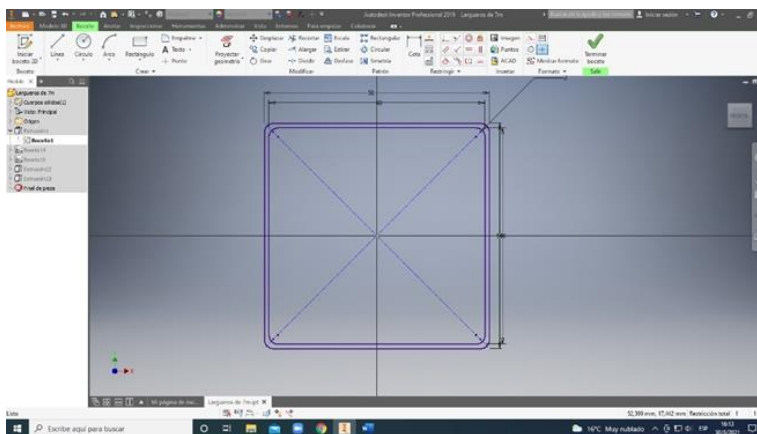
En la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L los estudiantes de la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz detectaron la falta de una cabina de pintura para realizar el proceso de aprendizaje del pintado de un vehículo. Las clases recibidas son netamente teóricas.

#### 3.2 Diseño de la estructura en Autodesk Inventor

Se empieza dibujando la forma geométrica del material el cual es un tubo cuadrado de 50mm x 2mm de espesor. Se observa en la siguiente imagen.

**Figura 30**

*Boceto del tubo cuadrado*

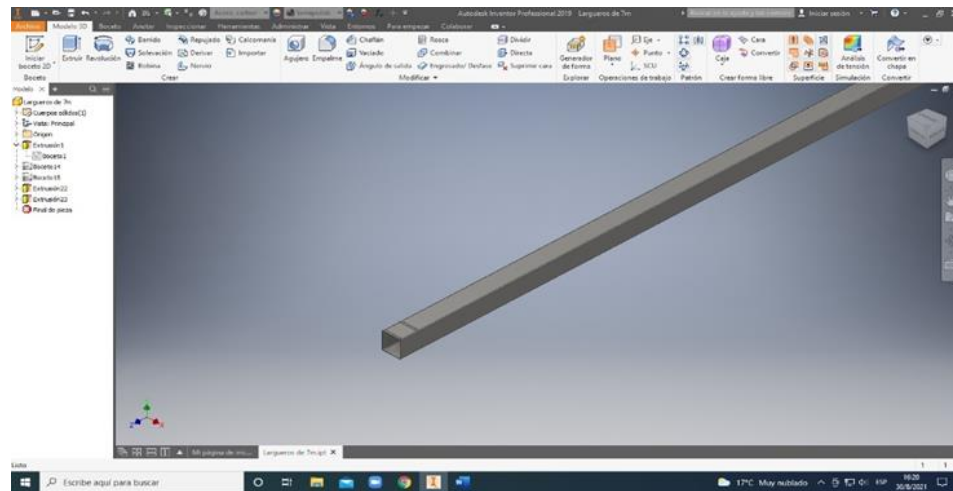


*Nota.* Boceto del tubo cuadrado.

Se procede a aplastar la opción extruir la longitud de 7000mm. En total son cuatros largueros dos en la parte inferior y dos en la parte superior. Como se observa en la siguiente figura.

**Figura 31**

*Larguero*



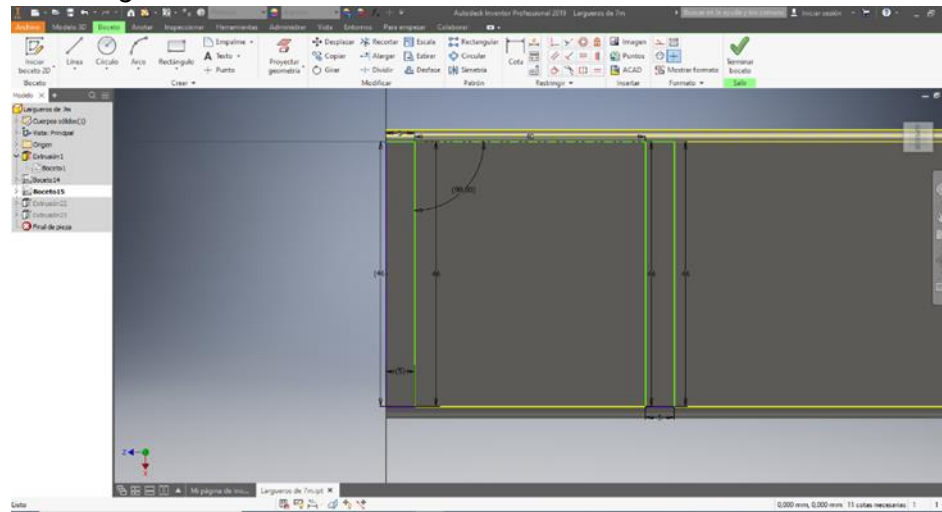
*Nota.* En la siguiente figura se ilustra uno de los cuatros largueros.

Después de extruir el larguero, en dos caras del larguero seguidas se procede a dibujar dos rectángulos de 5mm x 46mm con una separación de 40mm en forma vertical. Cada dos rectángulos es un grupo en total el larguero está compuesto por 8 grupos, cuatro en cada cara la separación de un grupo de rectángulos es de 2300mm con esto se facilita a momento de incorporar los anclajes al larguero. La altura al momento de extruir es de 0.5mm con lo cual no se altera al momento de ensamblar las piezas. Como se observa en la siguiente figura.



Figura 30

## Grupo de rectángulos

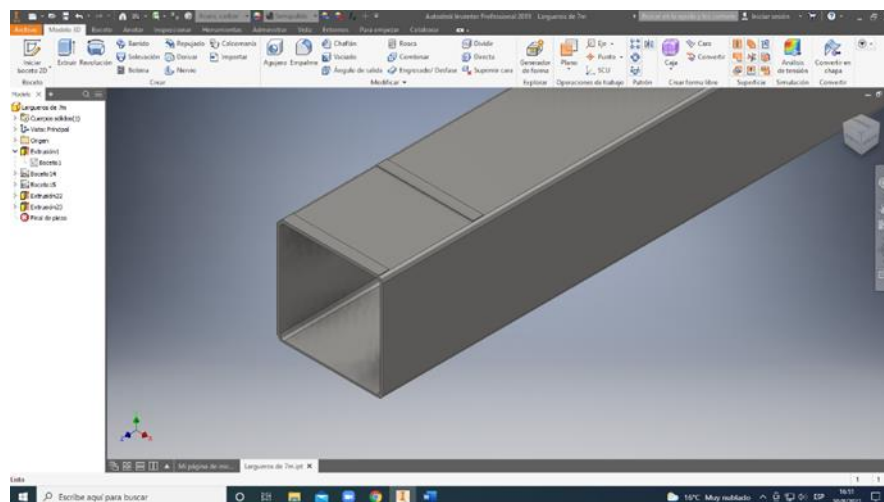


Nota. Grupo de rectángulos.

En conclusión, se obtiene un larguero como se muestra en la siguiente imagen.

Figura 31

## Larguero

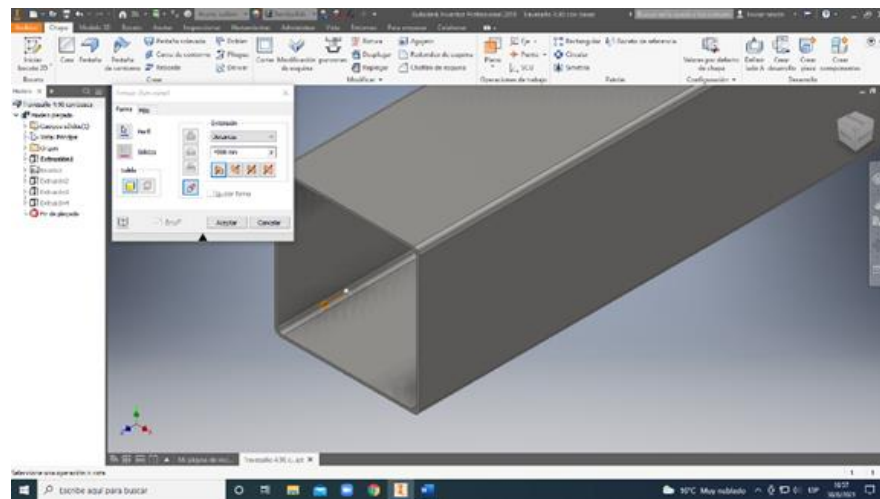


Nota. Larguero con grupo de rectángulos.

Continuando con las piezas procedemos a extruir los travesaños los cuales tienen una longitud de 4900mm. Se utiliza la misma forma geométrica también en se extruye un grupo de rectángulos en la mitad del travesaño. Se muestra en la siguiente figura.

**Figura 32**

*Travesaño*

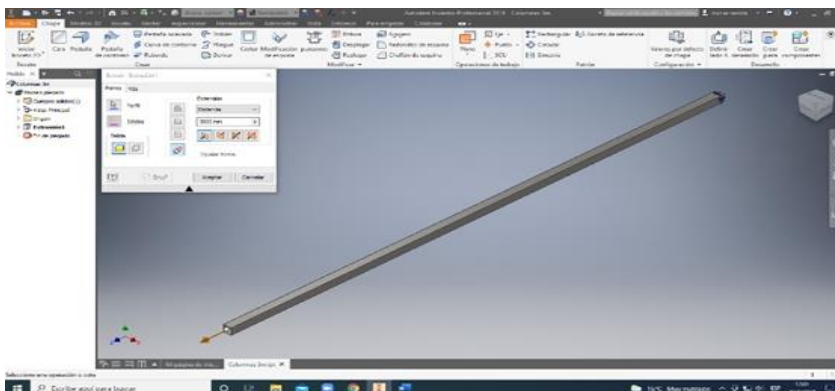


*Nota. Travesaño*

Como siguiente se extruye las columnas de una longitud de 3000mm. Se muestra en la siguiente figura.

**Figura 33**

*Columnas*

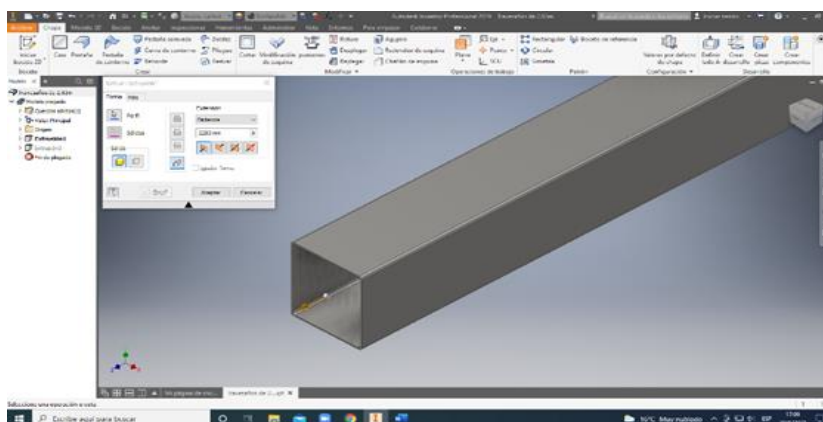


Nota. Columnas

También se extruye tres tubos de 2830mm los cuales van ubicados en la mitad. Estos tubos son utilizados con el fin de que al momento de poner la carpa no se hunda la misma. Se ilustra en la siguiente figura.

**Figura 34**

*Largueros intermedios*

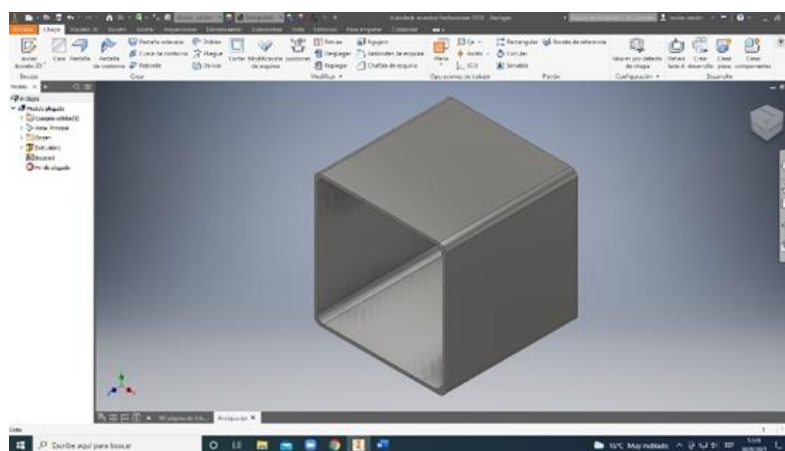


Nota. Largueros intermedios.

Como elemento de unión se diseñó anclajes que tienen la misma geometría de los largueros, se diferencian en que los anclajes son tubos cuadrados de 40 mm x 2 mm de espesor y tienen una longitud de 40mm. Se muestra en la siguiente figura.

**Figura 35**

### *Anclajes*

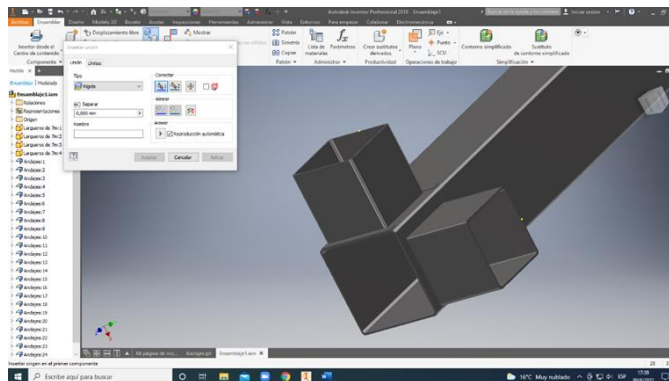


*Nota:* Anclajes

### **3.3 Fase de ensamblado**

Como primer componente a utilizar son los largueros a los cuales les incorporamos los anclajes. En cada larguero va ocho anclajes cuatro en la cara derecha y otros cuatro en la cara superior. Estos anclajes van con una separación de 2300mm, los cuales van ubicados en la separación de 40mm de cada grupo de rectángulos. Como método de unión se utilizó la opción unión de tipo rígido. Como se muestra en la siguiente imagen.

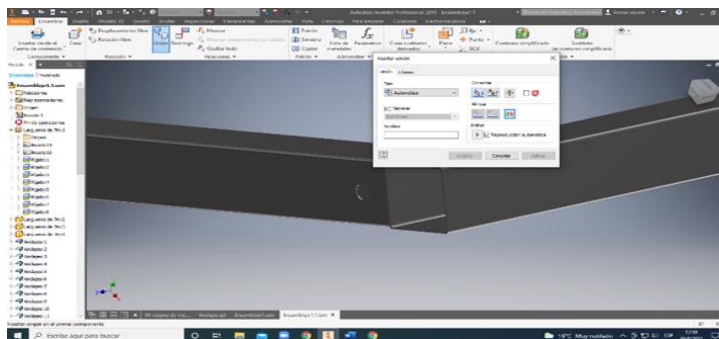
Figura 36

*Unión*

*Nota.* Incorporación de los anclajes en los largueros

Después de la incorporación de los anclajes continuamos con los travesaños para el mismo se utiliza la opción unión, seleccionamos en la parte interna del travesaño en el primer punto de la mitad en el anclaje cliqueamos el tercer y último punto. Esta acción realizamos también en la unión del techo. Como se muestra en la siguiente figura.

Figura 37

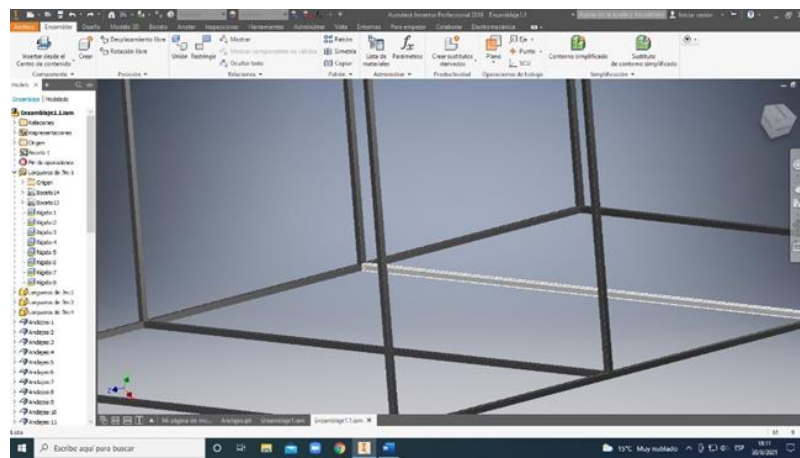
*Unión de los travesaños*

*Nota.* Ensamblado del piso

Como siguientes componentes son las columnas las cuales son ocho para su ensamblaje utilizamos la opción unión en donde las cliqueamos en el primer punto intermedio en el interior de la columna y damos clic en último punto exterior intermedio del anclaje. Como se muestra la siguiente imagen.

**Figura 38**

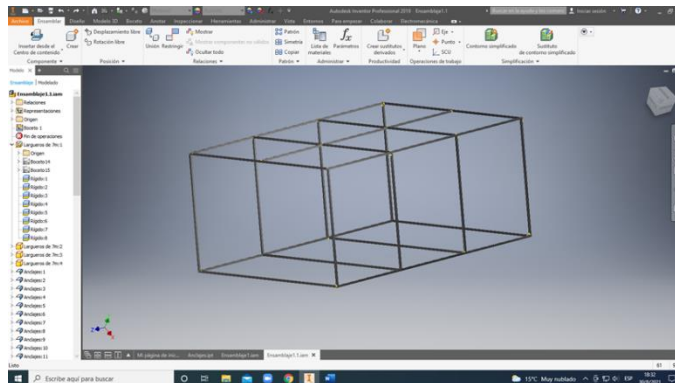
*Unión de las columnas*



*Nota.* Unión de las columnas

Para la parte superior los anclajes de los largueros van introducidos en las columnas, para lo cual se utiliza la herramienta unión en donde las columnas pertenecen a un cuerpo fijo. Para el ensamble se procede a hacer clic en el tercer punto intermedio del anclaje y en el primer punto intermedio interno de las columnas.

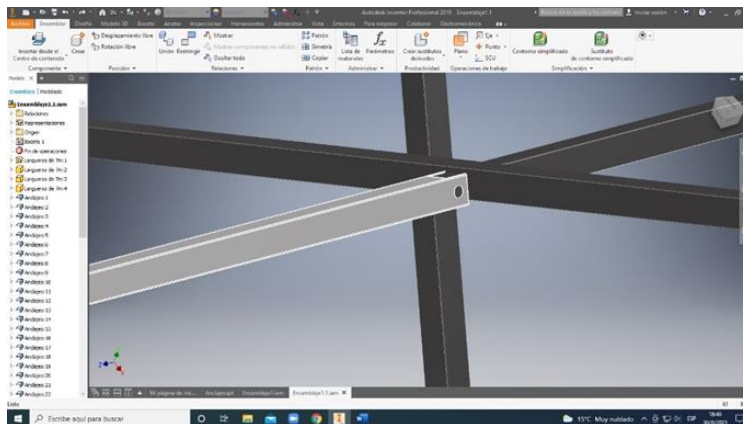
Figura 39

*Techo*

*Nota.* Techo de la estructura

Para la última parte a los travesaños superiores se les incorpora dos anclajes en la mitad de los travesaños en las dos caras opuestas con el fin de unir un larguero intermedio para que en el momento de poner la carpa este sea una base y no se hunda. Como se muestra en la imagen.

Figura 40

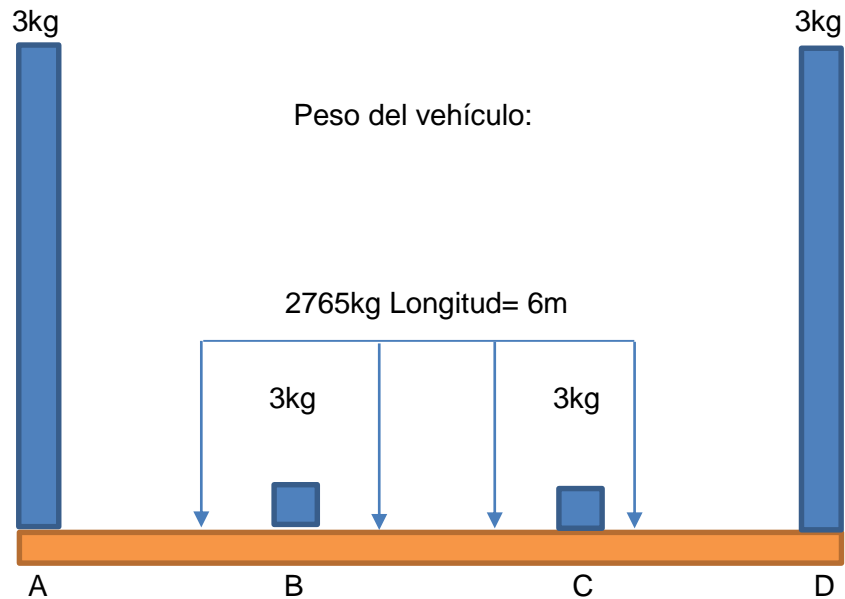
*Larguero Intermedio*

*Nota.* Larguero intermedio

### 3.4 Análisis Estructural

En el análisis estructural se simuló y también se realizó un cálculo estructural:

Se indica en el gráfico:



*Datos:*

$$+\sum M_D = 0$$

$$-A_y (7m) + 29.4N (4.66m) + 162.6KN (3.5m) + 29.4N (2.33m) = 0$$

$$A_y = \frac{29.4N (4.66m) + 162.6KN (3.5m) + 29.4N (2.33m)}{7m}$$

$$A_y = 81.35 \text{ kN}$$

$$-B_y(4.66m) + 29.4(4.66m) + 29.4(2.33m) = 0$$



$$B_y = \frac{-29.4\text{N}(4.66\text{m}) - 29.4\text{N}(2.33\text{m})}{4.66\text{m}}$$

$$B_y = 44.1\text{N}$$

$$-C_y(2.33\text{m}) + 29.4\text{N}(2.33\text{m}) = 0$$

$$C_y = \frac{29.4\text{N} \times (2.33\text{m})}{(2.33\text{m})}$$

$$C_y = 29.4\text{N}$$

$$+\uparrow \Sigma F_y = 0$$

$$A_y + B_y + C_y + D_y = 0$$

$$D_y = -81.35\text{kN} - 44.1\text{N} - 29.4\text{N}$$

$$D_y = -81.423\text{kN}$$

Para el cálculo estructural se utilizó las propiedades del acero ASTM A36 el cual tiene las siguientes propiedades que se muestran en la siguiente figura.

**Figura 41**

*Tabla de datos del material*

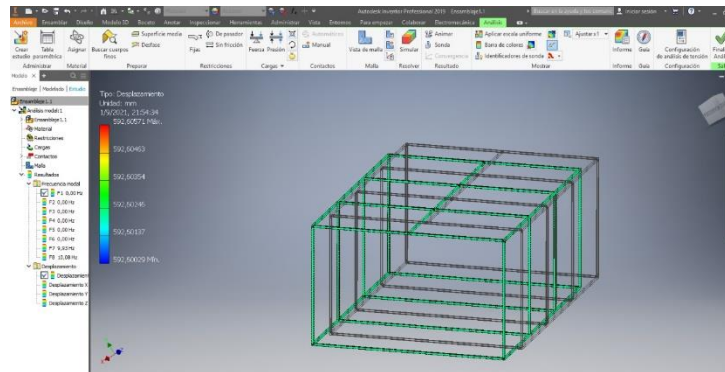
Nombre	Acero, carbono	
General	Densidad de masa	7,85 g/cm <sup>3</sup>
	Límite de elasticidad	350 MPa
	Resistencia máxima a tracción	420 MPa
Tensión	Módulo de Young	200 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,29 su
	Módulo cortante	77,5194 GPa

*Nota.* Figura de datos del material.

Se calculo el desplazamiento en las tres dimensiones X, Y, Z. El máximo desplazamiento que arrojo el programa fue de 592,60mm. Como se indica en la siguiente figura.

**Figura 42**

*Desplazamiento total.*

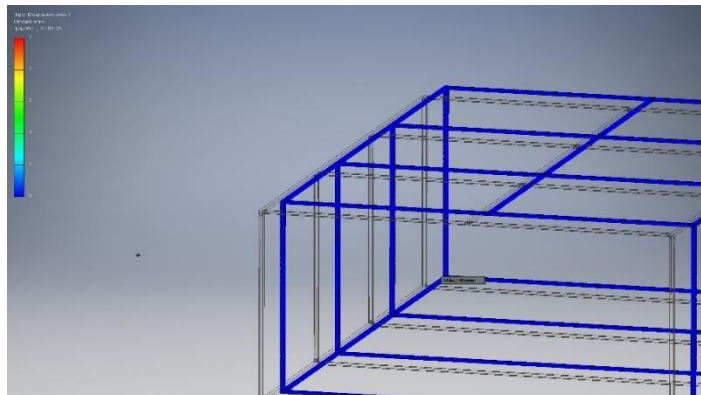


*Nota.* Desplazamiento total.

El desplazamiento en el eje de las ordenadas. Como se muestra en la siguiente figura.

**Figura 43**

*Desplazamiento en Y*

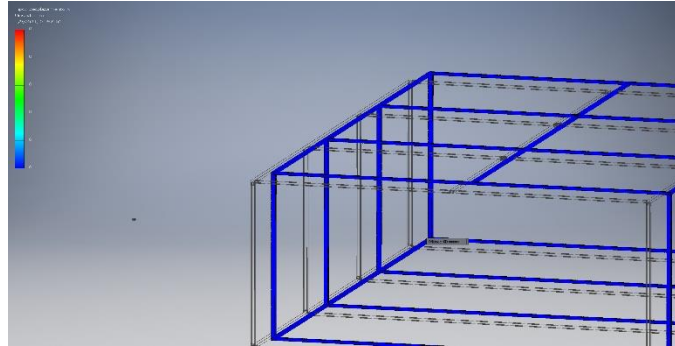


*Nota.* El desplazamiento Max: 0

Desplazamiento en el eje de las abscisas X. Como se muestra en la siguiente figura.

**Figura 44**

*Desplazamiento en X*

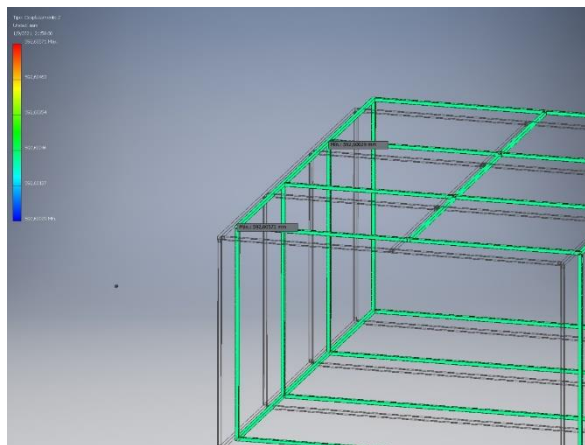


*Nota.* Desplazamiento en X

En lo que respecta en el desplazamiento en Z no tuvo ningún movimiento. Como se muestra en la siguiente figura.

**Figura 45**

*Desplazamiento en el eje Z.*

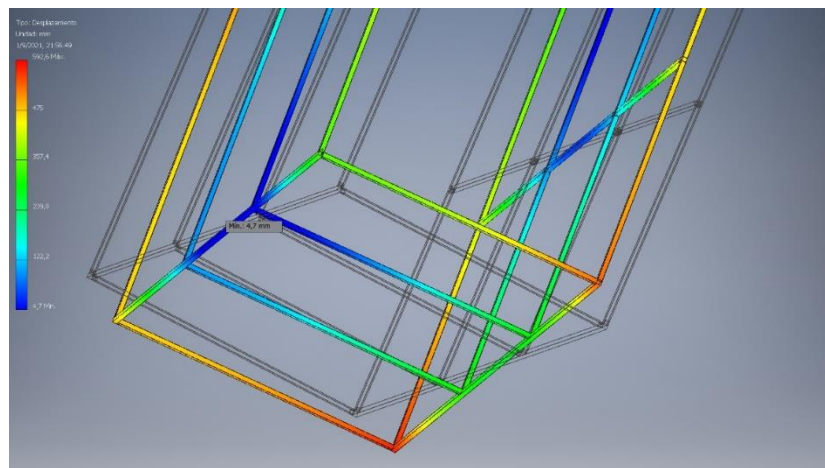


*Nota.* Desplazamiento en el eje Z.

En conclusión, por la altura de la cabina tiene una tendencia en porcentaje mínimo a voltearse con la fuerza del viento. Por esta razón la solución fue soldar las bases de los tablonos a los travesaños inferiores para que con el peso del vehículo se utiliza como contrapeso. Se muestra en la siguiente figura.

**Figura 46**

*Volcamiento*



*Nota.* Para evitar el volcamiento es imprescindible el peso del vehículo.

**Figura 47**

*Contrapeso*



*Nota.* Contrapeso

### 3.5 Diseño de la estructura

Para el proceso de elaboración de la estructura partimos de las dimensiones del vehículo que se va a pintar. En este caso es un Volkswagen modelo Gol de cilindraje 1.8cc en la siguiente tabla se especifica las dimensiones.

**Tabla 4**

*Dimensiones del vehículo*

<b>Dimensiones</b>
<b>Altura: 1467mm</b>
<b>Anchura: 1656mm</b>
<b>Longitud: 3897mm</b>

*Nota.* Está tabla indica las dimensiones del vehículo.

En este diseño se tomó en cuenta el parámetro del espacio para el procedimiento de pintado. Medidas de la cabina de pintura especificada en la siguiente tabla:

**Tabla 5**

*Dimensiones de la estructura*

<b>Dimensiones</b>
<b>Altura: 3070mm</b>
<b>Anchura: 5000mm</b>
<b>Longitud: 7000mm</b>

*Nota.* Está tabla indica las dimensiones del vehículo

Se procede a realizar los planos de la estructura de la cabina con el programa de Autodesk Inventor previo a la construcción de la estructura, constituyendo una guía para la ejecución. Estos planos se hallan en Anexos.

### 3.6 Proceso de elaboración

En lo que respecta al proceso de elaboración se tiene:

#### 3.6.1 Limpieza

El material escogido es el acero de medio contenido de carbono ASTM A36. Los distribuidores de este material utilizan el combustible diésel para evitar la oxidación del mismo. Al momento de soldar este combustible, reduce la penetración del material de aporte y como resultado se obtiene porosidades y cavidades. Para evitar estas discontinuidades se procede a limpiar la superficie de contacto lo cual se utiliza gasolina para la limpieza. Se muestra la limpieza en la siguiente figura.

**Figura 48**

#### *Limpieza del Material*



*Nota.* Limpieza del acero ASTM A36.

### **3.6.2 Corte de material**

#### **3.6.2.1 Largueros**

En lo que respecta al proceso de corte se utilizó la herramienta “trozadora”. Como en los tubos cuadrados tienen una longitud de 6 m de largo, se procede a cortar 4 pedazos de 1m para soldar a estos tubos de 6m y así obtener los cuatros largueros de una longitud de 7m. Se ilustra en la siguiente imagen:

**Figura 49**

*Largueros*



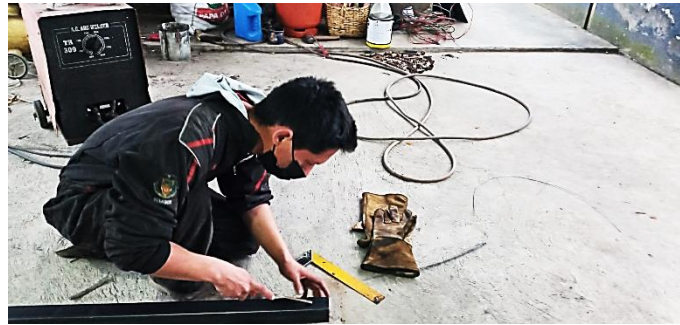
*Nota.* Largueros.

#### **3.6.2.2 Travesaños**

Se procede a cortar los tubos de una longitud de 4.90m en una cantidad de ocho tubos. Como se muestra en la siguiente imagen.

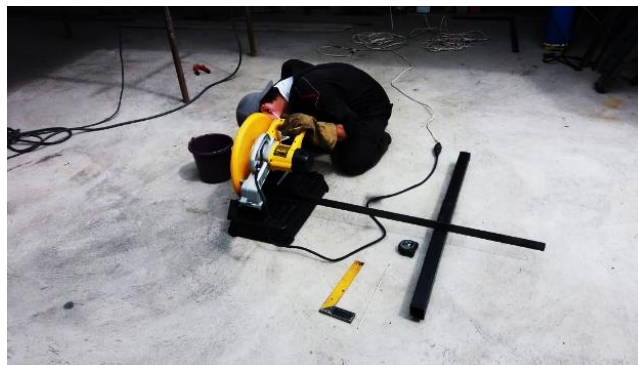
**Figura 50**

Travesaños

*Nota: Medición de los travesaños*

### 3.6.2.3 Columnas

Cortamos los tubos de una longitud de 3m cada uno, en una cantidad de ocho tubos para utilizarlos como columnas. Se indica en la siguiente figura:

**Figura 51***Proceso de corte**Nota: Proceso de corte.*



### 3.6.2.4 Anclajes

Para la unión de los travesaños a los largueros se procedió a cortar 40mm de longitud, un tubo cuadrado de 40mm x 2mm de espesor, en total se cortó 19 pedazos. Se muestra en la siguiente ilustración.

**Figura 52**

*Anclajes*



*Nota. Anclajes de tubo cuadrado de 40mm x 2mm.*

### 3.6.2.5 Soportes de la estructura

Se cortó 20 pedazos de un ángulo de 1 1/2" que se utiliza como alzas para que la estructura tenga una separación de 3cm del suelo. Se muestra en la siguiente figura.

**Figura 53**

*Alzas*



*Nota. Alzas en V.*

### 3.6.2.6 Base para los tablonos:

Para la base de los tablonos se cortó el ángulo de 1 ½" en pedazos de 91cm de largo con una holgura de 10mm. En un total de 12 piezas. Se muestra en la siguiente figura:

**Figura 54**

*Base de los tablonos:*



*Nota.* Base para los tablonos.

### 3.6.3 Perforación

Para la perforación de los tubos se utilizó una broca ½" de diámetro de acero rápido con la denominación HSS. La perforación se realizó en cada extremo. Se visualiza en la siguiente figura.

**Figura 55**

*Perforación*



*Nota.* Proceso de perforación.

### **3.6.4 Soldadura**

En lo que respecta a lo de la soldadura como material de aporte se utilizó E-6011 debido su revestimiento es compatible con el acero ASTM A-36. Se soldó a los largueros los anclajes de 40mm con una separación de 2.35m. Y a cada uno de los materiales en la superficie inferior se soldó cinco pedazos de ángulo de ½” con el motivo que la cabina tenga una elevación de 3cm con respecto al suelo. Figura siguiente.

**Figura 56**

*Soldadura por SMAW*



*Nota.* Proceso de soldadura.

En los travesaños superiores se soldó en cada uno anclajes que están ubicados en la mitad como ejes para sostener los tubos cuadrados de 50mm que se usan como base para la malla electro soldada.

### **3.6.5 Fondeado**

En el procedimiento de fondeado se aplicó pintura base de color gris. Con respecto a la dosificación el porcentaje es 70% pintura base, 25% Thiner automotriz y 5% catalizador. Se indica en la siguiente figura.

**Figura 57**

*Fondeado*



*Nota.* Pintura base.

### **3.6.6 Pintura Mono-capa**

La dosificación fue el siguiente: 60% de pintura automotriz de tipo esmalte de color negro, 30% de Thiner y 10% de catalizador. El tiempo de secado fue demasiado rápido esto se debe al porcentaje de catalizador. Se indica en la siguiente figura.

**Figura 58**

*Fase de pintado*



*Nota.* Fase de pintado.

### **3.6.7 Ensamblaje**

#### **3.6.7.1 Base:**

Para ensamblar la estructura de la cabina se empezó por la base del piso. Primero se alineo los dos largueros uno frente del otro a lo largo con una separación de 4.90m. En esta separación se acopló los travesaños en cada uno de los anclajes de los largueros. Para apretar los largueros con los travesaños se utilizó pernos de  $\frac{1}{2}$ " de diámetro con cabeza de  $\frac{3}{4}$ " y una longitud de 3 pulgadas. También se procedió a colocar los tablones en las bases del piso. Se ilustra en la siguiente tabla.

**Tabla 6**

*División de Conjuntos:*

<b>División de los conjuntos</b>	
<b>Tipo</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Largueros:</b>	<b>2</b>
<b>Travesaños:</b>	<b>4</b>
<b>Pernos:</b>	<b>8</b>
<b>Tuercas:</b>	<b>8</b>
<b>Rodelas:</b>	<b>16</b>
<b>Tablones:</b>	<b>24</b>

*Nota.* Cantidad de piezas

**Figura 59**

*Base o piso*



*Nota.* Ensamblaje del piso o base.



### 3.6.7.2 Columnas

En el anclaje de cada larguero se procede a introducir la columna respectiva de 3m de longitud. Para el apriete de los componentes se utiliza pernos. Se ilustran en la siguiente tabla:

**Tabla 7**

*Cantidad de Insumos*

División de los conjuntos	
Tipo	Cantidad
<b>Columnas:</b>	<b>8</b>
<b>Pernos:</b>	<b>8</b>
<b>Tuercas:</b>	<b>8</b>
<b>Rodelas:</b>	<b>16</b>

*Nota.* Insumos

**Figura 60**

*Ensamblaje de las columnas*



*Nota.* Ensamblaje de las columnas en los anclajes de la base.

### 3.6.7.3 Techo

Para el techo se procede a elevar los largueros superiores para introducir en los anclajes de las columnas. Después se alinean los largueros para introducir los travesaños en los anclajes de los largueros. Sujetado cada uno de ellos con su respectivo perno. También se colocó tubos intermedios en el centro superior de los travesaños los cuales están sujetos por pernos y tuercas que hacen presión a los anclajes de los travesaños. Gracias a la colocación de los tubos intermedios se colocó tres mallas electro soldadas. Se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 8**

*Cantidad de insumos y piezas*

<b>División de Conjuntos</b>	
<b>Tipo</b>	<b>Cantidad</b>
<b>Travesaños:</b>	<b>4</b>
<b>Largueros:</b>	<b>2</b>
<b>Tubos intermedios:</b>	<b>3</b>
<b>Pernos:</b>	<b>6</b>
<b>Tuercas:</b>	<b>6</b>
<b>Rodelas:</b>	<b>12</b>
<b>Mallas electro soldadas:</b>	<b>3</b>

*Nota.* Cantidad de Insumos.



**Figura 61**

*Ensamblaje del techo*



*Nota.* Ensamblaje del techo.

### **3.6.8 Prueba de la resistencia de la estructura**

Para saber la resistencia y la estabilidad de la estructura de la cabina se procedió a introducir una camioneta de doble cabina CHEVROLET LUV de 2.2cc. Por medio de esta fuerza denominada peso se pudo constatar que los cordones de soldadura resisten la tracción a la que está sometida. También se colocó la carpa la cual está conformada por seis secciones que son: piso, pared lateral izquierda, derecha, frontal, posterior y techo. En la pared frontal se añadió una puerta para el ingreso de los vehículos. La carpa es de buena calidad de origen colombiano realizada por artesanos de Salcedo cantón de la provincia de Latacunga.

**Figura 62**

*Ensamble Total*



*Nota.* Prueba de resistencia.

## Capítulo IV

### Conclusiones y Recomendaciones

#### 4.1 Conclusiones:

- Se diseñó los planos con el programa Autodesk Inventor que ofrece herramientas específicas para diseño mecánico en 3D y la simulación de la cabina, creando una representación virtual de la construcción que permitió inspeccionar la forma, el ajuste y el funcionamiento de la cabina antes de la fabricación.
- Se analizó los materiales existentes en el mercado y guiándonos en el programa Autodesk Inventor se escogió los materiales a utilizar en la construcción de la cabina de pintura. Elegimos el acero ASTM A36 para la estructura, por su compatibilidad con la soldadura mediante electrodos E-6011.
- Una vez construida probamos su estabilidad al introducir un vehículo comprobando que la cabina queda estática, esto garantiza la seguridad de la vida de los estudiantes que procedan a utilizar la cabina en las prácticas de aprendizaje.
- Se realizó el proceso de soldadura mediante el tipo de soldadura SMAW con fundente E-6011. Se comprobó la resistencia de estas soldaduras con

el peso de una camioneta CHEVROLET modelo LUV 2.2cc de 2765kg de peso. Esto garantiza una vez más la construcción de la cabina de pintura.

- Se ejecutó el proyecto de titulación poniendo en práctica los conocimientos teóricos adquiridos en la carrera de Tecnología Superior en Mecánica Automotriz.

#### **4.2 Recomendaciones:**

- Se recomienda el uso del programa Autodesk Inventor porque mejora el trabajo arduo de ensamblajes ayudando a la inserción de componentes específicos en estructuras.
- Se recomienda el uso de electrodos con la normativa AWS la cual garantiza un material de aporte o fundente que cumpla con las exigencias a la que va estar sometida la estructura.
- Para un control del arco de soldadura se recomienda utilizar corriente continua ya que al ser constante da como resultado un excelente control del arco en proceso de soldar.
- Se recomienda utilizar casco de soldar fotosensible para una mejor comodidad al momento de soldar.

**Bibliografía:**

- acerosespeciales. (2018). <http://www.acerosespeciales.net/>. Recuperado el 20 de Agosto de 2021, de <http://www.acerosespeciales.net/>: <http://www.acerosespeciales.net/>
- Bartolome, R. R. (2016). <http://dibujotec-dibujotec.blogspot.com>. Recuperado el 12 de Junio de 2021, de <http://dibujotec-dibujotec.blogspot.com>: <http://dibujotec-dibujotec.blogspot.com>
- casatornillos. (2019). <https://casatornillos.com>. Recuperado el 25 de Agosto de 2021, de <https://casatornillos.com>: <https://casatornillos.com/2019/11/08/grado-8/>
- Dalliana, Y. (17 de Septiembre de 2017). <http://reflexionesvideo.blogspot.com/>. Recuperado el 26 de Agosto de 2021, de <http://reflexionesvideo.blogspot.com/>: <http://reflexionesvideo.blogspot.com/2017/09/metales-ferrosos-y-no-ferrosos.html>
- demaquinasyherramientas. (14 de Enero de 2014). [www.demaquinasyherramientas.com](http://www.demaquinasyherramientas.com). Recuperado el 25 de Junio de 2021, de [www.demaquinasyherramientas.com](http://www.demaquinasyherramientas.com): <https://www.demaquinasyherramientas.com/soldadura/inspeccion-soldadura>
- dinar. (2021). <https://www.dinar.cl>. Recuperado el 29 de Junio de 2021, de <https://www.dinar.cl>: <https://www.dinar.cl/productos/tuerca-hexagonal-unc-grado-2-zincado/>

- Groover, M. P. (2007). Fundamentos de Manufactura Moderna. En M. P. Groover, *Fundamentos de Manufactura Moderna* (págs. 90-91). México,D.F.: McGraw-Hill Interamericana. Recuperado el 15 de Agosto de 2021
- Guerrero Sánchez, J. L. (2018). <https://sanfp.blogspot.com>. Recuperado el 23 de Junio de 2021, de <https://sanfp.blogspot.com>: <https://sanfp.blogspot.com/2018/>
- Henry, H. (1997). Soldadura: Aplicaciones y practica. En P. Henry Horwitz, *Soldadura: Aplicaciones y practica*. Alfaomega. Recuperado el 20 de Julio de 2021
- herreriayestructurasmetalica. (2015). <https://herreriayestructurasmetalicas.negocio.site/>. Recuperado el 21 de Agosto de 2021, de <https://herreriayestructurasmetalicas.negocio.site/>: <https://herreriayestructurasmetalicas.negocio.site/>
- Jeffus, L. (2009). Soldadura principios y aplicaciones. En L. Jeffus, *Soldadura principios y aplicaciones*. México, D.F.: Paraninfo. Recuperado el 18 de Agosto de 2021
- lacorformacion. (2020). <https://www.lacorformacion.com>. Recuperado el 02 de Julio de 2021, de <https://www.lacorformacion.com>: <https://www.lacorformacion.com/curso-inspeccion-visual-uniones-soldadas-acero>
- Marlow, G. (2009). Guía de Soldadura para el técnico profesional. En G. Marlow, *Guía de Soldadura para el técnico profesional*. Balderas: Limusa. Recuperado el 21 de Agosto de 2021
- materialmundial. (2020). <https://www.materialmundial.com>. Recuperado el 28 de Agosto de 2021, de <https://www.materialmundial.com>:

<https://www.materialmundial.com/acero-astm-a36-propiedades-ficha-tecnica-estructural/>

maxxyustas. (2020). <https://es.123rf.com/>. Recuperado el 04 de Julio de 2021, de [https://es.123rf.com/: https://es.123rf.com/photo\\_74261335\\_perfiles-y-tubos-met%C3%A1licos-diferentes-productos-de-acero-inoxidable-ilustraci%C3%B3n-3d.html](https://es.123rf.com/: https://es.123rf.com/photo_74261335_perfiles-y-tubos-met%C3%A1licos-diferentes-productos-de-acero-inoxidable-ilustraci%C3%B3n-3d.html)

ms-ingenieria. (2018). <https://www.ms-ingenieria.com.mx>. Recuperado el 28 de Agosto de 2021, de <https://www.ms-ingenieria.com.mx: https://www.ms-ingenieria.com.mx/capacitacion-y-normativas/los-simbolos-de-la-soldadura/>

Muquinche, J. (26 de Agosto de 2015). <repositorio.uta.edu.ec>. Recuperado el 22 de Junio de 2021, de <repositorio.uta.edu.ec: https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/15887>

Olympus. (2020). <https://www.olympus-ims.com>. Recuperado el 26 de Agosto de 2021, de <https://www.olympus-ims.com: https://www.olympus-ims.com/es/weld-inspection-solutions/>

pernip. (19 de 05 de 2018). <http://pernip.com>. Recuperado el 19 de Julio de 2021, de <http://pernip.com: http://pernip.com/productos/tuercas/tuerca-hexagonal-grado-5/>

pernos19. (2020). <http://pernos19.cl>. Recuperado el 19 de Agosto de 2021, de <http://pernos19.cl: http://pernos19.cl/product/tuerca-hexagonal-grado-8-unc/>

pernostock. (2021). <https://pernostock.cl/>. Recuperado el 26 de Julio de 2021, de <https://pernostock.cl/>:

<https://pernostock.cl/index.php/productos/sujetadores/pernos/perno-hexagonal/perno-hexagonal-grado-5-unc-o-7-8-9-x-1-1-2.html>

pinterest. (2018). <https://www.pinterest.co.kr>. Recuperado el 28 de Junio de 2021, de <https://www.pinterest.co.kr>:  
<https://www.pinterest.co.kr/pin/738027457656650442/>

Sangucho, W. F. (28 de Noviembre de 2013). *repositorio.uta.edu.ec*. Recuperado el 15 de Agosto de 2021, de *repositorio.uta.edu.ec*:  
<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/6506>

sitprevencio. (2012). <https://www.sitprevencio.cat>. Recuperado el 7 de Julio de 2021, de <https://www.sitprevencio.cat>: <https://www.sitprevencio.cat/cursos/curso-de-soldadura-de-20-horas-de-salut-i-treball-en-reus/?lang=es>

SlideShare. (05 de Junio de 2014). <https://es.slideshare.net>. Recuperado el 29 de Julio de 2021, de <https://es.slideshare.net>:  
<https://es.slideshare.net/123311/presentacion-de-discontinuidades-y-defectos-en-la-soldadura>

soldadoras. (2018). <https://soldadoras.com.ar>. Recuperado el 28 de Junio de 2021, de <https://soldadoras.com.ar>: <https://soldadoras.com.ar/diccionario-soldadura/descubre-perfecto-cordon-soldadura/>

steelgood. (2021). <https://steelgood.wordpress.com>. Recuperado el 12 de Junio de 2021, de <https://steelgood.wordpress.com>:  
<https://steelgood.wordpress.com/formacion-del-acero-diagrama-hierro-carbono-fe-c/>



Sumitec. (2018). <http://www.sumiteccr.com/>. Recuperado el 29 de Agosto de 2021, de <http://www.sumiteccr.com/>: <http://www.sumiteccr.com/acero/estructural/AE01.pdf>

torniper. (2018). <https://www.torniper.com>. Recuperado el 20 de Agosto de 2021, de <https://www.torniper.com>: <https://www.torniper.com/productos/pernos/12-perno-hexagonal-grado-2>

TorniProyesa. (02 de 2019). <http://proyesa.com.sv>. Recuperado el 28 de Julio de 2021, de <http://proyesa.com.sv>: <http://proyesa.com.sv/site/wp-content/uploads/2018/02/Manual-t%C3%A9cnico-de-pernos.pdf>

tytenlinea. (2016). <https://tytenlinea.com>. Recuperado el 20 de Julio de 2021, de <https://tytenlinea.com>: <https://tytenlinea.com/significado-caracteristicas-del-electrodo-revestido-e6013/>

Unesco. (23 de 06 de 2020). <https://es.unesco.org>. Recuperado el 26 de Julio de 2021, de <https://es.unesco.org>: <https://es.unesco.org/news/GEM-Report-2020>

Vidal, V. R. (2021). <https://www.acerosllobregat.com/>. Recuperado el 12 de Agosto de 2021, de <https://www.acerosllobregat.com/>: <https://www.acerosllobregat.com/acero-rapido-m2-1-3343-hss/>

# ANEXOS